

# 電池の回収・リユース・リサイクルの動向 およびそのための評価・診断・認証

Trends in used battery remarketing and quality evaluation  
~from collection to reuse or recycle~

- リユース・リサイクル技術の産業利用を目的とした LIB をビジネスに生かすための大学と企業の両立場での戦略的な取り組みを論じた！
- 使用済み LIB の評価・診断・認証をビジネスに生かすための計算方法・結果をまとめた！
- EV や PHEV の安全性、運用における診断などの詳細な数字を網羅！
- 日本や世界における今後の LIB のリサイクル・リユースで、何を成さざるべきかを考えるうえで必携の一冊！！

## <発行要項>

- 発行：2023年4月6日発行
- 定価：冊子版 99,000円(税込)  
セット(冊子+CD) 110,000円(税込)
- 体裁：A4判・並製・323頁・モノクロ
- 編集・発行：(株)シーエムシー・リサーチ
- ISBN 978-4-910581-37-8

## = 刊行にあたって =

「電池そのものを再利用」することをリユース、「電池を解体して原料を再利用」することをリサイクルと呼ばれている。既に EV が普及し始めてから 10 年以上が経過し、今後、使用済み車載 LIB の廃棄量も相当程度進んでいく。EV での一次利用を終えた電のほとんどは能力が 80%程度を残したまま廃棄されていたが、現在ではリユースの有効利用が進みつつある。ただ、回収した電池の状況が課題となっている。LIB パックの検査や装置内での LIB の性能の計測・検査、及びリユース用途に応じた修復作業にかかるコストが高い。リユース電池の信頼性およびパフォーマンスを担保するために、有効な検査システムの確立が必要とされる。また、LIB は、使用期間や使用条件などにより電池の内部状態が変化し、容量劣化などに至る。それゆえに、EV や PHEV の車検や転売時の査定、及び定置用蓄電システムの保守点検では、搭載されている LIB の健全性を診断する技術が求められる。LIB を確実に動作させるために、LIB のセル製造、LIB パックの検査、装置内での運用中、そして運用後など、さまざまな場面で LIB の性能を確認する計測・検査が実施されている。一方、リサイクルに関して、「乾式製錬」は、一般的に高温の炉で原料を溶かし、溶けた状態で金属を分離する方法である。LIB を直接投入できるという利点はあるが、消費エネルギーが大きく、リチウムの回収は困難である。「湿式製錬」は、酸・アルカリ・溶媒などの水溶液中で金属の分離を行う方法である。比較的小規模の設備でも操業可能であり、精密な分離の期待が高まっている。ただ、全元素の回収が可能になるという利点があるが、処理工程が複雑になり、薬剤費も大きい。現状、リサイクルのための精製過程のコストは新品の LIB より高価である。それゆえに、各社は LIB のセルを構成する部材をできるだけ壊さずに、かつ、エネルギーをできるだけ使わずに取り出し、リユースすることに注力している。本書では、リユース・リサイクル技術の産業利用を目的とした、大学と企業の両立場から取り上げた構成となっている。各論において貴重な玉稿を提供された執筆者各位に感謝すると共に、本書が読者の皆様のご期待に多少なりとも沿えられることを願うものである。

シーエムシー・リサーチ編集部

## 執筆者一覧 (掲載順)

菅原 秀一	泉化研 代表	伊藤 智博	山形大学 学術研究院 准教授
高瀬 弘嗣	デルタテックラボラトリ 代表	皆川 真規	山形大学 学術研究院 准教授
坂本 俊之	東海大学 工学部 動力機械工学科 教授	本藏 耕平	株式会社日立製作所
有馬 理仁	大和製罐株式会社 技術管理部エネルギーソリューション開発室 開発リーダー 博士(工学)	森田 朋和	株式会社東芝 研究開発センター
山崎 温子	一般財団法人 電力中央研究所 EX 研究本部 エネルギー化学研究部門 主任研究員	長岡 直人	同志社大学 理工学部電気工学科 教授
宮代 一	一般財団法人 電力中央研究所 EX 研究本部 エネルギー化学研究部門 客員研究員	森 匠	日置電機株式会社 ES ユニット 主任研究員
立花 和宏	山形大学 学術研究院 准教授	住谷 淳吉	一般財団法人 電気安全環境研究所
		松尾 博	マイクロ・ビークル・ラボ株式会社 代表取締役
		初田 竜也	株式会社シーエムシー・リサーチ 代表取締役

注文書		メルマガ 会員の登録	登録済み / 登録希望	お申込み・お問合せ 編集発行： <b>(株)シーエムシー・リサーチ</b> 101-0054 東京都千代田区神田錦町 2-7 東和錦町ビル3F  TEL: 03 (3293) 7053 FAX: 03 (3291) 5789 URL: <a href="https://cmcre.com">https://cmcre.com</a> E-mail: <a href="mailto:re@cmcre.com">re@cmcre.com</a>
品名	電池の回収・リユース・リサイクルの動向 およびそのための評価・診断・認証	価格	書籍：90,000円(税込99,000円) 書籍+CD：110,000円(税込100,000円) ※メルマガ会員は定価の10%OFF	
会社名		TEL		
部課名		FAX		
お名前		E-mail		
住所	〒			

\*書籍はご注文を受けた翌営業日に納品書・請求書とともに送付します。\*お支払いは請求書指定口座に納品日の翌月末日までに振り込みをお願いします。

# 構成および内容(1)

## 第I編

### 回収・リユース・リサイクルの動向

- 第1章 電池のリユース, リサイクルと開発事例 菅原 秀一
  - 1 資源有効利用促進法(3R)ほか関係法令
    - 1.1 資源・環境関係法の相互関係と機能
    - 1.2 二次電池の3Rと関連事項
    - 1.3 電池のリユースとリサイクル, 関係法令(国内)
    - 1.4 リサイクルに関係する国内法全般
    - 1.5 リチウムイオン電池の再利用について, 電池工業会(BAJ)
    - 1.6 自動車リサイクル法
    - 1.7 自動車リサイクル法とリチウムイオン電池
    - 1.8 電池サプライチェーン協議会(BASC)
    - 1.9 HEV電池の買取制度のスタート
    - 1.10 リチウムイオン電池応用機器の回収と電池処理
    - 1.11 応用機器類と二次電池の回収, リサイクルと再資源化
  - 2 EU指令(RoHS, WEEE, 電池指令とREACH)
    - 2.1 EU指令, RoHS(特定有害物質使用制限), WEEE(電気電子廃棄物)とEU電池指令の概要
    - 2.2 EU電池指令 全般
    - 2.3 各国の登録化学品リスト(インベントリ)
    - 2.4 リチウムイオン電池の化学物質の諸規制(海外)
    - 2.5 REACH規制の項目(物質, 調剤, 成型品Article)
    - 2.6 REACHの区分と各国インベントリの決定
    - 2.7 REACHにおける対象物
  - 3 廃棄とリサイクルに関する表示(マーキング)
    - 3.1 資源有効利用促進法
    - 3.2 電池工業会のマーキングガイドライン(1)
    - 3.3 電池工業会のマーキングガイドライン(2)
    - 3.4 ノートPC用交換電池のマーキング例
    - 3.5 マーキング 多国籍例
  - 4 各社の開発事例
    - 4.1 正極材の素原料  
Co Ni, 鉱石>精錬>・・>合成
    - 4.2 二, 三元系正極材の合成と素原料コスト
    - 4.3 参入企業の内訳とアクション
      - 1. 自動車メーカー主導
      - 2. 総合商社主導
      - 3. 金属鉱山関係企業
      - 4. セメント, 鉄鋼など大型炉設備系企業
      - 5. 大手総合化学企業
      - 6. 国家レベルのプロジェクト
      - 7. 異業種からの新規参入
    - 4.4 廃電池ビジネス企業の動向
- 第2章 廃電池のリサイクル, 元素資源と正極材合成のリンク 菅原 秀一
- 1 廃EV電池の発生経路と発生量試算
    - 1.1 廃EV電池の発生ルートと諸課題
    - 1.2 EV等の電池所要量と廃電池発生量の試算
    - 1.3 中国の使用済み車載電池の排出予想
    - 1.4 使用済み廃電池数量
    - 1.5 EV電池リサイクル量と電池生産量
    - 1.6 電池(EVほか)  
リサイクル量と電池生産量の予測
    - 1.7 EVなどの累積生産台数と総電池容量(推定)
    - 1.8 2020 EVの販売動向, 累積台数
    - 1.9 xEVなどの過去(累積)生産台数(推定)
    - 1.10 EV乗用, EVバスの電池容量 kWh(中国)
  - 2 正極材の組成と合成(前駆体と化学プロセス)
    - 2.1 NMC三元, NCA二元正極材の合成
    - 2.2 NMC三元系正極材の液相(バッチ)合成反応
    - 2.3 NC二元系正極材, リチウム化と焼成ステップ

- 2.4 廃リチウムイオン電池正極層の処理例(1)
  - 2.5 廃リチウムイオン電池正極層の処理例(2)
  - 2.6 強カチオン交換樹脂によるLi他の捕集
  - 2.7 まとめ
    - EV等の廃電池の処理と資源リサイクル
  - 3 正極材合成と元素資源のリサイクル循環
    - 3.1 廃電池処理のステップ(1)
    - 3.2 廃電池処理のステップ(2)
    - 3.3 廃リチウムイオン電池の処理方法(分類1)
    - 3.4 廃リチウムイオン電池の処理方法(分類2)
  - 4 電池GWhあたりの元素資源量(NMCxyz)
    - 4.1 GWhあたり正負極材その他部材所要量(実際値)
    - 4.2 GWhあたりLiとCoの所要量(実際値)
    - 4.3 電池総量GWhに対するLi, Co, Mn所要量, NMC622(1)
    - 4.4 電池総量GWhに対するLi, Co, Mn所要量, NMC622(2)
    - 4.5 電池総量GWhあたりの重量(1,000kg/GWh)
    - 4.6 電池GWhあたりの元素資源量, NMC三元系正極材
    - 4.7 電池GWhあたりの元素資源量, 算出過程と係数 計算過程と数値データ
    - 4.8 元素資源と素原料の重量比(グラフ)
    - 4.9 元素資源と素原料の重量比(データ)
  - 5 廃電池の放電処理の実例
    - 5.1 安全性試験後の廃セルの処理
    - 5.2 ラミネート型セルのガス膨張
    - 5.3 集電箔の分極曲線(1M LiPF<sub>6</sub> EC/DEC=1:1vol)
    - 5.4 廃電池無害化処理(1)
    - 5.5 廃電池無害化処理(2)
    - 5.6 放電処理後の負極, 銅箔剥離
  - 6 正極材の組成と電池の関係
    - 6.1 NCA二元系の組成とmAh/g容量(データ)
    - 6.2 三元系正極材の元素組成と表記
    - 6.3 二元, 三元系正極材の組成とトレンド
    - 6.4 二元系正極材製品の特性事例
    - 6.5 三元系正極材製品の特性事例
  - 7 電池を構成する材料と部材(重量と体積)
    - 7.1 120Ah, 74Whセルの材料, 部材の構成重量%
    - 7.2 20Ah, 74Whセルの材料, 部材の構成体積%
    - 7.3 GWhあたりの正負極材その他部材所要量パラメーター 電極面積cm<sup>2</sup>/Wh 80(エネルギー設計), 120(パワー設計)
  - 8 追補
    - 8.1 追補 2022/11時点
    - 8.2 EVにおける正極材の変化とリサイクル, LFPの急進。
- 第3章 特許公開から見た廃電池処理技術と解析 菅原 秀一
- 1 国内公開特許と技術の動向
    - 1.1 廃リチウムイオン電池処理関係の特許(有価物限定)
    - 1.2 廃リチウムイオン電池処理関係の特許, 全件数
    - 1.3 特許公開件数(分野別, 企業別グラフ)
    - 1.4 廃電池の処理に関する特許公開件数(1)
    - 1.5 廃電池の処理に関する特許公開件数(2)
  - 2 (参考)特許分類の詳細
    - 2.1 参考, 主なプロセスと内容
    - 2.2 廃電池の処理に関する特許分類(1)IPC
    - 2.3 廃電池の処理に関する特許分類(2)IPC
    - 2.4 廃電池の処理に関する特許分類(3)IPC
    - 2.5 IPC H01M
    - 2.6 IPC C22B

## 第II編

### 電池のマネジメントと安全性・特性・寿命

- 第1章 バッテリーマネジメントシステムの基礎 高瀬 弘嗣
  - 1 バッテリーマネジメントシステムの構成と機能
    - 1.1 バッテリーマネジメントシステムの構成
    - 1.2 バッテリーマネジメントシステムの機能
    - 1.3 充電率(SOC)の算出方法
    - 1.4 健全度(SOH)の算出方法
    - 1.5 充放電制御
    - 1.6 バッテリー故障判定
  - 2 バッテリーマネジメントシステムの構成と機能
    - 2.1 バッテリーマネジメントシステムの構成
    - 2.2 システム側電源との絶縁方法
    - 2.3 セルモニターユニットの機能
    - 2.4 セル電圧測定
    - 2.5 セル温度測定
    - 2.6 セルバランス制御
- 第2章 HEV/EVにおけるバッテリー/エネルギー・マネジメント技術 坂本 俊之
- 1 はじめに
  - 2 太陽電池発電システムとの連携
  - 3 おわりに
- 第3章 リチウムイオン電池の安全性・特性・寿命劣化 有馬 理仁
- 1 はじめに
  - 2 リチウムイオン電池の安全性
    - 2.1 機械的安全性
    - 2.2 電気的安全性
    - 2.3 環境安全性
  - 3 リチウムイオン電池の特性
    - 3.1 材料
    - 3.2 電気化学的性能
    - 3.3 発熱挙動
  - 4 リチウムイオン電池の寿命劣化
    - 4.1 容量劣化
    - 4.2 出力劣化
    - 4.3 効率劣化
  - 5 おわりに
- ## 第III編
- ### 容量・インピーダンスの評価技術
- 第1章 高精度充放電容量測定法 山崎 温子, 宮代 一
- 1 高精度充放電容量測定法の開発
    - 1.1 計測システム(ハード面)
    - 1.2 計測システム(ソフト面)
    - 1.3 測定データの取り扱い
    - 1.4 測定データの補正
  - 2 高精度充放電容量測定法による測定結果の解釈
    - 2.1 測定データの特性解析例
    - 2.2 フロート試験
    - 2.3 レート試験
  - 3 おわりに
- 第2章 バッテリーマネジメントのためのインピーダンス測定 立花 和宏, 伊藤 智博, 皆川 真規
- 1 はじめに
    - 1.1 モノの価値と保全
    - 1.2 状態監視保全とマネージメント
  - 2 電池の基礎とインピーダンス
    - 2.1 バッテリーとセル
    - 2.2 電池の起電力と内部抵抗
    - 2.3 インピーダンスの概念
    - 2.4 電池の構造とインピーダンス
    - 2.5 材料物性値とインピーダンス
    - 2.6 ボードプロットとコールコールプロット
  - 3 電池の状態監視におけるインピーダンスの応用
    - 3.1 インピーダンスの応用
    - 3.2 電流センサー
    - 3.3 組電池の電圧測定
    - 3.4 AD変換とDA変換
    - 3.5 電池の劣化とインピーダンス
    - 3.6 能動的制御とGPSを使ったモニタリング

## 構成および内容(2)

- 4 インピーダンスと数学
    - 4.1 フーリエ変換の考え方
    - 4.2 フーリエ変換とそのファミリー
    - 4.3 離散変換とサンプリング
    - 4.4 数式処理ソフトの活用
  - 5 電池のモデル作成
    - 5.1 電池の非線形性とインピーダンスの線形性
    - 5.2 等価回路を使った古典的アプローチによる解釈
    - 5.3 クラウドデータロガーとインピーダンスのビッグデータ化
    - 5.4 機械学習とビッグデータを活用したモデルの構築
  - 6 まとめ
- ### 第IV編 劣化状態の診断技術
- 第1章 放電曲線解析によるリチウムイオン電池の劣化要因診断 本蔵 耕平
    - 1 はじめに
    - 2 放電曲線解析モデルについて
      - 2.1 開回路電圧曲線の解析
      - 2.2 内部抵抗曲線の解析
    - 3 開回路電圧曲線と内部抵抗曲線の測定・解析方法
    - 4 劣化診断への適用結果
      - 4.1 三元系正極と非晶質炭素負極を用いたLIB
      - 4.2 LCO正極と黒鉛負極を用いたLIB
      - 4.3 三元系正極と黒鉛負極を用いたLIB
    - 5 電池容量と内部抵抗の予測について
      - 5.1 予測の手順
      - 5.2 予測結果
    - 6 おわりに
  - 第2章 電池ライフサイクル管理における充電曲線解析技術の活用 森田 朋和
    - 1 はじめに
    - 2 リチウムイオン電池の運用中の課題と使用済み電池のリユース・リサイクル
      - 2.1 使用中リチウムイオン電池の診断
      - 2.2 市販リチウムイオン電池の種類
      - 2.3 電池運用中の安全性低下メカニズム
    - 3 充電曲線解析技術の特長とリユース電池の安全性評価
      - 3.1 充電曲線解析の原理と特長
      - 3.2 充電曲線解析を用いた電池安全性評価
      - 3.3 電池リユースにおける充電曲線解析技術の活用
    - 4 おわりに
  - 第3章 過渡応答解析技術による電池の稼働時劣化診断 長岡 直人
    - 1 はじめに
    - 2 電池のオフライン診断と稼働時診断
    - 3 過渡現象を用いた稼働時劣化診断
      - 3.1 研究背景
      - 3.2 等価回路
      - 3.3 簡易稼働時診断
      - 3.4 稼働時診断
        - 3.4.1 手法1
        - 3.4.2 手法2
        - 3.4.3 内部電圧モデル簡略化
      - 3.5 応用例
        - 3.5.1 実測結果
        - 3.5.2 実装例
    - 4 おわりに
  - 第4章 再エネ導入によるCO<sub>2</sub>削減コスト低減に向けた効率劣化診断技術 有馬 理仁
    - 1 はじめに
    - 2 リチウムイオン電池の効率劣化診断
      - 2.1 充放電曲線モデル式
      - 2.2 特性プロファイルの機械学習の推定
      - 2.3 拡張カルマンフィルタ
      - 2.4 充放電エネルギーの推定
    - 3 クラウドバッテリーマネジメントにより想定される運用経済性向上効果
    - 4 まとめ
- ### 第V編 リユースおよび認証
- 第1章 JET リユース電池認証について 住谷 淳吉
    - 1 一般財団法人 電気安全環境研究所の紹介
    - 2 電池関係の認証スキーム
      - 2.1 定置用蓄電システム認証及びリチウムイオン電池認証の適用規格
      - 2.2 電池の部品認証
      - 2.3 系統連系保護装置認証と電池の部品認証との関係
      - 2.4 認証と試験との違い
    - 3 リユース電池認証
      - 3.1 リユース電池認証の課題
      - 3.2 課題への対応の基本的な考え方
      - 3.3 リユース電池認証のスキームの概略
      - 3.4 全数検査の方法
      - 3.5 JET リユース電池認証の有効期間
    - 4 おわりに
  - 第2章 電池駆動船舶の電池分解とEVへの再利用 松尾 博
    - 1 電池駆動船舶の開発
    - 2 電池駆動船舶の電池分解
    - 3 EVへの電池搭載
    - 4 電池の再利用における注意点
- ### 第VI編 各国の電池リユース事情
- 第1章 世界のバッテリーリユースの業界動向 初田 竜也
    - 1 はじめに
    - 2 世界におけるリユース利用とリサイクル利用の市場動向
    - 3 世界におけるEV・PHEV・HEVの販売予測
    - 4 使用済み車載LIBの廃棄量予測
    - 5 リユース市場
    - 6 中古EV・リユース電池の価格
    - 7 国内の業界動向
    - 8 課題
    - 9 エネルギー貯蔵装置(ESS)用
      - 9.1 概要
      - 9.2 業界分析
    - 10 企業動向
      - ①東京電力パワーグリッド
      - ②NexT-e Solutions
      - ③豊田通商
      - ④大阪ガス
      - ⑤MIRAI-LABO
      - ⑥Envision AESC Group
      - ⑦OKI クロステック
      - ⑧丸紅
  - ⑨伊藤忠商事
  - ⑩CONNEX SYSTEMS
  - ⑪タジマモーターコーポレーション
- ### 11 劣化診断
- 11.1 概要
  - 11.2 SOC, SOH
  - 11.3 業界分析
  - 11.4 企業動向
    - ①東芝
    - ②三菱マテリアル
    - ③ケーヒン
    - ④東洋システム
    - ⑤アメテック
    - ⑥東京電設サービス
    - ⑦産業技術総合研究所
- ### 12 各国の動向分析
- 12.1 中国
    - 12.1.1 概要
    - 12.1.2 政策動向
    - 12.1.3 中国における使用済み車載LIBの廃棄量予測
    - 12.1.4 動向分析(リユース)
    - 12.1.5 流通面の課題
    - 12.1.6 技術面の課題
    - 12.1.7 企業動向
      - ①傑成新能源
      - ②中国鉄塔
      - ③国家电网
      - ④Shenzhen Pandpowe (PAND)
  - 12.2 欧州
    - 12.2.1 EU電池規制案
    - 12.2.2 動向分析
  - 12.3 韓国
    - 12.3.1 動向分析
    - 12.3.2 韓国産業通商資源部
  - 12.4 米国
    - 12.4.1 概要
    - 12.4.2 動向分析
    - 12.4.3 米国エネルギー省(DOE)
- ### 13 自動車メーカーのビジネス戦略
- ①日産自動車
  - ②フォアールエナジー
  - ③日産自動車, フォアールエナジー
  - ④トヨタ自動車
  - ⑤Ford Motors
  - ⑥GM
  - ⑦Daimler
  - ⑧Audi
  - ⑨スズキ
  - ⑩Volvo Cars
  - ⑪BYD
  - ⑫現代自動車グループ
  - ⑬三菱自動車
  - ⑭三菱ふそうトラック・バス

お問い合わせ シーエムシー・リサーチ

TEL : 03-3293-7053 FAX : 03-3291-5789

URL : <https://cmcre.com>

E-mail : [re@cmcre.com](mailto:re@cmcre.com)