

# リチウムイオン電池分析ソリューション

— 部材からセル・モジュールまで —



# リチウムイオン電池が拓く 未来に向けて

リチウムイオン電池（LiB）は、脱炭素社会の実現に向けた重要なデバイスとして、モビリティやエネルギー分野で注目されています。特に電気自動車用途では、今後も成長が期待されており、安定した品質の確保や環境への配慮など、製品性能の向上だけでなく、さまざまな分析ニーズが拡大しています。

島津製作所は、リチウムイオン電池に対して、研究開発から素材の特性評価、製品の品質管理、劣化解析、リサイクル材料評価などを目的とした分析・計測機器を提供しています。リチウムイオン電池のライフサイクル全体にわたるお客様に対して、最適なソリューションを提供し、持続可能な社会の実現に貢献してまいります。



## 電気自動車の世界普及状況（HEV、PHEV、BEV、FCEV）の販売見通し



出典：2024年版電気自動車関連市場の最新動向と将来予測（株式会社総合プランニング）

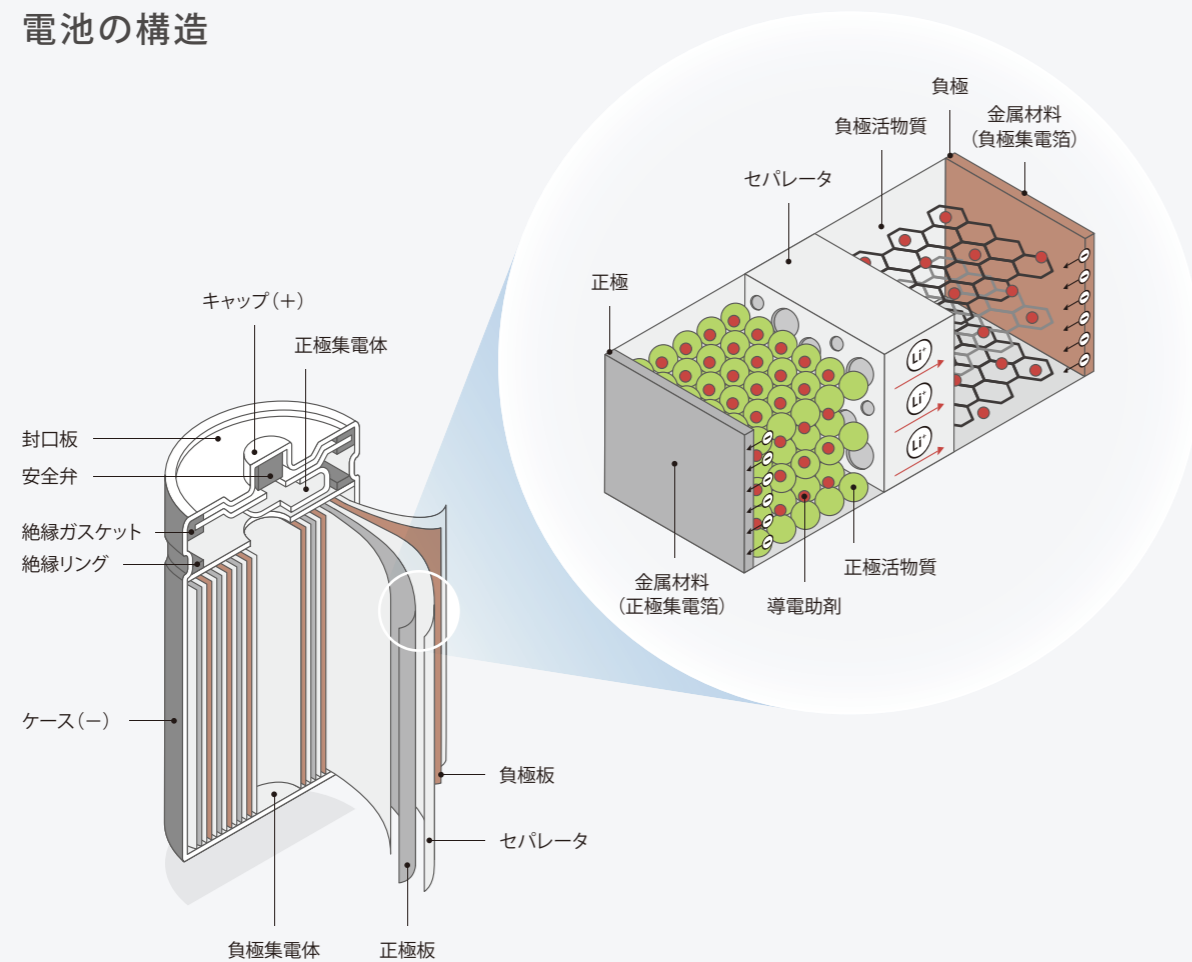
## INDEX

INDEX	P.3
電池原料	P.4
電池製造 - 原反工程	P.8
電池製造 - 組立工程	P.10
リサイクル	P.12
粒子特性評価	P.14
無機成分評価	P.15
物性評価・熱特性評価	P.16
内部構造評価	P.17
化学結合状態評価	P.17
有機成分評価	P.18-19
微小部評価	P.19

リチウムイオン電池（LiB）における  
島津のソリューションご紹介



## 電池の構造



リチウムイオン電池は、正極材、負極材、セパレータ、電解液から構成されています。完成した電池単体をセル、セルを複数組み合わせるパッケージされたものはモジュールと呼ばれています。電池は、セラミックス、高分子、電解液などの多様な材料が組み合わさっている点や、充放電による

電気化学的な状態変化が伴う点、さらに嫌気・嫌湿性といった取り扱いの難しさから、その評価は非常に多岐にわたります。そのため、多種多様な分析装置を用いた多角的な評価が必要です。また、安全性の課題から、物理的な破壊を伴う信頼性試験や安全性評価が必須となります。

## 正極

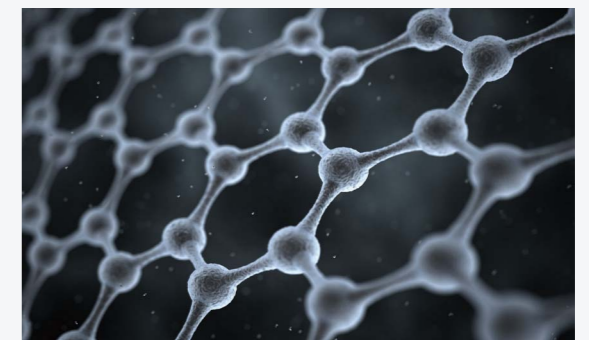
正極は一般的にアルミ箔に正極活物質・バインダー・導電助剤等を混合したスラリーを塗布後、乾燥・プレスして作られます。正極材は主に三元系正極材(NMC)やリン酸鉄リチウム(LFP)、バインダーは主にポリフッ化ビニリデン(PVDF)、導電助剤として主にカーボンブラック等、溶媒として主にn-メチルピロリドン(NMP)が用いられます。原料がエネルギー密度、安全性、寿命などの電池性能に影響を及ぼすため、粒子特性、熱特性、組成等の評価が重要です。



- ▶ 粒子特性評価 P.14
- ▶ 無機成分評価 P.15
- ▶ 物性評価・熱特性評価 P.16
- ▶ 化学結合状態評価 P.17
- ▶ 有機成分評価 P.18-19
- ▶ 微小部評価 P.19

## 負極

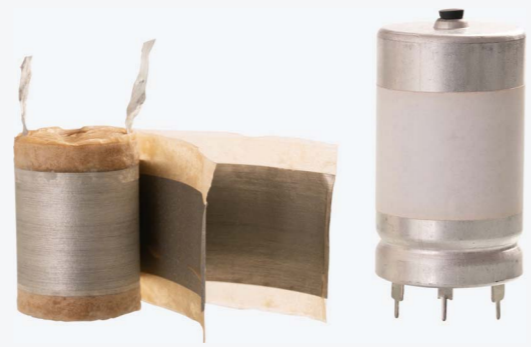
負極は一般的に銅箔に負極活物質・バインダー・導電助剤等を混合したスラリーを塗布後、乾燥・プレスして作られます。負極材は主に黒鉛(グラファイト)、バインダーは主にスチレンブタジエンゴム(SBR)やカルボキシメチルセルロース(CMC)、導電助剤として主にカーボンブラック等、溶媒として主に水が用いられます。原料がエネルギー密度、安全性、寿命などの電池性能に影響を及ぼすため、粒子特性、熱特性、組成等の評価が重要です。



- ▶ 粒子特性評価 P.14
- ▶ 無機成分評価 P.15
- ▶ 物性評価・熱特性評価 P.16
- ▶ 化学結合状態評価 P.17
- ▶ 有機成分評価 P.18-19
- ▶ 微小部評価 P.19

## セパレータ

セパレータは正極と負極を隔離するために用いられる多孔質膜で、通常細孔を通じてイオンのやり取りが行われていますが、電池が高温になった際に細孔が閉じて熱暴走を防ぐ役割を担っています。セパレータの材料は主にポリエチレンなどのポリオレフィン系の樹脂が用いられています。セパレータには充放電時のリチウムイオンの移動を妨げないことに加えて正極と負極の短絡を防ぐために電池絶縁性や機械的な強度が必要とされているため、物性、熱特性、組成評価が重要です。



- > 無機成分評価 P.15
- > 物性評価 P.16
- > 有機成分評価 P.18-19
- > 微小部評価 P.19

## 電解質（電解液・固体電解質）

電解質は正極と負極の間にあり、キャリアとなるイオンを含む物質です。

液体リチウムイオン電池の場合は電解液と呼ばれ、エチレンカーボネート(EC)等の有機溶媒、六フッ化リン酸リチウム(LiPF6)等のリチウム塩、ビニレンカーボネート(VC)等の添加剤を混合したものです。電解液の状態が電池性能に影響を及ぼすため組成の評価が重要です。



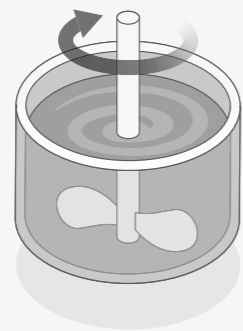
全固体電池の場合は酸化物系・硫化物系、ポリマー系と呼ばれる3種類の固体電解質が一般的に用いられています。固体電解質の状態が電池性能に影響を及ぼすため、粒子特性、表面観察、熱特性、組成等の評価が重要です。

- > 粒子特性評価 P.14
- > 物性評価・熱特性評価 P.16
- > 微小部評価 P.19
- > 無機成分評価 P.15
- > 有機成分評価 P.18-19

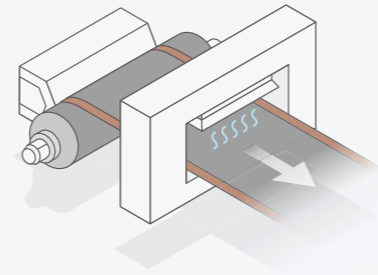
## 電池・構成部品の評価項目

評価項目	正極	負極	セパレータ	電解液	固体電解質	セルモジュール
粒子特性評価 (粒子径分布測定装置 密度計・比表面積計)	○	○			○	
無機成分評価 (EDX、ICP、AA)	○	○	○	○	○	
物性評価 (試験機・硬度計)	○	○	○		○	○
熱特性評価 (DSC、TG)	○	○			○	
内部構造評価 (X線CT)						○
化学結合状態評価 (XPS)	○	○				
有機成分評価 (LC、LCMS、GC、GCMS)	○	○	○	○	○	○
微小部評価 (EPMA、SPM/AFM、OLS)	○	○	○		○	

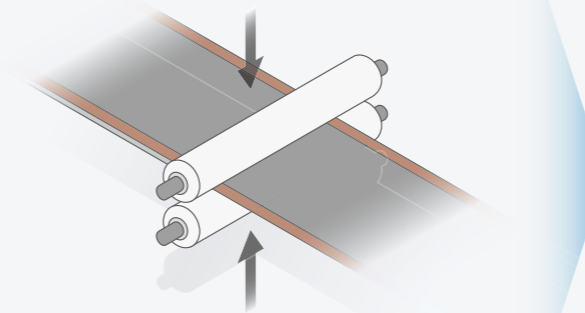
Step 1  
混練



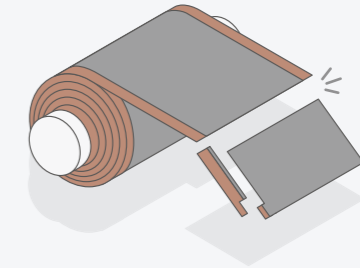
Step 2  
塗工・乾燥



Step 3  
プレス

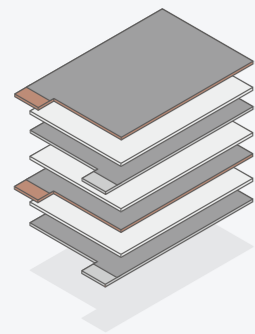


Step 4  
切断

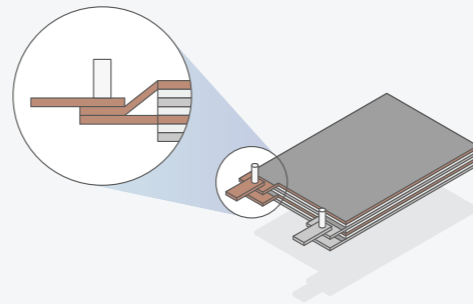


工程	混練	塗工・乾燥	プレス	切断
工程内容	電池の正極/負極を構成する各原材料を均一に混練します。	正極/負極の各原材料が混練されたスラリーを集電箔に塗工、溶媒/水を乾燥します。	電極材の高密度化や表面性状を整えるためプレスします。	電池セルの形状に合わせて電極シートを切断します。
評価対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各原材料の評価</li> <li>● 混練状態の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 乾燥条件の検討</li> <li>● スラリーの評価</li> <li>● 集電箔の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プレス条件の検討</li> <li>● 電極シートの評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断面の評価</li> <li>● 電極シートの評価</li> </ul>
ソリューション	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 粒子特性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.14</span></li> <li>&gt; 無機成分評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.15</span></li> <li>&gt; 物性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.16</span></li> <li>&gt; 熱特性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.16</span></li> <li>&gt; 有機成分評価 <span style="background-color: #800040; color: white; padding: 2px;">P.18-19</span></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 粒子特性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.14</span></li> <li>&gt; 物性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.16</span></li> <li>&gt; 熱特性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.16</span></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 物性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.16</span></li> <li>&gt; 微小部評価 <span style="background-color: #800040; color: white; padding: 2px;">P.19</span></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 物性評価 <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">P.16</span></li> <li>&gt; 微小部評価 <span style="background-color: #800040; color: white; padding: 2px;">P.19</span></li> </ul>

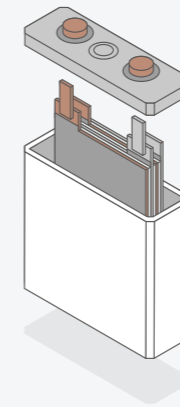
Step 1  
積層



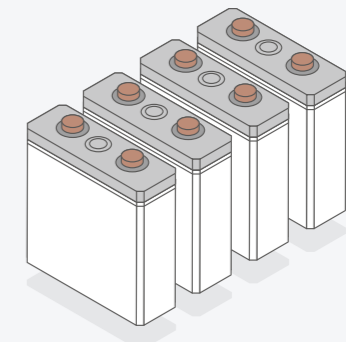
Step 2  
タブ溶接



Step 3  
組立・封止



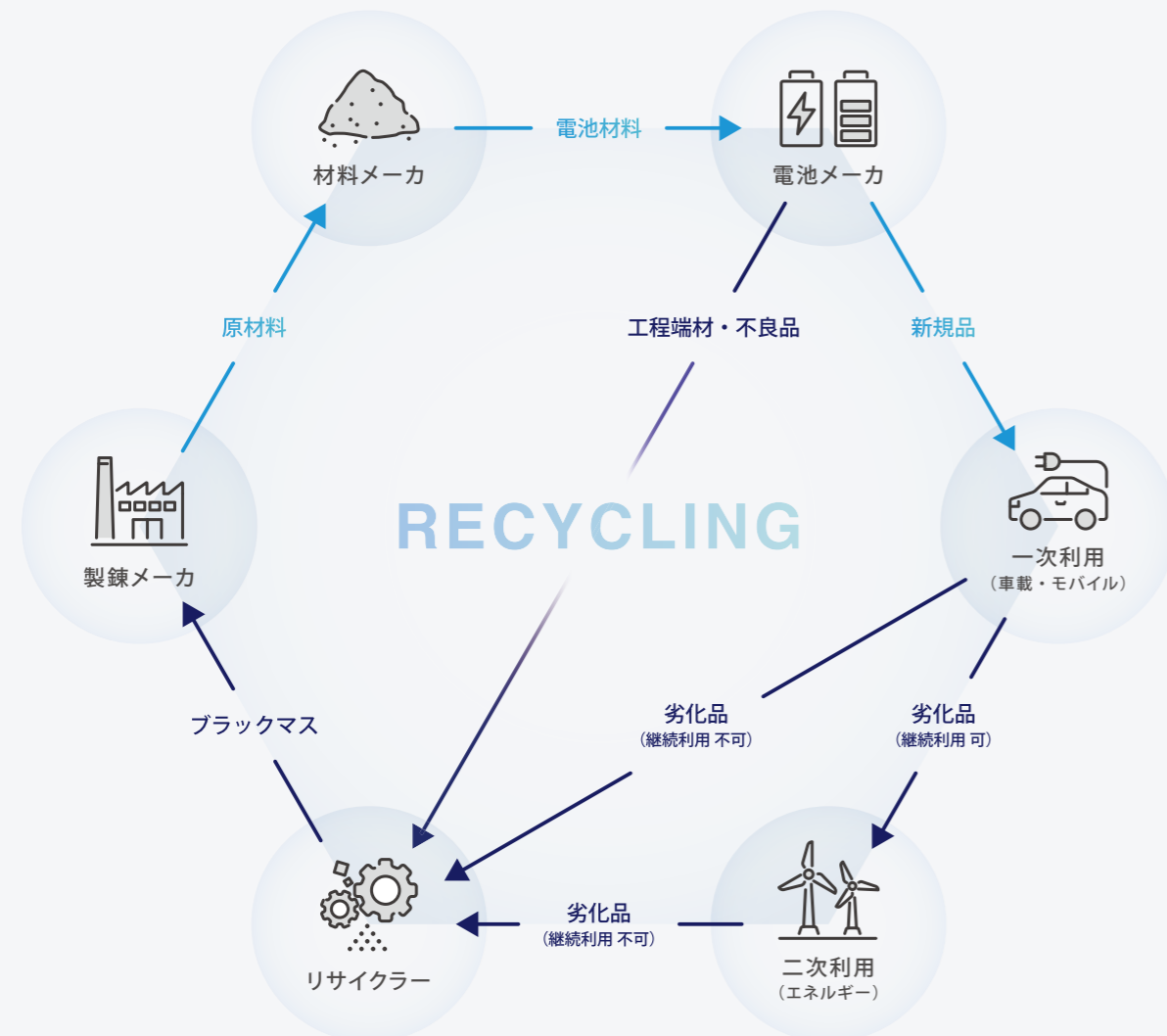
Step 4  
モジュール化



工程	積層	タブ溶接	組立・封止	モジュール化
工程内容	切断された電極シートを積層します。	正極/負極より電気を取り出すためのタブを溶接します。	電池セルに積層した部材を組み込み、電解液を注液します。	車載するために多数の電池セルを組み込んだモジュールにします。
評価対象	● 積層状態の評価	● 溶接条件の検討	● 封止状態の評価	● 排熱の検証
ソリューション	> 内部構造評価 <a href="#">P.17</a>	> 物性評価(高速度カメラ) <a href="#">P.16</a> > Cu溶接に最適な青色半導体レーザー技術 <a href="#">LINK</a>	> ヘリウムリークディテクターによる漏れ検査 <a href="#">LINK</a>	> 熱マネジメントソリューション <a href="#">LINK</a>

## リチウムイオン電池のリサイクル

リチウムイオン電池はLi, Co, Niといったレアメタルが含まれ、市場拡大と共に原料の安定供給やサステナビリティの観点からリサイクル材の使用が求められています。リサイクル材を利用した電池性能の評価、工程CO<sub>2</sub>を最小化するプロセス評価、工程で排出される環境規制物質の管理などのニーズに対してソリューションを提供します。



### 無機成分分析

前駆体に含まれるLi, Ni, Co, Mnなどの必要成分やCu, Feなどの夾雑成分を正確に測定し、電池性能に影響のある成分を分析します。

> 無機成分評価 [P.15](#)

### 粉体特性

ブラックマスの粒度均一性や、比表面積測定によりダイレクトリサイクルの検討や湿式製錬の工程条件を最適化できます。

> 粒子特性評価 [P.14](#)

### 有機残渣評価

カーボンやバインダなどの残渣を分析し、精錬工程の影響を最小化します。

> 熱特性評価 [P.16](#)

### 廃液・排ガス評価

発生する廃液、排ガス成分を分析し、クリーンな製造プロセスに貢献します。

> 有機成分評価 [P.18-19](#)

### 電池設計

リサイクル材を使用した電池設計のための分析・評価を支援します。

> 化学結合状態評価 [P.17](#)

> 微小部評価 [P.19](#)

### リサイクル設計

工程での分解や破碎性まで考え、熱や機械設計の支援をいたします。

> 熱マネジメントソリューション [LINK](#)

### 非破壊検査

X線CTでの内部検査により二次利用の可否を判断します。

> 内部構造評価 [P.17](#)

### 物理特性評価

アセンブリ品からの解体性、活物質の剥離性など電池の解体工程における物理特性を分析し、破碎条件や熱処理条件を最適化します。

> 物性評価 [P.16](#)

## 粒子特性評価

### レーザー回折式粒子径分布測定装置 SALD-2300



Product >

- 0.017~2500  $\mu\text{m}$  の幅広い粒子径測定に対応
- リアルタイム測定で分散状態の時間変化を確認することが可能
- 粉末から高濃度ペーストまで0.01%~20%までの幅広い粒子濃度での測定が可能



#### アプリケーション例

リチウムイオン電池用負極材料の粉体物性評価 - 粒子径分布・粒子形状 -

### ダイナミック粒子画像解析システム iSpect DIA-10



Product >

- 高い信頼性を持つ粒子検出システム
- 粒子径・粒子形状・粒子濃度の評価が同時に可能
- 異常な粒子(異物・凝集物など)の検出が可能



#### アプリケーション例

リチウムイオン電池用負極材料の粉体物性評価 - 粒子径分布・粒子形状 -

### 乾式自動密度計 アキュピックIII 1350



Product >

- 高精度(0.020% F.S.)、高再現性(0.015% F.S.)の測定が可能
- タッチひとつで簡単測定が可能
- 測定をサポートする多彩な機能を搭載



#### アプリケーション例

リチウムイオン電池用負極材料の粉体物性評価 - 比表面積・粒子密度 -

### 自動比表面積/細孔分布測定装置 トリストラー II Plus 3030



Product >

- 低比表面積の高精度測定が可能
- 3つの測定ポートの独立同時測定で処理量をアップ
- 測定の目的・要求精度に応じて多彩な測定モードを搭載



#### アプリケーション例

リチウムイオン電池用負極材料の粉体物性評価 - 比表面積・粒子密度 -

## 無機成分評価

### マルチタイプICP発光分光分析装置 ICPE-9820



Product >

- 電極、電解液などの元素不純物分析が可能
- 多元素同時分析により、測定後でも元素・波長の追加が可能
- ミニトーチの採用でランニングコスト削減に貢献



#### アプリケーション例

ICPE-9820を用いたリチウムイオン二次電池 負極材中の元素不純物分析

ICPE-9820を用いたリチウムイオン電池正極材の主成分、元素不純物分析

### エネルギー分散型蛍光X線分析装置 EDX-7200



Product >

- 固体、粉体、液体など様々な試料形態に対応
- 試料をそのままもしくは簡単な前処理で分析可能
- ppmオーダーから100%まで幅広い濃度範囲を分析可能



#### アプリケーション例

X線検査装置および蛍光X線分析装置を用いた膨張黒鉛シートにおける異物の非破壊検査

Fast and Accurate Analysis of Black Mass Using EDX-7200 Facilitated by Using ICPE-9820

### 赤外ラマン顕微鏡 AIRsight



Product >

- 同視野・単一ソフトウェアでFTIR/Ramanの両測定が可能
- 1台で有機/無機の情報取得が可能



#### アプリケーション例

AIRsightによるリチウムイオン電池の負極の分析



## 物性評価・熱特性評価

### 万能精密試験機 オートグラフ AGX-V2シリーズ



Product >

- リチウムイオン電池部材の様々な物性評価が可能
- 引張・圧縮・曲げ・突き刺しなどが可能となる多種多様な治具をラインナップ
- DIC解析によるひずみ分布の可視化が可能

#### アプリケーション例

- ☑ 黒鉛粉末のかさ密度測定
- ☑ リチウムイオン電池セパレータの温度による強度特性評価



### 小型卓上試験機 EZ Test



Product >

- 軽量・コンパクトで簡単測定が可能
- 引張・圧縮・曲げ・突き刺しなどが可能となる多種多様な治具をラインナップ

#### アプリケーション例

- ☑ 電池関連部材・材料の物性試験



### 微小圧縮試験機 MCTシリーズ



Product >

- 粒子1個・薄膜の物性評価が可能
- 電池製造時のプレス工程の条件検討の評価に活用が可能
- 加熱試験（最大250℃）の対応が可能
- 測定をサポートする多彩な機能を搭載

#### アプリケーション例

- ☑ リチウムイオン電池構成材料の圧縮試験
- ☑ リチウムイオン電池の負極材の圧縮試験



### 示差熱・熱重量同時測定装置 DTG-60シリーズ



Product >

- 電池材料の加熱時の分解特性と熱安定性評価が可能
- 微量な水分含有量が検出可能
- 電池の安全性の検討のための評価が可能

#### アプリケーション例

- ☑ 電池材料の熱特性評価



## 内部構造評価

### マイクロフォーカスX線CTシステム inspeXio SMX-225CTシリーズ



Product >

- 非破壊で内部観察が可能
- 高速演算により撮影後すぐにデータ確認可能
- 業界最高解像度の検出器による詳細部位の確認

#### アプリケーション例

- ☑ X線CTシステムによる円筒型リチウムイオン電池の解析及び、充放電付属システムの紹介



## 化学結合状態評価

### イメージングX線光電子分析装置 KRATOS ULTRA2



Product >

- 物質表面の約10 nmに存在する元素分析および化学結合状態分析
- Arガスクラスターと単原子Arイオンの使い分けにより様々な試料をスパッタリング可能

#### アプリケーション例

- ☑ LIBのグラファイト負極上のSEI被膜のXPS分析



## 有機成分評価

### ガスクロマトグラフ質量分析計 GCMS-QP2050



Product >

- 劣化にともない生じる反応生成物を評価
- 保持時間の情報だけでは特定できない未知成分を定性

#### アプリケーション例

- ☑ リチウムイオン電池正極中の残存 NMP および 残留溶媒の測定
- ☑ リチウムイオン電池劣化マーカーとしてのアルキルリン酸エステル類の測定



### ガスクロマトグラフ Nexis GC-2030



Product >

- 正極の残留 NMP 評価や電解液の品質評価が可能
- 当社独自の BID (バリア放電イオン化検出器) により無機ガス・炭化水素を一度に評価することが可能

#### アプリケーション例

- ☑ ヘッドスペース GC-FID による電解液および N-メチル-2-ピロリドン (NMP) の分析
- ☑ Nexis GC-2030 デュアル BID システムによる無機ガス・低級炭化水素の高感度一斉分析



### 陰イオンクロマトグラフ HIC-ESP



Product >

- 電解質の分解にともない生じる生成物を評価
- カラムスイッチングの活用により分析時間を短縮

#### アプリケーション例

- ☑ カラムスイッチングイオンクロマトグラフィーによるリチウムイオン二次電池用電解液中六ふっ化りん酸リチウム分解物の分析



### シングル四重極質量分析計 LCMS-2050



Product >

- 電解液の成分分析や劣化評価が可能
- 高い堅牢性、メンテナンス性

#### アプリケーション例

- ☑ リチウムイオン二次電池用電解液溶媒の分析



### フーリエ変換赤外分光光度計 IRSpirit-X



Product >

- 無線制御で、グローブボックス内でも測定可能 (特注対応)
- 電解液の反応の確認など、反応追跡が可能
- A3 サイズより小さいコンパクト

#### アプリケーション例

- ☑ IRSpirit グローブボックスシステムによるリチウム二次電池用電解液の測定



## 微小部評価

### 電子線マイクロアナライザ EPMA-8050G



Product >

- 優れた電子プローブ特性により、高感度と高空間分解能を両立
- 狙った微小部での化学結合状態分析
- ステージスキャンによる広域元素マッピング

#### アプリケーション例

- ☑ リチウムイオン電池における正極活物質の状態分析
- ☑ EPMA と SPM によるリチウムイオン電池正極 (3 元系 NCM) の分析



### 走査型プローブ顕微鏡 SPM-Nano



Product >

- 大気中で微小部観察・電気特性評価・機械特性評価が可能
- 正極・負極表面の微小領域の電流測定
- 電極-固体電解質界面の表面形状観察・電気特性評価

#### アプリケーション例

- ☑ 全固体リチウムイオン電池 充電時の電極-電解質界面の表面電位測定
- ☑ 全固体リチウムイオン電池 正極内部の電気化学活性評価・電位評価



## WEB関連情報

### 電動化対応ソリューション

電気自動車の普及に向けて、レーザ加工技術や油圧技術など分析・計測以外の観点からもお客様の課題解決に貢献します。



＞ WEBページ [LINK](#)



### 熱マネジメントソリューション

次世代モビリティでは、パワートレイン、車載コンピューター、空調機器、二次電池などさまざまな部品から発熱します。放射率計測や構造解析によりお客様の熱設計をお手伝いします。



＞ WEBページ [LINK](#)



### 自動車 産業計測機器・真空関連装置ソリューション

リークディテクタ、工業炉などの製造向け装置を紹介します。高度な真空技術から生まれたオンリーワン技術により、お客様のモノづくりを支えます。



＞ WEBページ [LINK](#)



本文書に記載されている会社名、製品名、サービスマークおよびロゴは、各社の商標および登録商標です。  
 なお、本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。  
 本製品は、医薬品医療機器法に基づく医療機器として承認・認証等を受けておりません。  
 治療診断目的およびその手続き上での使用はできません。  
 トラブル解消のため補修用部品・消耗品は純正部品をご採用ください。  
 外観および仕様は、改良のため予告なく変更することがありますのでご了承ください。

# 株式会社 島津製作所

## 分析計測事業部

604-8511 京都市中京区西ノ京桑原町1

製品情報



価格お問合せ



東京支社 (官公庁担当) (03) 3219-5631 (大学担当) (03) 3219-5616 (会社担当) (03) 3219-5622	つくば支店 (官公庁・大学担当) (029) 851-8511 (会社担当) (029) 851-8515	名古屋支店 (官公庁・大学担当) (052) 565-7521 (会社担当) (052) 565-7531	広島支店 (082) 236-9652
関西支社 (06) 4797-7230	北関東支店 (官公庁・大学担当) (048) 646-0095 (会社担当) (048) 646-0081	京都支店 (官公庁・大学担当) (075) 823-1604 (会社担当) (075) 823-1603	九州支店 (官公庁・大学担当) (092) 283-3332 (会社担当) (092) 283-3334
札幌支店 (011) 700-6605	横浜支店 (官公庁・大学担当) (045) 311-4106 (会社担当) (045) 311-4615	神戸支店 (078) 331-9665	
東北支店 (022) 221-6231	静岡支店 (054) 285-0124	岡山営業所 (086) 221-2511	
郡山営業所 (024) 939-3790		四国支店 (087) 823-6623	

島津ホールセンター ☎ 0120-131691  
 (操作・分析に関する相談窓口) IP電話等:(075) 813-1691