

# 「リチウムイオン電池の製造プロセス&コスト総合技術 2016」 目次

## 第1章 リチウムイオン電池と特性

### 1.1 リチウムイオン電池の用途分野と特性レベル

- 1.1.1 生産のグローバル化
  - 1.1.1.1 国内のリチウムイオン電池生産
    - 1.1.1.1.1 国内の小型リチウムイオン電池の国内生産
    - 1.1.1.1.2 車載および小型リチウムイオン電池の国内生産
    - 1.1.1.1.3 リチウムイオン電池の生産のシフト
    - 1.1.1.1.4 電動自動車の電池 (1)
    - 1.1.1.1.5 電動自動車の電池 (2)
  - 1.1.1.2 国内の大型リチウムイオン電池の国内生産
  - 1.1.1.3 リチウムイオン電池の生産のシフト
  - 1.1.1.4 電動自動車の電池 (1)
  - 1.1.1.5 電動自動車の電池 (2)
- 1.1.2 小型 (モバイル) / 中型 (工具、自転車)
  - 1.1.2.1 iPhone5 内蔵リチウムポリマー電池
  - 1.1.2.2 スマートフォン用電池の比容量と PSE、CE マーク
  - 1.1.2.3 au (KDDI) 電池容量とパネルサイズ
  - 1.1.2.4 アシスト自転車の電池容量 (Ah)
  - 1.1.2.5 アシスト自転車の電池パック
  - 1.1.2.6 電動工具用電池パック
  - 1.1.2.7 電動工具用電池パックの Ah と Wh 容量
  - 1.1.2.8 電動工具用リチウムイオン電池の例
  - 1.1.2.9 電動工具用リチウムイオン電池への要求特性
- 1.1.3 自動車 (HV、PHV、EV、FCV)
  - 1.1.3.1 HV の生産台数
  - 1.1.3.2 日産自動車の EV リーフの販売実績 (国内)
  - 1.1.3.3 主な自動車メーカーの EV の出荷台数
  - 1.1.3.4 EV の走行距離と電池の容量試算
  - 1.1.3.5 日産リーフ 280km 走行モデル
  - 1.1.3.6 日産 EV (LEAF) の電池構成
  - 1.1.3.7 低電圧蓄電デバイスによる EV の可能性
  - 1.1.3.8 三菱 i-MiEV M 搭載の LTO 負極電池
  - 1.1.3.9 EV リチウムイオン電池の主要諸元 (1)
  - 1.1.3.10 EV リチウムイオン電池の主要諸元 (2)
  - 1.1.3.11 EV の電力消費率、交流蓄電と直流放電
  - 1.1.3.12 EV の二次電池、エネルギーロスと回生
  - 1.1.3.13 電動系自動車の蓄・発電容量と走行距離 (1)
  - 1.1.3.14 電動系自動車の蓄・発電容量と走行距離 (2)
- 1.1.4 鉄道など交通システム、電力系統連系、再生可能エネルギー関連
  - 1.1.4.1 JR 東日本 EV-E301 系電車の例
  - 1.1.4.2 JR 東海の電車搭載の回生システム
- 1.1.5 電力系統連係
  - 1.1.5.1 自然エネルギーの系統連係円滑化蓄電システムの導入
    - 1.1.5.1.1 風力発電の出力平滑化
    - 1.1.5.1.2 NEDO 系統連係蓄電システム
    - 1.1.5.1.3 東北電力 (株) の系統連係蓄電システム

### 1.2 セルの構造と容量設計

- 1.2.1 Ah 容量とセルの構造
  - 1.2.1.1 リチウムイオン (セル) の特徴
    - 1.2.1.1.1 セル (単電池) からシステム (組電池) へ
    - 1.2.1.1.2 セル (単電池) からシステム (組電池) へのシミュレーション (1)
    - 1.2.1.1.3 セル (単電池) からシステム (組電池) へのシミュレーション (2)
  - 1.2.1.2 二次電池の安全性に関する小型、中型と大型
  - 1.2.1.3 円筒型セルの Ah 容量の変遷
  - 1.2.1.4 ラミネート型セルの特性
  - 1.2.1.5 スマートフォン電池の急速充電と長持ち対策

### 1.2.2 電極版、端子構造と放熱性

- 1.2.2.1 セルの構造と熱伝導
  - 1.2.2.2 ラミネート型セルの発熱挙動
  - 1.2.2.3 セルの外装材と電極構造
  - 1.2.2.4 セルの形式 (1) 電極体と集電方法
  - 1.2.2.5 セルの形式 (2) 電極端子と外装材
  - 1.2.2.6 セルの集電長と負極面積
  - 1.2.2.7 ラミネートセルのモジュール化と放熱
  - 1.2.2.8 大型ラミネートセルの放熱方法 (1)
  - 1.2.2.9 大型ラミネートセルの放熱方法 (2)
  - 1.2.2.10 リチウムイオン電池セルの放熱、加熱と保温
  - 1.2.2.11 円筒型と平板 (ラミネート) 型セルの表面積を比較
  - 1.2.2.12 リチウムイオンセル構成材料の熱伝導率
- ### 1.2.3 捲回 (角型) 函体収納
- 1.2.3.1 積層電極体の大容量セル
  - 1.2.3.2 PHV 用リチウムイオン電池 (セル) の構造
  - 1.2.3.3 大型リチウムイオンセル、パック、ユニット
  - 1.2.3.4 扁平捲回電極体
  - 1.2.3.5 エリーパワー (株) の函体収納型リチウムイオン電池
- ### 1.2.4 捲回 (円筒) 函体収納
- 1.2.4.1 角形および円筒型セルの例
  - 1.2.4.2 扁平捲回電極体、缶収納
- ### 1.2.5 積層 (平板) ラミネート外装収納
- 1.2.5.1 積層型リチウムイオン電池 (セル) の電極構造
  - 1.2.5.2 電極端子を内部電極とリベット結合
  - 1.2.5.3 両タブ出しラミネート型セル
  - 1.2.5.4 両タブ出し大型ラミネートセルの代表例
  - 1.2.5.5 上タブ出しラミネート型セルの構造
  - 1.2.5.6 ラミネート型セルの端子と放熱 (放電) 性
  - 1.2.5.7 ラミネート型セルのタブ端子
  - 1.2.5.8 ラミネート型セルの容量と重量
  - 1.2.5.9 セルの形態、平板 (積層)、円筒と角槽
  - 1.2.5.10 リチウムイオン電池の変遷 (システム化)
  - 1.2.5.11 リチウムイオン電池の変遷 (小・超小型セル)
- ### 1.3 エネルギー、パワーとサイクル特性
- 1.3.1 エネルギー特性と測定方法
    - 1.3.1.1 20Ah セルの充電と放電
    - 1.3.1.2 単電池への性能要求事項 (1)
    - 1.3.1.3 単電池への性能要求事項 (2)
    - 1.3.1.4 単電池への要求事項 (3)
    - 1.3.1.5 CC 低電流と CV 定電圧充電の経過
    - 1.3.1.6 CC 定電流、CV 定電圧と下限電圧、上限電圧
  - 1.3.2 パワー特性と回生充電
    - 1.3.2.1 パワータイプとエネルギータイプの放電レート特性
    - 1.3.2.2 セルの内部抵抗と放電挙動モデル
    - 1.3.2.3 タイプ別のセルの特性と向上モデル
    - 1.3.2.4 回生充電モデルと内部抵抗
    - 1.3.2.5 パワー設計の事例 20Ah セル
  - 1.3.3 サイクル特性 (寿命)
    - 1.3.3.1 放電容量維持率チャート
    - 1.3.3.2 セルの寿命予測
    - 1.3.3.3 EV 電池の実運用結果と推定
    - 1.3.3.4 SOC の抑制によるサイクル寿命の延長 (1)

- 1.3.3.5 SOCの抑制によるサイクル寿命の延長 (2)
- 1.3.3.6 セルの寿命推定、サイクル劣化+保存劣化
- 1.3.3.7 EV電池、車載システムの寿命評価ステップ
- 1.3.3.8 IEC62660-1 放電出力制御パターン
- 1.3.3.9 自動車走行の容量維持率
- 1.3.4 蓄電コスト
  - 1.3.4.1 SOCを30%カットした蓄電コスト
  - 1.3.4.2 蓄電コストと電気コスト
- 1.4 電池の製品規格と認証システム
  - 1.4.1 国内の規格
    - 1.4.1.1 リチウムイオン電池の規格
    - 1.4.1.2 製品規格、測定規格、安全性(試験)規格
    - 1.4.1.3 セルの形状と容量、規格表示
    - 1.4.1.4 JISC8711 標準リチウムイオン二次電池
  - 1.4.2 海外の規格
    - 1.4.2.1 DOEのPHV用リチウムイオン電池の規格提案
    - 1.4.2.2 EUCARのセル開発ロードマップ
  - 1.4.3 UL規格などの認証
    - 1.4.3.1 リチウムイオン電池関係のUL規格
    - 1.4.3.2 電池関係UL規格の用途分野
- 1.5 安全性規格と試験方法
  - 1.5.1 製造工程と安全性
    - 1.5.1.1 リチウムイオン電池関係の事故件数と対策
    - 1.5.1.2 リチウムイオン電池の安全性
      - 1.5.1.3 小型・中型・大型リチウムイオン電池の安全性問題
      - 1.5.1.4 時間経過をふまえた安全と危険
      - 1.5.1.5 リチウムイオン電池の劣化(1)
      - 1.5.1.6 リチウムイオン電池の劣化(2)
  - 1.5.2 国内規定と電気用品安全法
    - 1.5.2.1 電氣的な安全性試験
    - 1.5.2.2 単・組電池の安全性試験
    - 1.5.2.3 二次電池の安全性試験に関するJIS規格の分担(1)
    - 1.5.2.4 二次電池の安全性試験に関するJIS規格の分担(2)
    - 1.5.2.5 強制内部短絡試験の概要
    - 1.5.2.6 リチウムイオン電池の規格
  - 1.5.3 海外のグローバルな規定と規程
    - 1.5.3.1 安全性試験の対象
    - 1.5.3.2 中国の電気自動車用の新規格
- 1.6 関連資料
  - 1.6.1 キャパシタと電池の併用システム
    - 1.6.1.1 リチウムイオン・キャパシタ ラミネート型/円筒型/角槽型セル/モジ
    - 1.6.1.2 コマツリフト(株)のキャパシタハイブリッド電動フォークリフト
    - 1.6.1.3 建機など大型機器へのキャパシタの応用事例
    - 1.6.1.4 エレベーターの回生充電と停電対策
    - 1.6.1.5 新PRIUSα ニッケル水素/EDLC、リチウムイオン/EDLC
  - 1.6.2 燃料電池との併用システム
    - 1.6.2.1 トヨタMIRAI、高性能の“動く発電所”航続距離650km
    - 1.6.2.2 蓄電と発電デバイスと応用展開
  - 1.6.3 3R(リサイクルなど)関係の概要
    - 1.6.3.1 EVからの廃電池の発生パターン
    - 1.6.3.2 資源・環境関係の相互関係と機能
    - 1.6.3.3 二次電池の3Rと関連事項

- 1.6.3.4 二次電池の回収、リサイクルと再資源化
- 1.6.3.5 リチウムイオン電池応用機器の回収と電池処理
- 1.6.3.6 国内小型二次電池回収ルール(JBRC)
- 1.6.4 安全性試験関係の参考資料一覧
  - 1.6.4.1 セルの釘刺試験(発火させた例)
  - 1.6.4.2 UN国連危険物輸送基準勧告(オレンジブックⅢ)
  - 1.6.4.3 UNECE安全性試験項目の概要
  - 1.6.4.4 安全性試験の想定領域(概念図)
  - 1.6.4.5 安全性試験の過酷度とアクションプラン
- 1.6.5 サイクル劣化と寿命推定
  - 1.6.5.1 VDAの試験方法によるサイクルライフ
  - 1.6.5.2 10Ahセルのサイクル劣化(1)電流低下モデル
  - 1.6.5.3 10Ahセルのサイクル劣化(2)電圧低下モデル
  - 1.6.5.4 放電容量維持率、Ah表示と充放電効率

## 第2章 電池材料・部材と性能レベル

- 2.1 正極材
  - 2.1.1 汎用正極材
    - 2.1.1.1 正極剤の理論容量と実用容量
    - 2.1.1.2 正極剤の特性
      - 2.1.1.3 汎用正極剤の特性
      - 2.1.1.4 正極活物質の自己分解開始温度
      - 2.1.1.5 鉄リン酸リチウム正極
        - 2.1.1.6 鉄リン酸リチウム正極の4Ahセルの特性
        - 2.1.1.7 高容量の正極活物質
        - 2.1.1.8 正極活物質の放電容量の向上
        - 2.1.1.9 正極剤の容量とセルの試算(1)
        - 2.1.1.10 正極剤の容量とセルの試算(2)
        - 2.1.1.11 正極材の容量とセルの比容量モデル
        - 2.1.1.12 正極剤の放電容量とセルの電流密度
  - 2.1.2 粒子のモルフォロジー
    - 2.1.2.1 LNMC0三元系正極材
    - 2.1.2.2 正極材の粒子形状
    - 2.1.2.3 ゴルーゲル法+噴霧熱分解法によるマンガン系正極/LCOの合成方法
      - 2.1.2.4 噴霧造粒・焼成系の正極活物質と同電極板
      - 2.1.2.5 LFP(リン酸鉄リチウム)LiFePO<sub>4</sub>の特性例
      - 2.1.2.6 実用・正極Li-化合物の粒径と比表面積
      - 2.1.2.7 3元系高性能正極材の製品の改良事例
  - 2.1.3 高容量正極材(5V系)
    - 2.1.3.1 リチウムイオン電池のエネルギー密度向上
    - 2.1.3.2 正負極の電位とセルの放電容量
    - 2.1.3.3 硫黄系高容量正極の目標
    - 2.1.3.4 正負極の電位上昇とセルの放電容量低下
    - 2.1.3.5 LNM05V系正極の放電特性
    - 2.1.3.6 Li1.0~1.1リチウムの単元、二元系
    - 2.1.3.7 リチウム過剰系(Li>1.2)の単元と2,3元系の研究例
      - 2.1.3.8 5V系正極材の最近の研究事例
      - 2.1.3.9 使えない正極材
- 2.2 負極材と導電剤
  - 2.2.1 炭素系負極材
    - 2.2.1.1 炭素系負極の模式図
    - 2.2.1.2 炭素系負極材料の特性
    - 2.2.1.3 負極材料の理論容量とセルの端子電圧
    - 2.2.1.4 各種負極材の理論容量
    - 2.2.1.5 各種負極材の理論容量とセルの端子電圧
    - 2.2.1.6 黒鉛系と難黒鉛化系の放電電圧

- 2.2.1.7 炭素系負極の容量と電位
- 2.2.1.8 実用・炭素系負極材の特性
- 2.2.1.9 負極材料の形状
- 2.2.1.10 天然黒鉛の原料（精製原料の塗工前）と電極板表面
- 2.2.2 不可逆容量
  - 2.2.2.1 炭素系負極の不可逆容量
  - 2.2.2.2 ハードカーボン呉羽 PIC の Li の化学
  - 2.2.2.3 炭素の不可逆容量
  - 2.2.2.4 炭素材料と不可逆容量
  - 2.2.2.5 新規高容量 Si 系負極の不可逆容量
- 2.2.3 LTO と負極電位
  - 2.2.3.1 LTO 負極セルの反応
  - 2.2.3.2 LMO 正極/LTO 負極セルの充放電過程
  - 2.2.3.3 カーボン・コーティング LTO の容量とレート特性
  - 2.2.3.4 LTO 負極セルのサイクル特性
  - 2.2.3.5 各社の LTO 負極セルの特性
  - 2.2.3.6 三菱 iMiEV に採用されている LTO 負極電池
- 2.2.4 高容量負極材
  - 2.2.4.1 各種負極材の比容量（理論値）
  - 2.2.4.2 100Whセル（正極+負極）重量
  - 2.2.4.3 100Whセル（正極+負極）体積
  - 2.2.4.4 負極材の特性と電極バインダー
  - 2.2.4.5 新規な負極とバインダー
  - 2.2.4.6 負極材の膨張率とバインダーの関係
- 2.2.5 カーボンブラック
  - 2.2.5.1 導電剤の機能と配合
  - 2.2.5.2 導電性カーボンの SEM
  - 2.2.5.3 比表面積の高い炭素物質
  - 2.2.5.4 導電剤の選択と混合例
  - 2.2.5.5 黒鉛とカーボンブラックの電気化学的安定性
- 2.2.6 気相成長炭素繊維（VGCF）
  - 2.2.6.1 VGCF の特性
  - 2.2.6.2 導電剤の選択と混合
  - 2.2.6.3 VGCF（気相成長炭素繊維）の分散
- 2.3 電解液と電解質
  - 2.3.1 電解液の組成とイオン伝導性
    - 2.3.1.1 イオン伝導と電気（子）伝導
    - 2.3.1.2 水系 VS. 非水電解液電池の電気化学
    - 2.3.1.3 汎用電解液
    - 2.3.1.4 電解液と電解質の一般特性
    - 2.3.1.5 EC を主成分とする電解液組成とイオン伝導度
    - 2.3.1.6 汎用有機電解液のイオン伝導度と温度変化
  - 2.3.2 ポリマー電解液
    - 2.3.2.1 電解液（質）系によるリチウムイオンの分類
    - 2.3.2.2 PVDF ゲル電解液系のイオン伝導度
    - 2.3.2.3 ポリマー（ゲル）セルの高電圧充電効果
    - 2.3.2.4 ポリマーゲルによる内部短絡回避
    - 2.3.2.5 ポリマー（ゲル）電解液のモルフロジー
  - 2.3.3 電解液の耐電圧、可燃性と安全性
    - 2.3.3.1 リチウムイオン・セルの正常動作領域
    - 2.3.3.2 電解質中の電位分布
    - 2.3.3.3 リチウムイオン電池（セル）の電極電位
    - 2.3.3.4 有機電解液の電気分解領域
    - 2.3.3.5 有機電解液の HOMO、LUMO Ev
    - 2.3.3.6 F-GBL の特性
    - 2.3.3.7 有機電解液の引火点と消防法規制
    - 2.3.3.8 第四類引火性液体（消防法）の指定数量
    - 2.3.3.9 大型の 20Ah セルの消防法該当電解液量
  - 2.3.3.10 電解液の安全性データ
- 2.3.4 電解質と安定剤
  - 2.3.4.1 電解質（Li 塩）の特性
  - 2.3.4.2 各種電解質の特性
  - 2.3.4.3 主な Li 電解質の分子量と組成
  - 2.3.4.4 LiBOB 添加による Mn の溶出抑制効果
  - 2.3.4.5 電解液への添加剤関係の開発動向
  - 2.3.4.6 電解液系への添加剤 化合物>作用機序>効果発現
  - 2.3.4.7 添加剤の実用化(1)
  - 2.3.4.8 添加剤の実用化(2)
- 2.4 集電箔
  - 2.4.1 集電箔の電気化学
    - 2.4.1.1 アルミニウム（正極）集電箔の電気化学的な特性
    - 2.4.1.2 銅（負極）集電箔の電気化学的な特性
    - 2.4.1.3 極板の欠陥と不良例
    - 2.4.1.4 過放電によるセルのガス膨張と電極板の崩壊
    - 2.4.1.5 銅箔とアルミ箔の選択
    - 2.4.1.6 集電箔の厚さと目付量
  - 2.4.2 正極集電箔
    - 2.4.2.1 集電箔と正負極剤の問題点
    - 2.4.2.2 負極（銅）集電箔の機能と求められる特性
    - 2.4.2.3 高機能アルミ箔開発動向
    - 2.4.2.4 高機能アルミ箔
    - 2.4.2.5 表面処理アルミ箔の効果
    - 2.4.2.6 カーボンコーティングアルミ箔
  - 2.4.3 負極集電箔
    - 2.4.3.1 1Ahセルの標準的なエネルギー設計
    - 2.4.3.2 負極（銅）集電箔の機能と求められる特性
    - 2.4.3.3 集電銅箔の種類と代表特性
    - 2.4.3.4 集電用銅箔の特性（7μm基準）
    - 2.4.3.5 開孔（メッシュ）箔の表面積（8μm箔）
- 2.5 セパレータ
  - 2.5.1 汎用セパレータ
    - 2.5.1.1 樹脂セパレータの製法
    - 2.5.1.2 各種セパレータの特徴
    - 2.5.1.3 セパレータの諸元
    - 2.5.1.4 セパレータの選定ステップ
    - 2.5.1.5 リチウムイオン電池の温度領域と問題点
  - 2.5.2 耐熱性セパレータ
    - 2.5.2.1 セパレータのシャットダウン特性
    - 2.5.2.2 セパレータの機能と温度
    - 2.5.2.3 内部短絡を回避(1)
    - 2.5.2.4 内部短絡の回避(2)
    - 2.5.2.5 新しい機能性セパレータ
- 2.6 バインダー
  - 2.6.1 バインダーの機能
    - 2.6.1.1 バインダーによる活物質の接着・結着状態
    - 2.6.1.2 各種バインダーポリマーの構造と配合
    - 2.6.1.3 ポリマーの Tg と Tm
    - 2.6.1.4 導電助剤とバインダー
    - 2.6.1.5 バインダーに対する物理・化学的な作用
  - 2.6.2 PVDF
    - 2.6.2.1 PVDF バインダーのホモポリマーとコポリマー
    - 2.6.2.2 PVDF の酸化と還元耐性
    - 2.6.2.3 バインダーポリマーの融点
    - 2.6.2.4 重合度の PVDF の NMP 溶液の結晶化
    - 2.6.2.5 PVDF の溶媒と電解液に対する溶解性と膨潤度
    - 2.6.2.6 PVDF の重合度とバインダー溶液

- 2.6.2.7 バインダーの樹脂濃度と粘度
- 2.6.2.8 高分子量タイプPVDF バインダー
- 2.6.2.9 ポリマーの酸素指数
- 2.6.2.10 リチウムイオン・セルの難燃化
- 2.6.3 SBR ラテックス
  - 2.6.3.1 SBR 共重合体の構造および添加成分
  - 2.6.3.2 新規バインダー
  - 2.6.3.3 新規負極バインダー 1
  - 2.6.3.4 新規負極バインダー 2
- 2.6.4 新規なバインダー
  - 2.6.4.1 負極材の膨張率とバインダー
  - 2.6.4.2 ポリイミド、ポリアミド・イミド系バインダー
  - 2.6.4.3 PAI ポリアミドイミド、PI ポリイミドの高分子量化
- 反応
  - 2.6.4.4 バインダーポリマーの耐熱性アップ
  - 2.6.4.5 究極はバインダーは要らない！
- 2.7 外装材
  - 2.7.1.1 セルの外装材と電極構造
  - 2.7.1.2 円筒リチウムイオン電池の事故例
  - 2.7.1.3 ラミネートセル用アルミ芯包材の構成
  - 2.7.1.4 ラミネート包材の“ストレスクラック”
  - 2.7.1.5 ラミネート外装材の新たな展開 (1)
  - 2.7.1.6 ラミネート外装材の新たな展開 (2)
- 2.8 関連資料
  - 2.8.1 mAh 計算
  - 2.8.2 mWh 計算
  - 2.8.3 正極、負極の電位と電解液の電位窓

### 第3章 設計・製造工程と機器

- 3.1 セルの基本設計
  - 3.1.1 容量設計と負極/正極比
    - 3.1.1.1 セルの設計例 (ステップ 1)
    - 3.1.1.2 セルの設計例 (ステップ 2)
    - 3.1.1.3 実用リチウムイオンセルの設計事例
      - 3.1.1.4 実用セルの設計と制約
      - 3.1.1.5 正極と負極、容量のバランス
  - 3.1.2 電極板の目付量
    - 3.1.2.1 実用セルの設計と制約
    - 3.1.2.2 電極板の目付量の設定プロセス
    - 3.1.2.3 円筒型セルのコバルト系正極電極面積
    - 3.1.2.4 円筒型セル (18φと26φ) の電極面積と目付量
    - 3.1.2.5 ラミネート型セルのマンガン系正極電極面積
    - 3.1.2.6 ラミネート型セルの電極面積 (マンガン系正極)
    - 3.1.2.7 Wh 当たりの電極面積と活物質容量
    - 3.1.2.8 電極板塗工の速度と目付量モデル
  - 3.1.3 ラボスケールの実験
    - 3.1.3.1 ラボスケール電極塗布・乾燥装置
    - 3.1.3.2 セルのサイズと評価事項
    - 3.1.3.3 ラミネート型の評価用セルと製品セル
- 3.2 製造アイテムと工程の流れ
  - 3.2.1 全行程の概要
    - 3.2.1.1 リチウムイオン電池の製造全工程
    - 3.2.1.2 電池製造のスケールアップ
    - 3.2.1.3 製造工程・製造設備・付帯設備
    - 3.2.1.4 製造の付帯設備と機器と設備金額
  - 3.2.2 原材料の投入ステップ
    - 3.2.2.1 全工程の原料、部材と製造装置の関係
  - 3.2.3 工程不良と対策

- 3.2.3.1 製造工程の不良と安全性リスク
- 3.2.4 工程の区分と合理化
  - 3.2.4.1 操業のパターンと人員配置
  - 3.2.4.2 工程区分の取り方
  - 3.2.4.3 製造設備と工程費 (大型セルの製造)
  - 3.2.4.4 リチウムイオン電池生産の分業
- 3.3 工程機器と付帯設備
  - 3.3.1 工程と製造装置類
    - 3.3.1.1 原材料、製造工程と環境 (1)
    - 3.3.1.2 原材料、製造工程と環境 (2)
    - 3.3.1.3 製造設備の関連企業 (1)
    - 3.3.1.4 製造設備の関連企業 (2)
    - 3.3.1.5 後工程の製造設備の関連企業 (3)
    - 3.3.1.6 組立・充電工程の製造設備の関連企業 (4)
    - 3.3.1.7 汎用機転用から専用機設計へ
  - 3.3.2 塗工機と方式
    - 3.3.2.1 電極板の塗工方式と装置
    - 3.3.2.2 区分塗工用コーティング装置
    - 3.3.2.3 ヒラノテクシート㈱のコンマコーター®
    - 3.3.2.4 電極板の塗工方式 (1)
    - 3.3.2.5 電極板の塗工方式 (2)
  - 3.3.3 付帯設備類
    - 3.3.3.1 付帯設備類 (1)
    - 3.3.3.2 付帯設備類 (2)
    - 3.3.3.3 電解液 (組成) の火災時の措置
- 3.4 化学物質規制と電池の 3R 課題
  - 3.4.1 化学物質の法規制
    - 3.4.1.1 リチウムイオン電池の化学物質と法規制
    - 3.4.1.2 電池製造の化学物質の安全と法規制
    - 3.4.1.3 化学物質の諸規制 (海外) と電池
    - 3.4.1.4 REACH における対象物
  - 3.4.2 回収、リサイクルと廃棄
    - 3.4.2.1 資源・環境関係法の相互関係と機能
    - 3.4.2.2 二次電池の 3R と関連事項
    - 3.4.2.3 廃電池とバーゼル法の規定

### 第4章 電池製造 (前・中工程)

- 4.1 前工程 (粉体配合とスラリー調整)
  - 4.1.1 正負極の配合
    - 4.1.1.1 正極活物質の構造と電子伝導性
    - 4.1.1.2 電極板の製造、粉体加工とスラリー化
    - 4.1.1.3 正負極材の真比重、T比重、P比重、空隙率
    - 4.1.1.4 粉体の帯電列と界面電位
    - 4.1.1.5 材料の混合、混練と粉砕
  - 4.1.2 導電材の配合と MC 処理
    - 4.1.2.1 正極における導電剤の添加効果
    - 4.1.2.2 導電剤の配合パラメーター PX の設定事例
    - 4.1.2.3 粒子の複合化>均一分散、導電アップ
    - 4.1.2.4 カーボンブラック親油性と親水性
    - 4.1.2.5 導電剤の選択と混合例 (2)
    - 4.1.2.6 材料の混合・混練と物質の特性
    - 4.1.2.7 混練工程の機器
    - 4.1.2.8 正負極材の混合、分散
    - 4.1.2.9 粉体の混合・加工
    - 4.1.2.10 活物質のメカノケミカル MC 処理 特許公開例
    - 4.1.2.11 ラボスケールの電極スラリーの調整
    - 4.1.2.12 実験室での活物質の簡易な混練方法
    - 4.1.2.13 赤外線ランプ照射

- 4.1.3 塗工スラリーの調整
    - 4.1.3.1 正極と負極の粉体加工とスラリー調整
    - 4.1.3.2 塗工スラリーの粘度と固形分モデル
    - 4.1.3.3 電極材料の混合・分散 (1. 有機溶剤系)
    - 4.1.3.4 電極材料の混合・分散 (2. 水媒体系)
    - 4.1.3.5 活物質の水による溶出と吸水率
    - 4.1.3.6 正負極材の pH 値
    - 4.1.3.7 正極の水系塗工スラリーの pH
    - 4.1.3.8 NMC 多元系正極材の特性
    - 4.1.3.9 SBR 共重合ポリマーの構造および添加成分
    - 4.1.3.10 炭素系負極の水系塗工スラリー調製
    - 4.1.3.11 炭素系負極の水系における濡性と流動性
    - 4.1.3.12 バインダーの選択 (小型と中大型セル)
    - 4.1.3.13 炭素系負極極板の水系塗工と評価
    - 4.1.3.14 塗工スラリーの製造の公開特許図
    - 4.1.3.15 塗工正極の加工
  - 4.1.4 塗工媒体の問題
    - 4.1.4.1 バインダーポリマーと媒体 (1)
    - 4.1.4.2 バインダーポリマーと媒体 (2)、コスト
  - 4.1.5 導電性異物と対策
    - 4.1.5.1 鉄錆の発生メカニズム
    - 4.1.5.2 酸化鉄粒子のモルフォロジー
    - 4.1.5.3 酸化鉄粒子の導電化と内部短絡発現モデル
    - 4.1.5.4 バインダーによる導電性異物の固定と反応封鎖
    - 4.1.5.5 過放電による負極極板 Cu の剥離
    - 4.1.5.6 過放電による正極材の状態変化
    - 4.1.5.7 セルの内部短絡防止対策
  - 4.2 中工程 (塗工・乾燥と電極板評価)
    - 4.2.1 電極板の塗工・乾燥
      - 4.2.1.1 製造設備と工程費
      - 4.2.1.2 極板の塗工パターン (正負、両面)
      - 4.2.1.3 電極の塗工パターン
      - 4.2.1.4 負極電極板の塗工後検査
      - 4.2.1.5 電極の塗工後の長尺電極シート
      - 4.2.1.6 スリット・ダイによる間欠塗工システム
      - 4.2.1.7 区分塗工用コーティング機
      - 4.2.1.8 電極塗工スラリーの構造粘性
      - 4.2.1.9 極板の乾燥過程
      - 4.2.1.10 (PVDF+黒鉛) NMP の乾燥プロセス
      - 4.2.1.11 塗工>乾燥ステップ
      - 4.2.1.12 塗工>乾燥ステップ
      - 4.2.1.13 PVDF の結晶化温度と冷却速度の関係
      - 4.2.1.14 製膜温度と PVDF の膨潤率および有機酸の添加効果
    - 4.2.2 塗工速度と効率
      - 4.2.2.1 電極塗工媒体の蒸気圧
      - 4.2.2.2 塗工・乾燥の速度モデル
      - 4.2.2.3 電極板塗工の速度因子
      - 4.2.2.4 電極板塗工の速度と目付量モデル
      - 4.2.2.5 電極板の塗工>乾燥における相対効率モデル
      - 4.2.2.6 電極板の塗工>乾燥
    - 4.2.3 電極板の欠陥
      - 4.2.3.1 塗工層における臨界顔料体積濃度の保持
      - 4.2.3.2 電極板のクラックと膨れ
      - 4.2.3.3 電極板を構成する材料の熱膨張
      - 4.2.3.4 電極板の塗工欠陥
      - 4.2.3.5 電極板 (負極) の電解液への浸漬試験
    - 4.2.4 電極板の二次加工
      - 4.2.4.1 電極板乾燥装置
        - 4.2.4.2 電極板のプレス (連続プレス機)
        - 4.2.4.3 カレンダーロールの事例
        - 4.2.4.4 電極表面 SEM
        - 4.2.4.5 電極板の密度とプレス効果 (1)
        - 4.2.4.6 電極板の密度とプレス効果 (2)
        - 4.2.4.7 スリッターの装置例
      - 4.2.5 電極板の評価 (1)
        - 4.2.5.1 LNMO 三元系電極の表面状態
        - 4.2.5.2 ラミネートセル Mn 系正極の表面状態
        - 4.2.5.3 極板接着評価方法
      - 4.2.6 電極板の評価 (2)
        - 4.2.6.1 電極板の評価 (セルの放電容量の変化)
        - 4.2.6.2 電極板の評価 (1)
        - 4.2.6.3 電極板の評価 (2)
        - 4.2.6.4 良い極板とは
  - 4.3 正負極材の浸水による変化
    - 4.3.1 リチウムイオンの溶出
      - 4.3.1.1 正極・負極の水系溶出成分 ICP 分析 (1)
      - 4.3.1.2 正極・負極の水系溶出成分 ICP 分析 (2)
    - 4.3.2 浸水と X 線回析パラメーター
      - 4.3.2.1 浸水処理による活物質の XRD パラメーターの変化
- 第5章 電池製造 (後工程)**
  - 5.1 後工程 (電解液充填、初充電と検査)
    - 5.1.1 セル組立と乾燥
      - 5.1.1.1 リチウムイオン電池製造装置
      - 5.1.1.2 ラミネート型セルの自動組立機
      - 5.1.1.3 電極板とセパレータの位置関係
      - 5.1.1.4 セルの乾燥条件と初充電におけるガス発生
    - 5.1.2 外装封止と端子付け
      - 5.1.2.1 集電箔の収束 (超音波溶着)
      - 5.1.2.2 集電箔の超音波溶接 (溶/熔着)
      - 5.1.2.3 大形ラミネートセルの超音波熔着したタブ端子
      - 5.1.2.4 真空シーラーと電解液充填機
      - 5.1.2.5 ラミネート包材のストレスクラック
      - 5.1.2.6 ラミネート包材における“タブ”の封止
      - 5.1.2.7 シーラントタブ封止部の、引張り強度スライド
      - 5.1.2.8 シーラントタブ封止部引張り強度
      - 5.1.2.9 シーラントタブ封止部引張り強度の測定例
      - 5.1.2.10 ラミネート型セルのガス膨脹
    - 5.1.3 電解液注入
      - 5.1.3.1 セルへの電解液の侵入方向
      - 5.1.3.2 セパレータへの電解液の浸透
      - 5.1.3.3 非充放電電極面における異常
    - 5.1.4 初充電操作と SEI 形成
      - 5.1.4.1 反応電極電位
      - 5.1.4.2 初充電操作と脱ガス、SEI 形成
      - 5.1.4.3 電解液への添加剤 (化合物と作用機序)
      - 5.1.4.4 フッ化 EC の作用機序
      - 5.1.4.5 ビニレンカーボネート (VC) の効果と SEI ライド
      - 5.1.4.6 初充電および検査項目と設定事例
      - 5.1.4.7 初充 (放) 電の条件と測定項目 (1)
      - 5.1.4.8 初充 (放) 電の条件と測定項目 (2)
      - 5.1.4.9 初充 (放) 電の条件と測定項目 (3)
    - 5.1.5 自己放電と内部抵抗
      - 5.1.5.1 自己放電率と AC 抵抗、DC 抵抗
      - 5.1.5.2 セルの劣化と交流抵抗 ACR の変化

- 5.1.5.3 セルの内部抵抗
- 5.2 品質管理と保証
  - 5.2.1 仕様書と取扱説明書
    - 5.2.1.1 (単) 電池仕様書の項目例
    - 5.2.1.2 取扱説明書の特性値の英文、和文の表現
    - 5.2.1.3 JISC8715-2の附属書(A)の安全領域
    - 5.2.1.4 (小型) 二次電池の表示(マーキング)
  - 5.2.2 MSDSと輸出関係書類
    - 5.2.2.1 リチウムイオン電池(セル)の輸出手順
    - 5.2.2.2 リチウムイオン電池のMSDS事例
    - 5.2.2.3 輸送時の添付資料の事例
    - 5.2.2.4 危険物申請書
  - 5.2.3 技術情報の提供と試験
    - 5.2.3.1 JISの機能安全性試験
    - 5.2.3.2 リチウムイオン電池、メーカーとユーザーの情報共有
    - 5.2.3.3 製品開発と製造における規格要求事項の流れ(1)
    - 5.2.3.4 製品開発と製造における規格要求事項の流れ(2)
- 5.3 関係資料
  - 5.3.1 保存劣化と対策
    - 5.3.1.1 セルの保存劣化とSOCの影響
    - 5.3.1.2 VDAの試験方法によるサイクルライフ
    - 5.3.1.3 セルの寿命予測
    - 5.3.1.4 セルの保存条件(温度)と特性の劣化
  - 5.3.2 セルの特性のパラツキ
    - 5.3.2.1 三直列定電流充電
    - 5.3.2.2 並列定電圧充電
    - 5.3.2.3 過充電セルの体積膨張率
    - 5.3.2.4 セル>パック>モジュールの構成
    - 5.3.2.5 大容量のユニットのBMS

## 第6章 電池のコスト

- 6.1 工場原価試算(原材料費、設備償却と労務費)
  - 6.1.1 原材料(使用量とコスト事例)
    - 6.1.1.1 EV用量産セルのコスト計算の手順(1)
    - 6.1.1.2 セルの重量と体積構成
    - 6.1.1.3 原材料のコスト
    - 6.1.1.4 正極材、単価と性能
  - 6.1.2 固定費と比例費
    - 6.1.2.1 量産セルのコスト計算の手順(2)
    - 6.1.2.2 100万セル/年の製造設備
    - 6.1.2.3 設備(新設)金額の試算(1)
    - 6.1.2.4 設備(新設)金額の試算(2)
    - 6.1.2.5 付帯設備を増強した金額(新設)の試算(3)
    - 6.1.2.6 EV・HEV用の電池工場 設備投資金額
    - 6.1.2.7 100万セル/年の製造コストの合計
  - 6.1.3 工場原価と利益率ROI、粗利益
    - 6.1.3.1 設備投資額を変えた場合のセルの製造コスト
    - 6.1.3.2 電池の工場原価
    - 6.1.3.3 100万セル/年生産の利益率

- 6.1.3.4 Ahセルの価格モデル
- 6.1.4 コストダウンのシミュレーション(/kWh)
  - 6.1.4.1 原材料のコストダウンとセルの製造コスト
  - 6.1.4.2 コストダウン、原材料>設計>製造>販売
- 6.1.5 究極のコストダウン、硫黄と鉛
  - 6.1.5.1 究極のコストダウン・正極材のコスト試算(A)
  - 6.1.5.2 正極材のコスト試算、5V系と硫黄系(1)
  - 6.1.5.3 正極材のコスト試算、5V系と硫黄系(2)
  - 6.1.5.4 正極材のコスト試算(a) 理路容量ベース
  - 6.1.5.5 正極材のコスト試算、5V系と硫黄系(b, Ah)
  - 6.1.5.6 正極材のコスト試算 5V系と硫黄系(C. Ah, Wh)
- 6.2 コストダウンと方策
  - 6.2.1 製造工程上のネック
    - 6.2.1.1 リチウムイオン電池の材料>製造>運用
  - 6.2.2 ネック解消の方策
    - 6.2.2.1 電極板製造の集約化
  - 6.2.3 機能のハイブリッド化
    - 6.2.3.1 ポリマー系材料のハイブリッド化
    - 6.2.3.2 PVDFのハイブリッド化材料
    - 6.2.3.3 ポリマー/イオン性液体/電解液(質)の相溶性を活かしたハイブリッド化
    - 6.2.3.4 ポリマーゲルをセパレータとした例
    - 6.2.3.5 ロールtoロール連続プロセス
    - 6.2.3.6 ポリマー状電解液のセルへの導入
  - 6.2.4 双極子セル
    - 6.2.4.1 双極子型リチウムイオン電池
    - 6.2.4.2 双極子型リチウムイオン・セル
- 6.3 製造コスト関連資料
  - 6.3.1 コストの算定基礎(計算の過程)
    - 6.3.1.1 原材料の工程ロス設定
    - 6.3.1.2 セルの材料コスト構成(1) エネルギー設計
    - 6.3.1.3 セルの材料コスト構成(2) パワー設計
  - 6.3.2 試算のスケールとEV相当台数
    - 6.3.2.1 試算のスケールと自動車相当台数
    - 6.3.2.2 電動自動車の電池(2)

## 第7章 ポストリチウムイオン電池

- 7.1 ニーズとシーズ
  - 7.1.1 リチウムイオン電池、ニーズとシーズ
  - 7.1.2 蓄電デバイス相互の比較
  - 7.1.3 リチウムイオン電池の変遷(1)
  - 7.1.4 リチウムイオン電池の変遷(2)
  - 7.1.5 ポリマーゲル二次電池の応用 文献資料
- 7.2 ポストリチウムイオン電池
  - 7.2.1 発電(一次電池)と蓄電(二次電池)としてのデバイスのマップ
  - 7.2.2 メタル/空気系セルの理論容量
  - 7.2.3 ポストリチウムイオン電池、セルの実用化

## 資料一覧