



写真1 塗工式ラミネート型全固体電池外観

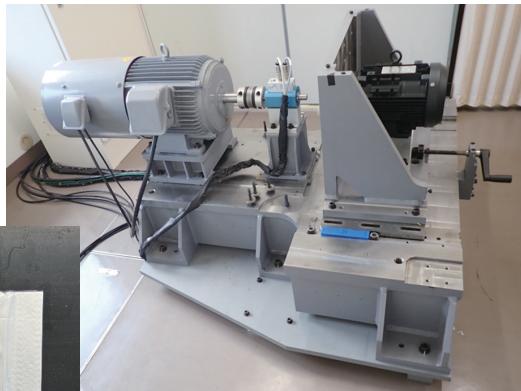


写真2 7.5kWモータベンチ

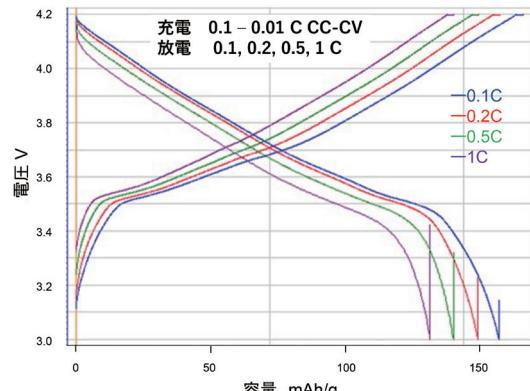


図1 全固体電池試作品初期特性例

EV 特集号

自動車電動化の技術開発を支えるソリューション

Technical Solutions supporting the Development of Electric Vehicles

地球温暖化による自然災害の規模が拡大する中、二酸化炭素排出量削減への取り組みのさらなる加速が必要になりました。自動車走行時の二酸化炭素排出量を削減するには、従来から行ってきた軽量化に加えEV (Electric Vehicle) 化が必要とされ、開発が急ピッチで進められています。EVの開発課題は、走行のための電池効率向上と電池容量の増加、そして駆動するモータの性能向上です。

電池開発において、電極、電解質の組み合わせやその構造の最適化は、出力安定化、容量、安全性などを考慮して、手探りでおこなわれているのが現状です。計算や機械学習、さらにはAIでの最適化を追求する場合でも試作と性能評価のデータが必要です。試作で得られた電池の性能がどの様な機構で

発現したか、さらなる高性能化には何をすべきかなどを、明らかにする必要があります。JFEテクノリサーチは、これらのデータを取得するため、多岐にわたる技術の開発を進めてまいりました。電池内部の現象の可視化、活物質の反応特性評価、電極の劣化挙動調査など、車載用電池の高性能化を推進する技術をご提供します。また、液系LIB (Lithium-Ion Battery) の次世代として有望な全固体電池の試作や解析技術の強化もすすめています。

モータについては、材質最適化による効率追求のほか、インバータ、モータ、ギアの組み合わせで構成されるEアクスル全体としての性能評価がトレンドとなっていました。Eアクスルはインバータ、モータ、ギアの3セクションで構成されています。特に機械要素であるモータ

とギアの組み合わせはモータ効率を支配するため、モジュールとしての評価が欠かせません。

本特集で紹介する電池の試作・評価技術とモータの評価技術を組み合わせることで、EV開発のスピードは必ず高まるはずです。こうした技術に加え、JFEテクノリサーチは、EV開発を支える多様なソリューションを取り揃えています。開発の現場で壁にぶつかったときには、JFEテクノリサーチにご相談ください。

▶お問い合わせ先

モビリティ Division

船川 義正

y-funakawa@jfe-tec.co.jp

電池材料評価

～全固体電池正極活物質表面の
LiNbO₃コーティング被覆状態の評価～

▶なぜいまこれが？

全固体電池の耐久性向上を狙って電極活物質粒子にコーティングを施す技術が注目されています。直径数ミクロンの粒子表面を、ナノメートルオーダーの厚さで均一にコーティングすることが必要ですが、その被覆状態を定量的に評価する方法がありませんでした。

▶これがポイント！

当社は、最新の電子顕微鏡技術*と画像処理技術を組み合わせ、電極活物質表面に形成されたコーティング層の分布を定量的に評価する技術を確立しました(特許出願中)。

LiNbO₃がコーティングされたNMC622 (LiNi_{0.6}Mn_{0.2}Co_{0.2}O₂) 正極活物質の評価例を図1に示します。膜厚5nm以上のコーティング領域を反射電子像と重ねて示し、各像の右下に5nm以上のコーティング被覆率を記載しました。狙い膜厚が

6～7nmの試料では5nm以上の被覆率は50%程度であり、狙い膜厚を17～20nmとすることで粒子のほぼ全面が5nm以上のコーティングで覆われることがわかりました。コーティング分布と粒子形状を直接対応付けることでコーティングされにくい粒子の特徴を把握することも可能です。図1の評価領域内の正極活物質粒子数は200個程度です。多くの粒子を一度に評価することで、代表性の高いデータを提供します。このようにコーティングの被覆状態を数値化・可視化して評価することが可能となりました。

本技術は電極活物質粒子に限らず凹凸を有する様々な材料表面のコーティングに適用可能です。ご興味のある方は、ぜひお気軽にお問い合わせください。

*開発した技術は、電界放射型走査電子顕微鏡(FE-SEM)と試料直上型の高感度エネルギー分散型X線分光器(EDS)「Unity」を利用しています。後者の最新EDSはオックスフォード・インストゥルメンツ社が開発したものです、連携により当社が業界で初めて実装しました。

▶お問い合わせ先

分析・解析技術Division ナノ解析センター
名越 正泰、井本 浩史
m-nagoshi@jfe-tec.co.jp, h-imoto@jfe-tec.co.jp

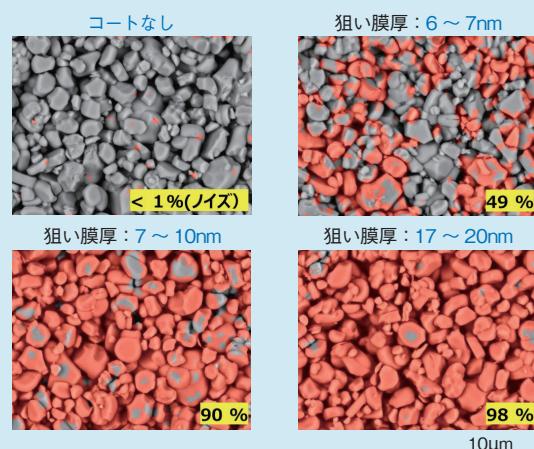


図1 正極活物質(NMC622)に施されたLiNbO₃コーティングの被覆状態評価例

全固体電池の応力評価

～大気非暴露環境における全固体電池
電極成形体の圧粉成形過程評価～

▶なぜいまこれが？

全固体リチウムイオン二次電池は、固体電解質(SE: Solid Electrolyte)、活物質等の電極粉末を、ロールプレスを用いて圧粉成形することで製造されます。電極粉末がプレス直下で圧縮された後、除荷された際の応力解放に伴って、スプリングバックと呼ばれる形状復元現象を生じ、その厚さを変化させます。更にはスプリングバックに伴い、電極としての導電性も変化してしまうものと考えられます。①スプリングバック量と、②インピーダンス(導電性)を同時に測定することが、電極設計の指針を得る上で重要です。

▶これがポイント！

露点温度-60℃以下に制御可能なグローブボックス内に、ロールプレスを模した圧粉成形機構と、交流インピーダンス測定装置から成る試験系を構築しました(図1)。

粒径10μm程度のLPS粉末に対し、圧力50MPa～600MPaまで段階的に押圧・除荷を繰り返し、測定電圧(振幅)±0.5V程度、測定周波数1Hz～1MHzで交流インピーダンスを同時に測定しました。その結果、応力に対するスプリングバック量と、押圧時およびスプリングバック時の粒界抵抗に相当するインピーダンスの関係線が得られました(図2)。

図2より、最適な成形圧力を考察すると、機械的には、スプリングバック量が低値を示す200MPa以下が適していると考えられます。他方、導電的には、押圧時インピーダンスが下限値に至る300MPa以上が望ましく見えますが、実際の電池性能はスプリングバック時構造に依存すると考えられるので、スプリングバック時インピーダンスが低値を示す100～200MPaが最適圧力と推測されます。

本サービスは、電池機能発現に必要な「最小応力」と、

電池性能を損なう「最大応力」を見出し、「最適応力」を提案する事が可能です。ご興味のある方は、ぜひお気軽にお問い合わせください。

▶お問い合わせ先

マテリアル評価・解析Division マルチマテリアル評価・解析センター
尾形 浩行
h-ogata@jfe-tec.co.jp

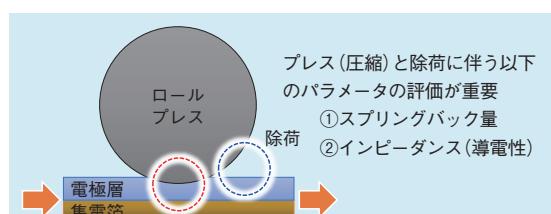


図1 大気非暴露環境におけるロールプレス時スプリングバック量とインピーダンス測定の概略

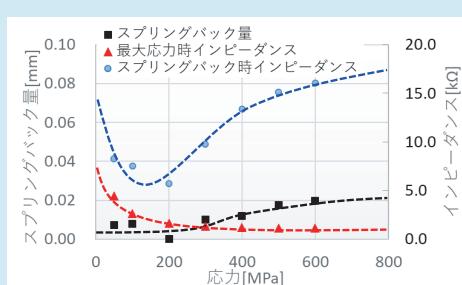


図2 スプリングバック量-応力-インピーダンス線図

リチウムイオン二次電池内の腐食評価

▶なぜいまこれが？

昨今、リチウムイオン電池の普及が進む中で、性能の向上だけでなくコスト低減や安全性の確保も重要な要素となっています。電池内外の電気の通り道である「集電体」や、製造時に意図せずに混入した「金属異物」が電池の使用中に腐食すると、電池の性能低下や、最悪の場合は発火事故に繋がる可能性もあります。そのため、リチウムイオン電池内部の金属の腐食を評価することは、電池の安全性を確保するためにも重要です。

▶これがポイント！

図1は、現在主流であるLiPF₆を含む

電解液中のアルミニウムの電気化学試験結果の一例です。3～5Vでは低い電流密度が維持されており、正極側の約4Vの領域で腐食は生じないことが分かります。高い耐食性は、アルミニウム表面に耐食性の高いAlF₃皮膜が形成されるためです。一方、低電位側ではリチウムとの合金化に由来した反応が観察されます。一方、金属の耐食性は、材料、電解液や電位条件などにより大きく異なることがあります。例えば、

写真1に示したステンレス鋼の一種であるSUS430は、電気化学試験により著しい腐食が生じました。当社では、電気化学試験、物理解析、電池の試作などを組み合わせた腐食評価をご提案いたします。ご興味のある方は、ぜひお気軽にお問合せ下さい。

▶お問い合わせ先

マテリアル評価・解析Division 腐食評価・解析センター

木村 航

w-kimura@jfe-tec.co.jp

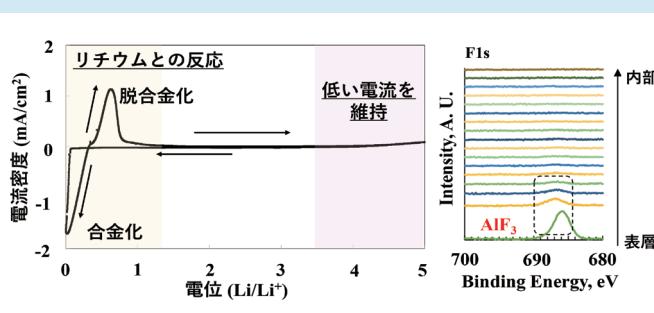


図1 アルミニウムの電気化学試験結果
(電気化学試験とXPSによる表面分析)

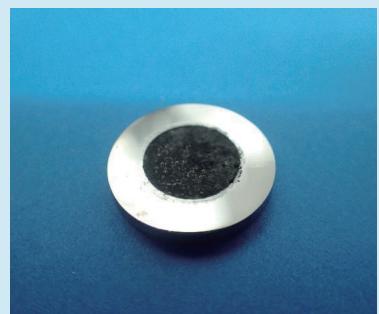


写真1 LIB電解液中で電気化学試験した後のSUS430ステンレス鋼(黒く腐食した部分が試験面)

リチウムイオン二次電池の安全性試験

～硫化物系全固体電池をはじめとしたリチウムイオン二次電池の釘刺し、加熱及び過充電試験～

当社知多Divisionでは、高濃度の硫化水素ガスを処理できる設備を保有する試験センターに設置された小型圧力容器(内径36cm、高さ23cm)を用いて、電池の安全性試験を実施することができます。

▶なぜいまこれが？

リチウムイオン二次電池(以下、LIB)は、実用化が進み自動車やモバイルバッテリーなど数多くの製品に使用されています。その一方で、LIBを搭載した製品が発火・火災する事故が増加しています。そのため、より信頼性・安全性の高いLIBが求められています。近年、注目されている硫化物系固体電解質を用いた全固体LIBでは、主成分である硫黄系化合物が微量の水分と反応し、有害な硫化水素ガスを発生する危険性がありますが、当社設備を使用することで、安全に試験を実施できます。

▶これがポイント！

安全性試験の項目として、釘刺し試

験(内部短絡模擬)、加熱試験および過充電試験があります。試験は、密閉環境で実施できるため、容器内圧力や試験中の発生ガスの分析のほか、複数のポートを利用して、電池表面温度測定、容器内圧力、動画撮影及びプレートヒーター等による電池の部分加熱(ヒーター最高温度1000°C)も対応できます(図1)。

また、安全性試験装置の低回路抵抗化および高い時間分解能(サンプリング周期: 10μs)による精密計測により、熱暴走に至るまでの瞬間的な電圧・電流の変化を捉えることが可能です(図2)。測定方法によっては、釘刺し試験時の短絡電流を高時間分解能にて取得することができるため、瞬間に急増する短絡電流も計測でき、安全性を定量的に比較評価できる可能性があります。

当社は、各種電池の試作から性能評価、分析評

Safety Evaluation of Lithium-Ion Batteries

価を含め、お客様の多様なニーズにお応えいたします。ぜひお気軽にお問い合わせください。

▶お問い合わせ先

知多Division マテリアル・モビリティ評価センター

高山 康晴

takayama@jfe-tec.co.jp

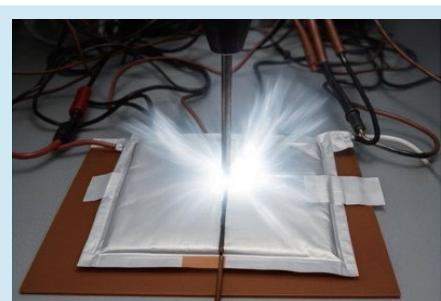


図1 釘刺し試験時の発火イメージ

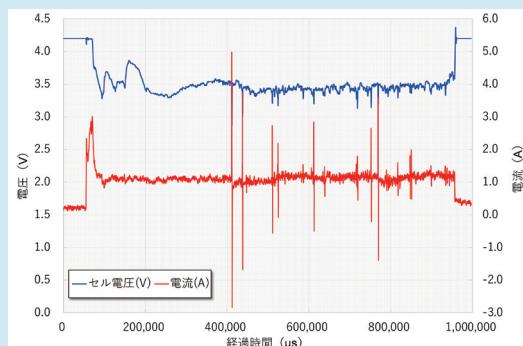


図2 釘刺し試験時の電圧・電流計測結果の一例

ナトリウムイオン二次電池 試作・評価

▶なぜいまこれが？

近年、リチウム資源の供給不安や価格高騰を背景に、ナトリウムイオン二次電池（以下、SIB）が次世代電池として注目を集めています。SIBは、資源制約が少なく、安定した供給が見込まれることから、実用化・量産化に向けた開発が加速しています。

SIBは低温環境下でも高性能を発揮し、出力特性にも優れる一方で、エネルギー密度の低さ、水分との高い反応性、副反応による性能劣化など、リチウムイオン二次電池（以下、LIB）とは異なる技術的課題を抱えています。これらの課題を克服するためには、材料選定から試作環境、評価・分析技術に至るまで、高度かつ専門的な技術の連携が不可欠です。

▶これがポイント！

当社では、露点-30°C～-40°Cのドラ

Trial Production and Evaluation of Sodium-Ion Batteries

イルームおよび露点-80°C以下のUNICO製グローブボックス（写真1）を活用し、ナトリウム系材料を用いた電極・フルセル・ハーフセルの試作を一貫して行える体制を整えています。グローブボックス内で作製した正極の外観（写真2）や充放電特性（図1）を示します。水分の影響を抑えた、安定かつ高精度な試作が可能です。

また、電池材料の物性評価からセル性能の解析に加え、これまでLIBの試作・評価・分析で培ってきた技術をSIBに応用することで、SIBに特化した独自の材料設計・試作体系を構築しています。これにより、SIB特有の副反応にも配慮した性能評価が可能で、物理・化学・構造解析を駆使した劣化要因の特定や、材料設計へ

のフィードバックも実現しています。

お客様のSIB開発における課題に対して、迅速かつ柔軟な技術支援を提供いたします。ご興味をお持ちの方は、ぜひお気軽にお問い合わせください。

▶お問い合わせ先

電池評価・解析Division 電池技術センター

栗原 智紀

t-kurihara@jfe-tec.co.jp



写真1 UNICO製グローブボックス
(露点: -80°C以下)



写真2 SIB正極ハーフセル
(外装体: 宝泉製フラット型セル)

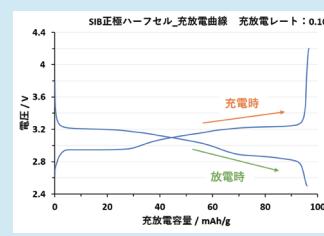


図1 SIB正極ハーフセルの充放電曲線

Eアクスル駆動評価

～2軸ベンチを用いたEV用Eアクスル評価～

▶なぜいまこれが？

EV（Electric Vehicle）の普及拡大に伴い、駆動モータとギア、インバータを一体化させたEアクスルの開発が活発化しています。EVの駆動効率向上のためには、モータ本体のみならず、Eアクスルとしての性能向上が必要とされます。自動車メーカや部品メーカでは、他社製Eアクスルの評価結果を自社での開発に反映するということも行われています。

▶これがポイント！

当社では、このようなニーズに応えるため、供試体Eアクスルにドライブシャフトを接続し、実車駆動条件での評価が可能な2軸ベンチ（図1）を用いた性能評価技術を確立しました。購入した他社Eアクスルの場合、モータやギアの仕様が不明な点、冷却機構の稼働が難しいことなどが評価の障害となります。そこ

Evaluation of E-axle for EV traction using 2-axis test bench

で、2軸モータベンチでの予備試験駆動により、ロータ磁石の極数、ギア比、レゾルバ仕様、サーミスタ仕様といったEアクスル駆動試験に必要なパラメータを調査する手法を確立しました。さらに、モータ内のオイル循環ポンプを外部から駆動させることで、実車が走行している状況でのモータ冷却を模擬し、発熱が大きい高トルク条件での試験を可能とします。これらの手法を用いながら、2軸ベンチでトルクをかけつつ供試Eアクスルを汎用インバータで駆動することにより、Eアクスルを構成するモータ+ギア部分の性能試験が可能となります。図2は確立した手法により得られたEアクスル（モータ+ギア）の効率マップの一例です。このEアクスルが搭載されている車両の負荷最大、速度最大条件を含む全駆動条件をカバーするトルク・回転数領域での効率分布が得られています。

市中販売されているEアクスルの評価にご興味のある方はお気軽にご相談ください。当社が調達することも対応可能です。

▶お問い合わせ先

モビリティ Division

千田 邦浩

k-senda@jfe-tec.co.jp

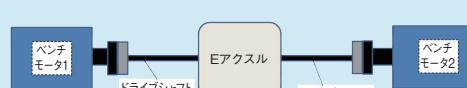


図1 2軸モータベンチを用いたEアクスル評価の模式図

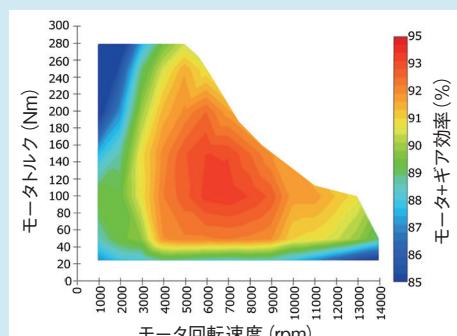


図2 Eアクスル評価結果 (効率マップ) の一例

◆このパンフレットの送付中止、宛名変更是 jfetecsalesmarketing@jfe-tec.co.jp へご連絡ください

