

サーキュラーエコノミーに対する自治体の政策について ：埼玉県を例にして

高垣 行男

要約

環境意識の高まりの中で地方自治体は地域の共生ならびに企業に対する産業政策としてサーキュラーエコノミー（CE: Circular Economy）に取り組み始めている。持続可能な発展を進める唯一の方法は「製造・使用・廃棄」という「線形」モデルから「循環経済」に切り替えることであるという認識が高まっている。CEは材料とエネルギーの循環に基いており、従来の「製造・使用・廃棄」の代替となるであろう。CEは再生可能エネルギーの源と新しい製造方法の使用を奨励して、製造における廃棄物を棄却することを排除し、使用済みとなった材料をもとの流れに戻す。

公共政策の面からは国や自治体は企業の活力を支援することでCEを推進させることができる。企業にとっては社会的なトレンドの中でCEを利用してポジションングを向上させることができるだけでなく大きなビジネスチャンスとなる。

先行研究では必ずしもCEのシステムが明確にされているとは必ずしもいえない。本研究は、CEを実施する上で、社会・政治・法、環境、経済、技術といった観点から、CEの障壁と機会を明確にする。その中でCEを推進させる行政（国や自治体）の位置づけについて検討を行う。さらに企業ができることについても明確にすることを目的としている。

本研究で紹介するCEに関する分析視点の議論は先行研究、とくにKumar et al. (2019) に依拠するところが大きい可能な限りの修正を加えている。

埼玉県の事例については、現状調査（2022年秋実施）として質問票が埼玉県内の中小企業に配布され、2023年度の予算に反映されている。政策立案のバックデータとしての調査のため、次年度以降の政策等への示唆や詳細の分析については今後の課題としたい。

本研究は、以下のように構成されている。第1章ではCEの必要性と現状紹介を、第2章では、CEの定義について要約を提示している。続いて、第3章ではCE実施レベル、第4章ではCEの「障壁」と「機会」を提示する。第5章では最近の動向について紹介する。第6章では埼玉県が行った調査と結果について紹介する。考察は第7章に提示され、第8章は本研究の結論をまとめ、限界、意味、および将来の研究の方向を示すことによって本研究を締めくくる。

キーワード：埼玉県，製造業，障壁，機会，循環経済，サーキュラーエコノミー（CE）

1. はじめに

サーキュラーエコノミー「循環経済」(CE: Circular Economy)は、リニア(直線)型の経済システムに代わる新たな概念である。従来は「Take(資源を採掘)」「Make(製造)」「Waste(廃棄)」という大量生産・大量消費・大量廃棄を前提とし、経済発展には環境負荷が付きものであり気候危機や生物多様性の喪失など様々な負の外部性をもたらしてきた。

CEでは、廃棄物や汚染など負の外部性が発生しない製品・サービスの設計を行い、経済システムに投入した原材料や製品はその価値をできる限り高く保ったまま循環させ続けることで自然を再生し、人々の心地や環境を確保して、環境負荷と経済成長をデカップリング(分離)することを目指している。CEを実現するには、最低限の資源で製品を作り、メンテナンスや修理を繰り返しながら何度も使う、廃棄物を極限まで抑えるなど、サークルの中を回り続ける生産と利用のサイクルを構築しようとするものである。CEが注目されるようになった背景は、従来のリニアエコノミーから脱却することで、様々な問題(人口増による資源の枯渇、環境問題、リサイクルの課題)が改善されることが明らかになってきたことによる。

これまでの経済は、地球から資源やエネルギーを得て製品を作り、使い終わったら廃棄する一方通行のリニアエコノミー(直線型経済)と呼ばれるものであった。産業革命以降、リニアエコノミーによって私たちは便利で豊かな生活を手に入れたが、地球環境への負担は大きく、環境問題や資源の枯渇など、さまざまな面で問題が発生してきた。

世界の人口は、産業革命が始まった1760年以降、第二次産業革命の1900年ごろに増加し始め、そして第二次世界大戦後の復興期である1950年から2000年にかけて急激に増えている。この時期から大量生産・大量消費の経済システムが定着し多くの資源を使用するようになった。

国連(UN)によると、2050年には世界人口は98億人になると推計されている。また、OECDの調査『2060年までの世界物質資源アウトック(*Global Material Resources Outlook to 2060*)』(OECD, 2018)によると、2060年までに一人あたり所得平均が現在のOECD諸国の水準(4万米ドル)に近づき、世界全体の資源利用量は2倍(167ギガトン)に増加すると推計されている。

人口が増え、一人あたりの所得も増えるには生活を維持するのに必要な資源の量も増加する。WWF(世界自然保護基金)の報告書『地球一個分の暮らしの指標』(WWF, 2015)によると現在の人口規模の生活を支えるには地球1.5個が必要だと言われている。

また、大量生産・大量消費・大量廃棄を前提とする現在の経済システムは気候危機や資源枯渇、生物多様性の喪失、プラスチック汚染、貧困、格差など様々な負の外部性を多くもたらす。

なかでも、プラスチックゴミによる環境汚染が深刻である。適切に処理されなかった場合(ポイ捨てなど)、河川を流れ最終的に海にたどり着き、海洋ゴミとなる。海洋ゴミは、海の生き物の誤食やサンゴ礁の病気など、海洋生態系に多大な影響をもたらす。現状のペースで海にゴミが流出し続けた場合、2050年には魚の量を上回るプラスチックゴミが海に蓄積すると予測されている。

これらの状況を解決し、地球の限界容量(Planetary boundaries)の範囲内で、社会的な公正を担保して持続するための仕組みとして、従来の経済システムからの脱却を目指すCEの考え方が注目されている。

世界の環境課題に対する大きな3つのトレンドとして、①地球の温暖化を抑制するためのCO₂削減(Carbon Offset)、②持続可能な社会を目指すSDGs、そして③サーキュラーエコノミーが包括した総括的な対応ということができる。

2. 概念の発展と定義

CEは経済発展の新概念と見なされているが、そのルーツは1960年代にさかのぼる。まず、1965年にKenneth Boulding (1965)は、地球で一定の繁栄を維持するには、周期的な生態系が必要であると示唆した。その後、①産業生態学 (IE: Industrial Ecology) と②製品寿命 (Product Life) の延長という2つの概念が出てきた。視覚化するために、IEは、物質とエネルギーの流れを考慮に入れた概念として提示された。残留廃棄物や副産物をリサイクルすることで産業が自然と共生して持続可能な発展を実現できる。IEはバージン資源の使用を最小限に抑え、さらにクリーンな生産技術を促進する。一方、製品寿命の延長とは、廃棄物の発生を先送りして、持続可能な生産と消費の技術を組み込むことを指す (Andersen, 2007, Gregson et al., 2015)。これらのアイデアと概念は、CEという用語の出現への道を開いた。

1990年代後半、2人の英国の環境経済学者PearceとTurner (1990)は、彼らの著書「自然資源と環境の経済学 (*Economics of natural resources and the environment*)」で初めてCEという用語を提示した。彼らは伝統的な線形経済は材料とエネルギーの回収には寄与せず、環境を廃棄物貯留場所に変えることを示唆した。彼らは、物質とエネルギーは循環系でのみ維持できると指摘した。彼らは「閉ループシステム」による物質とエネルギーの循環流を提案し、その概念をCEと名付けました (Su et al., 2013)。さらにRizos (2015)はCEを「天然資源の回復能力 (restorative capacity of natural resources)」 (Bastein et al., 2013) を持つものとして、廃棄物を最小限に抑え、再生可能エネルギー源を利用し、有害物質の使用を段階的に廃止することを目的とした「産業経済 (Industrial Economics)」として注目している (Butterworth et al., 2013)。

長年にわたりCEの定義が数多く提案されてきた。CEは、原材料とエネルギーの循環フローに基づいており、従来の線形的な「資源-製造-廃棄」モデルを「資源-製品-再生」という資源循環モデルに変換する (Li et al., 2010)。このようにして、CEは、発生する未使用の資源、廃棄物、汚染の消費を削減し、資源の回復と効率への道を開くことを目指している (Hu et al., 2011)。このようにCEは経済の持続可能性と継続的な発展を確保することを目的としている (Yuan, Bi, & Moriguichi, 2006)。

最近、Kirchherr, Reike, & Hekkert (2017)は、114ものCE定義を検討した後、CEを「生産/流通と消費プロセスでの材料の削減、代替再利用、リサイクル、回収で「寿命の終わり」の概念を置き換えるビジネスモデルに基づく経済システムであり、ミクロ (製品、企業、消費者)、メソ (エコ工業団地) およびマクロ (都市、地域、国、そのほか) レベルで、現在と将来の世代の利益のため、環境の質、経済的繁栄、社会的平等を生み出すことを意味する持続可能な開発を達成する。」と定義している。

CEが世界に周知するようになったのは「エレン・マッカーサー財団 (EMF: Ellen MacArthur Foundation)」によるWEF (World Economic Forum) を通じた働きかけが影響している。

サーキュラーエコノミーへ移行するには「3つの原則」に従う必要があるとした (EMF, 2013a)。日本では経済産業省 (2022) で引用されている。

- (1) 廃棄物・汚染などを出さない設計 (Design out waste and pollution) :
温室効果ガス (GHG) 排出、有害物質、水・大気汚染や交通渋滞など経済活動による人の健康や自然環境への負荷を低減する
- (2) 製品や資源を使い続ける (Keep products and materials in use) :
設計によって製品・部品・素材の耐久性、リユース、再製造やリサイクルを進め、経済の中で循環させる他、バイオ由来素材については経済システムと自然システム間を行き来させる

(3) 自然のシステムを再生する (Regenerate natural systems) :

再生可能エネルギーの活用や土壌への養分還元など、非再生資源の使用を避け、再生可能資源を活用する

この3原則を実現する方法として、エレン・マッカーサー財団では循環の仕方を図式化したバタフライ・ダイアグラムを提唱している。詳細については、第5章(最近の動向)で紹介する。

表1：幾つかの定義

著者	CEについての定義
Pearce, & Turner(1990)	伝統的な線形経済は材料とエネルギーの回収には寄与せず、環境を廃棄物貯留場所に変えることを示唆した。物質とエネルギーは循環系でのみ維持できる。閉ループシステムを提唱した。
Zhijun, F., & Nailing, Y. (2007)	天然素材の生態学的循環に基づく経済発展のモードであり、経済発展を達成するためには、生態学的法の遵守と天然資源の健全な利用が必要である。
Geng, Y., & Doberstein, B. (2008).	「天然資源→変換」のプロセスを通じて、他の産業の資源として使用される製造製品→製造副産物へのフィードバックプロセスを備えた経済活動の組織化を促進する。
Li et al. (2010)	経済を資源および環境要因と統合する経済成長および開発システムが、効率的な資源使用と廃棄物の流れのフィードバックのメカニズムを組み込んだ「資源-生産-再生資源」の物質代謝モードに基づいていることを広く受け入れている。
Hu et al. (2011)	物質とエネルギーの流れに基づいて経済システムを構築することを提唱し、線形スループットの流れを物質とエネルギーの丸い流れに変更する。
EMF. (2013a)	廃棄物・汚染などを出さない設計、製品や資源を使い続ける、自然のシステムを再生する。
Giurco, et al. (2014)	抽出から使用、埋め立て処分までの線形フローとは対照的に、経済における資源の循環フローを目指している。
Benton, Hazell, & Hill (2015).	経済に流入する資源が無駄になったり、価値を失ったりすることが許されないものです。代わりに、この経済はそれらの資源を回収し、可能な限り長く生産的に使用し続ける。
European Commission (2015)	製品と材料の価値は可能な限り長く維持される。廃棄物と資源の使用は最小限に抑えられ製品が寿命に達したとき資源は経済内に保持され、さらに価値を生み出すため何度も使用される。
Ciani, Gambardella, & Pociovalisteanu, (2016)	「自己再生」のために設計された経済性である。バイオベースの材料は生物圏に落ちることを意図しており、「技術的な」原材料は最小限の損失品質を提供するフロー内で動作するように設計されている。
Sauvé, Bernard, & Sloan (2016)	繁栄を資源消費から切り離す、つまり、どのようにして商品やサービスを消費しながら、未使用の資源の抽出に依存しないようにし、埋め立て地での消費された商品の最終的な処分を防ぐ閉ループを確保することを目的としている。
Stahel (2016)	現在の主に直線的な消費システムを循環型システムに変換し、必要な材料の節約で経済的持続可能性を達成する革新的な方法を提案する経済戦略である。
Murray, Skene, & Haynes (2017)	持続可能な方法で経済活動と環境福祉の統合を概念化する試みを表している。
Nasir et al. (2017)	資源が可能な限り長く使用され続け、そこから最大の価値が引き出される経済パラダイムである。
Spring & Araujo (2017)	組み立て、使用、分解、再利用のサイクルを通じて廃棄物を排除するように設計されており、廃棄物やリサイクルに関してシステムからの漏れはほとんどない。
Winans, Kendall, & Deng (2017)	中心的なテーマは、汚染を減らしたり、資源の制約を回避したり、経済成長を維持しながら、天然資源の使用を可能にすることを目的とした、閉ループシステム内の材料の評価である。
Kirchherr, Reike, & Hekkert (2017)	生産/流通と消費プロセスでの材料の削減、代替再利用, リサイクル, 回収で「寿命の終わり」の概念を置き換えるビジネスモデルに基づく経済システムであり、マイクロ(製品, 企業, 消費者), メソ(エコ工業団地)およびマクロ(都市, 地域, 国, そのほか)レベルで、現在と将来の世代の利益のため、環境の質, 経済的繁栄, 社会的平等を生み出すことを意味する持続可能な開発を達成する。

出所：Kumar et al.(2019)の Table 1 を参考に筆者が加筆と修正をした。

3. 実施内容

CEの実施にはいくつかの実用的な側面がある。「環境」に関してさまざまな利益をもたらす(McKinsey & Company, Inc., 2017) と同時に、それに伴う健全な「経済」面で効果(Yuan, Bi & Moriguichi, 2006)をもたらす。

CEの実施においてYun Bi & Moriguichi (2006) と Zhijun & Nailing (2007) は、水平的には産業、都市インフラ、文化環境、社会的消費システムが含まれ、垂直的には企業(マイクロ)、工業団地(メソ)、および都市と地域(マクロ)レベルで構成されていることを述べている。

CEを正常に実施できるようにするには、循環プロセスをマイクロレベル(企業)から開始する必要がある。次にマクロレベルを組み込み、各レベルが次のレベルの基礎を形成し、持続可能な経済発展と成長を可能としてマクロレベルの実施で循環プロセスを終了する。マイクロレベルでは、企業はより「クリーンな生産(CP: Clean Production)」とエコデザイン(Eco-design)を採用することが促進される。CPは、汚染がどのように発生するかを研究するものであり、生産プロセス全体での資源の効率的な使用の重要性を指す(Su et al., 2013)。

一方、エコデザインは、最終製品の生産と形成の設計段階で、環境とその保護に対する意識を高めることを目的としている。発生する汚染を最小限に抑えるために、企業がより効率的で持続可能で統合された生産プロセスを構築することをサポートする(Negny et al., 2012)。CPとエコデザインの恩恵を受けることで、企業は材料とエネルギーの循環的な流れからなる生態学的な産業循環を形成する。したがって、資源効率を高めながら、汚染、廃棄物、有毒物質の排出を制限することができる(Zhijun & Nailing, 2007)。

さらに、環境ラベリングの適用も提供すべきであり、環境効果に応じて良いものから悪いものまで分類する必要がある。この分類により、時代遅れの技術を特定して排除し、資源消費と汚染の発生を減らすことが容易になる。企業をより環境に優しい活動を行うものにするには重要な手順となる(Yuan, Bi, & Moriguichi, 2006)。なお、環境保護のレベルに応じて企業を監視する地元の組織を必要とする。

CEは、材料とエネルギーの循環型フローを提供し、資源のより高い利用を重要視する。これを実行するには、企業の行動方針を規定する3R(リデュース・リユース・リサイクル)の原則を提供する。CEは、このように企業レベルから、工業団地および地域レベルに移行することにより、企業、産業、社会に好ましい循環を形成させることができる。

4. 障壁と機会

これまでの議論から、CEの活動は多くの利点をもたらす機会であるが、その理論と実施実績の間にはまだ大きなギャップがある。また、CEの導入に着手している企業や導入を意図している企業も多いが、CEの導入プロセスにおいていくつかの障壁に直面し、その影響を軽減するのに苦勞している。

多くの企業は、CEがもたらす潜在的な機会をよく認識しておらず(EMF, 2013ab)、CEの障壁と機会利点を特定しようとする研究もある(e.g. Geng and Doberstein, 2008; Bastein et al., 2013; Rizos et al. 2015; Rizos et al., 2016; Wijkman & Skånberg, 2017; Govindan & Hasanagic, 2018)。CEの既存の障壁と潜在的な機会を提示する文献は不十分であるが企業がCEを推進するのに役立つ(Masi et al., 2018)。これらの論文は、社会、政治、経済、環境そして技術の観点から企業におけるCEの障壁と機会を特定することにより、このギャップを埋めることを目的としている(Winans, Kendall, & Deng, 2017; Benton, Hazell, & Hill, 2015; Li & Yu, 2011)。

天然資源の再利用によって環境を保護することを目的としている。言い換えれば、CEは概念の基盤

として経済の発展を支援する一方で、環境に配慮し、その持続可能性に貢献する。CEを行うために、より高度な技術を導入し、機器と機械を改善し、産業の構造を整理し、管理を強化し、それに応じて持続可能なエコ産業システムを策定する。

このようにCEを実行していく中で潜在的な障害と機会が存在する。企業や政策立案者の間でCEの実施の成功による利点を発揮させるには潜在的な①障害、②機会を特定して認識しておく必要がある。CEに関して、社会、政治、環境、経済、技術という5つの視点から考慮してみよう。

表2と表3は、文献から特定された主要な障害と機会をまとめている。以下に、CEが生み出す潜在的な障害と機会について説明する。

4.1 障壁

CEは多くの機会を提供するが障壁も多い。

CEに対する一般の人々の意識のレベルは非常に低い (Su et al., 2013; Naustdalslid, 2014; Benton et al., 2015)。近年、世界中の政府や自治体、そして企業がCE活動を開始している。CEという用語とその原則についての認識はまだ不足している (Benton et al., 2015)。さまざまなチャネルを介して広範な啓蒙教育を提供する必要がある。これは、テレビ、雑誌、新聞、看板の広告を通じて達成される可能性がある。公的な政策によってCEの認知機会を提示し、一般の関与として社会の参加を奨励するための新しいビジネスモデルなどの開発は、CEの成功の鍵である (Geng & Doberstein, 2008)。人的資源および制度的能力はまだ貧弱であり、公的な教育の利用可能性を制限している。CEの知識を備える人材不足のため、公的機関や政府はCEを社会に宣伝するのに十分な成功を収めていない (Benton et al., 2015; Li & Yu, 2011)。

市場調査によると、消費者の多くは購入時に製品の外観に関心がある。彼らは持続可能性と環境への影響に注意を払わず、スクラップから製造されたものではなく、見栄えの良いものを好む (Pomponi & Moncaster, 2017; Naustdalslid, 2014)。再生する製品の需要が減少し、顧客の受け入れが低いため、CE推進の維持の障害となる。さらに、循環ループを継続的に維持するには、古い製品や部品を再生する製造作業に利用できるように、回収品が定期的に流れる必要がある。これには、企業は顧客と契約を結び、古くなった製品の使用を制限し、回収品の流れを確実にしようとする。しかし、多くの人が契約を超えて製品を使用したいと考えており、古い製品の交換に消極的である (Park et al., 2010)。これらの状況は、材料の円滑な流れを阻害し、廃棄物が未処理のまま残されCE活動を妨げる。

一方、政府の政策は、企業が将来のステップを形作る上で重要な役割を果たす。ほとんどの地域では、断片化されているが規制システムがある。政府と地方自治体の責任は、CEの実施について明確にすることである。この複雑な構造は、地方自治体の説明責任の欠如をもたらし、不十分な法制度の創設につながることで、多くの研究で支持されている (Benton et al., 2015; Geng & Doberstein, 2008; Li & Yu, 2011; Naustdalslid, 2014; 2017)。すなわち、CEに関する必要な体系的な法律や規制を作成することはできない。細分化されたシステムによる法律の執行能力の低さ、およびそれに応じて政策支援の欠如により、企業がCEを適用することが困難になっている。その結果、企業はリスクを冒すよりも既存の戦略を優先し、CEの普及を制限することになる。その上、多くの政府はCE慣行の高度な理解を欠いている (Geng & Doberstein, 2008; Benton et al., 2015; Naustdalslid, 2014)。CEの利点を十分に認識していないため、主導権を握り、企業を導き、適切な法律を制定することができない。これに対応して、明確なビジョン、目標、目的、ターゲット、および指標を指定することはできない (Pan et al., 2015)。CEに関する政策立案者の知識欠如は、パフォーマンス評価、データ収集、計算、提出および処罰のた

めの標準システムの策定をさらに妨げている (Su et al., 2013)。さらに、政府や自治体による税金と処理料は障壁として機能する。現在の税法は、世界のほとんどの地域で CE の実施を促進しておらず、代わりに、その財政的負担のために企業に負担を負わせている (Geng & Doberstein, 2008; Benton et al., 2015; Naustdalslid, 2014)。

製造業には CE に対する多くの経済的障壁がある。CE はコストのかかるプロセスであり、先行投資が必要である (Liu & Bai, 2014)。この投資回収は短期間で実現できず、代わりに、長期的な経済的利益を持っている。経営者には任期があり、任期中の業績を評価されるため CE 活動への投資を躊躇し、

表 2：CE への障壁

	社会・政治	環境	経済	技術
CE への障壁	CE に対する国民の意識の低さ (Yap, 2005; Geng et al. 2009; Xue et al., 2010; Geng et al., 2012; Su et al., 2013; Naustdalslid, 2014; Benton et al., 2015; Winans et al., 2017)	政府機関と学術機関での環境管理プログラムと施設の利用可能性の欠如 (Su et al., 2013; Geng & Doberstein, 2008; Yap, 2005)	長期的な経済的利益をもたらすかなりの先行投資の必要性 (Liu & Bai, 2014)	埋め立てや焼却活動を行っている地域の多くは、適切な技術の欠如 (Pringle et al., 2016)
	CE の原則の理解の欠如 (Benton et al., 2015)	より環境に優しい活動を促進し、水、エネルギー、材料を節約するための利用可能なインセンティブの欠如 (Geng et al., 2009; Su et al., 2013)	財政支援メカニズムと税制上の優遇措置の欠如 (Geng & Doberstein, 2008; Liu & Bai, 2014)	先端技術への投資の必要性 (Su et al., 2013)
	CE に関する専門家の不足 (Yap, 2005; Xue et al., 2010; Li & Yu, 2011; Su et al., 2013; Benton et al., 2015)	廃棄物回収業者と分解業者は新しい分野を創造する能力を欠いている (Geng & Doberstien, 2008)	サプライチェーンにおける適切なパートナーの欠如 (Benton et al., 2015; Pomponi & Moncaster, 2017)	
	一般からの再生製品の需要と受け入れが低い (Naustdalslid, 2014; Singh & Ordoñez, 2016; Zhu & Tian, 2016; Pomponi & Moncaster, 2017)	廃棄物資源管理システムは一般的にローテクであり、回収された材料の最大利用を制限する (Li & Yu, 2011)	エコ産業チェーンの確立にかかる高コスト (Liu & Bai, 2014)	
	使用済み製品の交換に消極的 (Park et al., 2010)		インフォーマルセクターのリサイクルプロセス (Velis, 2015; Singh & Ordoñez, 2016; Winans et al., 2017)	
	地方自治体の説明責任の低さと不十分な法制度 (Geng & Doberstien, 2008; Li & Yu, 2011; Matthews et al., 2011; Su et al., 2013; Naustdalslid, 2014; Benton et al., 2015; Winans et al., 2017)		先端技術と施設・設備の更新のための顕著な投資の必要性 (Su et al., 2013)	
	パフォーマンス評価、データ収集、計算、提出および罰則についての標準システムの欠如 (Su et al., 2013)		再利用材料スクラップのコストが高いため安価なバージン材料を使用する (Wübbecke & Heroth, 2014; Pomponi & Moncaster, 2017)	
	CE 実行への高度な理解が政府に欠如 (Geng & Doberstien, 2008; Naustdalslid, 2014; Benton et al., 2015)			

出所：Kumar et al.(2019)の Table 3 を参考に筆者が技術を追加修正した。

表3：CEの機会

	社会・政治	環境	経済	技術
CEの機会	CEは社会と産業の間のコミュニケーションを強化する (Geng et al. 2012; EMF, 2013b ; Young, 2015)	環境にやさしいグリーン製品は、エネルギーと天然資源を節約し、汚染の発生を減らす (Zhu&Tian, 2016)	持続可能なサプライチェーンと寿命管理によるコストの削減、投入価格の引き下げ、環境ペナルティと廃棄物の発生最小化 (Park et al., 2010; Geng et al. 2012; EMF, 2013b)	環境科学と技術の発展、クリーン生産などの新しい概念の出現 (Geng & Doberstein, 2008; Liu & Bai, 2014)
	企業と顧客の間の連携 (EMF, 2013b)	環境に配慮した管理慣行は、組織とサプライチェーンの回復力を提供する (Park et al., 2010)	リサイクルと再製造のための新しい市場の開拓 (Young, 2015; EMF, 2013a; 2013b; 2014)	
	地域社会への新たな雇用機会の創出 (Park et al., 2010; Geng et al. 2012; EMF, 2013b; Yuan et al. 2006; European Commission, 2017)	化学肥料と土壌改良剤の回避 (Young, 2015; EMF, 2013b; Commission, 2017 Geng et al., 2012)	新しい市場と新しい収益チャネルは、既存の企業の利益を押し上げ、ライバルとの間で競争上の優位性。 (Young, 2015; EMF, 2013b; Park et al., 2010; Geng et al., 2012)	
	公衆衛生と環境意識の向上 (Geng et al. 2012; Park et al. 2010)	化石燃料の消費、温室効果ガスおよび有毒物質の排出の削減 (Young, 2015; EMF, 2013b; European Commission, 2012, 2017)	地方自治体は、回収された廃棄物をリサイクル事業者に販売することで、収集した廃棄物の量から追加の利益を得られる (EMF, 2013b)	
	企業は規制に従った運営ができる (Park et al., 2010)	エコデザイン、エコラベルなどの新しい概念の出現 (Geng & Doberstein, 2008; Liu & Bai, 2014)		
	企業が顧客に関する洞察情報を収集するのに役立つすべてのセクターでのレンタルモデルの推進 (EMF, 2013b)			

出所：Kumar et al.(2019)の Table 2 を参考に筆者が技術を追加修正した。

他の事業運営への投資を選択する (Liu & Bai, 2014; Benton et al., 2015, 2010)。銀行や政府からの予算システムに組み込まれた財政支援メカニズムと税制上の優遇措置の欠如により、企業はCEの実施を好むにもかかわらず、CEの実施をさらに回避している (Geng & Doberstein, 2008; Liu & Bai, 2014; 2013)。これは費用のかかるプロセスであり、大企業を除いて、財政的に対処することはできない。既存の線形経済モデルをクローズドループに変換するには、政府の支援が不可欠であり、CEの実施に便利な環境を作り出すことは政府の責任である。CEはまた、材料の定期的な流れを持ち、顧客を満足させるために、協調的なビジネスモデルを必要とする。しかし、信頼できる情報が不足しているため (Su et al., 2013; Pomponi & Moncaster, 2017; Pan et al., 2015) とエコ産業チェーンの確立コストが高い (Liu & Bai, 2014) ため、企業は自らを調整するためのより迅速なフィードバックメカニズムを策定することはできない。企業は収益性を低下させる不適切な行動を取ってしまう。さらに、CE内に具体化されている高いコストと不確実性は、企業の財務状況に影響を与える可能性がある。これらの不確実性により、企業は将来の持続可能性と収益性に関する疑問を抱き、再製造プロセスを回避する。

CEはまた、政府機関と学術機関の両方で利用可能な十分な環境管理プログラムと施設がないため、いくつかの環境障壁に直面しているが、既存のものはかなり機能不全となっている (Govindan, & Hasanagic, 2018; Geng & Doberstein, 2008)。より環境に優しい活動を促進し、水、エネルギー、材料を節約するために利用可能なインセンティブは、望ましいレベルまで測定することはできない (Geng

et al., 2009; 2013)。

多くの企業は、古いテクノロジーの機械や設備を、自分たちでより高度なテクノロジーの機械や設備に置き換えるのに十分な財政力がないため、使用している。したがって、エネルギー消費と汚染発生のレベルは、環境廃棄物を処理する機械設備ではるかに高くなってしまふ (Geng & Doberstein, 2008; Naustdalslid, 2014)。埋め立てと焼却活動には十分な技術が欠けている (Gregson et al., 2015)。結果として、これらの活動は莫大な環境損失を引き起こし、元に戻すことはできない。さらに、再生回収業者および分解業者は、新しい分野を創出する能力を欠いている (Geng & Doberstein, 2008)。多くの政府は、廃棄物回収を促進するための適切な補助金や減税を提供していない。最終的に、回収された材料の量は、再製造事業における企業の需要を満たすことができず、バージン材料を使用するように導くことができない。

4.2 機会

CEは、さまざまな社会的および政治的機会を提供する。基本的には社会と産業の間のつながりを強化する。

ループを閉じることにより、一般市民や企業を含むサプライチェーン内のすべての参加者は、拡張されたコラボレーションを行う必要がある (Geng et al., 2012; EMF, 2013b)。製品の寿命が尽きると、バリューチェーンは消費者に終わらないので、それを取り戻す必要がある。このポジショニングは、企業と顧客の間のより良い調整をもたらす (EMF, 2013b)。これにより、企業は一般の人々のニーズと期待をより適切に理解し、それに応じて製品を製造することができる。順番に企業は顧客を満足させ、他の多くを引き付けることができる。

さらに、CEの実施は、地域社会に多くの雇用機会を創出する可能性がある (Park et al., 2010; EMF, 2013b; Yuan, Bi, & Moriguichi, 2006)。企業の発展は投資をもたらし、地元の人々に多くの雇用機会を創出する。CEは、公衆衛生と環境意識の向上への道を開く (Geng et al., 2012)。人々は危険物に対する意識を高め、より環境に優しく安全な製品を好むようになる。さらに、CEはすべてのセクターでレンタルモデルを推進しており (EMF, 2013b)、企業が顧客に関する情報を収集し、顧客の要件に応じてよりカスタマイズされてパーソナライズされて製品をより安い価格で提供するのに役立つ。したがって、社会的価値が高まり、生活の質が向上する。

政治 (法制度) からみると、CEは企業が規制に従って運営することを可能にする (Park et al., 2010)。CEは、組織の正当性を生み出し、企業の環境意識を向上させるのに役立つ。したがって、彼らは法律の要件に従い、社会的圧力を減らすことができる。CEは、企業がお金を節約し、収益性を高めるのにも役立つ。持続可能なサプライチェーンと寿命末期管理を通じてコストを削減し、投入価格を下げ、環境ペナルティと廃棄物の発生を最小限に抑えることができる (Park et al., 2010; EMF, 2013b)。サプライチェーンの閉ループモデルの助けを借りて、企業は廃棄物を処分する代わりに販売し、追加の利益を上げることができる。したがって、廃棄物は他の企業の原材料に向けることができ、材料費を削減し、価格変動を排除することができる。

さらに、CEはリサイクルと再製造のための新しい市場を開くことができる。これらの新しい市場と新しい収益チャネルは、既存の企業の利益を押し上げ、ライバルの間で競争上の優位性を提供する (EMF, 2013a; 2013b; 2014)。企業に加えて、地方自治体や公共はコストを削減することができる (EMF, 2013b)。自治体は集めた廃棄物を、リサイクル事業者に販売することができる。自治体が廃棄物処理に支払う費用が抑えられるため、CEの恩恵を受けることができる。その結果、社会と自治体は相互主

義的な関係を築くことができる。

環境に関わる科学と技術の発展により、自然を保護することを目的とした新しい概念、すなわち、エコデザイン、エコラベル、クリーンな生産、ライフサイクルアセスメントなどが出現した (Geng & Doberstein, 2008; Liu & Bai, 2014)。その結果、環境への悪影響が最小限に抑えられる環境にやさしいグリーン製品が一般的になり、好まれるようになった。これらの製品は、エネルギーと天然資源を節約し、汚染の発生を減らす (Zhu & Tian, 2016)。このような環境に配慮した管理の実行は、組織とサプライチェーンの回復力を提供し、新しい市場への浸透と事業運営の成長を容易にする (Park et al., 2010)。CE はまた、廃棄物の利用を改善し、廃棄物の流れは、天然資源、水、エネルギー、鉱物の保護を可能にする材料の入手可能性を向上させる。これに対応して、材料の生産性は修理とリサイクルによって増加し、それらのライフサイクルは延長され、埋立地の必要性は減少する (Geng et al., 2012; EMF, 2013b)。さらに、CE の実施によって、エネルギー、化学肥料、土壌改良剤の必要性が減少する。その結果、化石燃料の消費、温室効果ガス、有毒物質の排出が削減される (EMF, 2013b; 2014)。このことから、気候変動の影響は CE の実践によって軽減することができる。

5. 最近の動向

5. 1. 欧州での動向から世界の動きへ

(1) EMF と World Economic Forum

ヨットでの世界一周記録を達成したエレン・マッカーサー (Dame Ellen MacArthur) が 2010 年に設立した財団「Ellen MacArthur Foundation (EMF)」では CE の考え方を浸透させる活動を行っている。とくに、マッキンゼー (McKinsey and Company) の協力で作成した報告書 (EMF, 2013a) は、世界経済フォーラム (World Economic Forum: WEF) で取り上げられ、欧州での CE の活動が本格化される契機となった。

EMF の報告書 (2013a) では循環型社会への移行を加速させることをビジョンに掲げている。環境問題と経済の関係について「企業の経済活動によって生まれる温室効果ガスは全体の 45% にのぼり、CE に移行することで排出を抑えられる」としている。CE を進めることで資源効率のみならず、気候変動の緩和につながるとの認識が共通の認識となり、すみやかな循環型社会への移行が求められるようになった。気象変動に対応するカーボンオフセットの目的と CE は別の活動ではなく同時並行で解消できるという認識が広まった。

EMF 報告書の CE 概念図は「バタフライモデル」とも呼ばれている。蝶の 2 つの羽のように、左に植物・動物の「生物的サイクル」、右に石油や石炭、鉱物といった地球資源の「技術的サイクル」を表し、内側になればなるほど環境に負担なく循環を進められることを示している。

(2) EU の政策

EU の国々の多くの組織が CE 戦略を進めている。EU では、欧州委員会 (European Commission) が経済の持続可能性を確保するための措置を講じ始めている。委員会は、製品の環境性能を向上させ、持続可能な生産技術を促進することを目的として、2008 年に持続可能な消費と生産、および持続可能な産業政策 (SCP / SIP) 行動計画を明らかにした (European Commission, 2012)。その後、2010 年には、持続可能なソリューション、経済開発の機会、社会的幸福を提供する「Cradle to cradle (C2C) ネットワーク」が設立された (McDonough & Braungart, 2002)。2015 年、欧州委員会は CE への変更を促進するために「CE パッケージ」を作成した。これらは CE が EU の焦点となっていることを示している。

欧州では2003年の「ヨーロッパ熱波（2003 European heat wave）」で推定3万人の死亡者を出したことから気候変動への関心が高い。多くの死亡者を出した国々は、フランス（14,800人）、ドイツ（7,000人）、スペイン（4,200人）、イタリア（4,000人）、UK（2,045人）、オランダ（1,400人）、ポルトガル（1,300人）、ベルギー（150人）、である（IMSELM, 2003）。

気候変動に対するCO₂削減（Carbon Offset）の活動とCEが明確に関連付けられた効果は大きく、EUは加盟諸国で推進する政策（「サーキュラーエコノミーパッケージ」2015年12月）を公表した。

循環型社会を目指した上で、気候変動や環境問題の対処、雇用創出や経済成長、投資、社会的公正なども同時に促進するというもので、具体的な内容は、次の通り。

- ① 拡大生産者責任の見直し（製品の透明性確保）
- ② エコデザイン（修理、再製造を容易にした設計）
- ③ 食品ロスの削減（食品残渣の寄付、賞味期限への正しい理解）
- ④ プラスチックリサイクルの促進
- ⑤ 二次原材料の利用促進（市場ニーズに合わせた二次原材料の開発）

「廃棄物法令」を改正した（2030年までに達成）。EU加盟国各自治体の廃棄物の65%をリサイクルを目標としており、①包装廃棄物の75%をリサイクル、②全種類の埋め立て廃棄量を最大10%削減である。

さらに「新サーキュラーエコノミーアクションプラン（循環型経済行動計画）」（2020年3月）を発表した。その要点は①サステナブル製品をEUの基準に、②消費者の権利強化、③重点7分野の強化である。

①サステナブル製品をEUの基準にする（法的規制強化）

長期使用、リユース、リペア、リサイクル可能な設計にする。リサイクル材の使用比率を向上。

②消費者の権利「修理する権利」（所有者が製品を修理・交換できる権利）が施行。

設計段階からこれを可能な製品を作るよう義務付ける。長期間使用により、廃棄物を減らす。資源効率の高い製品分野にリードしてもらう。

③重点分野7項目を選定。

1. 電子機器とICT：メンテナンス、修理、回収、再利用、リサイクルにより製品寿命を伸ばす。
2. バッテリーと車：電気自動車用バッテリーを強化し、長期間使用が可能とし廃棄を減らす。
3. 包装：過剰包装と包装廃棄物の抑制、使用可能な素材を制限。安全ルールを徹底する。
4. プラスチック：欧州プラスチック戦略（2018年策定）に基づきリサイクルの条件を提案する。
有害な添加物の使用を制限して汚染物質排出をなくす。
5. テキスタイル（繊維）：エコデザイン、再利用・修理サービスへのアクセスを改善し、2025年までに繊維製品の分別回収のガイダンスを作成。
6. 建築：資材のリサイクル検討、耐久性と改修性の改善、建造物のデジタル記録。
7. 食

とくに、オランダ政府によって示されたCE推進計画は、EMFのバタフライモデルを基本原則として、リニアエコノミーから、リユース（リサイクリング）を超えて、サーキュラーエコノミーの明確な違いを目指している。3Rは、リデュース（資源の使用と廃棄物の排出を減らす）、リユース（再利用）、リサイクル（再利用）の3つのRから成り立つ考え方である。製品の最終地点が廃棄物であることからリニアエコノミーから発展させた考え方と言える。一方、CEは廃棄せずに使いまわすことを前提と

している（オランダ政府サイト参照）。

CEが目指すのは「アップサイクル」であり、従来であれば廃棄されるものに新しい価値を与える考え方である。なお従来のリサイクルは、ダウンサイクルと言われ、作り直すことで環境負荷がかかったり、低品質になったりすることに加え、その役割を終えると最終的には廃棄されてしまう。「シェアリングエコノミー」は、個人が所有する資産（モノ、場所、スキルなど）を貸し出すシステムです。共有経済とも呼ばれる。CEに包含されるものと位置付けられる。

(3) アクセンチュア

アクセンチュア社は、「Waste to Wealth（無駄を富に変える）」の中で、サーキュラーエコノミー型のビジネスモデルを下記の5つに分類している。

- ① 循環型サプライ：再生可能な原材料利用による調達コスト削減や安定調達の実現
- ② 回収とリサイクル：廃棄予定の設備や製品の再利用による生産・廃棄コストの削減
- ③ 製品寿命の延長：修理やアップグレード、再販売による使用可能な製品を活用
- ④ シェアリング・プラットフォーム：不稼働資産状態の所有物を共有による需要に対応
- ⑤ サービスとしての製品：製品を所有せず利用に応じて料金を支払うビジネスモデル

(4) 国連の政策

国連の動きとして「SDGs」がある。

SDGsは、2015年9月に国連で採択された、持続可能でよりよい世界を目指す国際目標である。経済・社会・環境が抱える課題に対して、17の目標と、それを達成するための169のターゲットを示している。

SDGsの17の目標の多くでは「CO₂排出」による地球温暖化や気候変動などの環境問題が触れられている。

サーキュラーエコノミーは、目標12, 13, 14, 15と深く関わっている。

① 目標12との関係：

「つくる責任つかう責任」は、持続可能な消費と生産を実現させる。製品をできるだけ長く使い続けるという点で相性の良い目標といえる。

② 目標13との関係：

「気候変動に具体的な対策を」は、気候変動及びその影響を軽減するための対策をしようという目標です。廃棄物を出さないことで温室効果ガスの削減ができる。

③ 目標14との関係：

「海の豊かさを守ろう」は、海洋汚染の防止や海の資源の管理に関する目標です。年間800万トンのゴミが海へ流れていることが分かっており、2050年には海の魚の量を超えると予想されているほど深刻化しています。設計段階から廃棄物を出さないこと、そして自然システムを再生することが目指されるため、海洋汚染と海の生態系を保護する。

④ 目標15との関係：

「陸の豊かさを守ろう」は、陸の資源を守り、砂漠化を防いで、あらゆる生物が生きられる環境を作ろうという目標です。これまでの大量生産では、新しい資源を採掘するため大規模な開拓が行われ、生物の住処が奪われて多くの生き物が絶滅の危機に瀕している。

既存の資源と資産を循環し使い続けることで、資源の採掘機会を削減して、生態系を守る。

(5) 日本における取組

日本では1999年、当時の公害問題や環境問題、資源の枯渇問題の解消を目指して、循環経済の道標となる「循環経済ビジョン」が策定された。

これをもとにして、日本では、リサイクル（3R）の推進、法整備、廃棄物の削減などが進められてきた。一定の成果を取めたが、社会・環境問題が多様化する中でEUや国連の動向により循環型経済への移行が求められることから、2020年に「循環経済ビジョン2020」をまとめた。

「循環経済ビジョン2020」は、これまで進めてきた3Rなどの活動に加えて経済発展と両立していくことが強調されており、国際的な市場の確保を目指している（経済産業省「循環経済ビジョン2020」）。

(6) 国内自治体における取組

経済産業省の予算で、2021年度は広島県、和歌山県、川内市（鹿児島）、蒲生市（愛知県）が開始している。

埼玉県では、国の政策に対して県の地域性を考慮したうえで2019年度から、カーボンオフセット、SDGsの政策を行ってきた。2023年度予算からCE政策を本格化するために、2022年度から政策立案の準備を進めてきた。2023年度の予算編成にCEを大きな重点項目として県独自の政策を掲げ予算化を得て2023年4月から以下の政策を実行中である。

なお、2024年度は2023年度の実績を見て継続予算申請をすることによることである。

これらの2023年度予算は、県内の中小企業でのCE政策であり、事前に中小企業に対して質問票調査を行っている。次章にその内容の一部を紹介する。

表4 埼玉県のCE政策：2023年度

<input type="checkbox"/> サーキュラーエコノミー推進事業〔主担当部署：環境部、産業労働部〕
【環境部】 県内産業の成長と資源の循環利用の推進のため、県内中小企業等によるビジネスモデルの取組支援や、サーキュラーエコノミーに関する県民の理解促進を図る。
【産業労働部】 サーキュラーエコノミー分野での事業化などに取り組む県内企業を支援するため、企業からの相談対応やビジネスマッチング支援等を行うワンストップ支援拠点を設置する。
また、食品残渣の再資源化に関するリーディングモデルを構築する。
<input type="checkbox"/> サーキュラーエコノミー型ビジネスの創出 複数の県内中小企業等が連携して取り組むビジネスモデルの事業化に対する補助
<input type="checkbox"/> 県有大規模集客施設における実証及び啓発 プロスポーツチーム等との連携による県有大規模集客施設（埼玉スタジアム2002）におけるペットボトル等の効率的な分別回収及び・再製品化の実証、サーキュラーエコノミーに関する啓発
<input type="checkbox"/> ワンストップ支援拠点による支援 「サーキュラーエコノミー推進センター（仮称）」の設置、事業化やビジネスマッチング等を支援するコーディネーター・アドバイザーの配置、廃棄物に関する調査に基づく基礎的データベースの構築、サーキュラーエコノミーに関するセミナー・研究会の開催
<input type="checkbox"/> リーディングモデルの構築
産業技術総合センター北部研究所を「食の再資源化トライアル拠点」に位置付け機器を整備、食品残さから抽出した資源を原材料にした商品の開発・ビジネス化支援

出所：埼玉県資料。詳細は埼玉県HPを参照されたい。

6. 質問票による調査と結果（埼玉県調査より）

埼玉県の調査と政策立案を紹介する。県の調査は政策立案におけるバックデータを得ることをも目的としており、研究を目的としていない。研究目的であれば、先行文献をレビューして、CEの実施にお

ける「障壁」と「機会」を特定し、それらを社会、政治、経済、環境、そして技術の観点から分類する。これらの文献レビューに基づいた質問票の調査となる。とはいえ、今後の研究目的、および政策立案の双方に参考となると考え、ここに紹介する。

埼玉県の調査は中小企業向けの CE 政策立案の為であり、県内の中小企業を対象にして質問票が配布（郵送および電子メール）された。送付先は 800 社（製造業 340 社、非製造業 460 社）で回答は 597 社（製造業 261 社、非製造業 336 社）であり回答率は 74.6%（製造業 72.5%、非製造業 76.4%）であった。

業種は製造業が 13 分類で、非製造業は 10 分類である。本調査の前に小規模な調査（送付数 89 社、回答数 59 社）を行っており業種別の回答数を確保するために業種別の配布数を調整している。ここでは業種別の分析を紹介するわけでは無いので詳細は省略する。

配布先の企業データ（業種、従業員数）は既知の企業に配布しているので質問票には含めていない。質問内容は、問 1 から問 5（表 4 参照）に問 6（自由記述）を加えている。

問 1 は CE の「認知度」で、問 2 は「取組状況」、問 3 は「取組の具体例」、問 4 は「障壁」、問 5 は「解決策」に該当するといえよう。

- 問 1 サークュラーエコノミーの認知度について
- 問 2 サークュラーエコノミーへの取組状況について
- 問 3 具体的な取組内容について（複数回答可）
- 問 4 サークュラーエコノミーを推進していく上での課題について（複数回答可）
- 問 5 サークュラーエコノミーに取り組む上で期待する支援について（複数回答可）

各設問は本論の第 3 章（実施内容）や第 4 章（障壁と機会）における先行研究を行っていないものの概ねの項目は本質問票に網羅されている。今後の研究目的、および政策立案の双方に参考となると考える所以である。

表 5 に質問項目と結果を示す。

表 5 質問票調査と結果

問 1 サークュラーエコノミーの認知度について	全業種	製造業	非製造業
1：聞いたことが有り、内容も理解している	104	48	56
2：聞いたことはあるが、内容は分からない	145	63	82
3：聞いたことがない	415	166	82
小計	664	277	387

問 2 サークュラーエコノミーへの取組状況について	全業種	製造業	非製造業
1：取り組んでいる	96	49	47
2：関心はあるが取組に至っていない	154	69	85
3：関心がない	40	18	22
4：分からない	365	137	229
小計	656	273	383

サーキュラーエコノミーに対する自治体の政策について：埼玉県を例にして

問3 具体的な取組内容について（複数回答可）	全業種	製造業	非製造業
1：軽量化などリデュース設計	32	23	9
2：リユース・リサイクルに適した設計	51	25	26
3：長期使用可能な製品・サービス設計	46	22	24
4：オーダーメイド型の製品設計による余剰機能の削減	24	13	11
5：再生材などの環境配慮型素材の積極利用	81	37	44
6：生産工程の最適化による生産ロスの削減や端材・副産物の再利用	98	73	25
7：IoT等を活用し、需要に応じた供給を徹底することによる販売ロスの削減	71	33	38
8：リース方式によるメンテナンスまで含めた製品の有効活用	52	16	36
9：IoTによるサービス化を通じた資産の運転効率や稼働率の向上、長期利用の実現	33	18	15
10：シェアリング等を活用した遊休資産の有効活用	24	90	15
11：中古品のリユースやカスケード利用（リサイクルを行う際に、品質劣化に応じて、より品質の悪い原材料でも許容できる製品に段階的にリサイクルを進めていくこと）	55	23	32
12：製品自主回収等を通じたリサイクルの推進	50	19	31
13：廃棄物の削減	160	77	83
14：廃棄物の性状に応じたリサイクル手法の選択	72	35	37
15：サーキュラーエコノミーに適合する活動指針の策定	41	21	20
16：サーキュラーエコノミーを推進する部署の設置	17	6	1
17：その他	6	1	5

問4 サーキュラーエコノミーを推進していく上での課題について（複数回答可）	全業種	製造業	非製造業
1：採算性の見直し・確保	195	104	91
2：仕入先・販路の確保	91	46	45
3：連携先（仕入先・販路を除く）の確保	53	23	30
4：専門的知識を持つ人材の育成	84	45	39
5：社内に対応する部署・体制の未整備	95	46	49
6：社内の理解・認識向上	160	67	93
7：経営責任者・役員層の理解・認識向上	112	51	61
8：関連情報の収集	112	48	64
9：相談できる窓口の不在	51	21	30
10：関連する規制や法令等の整備	42	21	21
11：何が課題か分からない	222	78	144
12：特に課題は認識していない	106	40	66
13：その他	17	8	3

問5 サーキュラーエコノミーに取り組む上で期待する支援について（複数回答可）	全業種	製造業	非製造業
1：最新情報の提供やセミナーの開催	226	96	130
2：先進事例の紹介	255	111	144

3：専門的な技術に関する相談支援や専門家派遣	68	34	34
4：環境や省エネ等に関連する法的手続や許認可取得手続等のアドバイス	103	43	60
5：人材の育成に対する支援	73	33	40
6：再資源化製品・再生エネルギー等の利用による優遇制度や認証制度等	148	56	82
7：施設整備や販路拡大等に係る資金繰りや助成等	97	43	54
8：関係企業、国、大学等とのマッチング、橋渡し等の調整的な支援	26	6	20
9：その他	58	21	37

出所：埼玉県調査（2022）より

7. 調査結果の考察

7.1 埼玉県調査の考察

(1) 問1：CEの「認知度」

この質問は、CE コンセプトに対する認識のレベルを特定することを目的としている。この用語を聞いたことがあるかどうかを尋ねたところ、全産業の62.5%が「聞いたことがない」、21.8%が「聞いたことがあるが、内容はわからない」と回答している。「聞いたことがあり、内容も理解している」という回答は全産業で15.7%にすぎない。

認知度の低さは、県民対象の調査（埼玉県，2023）でも報告されている。CEに関する認識が一般的にまだ十分でないことを示している。このことから啓蒙活動の必要性がわかる。

(2) 問2：CEの「取り組みの有無」

問2は「取組状況」であるが「取り組みの有無」である。全産業の55.6%が「分からない」、6.0%が「関心が無い」、23.4%「聞いたことがあるが取り組みに至っていない」と回答している。「取り組んでいる」という回答は全産業で14.6%に過ぎない。問1と合わせてみると少ないながら「聞いたことがあり、内容も理解している」ところは「取り組んでいる」と理解できる。

(3) 問3：CEの「技術的課題・組織上の課題」

技術的な課題として、「リデュース設計」、「長期間使用可能な設計」、「再生材の循環利用」、「生産工程の最適化技術」、「IoTによる販売ロス削減」、「製品の有効活用」、「IoTによる稼働率向上・長期利用」、「製品自主回収」、「廃棄物の削減」、「リサイクル手法の選択」などに回答していることから、それなりに検討しているが解決策を模索していることがうかがわれる。組織面についても、「活動指針の策定」、「部署の設定」についても同様である。

(4) 問4：CEの「課題」

13項目ある各項目に対する課題の多さが回答数の多さからうかがい知れる。

(5) 問5：期待する「支援」

8項目ある各項目に対する課題の多さが回答数の多さからうかがい知れる。

県の政策として、支援の専門窓口を埼玉県産業振興公社に設置した（2023. 6. 15）が、ここでの主要な業務となる。

7.2 他の調査結果との比較

先行研究の中で紹介した Kumar et al. (2019) が英国の製造業を対象に行った調査が極めて類似したものであるため、比較のために紹介する。

彼らの調査では、CEの社会的、経済的、環境的、技術的、立法上の機会/利益に関する質問を行っている。埼玉県の調査では、類似する質問は、問3、問4、問5に含まれている。

表2、表3に示した障壁と機会の項目に相当する。各設問を、社会、立法、経済、環境、そして技術に分類して、回答数の多い順にランキングを表6にまとめた。なお、Kumar et al. (2019)には「技術」を大項目として含めていないので、こちらで修正を加えた。また埼玉県調査で質問していない項目は「—」としている。

調査結果は、公衆の環境意識の向上がCEに関連する主な社会的期待であることを示している。CEは、寿命が尽きた製品も含め、すべての製品の再利用を奨励するため、サプライチェーンへの一般の人々の関与も必要とされる。

雇用機会の増加は企業と公共の間のより良い関係は、CEが提供する主要な社会的な利益といえる。経済的には、持続可能なサプライチェーンと製品の寿命管理によるコスト削減が主な期待効果といえる。CEとその持続可能な管理と実行により、Park et al. (2010)、Geng et al. (2012)、EMF (2013b) が示唆しているように、コストを引き下げ、環境ペナルティを回避し、廃棄物の発生を最小限に抑えることができる。

表6 CEに対する評価のランク付け

CEに対する評価のランキング	英国調査	埼玉調査
社会的	ランキング	質問番号
公共の環境意識の向上	1	—
新しいリサイクル事業による雇用機会の増加	2	問5の5
産業部門と地域社会の社会的関係の改善	3	—
公衆衛生レベルの向上	4	—
立法権	ランキング	質問番号
環境と健康を保護するための適切な法律の作成	1	問4の10
データ収集、計算、提出に関する標準化	2	—
廃棄物収集の標準化	3	—
税額控除	4	問5の6
懲罰制度の形成	5	—
経済的	ランキング	質問番号
持続可能なサプライチェーン管理によるコスト削減	1	—
より効果的なライフサイクル管理による新たな収益源の創出	2	—
廃棄物の販売による収入	3	—
新市場の創出	4	問4の2
環境	ランキング	質問番号
グリーン製品または環境製品の入手可能性の向上	1	—
環境汚染の低減	2	—
有害物質の回避	3	—
組織とサプライチェーンの回復力	4	—
技術	ランキング	質問番号
効率と生産性の向上	1	問3の6
高度な設備とハイテク設備	2	問3の6
より良いデザイン	3	問3の3
技術的な専門知識	4	問5の3

英国での調査結果は、CEに対する主な社会的障壁として、CEに対する一般の認識と理解の欠如を述べていることを示唆している。Benton et al. (2015)、Su et al. (2013)、Naustdalslid (2014)、Winans et al. (2017)、Geng et al. (2009) などのさまざまな研究者だけでなく埼玉県調査でも同じことが言える。Benton et al. (2015) で指摘されているように、財政支援メカニズムの欠如がそれに続いている。既存のシステムは線形経済に適しており、CEの期待を満たすことができない。高度な技術と設備の欠如と不十分な技術力が大きな障壁として取り上げられている。これらは埼玉県調査で調査項目に入っていないものもあるが同様である。

8. 結論

本研究は、第1章(はじめに)に続いて第2章では、CEの定義について要約を提示した。続いて、第3章ではCE実施レベル、第4章ではCEの「障壁」と「機会」を提示した。第5章では最近の動向について紹介した。第6章では埼玉県が行った調査について紹介した。調査結果と考察は第7章に提示したとおりである。ここでは、第8章として本研究の結論をまとめ、限界、意味、および将来の研究の方向を示すことによって本研究を締めくくる。

要約すると、主な社会・政治的な「障壁」は、先行研究にある様にCEに関する意識の低さと、その原則の理解の欠如である。主な経済的障壁は、企業間のコラボレーションが自由に行われないこと、すなわちサプライチェーンにおける適切なパートナーの欠如と見なされる。環境の観点から、回収された材料の利用を制限する企業の最大の課題は、現状では不十分な廃棄物資源システムといえる。同じ特性の観点からCEの「機会」も示唆している。社会・政治の面では、主な期待される機会は、新しい雇用機会を開拓し、社会と産業の関係を強化することといえる。経済的機会に関しては、企業は基本的に持続可能なサプライチェーンと寿命末期の管理によるコスト削減が必要になる。

本研究の成果は、行政による政策的な議論だけでなく、経営上の意味合いも合わせ持っている。政策立案者やトップマネージャーに、より良い意思決定が行われるうえでの参考となると思われる。企業におけるCEの広範な展開を妨げているいくつかの障壁を明確にし、それらに対処する方法を見つけようとするのは、自治体だけでなく企業にもおいても避けて通ることはできない。

CEに関する分析視点の議論は先行研究の中でも、Kumar et al. (2019) に依拠するところが大きいが可能な限りの修正を加えている。技術面からの障壁と機会は本論での修正点である。廃棄物や材料の再利用により、新しい雇用機会を生み出し、経済パフォーマンスを向上させる地元のビジネスネットワークの開発が可能になる。

埼玉県の調査は政策立案のために行ったものであるが、業種別の考察など詳細分析の余地を残している。なお、CEは現在進行中のものであり、研究課題は今後も増えていくものと考えられる。

【謝辞】

本論文の執筆において埼玉県の質問票調査のデータと政策資料を使わせて頂いた。さらに情報提供もして頂いた。県の関係部署の皆様へ深く感謝いたします。

英文参考文献

- Andersen, M. S. (2007), An introductory note on the environmental economics of the circular economy, *Sustainability Science*, Vol. 2, No. 1, pp. 133-140.
- Bastein, T., Roelofs, E., Rietveld, E., & Hoogendoorn, A. (2013), *Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands*, TNO, Report commissioned by the Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment, pp.1-13, Accessed on 10.09.2022. Available at: https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Arrangementer/2014/140616_17/DAG1_1120__Ton_Bastein_REV.pdf
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014), The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations, *International Journal of Production Research*, Vol. 52, No. 18, pp.5346-5366.
- Benton, D., Hazell, J., & Hill, J. (2015), The guide to the circular economy: capturing value and managing material risk, *Do Sustainability*, Routledge, London, pp. 15-86.
- Bhasin, S. (2012), Performance of Lean in large organisations, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 31, No. 3, pp. 349-357
- Boulding, K. E. (1965), The Meaning of the Twentieth Century. *The Great Transition*, New York: Harper & Row.
- Boulding, K. E. (1966), The economics of the coming spaceship earth. Environmental Quality Issues in a Growing Economy, Lippit, V (Eds), *Radical Political Economy: Explorations in Alternative Economic Analysis*, Routledge, London, 357-365.
- Butterworth, J., Morlet, A., Nguyen, H. P., Oppenheim, J., & Stuchtey, M. (2013), “Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition” , Ellen MacArthur Foundation, Vol. 1, No. 1, pp. 98.
- Ciani, A., Gambardella, A., & Pociovalisteanu, D. M. (2016), Circular Economy and Sustainable Rural Development. Theory and Best Practice: A Challenge for Romania, *Annals-Economy Series*, Vol. 1, pp. 52-56.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2002), *Research methods in education*, 6th edition, Routledge, New York.
- EEA Report (2016), *Circular economy in Europe: Developing the knowledge base*, Luxembourg, <https://www.socialistsanddemocrats.eu/sites/default/files/Circular%20economy%20in%20Europe.pdf> [Accessed on 30.9.2023]
- European Commission, (2012), Sustainable Development: European Sustainable Consumption and Production Policies. Accessed on 10.09.2022. Available at: http://ec.europa.eu/environment/eussd/escp_en.htm
- European Commission. (2017), Report from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of the Circular Economy Action Plan. European Commission. Brussels. Accessed on 10.09.2022. Available at: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/implementation_report.pdf
- EMF (2013a), Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an

- accelerated transition. *Ellen MacArthur Foundation*. Isle of Wight. Retrieved on 10.09.2022. Available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- EMF (2013b), Towards the circular economy Vol. 2: opportunities for the consumer goods sector. *Ellen MacArthur Foundation*. Isle of Wight. Retrieved on 10.09.2022. Available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-2-opportunities-for-the-consumer-goods>
- EMF (2014), Towards the circular economy Vol. 3: accelerating the scale-up across global supply chains. *Ellen MacArthur Foundation*. Isle of Wight. Retrieved on 10.09.2022. Available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-3-accelerating-the-scale-up-across-global>
- Eurostat (2015b), Material flow accounts, (env_ac_mfa)' (<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database#>) accessed 28 September 2023.
- Geng, Y., & Doberstein, B. (2008), Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog' development, *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 15, No. 3, pp. 231-239.
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., & Fujita, T. (2009), Implementing China's circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China, *Waste Management*, Vol. 29, No. 2, pp. 996-1002.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012), Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 23, No. 1, pp. 216-224.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016), A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 114, pp. 11-32.
- Govindan, K., & Hasanagic, M. (2018), A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective, *International Journal of Production Research*, Vol. 56, No. 1-2, pp. 278-311
- Gregson, N., Cragg, M., Fuller, S., & Holmes, H. (2015), Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU, *Economy and Society*, Vol. 44, No. 2, pp. 218-243.
- Giurco, D., Littleboy, A., Boyle, T., Fyfe, J., & White, S. (2014), Circular economy: Questions for responsible minerals, additive manufacturing and recycling of metals, *Resources*, Vol. 3, No. 2, pp. 432-453.
- Hill, J.E. (2015), The circular economy: from waste to resource stewardship, Part I. *Waste and Resource Management*, Vol. 168, No. 1, pp. 4-14.
- Hobson, K. (2016), Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy, *Progress in Human Geography*, Vol. 40, No. 1, pp. 88-104.
- Hu, J., Xiao, Z., Zhou, R., Deng, W., Wang, M., & Ma, S. (2011), Ecological utilization of leather tannery waste with circular economy model, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, No. 2, pp. 221-228.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of

- 114 definitions. Resources, *Conservation and Recycling*, Vol. 127, pp. 221-232.
- Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J.A., Gonzalez, E.D.R.S. and AL-Shboul, M.A. (2019), Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers, *Management Decision*, Vol. 57 No. 4, pp. 1067-1086. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1070>
- Li, H., Bao, W., Xiu, C., Zhang, Y., & Xu, H. (2010), Energy conservation and circular economy in China's process industries, *Energy*, Vol. 35, No. 11, pp. 4273-4281.
- Li, J., & Yu, K. (2011), "A study on legislative and policy tools for promoting the circular economic model for waste management in China" , *Journal of Material Cycles and Waste Management*, Vol. 13, No. 2, pp. 103.
- Liu, Q., Li, H.M., Zuo, X.L., Wang, L. (2009), A survey and analysis on public awareness and performance for promoting circular economy in China: A case study from Tianjin, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, No. 2, pp. 265-270.
- Liu, Y., & Bai, Y. (2014), An exploration of firms' awareness and behavior of developing circular economy: An empirical research in China, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 87, pp. 145-152.
- Masi, D., Kumar, V., Garza-Reyes, J., & Godsell, J. (2018), Towards a more circular economy: Exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective, *Production Planning & Control*, Vol. 29, No. 6, pp. 539-550
- McDonough, W. & Braungart, M. (2002). *Remaking the way we make things: cradle to cradle*. North Point Press, London, pp. 1-208.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017), The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context, *Journal of Business Ethics*, Vol. 140, No. 3, pp. 369-380.
- Nasir, M. H. A., Genovese, A., Acquaye, A. A., Koh, S. C. L., & Yamoah, F. (2017), Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry, *International Journal of Production Economics*, Vol. 183, pp. 443-457.
- Naustdalslid, J. (2014), Circular economy in China—the environmental dimension of the harmonious society, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 21, No. 4, pp. 303-313.
- Negny, S., Belaud, J. P., Robles, G. C., Reyes, E. R., & Ferrer, J. B. (2012), Toward an eco-innovative method based on a better use of resources: application to chemical process preliminary design, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 32, pp. 101-113.
- Pan, S. Y., Du, M. A., Huang, I. T., Liu, I. H., Chang, E. E., & Chiang, P. C. (2015), Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: a review, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 108, pp. 409-421.
- Park, J., Sarkis, J., & Wu, Z. (2010), Creating integrated business and environmental value within the context of China's circular economy and ecological modernization, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, No. 15, pp.1494-1501.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990), *Economics of natural resources and the environment*, JHU Press.

- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017), Circular economy for the built environment: A research framework, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 710-718.
- Pringle, T., Barwood, M., & Rahimifard, S. (2016), The Challenges in Achieving a Circular Economy within Leather Recycling, *Procedia CIRP*, Vol. 48, pp. 544-549.
- Rizos, V., Behrens, A., Kafyeke, T., Hirschnitz-Garbers, M., & Ioannou, A. (2015), The circular economy: Barriers and opportunities for SMEs, *CEPS Working Documents* (ISBN 978-94-6138-479-9), No. 412. pp. 1-19
- Rizos, V., Behrens, A., Wytze V.D.G., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyeke, T., Flamos A., Rinaldi, R., Papadelis, S., Hirschnitz-Garbers, M., and Topi, C., (2016), Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability* Vol. 8, No. 11, pp. 1212.
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016), Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research, *Environmental Development*, Vol. 17, pp. 48-56.
- Singh, J., & Ordoñez, I. (2016), Resource recovery from post-consumer waste: important lessons for the upcoming circular economy, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 134, pp. 342-353.
- Skene, K., & Murray, A. (2015), *Sustainable Economics: Context, Challenges and Opportunities for the 21st-century Practitioner*, Greenleaf Publishing, pp. 172-278.
- Spring, M., & Araujo, L. (2017), Product biographies in servitization and the circular economy, *Industrial Marketing Management*, Vol. 60, pp. 126-137.
- Stahel, W. R. (2016), The circular economy, *Nature News*, Vol. 531, No. 7595, pp. 435.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013), A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 42, pp. 215-227.
- Velis, C. A. (2015), Circular economy and global secondary material supply chains, *Waste Management and Research*, Vol. 33, No. 5, pp.389-391.
- Watt, S., Simpson, C., McKillop, C., & Nunn, V. (2002), Electronic course surveys: does automating feedback and reporting give better results? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, Vol. 27, No. 4, pp. 325-337.
- Wijkman, A., and Skånberg, K. (2017), *The circular economy and benefits for society: jobs and climate clear winners in an economy based on renewable energy and resource efficiency*, UN Environment Document Repository
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017), The history and current applications of the circular economy concept, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 68, pp. 825-833.
- Wübbecke, J., & Heroth, T. (2014), Challenges and political solutions for steel recycling in China, *Resources, Conservation and Recycling*, 87, 1-7
- Xue, B., Chen, X.P., Geng, Y., Guo, X.J., Lu, C.P., Zhang, I., Lu, C.Y. (2010), Survey of officials' awareness on circular economy development in China: Based on municipal and county level, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 54, No. 12, pp. 1296-1302.
- Young, E. (2015), "Are you ready for the circular economy? – The necessity of an integrated approach" , Ernst and Young Global Limited. Accessed on 01.10.2023. Available at: <http://>

[www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-brochure-cas-are-you-ready-for-the-circular-economy/\\$FILE/EY-brochure-cas-are-you-ready-for-the-circular-economy.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-brochure-cas-are-you-ready-for-the-circular-economy/$FILE/EY-brochure-cas-are-you-ready-for-the-circular-economy.pdf)

Yuan, Z., Bi, J. & Moriguchi, Y., (2006), The Circular Economy: A New Development Strategy in China, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 10, No. 1-2, pp. 4-8.

Yuan, Z., Bi, J., & Moriguchi, Y. (2006), The circular economy: A new development strategy in China, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 10, No. 1 - 2, pp. 4-8

Zhijun, F., & Nailing, Y. (2007), Putting a circular economy into practice in China, *Sustainability Science*, Vol. 2, No. 1, pp. 95-101.

Zhu, Q., & Tian, Y. (2016), Developing a remanufacturing supply chain management system: a case of a successful truck engine remanufacturer in China, *Production Planning & Control*, Vol. 27, No. 9, pp. 708-716.

参考文献 (Web)

OECD(2018). *Global Material Resources Outlook to 2060 : Economic Drivers and Environmental Consequences*. <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>

Japanese version is available at: <https://www.oecd.org/tokyo/newsroom/raw-materials-use-to-double-by-2060-with-severe-environmental-consequences-says-oecd-japanese-version.htm>

(Accessed on 28.09.2023.)

IMSELM(2003)

https://www.unisdr.org/files/1145_ewheatwave.en.pdf

(Accessed on 28.09. 2023.)

WWF(2015) 『地球一個分の暮らしの指標』 世界自然保護基金

https://www.wwf.or.jp/activities/lib/lpr/20180825_lpr_2015jpn.pdf

(Accessed on 28.09. 2023.)

アクセントチュア

https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-120/Accenture-200244-JPN-Circular-Economy.pdf

(Accessed on 28.09.2023.)

エレン・マッカーサー財団 Completing the picture: How the circular economy tackles climate change

(Accessed on 10.09.2022.) Available at: ellenmacarthurfoundation.org

オランダ政府サイト

<https://www.government.nl/topics/circular-economy/from-a-linear-to-a-circular-economy>

(Accessed on 28.09. 2023.)

環境省『平成 14 年度 環境白書』

https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h14/mokuji_h14.html (Accessed 28 September 2023.)

経済産業省 (2004) 「3R 政策」

https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/index.html

(Accessed on 28.09.2023.)

経済産業省 (2020) 「循環経済ビジョン 2020」

<https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200522004/20200522004-2.pdf>

経済産業省 (2022) 「循環型事業活動の事例」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ce_finance/pdf/002_04_02.pdf

(Accessed on 28.09.2023.)

国際連合 「人口と開発」

https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/social_development/population/

(Accessed on 28.09.2023.)

埼玉県 (2022) 「サーキュラーエコノミーの推進」

https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/246825/p007_009_tokushu02.pdf

(Accessed on 28.09.2023)

埼玉県 (2023) 第226回簡易アンケート「サーキュラーエコノミーについて」

<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0507/circular/surver.html>

(Accessed on 28.09.2023)

資源循環・廃棄物研究センター (2018) 「サーキュラーエコノミー：モノが円を描く経済」

<https://www-cycle.nies.go.jp/magazine/mame/201805.html>

(Accessed on 28.09.2023.)