

「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」 目次

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(インベントリー)
- 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 2020EV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 LiPF₆ 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cm²/Wh80(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 入出力劣化
 - 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

- 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
- 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クデータ化
 - 5.4 機械学習とビック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CO2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的推定
 - 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5章 リユース前の劣化診断技術 森 匠

- 1 はじめに
- 2 電池の性能指標
- 3 劣化診断技術
 - 3.1 Off-board での診断のための計測方法
 - (1) 放電容量の直接計測
 - (2) 全体ないし部分的な充放電計測
 - (3) 線形応答の直接計測 (線形応答, EIS)
 - (4) 様々な波形による線形応答の推定
 - (5) 非線形応答の計測
 - 3.2 最適な計測方法の検討
 - 3.3 データ解析手法
- 4 インピーダンスを用いた劣化診断の実例

5 おわりに

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
 - ② NEXT-e Solutions
 - ③ 豊田通商
 - ④ 大阪ガス
 - ⑤ MIRAI-LABO
 - ⑥ Envision AESC Group
 - ⑦ OKI クロステック
 - ⑧ 丸紅
 - ⑨ 伊藤忠商事
 - ⑩ CONNEX 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 ケーシン
 - 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 の廃棄量子測
 - 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 国家電網
 - ④ Shenzhen 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 フォーアールエナジー
 - ③ 日産自動車, フォーアールエナジー
 - ④ トヨタ自動車
 - ⑤ Ford Motors
 - ⑥ GM
 - ⑦ Daimler
 - ⑧ Audi
 - ⑨ スズキ
 - ⑩ Volvo Cars
 - ⑪ BYD
 - 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