

中長期的な視点から見た 車載用リチウムイオン電池の循環利用に関する調査研究

東京大学 大学院 工学系研究科 准教授 木下 裕介

1. 調査研究の目的

持続可能な社会の構築に向けた新しい経済の仕組みとして、サーキュラー・エコノミー(CE、循環経済)が大きな注目を集めている[1]。すでに、シェアリングやリマニュファクチャリングなどのように、製品・資源の使用段階における価値をなるべく長期間維持させるような CE 型ビジネスが社会に広まりつつある。本調査研究では、電気自動車(EV)の普及にともなって需要が急速に増加している車載用リチウムイオン電池(LiB)に着目する。LiBにはコバルト、ニッケルなどのレアメタルが含まれ、生産時のエネルギー消費量が大きいため、LiBの循環利用に対する社会的ニーズは高い[2]。本研究では、持続可能な LiB 循環システムの条件を明らかにするために、消費者アンケート調査等を用いたデータ収集、シミュレーション、シナリオ分析を組み合わせた調査を実施した。本調査研究の最終的な成果物として、2050年頃までの日本を対象としたEVの車載用LiBの循環全体における複数の将来シナリオを作成し、CO2排出量の観点から評価した。そのために、本研究では、LiBの製品性能、環境規制、ビジネス形態、社会経済情勢などが異なる様々なシナリオを想定し、それらのシナリオのもとでそれぞれLiB循環シミュレーションを実施した。

2. 調査研究の方法

本調査研究では、具体的な研究課題として、(1)文献調査およびインタビュー調査に基づく車載用電池循環ビジネス事例の収集・分析、(2)ライフサイクルシミュレーションを用いた循環ビジネスシナリオ作成・分析手法の開発、(3)ドイツにおける循環ビジネスシナリオの作成・分析、という3点を実施した。

(1)については、文献調査を中心として日本・欧州を中心とした合計31件のビジネス事例を収集した(表1参照)。このうち、日本で車載用電池リファービッシュ・リパーポス事業を展開する1社(A社)と、ドイツで車載用電池リサイクル事業を運営する2社(B社、C社)についてはそれぞれ事業所を訪問し、担当者に対するインタビュー調査を実施した。特に、A社についてはインタビュー調査に基づいて、現状の循環ビジネスに関する詳細なライフサイクルフロー図およびステークホルダー図を作成することができた。(2)については、図1のように、車載用電池循環ビジネスシナリオ作成・分析手法を開発した。図1の車載用電池循環ビジネスメタモデルは、車載用電池循環ビジネスの構成要素(ビジョン、製品、製品ライフサイクル、ビジネスモデル)と外部環境の関係を構造的に表現するために、ビジョン、ビジネス、外部環境の3つのレイヤーから構成したフレームワークである。このような3つのレイヤーから構成した理由は、車載用電池循環ビジネスはCEの原則に沿ってビジョン・目標を設定すべきである一方で、依然として発展途上のビジネスであり、法規制や技術開発といった外部環境とその変化によってビジネスが大きく左右されうるといった特徴があるためである。図1の車載用電池循環ビジネス評価モデルは、離散事象シミュレーションの一種であるライフサイクルシミュレーションを用いて、想定した車載用電池循環ビジネスシナリオを経済性・環境性の観点から定量化するものである[3]。(3)では、(2)で開発した手法の有効性を検証するために、日本を対象としたケーススタディを行った。日本を対象としたケーススタディでは、新規事業として車載用

電池循環ビジネスの立ち上げを検討している IT 企業と連携し、この企業が循環プロバイダーとしての役割を担うものと想定した場合のビジネスプランの作成を目的として複数のシナリオを作成した。

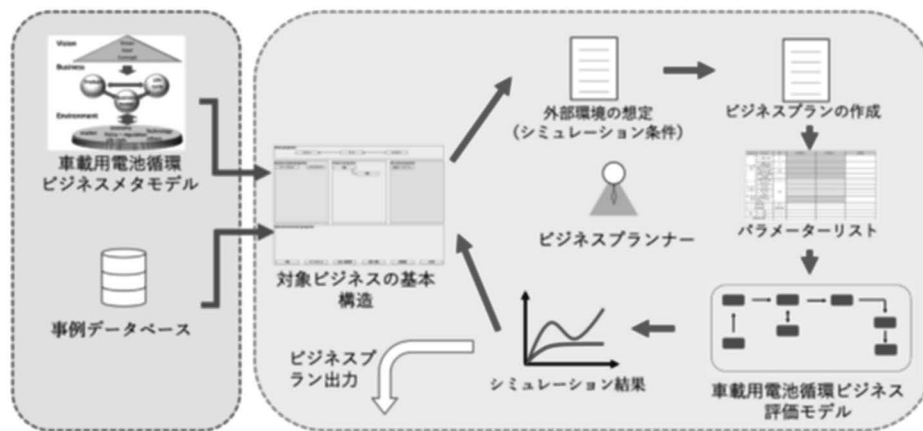


図 1 車載用電池循環シナリオの作成・分析手法

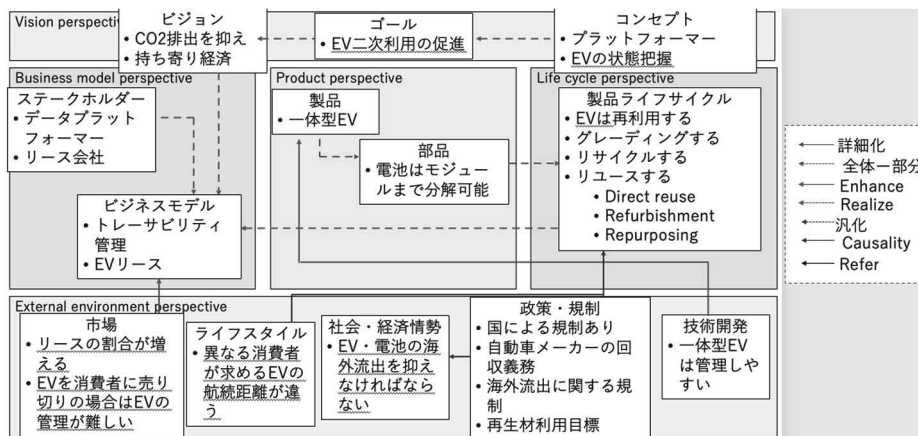


図 2 日本政府規制シナリオの記述結果(一部)

3. 調査研究の結果

図 1 の手法を用いたワークショップを複数回にわたり実施し、叙述的な車載用電池循環ビジネスシナリオのストーリーを以下のとおり作成した。現状からのなりゆき型のシナリオ(業界団体規制シナリオ)と日本政府によりバッテリー規制が導入されるシナリオ(日本政府規制シナリオ)の 2 本を想定し、それぞれの場合でビジネスプランを作成した。前者のシナリオでは、リースされる電気自動車に着目し、電気自動車および車載用電池のトレーサビリティ管理サービスを提供することを想定した。車載用電池に関するデータの一貫管理・分析に基づき、循環プロバイダーは車載用電池の個体の State of Health (SOH)に応じて、リファービッシュ(電気自動車向けに再利用)、リパーポス(電気自動車以外の用途に再利用)、または素材としてリサイクルする。一方、後者のシナリオでも同様にリースされた電気自動車を対象とするが、車載用電池の海外流出を抑えることを目的として、使用済みの車載用電池は電気自動車メーカー(OEM)による回収が政府により義務化されるものと想定した(図 2 参照)。そこでは、循環プロバイダーは OEM に対して、電気自動車のトレーサビリティ及び位置情報管理サービスを提供する。結果として、OEM による車載

用電池の循環利用が促進されることを想定した。ただし、後者のシナリオでは前者のシナリオと異なり、循環プロバイダーは車載用電池の交換時期をコントロールできないため、結果としてリファービッシュがほとんどなく、リパーポスとリサイクルが多くを占めた。2本のシナリオをLCCO₂の観点から定量化した結果を図3に示す。業界団体規制シナリオではリサイクルの代わりにリパーポスを促進することで車載用蓄電池の新規製造が日本政府規制シナリオよりも抑制されるため、LCCO₂は27.1%少なくなる結果となった。

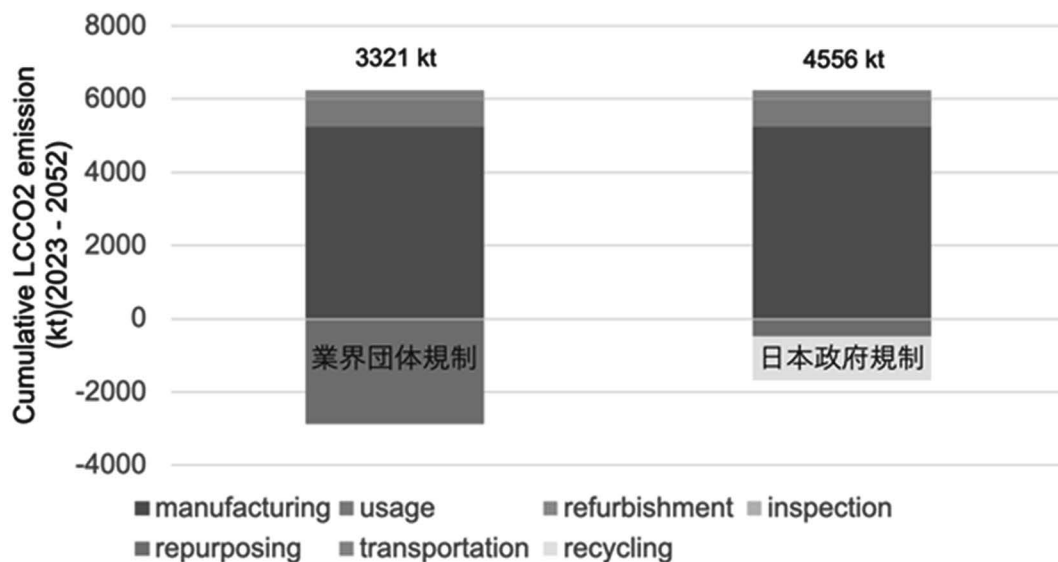


図3 日本を対象とした車載用電池循環ビジネスシナリオの定量化結果(2023～2052年)

4. まとめ

本調査研究の結果、LiB 循環ビジネスの構築においては外部環境、特に、法規制の影響が大きいことを明らかにした。図2で示したように、外部環境に応じて適切なLiB 循環方法やビジネスモデルを選択することが持続可能な循環の実現のために重要である。本研究で開発した手法(図1)は、今後の研究において様々なシナリオの作成・比較分析のために利用可能である。また、本研究において収集したLiB 循環ビジネス事例、ならびに、消費者アンケート調査や文献調査を通して得られた様々なデータは、今後の政策立案や新規ビジネス検討のリファレンスデータとして活用できるものと期待される。

参考文献

- [1] Kara S, Hauschild M, Sutherland J, McAloone T (2022) Closed-loop Systems to Circular Economy: A Pathway to Environmental Sustainability? CIRP Annals-Manufacturing Technology 71(2):505-528.
- [2] Bobba S, Mathieux F, Blengini GA (2019) How Will Second-use of Batteries Affect Stocks and Flows in the EU? A Model for Traction Li-ion Batteries. Resources, Conservation and Recycling 145:279-291.
- [3] Tao F, Kishita Y, Scheller C, Blömeke S, Umeda Y (2022) Designing a Sustainable Circulation System of Second-life Traction Batteries: A Scenario-based Simulation Approach. Procedia CIRP, 105:733-738.