

2025年4月23日  
株式会社 豊田中央研究所

車載用電池をめぐる循環型社会の実現を目指して  
～「電池循環システム」を構成する要素技術群と評価手法の提案～

株式会社 豊田中央研究所は、車載用リチウムイオン二次電池(Lithium-ion Battery、以下 LiB)のリユースやリサイクルを通じて、LiB をめぐる循環型社会の実現を目指す「電池循環システム」研究プロジェクトを推進しています。このたび当社は、LiB のライフサイクル全体を通じて環境に放出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を、定量的に評価する手法を提案しました。リユース/リサイクル技術による CO<sub>2</sub> 削減効果を統合して評価できる本手法は、LiB をめぐる循環型社会のシステム構築や、その要素技術開発の羅針盤となることが期待されます。この研究成果は、Elsevier の論文誌「Journal of Power Sources」に掲載されました。

【発表のポイント】

- 電池のライフサイクル全体を通じて排出される CO<sub>2</sub> を定量評価する LCA 手法を提案
- リユースやリサイクルを促進する要素技術の比較やシステム全体の評価が可能に
- 大学等研究機関との連携を通じて、LiB をめぐる循環型社会の実現に貢献

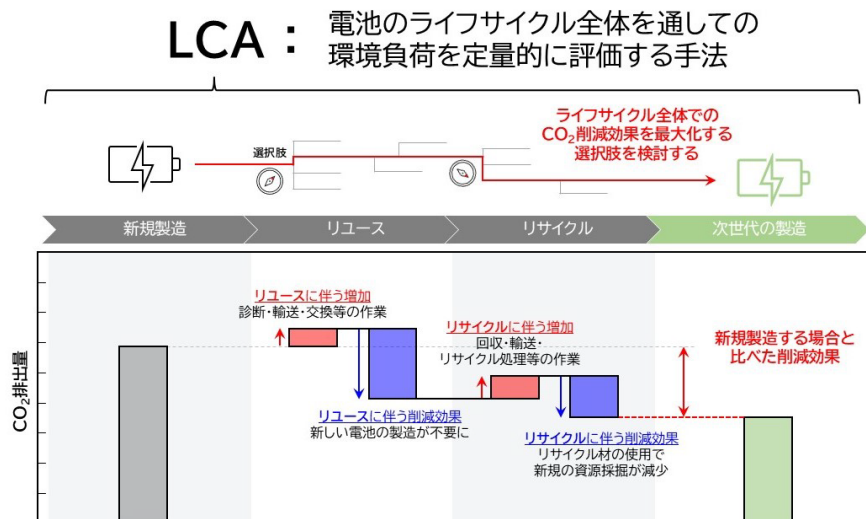


図 1. LiB のリユース/リサイクル技術開発に LCA を応用する際の考え方  
リユース/リサイクルの実施の有無や導入する技術の種類など、各工程での選択肢によって見込まれる新たな CO<sub>2</sub> 排出量と削減効果量を算出し、ライフサイクル全体での影響を評価する

## <背景>

自動車の電動化や再生可能エネルギー設備への導入を背景として、LiBの需要は近年ますます高まっています。LiBを新規製造する場合に比べ、リユースやリサイクルを行うと資源消費量やCO<sub>2</sub>排出量を削減できる可能性があるため、世界中でリユース/リサイクル技術の開発が進んでいます。当社でも「電池循環システム」という研究プロジェクトを掲げ、中古LiBを結合して電力バッファとしてのリユースを促進する「SWEEP SYSTEM<sup>®</sup>」、使用済みLiBの状態診断技術「MaMoRiS<sup>®</sup>」、長寿命化・高容量化を実現したコバルトフリー正極材料、LiBのリサイクル時のリスクを低減する不活性化技術「iSleep<sup>®</sup>」、使用済みLiBの容量回復技術「iCure<sup>™</sup>」など、これまでに様々な要素技術を開発してまいりました(過去の発表はリリース末尾参照)。

一方で、LiBの循環型社会を実現するには、各要素技術を組み合わせることで社会システムとして機能させることが必要です。そこで近年重要視されているのがLiBのライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment、以下LCA)です。LiBが生産されてから廃棄されるまでのライフサイクル全体を通じて環境に与えた負荷を定量的に評価するというLCAの考え方は、要素技術の開発や社会システムの設計をする上での羅針盤になるものとして期待されています。

従来LiBのLCA手法はいくつも提案されてきましたが、評価対象を特定の工程や部材だけに限定せず、ライフサイクル全体を通じた評価を実現することや、リユースとリサイクルを別々に評価することで効果の一部が二重にカウントされてしまう問題の解決などが求められてきました。当社は、LiBをめぐる循環型社会の実現に向けて、リユース・リサイクルの要素技術の開発とLCA手法の開発を、両輪で進めてまいりました。

## <本研究の内容、今後への期待>

このたび当社は、リユースとリサイクルを統合して評価可能な新たなLCA手法を提案しました。この手法は、LiBのライフサイクルを詳細にモデル化し、各工程での選択がCO<sub>2</sub>排出量に与える影響を評価します(図1)。リユースとリサイクルの効果をより正確に定量評価できるだけでなく、類似する技術間の比較といった詳細な分析ができることが特徴です。

例えばリサイクルにおける電極材料の回収技術を想定した場合、既存の回収技術に対する新技術のCO<sub>2</sub>の削減効果を定量的に評価することが可能になりました。リサイクルをするかしないかといった0か1かの違いではなく、投入するエネルギーの種別や量に応じて回収効率にどのような差が生じるのかといった細かな違いを、LiBのライフサイクル全体を通して評価することで、社会的に意義のある技術開発につながると期待されます。

LiBをめぐる循環型社会の実現に向けては、要素技術を開発するだけでなく、科学的なコンセンサスに基づいた社会システムのデザインが求められます。当社は本LCA手法を活用したLiBのリユース・リサイクルの将来シナリオの議論を、大学等研究機関や学術団体等との連携をさらに進めることで深めてまいります。

当社はこれからも、革新的なリユース/リサイクル技術の開発、および社会システム構築に資するLCA等の評価技術の提案を続け、LiBをめぐる循環型社会の実現に貢献してまいります。

**【論文情報】**

タイトル:Life Cycle Assessment Integrating the Effects of Recycling and Reuse for Battery Circulation

掲載誌:Journal of Power Sources

著者:小林哲郎<sup>1</sup>、近藤広規<sup>1</sup>、佐々木 巖<sup>1</sup>

1:豊田中央研究所

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.235544>

**【問合せ先】**

株式会社 豊田中央研究所

研究推進部 広報室

<https://www.tytlabs.co.jp/contact/toiawase.html>

## (ご参考) 電池循環システムにおける研究プロジェクト

株式会社 豊田中央研究所では、車載用二次電池の、持続可能な資源循環、安心・安全な電池管理、使用済み電池の再利用を促進することで、電池を社会で循環させ、その価値を最大限に引き出すための研究プロジェクトを推進しています。

当社が蓄積してきた電気化学、材料工学、電気工学、制御工学などの要素技術を融合し、電池材料の探索から電源システムの応用開発までを一体的に取り組むことで、カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーが両立した持続可能な循環型社会の実現に貢献していきます。

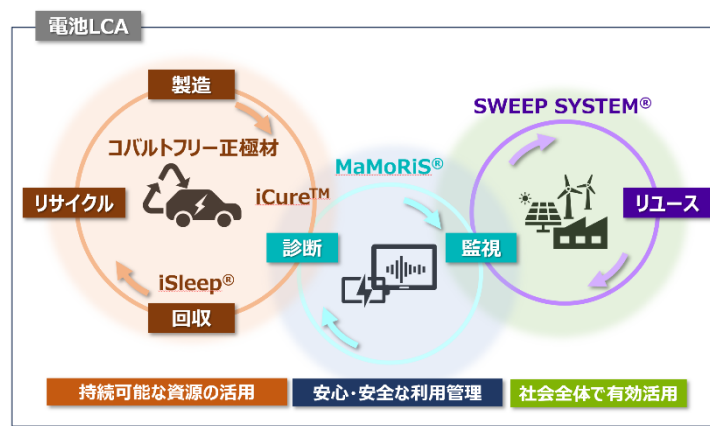


図 2. 電池循環システムにおける研究プロジェクトのイメージ図

### <関連研究>

- ・ SWEEP SYSTEM®: 中古電池を無駄なく使い切る技術を開発！～再生可能エネルギーによる電力の蓄電・供給に活用～
- ・ MaMoRiS®: 世界初、リチウムイオン二次電池を長期利用するための健全性診断技術を開発～リアルタイムかつ非破壊でリチウム金属析出の有無を診断することに成功～
- ・ コバルトフリー正極材: コバルト、ニッケルフリーの高性能リチウムイオン電池正極材料を創発～マンガン系材料への非金属元素導入による長寿命化・高容量化を実証～
- ・ iSleep®: リチウムイオン二次電池の不活性化技術を開発～リサイクル時の発熱等のリスク低減に貢献する新手法～
- ・ iCure™: 使用済みリチウムイオン二次電池の簡便な容量回復技術を開発～溶液の注入による容量回復を確認～

以上