

電池の劣化把握と有効活用を実現する充電曲線解析技術

充電データから電池の劣化状態を詳細に把握

リチウムイオン二次電池（以下、電池と略記）は、モバイル機器や、電気自動車（EV）、定置用蓄電システムなどの電源として広く用いられています。しかし使用条件や保存環境によって、電池の劣化が進行します。

電池の劣化は、機器の使用時間やEVの航続距離の減少につながるため、劣化状態の検査方法が必要になります。また、蓄電システムの制御や安全性の維持においても、より詳細に劣化状態を把握することが重要になります。

東芝は、市販の電池を用いた蓄電システムにおいて、組電池内の各電池の内部状態を推定する充電曲線解析技術を確立しました。そして蓄電システムの、内部状態に応じた高精度な制御の実現に取り組んでいます。

電池の劣化把握の必要性

電池は高いエネルギー密度と長寿命特性を持っていますが、時間の経過や繰返し充放電に伴い、性能が劣化していきます。

更に多数の電池を接続した組電池では、図1に示すように電池の劣化具合は一様ではなく、温度分布によって一部の電池が劣化するなどの性能分布が発生します。また電池の使用条件によって、劣化する材料に違いが生じます。

このように、ユーザーの使用条件に依存して、個々の電池と組電池のそれぞれのレベルで様々な劣化が起こります。このため、電池の劣化状態を把握することは、電池の安全かつ有効な活用のために非常に重要となります。

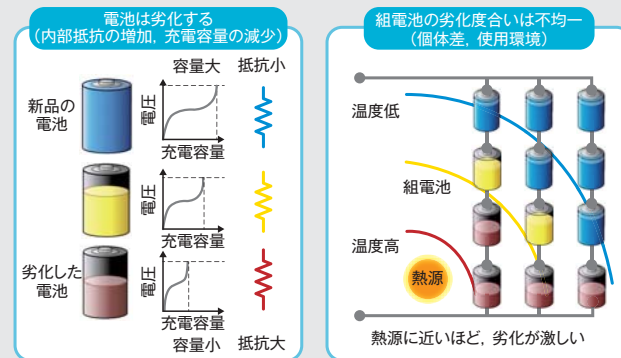


図1. 電池の劣化 — 使用条件によって、電池内の材料の劣化や組電池での各電池の劣化具合が異なります。

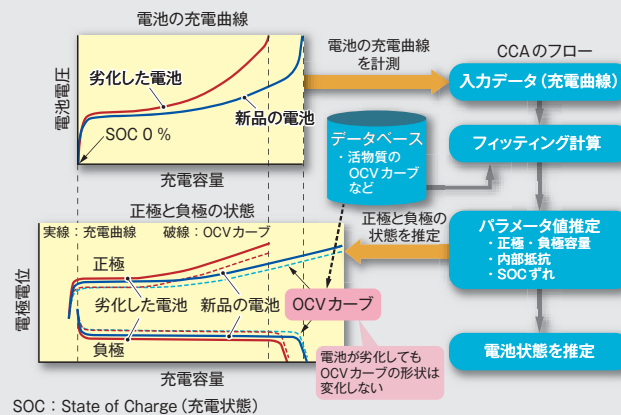


図2. 電池の内部状態のCCAによる推定 — 正極と負極のOCVカーブを基準として充電曲線にフィッティングを行うことで、材料の劣化を含む内部状態を推定します。

充電曲線解析による電池内部状態の推定

機器に搭載されている電池の劣化状態を評価するには、計測器などの追加コストが掛からず、電池の取外しなどの手間がなく、簡便で高分解能かつ信頼性の高い方法が望まれます。

そこで東芝は、充電時の電池の電圧挙動（充電曲線）を解析して、電池の劣化状態を推定する充電曲線解析（CCA）技術を開発しました。

CCAでは図2に示すように、電池の充電曲線が充電中の正極電位と負極電位の差分であることを利用して、正極・負極材料の結晶構造に由来する開回路電位（OCV）カーブを基準として充電曲線にフィッティングを行うことで、正極・

負極材料のそれぞれの劣化、及び正極と負極の組合せ状態を含む内部状態を推定します⁽¹⁾。また組電池の場合には、充電時の各電池の電圧データにCCAを適用すればよいので、コストを掛けずに電池を個別に評価できます。

電池には様々な正極・負極材料の組合せがあり、それぞれ特性や適した用途が異なります。CCAでは、主要な電極材料系に対応したアルゴリズムを構築しており、現在市販されている電池の約95%に対応できます。

市販電池の負極材料劣化をCCAで解析した例を、図3に示します。

CCAを適用すると、3Cレート（1C：2A）でのサイクル試験と60℃満充電保持試験のように電池の使用条件が異なると、負極材料の劣化速度が異なる

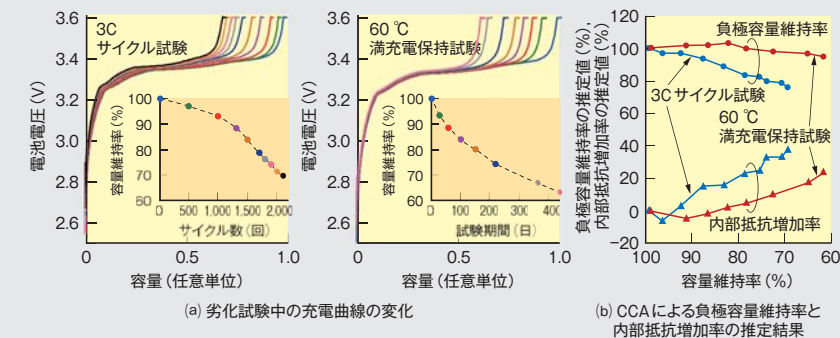


図3. 劣化試験中の市販電池における充電曲線の変化と負極容量の推定結果 — 電池の使用条件が異なると、同じ容量でも負極材料の劣化速度が異なることがCCA評価でわかります。

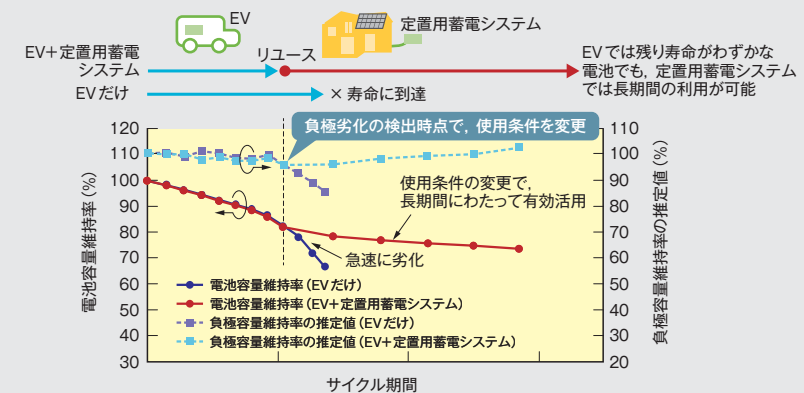


図4. CCAによる電池劣化加速の予兆検出と、使用条件緩和による電池有効活用の模擬試験 — 定期的なCCA評価により、急速に劣化する前に電池をリユースし適切な条件で運用することで、電池を有効活用できます。

ことがわかります。

CCAによる電池の利便性向上と有効活用

CCAを適用することで、電池の劣化状態の可視化、及び残り寿命の予測と制御の三つの有用な情報が得られます。

電池の劣化状態の可視化では、スマートフォンの電池交換時期の通知や、EVの中古車の価格査定における電池診断の活用などが想定されます。また、組電池内で異常劣化が発生した電池の検出もできるため、安全性の確保にもつながります。

残り寿命の予測では、電池内のどの材料が劣化しているかを知ることによって、寿命予測がより正確にできるようになります。特に、キーとなる特定材料の劣

化を知ることによって、電池の劣化が急加速して寿命に到達する予兆を捉えることができます（図4）。

残り寿命の制御では、CCAで得た電池状態に基づいて充電状態を高精度に推定できます。ノートPC（パソコン）の残り使用時間やEVの航続距離を正確に提示できます。

また、劣化状態の可視化と高精度な制御により、劣化に応じて使用条件を調整することで、できるだけ電池を劣化させずに急速充電を行うことも可能になります。

更に、これらの情報を組み合わせることで、電池の有効活用を図れます。例えば図4に示すように、劣化状態の可視化と残り寿命の予測により、適切な時期に電池を負荷の小さい用途へ転用す

るリユースを行うことで、電池を長期間にわたって有効活用できます。

様々な形態でCCA技術を提供

CCAは電池を使用する機器であれば、モバイル機器からEV、更に定置用蓄電システムまで、幅広く適用して電池の利便性を向上できます。搭載システムやユーザーによって、求められる機能やシステムへの組み込み方法などが異なるため、当社ではCCA技術を様々な形態で提供していくことを目指しています。

劣化状態の評価を行うソフトウェアの開発、及び既存の電池制御系にアドオンできるICの開発を進めています。

また将来的には、CCAで得られる情報をフルに活用できるバッテリーマネジメントシステムの提供や、電池データのクラウドシステム上での解析と評価も視野に、システム検討を進めています。

今後の展望

今後、再生可能エネルギーの活用やEVの普及など持続可能な社会を実現するうえで、電池の重要性はますます高まっていくと考えられます。電池の有効活用に向けて、他の電池制御・診断技術との組合せを含め、CCA技術の更なる高機能化に取り組んでいきます。

文献

- (1) 森田朋和 他、内部状態の推定により電池の健全性を可視化する充電曲線解析法。東芝レビュー、68、10、2013、p.54-57。

森田 朋和

研究開発統括部
研究開発センター
機能材料ラボラトリー主任研究員