

CIRCULAR ECOSYSTEMS

ホワイトペーパー

サーキュラー・エコノミーにおけるビジネスモデル・
イノベーション

White Paper

Business Model Innovation for the Circular Economy

Authors:
Fabian Takacs
Richard Stechow
Karolin Frankenberger
(2020)

ある時、スイスの布地メーカーSchoeller Textil AG社は自社だけでは業界の環境問題を解決できないことに気づき、自社事業の境界線を越えて顧客、取引先、さらには競合先とともにサーキュラー・エコシステムの構築を始めた。自社のビジネスモデルを革新する可能性を見据え、同社は社外の7社と協業してサーキュラー・エコシステムを形成し、のちに「wear2wear™」と名付けた。その狙いは、汚染、資源の浪費、そして廃棄物を生み出している繊維業界をよりサステナブルに変えるソリューションを生み出すことであった。そのために参加企業各社は、自社製品の製品ライフサイクルを理解し、エコシステム全体として新たな価値を生み出すことに取り組んだ。具体的に「wear2wear™」が実行したのは、製品が寿命を迎えたときに廃棄物とならないように、修繕やリサイクルを可能にするような布地をデザインする (design2recycle)ことだった。各社は協力して完全にサーキュラーな100%合成ポリマー(100%ポリエステル)の作業着を開発し、それによって廃棄を大幅削減することにした。特筆すべき点は、各社が連携してデザインを決め(例:複数素材の混合を避け、モジュール型で縫製)、その製品設計を取り巻く形でエコシステムを形成したことだ。各社の取り扱い製品やサービスの連携を念頭に製品を再設計したのだ。製品設計が変化の起点となり、エコシステムのコンセプトに沿った形で、顧客への付加価値を生み出したと言える。^{1,2}

wear2wear™の先進事例から、企業が自社のビジネスモデルを革新してサーキュラー・エコノミーをエコシステムとして実現する方法、そして世界的な問題を共通のビジョンで解決する方法を見て取れる。wear2wear™の事例に関する詳細は付録を参照してほしい。

このホワイトペーパーでは、今後出版予定の書籍「The Circular Navigator」の要旨であるサーキュラー・エコノミーにおけるビジネスモデルをシステムティックに設計、実証、実現する方法を解説する。

本調査レポートについて

本調査レポートは、スイス国立科学財団の資金による学際的な大規模調査プロジェクトLACE(Laboratory for Applied Circular Economy)における共同プロジェクトから着想を得て作成された。同プロジェクトには、ザンクトガレン大学、ローザンヌ大学、スイス連邦工科大学チューリッヒ校、スイス連邦材料試験研究所が参加している。学際的な調査手法を用いることで、経済的、法的、政治的、技術的側面から、どのような状況下で環境に有益かつ企業に収益をもたらす持続可能なサーキュラー・エコノミーを実現できるかを特定した。また、Losinger Marazzi社、V-Zug AG社、Entsorgung & Recycling Stadt Zürich社、Schoeller Textil AG社、Sympatex社、Carl Weiske社、Rehau社などの協力により、調査内容がより充実した。

本レポートは広範な文献調査、概念の議論、企業インタビュー、企業、学術機関、コンサルティング会社等との数多くのワークショップに基づいて作成した。

著者



Prof. Dr. Karolin Frankenberger
Institute of Management & Strategy (IoMS-HSG)



Fabian Takacs, MA
Institute of Management & Strategy (IoMS-HSG)



Richard Stechow, Dipl.-Ing.
BMI Lab Munich

本レポートを引用する際には以下のとおり記載してください。
Frankenberger, Takacs & Stechow (2020). *Circular Ecosystems: Business Model Innovation for the Circular Economy. White Paper of the Institute of Management & Strategy, University of St. Gallen.*

レポート要旨

サステナビリティに注目する企業数は増加の一途だ。しかし目を凝らしてみると企業の取り組みと地球環境やグローバルな社会環境悪化との間に「大きなギャップ」^{3,4}が生じている。

廃棄物や環境に負荷を与える物質は、製品設計上、工業化された消費社会の一部として組み込まれている。サーキュラー・エコノミー(CE)は、現在の直線的な産業経済システムから脱出するための方法である。CEの狙いは製品、部品、原材料を最大限に利用し、最大の価値を得ることにある⁵。本レポートでは、「大きなギャップ」を乗り越えるための手段として、企業単体では達成不可能な、サステナブルなソリューションを核とした複数のビジネスモデルで構成されるサーキュラー・エコシステムを設計、実証、実現する手法を紹介する。次の7つのステップでプロジェクトを迷わず進めることができる。

- I. **強力な動機付け:** 消費者の嗜好や法規制の変化、資源への依存度低減や費用削減、現在及び将来の従業員のモチベーション向上など、企業の観点から変化へのニーズをとらえる。
- II. **現状認識:** 自社の現状のビジネスモデルと原料調達から使用済み製品の廃棄までのバリューチェーン全体が環境及び社会に与えている影響を評価する。具体的にはサステナビリティのトリプルボトムライン(環境、社会、利益)⁶をビジネスモデルの4軸⁷に組み合わせて評価する。
- III. **アイデア創造:** 各種業界のサーキュラー・エコシステムで利用されている38種のサーキュラー・エコシステム・パターンを使って、既存ソリューションの枠を超えた新たなサーキュラー・エコシステムのアイデアを生み出す。これらのパターンは様々な業種の200以上の事例から抽出したものである。
- IV. **事業設計:** 生み出したアイデアをサーキュラー・キャンバス上に配置し、サーキュラー・エコシステムを設計する。サーキュラー・キャンバスは、サーキュラー・エコノミーの全体像を描き、取り組みを進めるための基本構造と自由度を備えたフレームワークだ。

- V. **ビジョン:** 自社及びサーキュラー・エコシステムのパートナー各社のビジョンとモチベーションを文書化する。
- VI. **具現化:** 適切なパートナー候補にコンタクトし、エコシステムに取り込む。必要な製品、サービス、業界ガイドラインのすべてを1社だけで構築、提供できる企業はないため、サーキュラー・ソリューションを成功させるためには、パートナーの取り込みが必須である。
- VII. **実行:** 自社が直接関与する個別のビジネスモデルを各社が実現することで、サーキュラー・エコシステム全体が実現される。設計したエコシステムを実現し、サーキュラー・ソリューションのメリットを享受するためには、新たなビジネスモデルをテストし実証することでリスク低減を図るといった既存のベストプラクティスに従うと同時に、サーキュラー・エコノミー特有の要求事項にも同様のベストプラクティスを適用することが重要だ。

この手法はロジカルでテンプレート化されているため、企業はサーキュラー・エコノミーの取り組みの複雑さに圧倒されずにサーキュラー・ソリューションを創造できる。これは非常に重要な点であり、それ以外にも他社との競争に打ち勝つためには、顧客のためだけでなく、従業員、地球環境、ひいては社会全体のためのソリューションを創造する能力が必要だからだ。

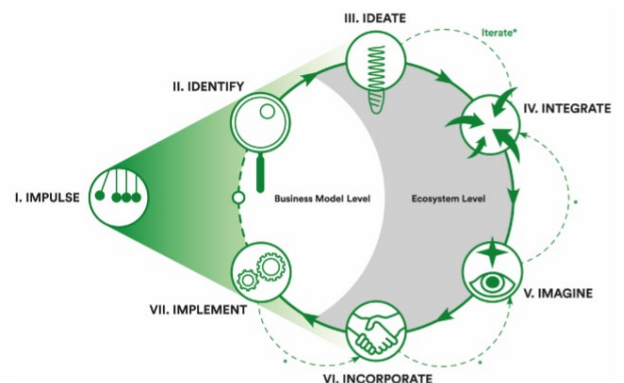


Fig. 1: The seven steps of the Circular Navigator

図1 サーキュラー・ナビゲーターの7ステップ

なぜサーキュラー・エコノミーが必要なのか？

我々は問題を抱えている

企業は現代社会の動力源である。企業は社会に対する価値を生み出し、繁栄と技術革新をもたらす、喫緊の課題に対するソリューションを提供する。企業は従業員に存在意義、仕事、そして安定した収入を提供する。加えて、CSR(企業の社会的責任)プロジェクトやサステナビリティレポートに見られるように、企業の環境や社会に対する責任への取り組みは増加している。例えば環境への負荷低減の取り組みに投資したり、よりサステナブルな業務プロセスの導入を進めたりしている。また、企業としてサステナビリティに積極的に取り組むことのメリットを強調する経営者が増えている。コスト削減、リスク低減、ブランド価値向上などが、サステナビリティにより積極的に取り組む主要な動機である。^{3,8}

ところがより詳細にみると、残念ながら地球環境や世界の社会環境の劣化と企業における取り組み拡大の度合いには著しい差異がある。この「大きなギャップ」^{3,4}は、環境のサステナビリティや国連が制定したSDGs達成⁹への進展が見られないことに起因する。人間の活動における安全範囲という観点での地球環境の限界を示す9つの指標¹のうち6つが既に限界を超えてしまっており、地球というシステムの耐久性や回復力が危機に瀕している^{10,11}。大気中のCO₂濃度は過去最大で、年間の気温も継続的に上昇を続けている^{11,12}。このままの状態を続けると、今後10年で100万種の生物が絶滅すると予測されている¹³。日々排出される廃棄物の量は現状の1日あたり350万トンから2025年には1日あたり600万トンに増加すると予測されているが、そのうち一定量は最終的に水中や海中に流れ出る¹⁴。

大きなギャップを乗り越える

ではなぜこの「大きなギャップ」が生まれるのか？理由の1つは、企業のサステナビリティへの取り組みの度合いや方法がまちまちであるこ

とだ。非持続的な行動を減らすことは、サステナビリティを向上させることとは異なる結果をもたらす^{3,15}。しかしながら、ほとんどの企業はまちまちの度合いで、非持続的な行動を減らすことのみを選択する¹⁶。一方、サステナビリティを向上させれば、現代の社会や環境の問題に能動的に対処し解決できる。ただ、それは単にサステナビリティの度合いでなく、その基底にある経済ロジック、すなわち産業システムにおける価値創出方法やバリューチェーンの構築方法、そしてこれらのシステム上を資源がどう流れるかに関わる話となる。原料を採取、加工、使用し、そして製品寿命を迎えた後に廃棄しないためにどうすればよいかという話だ。

工業化の黎明期より資源利用の各フェーズの関係性は直線的(リニア)で「採取→製造→使用→廃棄」の関係とも呼ばれている¹⁷⁻¹⁹。このような直線的なフェーズの結果として、製品寿命の終わりに廃棄物と呼ばれる不要品が生まれ、また資源の枯渇その他の負の影響が各フェーズで発生する(例: CO₂ 排出、マイクロプラスチック、土壌汚染)²⁰⁻²²。結果的に現在の経済成長は膨大な資源採取に依存している状況である^{19,22}。社会設計上も、廃棄物は現代の工業化された消費社会に固く組み込まれているため¹⁷、漸進的な改善や効率化の施策からは、廃棄物に対する効果的なソリューションは生まれない。

「もしこの壊滅的な汚染状況をコントロールするために何か手を打ちたいのであれば、根本的な取り組みが必須である」

Carl Weiske 社 CEO Thomas Weiske 氏

サーキュラー・エコノミーのための根本的なビジネスモデル・イノベーション

上述の大きな課題に真に取り組むためには、基本的な事業運営方法すなわちビジネスモデルを抜本的に変える必要がある。具体的には従来の直線的なビジネスモデルに代わる、サステナブルで資源のクローズドループを可能にする新たなビジネスモデルを自社の業界に作り出す必要がある^{19,23,24}。このサーキュラーな変革を適切に設計すれば、再生型の工業経済および莫大

¹ Planetary boundaries: biochemical flows, freshwater use, land-system change, biosphere integrity, climate change, novel entities, stratospheric ozone depletion, atmospheric aerosol loading and ocean acidification ¹¹

な量の有限かつ再生可能な資源の(再)獲得と反復利用を実現できる¹⁷。サーキュラー・エコノミー(CE)の目標は製品、部品、原料の利用効率と価値を最大限の状態に保ち続けることである⁵。したがって製品設計が成功の鍵を握り、きわめて重要である¹⁷。逆に、これにより経済成長と原料採取を切り離すことが可能になる^{19,22}。学会や実践の現場で「サーキュラー・ビジネスモデル」²⁵⁻³⁰が言及されているが、1つのビジネスモデルで製品ライフサイクルのすべてのフェーズを担うのは、かなり非現実的である。我々の理解では、単体のビジネスモデルは複数ビジネスモデルで構成されるエコシステム全体の一部として、資源がエコシステムを流れることを部分的に可能にするだけである²⁷。(ビジネス)エコシステムの組織形態は、共通の価値提供のために協業する複数の独立した企業で構成されるモジュラー構造である。このような連帯により、1社では対応できない複雑な顧客ニーズに応えることが可能となる^{1,31}。目的に沿った製品設計に基づく、資源のクローズドループによるサステナビリティという共通価値を実現するために、サーキュラー・エコシステム自体が各社のビジネスモデルをつなぎ、協調関係を構築するのだ。このように、CEはサーキュラー・エコシステム内で補完しあうビジネスモデル間の相互作用と言える。したがって、CEが機能するようにエコシステムを設計し開発する必要がある。

冒頭にあげたスイス Schoeller 社が単独でサーキュラー・エコシステムを設計するのはほぼ不可能で、各社の協業の結果成し遂げられた。協業内容には原料、製品設計、プロセスそれぞれのイノベーションが含まれる。エコシステムを中心となる製品である作業着の耐久性を高め、製品寿命が尽きた後で原料の安全なリサイクルを確実に実現するためには、このような協業が必須であった。

サーキュラー・エコノミーの定義:

CEは資源を基準に全体像をとらえたモデルであり、そのねらいは地球というシステムの変数を考慮に入れて、人類が生存できる環境を保ち続けることにある。CEはビジネスモデル・イノベーションと技術で社会が必要とする製品やサービスを提供し、長期的な経済繁栄に導く

ことで目的を達成する。製品やサービスは再生可能エネルギー及び自然の生態系で再生可能な資源、あるいは外部からの最小限の原料採取と安全かつ最小限の廃棄が担保された資源によって提供される。(出典:Desing et al., 2020に基づく)

しかしながら、従来のビジネスモデルからサーキュラー・エコノミーのビジネスモデルへと、補完的な協業先とともに移行するのは容易でなく、また現状の戦略フレームワークはほとんど役に立たない。サプライチェーンというマイクロ視点から協業先とのエコシステムによる価値創造というマクロ視点に見方を変えることが重要だ²。企業が広い視野を持ち、自社製品がライフサイクル全体に影響を及ぼすことを認知してはじめて、「大きなギャップ」が解決される。サプライチェーンに沿ってモノを売買するのではなく、共通の価値に基づいてプロセスや行動を協調させる全体的な視点への移行が必要なのだ。

調査に基づいて、我々は企業がサーキュラー・エコシステムを作り、実現するためのステップを示すナビゲーターを開発した。目的達成のために、体系的な手法で変化を主導する。それによって個々のビジネスモデルのイノベーションが可能になり、それが連帯したエコシステムに組み込まれる。具体的には、次にあげる7つのステップに沿って順番に進めていく。

1. 強力な動機付け:なぜ取り組む必要があるのか?

そもそもなぜ企業として取り組む必要があるのか?まずシンプルな答えは、地球システムの健全な回復力と包容力が人類存続の基盤だからである¹¹。今日の地球はこの状態から遠ざかりつつある。サンゴ礁、マングローブの森、湿地などの生態系の破壊や異常気象など^{32,33}、我々は不可逆的な変化を引き起こすリスクを冒している。これらの事実を目を向ける人々が増えており、さらに「Friday for Future」のような市民運動によって様々な方向から企業に行動を促す圧力が高まっている。

「サステナビリティはメガトレンドではない、それは生存のための必須要件だ」

Sympatex 社 Rüdiger Fox 博士

これらのマクロのニーズに加えて CE に投資する企業には 4 つの具体的なメリットがある。

(1) **消費者の行動と規制の変化:** 消費者の嗜好は時とともに変化する。サステナブルな商品への需要は個人の規範やサステナビリティへの嗜好と紐づいている^{34,35}。特に若い世代では気候変動やサステナビリティの意識が高まっている。その影響は消費行動だけでなく、規制(例:EUにおけるプラスチック製の使い捨て製品の禁止など³⁶)への圧力も生み出す可能性がある。CE の実施によって企業には規制導入への対策と同時に先行企業として競争優位性の確保を実現できる余地が生まれる。それに加えて、サステナビリティへの取り組みを約束した企業はより優れた財務実績や利益をあげていることが各種調査で何度も確認されている^{8,37-39}。Schoeller 社が初期のパートナーである Dutch Spirit 社、Carl Weiske 社、Märkische Faser 社とともに wear2wear™のエコシステムを生み出した背景にある要因はオランダにおける公開入札制度の変化であった。環境意識の高まりにより、原料採取と廃棄を前提とした直線的システムで生産された作業着の拒絶を突然決めたのだ。

(2) **資源への依存度の削減:** 事業の長期的繁栄にとって最も重要な要素の1つが資源確保である。天然資源への世界的な需要増加が資源不足と価格の高騰や変動に拍車をかけている。結果として生まれる企業サプライチェーンへの圧力は企業存続の脅威となりかねない^{17,40}。CE の実施により化石原料への依存を大幅に低減できる可能性がある⁴⁰⁻⁴²。実際に wear2wear™の事例でも参加各社の合成ポリマーへの依存度が低減されている。

「既存のサプライチェーンに依存できなくなるため、5年から15年以内に現状のビジネスモデルは変わる。我々は原油を必要とし(…中略)、

そして最終的に物質を廃棄している。このようなビジネスモデルは、今後は機能しないのだ」

Sympatex 社 Madeline Brey 氏(2019年)

(3) **競争優位性:** 協業先とともにサーキュラー・エコシステムに革新的なビジネスモデルを導入することで企業各社は競争優位性を生み出せる。例えば、wear2wear™ではポリマー・リサイクルの分野で総合的なソリューションを開発することで、エコシステムの参加企業各社は他の競合先のはるかに先を行く知見を得た。協業先との共同作業により、CE に参加するすべての企業は顧客に関するより深い知見を得ることができたが、これは直線的なサプライチェーンでは必ずしも得られないものである。繊維業界は使用後の資源の扱いに関しては最悪の業界の1つであり、リサイクルされる素材は1%に満たない²⁰。CEによる素材リサイクルのもつコスト節減や顧客との新たな関係構築のポテンシャルは見過ごされており、積極的な取り組みにより巨大なメリットを得られる可能性がある。実際に、2030年までにEU域内だけで年間に最大1.8兆ユーロの経済利益に達し、新たに200万人分の職を生み出すと推計されている^{41,42}。廃棄の抑制、素材の再生、あるいは新たな製品設計といったCEの実施によるEU企業の年間利益は最大6千億ユーロになりえる⁴³。

(4) **採用時の魅力度と従業員のモチベーションの向上:** 企業として環境問題の課題解決に取り組むことで、従業員に本質的なモチベーションが生まれる。企業が責任ある行動をとることで従業員の会社への帰属意識が強まるとの調査結果がある⁴⁴。このように、環境問題に関するCSR活動及び企業の評判によって労働市場における企業の魅力が高まるのだ⁴⁵⁻⁴⁷。

II. 現状認識: 現状はどうか?

「私たちは取り残された人を探していた。それこそ常々したかったことだ。ビジネスをする際には、だれかを犠牲にして儲けるのではなく公明正

大にやりたいのだ。」

DutchSpirit 社 Erik Toenhake 氏

最初のステップで行動の動機付けをしたのち、協業先各社とのエコシステムのレベルでの CE への移行の前に、ビジネスモデル・レベルでの移行を始める。したがって、直線的なバリューチェーン(採取→製造→使用→廃棄)における各ビジネスモデルの環境及び社会への影響を理解することが必要不可欠である。それを経て初めて変更すべき方向性を定めることが可能となる。サーキュラー・ソリューションを実現するうえで製品設計が鍵となるため、既存の製品設計と製品ライフサイクルにデザインが及ぼす影響を分析することが重要である⁴⁸。最後に、寿命を終えた製品がどうなるか、それに対する現状の自社の関わりを十分に把握する必要がある^{17,49,50}。

自社とバリューチェーン上のすべての関連ビジネスモデルを詳細に見ていくことで、この「現状認識」ステップを実行できる。そのためにはビジネスモデルの概念をトリプルボトムライン⁶の概念とサステナビリティの3つの輪(地球環境、人間社会、利益)に紐づける必要がある。ビジネスモデルは以下の4つの軸で構成される⁷。

- **Who:** このビジネスの顧客は誰か？
- **What:** 顧客に何を提供し、その提供価値は何か⁵¹？
- **How:** 提供価値をどのように生み出すか(バリューチェーン)、そのためにどんなプロセス、事業活動、リソースが必要で、その費用はいくらか？
- **Why:** このビジネスモデルはなぜ儲かるのか(収益はどのように生み出されるのか(収益モデル))？

これらの軸はサーキュラー・エコシステムにおけるビジネスモデル・イノベーションの主たる要素というだけでなく、サステナビリティの3つの輪に及ぼす(正負両面の)影響の原因となる。

- **地球環境への影響(what/how 軸に起因):** サプライチェーン上の顧客に何を提供しているか(例: 素材の成分)、製品設計上の素材構成はどうか(例: 素材の選択)? どのように製品を作り出すか(例: 生産方法)、そしてどう

やって顧客に提供しているか(例: 物流手段の選択)?

- **人間社会への影響(what/why 軸に起因):** 製品が人々に及ぼす影響とそれに伴い生じる副次的な影響は⁵²? なぜこのビジネスモデルで採算が合うのか、そして収益モデルが顧客に及ぼす影響は? 収益モデルの設計によって製品を利用可能な顧客層が限定される。
- **企業の利益への影響(how/why 軸に起因):** 企業の利益への影響は、提供価値を利益に換金する方法として説明できる⁵³。収益モデルとコスト構造の設計が最重要項目である⁵¹。その収益モデルが長期的に有用なのはなぜか、そしてバリューチェーンの構造がどのような影響を及ぼすか? 製造工程でどのようにコストが発生しているか?

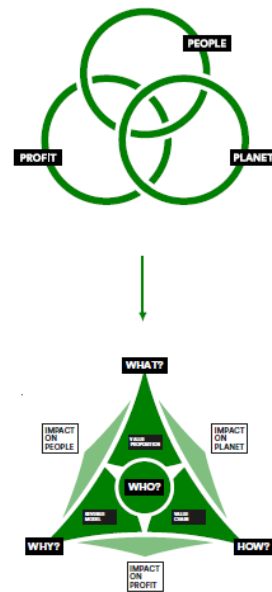


図2 サステナビリティとビジネスモデル・イノベーションの統合

このようにバリューチェーン上のすべてのビジネスモデルをサステナビリティの観点から総合的にまとめると、サステナビリティの3つの輪の間のトレードオフだけでなく、それぞれの輪の中でのトレードオフも明らかになる。ビジネスモデルの what/how/why のうち1つでも変更するとサステナビリティの2つの輪に直接影響を及ぼす。例えば、製造工程(how 軸)の有害物質排出を抑制すると利益(例: 新たな機器の導入コスト)や地

球環境(例:有毒ガス排出の減少)に影響する。また製品設計(what 軸)における化石原料から生分解性原料への移行は、地球環境(例:CO₂排出の抑制)や人間社会(例:製品の取り扱い方法の変更)に直接影響する。

自社だけでなく、バリューチェーンの他社のビジネスモデルも同様に分析することが重要だ。wear2wear™の事例では、Schoellers 社が取りまとめ役として、自社だけでなく製糸メーカー、縫製メーカー、作業着の回収業者、リサイクル業者まで、作業着のバリューチェーンに関与するすべての企業のビジネスモデルを分析した。さらに、将来の潜在的な脅威や業界のメガトレンドによるメリットの分析などで肉付けする必要がある。新たなソリューションを開発する際には、「使用」フェーズでの顧客と顧客ニーズを検討することも中心テーマとなる。

III. アイデア創造:既存のソリューションから脱却する

前ステップでは直線的バリューチェーンに関わるすべてのビジネスモデルについて欠点を特定した。次は視点をエコシステムレベルに移す。ここでは、取りまとめ役の企業はサーキュラー・エコシステムに沿った根本的に新たな提供価値と価値提供メカニズムを考え出す必要がある。理想的には、協業先候補をこの作業に巻き込み、より高いレベルのイノベーションを目指したい。しばしば、既存事業の常識にとらわれて自由な発想をできない企業が見受けられる。「ずっとこの方法でやってきた」あるいは「これが業界の流儀だ」といった言動は、常識にとらわれて頭が固くなっている明確な証拠だ。しかしながら、ビジネスモデル・イノベーションの調査から判明している通り⁷、CE 実現のためには常識を打ち破り、業界全体の価値提供メカニズムを設計しなおす必要がある。

私たちは、企業各社が自社業界のサーキュラー・エコシステムを設計する際に、サーキュラー・エコシステムの成功要素のひな型として利用可能な 38 種のサーキュラー・エコシステム・パターンを特定した。これらのパターンは広範な文献調査と各業界のサステナブルなサーキュラ

ー・ソリューション構築の成功事例に基づいている。サーキュラー・エコシステム構築に参加する各社が業界の常識を打ち破る根本的に新たなビジネスモデルを生み出すために、これらのパターンが役立つはずだ。

「つまり我々は 3 年前から、靴であれ洋服であれ、サステナビリティにおいては製品設計が重要であるを見極めていた。最も効率よくリサイクルするためには、最初からもっとシンプルで簡単なデザインにした方がよいのだ」

Sympatex 社 Herve Clerbout 氏

サーキュラー・エコシステム・パターン

私たちは、サーキュラー・エコシステム構築において重要なパターンを 4 つのカテゴリーに分類するフレームワークを開発した。4 つのカテゴリー全体を組み合わせることで、資源のサステナブルな循環を達成しつつ、収益性も高いソリューションを構築できる。最初の 2 つのカテゴリーでは CE の物質的な側面に焦点を当て、地球環境のサステナビリティ(例:長寿命化や有害物質の回避)を満たしつつ、物質の循環サイクルを実現可能にする。あとの 2 つのカテゴリーはビジネス視点で、サーキュラー・ソリューションの収益化、魅力向上、動機付けに集中する。パターンを使って生み出したアイデアを、次のステップで CE の各フェーズに沿って並べる。38 種のパターンの概要と利用例の詳細を付録 I に記載した。

循環ループの実現:このカテゴリーには製品、パーツ、素材の回収に直接あるいは間接的に重要なすべてのパターンが含まれる。資源循環ループの実現は重要だが、サステナブルなサーキュラー・ソリューションを達成するためには、これだけでは不十分だ^{54,55}。

循環ループの向上:このカテゴリーはサステナブルな CE に不可欠な礎であり、新たなソリューションが環境問題の削減や解消に役立ち、かつ隠れた副作用がなく(例:リバウンド効果^{56,57})地球環境の安全範囲を超えないことを確認する。

循環ループのマネタイズ:このカテゴリーは画期的な方法でサーキュラー・ソリューションを収益化するのに役立つ。これらのパターンは直線型

経済に特有の「原材料採取と販売額とのリンク」を断ち切るのにも有用だ^{58,59}。

循環ループの付加価値向上:これらのパターンは、ユーザーとのやり取りを促進し、サーキュラーな変化への認知を啓蒙し、長期的な顧客との関係強化やロイヤルティ向上につながる。これらのパターンはサステナビリティという側面を超える付加価値をユーザーにもたらし、製品・サービス購入の動機付けとなる。



CLOSE THE LOOP	IMPROVE THE LOOP	MONETISE THE LOOP	EXCITE THE LOOP
Product-Reuse	Increased Longevity	Pay per Use	Servitisation
Part-Reuse	Repair & Maintenance	Rent Instead of Buy	Mass Customisation
Re- & Upcycling	Smart Assets	Performance-based Contracting	Circu-Luxury
Intelligent Assembly & Modularisation	Eco-Efficiency	Subscription	Experience Selling
Biodegradability	De-Materialisation	Fractionalised Ownership	Marketplace
Waste as Input	Eco-Materials & Sourcing	Dynamic Pricing	Prosumer
Reverse Logistics	Increased Functionality	Revenue Sharing	Eco Lock-in
	Localisation	Crowdfunding	Communicate Responsibility
	Produce on Demand	Take-Back	Sharing
	Detox		Robin Hood
	Energy Recovery		
	Renewable Energy		

図3 サーキュラー・エコシステム・パターン

IV. 事業設計: 一貫したサーキュラー・エコシステムの設計

「どのようにうまく協力するかがサステナビリティとリサイクルのすべてだ」

Schoeller 社 Hendrikus van Es 氏

エコシステムの視点を持つことは有益である。なぜなら企業とサプライヤーという古典的な関係から脱却できるからだ。新たな経済的関係としてのエコシステム¹が、異なる企業間の事業活動と技術における相互依存性に光を当て、そこではイノベーションが議論の対象となる²。

サーキュラー・キャンパス(図 4 参照)を使って、前のステップで得た事業アイデアを CE の適切なフェーズに割り当てる。このキャンパスは材料科学と事業視点を1つにまとめて企業間連携の可能性に光を当て、CE の全体的な複雑性を整理するのに役立つ。製品あるいは広い意味での共通の提供価値がキャンパスの中心で、その周囲に形成されるエコシステムがソリューションを構成する。価値創造メカニズムの可能性を見極めるために、キャンパス上でいくつかの事業アイデアをモジュールとしてまとめる(例: 物流

業者)。エコシステムの調査で明らかになっている通り、これらのモジュール群は独立して相互連携可能で¹、それぞれが画期的なビジネスモデルの事業機会となり、また全体としてサーキュラー・エコシステムを構成する。サーキュラー・キャンパスを使えば、新たに構築した複数のビジネスモデルを通じて、協業先候補や協業先との補完性を見極められる³¹。サーキュラー・キャンパスは以下のフェーズと要素で構成される。

- **中核フェーズ:**「製造」フェーズに含まれるのは生産、販売、流通である。その次は「使用」フェーズで、利用者がサーキュラー・ソリューションの価値を享受する。次の「回収」フェーズでは、製品の回収・返却後に分別され、再生される^{18,59}。循環レベル(例: 製品、部品、素材)は様々だが、新たに「製造」フェーズで再利用され、循環サイクルが完結する。
- **周辺フェーズ:**「採取」と「廃棄」のフェーズは3つの中核フェーズを取り囲む。製造、使用、再処理の過程で変質、色あせ、異物混入など素材の品質が低下し、物質の循環サイクルを完全には構築できないことが多い^{54,60}。そのため、何らかの形で最低限の「採取」を

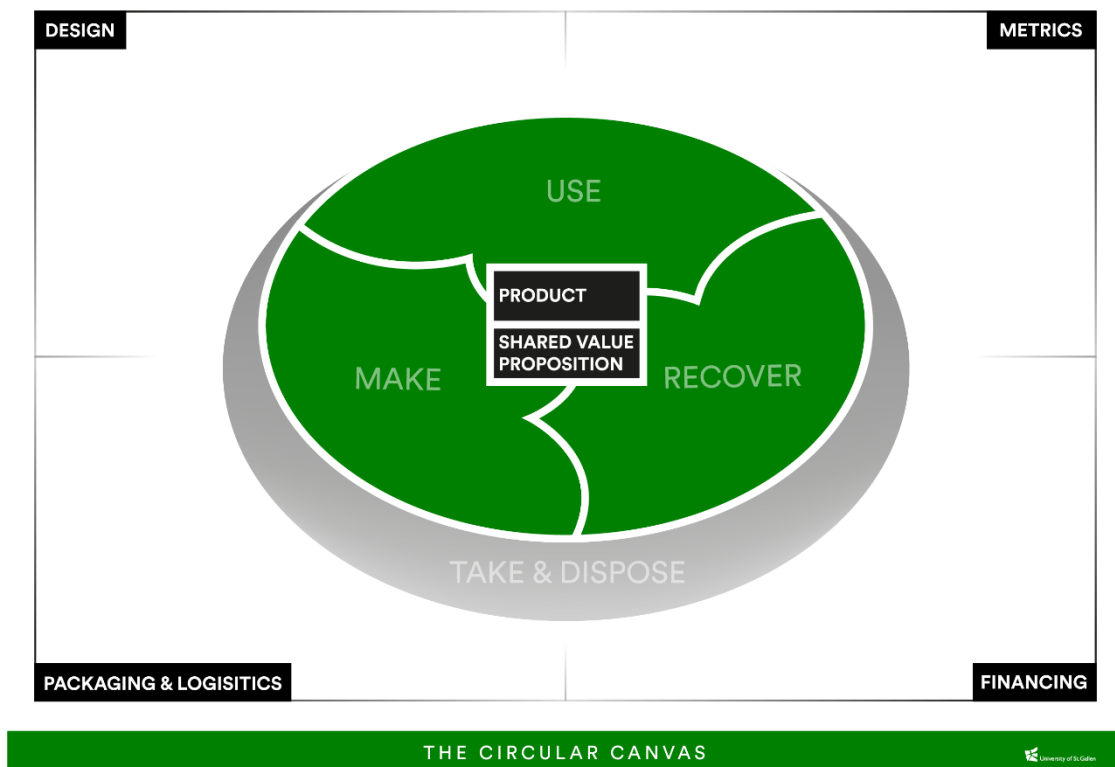


図4 サーキュラー・キャンパス

行う必要がある。Desing 氏らの 2020 年の調査によれば、循環フローにおいて製品の素材をできるだけ完成品に近い状態に保っておき、それにより製造にかかった手間をそのまま“保持”しておくことが非常に重要である⁵⁴。簡単に言えば、製品の再利用は部品の再利用より望ましく、部品の再利用は素材のリサイクルより望ましい、しかし焼却するよりはリサイクルの方がよい、ということだ。これは「リデュース、リユース、リサイクル、熱回収、廃棄」という EU の廃棄物ヒエラルキーと一致している。

- **統合的な要素と戦略的な要素:** 上記以外にサーキュラー・エコシステムを構築する際に考慮すべき追加要素がある。それらはフェーズへの影響が統合的なもの(製品設計、包装、物流)、あるいは戦略的に重要なもの(指標、財務)である。後者については実施にあたり、導入の道筋と資金確保を適切に進め、また成果を測るために必要だ。CE の各フェーズに属さないアイデアがここに収まる。

V. ビジョン: ビジョンを示す

サーキュラー・トランスフォーメーションの鍵となる要素はエコシステム全体にとっての変化の意義(なぜ我々は変化する必要があるのか?)を示す共通ビジョンの創造である。このビジョンは次の 3 つの機能を満たさなければならない。すなわち、自己認識(個人的な意義)、正当性(理に適うこと)、そして集中(価値の保証)⁶¹だ。社内でプロジェクトを説明する際にもこのビジョンが利用される。すなわち、このビジョンが CE とサステナビリティの話題を論拠のある議論のレベルに高めるのだ。なぜ企業が変わるべきなのかについての説得力あるビジョン無しには、成功はおぼつかない。CE トランスフォーメーション・プロセスにおける最も典型的な障害は、サステナブルなイノベーションの必要性に対する認識の欠如^{62,63}と保守的な企業文化⁶⁴である。環境問題への理解を支援し、その課題に企業レベルでどう取り組むことができるかを示すことが極めて重要である。そして、この理解をエコシステムにおける企業の事業開発の可能性に結びつけることが鍵となる。ビジネスモデルのサーキュラー・

トランスフォーメーションと適切なエコシステムの構築は競争優位性の獲得につながり、それは従業員に伝えるべき重要なメッセージである。協業先と連携し、従業員にモチベーションを与えて巻き込み、また顧客を引きつけるためには、ビジョンを持つことが重要である。パーパス(意義)をもとにしたストーリーがあればエコシステムのビジョンをうまく伝えて商品に対する顧客の支持を得やすくなる。エコシステム内の各プロセスにおいても、協業各社の共通理解を生み出し、さらなるステップに向けた意思統一を図りやすくなる。サーキュラー・エコシステムは新たにできたコンセプトであり、想像、手順、仮定、そして事実情報が複雑に絡み合っており、視点や解釈にばらつきが生じやすい。明快な構成のストーリーがあれば複雑な状況下でも適切に物事を進めやすくなる。

一人のビジョンが大きな変化を引き起こしたという繊維業界の有名な例がある。カーペットタイルメーカー *Interface* 社(年商約 10 億ユーロ)の創業者で前 CEO の *Ray Anderson* 氏の「*Mission Zero*®」による成功例だ。1994 年の開始以降、イノベーションや新製品の市場投入を通じて環境への負の影響を継続的に低減してきた。廃棄をなくしたり環境に負の影響をもたらす排出物を減らしたりして直線型経済からうまく脱却したうえで、*Interface* 社はさらなる取り組みを進めた。脱炭素に貢献する CO₂ バランスがマイナスのカーペットの開発だ。企業ビジョンとサステナブル CE に対する同社の包括的な取り組みを通じて、多くの企業が達成できていない、積極的に「大きなギャップ」を埋めるという難題を同社は達成した。

VI. 具現化: 適切な協業先の特定

総合的に見たとき、CE ソリューションが長期的なものであるという特性を踏まえるとパートナーシップの重要性は大きい。興味深いことに CE がもたらす効果の一部には時差がある。マーケティングや販売の結果はすぐ得られるものの、物質の循環ループが実現されるのは製品が何年も使用された後の話となり、それというのも環境のためには製品がなるべく長期間使用された方がよいからだ。そのため、リーダーシップをとる

企業がサーキュラー・エコシステムの長期性を踏まえて全体をうまく取りまとめていくことが重要だ。

wear2wear™のケースでは、成功の鍵となる要素の1つが取りまとめ役が存在であった。仕事上の友人であった Schoellers 社と Dutch Spirit 社の2名のキーマンが個人的にエコシステム立ち上げに使命感を感じたのだ。両名は自らを「触媒役」(2019年、Dutch Spirit 社 Toenhake 氏)と位置づけ、事業機会の評価、協業先候補の勧誘、企業をまたぐ製品設計支援、必要な場合には協業先の除外、そして積極的な顧客開拓などを行った。両名が活動の責任を負うことで、協業先各社にとっての複雑さが緩和され、エコシステムの成長が可能となった。以前は競合していた市場セグメントで、今は壁を取り払い、協業先として共にサーキュラー・ソリューションを構築している。

「つまり我が社は Sympatex 社の協業先だが、同社から膜を購入する顧客でもある」
Schoeller 社 Hendrikus van Es 氏

これにはすべての協業先の長期的な関与が必須で、そのためには互いの信頼関係と、可能であれば長期的な協業の動機付けとなるインセンティブを作り出すことが必要となる。これは市場での大手企業への依存や破壊的な競争など、CEを進める際の課題への対策にもなり、障壁が低くなる^{65,66}。企業各社は、潜在的な協業先が何を提供してくれるか、彼らはエコシステムからどんなメリットを得ているか、我々と同じビジョンを共有しているかを自問すべきである。

VII. 実行: サーキュラー・ソリューションの実現

ここまでのステップはエコシステムのレベルで実施したが、ここで個別企業のレベルに戻る。それというのも、企業各社が実際にビジネスモデルを修正して測定可能な効果をもたらす共通の価値を生み出せるかが大前提だからだ。そのためには、設計したサーキュラー・エコシステムを形成するために参加企業各社が各社のビジネスモデル 4 軸(who/what/how/why)を同期させなければならない。サーキュラー・ソリューション

の導入は通常のイノベーション・プロジェクトと同様にサーキュラー・ソリューションに関する仮説の誤りを見つけ、実証することで進める。このプロセスは常に繰り返し型であり、なぜなら企業はビジネスモデルとユーザーニーズを段階的に検証し、市場投入に向けて一歩ずつ進めなければならないからだ。適切なテストを選択して実施し、もととなる仮説の修正箇所を特定する必要がある。これらのテストが提供製品の繰り返し修正による改善やサーキュラーなバリューチェーンに沿ったビジネスモデル更新の基盤となる。各フェーズが想定通りに機能するかどうかを各社が併行して検証することが重要だ。ここで、MVP やプロトタイプが必須であることが多い。全体のうち、このステップが最も長く大変なステップであり、動機付け、コミュニケーション、取りまとめが成功の鍵となる。実際には、導入を進めると同時に(場合によっては先行して)参加企業各社が文化の変革を進める必要がある。それに加えて、適切な KPI を定義して新たなビジネスモデルの成功を測定することも必要だ。旗艦プロジェクトで採算に合うサーキュラー・ソリューションの創造が可能であることを示すのは非常に良い方法だ。プロジェクトの成功を継続的に測定し、学びを共有し、そして理想的には自社の提供ソリューション、自社そのもの、そして新たなサーキュラー・エコシステムをさらに改良する。

まさに Schoeller 社はそれを実践した。当初、同社は技術的な視点から主要企業(製糸メーカー、膜メーカー、布地メーカー)との交流を模索し、その結果として参加各社が wear2wear™エコシステムのパートナーになることにつながった。次に、まだサーキュラー・エコシステムが完成していない段階で、リサイクル糸と布地の試作品製作を開始した。その成功をもとに、彼らはエコシステムのパートナーとしてドイツの大手作業服メーカーである CWS 社を巻き込み、ソリューションを拡張することに成功した。今や、エコシステム全体が CWS 社の幅広い顧客基盤や既存の(静脈物流含む)物流インフラ、さらには収益化戦略に関する同社の知見からメリットを享受している。最後に循環サイクルを完成させるため、液化 CO₂ を使用したクリーニングサービスを提供する Decontex 社および製品の解体・リサイクル事業

者を仲間に加えた。これによって潜在的な有害物質の除去と衣服のリサイクルを提供できる。

「私は企業間協業の価値を強く信じており、それを統合型繊維ラインと呼んでいる」
Decontex 社、Tommy Verminck 氏

行動を起こすのは今だ

世界の様々な問題に対処するつもりなら、事業運営の段階的な改善や効率性の向上ではもはや不十分だ。プラネタリー・バウンダリーの境界を超え、生物の多様性が損なわれているという気候変動レポートの警鐘を真剣に受け止めるなら、今まで通りのビジネスのやり方を止め、サーキュラー・エコシステム設計を進める必要がある。そうすれば社会、環境、そして企業自身に計り知れないメリットをもたらす。サーキュラー・イノベーションの取組みを是非始めてほしい。

企業各社へのインタビューや議論を通じて明らかになったことは、CEに向けた技術的障壁が比較的低い、あるいは存在しないことだ。より高い障壁は企業文化や変化に対する姿勢である。これは希望をもてる状況と言える。文化的な障壁は真剣にとらえる必要があるが、克服可能だからだ。このことを踏まえると、技術的イノベーションを待つ必要はなく、今日から始められる。

地球環境が我々の意図を汲み取ることはない。「もし販売した製品をすべて回収する責任があるなら、やり方をどう変えるだろうか？」というシンプルな質問が出発点となりえる。その責任を自社のものであるとして捉えることが、自社で活動を立ち上げる契機となり、包括的なサステナビリティへの道へとつながる。私たちが資源とのかかわりを根本的に変えるのに必要な手段を CE は提供する。

記者



渡邊 哲
株式会社マキシマイズ 代表取締役
北カリフォルニアジャパンサイエティ日本事務所代表
早稲田大学 非常勤講師

海外の有力 IT やイノベーション手法の日本導入と大企業向けのイノベーション支援を専門とする。特に海外ベンチャー企業と日本の大手企業との連携による新規事業創出に強みを持つ。三菱商事、シリコンバレーでのベンチャー投資業務等を経て現職。欧州で開発された大企業向けビジネスモデル・イノベーション手法の国内向け導入、イノベーションを切り口としたシリコンバレーと日本のイノベーション・コミュニティ運営など、日本のイノベーションを促進するための活動を展開中。東京大学工学部卒。米国 Yale 大学院修了。共訳書・監訳書に『アントレプレナーの教科書』、『ビジネスモデル・ナビゲーター』、『イノベーションの攻略書』、『DX(デジタルトランスフォーメーション)ナビゲーター』、『イノベーション・アカウンティング』(いずれも翔泳社)。

付録 I: サーキュラー・エコシステム・パターン

(C) Close the Loop / 循環ループの実現

No	パターン名	利用企業例	パターン概要	参考文献
C1	Product-Reuse 製品リユース	Bee's Wrap; ReCup; Dopper;	「製品リユース」の目標は、製品を捨てたり解体したりする代わりに本来の用途で再利用できるようにすることです。リユースは循環を実現するための最も環境に優しい手段の1つです。製品リユースでは、実質的に製品を新規製造するための労力、原材料、資金、エネルギーを節約し、同時に環境に負の影響をもたらす廃棄物(例: 二酸化炭素や有毒物質)の余計な排出を防ぎます。	67 17 68 69
C2	Part-Reuse 部品リユース	Apple Certified Refurbished ; Bosch eXchange	「部品リユース」パターンは、製品を集めて解体し、部品を修理するかそのまま使って、同じ製品あるいは別の製品を作るために使用するプロセスです。その結果生み出されるのは、安価に販売可能な再組立部品や、再生部材を利用した最新版の高品質な製品、もしくは全く異なる新製品です。このプロセスにより、部品製造に使われるエネルギーや労働力を節約できます。	70 55 71 17 72 73 74
C3	Recycling リサイクル	Bionic Yarn; FREITAG; i:CO;	「リサイクル」とは、廃棄物や廃材を機械的あるいは化学的に新たな材料や製品に加工することで、これにより資源の循環が可能になり、物質の価値を保全し、さらにはより高い価値の製品を生み出します。	18 75 68 29 59
C4	Circular Design サーキュラー・デザイン	Fairphone; Shift GmbH; ClickBrick	「サーキュラー・デザイン」は、サーキュラー・エコノミーのステップをさらに進めるための前提条件となるデザイン・パターンです。製品設計がサーキュラー・エコノミーのすべてのフェーズに大きな影響を与えるため、原材料の混合を避けつつ、最小化、モジュール化、接続箇所の取り外しやすさなどを考慮し、デザインします。これにより組み立てが単純化され、修理の選択肢が増え、製品を作る際の柔軟なカスタマイズが可能になり、製品ライフサイクルの最後には解体しやすくなります。	76 77 72 78 79 80
C5	Biodegradability 生分解性	Plantastic; Compostella; Dell	「生分解性」とは、製品の原材料を生分解、より望ましくは、たい肥化するような成分に変更することです。そのためには、生分解可能で、安全かつ人体への影響に配慮した原材料を使った製品設計が求められます。さらに、生分解された成分が確実に自然界に戻り、価値ある生化学物質として新たなサイクルに組み込まれるよう、確認しなければなりません。	75 72 81 17 27 18
C6	Waste as Input 廃材の原料利用	Full Cycle Bioplastic; Marmite; Pentatonic	「廃材の原料利用」のねらいは、消費者が使用した廃棄物や副生成物をもとに、環境科学的にも社会的にも合理的な新たな用途を見つけ、原料として再利用可能にすることです。新たな資源を使い続けるのをやめることが目標です。これにより、価値がないと思われた素材に新たな価値が与えられるのです。	82 83 84 85 7
C7	Reverse Logistics 静脈物流	Cycleon; Wastebox; Resourcify	「静脈物流」には、使用フェーズの後で製品や素材を回収して循環を実現するために必要な物流プロセスすべてが含まれます。これには、集荷、輸送、保管、処理、選別、さらには製品や部品の管理まで含まれます。それに加えて、使用する車両、燃料や、経路選択などの要素を最適化することで、環境への排出を抑制します。	86 87 88 89 90 49 91 92

(I) Improve the loop / 循環ループの向上

No	パターン名	利用企業例	パターン概要	参考文献
I1	Increased Longevity 長寿命化	Cutco; Davek; Features	「長寿命化」のねらいは、意図的な製品の損耗をなくし、製品寿命を長くすることです。具体的な方法としては、製品部材の変更(例: 表面の硬化化、摩耗する部品の削減)、設計変更(例: 製品構造のモジュール化、経年劣化しにくい外観)、デジタル製品の継続的アップデート、ポジショニングやマーケティングの変更(例: ブランディング、品質、顧客の意識を変える)などがあります。	93 94 95 74 18

12	Maintenance & Repair 修理メンテナンス	Nudie Jeans, V-Zug; Agito Medical;	「修理メンテナンス」は、メンテナンスや損傷の早期発見・早期修理を通じて、製品ライフサイクルの利用フェーズにおける製品寿命を可能な限り長くすることを意味します。このやり方は、サーキュラー・エコノミー全体のリソース消費を減らすうえで、最も有効で最も環境に優しい手段であると一般的に考えられています。このパターンは、製品保証の実施方法や、製品品質や構造の変更、メンテナンスプロセスへの顧客の取り込み等に影響を及ぼすことがよくあります。	93 96 97 98 69 74
13	Smart & Traceable スマート化によるトレーサビリティ	Arup; Angaza;	「スマート化によるトレーサビリティ」では、資産をスマート化しネットワーク接続することで、販売後の製品や部材の位置や状態を監視したり、利用状況を把握したりできるようにします。スマート資産、認証技術および IoT デバイスのエリア内での相互接続性の向上とセンサー技術によって透明性が生み出され、トレーサビリティやモニタリングの実現が簡単になり、データに基づく意思決定が可能になります。それによって、修理メンテナンスのようなパターンが簡単になり、製品寿命を終えた製品の回収を実現できるようになります。	99 100 101 102
14	Eco-Efficiency リソースの節減	Interface; 3M	「リソースの節減」では、製品製造やサービス提供に必要なリソース投入を最小化し、それによってエコ効率を向上します。必要リソースが少なくなるほど、製品製造に伴う廃棄物、二酸化炭素の排出、汚染が減ります。その結果として実現する、リソース利用量の削減に伴うコスト削減、廃棄物の削減、環境のサステナビリティ向上が、コスト削減と競争優位性をもたらします。	103 104 59 105
15	De-Materialization 部材の節減	Blueland; Skipping Rocks Lab; Evoware	「部材の節減」のねらいは、より少ない部材あるいはまったく部材を必要としない製品を開発し、製造や物流に必要なリソースを減らすことです。設計を工夫して、製品の機能を保ちつつ、素材や部品の一部を製品から取り除くことで、部材を節減できます。	104 106 107 108 109 48
16	Eco-Materials & Sustainable Sourcing エコ素材 & サステナブル調達	Adnams; Allbirds; Veja;	「エコ素材 & サステナブル調達」では、環境に優しいエコ素材(例: 繊維に基づく素材やエコセメント)及びサステナブルな調達方法によって環境へのインパクトを削減します。エコ素材はライフサイクル全体を通して環境負荷を低減し、サステナブルな調達は、サプライチェーン全体で環境、社会、倫理への負のインパクトを最小にする方法でエコ素材を購入することを意味します。	59 76 110 111 19 112
17	Increased Functionality 多機能化	Hinterher.com; Dr.Bonner; Apple Watch	「多機能化」では、付加価値をもたらす様々な追加機能を1つの製品に作りこみ統合することで、新たな製品の生産を最小限に抑えられます。様々な機能を効率的に組み合わせることで生み出す必要のある製品数が抑えられるため、製造時のリソースを節減できます。	113 114 84
18	Localization 地産地消	Infarm; Rotterzwam; Wasser für Wasser	「地産地消」とは、企業あるいはサーキュラー・エコシステム全体を地理的に一か所に集約するための方法全般を表します。地理的に閉じた環境にある地域リソースの利用により、環境への負のインパクト、エネルギー消費、そして多くの場合に(例えば、物流の労力を低減することで)コストを低減できます。企業はリソース購買へのコントロールも向上できます。	115 116 110 117 118 119
19	Produce-to-Demand オンデマンド生産	Tesla; Books-on-demand;	「オンデマンド生産」は、消費者の需要が個数として確認されたときのみ製品を生産するソリューションです。サステナビリティという観点では、過剰生産、売れ残りの在庫、リソースの非効率な利用を減らすために役立ちます。インターネットチャネルの利用により、顧客の好みを事前に確認し、さらに製品のカスタマイズや生産計画に顧客を取り込むことが可能になります。	109 120 85 114 110 59
110	Detox 無害化	S.C. Johnson; MUD Jeans; Better Life	「無害化」では、製品やサービスから毒性成分を取り除きます。これを製品本体だけでなく、製品の製造や利用に関係するすべてのプロセスや活動について行います。自社の取引先サプライヤーのサプライチェーンや製造手法に対して無害化を行うこともあります。	10 121 122 114 41

I11	Energy Recovery エネルギー回収	HomeBiogas; Fiberight; Plastic2Oil	「エネルギー回収」は、廃棄物や廃エネルギーを熱、電気、燃料などの有用な形態のエネルギーに変換するためのプロセスやステップを表します。これを焼却、嫌気性菌による無害化、あるいはバイオマスのガス化などの手法で行います。重要な点として、いわゆる「熱回収」で素材に含まれるエネルギーを単純に再利用するだけではサーキュラーとは言えません。企業に新たな収入源をもたらし、廃棄コストを削減する取り組みを、エネルギー回収と呼ぶのです。	59 18 81 123 124
I12	Renewable Energy 再生可能エネルギー	LEGO Group; Biofamilia; Bio-bean	「再生可能エネルギー」は再生可能なエネルギー源(太陽光、水、地熱、風、バイオマス・エネルギー等)から生み出されたエネルギーの生産、購入、利用に関するソリューションすべてを表します。これには、製品やサービスの製造に必要なエネルギーをサステナブルな資源で賄うことも含まれます(例: エネルギーの効率性)。	19 17 125 126 127

(M) Monetise the Loop／循環ループのマネタイズ

No	パターン名	利用企業例	パターン概要	参考文献
M1	Pay-per-Use 従量課金	Zipcar; Share Now;	「従量課金」では、顧客は従来のように製品を購入するのではなく、提供者と使用料に関する契約を結びます。製品やサービスの利用量は時間や利用回数など特定の数字で測定され、その数字をもとに使用料が計算されます。実際のサービス利用量に応じて料金を支払うため、より効率的かつ経済的に利用したいというインセンティブがうまれます。	27 128 114 129 7 130 131
M2	Rent Instead of Buy レンタルモデル	Leihbar; Rent the Runway; Islabikes	「レンタルモデル」では、製品を購入する代わりにレンタル利用します。顧客にとって最大のメリットは購入費用の準備が不要なことで、高価で買うことができないものを手にできます。製品を貸す側は、レンタルし続ける限り収入を得られるので、製品当たりの利益が向上します。特に短期間のレンタルでは、製品の稼働率が向上し、双方にメリットがあります。メーカーは製品の所有権を持ち続けることで、製品へのアクセスを維持できるため、循環ループの実現が容易になります。	129 132 53 133 134
M3	Performance-Based Contracting 成果報酬型契約	Signify; Rolls Royce; Xerox;	「成果報酬型契約」では、メーカーは顧客に総合的な価値を提供できます。製品価格は額面価格ではなく、製品やサービスが生み出す価値に基づいて計算されます。こうすることで、メーカーから顧客に所有権が移転することを防ぎ、製品や素材の価値を維持し続けることができます。	135 136 129 137 138 120 139
M4	Subscription サブスクリプション	Bio Bouquet; Vigga; Swapfiets	「サブスクリプション」では、顧客は月間あるいは年間で契約し、定額費用を支払うことで、製品やサービスを利用できます。顧客の主なメリットは期間契約の方が、製品やサービスを個別に購入する場合に比べて、初期費用が安く済むことで、導入の壁が低くなります。企業にとってのメリットは安定収入を得られる点で、顧客と長期的な関係を築くことができます。	140 141 142 110
M5	Fractional Ownership 部分所有	The Hideaways Club; Absolute Fractionals; Mobility	「部分所有」のビジネスモデルでは、顧客は全体金額の一部を支払えばよいので、高くて手の出なかった製品やサービスを購入することができます。顧客は資産全体ではなく、その一部のみを購入し、各購入者は所有割合に応じて一定の利用権を得ます。購入の壁が低くなることで顧客層が広がり、製品やサービスの利用率が高まります。	7 143
M6	Dynamic Pricing ダイナミック・プライシング／変動制の価格設定	Octopus Energy; Wasteless	「ダイナミック・プライシング」は、製品やサービスの価格設定を柔軟に変更する価格管理手法です。需要や競争状況に柔軟に対応することで、不要な在庫を減らし、廃棄を防げます。このパターンを実現するためには、深い製品知識と優れたデータ処理能力が要求されます。このパターンにより、製品の利用効率を最適化し無駄を防ぐことができます。	144 145 146 147 143

M7	Revenue Sharing レベニューシェア	klickrent; Fairmondo	「レベニューシェア」は、個人、団体、企業などが協業し、その結果得られた収益を分け合うビジネスモデルです。サーキュラー・エコノミーはサーキュラー・エコシステムがあつてこそ実現可能であり、そこで生み出した利益を協業先と分け合うことが、サーキュラー・エコノミーの取り組みにおける長期的な提携関係の確立に役立ちます。	7 148 149 150
M8	Crowd- and Public Funding クラウドファンディング／公的資金	Bettervest; Pilzkiste;	「クラウドファンディング／公的資金」では、アイデアや市場形成を支援したいと考える一般大衆や公的機関が、製品、プロジェクト、あるいはスタートアップそのものに資金供与あるいは投資をおこないます。サーキュラー・エコノミー・ソリューションを実現したいという内的動機は非常に強く、また社会的な認知が高まっていることから、クラウドファンディングや補助金は新たなサステナブル製品やサービスの開発資金を賄うための適切な方法と言えます。	76 151 152 153
M9	Incentivized Take-Back 返金制度	Eileen Fisher; Lush; Apple	サーキュラー・エコノミーの成功に非常に重要なのは、ユーザーの手元から製品をいかに回収するかです。回収に関する契約締結以外のオプションとして有名なのは、「返金制度」による製品回収です。2種類の返金システムが一般的です。ひとつはメーカーが製品販売時にデポジットを課し、製品回収時に返金するやり方です。もうひとつは、顧客に製品が不要になった段階で、メーカーが製品を買い取ったり、何らかのメリットを顧客に与えたりできるというものです。	154 155 156 110 108 157 86

(E) Excite the Loop／循環ループの付加価値向上

No	パターン名	利用企業例	パターン概要	参考文献
E1	Solution Provider ソリューション・プロバイダー	Burba; Michelin;	「ソリューション・プロバイダー」は、オールインワン・パッケージの製品やサービスを提供し、特定ドメインにおける顧客の作業や課題をまとめて引き受けます。ねらいはサーキュラー・ソリューションの複雑さを低減するとともに、顧客との関係性を強化して顧客のニーズや特徴を深く理解しつつ、エンドユーザーのニーズを網羅的に満たすことです。典型的な手法として、所有権をメーカー側に残し、データ収集と分析でサービスの向上をはかるというものがあります。	158 99 159 160 161
E2	Mass Customisation マス・カスタマイゼーション	Paris Miki; MyMuesli; My Esel	「マス・カスタマイゼーション」では、モジュラー型の製品と製造システムで、効率的かつ価格競争力のある個客対応の製品を提供します。個別の顧客ニーズに対応することで、サーキュラー製品へのニーズに応え、需要を喚起します。目標はサーキュラーかつ経済合理性という制約の中で、技術的な要求と顧客の要望を満たすことです。	162 163 164 165
E3	Circu- Luxury 循環セレブリティ	Stella McCartney; Charlotte Bialas; Elvis & Kresse	「循環セレブリティ」では、最高級のサステナブルかつサーキュラーなソリューションを顧客に提供し、その一方で価格を最大化します。上質なサーキュラー製品を利用したいという顧客ニーズを喚起することが、このモデルの要点です。典型的なターゲットは、量より質を求め、現代社会の過剰消費に異を唱える、サステナブルな意識の高い都会の若者という拡大市場です。	18 7 130 166
E4	Experience Selling 体験の販売	Patagonia; Vermont Teddy Bear; Polar Bottle	「体験の販売」では、製品やサービスの価値を、付随する追加サービスで向上させます。サステナブルかつサーキュラーな製品は、体験による恩恵を特に受けやすく、それというも体験により製品への需要が喚起され、競合商品との差異がより一層際立つからです。そのためには、顧客の体験が商品の提供価値に見合っていることが必須です。	167 168 169 170
E5	Marketplace マーケットプレイス	TUTAKA; Clothing Exchange; Home Exchange ;	「マーケットプレイス」は、売り手と買い手、サービス利用者と提供者など、互いに依存するグループ間でのやり取りを促進します。より多くのグループ、より多くの会員が利用することで、ネットワーク効果が生まれ、プラットフォームの価値が高まります。マーケットプレイスによって、需要と供給のマッチングが効率化され、資源の配分が改善され、個々の商品を見つけやすくなり、顧客と企業を結び付けることに役立ちます。	85 110

E6	Prosumer プロシュー マー	PlasticBank ; Screenmen d; iFixit;	ユーザーは革新的な製品、特にサステナブルな製品を創造(共創)するうえで非常に重要な存在です。「プロシューマー」のパターンでは、消費者に生産者として機能するための権限を与え、かつ動機付けすることで、価値創造と維持のプロセスを統合し、すなわちユーザー自身が修繕、保全、回収の作業をできるようにします。このモデルは、資源保護に自ら参画したいと考える環境意識の高いユーザーに特に適しています。	27 171 172 173
E7	Eco Lock-in エコ・ロッ クイン	Epson; TIO Care;	このビジネスモデルでは、顧客をベンダーの各種製品・サービスの世界に「ロックイン」することで、サステナブルかつサーキュラーなソリューションを確立します。他のベンダーに切り替えるとサステナビリティが損なわれるため、ユーザーが切り替えを望まないのです。技術的なメカニズムによって、あるいは複数製品・サービス間の相互依存性を高めることで、ロックインをより強化できます。	29 110 25 74 108
E8	Signalling & Transpare ncy エコ証明 と透明性	Pad & Quill; Flint and Tinder; Global Sustainable Enterprise System (GSES)	サーキュラー・エコノミーの基本は、メーカーがライフサイクル全般にわたって製品の責任を負うことです。これを収益事業として実現するためには、サステナブルであることを、透明性をもって市場に示す必要があります。典型的には、製品の認証、環境保全の貢献度の数値表示、長期間の製品保証、製品回収チャネルの事前提示などが含まれます。サプライチェーンの透明化と教育を通じて、メーカーはパートナー、従業員、顧客のサステナブルな行動を促進します。	174 157 175 176
E9	Sharing シェアリン グ	TrendSales; Dropbox; Sharely	「シェアリング」は、運営企業に借りて、もしくは個人間で、複数のユーザーが同じ製品を利用できるようにするソリューションです。製品がほとんど使用されないため非効率であったり、あるいは顧客が購入をためらったりする場合には、このモデルがうまく機能します。シェアリングを提供する企業や個人は、所有する製品の利用率を向上させ、それによって利用フェーズのサステナビリティ向上を実現しつつ、追加での収入源にできます。	132 177 178 179 180 110
E10	Eco Robin Hood エコ・ロビ ンフッド	Toms; NIKIN, Robin Hood Energy	ロビンフッドは、「金持ち」から奪い、「支援を必要とする層」に与えるヒーローとされています。「エコ・ロビンフッド」では、サーキュラー・エコノミーの観点から、環境への支援を対象に含めます。企業は収益の一部をサステナブル事業や社会プロジェクトに投資し、排出による負を埋め合わせ、同時に「貧困層」に低価格でサービスあるいは再生品を提供することで、意図的に「支援を必要とする層」への価値提供を行います。	7 181

付録 II:「Wear2Wear™ エコシステム」における循環ループの解説

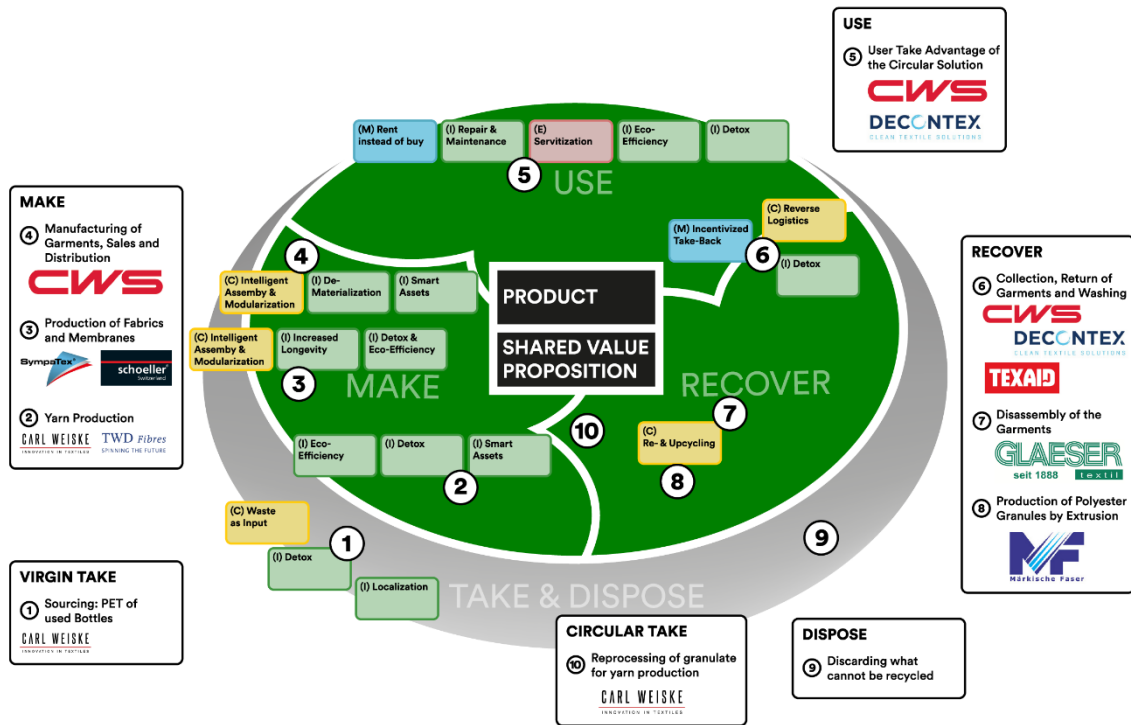
この一線級の取り組みを観察することで、CE 実現の具体的な知見を得られる。ここでは、サーキュラー・エコシステムに沿った企業間連携と各社のビジネスモデルを解説し、さらにパターンの適用例を紹介する。

まずは製糸メーカーから始まる。初期段階では循環サイクルが機能していないため、「回収」フェーズから入ってくる原料はない。wear2wear™では使用済み PET ボトルからリサイクルされたポリエステル素材を採用して(C6: 廃材の原料利用)、資源の流れの出発点とした。Wear2wear では有害物質が混入していないクリーンなPETのみを信頼できる地元のボトル供給業者から確保している(I10: 無害化、I8: 地産地消)。そしてアンチモニーの使用量を減らした高品質なポリエステル製造工程で糸を生産する(I4: リソースの節減、I10: 無害化)。将来的には回収時の品質管理をするために、添加剤を使って追跡用マーカを挿入し、素材のトレーサビリティを高めるという計画がある(I3: スマート化によるトレーサビリティ)。

この糸を使って布地メーカーが機能性の布地を作り、フルオロカーボン不使用のコーティングをし、防水膜と張り合わせる(I10: 無害化)。綿とポリエステルの混合素材はリサイクルが容易でないため使用しない。すべての布地と膜の融解温度が均一のため、単純なリサイクルプロセスで衣服をまとめて溶かすことができる(C4: サーキュラー・デザイン)。完成した布地は長期間利用できるように耐久性の高い高品質な素材設計を施されている(I1: 長寿命化)。製造時には、生産設備の効率化と染料の再利用など工場内サイクルの効率化により、プロセス全体のサステナビリティを高めている(I4: リソースの節減)。各ステップ間で製品を売買することで、各社は売上を計上する。

次のステップでは、衣服メーカーがリサイクルを前提に不必要なボタン、ジッパー、装飾を極力なくした作業着をデザインして縫製する(I5: 部材の節減)。溶解性のミシン糸を使うことで、「回収」フェーズでジッパーや面ファスナーを容易に取り外しできるようにしている(C4: サーキュラー・デザイン)。これによって付随的に「使用」フェーズでの修繕も簡単になる(I2: 修理メンテナンス)。ユーザーが希望すればトレーサビリティ用の RFID コード管理にも対応可能で、「使用」フェーズにおいて衣服をモニタリングして正しい衣服を回収することで素材品質を保証できる(I3: スマート化によるトレーサビリティ、E1: ソリューション・プロバイダー)。

衣服メーカーが顧客との窓口として、返却契約と組み合わせた収益モデル(M9: 返金制度)を設計した。このモデルでは、作業服の所有権を衣服メーカーが持ち続け、顧客はレンタル形式で衣服を利用する(M2: レンタルモデル)。その結果、衣服の洗濯、メンテナンス、修繕が単純化され、適切に実施しやすくなる(I2: 修理メンテナンス)。具体的には、洗濯のために衣服を回収する際に、問題がないかを即座に確認し、修繕している。wear2wear™では「使用」フェーズあるいはその後で、汚染された衣服を液化 CO₂ で洗浄する特殊なクリーニングを提供しており、より少ないエネルギーかつより少量の水でクリーニングできる(I10: 無害化、I4: リソースの節減)。使用後の作業着は、各施設で作業員から回収され、専用ボックスでメーカーに引き取られ(C7: 静脈物流)、選別されて解体にまわされる。次にリサイクル業者がポリマーのリサイクル工程に適さないもの(例: 金属、ジッパー等)をすべて取り外し、衣服を溶解し、さらに粒子と繊維の形状に加工する(C3: リサイクル)。再生された素材は新たなサイクルに投入され、外部からの使用済み PET ボトルの流入量を減らす。



WEAR2WEAR CASE ON THE CIRCULAR CANVAS University of St. Gallen

図 5 サーキュラー・キャンバス上に記載した Wear2Wear™ の事例

参考文献

1. Jacobides, M. G., Cennamo, C. & Gawer, A. Towards a theory of ecosystems. *Strateg. Manag. J.* **39**, 2255–2276 (2018).
2. Kapoor, R. Ecosystems: broadening the locus of value creation. *J. Organ. Des.* **7**, 1–16 (2018).
3. Dyllick, T. & Muff, K. Clarifying the Meaning of Sustainable Business: Introducing a Typology From Business-as-Usual to True Business Sustainability. *Organ. Environ.* **29**, 156–174 (2016).
4. Whiteman, G., Walker, B. & Perego, P. Planetary Boundaries: Ecological Foundations for Corporate Sustainability. *J. Manag. Stud.* **50**, 307–336 (2013).
5. Bocken, N. M. P., Olivetti, E. A., Cullen, J. M., Potting, J. & Lifset, R. Taking the Circularity to the Next Level: A Special Issue on the Circular Economy. *J. Ind. Ecol.* **21**, 476–482 (2017).
6. Elkington, J. *Cannibals with Forks: The triple bottom line of 21st century.* (Capstone Publishing Ltd, 1997).
7. Gassmann, O., Frankenberger, K. & Csik, M. *The Business Model Navigator.* (Pearson Education Limited, 2014).
8. Kiron, D., Kruschwitz, N., Reeves, M. & Goh, E. The Benefits of Sustainability-Driven Innovation. *MIT Sloan Manag. Rev.* **54**, 69–73 (2013).
9. Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G. & Fuller, G. *Sustainable Development Report 2019.* (2019).
10. Rockström, J. *et al.* Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecol. Soc.* **14**, 472–475 (2009).
11. Steffen, W. *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science (80-)*. **347**, 736–747 (2015).
12. NASA. Carbon Dioxide. (2019). Available at: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>.
13. Díaz, S. *et al.* Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019).
14. Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. *What A Waste: A Global Review of Solid Waste Management. World Bank Urban Development Series Knowledge Papers* (2012).
15. Landrum, N. E. Stages of Corporate Sustainability: Integrating the Strong Sustainability Worldview. *Organ. Environ.* **31**, 287–313 (2018).
16. Malovics, G., Csigéné, N. N. & Kraus, S. The role of corporate social responsibility in strong sustainability. *J. Socio. Econ.* **37**, 907–918 (2008).
17. Ellen MacArthur Foundation. *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.* (2013).
18. Bocken, N. M. P., Pauw, I. De, Bakker, C. & Grinton, B. Van Der. Product design and business model strategies for a circular economy. *J. Ind. Prod. Eng.* **33**, 308–320 (2016).
19. Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 1–12 (2016).
20. Ellen MacArthur Foundation. *A new textiles economy: redesigning fashion's future.* (2017).
21. Bell, J. E., Mollenkopf, D. A. & Stolze, H. J. Natural resource scarcity and the closed-loop supply chain: a resource-advantage view. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* **43**, 351–379 (2013).
22. Lieder, M. & Rashid, A. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean. Prod.* **115**, 36–51 (2016).
23. Markard, J., Raven, R. & Truffer, B. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Res. Policy* **41**, 955–967 (2012).
24. Seiffert, M. E. B. & Loch, C. Systemic thinking in environmental management: Support for sustainable development. *J. Clean. Prod.* **13**, 1197–1202 (2005).
25. Bakker, C. M., Hollander, D., van Hinte, E. & Zijlstra, Y. *Product that Last. Product Design for Circular Business Models.* (TU Delft Library, 2014).
26. Geissdoerfer, M., Morioka, S. N., Carvalho, M. M. & Evans, S. Business models and supply chains for the circular economy. *J. Clean. Prod.* **190**, 712–721 (2018).
27. Lüdeke-Freund, F., Gold, S. & Bocken, N. M. P. A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. *J. Ind. Ecol.* **00**, 1–26 (2018).

28. Pheifer, A. G. *Barriers & Enablers to Circular Business Models*. *ValueC* (2017).
29. Planing, P. Business Model Innovation in a Circular Economy Reasons for Non-Acceptance of Circular Business Models. *Open J. Bus. Model Innov.* 1–11 (2015).
30. Urbinati, A., Chiaroni, D. & Chiesa, V. Towards a new taxonomy of circular economy business models. *J. Clean. Prod.* **168**, 487–498 (2017).
31. Müller–Stewens, G. & Stonig, J. Unternehmens–Ökosysteme und Plattformen: Auf dem Weg zu einem geteilten Verständnis. *Die Unternehmung* **73**, 374–380 (2019).
32. IPCC. *Global Warming of 1.5° C*. (2018).
33. IPCC. *IPCC Press Release*. (2018).
34. Chen, T. B. & Chai, L. T. Attitude towards the Environment and Green Products: Consumers' Perspective. *Manag. Sci. Eng.* **4**, 27–39 (2010).
35. Biswas, A. & Roy, M. Green products: an exploratory study on the consumer behaviour in emerging economies of the East. *J. Clean. Prod.* **87**, 463–468 (2015).
36. European Commission. *Circular Economy: Commission welcomes Council final adoption of new rules on single-use plastics to reduce marine plastic litter*. (2019).
37. Haanaes, K. *et al.* Sustainability: The 'Embracers' Seize Advantage. *MIT Sloan Manag. Rev. Res. Rep.* **52**, 1–28 (2011).
38. Kiron, D., Kruschwitz, N., Haanaes, K. & Streng Velken, I. Sustainability Nears a Tipping Point. *MIT Sloan Manag. Rev.* **53**, 68–74 (2012).
39. Evans, S. *et al.* Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models. *Bus. Strateg. Environ.* **26**, 597–608 (2017).
40. European Commission. *Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe*. (2014).
41. Ellen MacArthur Foundation. *Growth within: a circular economy vision for a competitive europe*. (2015).
42. European Commission. *Study on modelling of the economic and environmental impacts of raw material consumption*. (2014).
43. AMEC Environment & Infrastructure and Bio Intelligence Service. *The opportunities to business of improving resource efficiency*. (2013).
44. Glavas, A. & Godwin, L. N. Is the Perception of 'Goodness' Good Enough? Exploring the Relationship Between Perceived Corporate Social Responsibility and Employee Organizational Identification. *J. Bus. Ethics* **114**, 15–27 (2013).
45. Aiman-Smith, L., Bauer, T. N. & Cable, D. M. Are You Attracted? Do You Intend To Pursue? A Recruiting Policy-Capturing Study. *J. Bus. Psychol.* **16**, 219–237 (2001).
46. Schmidt Albinger, H. & Freeman, S. J. Corporate Social Performance and Attractiveness as an Employer to Different Job Seeking Populations. *J. Bus. Ethics* **28**, 243–253 (2000).
47. Turban, D. B. & Greening, D. W. Corporate Social Performance and Organizational Attractiveness to Prospective Employees. *Acad. Manag.* **40**, 658–672 (1996).
48. Ellen MacArthur Foundation. *Delivering The Circular Economy A Toolkit For Policymakers*. (2015).
49. Velis, C. A. Circular economy and global secondary material supply chains. *Waste Manag. Res.* **33**, 389–391 (2015).
50. Strasser, S. *Waste and Want – A Social History of Trash*. (Henry Holt and Company, 2000).
51. Johnson, M. W., Christensen, C. M. & Kagermann, H. Reinventing Your Business Model. *Harv. Bus. Rev.* **86**, 59–68 (2008).
52. Shrivastava, P. The Role of Corporations in Achieving Ecological Sustainability. *Acad. Manag. Rev.* **20**, 936–960 (1995).
53. Teece, D. J. Business models, business strategy and innovation. *Long Range Plann.* **43**, 172–194 (2010).
54. Desing, H. *et al.* A circular economy within the planetary boundaries: Towards a resource-based, systemic approach. *Resour. Conserv. Recycl.* **155**, (2020).
55. Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A. & Birkie, S. E. Circular economy as an essentially contested concept. *J. Clean. Prod.* **175**, 544–552 (2018).
56. Polimeni, J., Mayumi, K., Giampietro, M. & Alcott, B. *Jevons' Paradox and the myth of resource efficiency improvements*. (Earthscan, 2008).
57. Figge, F., Young, W. & Barkemeyer, R. Sufficiency or efficiency to achieve lower resource consumption and emissions? The role

- of the rebound effect. *J. Clean. Prod.* **69**, 216–224 (2014).
58. Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecol. Econ.* **143**, 37–46 (2018).
 59. Kalmykova, Y., Sadagopan, M. & Rosado, L. Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resour. Conserv. Recycl.* **135**, 190–201 (2018).
 60. Verhoef, E. V., Dijkema, G. P. J. & Reuter, M. A. Process Knowledge, System Dynamics, and Metal Ecology. *J. Ind. Ecol.* **8**, 23–43 (2004).
 61. Bleicher, K. & Abegglen, C. *Das Konzept Integriertes Management: Visionen – Missionen – Programm.* (Campus Verlag GmbH, 2017).
 62. de Jesus, A. & Mendonça, S. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. *Ecol. Econ.* **145**, 75–89 (2018).
 63. Vasilenko, L. & Arbačiauskas, V. Obstacles and Drivers for Sustainable Innovation Development and Implementation in Small and Medium Sized Enterprises. *Environ. Res. Eng. Manag.* **2**, 58–66 (2012).
 64. Kirchherr, J. *et al.* Barriers to the Circular Economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecol. Econ.* **150**, 264–272 (2018).
 65. Boons, F. & Lüdeke-Freund, F. Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *J. Clean. Prod.* **45**, 9–19 (2013).
 66. Mont, O., Plepys, A., Whalen, K. & Nussholz, J. L. K. *Business model innovation for a Circular Economy – Drivers and barriers for the Swedish Industry – the voice of REES companies.* (2017).
 67. Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., Ritala, P. & Mäkinen, S. J. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. *Resour. Conserv. Recycl.* 1–13 (2017).
 68. Geyer, R. & Jackson, T. Supply loops and their constraints: The Industrial ecology of recycling and reuse. *Calif. Manage. Rev.* **46**, 55–73 (2004).
 69. King, A. M., Burgess, S. C., Ijomah, W. & McMahon, C. A. Reducing Waste: Repair, Recondition, Remanufacture or Recycle? *Sustain. Dev.* **14**, 257–267 (2006).
 70. Wells, P. & Seitz, M. Business models and closed-loop supply chains: a typology. *Supply Chain Manag. An Int. J.* **10**, 249–251 (2005).
 71. Reichel, A., De Schoenmakere, M. & Gillabel, J. *Circular economy in Europe – Developing the knowledge base.* European Environment Agency (2016).
 72. Moreno, M., De los Rios, C., Rowe, Z. & Charnley, F. A conceptual framework for circular design. *Sustainability* **8**, 1–15 (2016).
 73. Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E. & Hanemaaijer, A. *Circular Economy: Measuring innovation in the product chain – Policy report.* PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2017).
 74. Bakker, C., Wang, F., Huisman, J. & Hollander, M. Den. Products that go round: exploring product life extension through design. *J. Clean. Prod.* **69**, 10–16 (2014).
 75. Braungart, M., McDonough, W. & Bollinger, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *J. Clean. Prod.* **15**, 1337–1348 (2007).
 76. Vanner, R. *et al.* *Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains.* Study prepared for the EU Commission (2014).
 77. Bogue, R. Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline. *Assem. Autom.* **27**, 285–289 (2007).
 78. Crowther, P. Design for disassembly to recover embodied energy. in *PLEA – The 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture* (1999).
 79. Zussman, E., Kriwet, A. & Seliger, G. Disassembly-Oriented Assessment Methodology to Support Design for Recycling. *CIRP Ann.* **43**, 9–14 (1994).
 80. Desai, A. & Mital, A. Incorporating work factors in design for disassembly in product design. *J. Manuf. Technol. Manag.* **16**, 712–732 (2005).
 81. Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philos. Trans. R. Soc.* **364**, 2115–2126 (2009).
 82. Chertow, M. R. Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annu. Rev. Energy Environ.* **25**, 313–337 (2000).
 83. Lombardi, D. R. & Laybourn, P. Redefining Industrial Symbiosis Crossing Academic-Practitioner Boundaries. *J. Ind. Ecol.* **16**, 28–37 (2012).

84. Bisgaard, T., Henriksen, K. & Bjerre, M. *Green Business Model Innovation: Conceptualisation, Next Practice and Policy*. Nordic Innovation Publication (2012).
85. Clinton, L. & Whisnant, R. *Model Behavior: 20 Business Model Innovations for Sustainability*. Sustainability (2014).
86. Kumar, S. & Putnam, V. Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. *Int. J. Prod. Econ.* **115**, 305–315 (2008).
87. Govindan, K., Soleimani, H. & Kannan, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *Eur. J. Oper. Res.* **240**, 603–626 (2015).
88. Woodburn, A. & Whiteing, A. Transferring freight to ‘greener’ transport modes. in *Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics* (eds. McKinnon, A., Cullinane, S., Browne, M. & Whiteing, A.) 124–139 (Kogan Page, 2010).
89. Vermeulen, W. J. V. & Ras, P. J. The Challenge of Greening Global Product Chains: Meeting Both Ends. *Sustain. Dev.* **14**, 245–256 (2006).
90. Linton, J. D., Klassen, R. & Jayaraman, V. Sustainable supply chains: An introduction. *J. Oper. Manag.* **25**, 1075–1082 (2007).
91. Östlin, J., Sundin, E. & Björkman, M. Importance of closed-loop supply chain relationships for product remanufacturing. *Int. J. Prod. Econ.* **115**, 336–348 (2008).
92. Govindan, K. & Soleimani, H. A review of reverse logistics and closed-loop supply chains: a Journal of Cleaner Production focus. *J. Clean. Prod.* **142**, 371–384 (2017).
93. Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G. & Worrell, E. Material efficiency: A white paper. *Resour. Conserv. Recycl.* **55**, 362–381 (2011).
94. Andrews, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Econ.* **30**, 305–315 (2015).
95. Packard, V. *The Waste Makers*. (Lowe & Brydone, 1960).
96. Bocken, N. M. P., Ritala, P. & Huotari, P. The Circular Economy: Exploring the Introduction of the Concept Among S&P 500 Firms. *J. Ind. Ecol.* **21**, 487–490 (2017).
97. Iung, B. & Levrat, E. Advanced maintenance services for promoting sustainability. *Procedia CIRP* **22**, 15–22 (2014).
98. Ajukumar, V. N. & Gandhi, O. P. Evaluation of green maintenance initiatives in design and development of mechanical systems using an integrated approach. *J. Clean. Prod.* **51**, 34–46 (2013).
99. Ellen MacArthur Foundation. *Intelligent Assets: Unlocking The Circular Economy Potential*. (2016).
100. Bradley, J., Barbier, J. & Handler, D. *Embracing the Internet of Everything To Capture Your Share of \$ 14 .4 Trillion*. Cisco (2013).
101. Bughin, J., Chui, M. & Manykia, J. *Clouds, big data, and smart assets: Ten tech-enabled business trends to watch*. McKinsey Quarterly (2010).
102. Gholami, R., Watson, R. T., Hasan, H., Molla, A. & Bjørn-Andersen, N. Information Systems Solutions for Environmental Sustainability: How Can We Do More? *J. Assoc. Inf. Syst.* **17**, 521–536 (2016).
103. Allione, C., Giorgi, C. De, Lerma, B. & Petruccioli, L. From ecodesign products guidelines to materials guidelines for a sustainable product. Qualitative and quantitative multicriteria environmental profile of a material. *Energy* **39**, 90–99 (2012).
104. Evans, J. L. & Bocken, N. M. P. A tool for manufacturers to find opportunity in the circular economy – www.circulareconomytoolkit.org. *J. Innov. Impact* 303–320 (2014).
105. Ayres, R. U., Ferrer, G. & Leynseele, T. Van. Eco-Efficiency, Asset Recovery and Remanufacturing. *Eur. Manag. J.* **15**, 557–574 (1997).
106. Kuta, C. C., Koch, D. G., Hildebrandt, C. C. & Janzen, D. C. Improvement of products and packaging through the use of life cycle analysis. *Resour. Conserv. Recycl.* **14**, 185–198 (1995).
107. WRAP. Innovative Business Models Map. (2019). Available at: <http://www.wrap.org.uk/resource-efficient-business-models/innovative-business-models>.
108. Lewandowski, M. Designing the business models for circular economy – towards the conceptual framework. *Sustainability* **8**, 1–28 (2016).
109. van Renswoude, K., ten Wolde, A. & Joustra, D. J. *Circular Business Models – Part 1: An introduction to IMSA’s circular business model scan*. IMSA Amsterdam (2015).
110. Lüdeke-Freund, F., Carroux, S., Joyce, A., Massa, L. & Breuer, H. The sustainable business model pattern taxonomy—45 patterns to support sustainability-oriented business model innovation. *Sustain. Prod. Consum.* **15**, 145–162 (2018).

111. Lacy, P. *et al.* *Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*. *AccentureStrategy* (2014).
112. Seuring, S. & Müller, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *J. Clean. Prod.* **16**, 1699–1710 (2008).
113. Lewis, B. H., Verghese, K. & Fitzpatrick, L. Evaluating the sustainability impacts of packaging: the plastic carry bag dilemma. *Packag. Technol. Sci.* **23**, 145–160 (2010).
114. Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P. & Evans, S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *J. Clean. Prod.* **65**, 42–56 (2014).
115. Despeisse, M., Ball, P. D., Evans, S. & Levers, A. Industrial ecology at factory level – a conceptual model. *J. Clean. Prod.* **31**, 30–39 (2012).
116. Despeisse, M. *et al.* Technological Forecasting & Social Change Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* **115**, 75–84 (2017).
117. Bocken, N. M. P., Short, S., Rana, P. & Evans, S. A value mapping tool for sustainable business modelling. *Corp. Gov.* **13**, 482–497 (2014).
118. Korhonen, J. Theory of industrial ecology. *Prog. Ind. Ecol.* **1**, 61–88 (2004).
119. Gibbs, D. & Deutz, P. Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *J. Clean. Prod.* **15**, 1683–1695 (2007).
120. Datta, P. P. & Roy, R. Operations strategy for the effective delivery of integrated industrial product-service offerings: Two exploratory defence industry case studies. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* **31**, 579–603 (2011).
121. Starik, M. & Kanashiro, P. Toward a Theory of Sustainability Management: Uncovering and Integrating the Nearly Obvious. *Organ. Environ.* **26**, 7–30 (2013).
122. Djuric Ilic, D., Eriksson, O., Ödlund, L. & Åberg, M. No zero burden assumption in a circular economy. *J. Clean. Prod.* **182**, 352–362 (2018).
123. Haupt, M., Vadenbo, C. & Hellweg, S. Do We Have the Right Performance Indicators for the Circular Economy? Insight into the Swiss Waste Management System. *J. Ind. Ecol.* **21**, 615–627 (2017).
124. Reh, L. Process engineering in circular economy. *Particuology* **11**, 119–133 (2013).
125. Preston, F. *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. *The Royal Institute of International Affairs* (2012).
126. Geng, Y. *et al.* Energy-based assessment on industrial symbiosis: a case of Shenyang Economic and Technological Development Zone. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **21**, 13572–13587 (2014).
127. Lüdeke-Freund, F. *Business Model Concepts in Corporate Sustainability Contexts: From Rhetoric to a Generic Template for “Business Models for Sustainability”*. *Centre for Sustainability Management* (2009).
128. Kley, F., Lerch, C. & Dallinger, D. New business models for electric cars – A holistic approach. *Energy Policy* **39**, 3392–3403 (2011).
129. Tukker, A. Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. *J. Clean. Prod.* **97**, 76–91 (2015).
130. Frishammar, J. & Parida, V. Circular Business Model Transformation: A Roadmap for Incumbent Firms. *Calif. Manage. Rev.* **61**, 5–29 (2019).
131. Van Eijk, F. *Barriers & Drivers towards a Circular Economy*. *Acceleratio* (2015).
132. Cohen, B. & Kietzmann, J. Ride On! Mobility Business Models for the Sharing Economy. *Organ. Environ.* **27**, 279–296 (2014).
133. Knox, G. & Eliashberg, J. The consumer’s rent vs. buy decision in the renter. *Int. J. Res. Mark.* **26**, 125–135 (2009).
134. Agrawal, V. V., Ferguson, M., Toktay, L. B. & Thomas, V. M. Is Leasing Greener Than Selling? *Manage. Sci.* **58**, 523–533 (2012).
135. Gordon, M. D., Morris, J. C. & Steinfeld, J. Deepwater or Troubled Water? Principal-Agent Theory and Performance-Based Contracting in the Coast Guard’s Deepwater Modernization Program. *Int. J. Public Adm.* **42**, 298–309 (2019).
136. Tukker, A. Eight Types of Product-Services System: Eight Ways to Sustainability? Experiences From Suspronet. *Bus. Strateg. Environ.* **13**, 246–260 (2004).
137. Chesbrough, H. & Rosenbloom, R. S. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation’s technology spin-off companies. *Ind. Corp. Chang.* **11**, 529–555 (2002).
138. Hypko, P., Tilebein, M. & Gleich, R. Clarifying the concept of performance-based contracting in manufacturing industries: A

- research synthesis. *J. Serv. Manag.* **21**, 625–655 (2010).
139. Besch, K. Product–service systems for office furniture: barriers and opportunities on the European market. *J. Clean. Prod.* **13**, 1083–1094 (2005).
 140. Pauwels, K. & Weiss, A. Moving from Free to Fee: How Online Firms Market to Change Their Business Model Successfully. *J. Mark.* **72**, 14–31 (2008).
 141. Linder, M. & Williander, M. Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. *Bus. Strateg. Environ.* **26**, 182–196 (2017).
 142. Danaher, P. J. Optimal Pricing of New Subscription Services: Analysis of a Market Experiment. *Mark. Sci.* **21**, 119–138 (2002).
 143. Haws, K. L. & Bearden, W. O. Dynamic Pricing and Consumer Fairness Perceptions. *J. Consum. Res.* **33**, 304–311 (2006).
 144. Gallego, G. & Ryzin, G. Van. Optimal Dynamic Pricing of Inventories with Stochastic Demand over Finite Horizons. *Manage. Sci.* **40**, 999–1020 (1994).
 145. Elmaghraby, W. & Keskinocak, P. Dynamic Pricing in the Presence of Inventory Considerations: Research Overview, Current Practices and Future Directions. *Manage. Sci.* **49**, 1287–1309 (2003).
 146. Kannan, P. K. & Kopalle, P. K. Dynamic Pricing on the Internet: Importance and Implications for Consumer Behavior. *Int. J. Electron. Commer.* **5**, 63–83 (2001).
 147. Faruqui, A. & George, S. Quantifying Customer Response to Dynamic Pricing. *Electr. J.* **18**, 53–63 (2005).
 148. Cachon, G. P. & Lariviere, M. A. Supply Chain Coordination with Revenue–Sharing Contracts: Strengths and Limitations. *Manage. Sci.* **51**, 30–44 (2005).
 149. Yao, Z., Leung, S. C. H. & Lai, K. K. Manufacturer’s revenue–sharing contract and retail competition. *Eur. J. Oper. Res.* **186**, 637–651 (2008).
 150. Wang, Y., Jiang, L. & Shen, Z.–J. Channel Performance Under Consignment Contract with Revenue Sharing. *Manage. Sci.* **50**, 34–47 (2004).
 151. Fischer, A. & Achterberg, E. *Create a Financeable Circular Business in 10 Steps. Sustainable Finance Lab* (2016).
 152. Achterberg, E. & van Tilburg, R. *6 Guidelines to Empower Financial Decision–Making in the Circular Economy. Sustainable Finance Lab* (2016).
 153. Rizos, V. *et al.* Implementation of circular economy business models by small and medium–sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability* **8**, (2016).
 154. Quariguasi Frota Neto, J. & Van Wassenhove, L. N. Original Equipment Manufacturers’ Participation in Take–Back Initiatives in Brazil. *J. Ind. Ecol.* **17**, 238–248 (2013).
 155. Klausner, M. & Hendrickson, C. T. Reverse–Logistics Strategy for Product Take–Back. *INFORMS J. Appl. Anal.* **30**, 156–165 (2000).
 156. Heese, H. S., Cattani, K., Ferrer, G., Gilland, W. & Roth, A. V. Competitive advantage through take–back of used products. *Eur. J. Oper. Res.* **164**, 143–157 (2005).
 157. Spicer, A. J. & Johnson, M. R. Third–party demanufacturing as a solution for extended producer responsibility. *J. Clean. Prod.* **12**, 37–45 (2004).
 158. Nobre, G. C. & Tavares, E. Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study. *Scientometrics* **111**, 463–492 (2017).
 159. Jabbour, C. J. C., de Sousa Jabbour, A. B., Sarkis, J. & Filho, M. G. Unlocking the circular economy through new business models based on large–scale data: An integrative framework and research agenda. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* **144**, 546–552 (2019).
 160. Spring, M. & Araujo, L. Product biographies in servitization and the circular economy. *Ind. Mark. Manag.* **60**, 126–137 (2017).
 161. Chen, A. J. W., Boudreau, M. & Watson, R. T. Information systems and ecological sustainability. *J. Syst. Inf. Technol.* **10**, 186–201 (2008).
 162. Choi, T.–M. Optimal Return Service Charging Policy for a Fashion Mass Customization Program. *Serv. Sci.* **5**, 56–68 (2013).
 163. Hora, M. *et al.* Designing Business Models for Sustainable Mass Customization: A Framework Proposal. *Int. J. Ind. Eng. Manag.* **7**, 143–152 (2016).
 164. Boër, C. R., Pedrazzoli, P., Bettoni, A. & Sorlini, M. *Mass Customization and Sustainability*. (Springer, 2013).
 165. Hankammer, S. & Steiner, F. Leveraging the sustainability potential of mass customization through product service systems in the consumer electronics industry. *Procedia CIRP* **30**, 504–509 (2015).

166. Franco, M. A. Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry. *J. Clean. Prod.* **168**, 833–845 (2017).
167. Tynan, C. & McKechnie, S. Experience marketing: a review and reassessment. *J. Mark. Manag.* **25**, 501–517 (2009).
168. Helkkula, A., Kelleher, C. & Pihlström, M. Characterizing Value as an Experience: Implications for Service Researchers and Managers. *J. Serv. Res.* **15**, 59–75 (2012).
169. Pine, B. J. & Gilmore, J. H. Welcome to the Experience Economy. *Harv. Bus. Rev.* **76**, 97–105 (1998).
170. Poulsson, S. H. G. & Kale, S. H. The Experience Economy and Commercial Experiences. *Mark. Rev.* **4**, 267–277 (2004).
171. Zhong, S. & Pearce, J. Tightening the loop on the circular economy: Coupled distributed recycling and manufacturing with recyclebot and RepRap 3-D printing. *Resour. Conserv. Recycl.* **128**, 48–58 (2018).
172. Prendeville, S., Hartung, G., Purvis, E., Brass, C. & Hall, A. Makespaces: From Redistributed Manufacturing to a Circular Economy. in *Sustainable Design and Manufacturing* 577–588 (Springer International Publishing, 2016).
173. Jacobs, S. B. The Energy Prosumer. *Ecol. Law Q.* **43**, 519–580 (2016).
174. Wijethilake, C. Proactive sustainability strategy and corporate sustainability performance: The mediating effect of sustainability control systems. *J. Environ. Manage.* **196**, 569–582 (2017).
175. Armstrong, C. M., Niinimäki, K., Kujala, S., Karell, E. & Lang, C. Sustainable product–service systems for clothing: exploring consumer perceptions of consumption alternatives in Finland. *J. Clean. Prod.* **97**, 30–39 (2015).
176. Joyce, A. & Paquin, R. L. The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *J. Clean. Prod.* **135**, 1474–1486 (2016).
177. Heinrichs, H. Sharing Economy: A Potential New Pathway to Sustainability. *Gaia* **22**, 228–231 (2013).
178. Botsman, R. & Rogers, R. *What's mine is yours: The rise of collaborative consumption*. (Harper Collins, 2010).
179. Firnkorn, J. & Müller, M. What will be the environmental effects of new free-floating car-sharing systems? The case of car2go in Ulm. *Ecol. Econ.* **70**, 1519–1528 (2011).
180. Dreyer, B., Lüdeke-Freund, F., Hamann, R. & Faccar, K. Upsides and downsides of the sharing economy: Collaborative consumption business models' stakeholder value impacts and their relationship to context. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* **125**, 87–104 (2017).
181. Hiteva, R. & Sovacool, B. Harnessing social innovation for energy justice: A business model. *Energy Policy* **107**, 631–639 (2017).