

過充電、過放電を防ぐには？ 電池を長く使う為のセルバランス、充放電制御技術を詳解！

劣化、性能低下、残量、寿命をどのように推定するのか？ 推定モデルの構築技術を徹底解説！

新刊書籍  
2023年2月発行

# リチウムイオン電池の 長期安定利用に向けた マネジメント技術

●発行日:2023年2月28日 ●体 裁:A4判567頁 ●定 価:88,000円(税込) ●ISBN:978-4-86104-938-5  
※大学、公的機関、医療機関の方には割引価格(アカデミック価格)で販売いたします。詳しくはお問い合わせください。



## 本書の構成

技術情報協会 バッテリーマネジメント

### ◆リチウムイオン電池の安全性向上に向けた設計◆

- ・安全性試験規格、劣化試験、内部短絡系試験、試作とその評価試験
- ・熱対策、劣化抑制に向けた材料、部材の設計
- ・劣化、熱暴走、発火のメカニズムと事故発生要因を学ぶ
- ・過充電、過放電、内部短絡、機械的破壊を起こさないための設計のポイント

### ◆リチウムイオン電池の劣化・寿命推定技術◆

- ・劣化症状の発現機構、劣化に伴う容量の変化と劣化状態の診断技術
- ・充放電発熱、熱管理解析と安全性予測シミュレーション技術
- ・電池状態測定結果からの容量や出力の劣化推定、残量の推定技術
- ・リチウムイオン電池の充放電時の働きや、使用時の内部状態の可視化技術
- ・充放電状態のオペランド、リアルタイム観測、状態解析技術
- ・非破壊劣化評価、内部状態の定量分析技術

### ◆リチウムイオン電池のマネジメントに向けた状態推定モデル、システムの設計法◆

- ・バッテリーパックのシステム構築、制御とセルバランス、モニタリング技術
- ・充電状態の推定モデルの構築と状態管理システムの設計
- ・劣化予測、劣化シミュレーション技術とそれを利用したモデルの設計
- ・内部抵抗の発現メカニズム、そのシミュレーションとモデル構築技術
- ・熱回路モデルの構築と熱マネジメントシステム、冷却システムの設計
- ・構築モデルの精度検証のポイント:温度環境による充放電特性、ノイズへの対応

## 執筆者(敬称略)

(国研)産業技術総合研究所  
イトケン事務所  
東京電力ホールディングス(株)  
テュアラインランドジャパン(株)  
オムロン(株)  
(株)東レリサーチセンター  
(株)KRI  
JFEテクノロジー(株)  
大和製罐(株)  
横河ソリューションサービス(株)  
日置電機(株)  
東海大学  
筑波大学  
ライカマイクロシステムズ(株)

向井 孝志  
伊藤 貞則  
田代 洋一郎  
八尾 恭彦  
岩谷 康次郎  
森脇 博文  
加藤 史朗  
筋 丈史  
有馬 理仁  
松下 武司  
森 匠  
坂本 俊之  
守友 浩  
森下 達治

北陸先端科学技術大学院大学  
(国研)物質・材料研究機構  
東芝ITコントロールシステム(株)  
(一財)電力中央研究所  
神戸大学  
神戸大学  
群馬大学  
九州大学  
マクセル(株)  
愛知工業大学  
東京工業大学  
日本ゼオン(株)  
北陸先端科学技術大学院大学  
西野技術士事務所  
(株)ソフトウェアアクリド  
(株)コベルコ科研  
(株)IDAJ

大島 義文  
増田 卓也  
富澤 雅美  
小林 剛  
木村 建次郎  
松田 聖樹  
鈴木 宏輔  
中島 裕典  
澤木 裕子  
大澤 善美  
安原 颯  
前田 耕一郎  
前園 涼  
西野 敦  
白川 慶介  
高岸 洋一  
高橋 老尚

帝人(株)  
岩手大学  
温故・拓新バッテリーマテリアルズ  
デルタテックラボラトリー  
(株)本田技術研究所  
東芝インフラシステムズ(株)  
マズワークス合同会社  
アンシス・ジャパン(株)  
  
マイクロ・ビークル・ラボ(株)  
デクセリアルズ(株)  
(一財)電力中央研究所  
日鉄テクノロジー(株)  
山形大学  
北陸先端科学技術大学院大学  
(公財)高輝度光科学研究センター  
(株)東芝

西川 聡  
宇井 幸一  
山田 一博  
高瀬 弘嗣  
富永 由騎  
近藤 敦美  
本郷 廣生  
藤井 明  
原 潤一郎  
松尾 博  
古内 裕治  
山崎 温子  
速水 弘子  
立花 和宏  
後藤 和馬  
櫻井 吉晴  
藤田 有美

九州工業大学  
岡山大学  
日置電機(株)  
シーメンス(株)  
大阪府立大学  
TAインスツルメンツ・ジャパン(株)  
東北大学  
(株)東レリサーチセンター  
(株)住化分析センター  
東北大学  
千葉大学  
(株)日立製作所  
(株)スズキ・マテリアル・テクノロ  
ジー・アンド・コンサルティング  
(株)エーワイイー

孫 勇  
紀和 利彦  
河室 佑貴  
佐伯 卓哉  
塚崎 裕文  
川田 友紀  
石黒 志  
青木 靖仁  
木村 宏  
今宿 晋  
武居 昌宏  
高松 大郊  
鈴木 孝典  
菅原 秀一  
朝倉 吉隆

## 第1章 リチウムイオン電池の劣化現象、 トラブルの発生メカニズムと 蓄電池システムの安全に関する法令と産業標準

### 第1節 リチウムイオン電池の課題と熱暴走メカニズム

- 1.リチウムイオン電池の一課題
- 2.リチウムイオン電池の熱暴走メカニズムと安全機構

### 第2節 リチウムイオン電池の事故例から見える 発火に至るメカニズムと対策

- 1.リチウムイオン電池の構造と化学反応
- 2.発火に至るメカニズム
- 3.リチウムイオン電池使用時注意事項の基となる事故例と原因
- 4.対策

### 第3節 蓄電池システムの安全に関する法令と産業標準

- 1.蓄電池システムの火災事故
- 2.蓄電池システムに関する国内法令
- 3.蓄電池システムに関する産業標準

## 第2章 リチウムイオン電池の安全性試験

### 第1節 リチウムイオン電池の安全性試験

- 1.リチウムイオン電池の性能試験と安全性試験
- 2.リチウムイオン電池の安全性試験規格

## 第2節 リチウムイオン電池の劣化試験

- 1.リチウムイオン電池の容量測定方法
- 2.リチウムイオン電池の劣化

### 第3節 リチウムイオン電池の発生ガスの分析

- 1.劣化LIBの内部ガス分析
- 2.内部短絡試験と試験時の発生ガス分析
- 3.過熱における熱暴走試験と試験時の発生ガス分析

### 第4節 リチウムイオン電池の内部短絡系安全性評価

- 1.LIB事故の要因
- 2.LIBが熱暴走へ至る過程
- 3.内部短絡時のセル内部状態
- 4.従来の内部短絡系試験法
- 5.電池シミュレータを用いた内部短絡系試験法

### 第5節 リチウムイオン二次電池の試作とその評価試験

- 1.EV用LIBに求められる性能と開発動向
- 2.高容量正極LIBに適した電池試作環境と評価例

## 第3章 リチウムイオン電池の 状態推定、非破壊解析技術

### 第1節 リチウムイオン電池の劣化症状発現機構と 劣化状態診断技術

- 1.劣化症状発現機構
- 2.劣化状態診断技術

## 第2節 蓄電池の状態診断技術

- 1.劣化と測定の課題
- 2.状態診断技術の種類と用途
- 3.状態診断技術、状態測定技術による貢献

### 第3節 インピーダンスを用いた性能推定と劣化診断の技術

- 1.車載電池のインピーダンス
- 2.電池のインピーダンスの直接計測と解析
- 3.電池の劣化とインピーダンス

### 第4節 交流インピーダンス法による リチウムイオン電池の劣化診断解析

- 1.リチウムイオン電池の劣化診断解析
- 2.SEI層を考慮したバッテリーの  
電気的等価回路モデルとモデル計算

### 第5節 リチウムイオン電池の充放電時の働きの可視化技術

- 1.充電時に起こっていること
- 2.実験方法
- 3.結果と考察

### 第6節 電池材料の表面分析における リチウム検出のためのLIBS手法

- 1.技術的な課題
- 2.新しいアプローチのLIBS

<p><b>第7節 透過型電子顕微鏡によるリチウムイオン電池のオペランド観測</b></p> <p>1. 充放電過程における課題 2. オペランドTEM計測法</p> <p><b>第8節 バイモータル原子間力顕微鏡による電極シート断面のナノ力学特性計測</b></p> <p>1. バイモータル原子間力顕微鏡 2. 解析 3. 実験配置 4. コバルト酸リチウム正極シートを利用した断面観察の実証例</p> <p><b>第9節 高速度X線透視とX線CTを用いたリチウムイオン電池内部短絡試験の高解像度内部状態解析</b></p> <p>1. LIBの特性とその内部短絡試験 2. X線による内部観察 3. LIBの針刺し実験 4. LIBの針刺し試験の結果</p> <p><b>第10節 リチウムイオン電池の非破壊劣化評価技術</b></p> <p>1. X線分析 2. 電極活物質の特定 3. 非破壊劣化評価</p> <p><b>第11節 蓄電池内部電流密度分布映像化技術の開発</b></p> <p>1. 背景 2. 蓄電池外部の磁場分布と電池内部電流密度の空間分布に関する解析的理論 3. 高感度磁場分布映像化技術 4. 測定事例</p> <p><b>第12節 二次電池電極内部の非破壊定量分析技術</b></p> <p>1. コンプトン散乱法とその特徴 2. コンプトン散乱実験 3. 市販のコイン型リチウム二次電池電極内の充放電におけるリチウム変化の非破壊定量分析 4. 円筒型リチウムイオン電池電極内の不均一なリチウム反応分布の非破壊測定</p> <p><b>第13節 リチウムイオン二次電池の金属異物混入による電気化学的內部短絡の検出</b></p> <p>1. 電池内における金属析出 2. 電気化学インピーダンス分光法による短絡診断</p> <p><b>第14節 リチウム電池のリアルタイム観察技術と金属Li析出、電池内反応の計測</b></p> <p>1. 観察方法 2. リチウム析出の観察 3. リチウム析出要因となるLi偏在 4. Li偏在の発生 5. 見えないLi析出</p>	<p><b>第4節 リチウムイオン電池の熱シミュレーションモデルの開発</b></p> <p>1. メゾスケール・シミュレーション 2. 単セルの発熱シミュレーション 3. 電池モジュール/パックの充放電発熱・安全性予測シミュレーション</p> <p><b>第5節 バッテリーパックの3次元冷却シミュレーション</b></p> <p>1. 3次元冷却シミュレーション技術 2. 耐火性評価のための3次元シミュレーション技術 3. 熱暴走時の被害縮小対策のための3次元シミュレーション技術</p>	<p><b>第3節 電池の内部抵抗の評価技術</b></p> <p>1. バッテリー熱管理システム(BTMS) 2. 電池の内部抵抗の原因 3. 電池の内部抵抗の測定 4. バッテリーマネジメントシステム(BMS)と内部抵抗測定</p> <p><b>第4節 電池内部の直接観測技術</b></p> <p>1. NMRによる電池内部の「直接」観測 2. ex situ NMR 3. その場(in situ, operando)分析, MRI(イメージング) 4. MRIおよび新規手法</p> <p><b>第5節 高エネルギーX線散乱を用いたリチウムイオン電池評価法</b></p> <p>1. X線コンプトン散乱 2. X線コンプトン散乱スペクトロメーター 3. 電子運動量密度分布 4. リチウムイオン電池・正極材料への応用例</p> <p><b>第6節 リチウムイオン電池の充電曲線解析を用いた安全性評価</b></p> <p>1. 充電曲線解析の原理と特長 2. LIBの充放電サイクル劣化に伴う安全性低下の検証とメカニズム解明 3. CCAによる安全性低下リスクの検出</p> <p><b>第7節 リチウムイオン電池電極の評価法</b></p> <p>1. 実験方法 2. 結果と考察</p> <p><b>第8節 テラヘルツ波ケミカル顕微鏡を用いたin-situ電池電極評価</b></p> <p>1. テラヘルツ波ケミカル顕微鏡の計測原理 2. テラヘルツ波ケミカル顕微鏡による評価</p> <p><b>第9節 リチウムイオン電池電極シートの合材層抵抗と界面抵抗の数値化</b></p> <p>1. 概要 2. RM2610の機能・特長</p> <p><b>第10節 電池反応シミュレーションソフトを用いた解析技術</b></p> <p>1. 電池モデリングにおける課題 2. 各種要素技術開発における電池モデリングの活用</p>
<b>第6章 セパレータの高耐熱化、劣化抑制による安全性向上</b>		
<p><b>第1節 セパレータへの機能性コーティング技術</b></p> <p>1. ポリエチレン微多孔膜から機能層コートセパレータへ 2. 耐熱層コートポリエチレン微多孔膜 3. ドライ接着層コートポリエチレン微多孔膜 4. ウェット接着層コートポリエチレン微多孔膜 5. 電解液含浸性向上</p> <p><b>第2節 ポリオレフィン微多孔膜製セパレータの耐熱化・シャットダウン機能改善</b></p> <p>1. LIBセパレータ用ポリオレフィン微多孔膜の種類と製法 2. LIBセパレータの物性及びLIBの性能・安全性との関係 3. LIBの技術開発動向 4. LIBセパレータ向けポリオレフィン微多孔膜の技術開発動向</p> <p><b>第3節 リチウムイオン電池用難燃性電解質の研究開発</b></p> <p>1. 室温イオン液体の特徴とリチウム二次電池用電解質への適用における課題 2. リチウム二次電池用電解質としての研究例 3. リチウム二次電池用電解質としての今後の展望</p>	<p><b>第7章 バッテリーマネジメント、セルバランス技術</b></p> <p><b>第1節 バッテリーパックの構成と制御手法</b></p> <p>1. バッテリーパックの構成 2. バッテリーパックの機能 3. バッテリーパックの要求仕様 4. バッテリーパックの制御手法 5. バッテリーパック設計の注意点</p> <p><b>第2節 電気性能発現メカニズムに基づいたリチウムイオン電池性能の劣化推定モデルの構築</b></p> <p>1. 劣化シミュレーションモデルの構築 2. モデルコンセプト 3. 劣化推定モデルの構築</p> <p><b>第3節 バッテリーシステムのモデルベース開発</b></p> <p>1. バッテリーシステム 2. バッテリーの冷却システム 3. 電気等価回路モデルと熱回路モデル 4. バッテリーモジュールの熱回路モデル</p> <p><b>第4節 カルマンフィルタを用いたバッテリーのSOC推定ロジックの開発</b></p> <p>1. カルマンフィルタの概要 2. カルマンフィルタを用いたバッテリーのSOC推定ロジック 3. カルマンフィルタを用いたバッテリーSOC推定の例</p> <p><b>第5節 シミュレーションを利用したバッテリーの寿命効率の向上技術</b></p> <p>1. 物理モデルベースの劣化予測技術 2. 温度予測モデル 3. 自動車用リチウムイオンバッテリーシステムの温度管理・各種方式と必要な熱源・部材と今後の展開</p>	<p><b>第10章 リチウムイオン電池材料の劣化評価、安全性評価</b></p> <p><b>第1節 透過型電子顕微鏡を用いたリチウム電池用電極材料の発熱反応解析</b></p> <p>1. 硫化物固体電解質の耐湿性 2. 硫化物固体電解質と熱安定性 3. NMC-LSS正極複合体の発熱挙動と微細構造</p> <p><b>第2節 熱分析を用いた電池材料評価</b></p> <p>1. 電池材料と熱分析 2. 電極や電解液の熱分析 3. セパレータの熱分析 4. 電池の熱量測定</p> <p><b>第3節 X線顕微分光分析によるリチウム電池活物質粒子の化学状態可視化</b></p> <p>1. X線スペクトログラフィによる化学状態可視化 2. スピネル型LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub>正極活物質粒子内部の化学状態分布解析</p> <p><b>第4節 in situ分析を利用したリチウムイオン電池の活物質の構造変化解析</b></p> <p>1. ラゴ装置を活用したin situ XRD測定 2. In situ Raman分析の測定例</p> <p><b>第5節 電極導電助剤の分散状態評価</b></p> <p>1. 導電助剤の分散状態が性能に及ぼす影響 2. 電極断面における合剤分散性評価技術 3. 電極スラリーの状態評価</p> <p><b>第6節 レーザー誘起プラズマ発光分光法を用いたリチウムイオン電池負極のリチウムの3次元分布測定</b></p> <p>1. レーザー誘起プラズマ発光分光法(LIBS)によるリチウム測定 2. LIBS法による負極のリチウムの3次元定量分析</p> <p><b>第7節 電気トモグラフィ法を用いた電極スラリーの可視化計測技術</b></p> <p>1. 電気トモグラフィ 2. 正極スラリー体積分率の電気トモグラフィ可視化計測 3. 深層学習を利用した複数スラリー材料の体積分率の可視化計測技術</p> <p><b>第8節 電解液内濃度分布の可視化技術</b></p> <p>1. 電解液内濃度分布の可視化に向けて 2. 位相イメージング法による電解液内濃度分布のオペランド可視化</p> <p><b>第9節 バインダ用PVDFの分析と評価</b></p> <p>1. リチウムイオン電池用バインダーに求められる要件 2. バインダーとしてのPVDF性能に影響を与える分子構造と性質 3. 市販品PVDF 4. PVDFバインダーの評価手法</p>
<b>第4章 リチウムイオン電池の劣化抑制技術</b>		
<p><b>第1節 負極表面のコーティングによる負極劣化の抑制</b></p> <p>1. 低結晶炭素へのカーボンコーティング 2. 負極用黒鉛へのカーボンコーティングと電気化学的特性向上 3. シリコンナノ粒子へのカーボンコーティングとサイクル劣化の抑制</p> <p><b>第2節 リチウムイオン電池の充放電反応の超高速化とSEI生成の抑制</b></p> <p>1. 充放電反応の高速駆動化に向けて 2. エピタキシャル薄膜を用いた高速充放電特性向上の原理解明 3. 三相界面の観察とSEI形成抑制</p> <p><b>第3節 液漏れを防止する高耐久性シール材の開発</b></p> <p>1. シール材とは 2. シール材の要求特性 3. シール材の塗布方法 4. シール材に使われる材料 5. アスファルト系シール材とゴム系シール材の比較 6. シール材の技術課題とこれからのシール材</p>	<p><b>第8章 リチウムイオン電池の安全な回路設計</b></p> <p><b>第1節 リチウムイオン電池の保護回路のシステムについて</b></p> <p>1. 保護回路の必要性 2. アナログ計測による保護回路 3. 監視ICを利用した高機能なBMS</p> <p><b>第2節 リチウムイオンバッテリー二次保護回路用ヒューズの開発</b></p> <p>1. セルフコントロールプロテクター(SCP)とは? 2. 鉛フリー、低抵抗、大電流を実現する新技術 3. 今後の課題と展開</p>	<p><b>第11章 リチウムイオン電池の輸送規制と注意点</b></p> <p><b>第1節 リチウムイオン電池の安全性を巡る国内外の規格・ガイドライン制定動向と海上輸送の規制動向</b></p> <p>1. リチウムイオン電池の安全性を巡る国内外の規格・ガイドラインの制定動向 2. リチウムイオン電池の海上輸送の規制動向</p> <p><b>第2節 車載用リチウムイオン電池の危険物輸送規則の改正状況と実務対応</b></p> <p>1. 危険物輸送規則 2. 危険物の分類 3. 電池の輸送規則</p>
<p><b>第5章 発火、熱暴走の抑制、デンドライト対策と冷却技術</b></p> <p><b>第1節 リチウムイオン電池の熱暴走を抑制するナノレベル材料設計技術の開発</b></p> <p>1. 反応モデル 2. 解析の方法 3. 結果の考察 4. 適切なM置換は何か 5. 適切なM置換は何か</p> <p><b>第2節 各種LIB電池の火災事故の現状と解決のための重要要素技術</b></p> <p>1. 概要 2. 電池の火災、爆発事例の経年推移と最近の動向 3. LIB電池(EDLC=電気二重層キャパシタ)の特性改善と安全対策</p> <p><b>第3節 3次元熱流体解析と1次元システム解析によるEVバッテリーの熱管理及び熱暴走解析</b></p> <p>1. 3次元熱流体解析と1次元システム解析の連成 2. バッテリーモジュールの連成解析事例</p>	<p><b>第9章 リチウムイオン電池の性能評価、解析技術</b></p> <p><b>第1節 電池評価のための高精度充放電容量測定法の開発</b></p> <p>1. 計測システムの開発 2. 測定結果の解釈と測定手法の応用</p> <p><b>第2節 大気非暴露環境でのリチウムイオン電池内部評価技術</b></p> <p>1. 大気非暴露評価に必要な環境について 2. 成分分析にかかわる大気非暴露測定 3. 表面分析にかかわる大気非暴露測定 4. 形態・構造解析にかかわる大気非暴露測定</p>	<p><b>第10章 リチウムイオン電池材料の劣化評価、安全性評価</b></p> <p><b>第1節 透過型電子顕微鏡を用いたリチウム電池用電極材料の発熱反応解析</b></p> <p>1. 硫化物固体電解質の耐湿性 2. 硫化物固体電解質と熱安定性 3. NMC-LSS正極複合体の発熱挙動と微細構造</p> <p><b>第2節 熱分析を用いた電池材料評価</b></p> <p>1. 電池材料と熱分析 2. 電極や電解液の熱分析 3. セパレータの熱分析 4. 電池の熱量測定</p> <p><b>第3節 X線顕微分光分析によるリチウム電池活物質粒子の化学状態可視化</b></p> <p>1. X線スペクトログラフィによる化学状態可視化 2. スピネル型LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub>正極活物質粒子内部の化学状態分布解析</p> <p><b>第4節 in situ分析を利用したリチウムイオン電池の活物質の構造変化解析</b></p> <p>1. ラゴ装置を活用したin situ XRD測定 2. In situ Raman分析の測定例</p> <p><b>第5節 電極導電助剤の分散状態評価</b></p> <p>1. 導電助剤の分散状態が性能に及ぼす影響 2. 電極断面における合剤分散性評価技術 3. 電極スラリーの状態評価</p> <p><b>第6節 レーザー誘起プラズマ発光分光法を用いたリチウムイオン電池負極のリチウムの3次元分布測定</b></p> <p>1. レーザー誘起プラズマ発光分光法(LIBS)によるリチウム測定 2. LIBS法による負極のリチウムの3次元定量分析</p> <p><b>第7節 電気トモグラフィ法を用いた電極スラリーの可視化計測技術</b></p> <p>1. 電気トモグラフィ 2. 正極スラリー体積分率の電気トモグラフィ可視化計測 3. 深層学習を利用した複数スラリー材料の体積分率の可視化計測技術</p> <p><b>第8節 電解液内濃度分布の可視化技術</b></p> <p>1. 電解液内濃度分布の可視化に向けて 2. 位相イメージング法による電解液内濃度分布のオペランド可視化</p> <p><b>第9節 バインダ用PVDFの分析と評価</b></p> <p>1. リチウムイオン電池用バインダーに求められる要件 2. バインダーとしてのPVDF性能に影響を与える分子構造と性質 3. 市販品PVDF 4. PVDFバインダーの評価手法</p> <p><b>第10章 リチウムイオン電池材料の劣化評価、安全性評価</b></p> <p><b>第1節 透過型電子顕微鏡を用いたリチウム電池用電極材料の発熱反応解析</b></p> <p>1. 硫化物固体電解質の耐湿性 2. 硫化物固体電解質と熱安定性 3. NMC-LSS正極複合体の発熱挙動と微細構造</p> <p><b>第2節 熱分析を用いた電池材料評価</b></p> <p>1. 電池材料と熱分析 2. 電極や電解液の熱分析 3. セパレータの熱分析 4. 電池の熱量測定</p> <p><b>第3節 X線顕微分光分析によるリチウム電池活物質粒子の化学状態可視化</b></p> <p>1. X線スペクトログラフィによる化学状態可視化 2. スピネル型LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub>正極活物質粒子内部の化学状態分布解析</p> <p><b>第4節 in situ分析を利用したリチウムイオン電池の活物質の構造変化解析</b></p> <p>1. ラゴ装置を活用したin situ XRD測定 2. In situ Raman分析の測定例</p> <p><b>第5節 電極導電助剤の分散状態評価</b></p> <p>1. 導電助剤の分散状態が性能に及ぼす影響 2. 電極断面における合剤分散性評価技術 3. 電極スラリーの状態評価</p> <p><b>第6節 レーザー誘起プラズマ発光分光法を用いたリチウムイオン電池負極のリチウムの3次元分布測定</b></p> <p>1. レーザー誘起プラズマ発光分光法(LIBS)によるリチウム測定 2. LIBS法による負極のリチウムの3次元定量分析</p> <p><b>第7節 電気トモグラフィ法を用いた電極スラリーの可視化計測技術</b></p> <p>1. 電気トモグラフィ 2. 正極スラリー体積分率の電気トモグラフィ可視化計測 3. 深層学習を利用した複数スラリー材料の体積分率の可視化計測技術</p> <p><b>第8節 電解液内濃度分布の可視化技術</b></p> <p>1. 電解液内濃度分布の可視化に向けて 2. 位相イメージング法による電解液内濃度分布のオペランド可視化</p> <p><b>第9節 バインダ用PVDFの分析と評価</b></p> <p>1. リチウムイオン電池用バインダーに求められる要件 2. バインダーとしてのPVDF性能に影響を与える分子構造と性質 3. 市販品PVDF 4. PVDFバインダーの評価手法</p> <p><b>第10章 リチウムイオン電池材料の劣化評価、安全性評価</b></p> <p><b>第1節 透過型電子顕微鏡を用いたリチウム電池用電極材料の発熱反応解析</b></p> <p>1. 硫化物固体電解質の耐湿性 2. 硫化物固体電解質と熱安定性 3. NMC-LSS正極複合体の発熱挙動と微細構造</p> <p><b>第2節 熱分析を用いた電池材料評価</b></p> <p>1. 電池材料と熱分析 2. 電極や電解液の熱分析 3. セパレータの熱分析 4. 電池の熱量測定</p> <p><b>第3節 X線顕微分光分析によるリチウム電池活物質粒子の化学状態可視化</b></p> <p>1. X線スペクトログラフィによる化学状態可視化 2. スピネル型LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub>正極活物質粒子内部の化学状態分布解析</p> <p><b>第4節 in situ分析を利用したリチウムイオン電池の活物質の構造変化解析</b></p> <p>1. ラゴ装置を活用したin situ XRD測定 2. In situ Raman分析の測定例</p> <p><b>第5節 電極導電助剤の分散状態評価</b></p> <p>1. 導電助剤の分散状態が性能に及ぼす影響 2. 電極断面における合剤分散性評価技術 3. 電極スラリーの状態評価</p> <p><b>第6節 レーザー誘起プラズマ発光分光法を用いたリチウムイオン電池負極のリチウムの3次元分布測定</b></p> <p>1. レーザー誘起プラズマ発光分光法(LIBS)によるリチウム測定 2. LIBS法による負極のリチウムの3次元定量分析</p> <p><b>第7節 電気トモグラフィ法を用いた電極スラリーの可視化計測技術</b></p> <p>1. 電気トモグラフィ 2. 正極スラリー体積分率の電気トモグラフィ可視化計測 3. 深層学習を利用した複数スラリー材料の体積分率の可視化計測技術</p> <p><b>第8節 電解液内濃度分布の可視化技術</b></p> <p>1. 電解液内濃度分布の可視化に向けて 2. 位相イメージング法による電解液内濃度分布のオペランド可視化</p> <p><b>第9節 バインダ用PVDFの分析と評価</b></p> <p>1. リチウムイオン電池用バインダーに求められる要件 2. バインダーとしてのPVDF性能に影響を与える分子構造と性質 3. 市販品PVDF 4. PVDFバインダーの評価手法</p>

