

トピックス

- GSユアサによる蓄電池の運用監視技術の開発の歩み（その1）
 - － EMS における蓄電池の充放電－
- GSユアサによる蓄電池の運用監視技術の開発の歩み（その2）
 - － 無線通信による保守の効率化－
- GSユアサによる蓄電池の運用監視技術の開発の歩み（その3）
 - － 蓄電池の残存性能の評価技術－

GSユアサによる蓄電池の運用監視技術の開発の歩み（その1）

－ EMS における蓄電池の充放電－

近年、情報通信技術を駆使して電力需給のバランスをとるエネルギー管理システム（EMS）が急速に発展している。EMS においては、蓄電池搭載機器が、電力の効率的な利用を実現するための重要な装置として位置づけられる。

GSユアサは長年、EMS の発展に不可欠な蓄電池と、蓄電池搭載機器を製造販売し、それら製品は多くのビルや工場、住宅、地域で稼働している。本稿では、EMS と、蓄電池搭載機器の常時監視を実現するネットワークカードを俯瞰した後、そのネットワークカードを用いた蓄電池の充放電制御を紹介する。

1. EMS と蓄電池搭載機器

EMS とは、エネルギーネットワークにおいてデータ収集し、常時監視すると同時に制御対象（たとえば、電力ネットワークの電圧や周波数）を自動調整するシステムの総称である。最近では、ビル、工場、住宅、地域全体のためのエネルギー管理システムをそれぞれ、BEMS（Building Energy Management System）、FEMS（Factory Energy Management System）、HEMS（Home Energy Management System）、CEMS（Community Energy Management System）と呼ぶ^{*1}。各EMS の管理範囲ごとにEMS コントローラが配置され、電力状況に応じて節電を促すデマンドレスポンス（DR）要請を考慮しながら、EMS コントローラは管理範囲内の電力管理をおこなう（図1）。

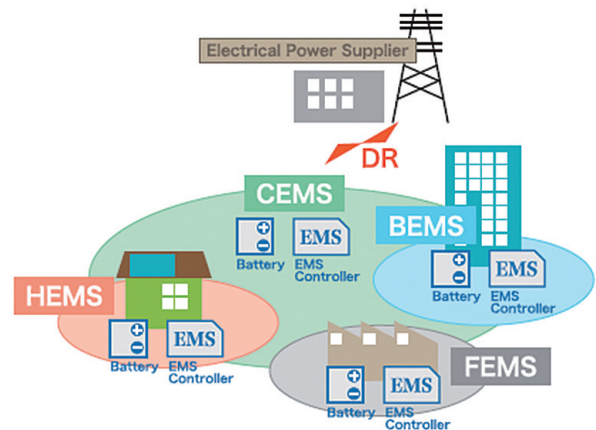


図1 各EMS の管理範囲

蓄電池盤や無停電電源装置のような蓄電池搭載機器は、EMS の中で、エネルギーの需要と供給のバランスを調整する。具体的には、管理範囲内での昼夜の電力需給ギャップの縮小や、需給逼迫時の電力使用量の抑制のために、蓄電池の充放電による負荷平準化（ピークシフトやピークカット）を実行する。蓄電池搭載機器は、太陽光や風力を利用した発電システムにおける発電電力平準化、停電などの系統異常時のバックアップ電力供給といった機能も担う。

2. EMS 対応のネットワークカード

GSユアサは、EMS における蓄電池搭載機器の運用・監視を想定したネットワークカード“Acroware-iGYnetworkAgent”（図2）を、2014年に開発した^{*2}。

従来の蓄電池搭載機器は、停電時に負荷装置やシステムに電力を供給するバックアップ電源として使われ



図2 Acroware-iGYnetworkAgent

るものが多かった。そのような蓄電池搭載機器における監視は、入出力の計測情報、停電検出情報、蓄電池の容量・電圧情報、温度情報、機器の異常情報などに基つき、機器の状態を「見える化」することが主な目的だった。

EMS で利用される蓄電池搭載機器は、単なる電力のバックアップのみならず、繰り返し充放電による電力需給のために、多様かつ高度な機能が求められる。蓄電池搭載機器に装着されたネットワークカードが、EMS コントローラと通信をおこなって、様々な機能を実現する（図3）。

Acroware-iGYnetworkAgent は、従来の監視機能に加え、EMS 対応として HEMS の標準プロトコルである ECHONET Lite、ピークシフト機能（無停電電源装置向け）を搭載した。蓄電池搭載機器の「見える化」に加え、効率的な「電力制御」に対応することが可能となっている。

3. ネットワークカードを用いた充放電アルゴリズムの配布と更新

EMS の管理範囲の電力制御の目標値は、電力需給機器の構成（蓄電池の容量や負荷装置の種類、太陽光発電の有無など）や使用条件（昼夜、春夏秋冬、寒暖、日照時間など）、電力制御目的（昼夜の電力需給ギャップの縮小割合や災害時への備え、ネガワット取引など）の各要素により異なる。その電力制御の目標値を達成するためには、各要素を考慮し、効果的に蓄電池を充放電する必要がある。

EMS コントローラは、空調機や照明などの負荷装置をきめ細かく制御するタスクを実行しているため、蓄電池の充放電制御タスクも追加すると、処理負担が

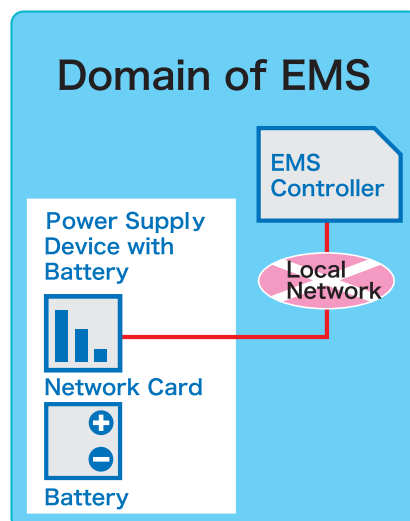


図3 EMS で利用される蓄電池搭載機器イメージ

大きくなる。特に、EMS コントローラが管理範囲内で多数の蓄電池搭載機器と連携している場合、その傾向が顕著となる。

そこで、あらかじめ電力管理サーバーで準備した充放電アルゴリズムを、所定の条件が満たされた場合に EMS コントローラを通じて蓄電池搭載機器のネットワークカードに配布し、ネットワークカードに充放電制御タスクを担わせることで、EMS コントローラの負担を軽減する。たとえば、空調機の稼働変化などにより電力需要が変化した際に、新しい充放電アルゴリズムを電力管理サーバーから EMS コントローラを通じてネットワークカードに配布する。

ここでネットワークカードは、配布された新しい充放電アルゴリズムが実行可能かどうかを判断する（図4：S1）。実行可能であれば、ネットワークカードがそのアルゴリズムに従い蓄電池の充放電を実行する（図4：S2）。

充電状態（SOC）などの蓄電池の状態によっては、配布されたアルゴリズムで予定された充放電を実行できないことが生じえる。その場合、ネットワークカードから EMS コントローラへ、アルゴリズムを実行できない理由を返しつつ、アルゴリズムの修正を要求する（図4：S3）。そして EMS コントローラは、電力管理サーバーに対して、修正した充放電アルゴリズムの配布を要求する（図4：S4）。なお、EMS コントローラが、電力管理サーバーのデータ処理機能を有しているもよい。

このように、ネットワークカードを起点とした、充

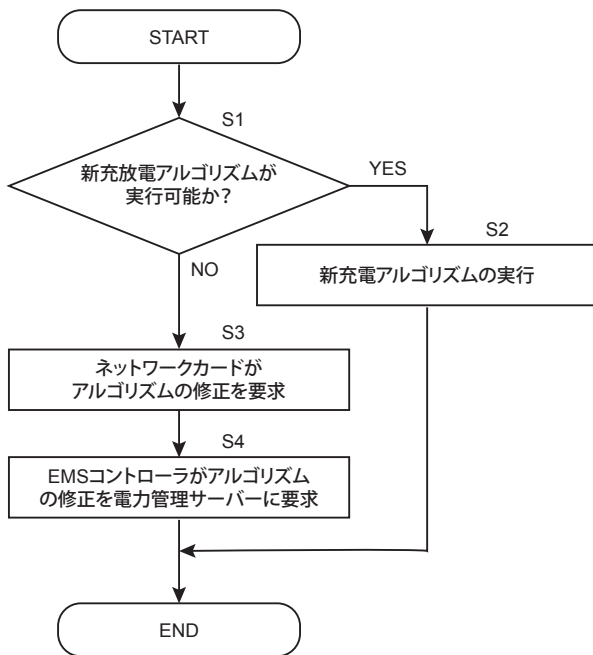


図4 充電アルゴリズムの更新ルーチン^{※3}

放電アルゴリズムの更新ルーチンを備えることで、EMSコントローラの負担を増やすことなく、各EMSの状況に合致した蓄電池の運用がおこなわれて安全性および安定性が強化される。

以上、本稿では、EMSおよび蓄電池搭載機器の役割とネットワークカードの機能を概観するとともに、ネットワークカードを用いた蓄電池の充放電制御を説明した。その2では、ネットワークカードによる保守の効率化を紹介する。

※1 スマートグリッド編集委員会 [編], スマートコミュニティのためのエネルギーマネジメント, (株)大河出版, 2016年

※2 GS Yuasa Technical Report 第11巻 第2号 2014年

※3 日本特許第6402924号 (2014年出願)

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部

GSユアサによる蓄電池の運用監視技術 の開発の歩み（その2） —無線通信による保守の効率化—

スマートフォンやタブレットなどのスマートデバイス（携帯情報端末）は、そのセキュリティ対策が進み、ビジネス需要にも利用が広がっている。蓄電池盤や無停電電源装置のような蓄電池搭載機器について、その保守のために、保守員が携帯するスマートデバイスを活用することが検討されている（図1）。

GSユアサが2014年に開発したネットワークカード“Acroware-iGYnetworkAgent”は、保守専用の無線通信インターフェースが搭載可能になっている。本稿では、蓄電池搭載機器の保守を効率化・省力化するための技術コンセプトを紹介する。

1. 蓄電池搭載機器の運用例

その1で述べたように、電力需給のバランスをとる電力管理システム（EMS）においては、蓄電池搭載機器が、電力の効率的な利用を実現するための重要な装置として位置づけられる。蓄電池搭載機器の一例として、リチウムイオン電池などの蓄電池を搭載した無停電電源装置（以下、「UPS」という）がある。

UPSの設置例を図2に示す。交流の電力系統に、停電時の電力のバックアップを必要とする負荷1、負荷2（たとえばサーバーコンピュータ）と、その他の負荷3、負荷4（たとえば空調機器や照明機器）が接続されている。負荷1、負荷2には、UPSが接続さ

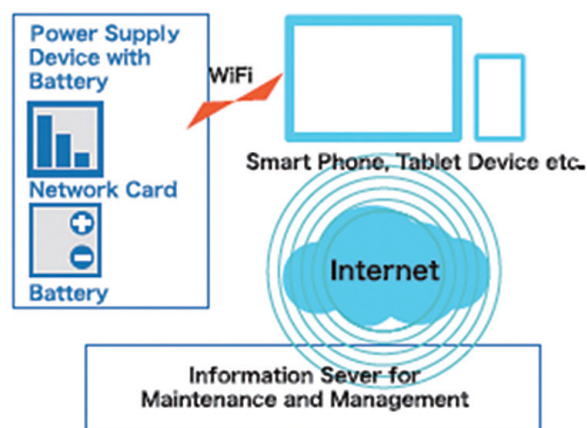


図1 スマートデバイスを用いた蓄電池搭載機器の保守^{*1}

れている。UPSおよび負荷3、4は、エンドユーザのネットワーク（LAN）を介してEMSコントローラに接続され、電力管理サーバーからの信号によってそれら機器の動作が制御される。電力管理サーバーは、電力需給状態に応じて負荷の最適な運用形態を解析し、EMSコントローラ経由で負荷に動作指令を出力する。UPSは、昼夜の電力需給ギャップを縮小するピークシフトなどに用いられる。

図3に示すように、UPSは電力系統からの交流電力を整流器によって整流し、双方向コンバータを介して蓄電池を充電する。蓄電池に蓄えられた電力は、双方向コンバータを介してインバータに与えられて交流電力に変換され、インバータバイパススイッチを介して負荷に与えられる。インバータバイパススイッチは、たとえばUPSの点検作業のためにインバータを停止させる場合に、電力系統の電力を負荷に直接的に供給するように切り替えられる。

UPS制御装置は、複数の蓄電セルにより構成される蓄電池について、蓄電セルごとに電圧、充電状態（SOC）などを所定時間間隔で測定または演算し、ログとして記憶する。UPS制御装置は、温度やUPSの動作状態なども管理情報として記憶する。

UPSが備えるネットワークユニット（たとえばネットワークカード）は、LANを通じてEMSコントローラなどと通信をおこなう。

図4に示すように、ネットワークユニットは、有線LAN通信部と無線LAN通信部を備える。有線LAN通信部は、EMSコントローラがつながるエンドユーザのLANに有線接続するためのコネクタを有する。そのLANには、蓄電池搭載機器の動作をモニターする、エンドユーザの管理用コンピュータも接続される。

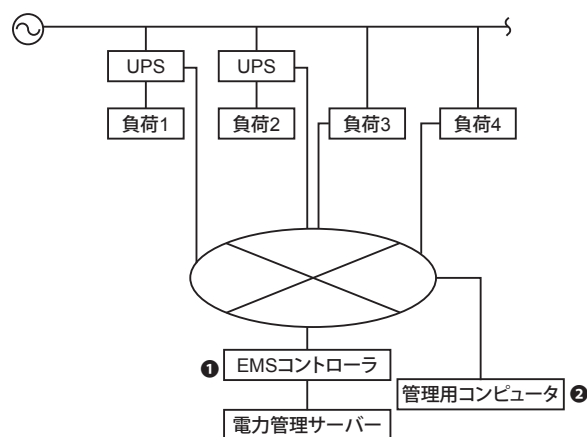


図2 UPSの設置例

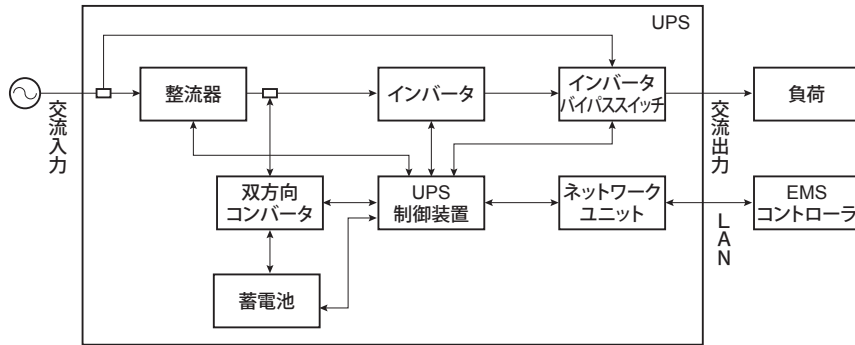


図3 UPSの内部構成の例

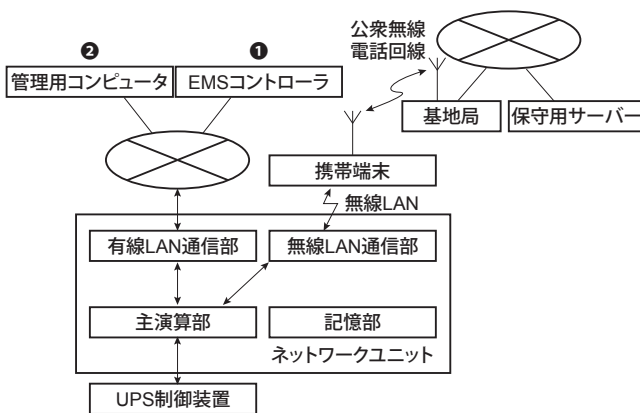


図4 無線通信による保守の効率化^{※2}

EMSコントローラと管理用コンピュータにより、蓄電池搭載機器の運用と監視がおこなわれる。

2. 無線通信による保守の効率化

たとえば緊急時に、蓄電池搭載機器の設置場所に向いた保守員が、効率的な保守作業をおこなうためには、蓄電池の動作ログを含む蓄電池搭載機器の管理情報が必要である。しかし昨今、エンドユーザのLANに対して、部外者の保守員によるアクセスは制限されている。そのため、保守員がログを取得できないことが想定される。

そこで、蓄電池搭載機器に備えられた無線LAN通信部を、保守作業時に使用する(図4)。設置場所に

到着した保守員は、携帯情報端末にて無線LAN接続のための所定の認証作業をおこない、携帯情報端末と無線LAN通信部とのデータ通信を確立する。これにより、蓄電池搭載機器のログファイルを読み出して、携帯情報端末において閲覧できるようになる。無線LANを介して、膨大なデータ量の情報が送信されるが、この無線LANはエンドユーザのLANとは独立しているため、電力管理サーバによるEMSおよび蓄電池搭載機器の運用監視(図1)に影響はおよばない。

携帯情報端末は、公衆無線電話回線などを通じてインターネットに接続して、ログファイルや管理情報を、保守用サーバに転送することもできる。保守用サーバにおいて、転送された情報をもとに機器の状態解析をおこない、必要な保守作業を遠隔から保守員に提示することで、保守作業の時間短縮と正確性の向上をはかることができる。

以上、本稿では、蓄電池搭載機器の具体的な運用例を示すとともに、蓄電池搭載機器の保守を効率化・省力化するための技術コンセプトを説明した。その3では、蓄電池の劣化を推定する技術を紹介する。

※1 GS Yuasa Technical Report 第11巻 第2号 2014年

※2 日本特許第6402925号(2014年出願)

<問合せ先>
(株)GSユアサ 知的財産部

GSユアサによる蓄電池の運用監視技術 の開発の歩み（その3） —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



図1 スマートデバイスの監視画面^{*5}

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。

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被膜の生成量が增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。

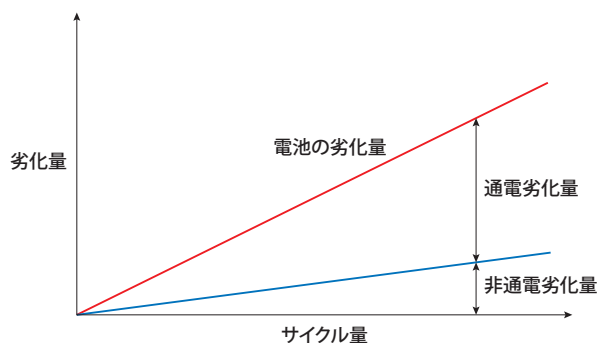
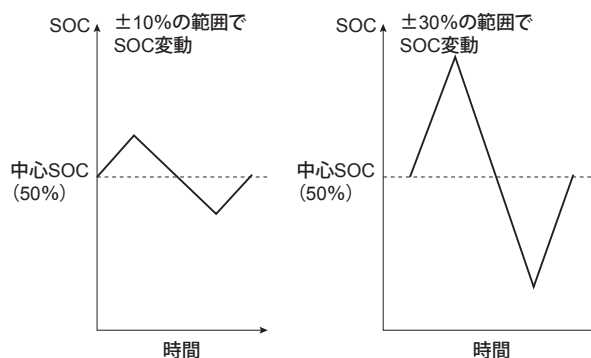
図2 通電劣化量と非通電劣化量の推移^{※6}

図3 異なるSOC変動幅の充放電

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。

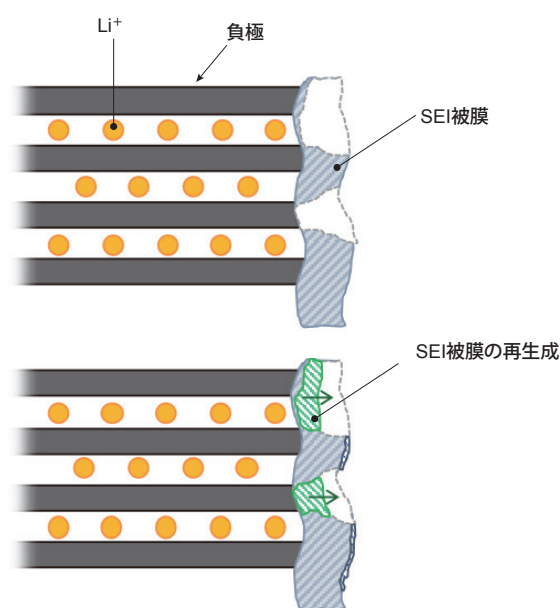
これは、SOC変動幅が大きいほど負極の膨張・収縮の度合いが大きく、SOC変動幅が大きいほどSEI被膜が部分的に負極から離脱するためと推察される (図4上)。また、SEI被膜が離脱した負極の表面箇所では、SEI被膜が再生成すると推察される (図4下)。

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。

※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

図4 SEI被膜の離脱と再生成^{※7}

※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)

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部