

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | フロンガスの循環型社会の実現へ：DXプラットフォーム<br>RefNEXTとビジネスエコシステム形成  |
| Author(s)    | 浜崎, 義樹; ブシイ, アシシユ; 白坂, 成功   |
| Citation     | 年次学術大会講演要旨集, 38: 1100-1104  |
| Issue Date   | 2023-10-28  |
| Type         | Conference Paper  |
| Text version | publisher   |
| URL          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/19144">http://hdl.handle.net/10119/19144</a>   |
| Rights       | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description  | 一般講演要旨  |

## フロンガスの循環型社会の実現へ： DX プラットフォーム RefNEXT とビジネスエコシステム形成

○浜崎義樹（現場ネクスト株式会社，慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科），  
ブシアシシユ（現場ネクスト株式会社），白坂成功（慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジ  
メント研究科教授）

yoshiki.hamasaki@genbanext.com

### 1. はじめに

我々は、フロンガス（冷凍冷蔵空調の冷媒）の循環型社会を実現するために、RefNEXT（=Refrigerant +NEXT）と名付けた DX プラットフォームを開発・提供している。RefNEXT は、フロンガスのデジタル管理を目的とし、回収、収集、処理、再生・破壊、商品化（再利用）、充填の6つのステップで構築されたプラットフォームである。フロンガスは冷媒として価値を持っていたが、オゾン層破壊の問題が明らかになり、製造が制限され、代替フロンへのシフトが進んでいる。だが、代替フロンもまた、オゾン層を破壊しないとはいえ、二酸化炭素の数百～数千倍もの温暖化効果を持つという問題がある（IPCC, 2007）。このため、国際的に代替フロンの利用抑制と安全な回収と破壊が求められている（Kigali Amendment, 2016）。そこで代替フロンを循環させることに注目が集まっている。循環型社会とは、大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済社会から脱却し、生産から流通、消費、廃棄に至るまで物質の効率的な利用やリサイクルを進めることにより、天然資源の消費が抑制され、環境への負荷が低減される社会を指す（環境省, 2008）。現状、日本国内におけるフロンガスの循環率は約 12%（経産省, 2021）と低い。理論的にはもっと高い循環率が可能である。この課題を解決するために、我々は循環の阻害要因を特定し、それらに対処することを目指す。具体的には、オープンイノベーションを活用したビジネスエコシステムの形成を提案する。本報告では、我々の提案が循環型経済（サーキュラーエコノミー）にどれほど寄与できるかを検討する。その結果、新たな取組みが循環率向上の鍵となる可能性を示すとともに、その取組みが持続可能な社会の形成に向けた重要なステップであることを考察する。

### 2. 先行研究

循環型経済の概念は、資源の枯渇、経済的利益の持続性、廃棄物の増加といった一連の問題に対する解決策として注目を集めている。しかし、この概念自体は新しいものではない。古くからリサイクル、リユース、リデュースの取り組みが行われてきた中で、多くの業界で循環型経済は既に実践されている。成功する循環型経済を実現するためには、環境への影響、資源不足、経済的利益という3つの側面を統合的に考慮する必要がある（Lieder & Rashid, 2016）。



図1. 循環型経済を成功させるための要素 (Lieder & Rashid, 2016 に基づき筆者作成)

循環型のプロセスやシステムには制約（ボトルネック）が存在する。Goldratt(1984)によれば、これらの制約を適切に管理し最適化することで、全体のパフォーマンスを向上させることができる。循環型経済の制約とは、この経済モデルの実施や進行を妨げる要因を指す。循環型経済は線形の「取る、作る、廃棄する」という経済モデルとは異なり、資源の有効利用を目指すものである。このため、プロセスやシステムにおける制約があれば、その経済全体の発展に支障が出る可能性がある。したがって、利用可能な資源の知識を効率的に収集し、関連業界が資源の再利用の可能性を理解することが必要である。特に適切なビジネスケースの作成が重要であり、これは材料のコスト、市場の需要、処理費用など要因によって影響を受ける。循環型経済を推進する要因や障壁は多様であるが、例えば鉱業廃棄物の事例では、金属の回収に明確なビジネスの機会がある一方で、転換を加速させるための障壁も存在する(Kinnunen & Kaksonen, 2019)。

障壁への対処として、オープンイノベーションのアプローチとビジネスエコシステムの形成が有効であると考えられる。立本(2011)は、グローバル経済の変動の中では、単一企業だけでビジネス全体に取り組む従来の手法よりも、複数の企業間の協力によるオープンイノベーションが重要となると述べている。Chesbrough(2003)は、このオープンイノベーションを「外部のアイデアや内部のアイデア、そして外部の経路や内部の経路というものを、それぞれ組み合わせ、技術を進化させ、新しいビジネスモデルを作成するパラダイム」と定義している。Breibach と Brodie (2017) によれば、成功しているビジネスはしばしばプラットフォームとして機能し、そのエコシステム内でのコラボレーションを通じて価値を生み出す。Moore (1993) はこのようなエコシステムを相互依存する組織群が共同で価値を生み出す集合体として捉えている。

日本の製造業においても、モノづくりからコトづくりへの移行が進められている。延岡 (2016) は、サービスの経済化と価値化の重要性を指摘している。製品の単純な購入ではなく、サービスとしての価値提供にシフトしている現代のビジネス環境下で、日本の製造業はこれらの変化に適応しなければならない。サービスの経済化は新しいビジネスモデルを必要とし、サービスの価値化は日本の製造業の強みを活かした新しい価値提供が求められる。日本の製造業企業のビジネスエコシステムへの参画は、サービス経済化やサービス価値化の機会となる可能性がある。

ビジネスエコシステムの形成においては、二面市場の理論が参考となる。ネットワーク外部性を持つ市場の多くは、二面市場である。ソフトウェア、ポータル、メディア、決済システム、インターネットといった業界のプラットフォーム企業が成功するためには、市場の両サイドを味方につける戦略が重要である (Rochet & Tirole, 2003)。これには、ネットワーク効果や価値の創出、クロスサブシディといった概念が関連してくる(Fehrer et al., 2018)。

表1. プラットフォームビジネスモデルの概要 (Fehrer et al., 2018 を基に筆者作成)

| 概念       | 説明  |
|----------|---|
| ネットワーク効果 | 一方のユーザーグループの参加者数が増加することで、もう一方のグループの価値が増大する。参加者が多く利用しているシステムほど、新しいユーザーにとっても魅力的になる。 |
| 価値の創出    | 両方のユーザーグループがプラットフォームを利用することで、新しい価値が生まれる。需要側と供給側を結びつけるオンラインマーケットプレイスの提供が可能である。     |
| クロスサブシディ | 一方のユーザーグループからの収益をもとに、もう一方のユーザーグループにサービスを安価、あるいは無料で提供する。                           |

### 3. 日本国内におけるフロンガスの循環に関する現状

日本では、フロンガスの回収、再利用、破壊などの取り扱い、「フロンガス排出抑制法」によって規定されている。この法律は、オゾン層を破壊する物質や地球温暖化を引き起こす物質の排出を抑制する目的で制定された。具体的には、特定のフロンガスを使用する機器の製造、販売、使用、廃棄などの際に、ガスの放出を抑える取り組みが義務づけられている。また、回収されたフロンガスの再利用や破壊の方法についても規定されている。この法の下、企業や事業者は、フロンガスの適切な取り扱いを行い、その取り組みの状況を報告する義務がある。そのため、環境省は日本国内の回収率を把握している。回収されるフロンガスの主な種類として、CFCs (クロロフルオロカーボン)、HCFCs (ハロゲン化水素フルオロカーボン)、HFCs (ハイドロフルオロカーボン)、PFCs (ペルフルオロカーボン)、SF6 (六フッ化硫黄) がある。

フロンガスの循環には、充填、回収、収集（運搬）、処理、再生・破壊、商品化のプロセスが含まれる。2019年度の廃棄時のフロンガス回収率は、推計で約38%と低水準である（環境省、2020）。これに対応して、環境省は2020年4月1日に施行された法改正で、ユーザー（機器の管理者）がフロンガスを回収し、専門の回収業者へ引き渡すことを強化する罰則を設け、都道府県による指導監督の実効性を向上させる新しい取り組みを開始した。また、フロンガスの回収が確認できない機器については、廃棄物・リサイクル業者の引取りを禁じる措置も導入し、回収率の向上を目指している。さらに、フロンガスを使用する製品の代替物質の開発や、業務用冷凍空調機器の漏れ防止策の強化など、フロンガスの排出抑制の取り組みも進めている。

表2. フロンガスの循環に関わるステークホルダー（筆者作成）

| プロセス     | 主な役割                                      | 主なステークホルダー            |
|----------|---|-----------------------|
| 充填       | 空調機器等に対するフロンガスの充填                         | 第一種フロン類充填回収業者         |
| 回収       | 空調機器等からフロンガスをフロンガス専用容器等に回収                | 第一種フロン類充填回収業者         |
| 収集（運搬）   | 回収したフロンガス専用容器等を運搬                         | 運搬業者                  |
| 処理       | 回収したフロンガスの分析を行い、大きなボンベにとりまとめ、再生・破壊業者に引き渡す | 処理業者（省令49条）           |
| 再生・破壊    | 回収したフロンガスの再生もしくは破壊を行う                     | 第一種フロン類再生業者又はフロン類破壊業者 |
| 商品化(再利用) | 再生したフロンガスを再利用し販売する                        | 冷媒メーカー                |

フロンの回収率が低い背景として、物理的な要因と運用上の要因が考えられる。環境への影響を踏まえて回収義務や罰則を設けたものの、Lieder & Rashid (2016)が指摘するように、資源が不足し、経済的利益が確保されなければ、循環経済の成功は難しい。資源不足は、全世界での空調の需要増加や、新たなフロンの製造規制に伴う国際的な合意の影響で深刻化している。しかし、経済的利益の側面から見れば、フロンガスの回収によるインセンティブは、十分でないと感じられる。フロンガスの高い回収率を実現するためには、ステークホルダーに経済的利益を提供する仕組みの検討が必要だと考えられる。

#### 4. 提案

この課題の解決のため、循環の障壁となる要因を特定し、それに取り組むことが必要である。6つの循環プロセスの中で、複数の問題点が浮き彫りになっている。これらの問題点は、物理的な要因と運用上の要因の2つに分けられる。

表3. フロンガスの回収を阻害する要因（筆者作成）

| プロセス     | 物理的な要因                             | 運用上の要因                      |
|----------|------------------------------------|-----------------------------|
| 回収       | フロンガスの回収業務に関する書類作成等が煩雑で、対応がなされない   | フロンガスの安全な回収を実施する業者の選別が難しい   |
| 収集（運搬）   | フロンガスの容器管理が難しい（容器の不足や再利用可能な容器が少ない） | 収集したフロンガスのトレーサビリティの仕組みがない   |
| 処理       | フロンガスの純度管理の仕組みがない                  | フロンガスの純度管理の証明が難しい           |
| 再生・破壊    | フロンガスの回収業者が簡単に再生・破壊業者にアクセスする仕組みがない | 適切に再生・破壊するメリットが少ない          |
| 商品化(再利用) | 再利用フロンガスを販売する仕組みがない                | 再利用フロンガスを適正価格で販売できない（市場がない） |
| 充填       | フロンガスの充填業務に関する書類作成等が煩雑で、対応がなされない   | 再利用したフロンガスの利用メリットが感じられない    |

このため、我々はRefNEXTというDXプラットフォームを開発した。RefNEXTは、回収、収集、処理、再生・破壊、商品化（再利用）、充填の6つのステップでフロンガスをデジタル管理するプラットフォームである。空調メーカーとのオープンイノベーションを通じて、2022年初めに実証試験を行い、その後実運用を開始した。2023年9月1日現在、日本国内で流通するフロンガスのうち、5%以上にあたる461tのフロンガスをシステムで管理している。ステークホルダーに経済的利益（収益獲得と費用削減）の機会を提供できることから、RefNEXTが循環経済の実現に寄与すると信じている。



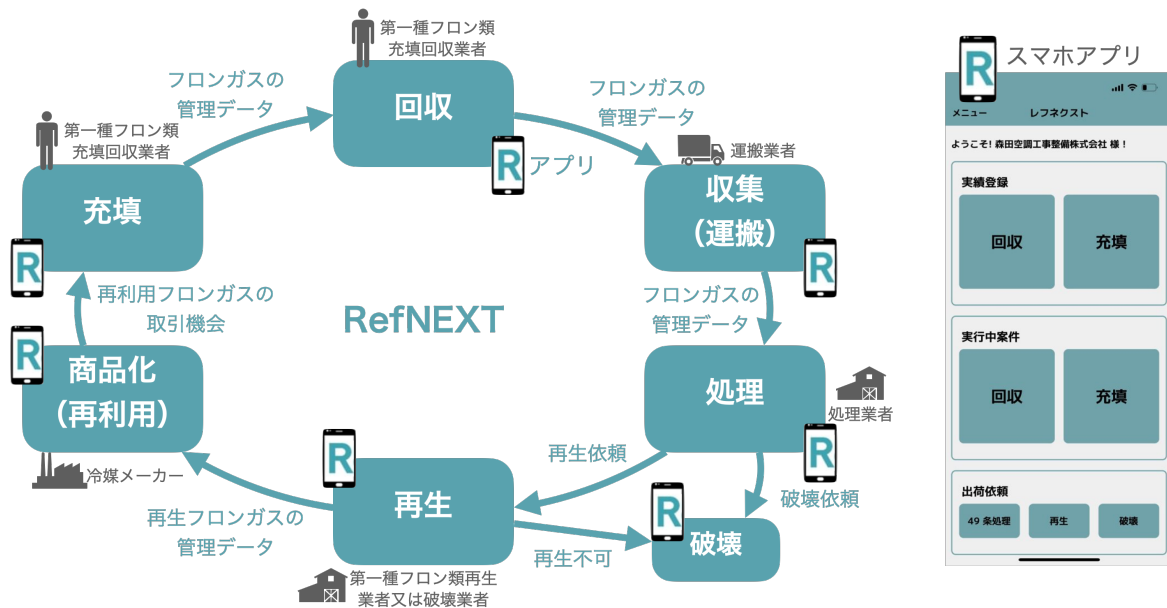


図 2. RefNEXT の概要 (筆者作成)

RefNEXT の導入により、ステークホルダーの運用上の課題や情報共有の難しさなどの物理的な問題への対応が可能となった。しかしステークホルダーの大部分が RefNEXT を恒常的に運用しなければ、真の解決とは言えない。

そのため、オープンイノベーションを駆使し、RefNEXT を活用する関係者にインセンティブを提供するビジネスエコシステムの構築を提案する。具体的には、循環率が上昇するにつれて、関係者にメリットが増えるようなシステムを作る。このアプローチは、二面市場の理論に基づいている。この理論によれば、プラットフォームがエンドユーザー同士の交流を促進し、各サイドに利益をもたらすことで市場が活性化される (Rochet & Tirole, 2006)。例えば、回収業者へはディスカウント価格で提供し、データ管理や再利用フロンガスの価値を高く評価するユーザーにはプレミアム価格でサービスを提供する。Kouhizadeh et al. (2019) によれば、循環型経済環境に導入されるブロックチェーン技術がサポートする情報システムは、複数のレベルで循環経済のパフォーマンスを向上させることができる。そして循環型経済のビジネスモデルを採用するには、循環性を測定するためのデータ収集を可能にするアプリケーションによってサポートされなければならない (Alves et al., 2022)。そこで RefNEXT 全体にブロックチェーン技術を適用し、トレーサビリティを強化する。これにより、フロンガスの回収率と管理データの品質向上を目指す。さらに再利用フロンガスの売買を RefNEXT 上で実施できるようにする。実際に、2023 年 9 月より商社、化学会社、工事整備会社などのステークホルダーとプラットフォームの活用推進に向けた話し合いを始めた。

今後は、このアプローチが循環型経済にどのように貢献するかを研究する。その結果として、新たな取り組みが循環率向上のカギとなる可能性を示すとともに、その取り組みが持続可能な社会の実現に向けた重要なステップであることを明確にすることを目指す。

## 5. おわりに

我々の取り組みはまだ始まったばかりで、フロンガスの循環率の具体的な向上度を示すことは容易ではない。また、フロンガスの循環率が向上することがカーボンニュートラルへの有効性としてどれほどの影響があるのか、現段階では明確には示せていない。今後の課題として、ビジネスエコシステムの構築が日本国内でのフロンガスの循環率にどれほど影響を及ぼすのか、継続的な調査が求められる。さらに、フロンガスの循環率向上が実際に再生フロンガスの利用増加に寄与するかも検証する必要がある。また、カーボンクレジット制度の導入やその他の施策を進めることで、ステークホルダーのインセンティブをさらに向上させる取り組みも考えられる。

日本が先進的に取り組むフロンガスの回収・循環システムを、フロンガス回収等の制度が未整備な海外市場に展開する際、ビジネスエコシステムをグローバルに統一すべきか、それとも各ローカル市場に合わせて構築すべきか、今後の研究の焦点として考察したい。

## 参考文献

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2007.
- [2] Kigali Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. (2016). United Nations Environment Programme.
- [3] 環境省. (2008). 循環型社会白書. 平成 20 年-年版.
- [4] 経済産業省. (2021). フロン排出抑制法に基づく令和 3 年度のフロン類の再生量等及び破壊量等の集計結果について. [https://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/ozone/files/r3\\_saisei-hakai.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/files/r3_saisei-hakai.pdf)
- [5] Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.
- [6] Goldratt, E.M. (1984). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. North River Press.
- [7] Kinnunen, P. H. M., & Kaksonen, A. H. (2019). Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization. *Journal of Cleaner Production*, 228, 153-160.
- [8] 立本博文. (2011). オープン・イノベーションとビジネス・エコシステム: 新しい企業共同誕生の影響について. *組織科学*, 45(2), 60-73.
- [9] Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press.
- [10] Breidbach, C. F., & Brodie, R. J. (2017). Engagement platforms in the sharing economy: Conceptual foundations and research directions. *Journal of Service Theory and Practice*, 27(4), 761-777.
- [11] Moore, J.F. (1993). Predators and prey: A new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.
- [12] 延岡健太郎. (2016). 製造業における「サービス価値」の創出. *サービソロジー*, 3(3), 4-11.
- [13] Rochet, J. C., & Tirole, J. (2003). Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association*, 1(4), 990-1029.
- [14] Fehrer, J. A., Woratschek, H., & Brodie, R. J. (2018). A systemic logic for platform business models. *Journal of Service Management*, 29(4), 546-568.
- [15] Rochet, J. C., & Tirole, J. (2006). Two-sided markets: a progress report. *The RAND Journal of Economics*, 37(3), 645-667.
- [16] 環境省. (2020). 令和元年度のフロン排出抑制法に基づく業務用冷凍空調機器からのフロン類充填量及び回収量等の集計結果について. <https://www.env.go.jp/press/108854.html>
- [17] Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Zhu, Q. (2019). At the nexus of blockchain technology, the circular economy, and product deletion. *Applied Sciences*, 9(8), 1712.
- [18] Alves, L., Ferreira Cruz, E., Lopes, S. I., Faria, P. M., & Rosado da Cruz, A. M. (2022). Towards circular economy in the textiles and clothing value chain through blockchain technology and IoT: A review. *Waste Management & Research*, 40(1), 3-23.