

防災対応型太陽光発電システムの蓄電池劣化診断

Deterioration Diagnosis of Battery Storage Systems in Disaster-Resilient Photovoltaic Installations

近藤 敦美 KONDO Atsumi 玉城 将樹 TAMASHIRO Masaki 山本 幸洋 YAMAMOTO Takahiro

東芝は、東芝リチウムイオン二次電池 SCiB™を搭載した既設蓄電池システムの劣化診断を実施し、結果報告書を顧客に提供するサービスを展開している。そのサービスの適用例として、仙台市内の防災対応型太陽光発電システムとして31拠点に設置された SCiB™搭載の蓄電池システムを対象に、蓄電池システムで取得済みの時系列データに基づく劣化診断を行った。蓄電池システムにない温度データは、気象庁データと代表拠点の実測値から推定して、劣化診断に用いた。電圧標準偏差法を用いて31拠点の蓄電池システムを評価した結果、全ての蓄電池システムが約10年経過後も90%以上の容量維持率を持つことを確認し、SCiB™の長寿命性を示した。今後、劣化診断の活用により、蓄電池システムのライフサイクルコスト低減や、蓄電池システム更新計画策定に貢献していく。

Toshiba Corporation offers a service that diagnoses the deterioration of existing battery storage systems incorporating SCiB™ cells and reports the results to customers.

To evaluate battery cell performance degradation, we have carried out a deterioration diagnosis of battery storage systems equipped with SCiB™ cells at 31 disaster-resilient photovoltaic installations at sites in Sendai City, using time-series battery data from this service and temperature data estimated using both data from the Japan Meteorological Agency and measurements taken at a typical site. From the results of estimations based on a voltage standard deviation method, we have confirmed that all evaluated battery storage systems maintained a capacity retention rate of more than 90% after approximately 10 years, thus demonstrating long service life of SCiB™. The battery deterioration diagnosis service will contribute to life-cycle cost reduction and renewal planning for battery storage systems.

1. まえがき

東芝は、既設蓄電池システムの用途やニーズに応じて最適な劣化診断手法を選択し、劣化診断を実施して診断報告書を提供する劣化診断サービスを展開している。蓄電池の劣化は、容量維持率又は内部抵抗上昇率、あるいはその両方で評価する。容量維持率は劣化により初期容量からのくらの容量が残っているかを、内部抵抗上昇率は初期内部抵抗から何%上昇したかを表す。顧客は、診断報告書

を、将来の蓄電池システムのリユースや更新計画策定などに活用する。図1に、劣化診断サービスの流れを示す。

仙台市は、非常時の電源確保のために、避難所となる小・中・高等学校に、蓄電池システムを含む防災対応型太陽光発電システムを設置している。非常時には定格どおりの満充電容量で避難所に電力供給されるため、劣化による蓄電池容量低下への懸念が、仙台市から寄せられていた。当社は2024年度に仙台市から業務委託を受け、設置後約10年経過した31拠点の蓄電池システムを対象に劣化診断

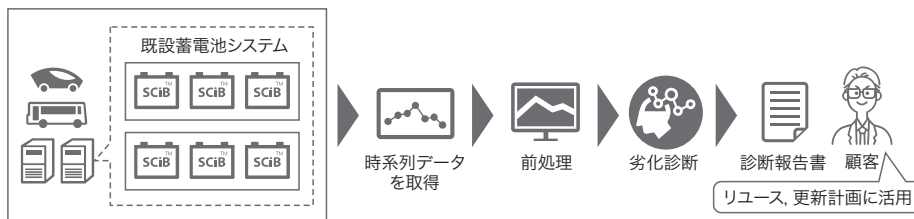


図1. 劣化診断サービスの流れ

既設の蓄電池システムから実稼働時の時系列データを取得し、データを前処理した後に劣化診断を行い、診断報告書をまとめる。

Battery deterioration diagnosis service process

サービスを適用し、電圧標準偏差法で容量維持率を算出して診断報告書を提供した。電圧標準偏差法には、電流・電圧・温度のデータが必要である。電流・電圧データは、蓄電池システムから取得した数か月から1年の時系列データを利用し、温度データは、気象庁データと代表拠点の実測値から推定して使用した。

ここでは、仙台市の劣化診断サービスで使用した温度推定方法と劣化診断精度向上の手法・効果、及び蓄電池システムの劣化診断結果について述べる。

2. 診断手法の選定

当社が劣化診断サービスで採用している4種類の診断手法⁽¹⁾を、表1に示す。充電曲線解析法は、各電極の劣化要因を診断できるが、容量測定試験と同等の広い範囲のSOC (State of Charge：充電率)での充放電試験が必要となる。RCA (Reaction Characteristics Analysis)/EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)法は、蓄電池のインピーダンス特性に基づいて内部化学反応や抵抗を分析する手法で、専用の計測装置を必要とする。DSOC (Differential SOC)法は、充放電時の電圧に対する容量の傾きから容量維持率を算出する手法である。計測器の分解能によって精度が左右され、広いSOC範囲の充放電試験が必要になることがある。電圧標準偏差法は、充放電時の電圧・電流・温度・SOCの時系列データを基に機械学習で容量維持率を算出する手法である⁽²⁾。診断用のデータ取得などは不要である。

今回の仙台市のケースでは、31拠点の防災システムの運転を停止せず、限られた期間で全拠点の劣化診断を行う必要があった。そこで、診断専用試験が不要で、かつ取得済みの時系列データから容量維持率を算出する電圧標準偏差法を採用した。しかし、診断対象の蓄電池システムでは、電圧・電流・SOCの時系列データを取得・保管している一方、温度の時系列データは取得しておらず、容量維持率推

表1. 劣化診断サービスで採用している四つの診断手法⁽¹⁾の比較

Comparison of four methods used in deterioration diagnosis service

手法	内容	診断用試験や専用計測装置の要否
充電曲線解析法	充電過程の電圧-容量曲線の形状変化から内部劣化を推定	広いSOC範囲の充放電試験が必要
RCA/EIS法	蓄電池のインピーダンス特性に基づき内部化学反応や抵抗情報を分離して診断	周波数掃引ができる専用の計測装置が必要
DSOC法	容量の電圧に対する傾きから劣化状態を推定し、容量維持率に換算	精度向上には広いSOC範囲の充放電試験が必要
電圧標準偏差法	充放電時の時系列データから機械学習で容量維持率を推定	不要

定の精度向上に必要な温度データの推定が課題であった。

3. 蓄電池システムの概要

診断対象は、表2及び図2に示す東芝ユニファイドテクノロジーズ(株)製のリチウムイオン蓄電システムIPCS-LIB-X100を使用し、太陽光発電と連携して構成したハイブリッド型蓄電池システムである。IPCS-LIB-X100は、10 kWのPCS (Power Conditioning System)、標準構成で17.4 kWh、最大52.2 kWhの蓄電池容量を備え、停電時は自立運転で特定負荷への電力供給が可能である。

4. 診断用データの補足

4.1 電圧・電流データの補足

蓄電池システムから取得できる時系列データの種類によって、時刻・SOC・電圧・電流の四つのデータで構成される

表2. IPCS-LIB-X100の主な諸元

Main specifications of IPCS-LIB-X100

型式	IPCS-LIB-X100	
系統入力	系統連系	三相連系
	定格出力	10 kW
	定格電圧	202±20 V
電池容量	標準構成	17.4 kWh
	最大構成	52.2 kWh (8.7 kWh単位で増設)
太陽光発電用内蔵 PCS	10 kW	
機能	自立運転、ピークシフト、ピークカット、逆潮流抑制、ブラックアウトスタート	
上位通信	Ethernet (TCP/IP)	

TCP/IP：Transmission Control Protocol/Internet Protocol



図2. IPCS-LIB-X100

IPCS-LIB-X100と太陽光発電とを連携して、ハイブリッド型蓄電池システムを構成した。この蓄電池システムは、防災拠点・BCP(事業継続計画)対策などで活用されている。

IPCS-LIB-X100 battery storage system

拠点(A拠点群)と、時刻・SOCの二つのデータで構成される拠点(B拠点群)とに分類した。そのうちA拠点群は、電圧標準偏差法を用いて容量維持率を算出し、B拠点群は、A拠点群と同様の運用状況で、似たような容量維持率の減少をしていると仮定して容量維持率を算出した。

4.2 温度データの推定

今回のケースでは全ての拠点で、蓄電池システムから温度の時系列データを取得できない。仮に、温度一定として電圧標準偏差法で算出すると、容量維持率が冬に低下し夏に上昇する結果となり、信頼できる結果が得られない。また、各蓄電池システムは、小・中学校の体育館用具室内や、小学校玄関の軒下、屋外などに設置されており、蓄電池の温度は外気の影響を受けると考えられる。

そこで、電圧標準偏差法で使用する温度データを次のとおり推定した。

4.2.1 充放電試験による温度測定及び気温データとの比較

仙台市の協力の下、屋内(拠点1)及び屋外(拠点2)に設置された計2か所の蓄電池システムで充放電試験を実施した。充放電のスピードは、Cレート^(注1)で表す。図3に、充放電試験におけるSOCと蓄電池電圧の関係を示す。①満充電の状態から②0.35 Cの放電を実施、③下限電圧に到達後0.15 Cの放電を実施、④途中から0.30 C充電に切り替え、⑤充電末近傍で0.15 Cの充電に移行した。

充電と放電の両方のカーブから求めた容量維持率、及び

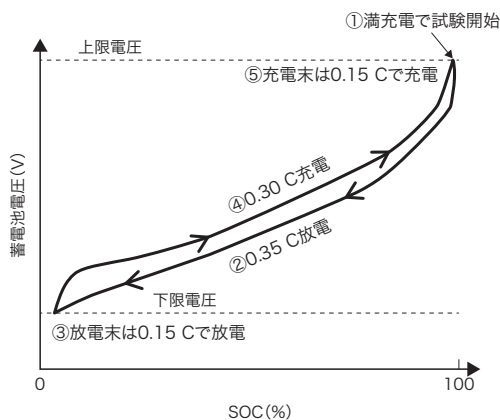


図3. 充放電試験におけるSOCと蓄電池電圧の関係

充放電試験を屋内及び室外に設置した2拠点で実施し、温度データを取得した。

Relationship between state of charge (SOC) and battery voltage during charge-discharge cycle tests

(注1) 電池の充放電電流値の相対的な比率を表す単位。電流値(A)/容量(Ah)で算出される。

試験時の蓄電池の温度を、表3に示す。充放電試験で得られた蓄電池温度の平均値は34℃、最高・最低温度の差は2～3℃程度であった。

試験で得られた蓄電池の温度と気象庁の気温データを比較した結果、蓄電池の温度は気温より常に約4℃高いことを確認した。

4.2.2 推定した温度による容量維持率の精度向上効果の確認

統計学や機械学習の分野では、モデルが推定した値と真値との誤差を評価する指標としてRMSE(Root Mean Squared Error: 二乗平均平方根誤差)が広く用いられる。拠点1について、表3の実測容量維持率を真値として、蓄電池温度を気温の平均値で一定と仮定して算出した容量維

表3. 充放電試験で得られた蓄電池の容量維持率と温度

Capacity retention rate and temperature data obtained by charge-discharge cycle tests

項目		拠点1	拠点2
容量維持率	0.35 C放電時(図3②) (%)	97.6	96.8
	0.15 C放電時(図3③) (%)	100.0	100.0
	0.30 C充電時(図3④) (%)	99.9	97.1
	0.15 C充電時(図3⑤) (%)	100.0	100.0
蓄電池温度	最高温度 (°C)	36	35
	平均温度 (°C)	34	34
	最低温度 (°C)	33	33

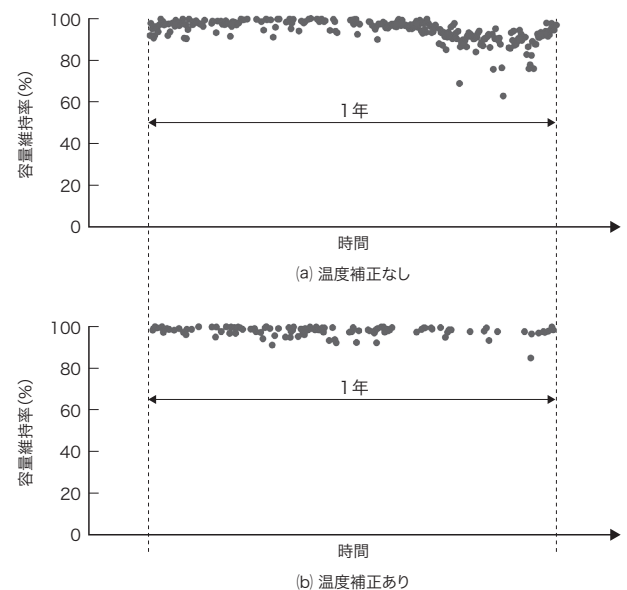


図4. 温度補正の有無による容量維持率算出結果の比較

温度補正により容量維持率のばらつきが少なくなり、算出精度が改善した。

Comparison of capacity retention rate calculation results with and without temperature compensation

持率と、気象庁の気温データに4℃のオフセットを加えて補正した値で算出した容量維持率のRMSEをそれぞれ計算して比較した(図4)。この結果、気温一定と仮定した場合のRMSEは5.7%であるのに対して、温度補正を行ったモデルでは2.8%へ低減し、電圧標準偏差法による容量維持率算出精度の改善を確認した。

これらの結果から、気象庁の気温データに4℃加えた値を蓄電池の温度データとして全拠点に適用し、容量維持率の算出に使用した。

5. 劣化診断結果

4章に述べた補足方法で得た時系列データを用いて、電圧標準偏差法で、全31拠点の容量維持率を算出した(図5)。全ての拠点で、容量維持率90%以上を確認し、SCiB™を搭載した蓄電池システムの長期運用における高い信頼性が示された。

これらの結果を劣化診断報告書として仙台市に提出し、設置後10年後も多くの容量が維持されていることに対して、高信頼性・長寿命の結果に満足しているとの評価を得た。

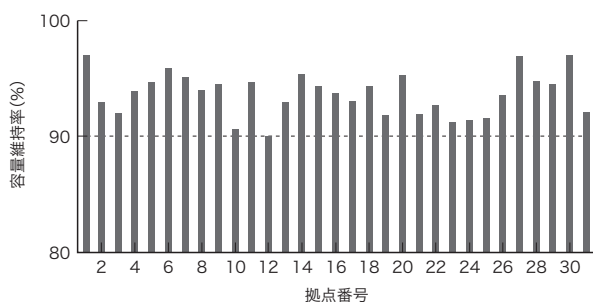


図5. 31拠点の容量維持率の算出結果

全拠点で、90%以上の高い容量維持率を示した。

Capacity retention for 31 battery storage systems equipped with SCiB™ cells

6. あとがき

ここでは、既設蓄電池システムの劣化診断サービスの適用例として、仙台市での取り組みについて述べた。不足データを適切に補足することで、全拠点の容量維持率を高精度に算出した。設置から約10年経過した31拠点において90%以上の容量維持率を確認し、システムの高い信頼性と長寿命性を示すことができた。

今後はサービス拡充や、予知保全の高度化を推進し、保守・更新事業の発展に貢献していく。

文献

- (1) 東芝. “再エネ普及を支える影の立役者「蓄電池モニタリング技術」～「電力の需給調整」市場スタートにより増す存在感”. Toshiba Clip. <<https://www.toshiba-clip.com/detail/p=7454>>, (参照 2025-12-25).
- (2) 山本幸洋, ほか. 電力系統用蓄電池システムの健全性評価手法. 東芝レビュー. 2018, 73, 6, p.46-50. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2018/06/73_06pdf/f01.pdf>, (参照 2025-12-25).



近藤 敦美 KONDO Atsumi
電池事業部 技術企画部
Technology Planning Dept.



玉城 将樹 TAMASHIRO Masaki
社会システム事業部 エネルギーソリューション技術第一部
Energy Solutions Engineering Dept.1



山本 幸洋 YAMAMOTO Takahiro
総合研究所 AIデジタルR&Dセンター システムAI研究部
System AI R&D Dept.