

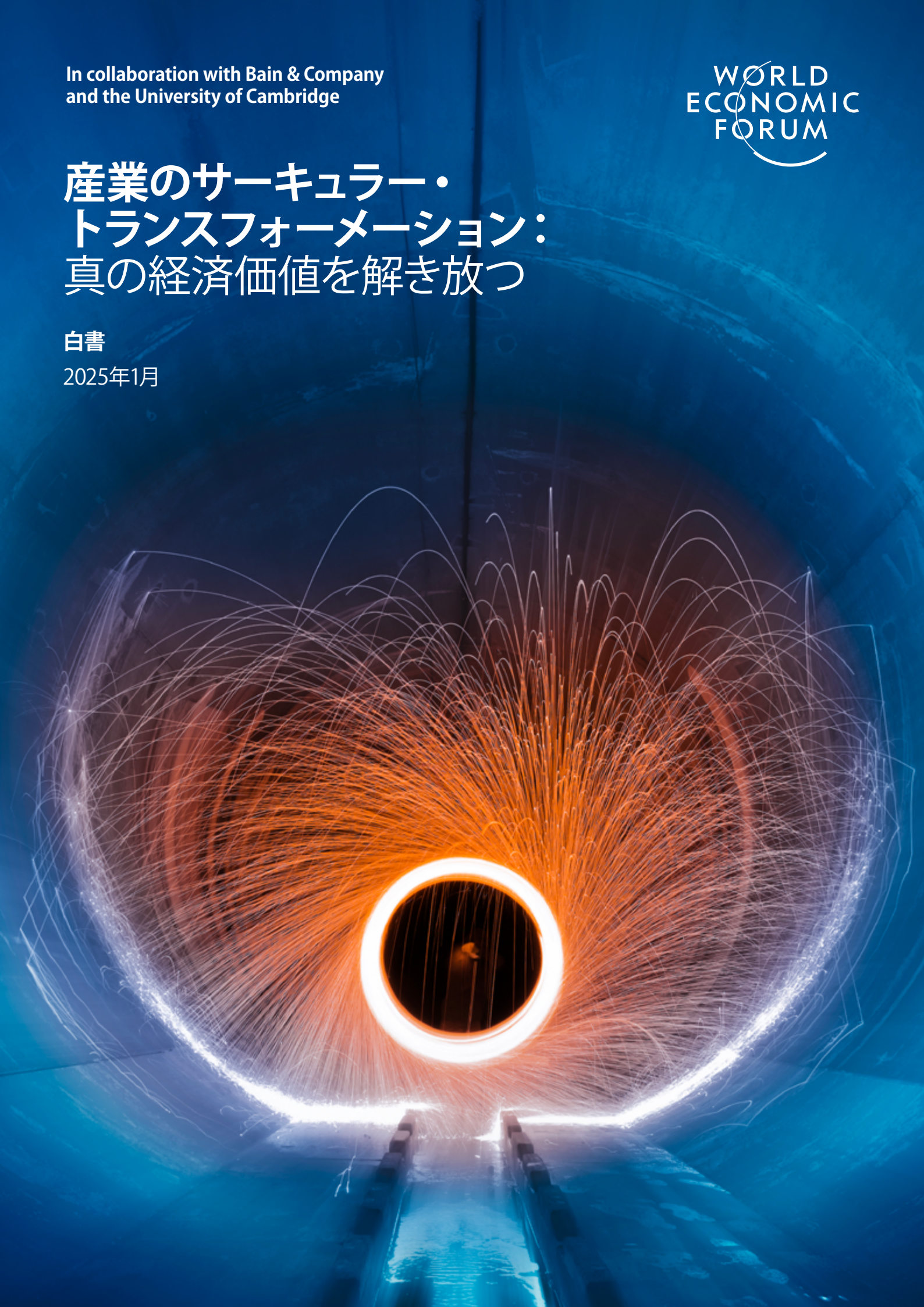
In collaboration with Bain & Company
and the University of Cambridge

WORLD
ECONOMIC
FORUM

産業のサーキュラー・ トランスフォーメーション： 真の経済価値を解き放つ

白書

2025年1月



目次

はじめに	3
エグゼクティブ・サマリー	5
サーキュラリティから価値へ	7
アーキタイプ 1 循環型原料	11
アーキタイプ 2 寿命の延長	14
アーキタイプ 3 能力の共有	19
結論	22
付録	23
協力者	29
参考文献	30

免責事項

本書は、世界経済フォーラムが、プロジェクト、インサイト領域、相互作用への貢献として発行したものである。本書に記載された所見、解釈および結論は、世界経済フォーラムによって促進され、承認された協力プロセスであるが、その結果は必ずしも世界経済フォーラムの見解を代表するものではなく、そのメンバー、パートナー、その他のステークホルダー全体を代表するものでもない。

© 2025 World Economic Forum. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, or by any information storage and retrieval system.

はじめに



ジェニー・デイヴィス・ペカード
 ベイン・アンド・カンパニー
 サステナビリティプラクティス
 創設者、シニア・パートナー



フェルナンド・J・ゴメス
 世界経済フォーラム
 執行委員兼資源システムと
 レジリエンス部門長



エルナン・サエンス
 ベイン・アンド・カンパニー
 パフォーマンス改善プラク
 ティス グローバル・ヘッド、
 シニア・パートナー



ジャジット・シン・スライ
 ケンブリッジ大学 製造研究所
 国際製造センター長兼研究部長



キリアコス・トリアンタフィリディス
 世界経済フォーラム
 アドバンスト・マニュファクチャリングと
 バリューチェーン部門、成長と戦略部門長

多くの直線型モデル¹が限界に達し、メーカーやバリューチェーンのパートナーが、持続可能性やレジリエンス（強靱性）、収益、コストを改善するために循環型ソリューションに目を向けるようになった今、ビジネスモデルは変革を遂げつつあります。

使用後に廃棄する直線型のビジネスモデルは、原料不足や世界的な混乱、地球の三重危機²によって、ますます多くの課題に直面しています。直線型モデルが消滅することは考えにくい一方で、新たに登場しているのが循環型ビジネスモデルです。変革が、かつてないほど緊急に求められる中で、変化や新しい価値の源泉を積極的に取り入れる姿勢は市場に歓迎されるでしょう。

サーキュラリティ（循環性）は将来への道筋につながります。サーキュラー・エコノミーでは、製品や

原材料が循環し続けるため、資源採取のペースが緩くなり、経済成長は資源の消費と切り離されます³。サーキュラリティによって、気候変動の影響や資源をめぐる緊張と、環境の悪化を軽減すると同時に、企業は、混乱に備え、対応し、回復する能力であるレジリエンスを高め、新しい市場や顧客を獲得することが可能です。

サーキュラー・エコノミーへの移行には、多様なステークホルダーの参加が必要であり、システム全体を変革するには、企業レベルでの加速が不可欠です。今日、サーキュラー・トランスフォーメーションを実現する多くの能力がすでに揃っています。次に求められているのは、ビジネスモデルを直線型から循環型に移行するための、発想の転換なのです。

サーキュラリティという考え方は以前から存在しますが、まだ広がりを見せていません。これまで、企業や産業は包括的な循環戦略を確立することなく、主にバージン原料をリサイクル材に置き換えることに専念してきました。なぜなら、サーキュラリティを、持続可能性や規制遵守の観点からのみ捉えていたからです。そうではなく、レジリエンスと収益性を高め、コスト管理を向上させることで幅広い価値を創造する方法として見る必要があります。本白書の調査によると、現在は新しいモデルが採用されているだけでなく、企業がサーキュラリティから経済価値を実現させる例が増えてきています。

本白書は、循環型ソリューションの可能性を受け入れるよう企業に促すことを目的とし、持続可能性のみでなく、それ以上の価値、具体的にはレジリエンス、収益性、コストの面で価値創造の機会があることを明らかにしています。企業が循環型ソリューションによって、どこでどのように価値を生み出すことができるかを例証し、サーキュラー・トランスフォーメーションを阻むいくつかの障害について検討し、循環型エコシステムの創造を促進できる戦略を提示します。

本白書の結論は、様々な製造業におけるサーキュラリティの思想的リーダーとの体系的な協議と、世界市場調査から導き出されました。調査では、サーキュラリティに携わっているグローバル企業の経営幹部420名から回答を得ており、このうち約70%は、中～大企業（収益5億ドル以上）で関連業務に5年以上従事した経験を有します。調査対象は、4つの地域（アジア、欧州、北米、南米）、10業種の製造業です⁴。

本白書は、世界経済フォーラムがベイン・アンド・カンパニー、ケンブリッジ大学の協力を得て作成しました。貴重なご意見をお寄せいただいた「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」コミュニティの皆様へ感謝します。



エグゼクティブ・サマリー

製造10業種に従事する企業は、循環型ソリューションが持続可能性、レジリエンス、収益増加、コスト削減により価値を生み出すことを期待している。

競争力を高め、経済価値を引き出す機会を手にしようと、様々な業界の企業がサーキュラリティ（循環性）を追求するようになってきており、今後その重要性は増大すると予想されている。こうした傾向は、世界の製造業10業種に籍を置く経営幹部420名の調査に明確に表れている。3年前には、サーキュ

ラリティが「重要」または「極めて重要」と回答した企業は約40%にすぎず、業界によっても大きなばらつきがあった。今日、その数字は約75%に増加しており、今後3年間で約95%に達すると予想されている。

図1 サークュラリティの重要性の高まり

様々な業界でサーキュラリティを受け入れる企業が増えている

サーキュラリティを「重要」または「極めて重要」と位置付け、取り組む企業の割合



出典：「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブによる420名の経営幹部を対象とした世界市場調査（2024年第2四半期中に実施）

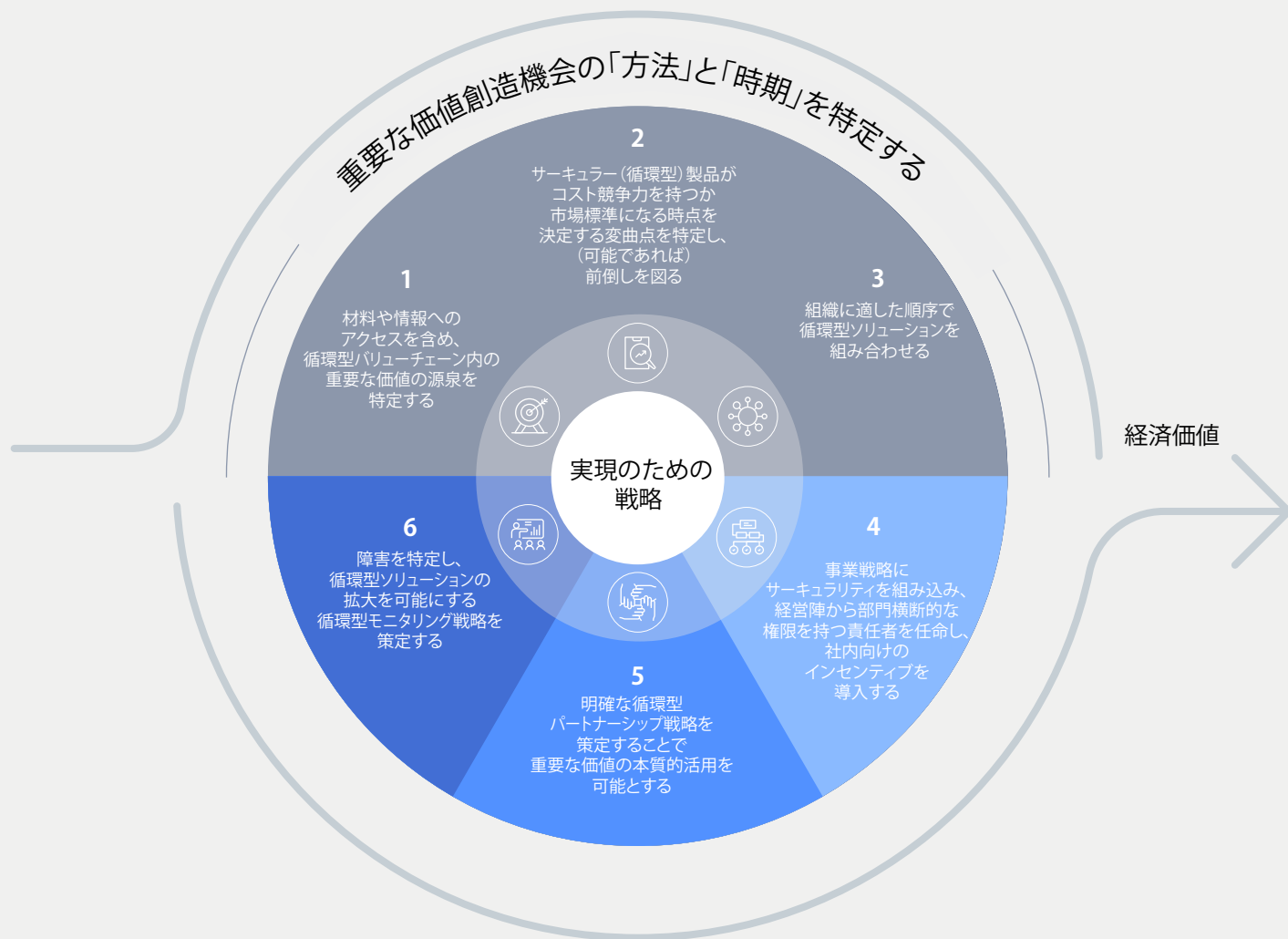
企業はサーキュラリティに幅広い価値創造の可能性があることを認識している。調査によると、循環型ソリューションを追求している企業は、持続可能性、レジリエンス、収益、コストという4つの面でプラスの経済価値を生み出すことを期待している。調査では、様々な循環型ソリューションを取り入れた、成熟度の高いサーキュラー戦略を実施している企業は、単独のアプローチに比べてより高い価値を引き出していることが明らかになっている。

サーキュラリティが価値をもたらす論拠は明確とはいえ、企業にとって循環型ビジネスモデルへの道は未知の領域であり、トレードオフが伴う。直線型のビジネスモデルを循環型に切り替えようとする企業

は、発想の転換と、大規模な資源投資が必要になる。その中には、多額の先行投資、十分な時間の割り当て、必要な能力の構築が含まれる。

こうした課題はあるものの、先駆的な多国籍企業の事例は前進が可能であることを示している。今回実施した調査によると、循環型ソリューションによって課題を軽減し、幅広い経済価値の創造に成功している企業は、実現のための戦略を複数組み合わせで実施しているのだ。

以下のような実現戦略によって、企業はサーキュラー・トランスフォーメーションの複雑さを乗り越えて、幅広い経済価値を引き出すことができる。



出典：「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブ

サーキュラリティから価値へ

循環型ビジネスモデルへの移行には
トレードオフが伴い、大量の資源に加え、
発想の転換も必要になる。



気候変動による危機と持続不可能な資源消費は、地球にとっても、企業や産業の長期的な生産性にとっても、その存続を脅かすものとなっている。現在のペースでは、人間は毎年、地球が補給できる量の1.7倍の天然資源を消費していることになる⁵。この過剰消費は近い将来供給ショックを引き起こし、重要な原材料の不足を招くことになるだろう。

この課題に対し、本白書で探求する解決策がサーキュラー・エコノミーである。これは、製品の耐用年数を延ばし、アクセスの共有化によって利用率を高め、バージン原料を循環型原料に置き換えることを軸とするものだ。サーキュラー・トランスフォーメーションは、現在の世界で用いられているビジネスモデルを変革し、産業を根本的に作り変えていくだろう。

サーキュラリティはあらゆるステークホルダーに多大な価値をもたらす可能性がある。循環型ソリューションにより、製品が排出する温室効果ガス（GHG）の削減が可能になるからだ。事実、エレン・マッカーサー財団は、循環型ソリューションが主要な4素材（プラスチック、アルミニウム、セメント、鉄鋼）に適用されれば、2050年までに新製品の生産による排出量を40%削減できると予測している⁶。

また、リデュース、リユース、リサイクルにより、製品の交換頻度を減らし、廃棄物の発生量を軽減し、汚染を低減して、生物多様性を守ることができる⁷。さらに、サーキュラリティはイノベーションと雇用を促進することで、社会にポジティブな影響を与え

ることが可能である。国際労働機関（ILO）による2019年の予測では、従来型のビジネスを続けた場合に比べて、サーキュラー・エコノミーは2030年までに世界中で700万～800万人の新規雇用を生み出す可能性がある⁸。事業環境においては、循環型モデルは新しい収益源を生み出し⁹、企業に競争力を与え、既存の直線型モデルを上回る収益性とレジリエンスをもたらすことができる¹⁰。

サーキュラー・エコノミーへの移行は多面的なプロセスであり、政策立案者から学者、科学者、イノベーター、そしてバリューチェーン全体まで、多くの参加者が必要だ¹¹。その中で企業は、サプライヤーと顧客の双方に循環型の取り組みを導入するよう促すことができる独特な立場を生かして、サーキュラー・トランスフォーメーションの勢いを加速させることができる¹²。

本白書では、サーキュラリティが環境や社会にもたらす多大なメリットを認識しつつ、サーキュラー・トランスフォーメーションが企業に大きな経済価値をどのようにもたらし得るのかを実証し、その価値を獲得するための実現戦略を説明することに重点を置いている。

幅広い経済価値を引き出す

歴史的に、企業はサーキュラリティを廃棄物の回収とリサイクルの観点から見る事が多く、サーキュラリティの取り組みは、持続可能性の向上や規制遵守に重点を置くものが主流だった。現在ではそれ以外にも、サーキュラリティはレジリエンスや収益成長、コスト削減などの経済価値を生み出し、顧客、人材、希少資源といった面で長期的な競争力を支えるものであることが明らかになっている。

10種の製造業における世界の経営幹部420名に対する調査は、2024年7月に終了した。その結果は、サーキュラリティがもたらし得る広範な価値創造の機会について、幹部らが理解していることを示唆している。また調査によると、今日、持続可能性をもたらすという理由だけで循環型ソリューションに取り組んでいる企業は3%であるのに対し、収益性やレジリエンスまでを含めたより幅広い理由で循環型ソリューションを取り入れている企業は97%であった。調査では、企業が3年後には循環型ソリューションによって幅広くポジティブな経済価値が得られると期待していることが示されている。

調査結果によると、回答した企業の実に73%が、循環型ソリューションにより収益が増加すると予想。修理、改修、その他の寿命延長サービス、あるいは重機レンタルなどの能力共有は、新たな収益源の可能性を切り開く。また、企業は新たな顧客セグメントにアクセスできるようになるだけでなく、サー

キュラー製品やそのメンテナンスサービスを選択する既存顧客からの需要も増やすことができる。

約65%の企業は、サーキュラー戦略によって、主に希少な原材料への依存を減らし、サプライチェーンの複雑さを軽減し、需要と供給を予想しやすくすることで、レジリエンスが向上すると予想している。

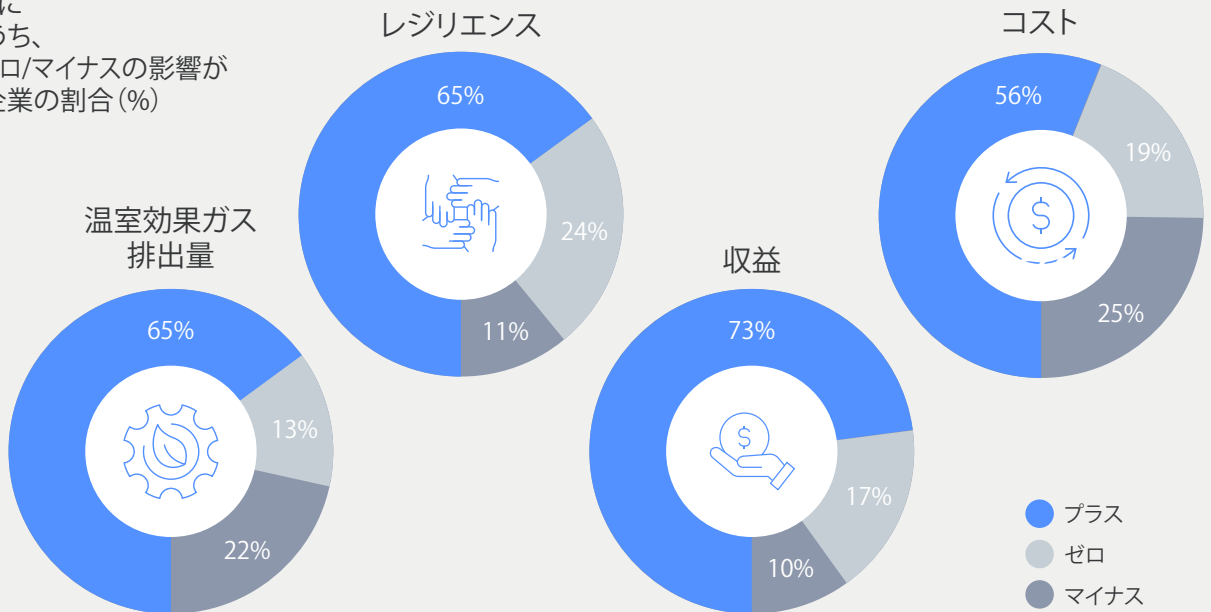
また同じ65%の企業が、循環型ソリューションによって自社の温室効果ガス（GHG）排出が低減するとしている。しかし、排出量の減少規模は製品や採用する循環型ソリューションによって異なり、22%の企業は逆に炭素排出量が増えると予想。循環型モデルの中には、製品ライフサイクル終了後の排出について企業が説明責任を求められるものもある。例えば、改修や修理のために、企業の施設へ使用済み製品を戻す際の輸送時に排出される温室効果ガスなどだ。直線型モデルでは、これらがスコープ1排出量に含まれることがないためである。

コスト削減への影響に対する予想はもう少し偏りがなく、回答者の56%が、循環型ソリューションによって、主に顧客の獲得と維持のコストが減ることでコスト削減が実現できると予想している。しかし、循環型ソリューションへの初期投資や運営の複雑さによって、コスト高になると考える企業もある。

図 3 価値創造の機会としてのサーキュラリティ

企業は循環型ソリューションが経済価値をもたらすと予想

サーキュラリティに取り組む企業のうち、3年後にプラス/ゼロ/マイナスの影響があると予想する企業の割合 (%)



出典：「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブによる420名の経営幹部を対象とした世界市場調査（2024年第2四半期中に実施）



3つのアーキタイプ、複数の戦略

世界経済フォーラム、ベイン・アンド・カンパニー、ケンブリッジ大学による前回の白書『産業のサーキュラー・トランスフォーメーション：パートナーシップの役割』¹³では、修理サービスや循環型原料の内部調達といった一連の循環型ソリューションを提示した。これらは循環型価値創造の三つの「アーキタイプ（原型）」としてまとめることができる。

第一のアーキタイプは、バージン原料を再生プラスチックや再生アルミなどの循環型原料に置き換えることを主眼とするものである。この戦略は、ほとんどの製造品、特に包装材など寿命の短いものに適している。第二のアーキタイプは、製品寿命を延ばすことによって製造品の需要を減らし、ひいては生産量を減らすことを主眼としている。この戦略は、耐久性があり、分解して修理や改修、アップグレードのできる高価値製品に適している。第三のアーキタイプは、ビジネスモデルの定義を見直し、より循環的な働き方を導入するもので、共有モデルがこれに当てはまる。これは高価値でアップグレード可能な製品やサービスに最も適している。

2024年の調査では、企業が複数のソリューションやアーキタイプを取り入れた循環型モデルを構築し始めたことが明らかになっている。4分の1の企業が三つのアーキタイプすべてにわたってソリューションを拡大しており、別の20%の企業は二つの

アーキタイプに関連するソリューションを拡大していた。企業が試験的に実施するソリューションが増える中で、このように多くのソリューションを組み合わせる傾向が加速している。

調査では、三つのアーキタイプをすべて網羅する成熟度の高いサーキュラー戦略を実施している企業は、一つか二つのアーキタイプだけを実施している企業よりも高い経済価値を生み出していることが明らかになった。これは、経験に応じて価値が増えていることを示すもので、サーキュラリティの未来にとって良い兆候だ。循環型モデルは、直線型モデルが過去にたどった経験曲線と同じように価値を増やしていくだろう。

サーキュラリティによってビジネスモデルや業務モデル自体が変容すると、バリューチェーン全体に新しい価値創造の機会が生まれる。例えば、サーキュラー・エコノミーでは、価値があるスクラップを回収・選別する高度なシステムや、中古製品向けの新しい物流プロセスが必要になるだろう。新たな企業が参加する新興セクターは、イノベーションを促し、新しい雇用機会を生み出すだけでなく、大規模なサーキュラリティからの価値の創造に多大な影響を与えることになる。

困難を和らげる取り組みと実現戦略の特定

ビジネスモデルを直線型から循環型に移行させることは、困難であると同時にトレードオフを伴う。調査した企業の一部は、温室効果ガス排出量の低減（企業の35%）、レジリエンスの向上（35%）、収益増加（27%）、コスト削減（44%）に循環型ソリューションを活用する方法を依然として見出すことができていない。経験曲線に沿った能力獲得のプロセスでは、企業は十分な時間配分や必要な能力の構築といった多大な初期投資に直面する。事実、65%を超える企業が財務上の懸念を表明しており、特に高額な先行投資や継続コストを大きな課題に挙げている。

さらに、組織構造も障害となっている。例えば、ステークホルダーの不参加、不十分な時間配分、能力や知識の不足やセキュリティに関する共通理解の欠如などであり、60%の企業がこれらをすべて障害として挙げている。これは、数十年にわたってコストやサービスレベル、在庫の最適化を重視してきた企業が、競争力維持のために、レジリエンスや即応性、責任ある事業運営などへと優先事項を増やしているという大きな変化と一致している。

本白書の調査は、課題を軽減し、循環型ソリューションによって幅広い経済価値を生み出すことに成功している企業は、実現のための戦略を複数組み合わせていることを示している。

1. 世界経済フォーラム、ベイン・アンド・カンパニー、ケンブリッジ大学による前回の白書『産業のサーキュラー・トランスフォーメーション：パートナーシップの役割』¹⁴で概説しているとおり、主要な価値創造機会の「方法」と「時期」を特定する。
 - 循環型バリューチェーンにおける主要な価値の源泉（制御点）を特定する。これには、素材（例：リサイクル材や分解用の中古製品）へのアクセス、情報（例：サーキュラー製品の製造、修理、処分に関する技術的な知識）へのアクセスなどがある。競合他社やバリューチェーンのステークホルダーとの違いを示すために、これらの制御点へどのようにアクセスするかを決める。
 - サーキュラー製品が同等の非サーキュラー製品に対してコスト競争力を持つようになる時点、あるいは循環型ソリューションが市場標準になる時点を決定づける重要な変曲点を特定する。生産コストを低減し、消費者によるサーキュラー製品やサービスの採用を加速させることを目標に、変曲点にポジティブな影響を与える施策を定義する。

- 組織に適した順序で循環型ソリューションを組み合わせる。例えば、能力共有ソリューションを実施する際、寿命延長ソリューションから得た業務上の専門知識を利用するなど。
2. 事業戦略にサーキュラリティを組み込み、幹部が部門横断的な権限を持てるようにし、循環型ソリューションを策定し実施するのにふさわしい資金を与える。明確な役割と決定権を定め、全レベルの従業員に参加を求め、インセンティブを与え、熱意と当事者意識を持たせる。事実、企業の約70%は、組織全体の関与が循環型ソリューションの重要なイネーブラーであると考えている。
 3. 例えば材料や知識へのアクセスといった制御点に影響を与えるための明確な循環型パートナーシップ戦略を策定する。調査した企業のうち、これを大きなイネーブラーであると回答したところは60%を上回った。必要であれば、バリューチェーン全体のコアリションを構築して変曲点にポジティブな影響をもたらし、自社の枠を越えて業界や地域、国レベルで変革に必要なインフラを整える。これは、白書『産業のサーキュラー・トランスフォーメーション：パートナーシップの役割』¹⁵に概説されている。
 4. 循環型ソリューションの拡大を妨げる障害や力学を特定するため、循環型モニタリング戦略を立てる。学んだ教訓をさらに生かして経験曲線を加速させ、その結果としてサーキュラー製品の生産コストを低減させる。

この後に続く三つの章では、各アーキタイプの実現戦略を提案し、産業のサーキュラー・トランスフォーメーションが、どのようにして持続可能性（本白書では持続可能性を温室効果ガス排出量によって評価している）、レジリエンス、収益、コストを通じて価値を生み出すことができるかを詳説する。各章は単独で読むことも可能であるため、読者のニーズに最も関連したセクションに集中することができる。

循環型原料

循環型原料ソリューションから引き出される経済価値は、リサイクルされる素材や製品によって大きなばらつきがある。

これまでサーキュラリティは、主にバージン原料をリサイクル原料に置き換えることとして理解されていた¹⁶。その結果、多くの産業で循環型原料ソリューションが導入され、リサイクル材はボトルから大型機械まで幅広い製品に使用されている。

調査した企業の中で、循環型原料を採用している割合は50%を上回っている。循環型原料ソリューションは、顧客か規制当局、またはその双方が変化を期待している業界や地域で特に緊急性が高い。包装材料や化学品、日用消費財など、製品寿命が短いため（特に使い捨てプラスチックによる）大量の廃棄物を生み出す業界では、その割合がさらに高いことが多い¹⁷。

例えば、リヒテンシュタイン、エストニア、ノルウェーの2021年におけるアルミ包装材のリサイクル率は、それぞれ100%、97%、94%という高さであり¹⁸、効果的なインフラや政策が整っていればリサイクルの可能性は大きいことが分かる。循環型原料は、原料の残存価値が高く、希少性や価格変動の影響を受けやすい場合にも用いられる。例えば、2021年における金のライフサイクル終了後のリサイクル率は、その高い価値、限られた供給量、電子製品や産業向けの需要増により、約86%だった¹⁹。

1.1 循環型原料ソリューションを用いる価値

調査対象の企業は、循環型原料ソリューションが3年後にポジティブな影響をもたらすことを予想しているが、効果の大きさはリサイクルする素材や製品によって大きく異なるものとなる。

温室効果ガス排出量：循環型バリューチェーンのカーボンフットプリントが、同等の直線型バリューチェーンにおける採取や廃棄のカーボンフットプリントより少ない場合に、循環型原料は温室効果ガス排出量を削減する可能性がある。しかし、循環型原料のためのリサイクルは、汚染物質の放出などのネガティブな影響を伴うことがあるため、企業は持続可能性への全体的な影響を個別のケースごとに慎重に評価する必要がある。調査では、素材の再利用では、埋め立て処理する場合と比べて、一般的に炭素排出量の大幅な削減が可能になることが明らかになっている。

炭素排出量を削減するもう一つの方法として二酸化炭素回収・有効利用（CCU）があり、これは二酸化炭素（CO₂）を減らしリサイクルすることができるというものだ。発電所や産業工程などの発生源から排出される二酸化炭素を回収して大気中に放出されるのを防ぎ、燃料や化学品、新素材などの製品を生み出すのに利用する。例えば、ドイツのスタートアップ企業で、世界経済フォーラム CCU アップリンク（UpLink）・チャレンジのトップイノベーターであるエナダインは、コールドプラズマを使って二酸化炭素から無公害の化学品や燃料を生成しており、それらは産業や輸送で使用されている。

レジリエンス：長期的な原材料量に制約が予想される産業では特に、循環型原料を使用することによってレジリエンスを強化することができる。すでに循環している材料を利用することで、企業は、地政学や環境、経済におけるショックに影響されやすい原材料採取への依存度を軽減することができる。リサイクル材が地域で供給されれば、企業は製造拠点の近くでの調達という利点も重なるので、レジリエンスを強化して、温室効果ガス排出量を削減することができる。原料が豊富な時期や場所では、こうしたソリューションがレジリエンスに与える影響は限定的になる。これは調査で、包装材業界においては一部のプラスチックについて、それほど顕著な影響が見られなかったことから明らかである²⁰。

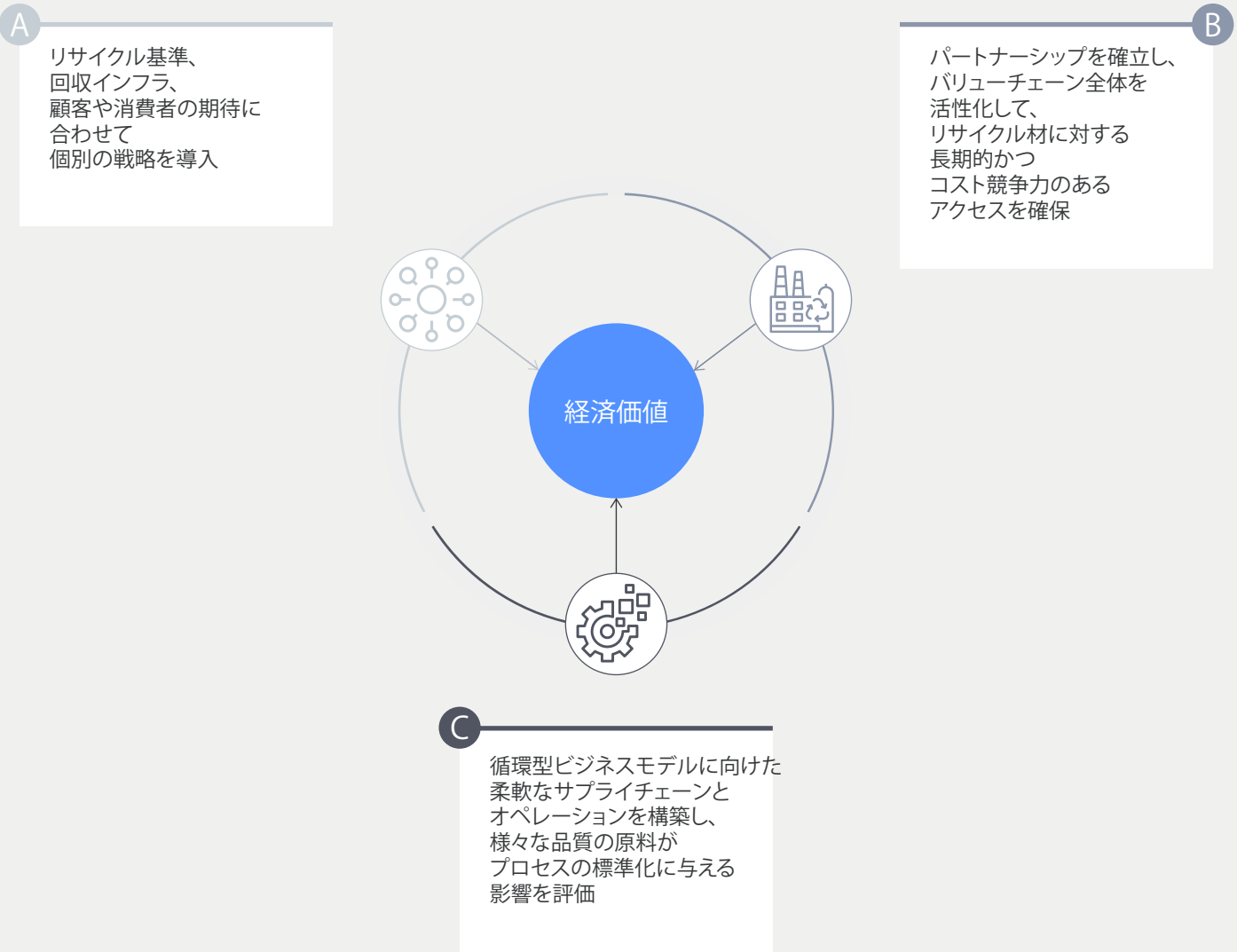
収益：顧客や規制当局、またはその双方が原材料の持続可能な利用を求める場合、循環型原料は競争力を維持するための前提条件となる。また、それによって企業は環境意識の高い顧客グループからの需要を増やすことができるため、収益が増える可能性もある。しかし、リサイクル材への需要増加は、必ずしも値上がりにはつながらない。リサイクル材に対してプレミアム価格を払うには、顧客がそこの価値提案を明確に理解することが条件になる。

例えば、ファッション業界では、責任ある資源の利用はエコロジカルなファッションブランドの独自性の一部であり、意識の高い顧客にとっては重要な購入基準となっている。

コスト：循環型原料ソリューションがコストに与える影響は、原料の種類や事業の運営効率によって異なるものとなる。リサイクル材の調達では、回収、選別、輸送といった活動に新たなコストがかかるため、バリューチェーン全体のコスト構造が変化する。コバルトやニッケル、アルミニウムなど多くの金属で見られるように、素材の残存価値が高く、需要が大きく、効率的なリサイクルプロセスが整備されている場合、リサイクルはバージン原料に匹敵するコスト競争力がある²¹。しかし、複雑な回収、選別、洗浄が必要な場合や、リサイクル工程にエネルギーが大量に必要（プラスチックのように）な場合、あるいは回収率が低い場合などは、費用効率は低くなる。

また、需要が供給を上回ると、多くのリサイクル材のコストは上昇する。これはすでに再生 PET (rPET) に見られるとおりで、規制や顧客の嗜好によって rPET を求める産業がますます増えているため、2021 年以降、価格は上昇の一途をたどっている²²。

図 4 実現のための戦略－循環型原料



出典：「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブ

本白書の調査では、循環型原料ソリューションによって経済価値を引き出している企業は、以下のような実現戦略を実施していることが示されている。

A 個別戦略の導入

リサイクルの基準や規制、回収インフラ、顧客や消費者の期待は市場や消費者セグメントによって異なる

ため、それぞれの状況に合った戦略を導入することが肝要である。このセグメント別の戦略は、力学的变化、特に規制の変更に応じて定期的に再評価する必要がある。規制の変更は、調査した約30%の企業が障害あるいはイネーブラーとして重要な変数であると回答していた。

世界最大級のPETメーカーであり、リサイクル業者でもあるインドラマ・ベンチャーズと、大手飲料企業のフィリピンにあるボトリング部門は、フィリピンで合弁事業のリサイクル工場を運営。現地市場状況に合わせたアプローチでrPETを加工している。同国のプラスチック廃棄物回収システムは集中管理されておらず、ほとんどが非公式で

あることから、同社は意識向上のためにコミュニティ主導の活動やキャンペーンを行い、現地のコミュニティとパートナーシップを結んで廃棄物回収にあたり、リサイクル用に大量の透明PETボトルを収集している。

B 長期的かつコスト競争力のあるリサイクル材へのアクセスの確保

回収や加工の能力に限られており、リサイクル材の需要が増加している場合は特に、バリューチェーン全体を活性化し、重要な価値の源泉へのアクセスを早期に確保することは有益である。

価値の高い循環型原料を調達するための重要なイネーブラーの一つは、パートナーシップである（調査では企業の約65%がそのように回答）。例えば自動車業界の場合、パートナーシップは、企業が自動車に一定以上のリサイクル材を使用する義務を守るのに役立っている。

ダウ・ケミカルが最近リサイクル業者と結んだパートナーシップは、リサイクル業者が高度なリサイクル施設を建設し、同社に年間約6万5,000トンの価値ある循環型原料（熱分解油）を提供するもの

である。同社はそれを使用して、新しくバージョングレードと同等の包装材用プラスチックを生成する予定である。

C 循環型ソリューションに向けたサプライチェーンおよびオペレーションの構築

循環型原料ソリューションでは、サプライチェーンや製造オペレーションにより大きな柔軟性が必要になる。スクラップやリサイクル材は均一性の程度がまちまちなため、企業は品質にばらつきのある原料

が自社の製造プロセスの標準化にどう影響するかを評価しなければならない。約30%の企業は、能力（例えば、品質や組成が一定でない原料の加工能力など）に限られていることを大きな障害の一つと見なしている。先進的な産業は、リサイクル材の利用や、モデルが循環型か直線型かに合わせて自社のオペレーションを調整している。

寿命の延長

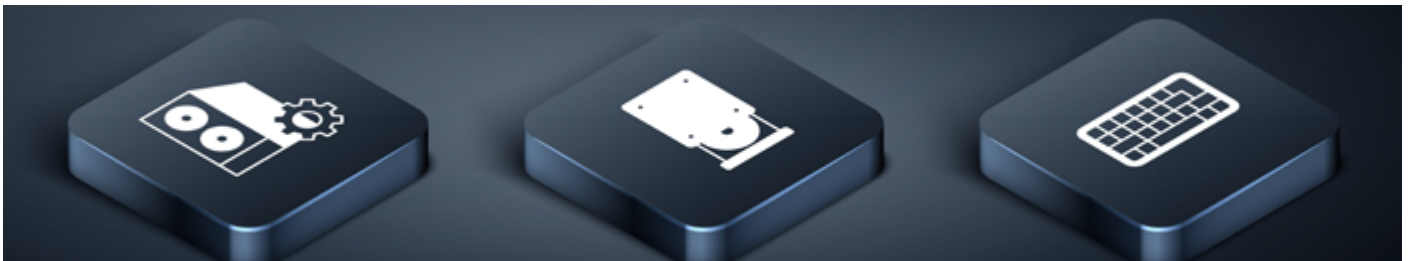
製品に耐久性があり、
価値が高く、分解が可能であれば、
製品寿命の延長によって
価値を引き出せる可能性が特に高くなる。

欧州委員会によると²³、寿命が尽きる前の製品を処分することにより、欧州連合（EU）域内では毎年、二酸化炭素換算（CO₂eq）で2億6,100万トンの排出ガスが発生し、3,000万トンの資源を使い、3,500万トンの廃棄物が生み出されているという。消費者も、製品を修理せず新品に取り換えることで約120億ユーロを失っていることになる²⁴。

一部の地域や産業における規制の変更（例えば、EU²⁵やカナダにおける新たな「修理する権利」²⁶）や、廃棄物量の増加に対する懸念の高まりを考慮し、中長期的には、さらに多くの企業が製品寿命延長戦略を受け入れることが予想されている。循環型原料ソリューションほど確立されていないものの、2024年の調査では、製品寿命延長ソリューションは、規模は様々ながら、ほぼすべての産業に存在していることが明らかになっている。

企業は多くの方法で製品寿命を延ばすことができる。サーキュラリティ向けの設計や、修理、改修、アップグレードサービスの提供、中古品を取引する市場の推進も可能だ。企業によると、寿命延長ソリューションの中で、温室効果ガスの排出、収益、コストに最もポジティブな影響を与えるのは修理ソリューションだという。おそらくこれは修理サービスが、最小限の新しい材料や部品だけで製品寿命を延ばすからだろう。

サーキュラリティ向けの設計には、修理、改修、リサイクルが可能な製品設計などがある。調査では、このアプローチはシナジーを生み出し、他のソリューションのイネーブラーと見なされることから、導入率が（各産業で平均して）最も高かった。



世界的なテクノロジー企業のシスコは、循環型原料（「バージン原料の代わりにリサイクル材を使う」）から寿命延長（「価値のある部品を識別しアクセスできるような製品構造にする」）まで、25項目の循環型設計原則を導入している。例えば、シスコの高耐久性ルーターであるCatalyst IR1101は、モジュール設計により、ニーズや技術の進化に応じて顧客が柔軟に部品の追加やアップグレードができるようになっている。最新の設計では、アイドル時の消費電力も前世代に比べて45%減少している。また、シスコは2019年に、Catalyst 9000

製品への油性塗料の使用を廃止した。その結果、年間約40万トンの揮発性有機化合物（VOCs）と二酸化炭素換算で約1,900トンの排出量を削減し、2019年から2033年度末までの期間に500万ドル余りのコスト減も達成している。プラスチックのような一部の素材は、油性塗料の使用を取りやめることでリサイクルが容易になり、再生能力が向上する。

寿命延長ソリューションが特に進んでいるのは、例えば機械、自動車、消費者向けテクノロジー業界など、高価で耐久性があり、高度なカスタマイズや構成がなされていることが多い製品を生産している業界である。

現在、こうしたソリューションの規模は、本来の可能性を考えるとまだ小さいが、価値の創造が期待できるところでは成長が見込まれる。共有モデルがさらに広まれば、企業は所有権を保持し、活用資産の耐用年数を延長しようと試みるが増えるため、寿命延長ソリューションに弾みがつくものと期待される。

2.1 寿命延長ソリューションを用いる価値

調査した企業は、寿命延長ソリューションが、3年後にはポジティブな影響をもたらすと予想しているが、効果の大きさは産業や製品によって大きく異なる。

温室効果ガス排出量：寿命延長ソリューションは、新製品へのニーズと関連する温室効果ガスのフットプリントを低減するが、全体的な影響はソリューションや産業により様々だ。特に、多くの温室効果ガス排出を伴って製造された耐久性の高い素材で製品が作られている場合、その製品の使用期間を長く延ばすことで、大きな排出削減効果を期待することができる。これは機械業界によく見られるケースであり、調査では、この業界での炭素排出量の削減が特に顕著であることが明らかになっている。修理や

アップグレードによって機器の性能が向上し、エネルギー効率が高まると、温室効果ガス排出量の削減にさらに貢献できる。

レジリエンス：希少な部品や材料を扱う割合が大きく、複雑なサプライチェーンを管理している企業は、レジリエンスを強化することができる可能性が高い。これは機械業界によく見られる状況であり、調査によると、この業界ではレジリエンスの顕著な向上が明らかになっている。寿命延長ソリューションでは中古製品の部品を再利用するため、原材料の供給ショックやサプライチェーンの混乱に付随するリスクが緩和され、サプライヤーへの依存を軽減することができる。

産業用オートメーションとデジタル・トランスフォーメーション技術を提供する多国籍企業、ロックウェル・オートメーションは、産業用オートメーション製品の修理サービスを提供している。同社は、ある消費財企業に機械の修理を行うことで、交換品を製造する場合に比べてスコープ3の二酸化炭素換算排出量を約90%削減することができた。

また、製品の修理、再製造、改修によって、市場に材料が不足している時でも顧客にサービスを提供することができるため、レジリエンスも強化している。例えば、同社は顧客1社当たりのサービス提供の所要日数を、新しい機器の納品に必要な日数と比べて14日短縮した。

収益：寿命延長ソリューションによって、企業は利益プールを転換することができる。例えば、整備済み製品により、価格に敏感な新しい顧客セグメントを引きつけることができる。また、修理やその他の様々なサービスで顧客との関わりを深めることもできる。一方で、企業は再生品の価値に対する信頼を築き、回収プロセスの円滑化を図る必要がある。寿命延長ソリューションが製品の性能と寿命を大幅に向上させる場合、または顧客が新製品の入手までに長期間を要する場合は、収益増加の可能性が特に高くなる。これはB2Bの機械産業および自動車産業で多く見られ、調査によって収益の増加が特に顕著であることが明らかになっている。

異なり、社内の能力に左右される。こうしたモデルは労働集約的で多くの初期投資を必要とする。ただし、寿命延長ソリューションが企業の中核的な専門性や強みと一致している場合、特に既存の直線型オペレーションで手作業に依存している企業であれば、その投資を相殺することが可能である。これは機械業界でよく見られる状況で、調査では特にコストの顕著な削減が見られた。また、このアーキタイプで成功している企業は、循環型ソリューションによる製品ライフサイクルを通じた継続的な関わりによって、顧客の獲得と保持のための支出も減らし、サーキュラリティを考慮した設計を生かして、材料投入コストも削減している。

コスト：寿命延長ソリューションはコスト削減をもたらす可能性があるが、その効果は企業ごとに大きく





出典：「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブ

本白書の調査では、寿命延長ソリューションによって経済価値を引き出すことに成功している企業は、以下の実現戦略を組み合わせていることが明らかになっている。

A 循環型行動へのインセンティブ提供

企業の約 45% は、社内のステークホルダーの関与を主要なイネーブラーの一つと見なし、営業チームなど社内のステークホルダーの賛同を求めている。

修理サービスのような寿命延長ソリューションを導入すると、個々の製品の販売から製品ライフサイクルを通じたサービス提供へと収入源が移行し、新製品の購入は先送りとなる。このため、ステークホルダーの中には収益の奪い合いが起こることを懸念する声もある。寿命延長ソリューションの策定と実施に積極的に関わるよう社内のステークホルダーにインセンティブを与え、説得力のある提案を行うことで新たな成長の見通しに対する認識を高める。

シスコは、2025年度までに100%の新製品と包装材料に循環型設計原則を組み入れるという目標を発表している。この野心的な目標を達成するため、同社は様々な方法を用いてステークホルダーの参加を要請。あらゆる部門やレベルを通じて賛同を促し、実行を加速している。さらに、目標に対する進捗状況を追跡し、従業員のイノベーションを評価するための得点方式を開発している。また、

2024年度時点で7,000人余りの従業員が循環型設計の研修を終了しており、従業員に循環型設計プログラムの発展に関わってもらうため、幅広いフィードバックの仕組みを構築している。

B 戦略的なターゲット設定

寿命延長ソリューションを最も評価しそうな顧客と顧客セグメントを体系的に特定する。顧客のニーズに合わせた包括的な顧客エンゲージメント戦略に

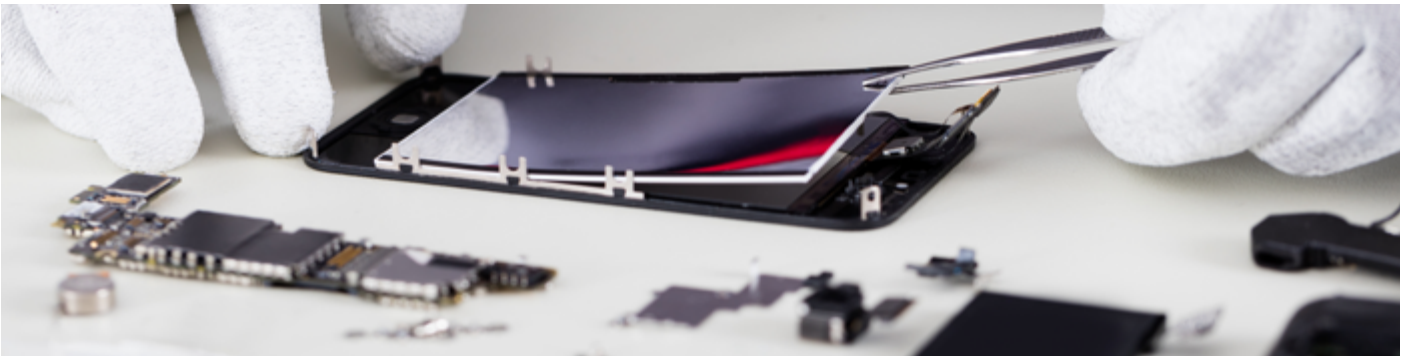
よって、製品のライフサイクル全体にわたって提供するサービスを明確にする。再生品の価値を示し(例えば、コストの削減、排出量の削減、性能の向上を数値で表す)、製品の品質に対する信頼を築く。

研究所向けに機器やソフトウェア、サービス、消耗品を提供しているグローバル企業のアジレントも、価格志向の顧客(例えば大学やスタートアップ企業)や、最新世代の製品を必要としない/欲しいと思わない顧客に、整備済みの研究用装置を販売することで、新たな利益プールを開拓している。

同社は整備済み製品の売上で前年比25%の増加を達成した。これは、整備済み製品に新品と同じ保証を提供し、品質管理に十分な投資を行うことで、顧客の信頼確立に尽力した結果である。

ロックウェル・オートメーションは、顧客のポータルサイトからアクセス可能な持続可能性計算機を使用して、顧客に修理ソリューションへの参加を促している。顧客はこれにより、新品の購入時と比べ、修復した場合の二酸化炭素、電力、廃棄物の削減

量を追跡することができる。顧客が自社のサステナビリティレポートに持続可能性計算機で算出したデータを使うことができることも、さらなる需要を生み出している。



C 製品ライフサイクルにわたるコネクティビティ強化

寿命延長ソリューションは、中古製品を追跡・監視する能力に依存しており、企業はデータや技術を革新的な方法で活用することを求められる。中古製品の所在を探し出すことは今なお大きな課題だが、バリューチェーン全体におけるデータと技術の活用により、克服が可能だ。また、販売後の製品の使用方法から消耗状態までをリアルタイムで監視するには、データのコネクティビティ(接続性)が不可欠である。

モノのインターネット (IoT) のアプリケーションは、寿命延長措置の実施に適切な時期を特定し、資産をできるだけ長期間、最大限の価値を保てるようにするのに役立つ。企業は使用状況やその他のデータから得た洞察を用いて製品の設計、性能、耐久性を向上させるというように、循環型ソリューションとIoTとの相互作用によって、ポジティブなフィードバック・ループを生み出すこともできる。

高級ライフスタイル企業のラルフ・ローレンは、世界経済フォーラムおよび選抜されたメンバーと共同で、デジタル製品IDシステムを主導。これにより、再販業者は製品が正規品であることをQR(クイック

レスポンス)コードで素早く認証することができるため、リユースの有用性が高まると同時に、ブランドアイデンティティの保護、中古市場における顧客体験の向上が可能になる。

D 拡大可能な回収プロセスの確立

多くの場合、十分な量の部品や製品を回収することが、寿命延長ソリューションの重要な一部であるため、拡大可能な回収プロセスを最初から確立することが不可欠である。また、インセンティブによって顧客の大規模な参加を促し、参加の障害となる可能性のあるものを低減する。例えば消費者向けのハードウェア業界では、データセキュリティに対する信頼の欠如が、使用済みのノートパソコンや携帯電話を回収する上で大きな障害になっているため、回収プロセスを円滑に進めるには、この課題に取り組む必要がある。

最初のライフサイクルを終えた製品の取り扱いは厳しく規制されている場合が多く（例えば、越境廃棄物管理規制においてなど）、地域をまたいだ拡大は困難である。約30%の企業が、回収プロセスを構築する上で、規制や基準は主要なイネーブラーであり、重要な検討事項になると回答している。物流や修理を担当する現地パートナーのネットワークを確立すると、現地の規制を守りやすくなり、サプライチェーンの簡素化や所要時間の短縮にもつながる。実際、約60%の企業が、寿命延長ソリューションを策定する際に検討すべき重要事項としてパートナーシップを挙げている。

アジレントは、回収プロセスに参加する顧客の数を増やすため、中古製品の返却を希望する顧客向けにいくつかのインセンティブを提供している。例えば、製品の残存価値分の支払いや、将来の購入時に使えるクレジットの提供などである。可能なところでは、競合他社の中古製品も受け入れ、

回収プロセスの一層の簡便化を図っている。所要時間を短縮し、規制要件を遵守しながら、様々な市場で利用できるように、各地域の回収サービスは同社の現地事業所が管理している。

E ライフサイクル全体にわたる価値の獲得と最大化

寿命延長ソリューションは新製品の購入を遅らせるため、利益の奪い合いが懸念されることが多い（約15%の企業がこの点に言及し、サーキュラリティの思想的リーダーとの対話でも取り上げている）。よって、企業は利益プール²⁷がどこでどのように進化す

る可能性があるかを特定する必要がある。企業は新品の製品販売を、製品のライフサイクル全体にわたる価値創造機会で補完することができるだろう。製品の耐用期間中に、修理やアップグレード、保険などのサービスの料金を顧客に請求することで、価値を生み出すことができる。耐用期間後も、使用済みスクラップの現金化、部品の再使用などにより、部品や素材の残存価値を獲得することができる。

個人向けIT機器のグローバルメーカーであるHPは、整備済みデバイスを収益化する方法を見出している。これにより、顧客への投資収益を増やすと同時に、持続可能性目標に向かって前進している。新品とマルチライフサイクルIT製品の両方を組

み合わせたソリューションに対する顧客の需要は、新たな規制、持続可能な調達要件、総所有コスト削減目標によって高まりを見せている。



能力の共有

能力共有ソリューションとは
ビジネスモデルの再構築であり、
事業戦略との緊密な連携が必要になる。

新製品の販売と長期サービス契約は今もメーカーにとって最大の利益を生み出している。こうしたビジネスモデルが姿を消すことはなさそうだが、新たに循環型のビジネスモデルが登場し、高利益の新市場の扉が開こうとしている。アズ・ア・サービス製品や従量課金制などの能力共有ソリューションは、使用頻度の向上や、多くの場合、製品の所有権保持などにより、ビジネスモデルを作り替えるものだ。こうしたモデルは、物理的な製品の販売に重きを置くのではなく、顧客の望む結果を重視している。

一部の革新的企業は、すでに共有モデルの実行可能性を証明しているが、既存の企業は、構造的な課題に向き合わねばならないため、こうした新しいビジネスモデルの導入に苦勞する可能性がある。多くの場合、これらの企業は、長年の利益プールを

守らねばならず、資本集約的な資産からの収益を最大化しなければならない上、所有することの価値を売ってきたという伝統がある。しかし、従来型のプレーヤーでも、資本構造をうまく移行させ、共有モデルを確立した例がある。

能力共有ソリューションが特に歓迎されるのは、製品のコストが高く、所有形態が複雑で、かつ利用度は低いが、最新技術が常に必要とされる産業だ。特に消費者向けハードウェア、重工業、航空宇宙、防衛、機械などの産業では、こうしたソリューションが発展している。例えば航空宇宙産業では、壊れたエンジンの修理に約6カ月かかることがあるが、スペアのエンジンを所有するのは費用がかかる。そのため航空会社は、スペアを自社で所有するのではなく、地域の共有プールから料金を払ってスペア部品を調達することが多い。

例えば、ドイツのハイテク企業、トルンプでは、顧客が機械を購入する代わりに、金属部品を切断するたびに同社に料金を支払うという従量制のビジネスモデルを導入している。同社は保険会社と

提携することで、資本構造を変革し、多くの機械を所有するという課題に対処している。機械の購入資金の調達や投資リスクの負担は保険会社が引き受けている。

3.1 能力共有ソリューションを用いる価値

調査した企業は、能力共有ソリューションが3年後にはポジティブな影響をもたらすと回答しているが、影響の大きさは製品の使用形態によって大きく異なる。

温室効果ガス排出量：能力共有ソリューションが製品の利用度を高め、耐用年数を延ばすことにもなる場合、温室効果ガス排出量を削減する可能性もある。多くのユーザーで製品を共有することで、顧客の需要を満たすのに必要な製品の数は少なくなる。また、製品を製造する企業には製品に関する高い専門知識があることから、よりよいメンテナンスが可能で、製品寿命を延ばすことができる。能力共有モデルでは、循環する製品の数が少なくなるが、メーカーは製品寿命終了まで所有権を保持する必要がある。会社は製品寿命終了時の排出量と、自社の

スコープ1 排出量への悪影響を記録しておかなければならない。

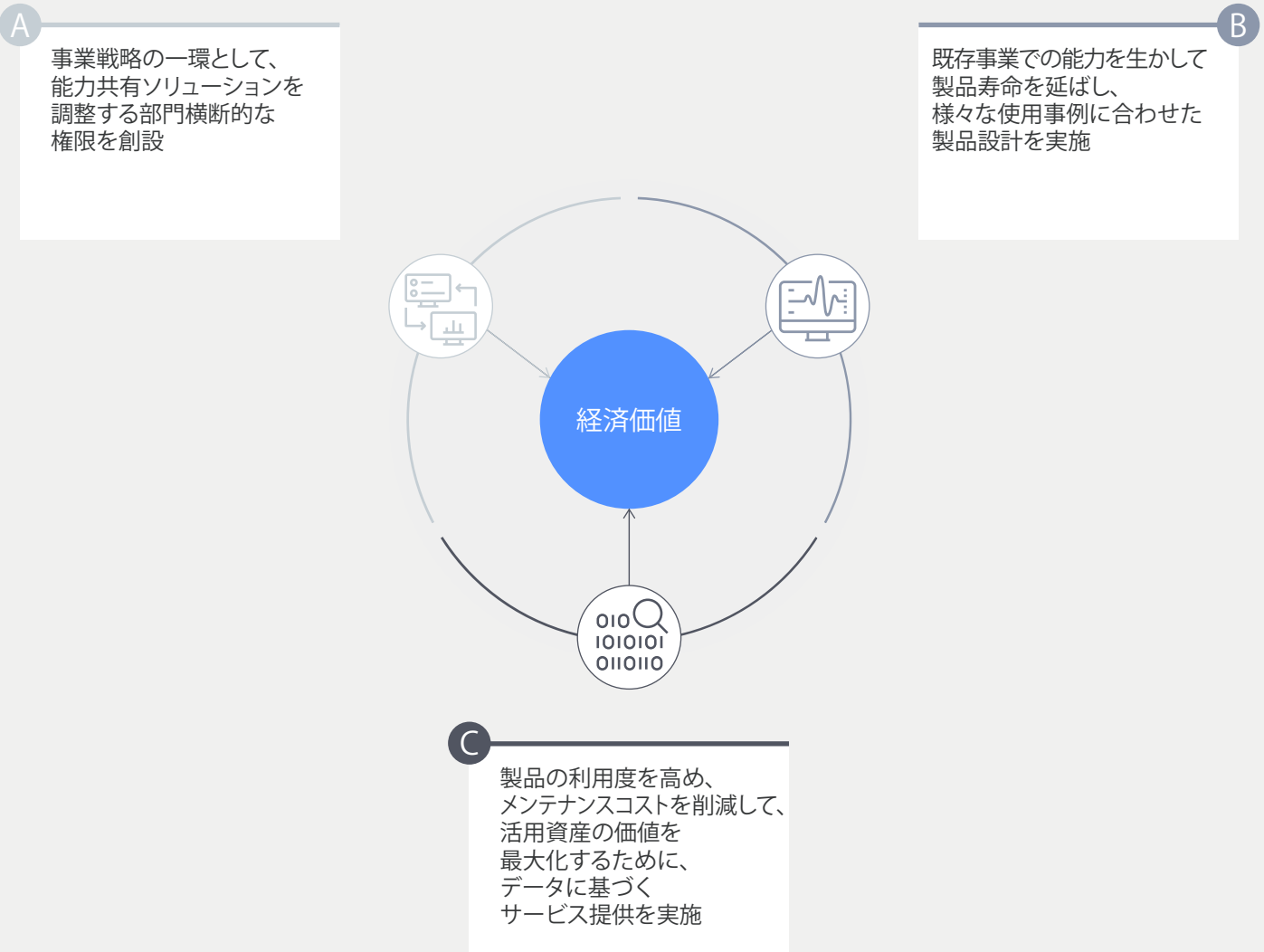
レジリエンス：資産の所有権を保持することで、企業が需要予想や資源の管理、混乱への対応などをより適切にコントロール可能になるため、レジリエンスを強化できる。能力共有モデルは、売り切りの販売モデルと比べて、より安定して予測可能な収益が繰り返し得られることから、財務のレジリエンスも高まる。能力共有ソリューションを実施している企業は、機器の販売が低調な期間でも、生産負荷のバランスを取ることで、資源需要を安定させることができる。それによって、サプライチェーンのレジリエンスを高め、サプライヤーとの関係を改善し、長期的な供給契約を通じて価格を安定させることが可能になる。

収益：能力共有モデルでは、利益プールを経常収益モデル（例えば、レンタル料などを通じて長期にわたって収益を得るモデル）に転換することから、企業は使用頻度が低い顧客やトライアル顧客など、所有せずに利用したいという新しい顧客グループをターゲットにすることが可能になる。

また、能力共有モデルにより、企業はメンテナンスや稼働状態の監視など、幅広いサービス提供を通じて顧客満足度を高めると同時に、顧客のニーズのより多くの部分から価値を獲得することが可能になる。重要なデバイスの使用に対して高い支払い意欲がある場合には、収益成長の可能性は極めて大きい。これは、重工業、航空宇宙、防衛などの産業に見られることが多く、例えばスペアエンジンのレンタルの場合は、調査でも収益の増加が特に顕著なことが明らかになっている。

コスト：能力共有モデルはコストを削減できる可能性がある。しかし、事業運営の複雑さにより、こうしたモデルでは、正味運転資本の増額と高額な継続コストが必要になる。例えば、能力共有ソリューションを実現するには、企業は製品の品質を維持しながら、（機械の短期レンタルなどのために）高い頻度で顧客から製品を受け取り、配送するプロセスを構築しなければならない。こうしたモデルの事業を運営する企業は、所有権を保持することで運営上の決定権限が大きくなることを生かし、運営費用を削減することで、コストを相殺することができる。また、ライフサイクルを通して顧客と関わり続けることで顧客保持コストを減らし、製品寿命が終了した製品をリサイクルや再利用のために回収するコストも低減することができる。

図 6 実現のための戦略－能力共有



出典：「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブ

本白書の調査では、能力共有ソリューションを活用して経済価値を創出している企業は、その実現にあたり、以下のような戦略を実施していることが明らかになっている。

A 事業戦略の一環として、能力共有ソリューションを調整する部門横断的な権限の創設

能力共有ソリューションを構築するには、人材や資金の活用が不可欠である。調査によると、調査した企業の約65%で、組織的要因（例えば専用の時間を割り当てるなど）と、財務上の検討事項（特に高額な先行投資と継続コスト）を大きな障害と認識していた。共有モデルを、既存のビジネスモデルにおける革命と考えれば、事業戦略と緊密に連携するものでなければならず、部門横断的な権限に加え、社内全員の発想の転換が必要になる。企業のリー

ダーは部門やレベルの枠を越えてメリットを周知し、場合によってはインセンティブ制度を調整しなければならない。

B 製品寿命の延長と共有に向けた設計

活用する資産の価値を最大限に高め、最新技術を使った共有デバイスを顧客が利用できるようにするには、必要に応じて製品のメンテナンス、修理、アップグレードを行う必要がある。企業は既存事業での業務能力を生かして自社製品の寿命を延ばし、レンタルで利用しやすくして、製品性能を向上させる必要がある。また、循環型の製品設計は、モジュール化が可能で製品の使用事例の幅を広げることができるため、能力共有モデルを経済的な方法で実施していく上での大きなイネーブラーになる。

アジレントは2013年に中古製品の事業ラインを立ち上げ、その後、約5年前に中国でレンタル事業を開始。2023年末には米国にも事業を拡大した。この新規ビジネスモデル確立のイネーブラーは

寿命延長に関する既存能力であり、必要な能力がすでに利用できる状態だったために、立ち上げコストを削減することができた。

C データから学びを引き出すことによる、資産価値の最大化

予知保全や処方的メンテナンス、その他のデータに基づくサービスは、共有資産の耐用年数を延ばすことで、価値を最大化することができる。また、製品の利用度を高め、維持コストを削減することによって、活用する資産の価値を最大に高めることができる。

インターネットに接続された装置では、さらに使用状況や顧客データを抽出し（規制で認められている場合）、製品設計の改善や、企業がダイナミックプライシング（変動価格）モデルを提供する際に使うことができる。このようなインターネット接続によるサービスが社内で提供できない場合、企業は技術プロバイダーと提携する必要がある。

エネルギー管理とオートメーションのグローバル企業、シュナイダーエレクトリックは、エネルギー・アズ・ア・サービス（EaaS）の提供を通じてサーキュラー・トランスフォーメーションを実証している。同社は、マイクログリッドを自社のIoTプラットフォームである「EcoStruxure」に統合することで、共有エネルギー資産の運用を効率化。資産

寿命を延ばすことが可能になった。これは、エネルギーのレジリエンスを高め、顧客の先行投資を軽減し、持続可能性を向上させることで価値を創造するアプローチである。この循環型戦略では、環境問題に対応するだけでなく、新たなサービスに基づくビジネスモデルを通じて収益成長を推進している。



結論

製造10業種に従事する企業は、
循環型ソリューションによって
幅広い経済価値の実現が可能になることを
認識している。

世界では、今まさにビジネスモデルの革命が急速に進もうとしている。現在、多くの直線型モデル²⁸が限界に達しており、企業は労働力問題や供給不足、持続可能性の向上への様々な要望、進化する顧客の期待、規制の変更、そして人工知能などの変革的技術の出現といったビジネス環境の大きな変化に対応すると同時に、事業運営のあり方を見直す必要に迫られている。これらの混沌に、資源の過剰消費によって増幅された地球の三重危機²⁹が加わる中で、将来への進路を与えてくれるのがサーキュラリティである。

サーキュラリティは、様々なステークホルダーにとって魅力的な価値提案を生み出し、企業の競争力と生産性を保つことができる。資源の採取、廃棄物、温室効果ガス排出量を減らすため、持続可能性が高い。ほぼ絶え間なく混乱が続く世界の中で、レジリエンスを高め、おそらく将来的に最大の課題の一つとなる希少性に直接的に対処できる可能性もある。さらに、サーキュラリティは、顧客需要の拡大と、売り切り型の販売から製品ライフサイクルを通じたサービス提供への転換により、企業収益を増やす機会を与えてくれる。こうした利点により、サーキュラリティは、最初こそ初期投資が高くつく可能性があるが、長い目で見るとコストの削減になるだろう。

しかし、循環型ビジネスモデルにはトレードオフが伴うのも確かだ。毎年新製品を発売することに慣れている企業が、長持ちし、交換頻度が少なく、使う頻度が高い製品を作るには、ビジネスモデルの変更だけでなく、発想の大幅な転換が求められる。また、経営幹部はサーキュラー・トランスフォーメーションのために、従業員のスキル向上や、必要な専門知識の習得、パートナーシップ締結のための時間も含め、十分な資源を割り当てなければならない。最終的には、事業運営モデルと収益化モデルの両方が進化していく必要があるのだ。

調査の結果は、楽観視できる理由を明らかにするものだった。ますます多くの企業が、こうした課題が克服可能であり、サーキュラー・トランスフォーメーションを適切に実行すれば多大な経済価値をもたらされることを実証している。調査によると、サーキュラリティを通じて経済価値を引き出すことに成功している企業は、以下を実行している。

- 三つのアーキタイプ（あるいはアーキタイプの組み合わせ）のうち、どれがサーキュラー・トランスフォーメーションから最大の価値を生み出すことができるかを理解し、そのアーキタイプ特有の実現戦略を検討する。
- 循環型パートナーシップを確立し、価値の重要な源泉を開拓する。
- サーキュラリティを事業戦略に組み込み、幹部が部門横断的な権限を持てるようにし、インセンティブを導入する。
- 障害を見つけ、循環型ソリューションを拡大するために、循環型のモニタリング戦略を確立する。

世界経済フォーラムは、ペイン・アンド・カンパニーおよびケンブリッジ大学の協力を得て、「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」イニシアチブを立ち上げ、企業のサーキュラー・トランスフォーメーションを支援している。このイニシアチブでは特に、企業による課題の克服を支援し、サーキュラー・パイロット・プログラムを立ち上げ、エコシステムとパートナーシップを形成してサーキュラー・トランスフォーメーションを加速する方法を探求している。コミュニティに参加するには、同フォーラムの「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」ウェブページを参照いただきたい³⁰。

ハイドロ

産業	アルミニウムと再生可能エネルギー
従業員数	30,000+
ケースの成熟度	本格的な拡大継続中

ハイドロにとって、使用済みのスクラップを脱炭素化オペレーションでリサイクルすることは、2030年までに工業的規模で二酸化炭素フットプリントがゼロのアルミニウムを生産する主要な方法の一つである。

複数の産業にわたるイニシアチブが他にも数多くある中、同社は2022年に、自動車用の低炭素再生アルミを開発・供給するという目標を掲げて、同社初の自動車循環パートナーシップを開始した。目標の実現に向け、ハイドロはバリューチェーン全体の参加を求めた。同社は使用済みスクラップを早期に入手するためのパートナーシップを構築し、リサイクル工程用に最高品質の純粋な素材を入手するために独自の選別技術を開発して、ボルシェやメルセデス・ベンツ、ポールスターといったOEM（相手先商標製品メーカー）と提携した。長期にわたる協力関係により、OEM側のニーズに合う素材の共同開発が可能になり、OEMは部品要件仕様書に新素材についての詳細を記載できるようになった。

実施上の課題

- 材料のカーボンフットプリントに関する情報が欠如しているため、顧客が情報に基づいた意思決定を行う、およびより持続可能性の高い製品を求めることができない。
- すべての消費者や産業において使用可能なリサイクル素材を大規模生産するための規格が存在しない。
- 寿命を終えた製品や、それらのリサイクルに関する規制要件や回収率に地域差があることで、リサイクル能力が制限されている。
- スクラップがグローバル・ノースからグローバル・サウスへ流出することで、選別工程のコントロールが低下し、重要な価値の源泉の喪失につながっている。
- 品質に対するネガティブな認識により、低炭素のリサイクル鉱物や製品にプレミアム価格を支払う意思がない。

実現のための戦略

- スクラップを早期に確保し、選別プロセスをコントロールするためのパートナーシップ。
- より多くの種類のスクラップを処理し、高い価値を持つ特定のアルミニウム合金の回収を可能にするために、独自の分別技術（HySort）を開発。
- 自動車のアルミニウム部品に含まれる再生アルミ成分の割合を高めることを可能にする既存合金の研究開発。
- 需要を確保し、高額投資のリスクを緩和するためのOEMとの長期（20～30年を視野に）のパートナーシップ。
- パートナーと共同で循環型の製品設計を行い、設計の初期段階からリサイクル性を優先し、製品のライフサイクル全体のサーキュラリティを強化。





インパクト

温室効果ガス排出：

- アルミニウムのリサイクルに必要なエネルギーは、一次アルミニウムの生産に使うエネルギーのわずか5%に過ぎない。また、鉱山から最終製品までの資源を節約することにもなる。1トンのアルミニウムをリサイクルすると、6トンのボーキサイトと9トンの二酸化炭素排出が削減される³¹。
- 同社は、使用済みスクラップを最低75%使うことで、再生アルミニウムの生産1kg当たりのカーボンフットプリントを二酸化炭素換算値で平均1.9kgにしている。これは一次アルミニウム生産で発生する平均値の約8分の1である。同社の100%再生アルミのカーボンフットプリントは二酸化炭素換算で0.5kgを下回るが、生産工程が複雑で時間がかかるため、生産量は小規模ではない。

レジリエンス：

- 同社はOEM各社の具体的なニーズに合わせてリサイクルのソリューションをカスタマイズしている。このため、各社とリサイクル材の需要継続を保証する長期のパートナーシップを結び、財務の安定性を確保すると同時にレジリエンスを強化している。
- アルミニウムのスクラップ不足とアジアへのスクラップの輸出増加が重なったために、欧州でスクラップ価格が高騰し、同社のレジリエンスに悪影響を及ぼしている。同社は、安定的にスクラップを入手するための長期契約を結ぶことで

外部のスクラップ源への依存を減らし、分別能力を拡大することで、より幅広い種類のスクラップを加工できるようにしている。

収益：

- 同社の再生アルミ製品にはプレミアム価格がついており、再生アルミ需要の成長率はバージンアルミニウムの2倍の年間5.4%と予想されている。
- そのため、同社は2030年までに年間の使用済みスクラップ使用量を今の倍近くの85～120万トンに増やす予定。結果として、2030年のEBITDAは市場の成長と資本の調達状況によって約4億7,000万～7億5,000万ドルの範囲になるものと見込まれる。

コスト：

- 2030年までに約4億7,000万～7億5,000万ドルのEBITDAを実現するには、リサイクル施設への大規模投資、スクラップへのアクセス確保、高度な選別機能の開発が必要となる。例えば、ハイドロは2023年に1億5,000万ドルをかけて未開発の更地にリサイクル施設をオープンし、2024年にさらに新たなリサイクル施設への約2億ドルの投資を承認している。
- 加えて、循環型原料の加工では、回収、選別、輸送といった新しいコスト要素により、コスト構造が変化する。しかし生産プロセスにおける電力消費が一次アルミニウムよりも少ないことで、部分的に相殺される。



シーメンスモビリティ

産業	車両(鉄道業)
従業員数	40,000+
ケースの成熟度	本格的ソリューションと試行を含むソリューション一式

鉄道輸送は資産価値が高く、資産の耐用年数も長いいため、産業のサーキュラー・トランスフォーメーションに最適なケースである。シーメンスモビリティは、車両向けに完全な循環型ソリューション一式を策定。持続可能性と費用効率の可能性の両方を引き出している。このソリューションは、ライフサイクル全体を網羅するもので、三つの柱を軸にしている。第一は「より少ない資源でより多くのことを」、すなわち、循環型設計やビジネスモデルの統合により、資産の効率と利用可能性の向上。第二は、改修からインテリジェントな廃車、サプライチェーン管理にいたるまでの寿命延長サービスの提供。最後は、自社の技術知識、同社の運営するオンラインマーケットプレイス「MoBase³²」の利用、あるいはサプライヤーの包括的エコシステム、持続可能な素材企業やリサイクル企業を活用した、寿命後の技術部品、スペア部品、素材の価値の回収である。

実施上の課題

- 直線型のバリューチェーンやビジネス慣行を循環型へと変革する必要性。
- 循環型ソリューションを実現するための契約モデルやビジネスモデルの開発。
- ライフサイクル全体にわたる材料、部品、システムに関するデータ要件の増加。
- 現在のバリューチェーンの内外における新たな能力（価値の回収など）や協力の必要性。

実現のための戦略

- 完全に循環型の製品ライフサイクル（ゆりかごからゆりかごへ）を目指す事業者向けの、持続可能性と費用効率を統合した包括的なソリューション一式。
- インテリジェントな鉄道資産管理のための「Railigent X」オープン・エコシステムなどのライフサイクル契約、フルサービス契約、アズ・ア・サービス型モデルといった新しいビジネスモデル。
- デジタル製品パスポートから予知保全、トレーサビリティ、AI ベースの製品寿命後戦略まで、データに基づくサービスで現実世界とデジタル世界を結合。
- 事業者（需要サイド）とサプライヤー、持続可能な素材企業、リサイクル業者（供給サイド）の両方を含むパートナー・エコシステムを構築。





持続可能性と競争力へのインパクト

温室効果ガス排出：

- 牽引システム用パワーエレクトロニクスなどの部品のスマート修理により、新規製造に比べて二酸化炭素排出量を最大 40% 削減。
- 資本支出（CAPEX）が不要の「スマート列車リース」モデルで実現した、地域排出量ゼロのバッテリー式列車や水素列車の導入が地域で増加し、柔軟性と費用効率の高さを実現。
- アルミニウムの循環型サプライチェーンを使うなどして、一次材料の代わりに二次材料を使用することで、二酸化炭素排出量を最大 90% 削減。

レジリエンス：

- インテリジェントな廃車管理と供給のコンセプトを、重要な技術部品の回収と組み合わせ、鉄道輸送のレジリエンスと効率を向上。
- リサイクル・エコシステムを通じてライフサイクル終了時にアルミニウムや銅といった材料の価値を回収し、材料不足やサプライチェーンの混乱、材料コストの増加によるリスクを軽減。

収益：

- 入札においては、サプライヤー選択の一つの基準としてサーキュラリティの重要性が増していることから、循環型かつ資源効率の良い鉄道ソリューションを主導することは、大型案件の入札を勝ち取る上で明確な差別化要因になる。
- サーキュラリティに関する市場動向は、資産のライフサイクルの後半におけるサービス提供の新しい機会を含め、フルサービス提供事業者としての立場を強化・拡大する可能性をもたらしている。

コスト：

- Railigent-X サービス経由での予知保全によって、車両が最大で 100% 利用可能になり、維持コストを最大 15%、サービスの遅延によって生じるコストを最大 40% 削減することが可能になる。
- 元の部品が廃番になったとしても、3D プリンターを活用した積層造形によって数十年にわたリスペア部品を使用できるようにすることで、100% の利用率を支えている。部品のスマート再設計（例えば重量軽減など）によりコスト削減を進め、（従来の製造や保管と比べて）材料廃棄を最大 70% 削減している。
- 低炭素の二次材料が循環するループを完成させることで、野心的なサプライチェーンの脱炭素化目標を実現するコストを大幅に削減することができる。



産業 暖房、換気、空調、冷却システムの
産業機械メーカー

従業員数 40,000+

ケースの成熟度 ソリューションを大規模に展開

トレイン・テクノロジーズは、戦略的ブランディングの下、1992年に北米で、また2011年には欧州、中東、アフリカ（EMEA）でレンタル事業を開始した。対象とする顧客は季節ニーズがあり、変更の多い製品効率性の規制への対処を余儀なくされている企業である。現在、レンタル機器はこの3年間で年間10%以上の伸びを示している。あらゆる種類の産業（データセンター、発電、医療、小売り、イベントなど）に冷却装置をレンタルしており、さらに、機器の修理、改修、アップグレードのサービスを、レンタル機器を対象としたものから全顧客向けの寿命延長サービスへと拡大している。

レンタル機器用の中古部品を入手するため、同社は顧客から使用済みの冷房や暖房のシステムを買い戻している。また、遠隔メンテナンスを通じて機器の耐用年数を延長するため、リモート接続システムの構築を開始。こうしたサーキュラリティへの熱心な取り組みは、2030年までに顧客の温室効果ガス排出量を10億トン削減し、機器や材料の製造過程における全炭素排出量を40%削減することを目指すという、同社の持続可能性へのコミットメントを形成している。

実施上の課題

- 循環型ソリューションのメリットや利用可能性に関する顧客の認識不足。
- 第三者のレンタル事業による市場の飽和。
- 買い戻し後、修理を経て北米のレンタルサービスで提供可能な中古機器の入手。

実現のための戦略

- 認められた環境上のメリット、最新技術の利用、所有コストの軽減、EMEAでの変更の多い冷却設備効率規制を考慮した製品規制サポート、アズ・ア・サービス型の機器提供など、顧客にメリットを明確に伝えて需要を促進する。

- 製品知識や修理に関する社内の専門技術や能力を生かすことで、第三者のレンタル事業者との競争で優位性を確保する。

- レンタル機器とのリモート接続によって、機器の寿命までの利用率を高め、維持コストの削減が可能になる。トレイン・テクノロジーズでは、予知保全を導入することで、多くの場合は現場でのサポートなしで、生産性に影響を及ぼす前に問題に対処することができる。





インパクト

温室効果ガス排出：

- 冷房や暖房などの季節的需要では、季節とは逆のニーズがある顧客が存在する場合が多い。共有を進めることで、バーজন資源の消費を削減するだけでなく、実際には一つの設備だけが必要な場合に、二つの設備を別々に製造する際に発生する炭素の排出量を減らすことができる。
- 年間を通じた需要では、レンタルを活用することで効率的な技術を利用できるため、エネルギーコストやカーボンフットプリントの削減につながる。事実、EMEA では、「持続可能な製品のためのエコデザイン規則」により、冷却装置の効率は過去 7 年間で 70% 向上している。
- 技術のアップグレードによって、季節的需要を継続的な需要に変えることも可能になる。例えば、ガスボイラーの代わりに最新のヒートポンプ技術のレンタルオプションを提供することで、資源消費や排出量の削減に役立つばかりか、暖房や冷房のニーズにも対応できる。これによって、さらなる設備の導入や輸送、あるいは天然ガスに依存する暖房などが不要になる。

レジリエンス：

- 同社はレンタルによって顧客のニーズに迅速に対応し、サプライチェーンの課題を緩和している。
- EMEA 市場では、効果の高い長期計画、サプライヤーとの関係強化によって、サプライチェーンのレジリエンスを高め、価格を安定化。レンタルサービスは、生産レベルを一定に保つことで、原料需要の安定化に役立っている。

付加価値：

- レンタルサービスは、短い期間、装置のダウンタイムに対応しなければならない顧客や、多額の資本投資をせずに新しい装置を試したいと考えている顧客にとってメリットとなる新たな機会を生み出している。また、この循環型ビジネスモデルは、迅速にアップグレードされた機器を顧客に提供することで、顧客が冷却装置の効率規制を遵守できるようにするため、収益経路の一層の透明化を図ることができる。
- 現在、レンタル部門は毎年着実に成長しており、売り切りを前提とする直線型販売との顧客の奪い合いは最小限に抑えられている。

コスト：

- EMEA 市場では、工場の生産能力をレンタル機器の製造に利用することで、未活用の製造施設に関連する固定費の回収という課題が最小限に抑えられている。
- 寿命を迎えた後の資産管理が改善されたことで、価値の高い機器の回収が可能になり、新しいシステムへの資本投資が不要になった。



協力者

Carlotta Boerner

Project Fellow, World Economic Forum;
Consultant, Bain & Company

Jonathan Georg

Project Fellow, World Economic Forum;
Consultant, Bain & Company

Sita Gleichauf

Project Fellow, World Economic Forum;
Manager, Bain & Company

Fabienne Kim

Project Fellow, World Economic Forum;
Senior Manager, Bain & Company

Anis Nassar

Lead, Resource Circularity, Centre of Nature
and Climate, World Economic Forum

Bain & Company**Tessa Bysong**

Partner

Benjamin Eng

Consultant

Josh Hinkel

Senior Partner and Global Solutions Lead for
Digital Operations

Amish Thakker

Partner

謝辞

本白書の執筆にあたり、貴重な洞察やご意見をお寄せいただいた「産業のサーキュラー・トランスフォーメーション」コミュニティの皆様には感謝いたします。本白書は必ずしも以下に示す組織の見解を示すものではありません。

Agilent Technologies

Cisco Systems

Dow Chemical Company

enaDyne

HP

Indorama Ventures

Norsk Hydro

Ralph Lauren Corporation

Rockwell Automation

Schneider Electric

Siemens

Trane Technologies

Trumpf SE + Co.

制作

Bianca Gay-Fulconis

Designer, 1-Pact Edition

Madhur Singh

Editor, World Economic Forum

参考文献

1. Traditional, linear value chains are characterized by a straightforward, sequential process where materials and goods move in a direct line from sourcing to production, consumption and disposal.
2. The triple planetary crisis refers to climate change, pollution and biodiversity loss.
3. Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *What is a circular economy?* <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>.
4. Includes apparel and textiles, automotives, chemicals, consumer white goods, consumer technology hardware, fast-moving consumer goods (FMCG), heavy industry, aerospace and defence, machinery, medical technology and packaging. When highlighting market survey results, this paper references “businesses” since most participating top executives work at different businesses with limited overlaps.
5. Earth Overshoot Day. (n.d.). *Earth Overshoot Day 2024 falls on August 1st*. <https://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/press-release-2024-english/>.
6. Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Completing the Picture: How the circular economy tackles climate change*. <https://emf.thirdlight.com/file/24/cDm30tVcDDexwg2cD1ZEcZjU51g/Completing%20the%20Picture%20-%20How%20the%20circular%20economy%20tackles%20climate%20change.pdf>.
7. Heinrich Böll Stiftung. (n.d.). *Understanding the Circular Economy: Principles, Benefits, and Applications*. <https://il.boell.org/en/2024/03/09/understanding-circular-economy-principles-benefits-and-applications>.
8. International Labour Organization. (2019). *Skills for a Greener Future: Key Findings* (p. 9). https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_emp@ifp_skills/documents/publication/wcms_709121.pdf.
9. Ellen MacArthur Foundation. (2020). *Financing the circular economy: Capturing the opportunity*.
10. Stuchtey, M. R., & Kranendijk, S. (2018). *The Role of Business in the Circular Economy* (pp. 9-10). Centre for European Policy Studies. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/rolebusinesscirculareconomytfr.pdf>.
11. European Environment Agency. (2023). *Accelerating the circular economy in Europe: State and outlook 2024* (p. 18). <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/rolebusinesscirculareconomytfr.pdf>.
12. Stuchtey, M. R., & Kranendijk, S. (2018). *The Role of Business in the Circular Economy* (pp. 1). Centre for European Policy Studies. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/rolebusinesscirculareconomytfr.pdf>.
13. World Economic Forum. (2024). *The Role of Partnerships* (p. 4). https://www3.weforum.org/docs/WEF_Circular_Transformation_of_Industries_2024.pdf.
14. Ibid.
15. Ibid.
16. Reike, D., Vermeulen, W. J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0?—Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135(August 2018), 246-264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>.
17. Advanced industries, as used here and in subsequent references, is defined as >50% adoption and above average impact compared to other industries surveyed.
18. Eurostat. (2024, August 5). *Recycling rates of packaging waste for monitoring compliance with policy targets, by type of packaging*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_waspacr_custom_13187233/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=fd9710c1-b4e3-4bbe-9f2b-a460ddd45329.
19. IEA. (2021, April 30). *End-of-Life recycling rates for selected metals*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/end-of-life-recycling-rates-for-selected-metals>.
20. Significant impact, as used here and in subsequent references, is defined as an impact exceeding 20% above or below the average impact across industries surveyed in the respective impact dimension (GHG emissions, resilience, cost, revenue).
21. EuRIC Aisbl. (2020). *Metal Recycling Factsheet* (p. 3). https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/euric_metal_recycling_factsheet.pdf.
22. Ormonde, E., DeGuzman, M., Yoneyama, M., Liu, S., Loechner, U., & Zhu, X. (2022). *Plastics Recycling*. IHS Markit (S&P Global).
23. European Commission. (2023, March 22). *Commission Staff Working Document: Impact Assessment Report accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on common rules promoting the repair of goods and amending Regulation (EU) 2017/2349, Directives (EU) 2019/771 and EU (2020/1828*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023SC0059>.
24. European Parliament. (2024, April 23). *Right to repair: Making repair easier and more appealing to consumers* [Press Release]. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240419IPR20590/right-to-repair-making-repair-easier-and-more-appealing-to-consumers>.

25. Ibid.
26. Innovation, Science and Economic Development Canada. (2024, September 27). *Right to Repair Consultation*. Government of Canada. <https://ised-isde.canada.ca/site/ised/en/right-repair-consultation>.
27. Gadiesh, O., & Gilbert, J. L. (1998, May 1). How to Map Your Industry' s Profit Pool. *Harvard Business Review*, (May-June 1998). <https://hbr.org/1998/05/how-to-map-your-industrys-profit-pool>.
28. Traditional, linear value chains which are characterized by a straightforward, sequential process where materials and goods move in a direct line from sourcing, to production, consumption, and disposal.
29. The triple planetary crisis refers to climate change, pollution and biodiversity loss.
30. The link is available at <https://initiatives.weforum.org/the-circular-transformation-of-industries/home>.
31. Hydro. (2022, July 8). *Recycled aluminium's role in reducing carbon emissions: Why it's important and how to get there*. <https://www.hydro.com/en/global/about-hydro/stories-by-hydro/recycled-aluminiums-role-in-reducing-carbon-emissions-why-its-important-and-how-to-get-there/>.
32. See <https://www.mymobase.com/>.



COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD

世界経済フォーラムは、
官民両セクターの協力を通じて
世界の現状の改善に取り組むことを
目的とする国際機関として、
政治、ビジネス、社会の
主要な リーダー参画のもと、
グローバル、地域、産業の
アジェンダを形成しています。

本書は、2025年1月に世界経済フォーラムが発表した
[Circular Transformation of Industries: Unlocking Economic Value](#) の
日本語版です。

World Economic Forum
91-93 route de la Capite
CH-1223 Cologny/Geneva
Switzerland

Tel.: +41 (0) 22 869 1212
Fax: +41 (0) 22 786 2744
contact@weforum.org
www.weforum.org