



GSユアサによる蓄電池の運用監視技術の開発の歩み

蓄電池の残存性能の評価技術

地域社会で蓄電池が果たす役割の拡大にともなって、蓄電池の状態（劣化状態を含む）をより正確に把握することに対する要求が高まっている。経済産業省は、「電力政策の一環として位置付けられている蓄電池ビジネスを促進し、社会インフラである電力システムの信頼度を維持するために、蓄電池の残存性能評価のあり方について検討する必要がある」と指摘している^{※1}。

GSユアサは、リチウムイオン電池を含む蓄電池の、劣化メカニズムおよび数理モデルを長年研究しており^{※2-4}、ネットワークカードなどを用いた蓄電池の監視技術の開発もおこなっている。本稿では、GSユアサが考案した、蓄電池（主にリチウムイオン電池）の残存性能を評価・予測するための技術コンセプトを紹介する。

1. 通電劣化と非通電劣化

リチウムイオン電池の劣化現象には、様々な要因（活物質の変化、電解液の変化、SEI被膜の変化、使用環境温度など）が混在している。一般的に、充放電回数に関係する劣化（サイクル劣化）と、放置時間に関係する劣化（カレンダー劣化）という二つの側面から、電池の劣化が議論されることが多い。しかし、劣化の測定方法によっては、サイクル劣化に、カレンダー劣化成分が含まれる場合がある。これは、電池の充放電（サイクル）の最中にも、経時劣化が進行することによる。

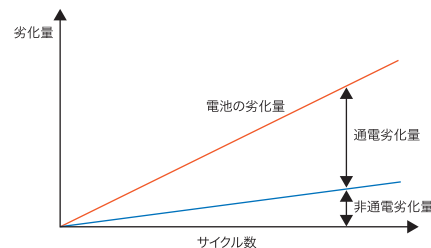
ここでは、電気が流れることによる「通電劣化」と、通電以外の要因による「非通電劣化（カレンダー劣化と同義）」という二つの側面から、電池の劣化を議論する。ある時点における電池の劣化は、通電劣化と非通電劣化との和により求められる。電池を監視する、または電池の状態を逐次記録することで、電池の通電・非通電を検出して通電劣化と非通電劣化とを峻別して取り扱うことが可能となる。近年の情報通信技術の高度化により、このような緻密なデータ取得と、それに基づく各種計算とがおこないやすくなっている（●図1）。

電池を監視し、妥当な数理モデルに基づいて通電劣化と非通電劣化を逐次把握していれば、電池の残存性能をいつでも評価できる。加えて、想定される充放電や使用環境温度を含むシミュレーション用データに基づいて通電劣化と非通電劣化の計算をおこなって、蓄電システムなどのシステム設計時のシミュレーションや、寿命予測に応用することもできる。

●図1 スマートデバイスの監視画面^{※5}



●図2 通電劣化量と非通電劣化量の推移^{※6}



2. サイクルにともなう通電劣化の加速

非通電劣化は、いわば電池の静的な状態における劣化である。既存の理論（電池の容量が時間の 1/2 乗に比例して低くなるとするいわゆる「ルート則」など）に基づいて、非通電劣化を良好に推定できる。

通電劣化は、いわば電池の動的な状態における劣化であり、既存の理論からは十分に説明できない傾向が見られることがある。最近の知見では、電池のサイクル数の増加にともなって、通電劣化が加速することが明らかになっている。これは、通電により電池の負極上の SEI 被膜の生成量が増大するためと推察される。

そこで、たとえば通電劣化と非通電劣化の計算における劣化係数を適切に設定することにより、サイクル数の増加に応じて通電劣化量と非通電劣化量との差が大きくなるように、電池の劣化量を計算する（●図 2）。これにより、電池の劣化現象をより正しく模擬できるようになる。

3. SOC 変動幅の大きさに応じた通電劣化の推定

別の新しい知見として、総通電電気量が同じであっても、電池の充電状態（SOC）の変動幅が異なると、通電劣化量も異なるということが見出されている。

●図 3 に充放電のイメージを示すように、ある SOC（50%）を中心として、 $\pm 10\%$ で SOC 変動を 3 回実施したときより、 $\pm 30\%$ で SOC 変動を 1 回実施したときのほうが、通電劣化量が大きくなる。

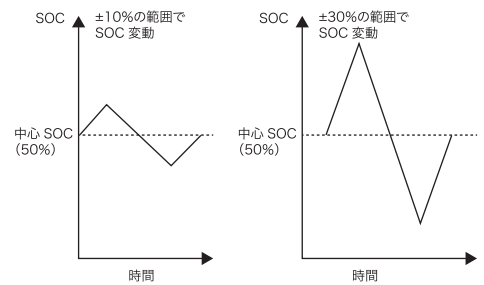
これは、SOC 変動幅が大きいほど負極の膨張・収縮の度合いが大きく、SOC 変動幅が大きいほど SEI 被膜が部分的に負極から離脱するためと推察される（●図 4 上）。また、SEI 被膜が離脱した負極の表面箇所では、SEI 被膜が再生成すると推察される（●図 4 下）。

そこで、SOC の時系列データを取得して、大きい変動幅で SOC 変動したときの通電劣化量が大きくなるように、電池の劣化量を計算する。

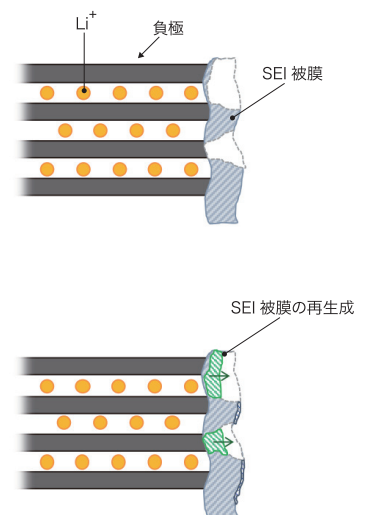
SOC の時系列データは、監視により取得したものであってもよいし、シミュレーション用データであってもよい。このような計算により、実際の電池の劣化現象を良好に模擬して、電池の残存性能のより正しい評価や、最適なシステム設計および運用提案が可能となる。

以上、本稿では、蓄電池の残存性能を評価・予測するための技術コンセプトを紹介した。GSユアサは、長年培った電気化学と計算科学の知見に、IoT や AI などの最新技術を組み合わせながら、社会のニーズに応えるべくさらなる研究開発を継続していく。

●図 3 異なる SOC 変動幅の充放電



●図 4 SEI 被膜の離脱と再生成^{※7}



※1 経済産業省、定置用蓄電池の普及拡大及びアグリゲーションサービスへの活用に関する調査、2017年

※2 H. Yoshida, N. Imamura, T. Inoue, and K. Komada, *Electrochemistry*, 71, 1018 (2003)

※3 H. Yoshida, N. Imamura, T. Inoue, K. Takeda, and H. Naito, *Electrochemistry*, 78, 482 (2010)

※4 GS Yuasa Technical Report 第10巻第2号 2013年

※5 GS Yuasa Technical Report 第11巻第2号 2014年

※6 日本特許第 6428958 号 (2017 年出願)

※7 日本特許第 6428957 号、国際特許公開 WO2018/181609 (2017 年出願)

<問い合わせ先>

(株)GSユアサ 知的財産部