ドイツ循環型経済ロードマップ

acatech/Circular Economy Initiative Deutschland/SYSTEMIQ (Eds.)

Circular Economy Initiative Deutschland

SYSTEMIQ

acatech
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING

本翻訳はドイツacatechの協力のもと、ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会にて発行しています。原文は下記を参照してください。
https://www.acatech.de/publikation/circular-economy-roadmap-fuer-deutschland/

Circular Economy Initiative Deutschland

ドイツ 循環型経済 ロードマップ

acatech/Circular Economy Initiative Deutschland/SYSTEMIQ (Eds.)

SYSTEMIQ

acatech NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING

Circular Economy
Initiative
Deutschland

目次

序文 5

サマリー 6

プロジェクト 16

1 はじめに 19

2 ドイツにおける現在の資源消費状況 22
2.1 リサイクルベース廃棄物管理 22
2.2 資源保全アプローチとしての資源効率 24
2.3 体系的循環型経済の視点の必要性と可能性 26
2.4 結論 28

3 ドイツにおける循環型経済のビジョン 29
3.1 ビジョン策定手順 29
3.2 Germany 2030：循環型経済への転換に関するビジョン 31
3.3 ビジョンのための測定基準 32
3.4 ビジョンの定量化 33
3.4.1 参照シナリオ 33
3.4.2 循環型経済シナリオ 33
3.4.3 結論 37

4 循環型資材/製品管理への変革 38
4.1 循環型ビジネスモデル作業部会の調査結果 39
4.1.1 現実の状況：循環型経済への転換に関する現在の課題 39
4.1.2 望ましい状況：新しいビジネスパラダイムとしての閉ループ管理 40
4.1.3 可能な解決策：価値創造への統合的アプローチによる循環型経済の実現 40

補説：循環型社会 44
4.2 包装作業部会の調査結果 45
4.2.1 現実の状況：不適切なリサイクルによるプラスチック包装廃棄物の量の増加 45
4.2.2 望ましい状況：材料生産性に優れた脱化石化包装産業 45

4.2.3 可能な解決策：循環型経済的手段を組み合わせることによる品質の維持と材料の減量 46
4.3 トラクションバッテリー作業部会の調査結果 49
4.3.1 現実の状況：新しい、気候に優しいモビリティの課題としての材料フットプリント 49
4.3.2 望ましい状況：ライフサイクル材料管理がエレクトロモビリティを環境に負荷をかけないブレークスルーへと変える 50
4.3.3 可能な解決策：データ駆動循環型経済はバッテリーの生産性を最大化する 50
4.4 包装機能システムおよびトラクションバッテリー機能システムの要約と比較 53

5 循環型経済に関する政策提言 58
5.1 変革達成のための10のアクションポイント 58
5.2 政策立案者のための政策提言 61
5.3 企業のための政策提言 65
5.4 学界のための政策提言 68

6 今後の展望 71

付録 72
A 用語解説 72
B 図一覧 77
C 表一覧 77
D 循環型経済の測定基準 78
E 循環型経済の定量化方法論の解説 82

参考資料 83

序文

遅くとも欧州グリーンディール以降、欧州における温室効果ガス排出量実質ゼロを実現する唯一の方法が経済活動の抜本的構造変革であることが明白となりました。現在ドイツでも使われている「Circular Economy」（循環型経済）という言葉は、その価値創造に必要な体系的構造変革を、線形の資源集約型から資源効率的な循環型へと導き、適切に構成するための枠組みを提示しています。

こうした目的を念頭に置き、2019年に設立されたのがCircular Economic Initiative Deutschland（CEID）です。3つの省と24の企業、22の研究機関、さらに複数の関連市民社会団体が参加し、線形から循環型への包括的転換をどのように実現できるかについての協議が開始されました。

それから2年、130人以上の専門家が共同で取り組んだ献身的で広範囲に及ぶ作業の成果を今、目にすることができるようになりました。運営委員会およびタスクフォースレベルでの広範な議論、国内外における会議でのレビューや調査結果の発表を通じて編集されたその内容は既に新しい議論を呼び起こしており、またさらに洗練された内容とするための作業が続けられています。調査結果の詳細な説明と議論は、「循環型ビジネスモデル」（Circular Business Models）、「包装」（Packaging）、「トラクションバッテリー」（Traction Batteries）という3つの作業部会がそれぞれ発行した調査結果レポートで取り上げられています。そこには、とりわけドイツが新しいビジネスモデルを用いて、（製品ではなく）「循環型サービス」のサプライヤーになるための道筋や、循環型プラスチック経済が新しい循環型産業をデザインすることによって廃棄物の問題に如何に対処するか、ならびに循環型バッテリー管理が資源のボトルネックから新しいサービス分野を作り出す方法が記されています。

本書『ドイツ循環型経済ロードマップ』は、単に環境的、経済的目標を達成するのみならず、予測される持続可能な生活条件を向上させるうえでの循環型価値創造の可能性を取り上げています。本書は、作業部会の調査結果をまとめ、ドイツの循環型経済のビジョンを策定し、可能な導入パスをモデル化し、政策立案者、産業界、学界のための包括的政策提言を示すものであります。これらの政策提言は、2030年までにドイツが循環型経済に段階的に移行する道筋を指し示しています。

循環型経済への移行は、社会全体の変革の基本的プロセスであり、すべてのステークホルダーの参加と協力によってのみ成功させることができるものです。このような背景から、本書は「リビング・ドキュメント」（随時更新文書）として理解し、使用することができると共に、そのように理解し、使用しなければならないものであります。本書は包括的な指針となる枠組みを提供し、政策立案者や企業が実行しなければならない現実的手順を説明する一方で、変革プロセスについては結論を述べることなく、むしろ循環型経済国家戦略の目標のための具体的システムのほか、進捗状況の測定や、経済的インセンティブの効果、他の応用分野へのインサイト移転の可能性、欧州という枠組みへの取り込みに関する問題に関し、さらなる作業の基盤を提供するものとなっています。

ドイツおよび欧州が重要な政策決定を下さねばならなくなったとき、本書が、ビジネスの場としてのドイツにとって前向きなビジョンを提示してくれることを願っております。

連邦教育研究省（BMBF）に謝意を表します。その支援がなければ、Circular Economy Initiative Deutschland（ドイツ循環型経済構想、CEID）が誕生することはなかったでしょう。また、CEIDに加え、循環型経済の環境的ポテンシャルおよび経済的ポテンシャルに関するヴッパータール研究所（Wuppertal Institute）の研究をサポートしたSUN Institute Environment and Sustainabilityに対する創設企業およびメンバー企業の支援に感謝申し上げます。そして最後に大切なこととして、共同で働く意欲と、数々のアイデア、さらには突出したレベルのコミットメントをしばしば示してくれた関係者全員に感謝する次第であります。

CEIDの調整は、SYSTEMIQの協力を得て、acatech（中心機関）が当たりました。

Dr. Susanne Kadner
Head of CEID office, acatech – National Academy of Science and Engineering

Dr. Jörn Kobus
Team leader, Circular Resources and Sustainable Digitalisation, SYSTEMIQ

Prof. Dr. Martin R. Stuchtey
Founder and managing partner, SYSTEMIQ

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber
Vice-President of acatech – National Academy of Science and Engineering

サマリー

われわれは今、大いなる変化の時代を生きている。革新的テクノロジーが猛烈なスピードで開発され、消費者の行動パターンはめまぐるしく変化し、これまで分離されていたバリューチェーンがつながって新しいソリューションが生み出されようとしており、資本市場は新しいビジネスモデルへの情熱をかき立て、そうした状況がより多くの方向性と投資をもたらしている。

同時に、近現代史において一般化した、「使い捨て社会」とも呼ばれる「Take, Make, Waste」（資源を採掘し、つくり、捨てる）という生産と消費の考え方は、この惑星の限界と衝突するようになってきている。指数関数的に激化する危機を考えたとき、地球が直面している複数の経済変革の必要性は特に喫緊の課題となっている。具体的には、天然資源の採取と処理が、世界全体の温室効果ガス排出量の50%、生物多様性の喪失と水ストレスの90%を生み出す原因となっている[1]。

この意味において循環型経済はドイツにとって、現在進行中の動的変化に応じて、経済政策と環境政策をまとめ、欧州グリーンディールの目的（特に2050年までの気候中立）の達成に大きく貢献することができる包括的な対応手段となる。その理由は、一貫性をもって、適切な時期に実施されれば循環型経済は、気候や資源活用、生物多様性、健康という相互に関連した、生存に関わる課題に同時に対処するための包括的解決策となるからである。したがって、循環型経済はその導入を成功させることが目的ではなく、気候保護と資源保全を文化的変化へと結び付け、競争力と原材料輸入からの独立性を高め、雇用創出と地域的価値創造をもたらす、持続可能なウィン・ウィン状態を実現することを目的とする。

ドイツは有利な立場からスタートしている。国際的に知られた製造拠点としてドイツは、競争力や原材料の生産性、地域的付加価値を高め、質の高い雇用を創出しつつ、デジタル製品（Industrie 4.0）のみならず、循環型製品（循環型経済）を備えた産業の拠点としての将来を確保するうえで、他のどの国よりも有利な立場にある。政策立案者は新型コロナウイルスに対する景気刺激策を活用して、こうした変化を大きく加速させることができる。この意味において、ドイツを循環型経済へ変換させることの利点を次に挙げる。

- 「Made in Germany」から、ドイツ企業との信頼できる協調的活動による資源生産性の高い、高品質の循環型製品ソリューションのシンボルとしての「Made with Germany」へと移行することで、ドイツを政治的および経済的パートナーとして前進させる新しいバリュープロポジション
- 収益性の高い循環型経済ソリューションの世界有数の輸出国としてのドイツ産業の国際的な再位置付け
- XaaSを介した循環型ビジネスモデルと再利用/再製造/リサイクルなどの構造に焦点を絞ったドイツ産業のリブランディング

Circular Economy Initiative Deutschland（CEID）は、環境的、経済的、社会的視座を統合するという包括的な取り組みから始め、ビジョンを定義した。

> 「体系的に考案された持続可能な循環型経済は、*2050*年までに温室効果ガス排出量を実質ゼロにするという*EU*の目標に対し、広範囲にわたって貢献し、経済成長と資源消費を完全に切り離すことを可能にする。地球の限界が守られ、持続可能性目標が達成されることを保証し、協調的な企業間の価値創造と革新を通じて、生活の質を高め、公平な繁栄を確保することを支援する。」

モデル化は、気候中立であると同時に資源生産性の高いドイツのこのビジョンが、包括的な変革アプローチによってのみ達成できることを示している。Circular Economy Initiative Deutschlandにおいて実施されたモデル化では、温室効果ガス排出量の実質ゼロに加えて、2050年の天然資源消費量が2018年との比較で50%削減されることを想定していた。調査結果では、耐用年数を伸ばすよう設定された循環型経済手法の包括的な適用と、リサイクル率の大幅な上昇（エネルギー効率の大幅上昇を含む）によって、一次原材料の総使用量が2050年までに、2018年と比較して68%削減されることが示された。リサイクルによる二次材料がもたらす原材料削減は50%弱になる。さらに、2℃目標を達成するための開発経路[2]に必要な温室効果ガス排出量の大幅な削減は、循環型経済手法を用いることによってのみ達成できることは明らかだ。経済的視点から見れば、2030年までのモデル化だけでも、約320億ユーロの高品質二次原材料の使用による累積的削減が示されている。循環型経済手法がバリューチェーンの早い段階で導入された場合、削減の可能性は再び大幅に高まり、関連コストの削減やマクロ経済的生産性の向上は2030年までに、リサイクルによる直接コスト削減の10倍に達する可能性がある。同時に、必要とされる新しい循環型ビジネスモデルと革新的プロセスにより、定量化が著しく不確実になり、代償（リバウンド）効果を考慮に入れることが必要となる。

1 | International Resource Panel（2019）を参照。
2 | Prognos et al.（2020 b ）を参照。

しかし現在の状況を見ると、これまでのところドイツでは資源の消費が経済成長から切り離されていないことがわかる。2000年～2016年の間に原材料の総生産性は35%上昇した。年平均では2.4%の上昇だが、これは絶対的な資源消費の減少ではなく、国内総生産の増加によるものであり、したがって相対的デカップリングに相当する。現在ドイツでは、二次原材料の使用による資源消費の削減は約13%に留まっており（すべての上流プロセスを考慮に入れた場合は約18%）、この割合は2010年～2014年の間、実質的に変化していない。絶対的な資源消費を削減し、経済成長から切り離すことになった場合、それに応じて「循環型廃棄物管理」から体系的循環型経済への移行が必要となる。

循環型経済への転換を達成するためには、さまざまな政策分野に影響を与える複数の分野横断的側面を備え、明確に定義された一連の対策が必要である。例を挙げると、カーボンプライシングや資源利用などの高度な規制措置は、気候保護と、Industrie 4.0に触発された革新的デジタルビジネスモデルの開発の両方をサポートする。また、循環型経済を実現するための条件は、多くの場合既に存在していて、それが完全な効果を発揮するには、単に実施され、適切に組み合わされるだけでよかったことが明らかになっている。そのような機会をもたらすのが、既存のデジタル技術と適切な標準を組み合わせた製品パスポートの開発であり、これにより、閉ループ式製品管理の迅速な改善が可能になる。

本書『ドイツ循環型経済ロードマップ』では、それ自体を、循環型経済を実現するためにドイツが実施すべきステップの体系的記述に関する科学的に健全な枠組みと見なしている。それには、政治、産業界、学界の意思決定者を導くことを目的とした政策提言が含まれる。

『ドイツ循環型経済ロードマップ』から導き出される変革経路は、CEIDの3つの作業部会の調査結果に基づいている。作業部会の1つは一般的観点から循環型ビジネスモデルを検討し、残る2グループは包装とトラクションバッテリーの具体例を検討した。

作業部会の包括的な調査結果と部門固有の調査結果

CEIDの3つの作業部会は、包括的分析とセクター固有の分析、ならびに政策提言に取り組み、調査結果レポートにその詳細を記述している。以下に重要な調査結果を記す。

「循環型ビジネスモデル」

ビジネスモデルは、循環型経済を企業に受け入れられるものとするうえで重要である。理想的には、ビジネスモデルは循環的な価値創造活動と起業機会を組み合わせて経済的価値を創造する。当事者個々のビジネスモデルがもたらす孤立した最適化機会と利益最大化機会は、循環型経済の要件を長い間満たすことができなかった。既存のバリューチェーンをバリューサイクルに効果的に転換するには、価値を創造する当事者同士が相互補完し合う構造の循環型エコシステムと共に、統合されたアプローチが必要である。

システムに最適な構成を意思決定者が決定するための指針となる枠組みを示すビジネスモデルパターンのサンプル22例が調べられた。これらのパターンは、a）バリューサイクルにおける役割、b）基本的循環型戦略、c）関連するサービスレベルで構成されている。障壁の種類（規制、財務、技術など）を検討するだけでなく、中心的な循環型経済戦略では関連サービスと共に、a）販売者（サプライヤー、生産者、小売業者、修理業者、物流業者など）、b）ユーザー（企業や消費者などの専門ユーザー）、c）製品（技術、デザイン）の間で、相互に補強し合う障壁がしばしば特定されてきた。

遡及評価からAI支援データ予測まで、デジタル技術は、「スマート」な循環型経済戦略を包括的に相互関連付けするための広範なポテンシャルを備えている。的を絞ったうえで関連情報を提供することで、デジタル技術は、循環型ビジネスモデルに関する障壁を克服するための中心的役割を果たし、循環型の材料フロー、コンポーネントフロー、製品フローの運用を可能にする。

これまでのところ、循環型経済のための統一された規制的枠組みはない。むしろ循環型経済は、EUの廃棄物法やエコデザイン指令など、さまざまな（時に相互矛盾する）法案において言及されている。したがって、製品の耐用年数を延ばし、再利用と再製造を行い、循環製品の設計要件と標準を定義することによって、廃棄物抑制を中心に据えた総合的な法的枠組みを策定することが重要となる。

政策提言を含む、作業部会の調査結果は、循環型ビジネスモデル調査結果レポート[3]にすべて記載されている。

「包装の価値創造システム」

包装は重要な機能を果たしており、それなしでは現代の生活は考えられない。しかし、包装材の消費量が増えることは廃棄物の量が増えることを意味する。特にプラスチック包装は環境に大きな負荷をかけるこ

3 | Circular Economy Initiative Deutschland（2020a）を参照。

中略

編集：

acatech – National Academy of Science and Engineering
Karolinenplatz 4
80333 Munich | Germany

Circular Economy Initiative Deutschland Office
Karolinenplatz 4
80333 Munich | Germany

SYSTEMIQ Ltd.
69 Carter Lane
London EC4V 5EQ | United Kingdom

シリーズ編集：

acatech – National Academy of Science and Engineering, 2021

Munich Office
Karolinenplatz 4
80333 Munich | Germany
電話 +49 (0)89/52 03 09-0
FAX +49 (0)89/52 03 09-900

Berlin Office
Pariser Platz 4a
10117 Berlin | Germany
電話 +49 (0)30/2 06 30 96-0
FAX +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brussels Office
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brussels | Belgium
電話 +32 (0)2/2 13 81-80
FAX +32 (0)2/2 13 81-89

info@acatech.de
www.acatech.de

Board acc. to § 26 BGB: Karl-Heinz Streibich, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl (currently on leave of absence), Dr. Stefan Oschmann, Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Martina Schraudner

推奨引用文献：

Circular Economy Initiative Deutschland (Ed.): *Circular Economy Roadmap for Germany*, *Kadner, S., Kobus, J., Hansen, E., Akinci, S., Elsner, P., Hagelüken, C., Jaeger-Erben, M., Kick, M., Kwade, A., Kühl, C., Müller-Kirschbaum, T., Obeth, D., Schweitzer, K., Stuchtey, M., Vahle, T., Weber, T., Wiedemann, P., Wilts, H., von Wittken, R. acatech/SYSTEMIQ, Munich/London 2021

* SK、JK、EHを除き、執筆者はすべてアルファベット順で記載。

Deutsche Nationalbibliothek発行の書誌情報
The Deutsche Nationalbibliothekは、本書をDeutsche Nationalbibliografieに掲載する。
詳しい書誌データは、http://dnb.d-nb.deからオンラインで入手することができる。

本書は著作権により保護されている。無断転載を禁止する。 特に、翻訳、復刻、イラスト、写真製版による複製またはその他の複製、ならびにデータ処理システムを使用した保存における、本書の全体または一部の使用に適用される。

Copyright © acatech – National Academy of Science and Engineering ・ 2021

調整およびテキスト：Circular Economy Initiative Deutschland事務局およびSYSTEMIQ翻訳： Paul Clarke and Charlotte Couchman, Lodestar Translations
ロゴデザイン： Lisa Metzger
表紙デザイン： Britta Stammeier
表紙写真： BillionPhotos.com/AdobeStock
変換およびタイプセッティング： GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH für Kommunikation und Medien, Marketing und Gestaltung; groothuis.de

本書のオリジナル版は、www.circular-economy-initiative.deおよびwww.acatech.deで入手できます。