

電力の安定供給を実現する定置型蓄電池システム

Fixed-Type Battery Energy Storage Systems to Ensure Stable Power Supplies

門田 行生

久保田 雅之

山岸 祐之

■ MONDEN Yukitaka

■ KUBOTA Masayuki

■ YAMAGISHI Masayuki

太陽光発電 (PV) など再生可能エネルギーの導入拡大が期待されている。しかし、交流系統に分散電源が増加すると、電力の流れが変化して系統の電圧上昇など異常が発生する可能性があり、二次電池を活用した電力の安定供給が検討されている。

東芝は、交流系統の安定化や負荷電力のピークシフト、更には停電時の電力供給を目的に、系統用と家庭用の定置型蓄電池システムを開発し、統合型スマートグリッド評価システムでそれらの動作を検証した。また宅内直流給電システムによる実証試験で、直流動作の家電機器での負荷急変時や交流系統への逆潮流制限時に、蓄電池システムが効果的に動作することを確認した。

Expectations are rising for the expansion of renewable energy sources such as photovoltaic power generation and so on. However, the connection of large amounts of power generated by distributed renewable sources to an AC power network may cause anomalies, including rises in the grid voltage due to changes in the direction of power flow. A stable power supply system applying storage batteries is under consideration as a solution to this issue.

Toshiba has developed battery energy storage systems for both utility and home use for the realization of grid stabilization and load peak shifting, as well as emergency power supply during blackouts. We have confirmed the effectiveness of these systems through the in-house integrated smart grid evaluation system, as well as the adequate performance of the system for home use in the event of sudden load changes of DC-powered home appliances and during the restriction of reverse power flow through a DC power supply system.

1 まえがき

化石燃料の枯渇に対する懸念や二酸化炭素 (CO₂) 排出量削減への取組みとして、太陽光発電 (PV) など再生可能エネルギーの導入拡大が期待されているが、交流系統に接続される分散電源が増加した場合、電力の流れが変化して系統の電圧上昇や周波数異常を発生させる可能性がある。

そこで東芝は、交流系統の安定化や負荷電力のピークシフト、更には停電時の電力供給を目的に、定格電流で連続充放電しても目標温度上昇以下で運転可能な系統用及び家庭用の定置型蓄電池システムを開発した。また、社内に設置した統合型スマートグリッド評価システム (この特集の p.24-27 参照) とこれら定置型蓄電池システムを接続して動作検証を実施した。特に家庭用の定置型蓄電池システムでは、家電機器の負荷変動や交流系統への逆潮流制限など、実際の運用を想定した実証試験を行った。ここでは、今回開発した系統用及び家庭用定置型蓄電池システムの概要と、統合型スマートグリッド評価システムの一部である宅内直流給電システムに組み込んで行った実証試験の結果について述べる。

2 定置型蓄電池システムの仕様と機能

2.1 二次電池

定置型蓄電池システムの核となる二次電池には、高い安全



図1. 系統用定置型蓄電池システム — 正面中央が二次電池を収納した電池部、右側が制御基板及び計測装置やスイッチ類を収納した電気回路部である。

Battery energy storage system for utility grid

性、高信頼性、及び長寿命などの特長を持つ SCiB™ を採用した⁽¹⁾。系統用の定置型蓄電池システムは、PV や風力発電など再生可能エネルギー発電との連系運転を想定しており、急激な電力変動を抑制する大電力放電動作に加えて、短時間での大電流充電動作に対する要求も高い。この点で SCiB™ は急速充電にも優れた特性を備えており、車載用だけでなく定置用にも適した二次電池である⁽²⁾。

表 1. 系統用定置型蓄電池システムの主な仕様

Main specifications of battery energy storage system for utility grid

項目	仕様
電池セル	20 Ah-SCiB _{TM}
定格電流	200 A
瞬時最大電流	1,000 A
出力電圧	552 V
定格電池容量	110 kWh
外形寸法	1,700 (幅) × 815 (奥行) × 1,800 (高さ) mm

2.2 系統用定置型蓄電池システム

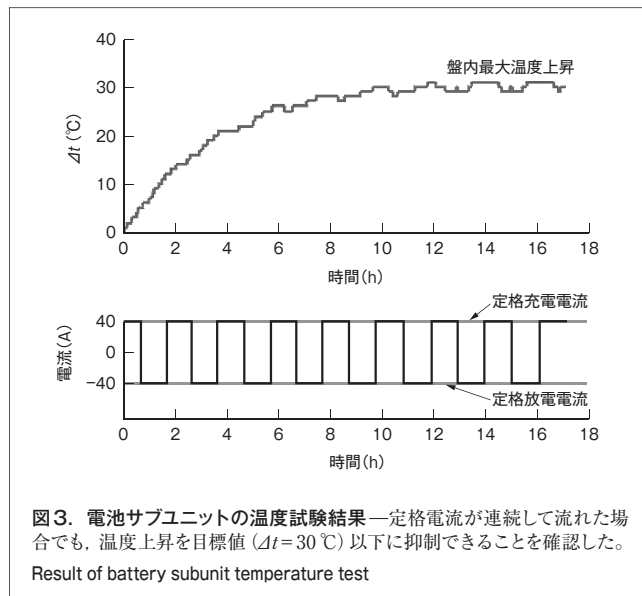
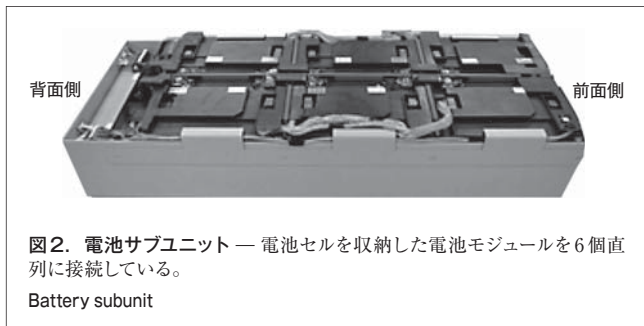
今回開発した系統用定置型蓄電池システムの外観を図1に、その仕様を表1に示す。

SCiB_{TM}には複数の機種がラインアップされており、用途に応じて適切な機種を選択する。この蓄電池システムでは、大容量のエネルギー蓄積能力が要求されることから、SCiB_{TM}の高エネルギー機種である20 Ahセルを使用した。

定格電池容量は100 kWh級を想定し、これを複数台並列接続することでMWh級のエネルギーを蓄積できる。図1において正面中央が二次電池を収納した電池部であり、右側が制御基板や計測装置及びスイッチ類を収納した電気回路部である。制御基板やスイッチは、常時活線状態にある電池部と分離することで、作業者が感電する危険性を排除した。

電池サブユニットを図2に示す。これは、電池セルを収納した電池モジュールを6個直列に接続して構成したもので、蓄電池システムの輸送や組立て作業における最小ユニットとなる。背面にはワンタッチで着脱可能なコネクタを配置し、蓄電池システムの高い安全性とメンテナンス性を実現した。電池部は、この電池サブユニットを5台横に並べ、更に縦方向に10段配置した。

電気回路部は、出力する電圧や電流を計測するとともに、電池セルの電圧情報や温度情報を収集し、上位制御装置へ計測情報や演算情報を送信する。また、保護回路としてヒューズやスイッチを備え、電池セルの異常な過充電や過放電を検知すると、スイッチを遮断して電池セルを保護するシーケンスを備えている。



電池サブユニットで実施した、定格電流での連続充放電による温度試験の結果を図3に示す。定格電流が連続して流れた場合でも、目標の温度上昇値 ($\Delta t = 30^\circ\text{C}$) 以下に抑制できる結果を得た。また、電池セルの温度を目標温度以下とすれば、定格電流の5倍の瞬時最大電流を充放電できる。

2.3 家庭用定置型蓄電池システム

今回開発した家庭用定置型蓄電池システムの外観を図4に、その仕様を表2に示す。この蓄電池システムでは、小型化や100 V超の電圧出力の要求から4.2 Ahセルを使用した。家庭用PVシステムの余剰電力の吸収や家電機器における負荷電力のピークシフトなどを目的として、短時間での高入出力要求に対応できる装置構成としている。

蓄電池システムの内部は、電池セルの電圧や温度を監視する監視基板と電池セルとを搭載した電池モジュール、蓄電池シ

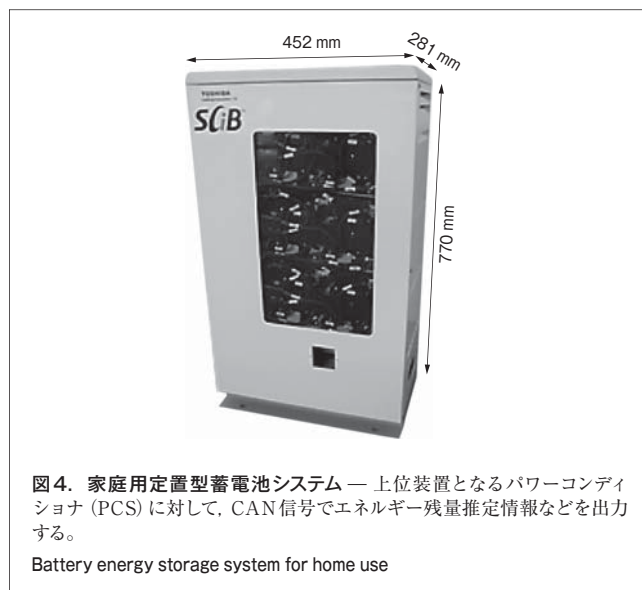


表2. 家庭用定置型蓄電池システムの主な仕様

Main specifications of battery energy storage system for home use

項目	仕様
電池セル	4.2 Ah-SCiB™
定格電流	20 A
瞬時最大電流	50 A
出力電圧	216 V
定格電池容量	2.6 kWh
外形寸法	452 (幅) × 281 (奥行) × 770 (高さ) mm

システムの電流を監視する電流検出基板、及び監視基板の情報や蓄電池システムの電流情報を収集し、エネルギー残量を推定(SOC推定)したり保護信号を出力したりする管理基板などを備えている。管理基板は、上位制御装置である蓄電池チョッパに対してCAN (Controller Area Network) 信号で蓄電池システムの情報を出力し、蓄電池チョッパは、この電池情報に基づき充放電を行う。また、蓄電池チョッパは、HEMS (Home Energy Management System) と通信して、需要計画などに従って蓄電池システムを充放電することもできる。

更に、停電時などの自立運転に対応するため、監視基板や管理基板への電力供給は蓄電池システム内の電池から行っている。これにより、交流系統で停電が発生した場合でも、蓄電池システムから重要な負荷に電力を供給して運転を継続することができる。

3 宅内直流給電システムにおける実証試験

3.1 システム構成

統合型スマートグリッド評価システムは、交流系統から分散電源や家電機器まで網羅したEMS (Energy Management System) の評価装置であり、その一部として宅内直流給電システムが構成されている。

宅内直流給電システムの構成を図5に示す。このシステムは、PVチョッパ、連系コンバータ、及び家庭用定置型蓄電池システムの充放電を行う蓄電池チョッパを備え、PVパネル、交流系統、及び蓄電池システムを電力供給源とする。PVによって得られた直流電力を直流のまま家電機器に供給するため、交流給電システムと比べ変換損失を低減できる。また、PVによる電力が不足する場合は、交流系統から受電する。

宅内直流給電システムの仕様を表3に示す。このシステムの定格電力は4 kWであり、PVパネルの最大発電電力である3.15 kWより大きくした。これにより、蓄電池への充電や家電機器の不使用中電力を消費しない場合にも発電電力を全て逆潮流させることができる。これらの変換回路にはSJ-MOS-FET (スーパージャンクション金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ) とSiC (炭化ケイ素) ダイオードを用いており、寄

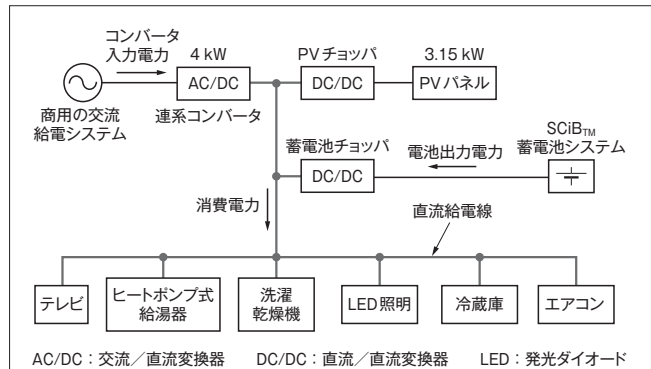


図5. 宅内直流給電システムの構成 — 直流給電線から直接家電機器に給電する構成になっており、蓄電池により無停電電源機能を備えている。

Configuration of DC power supply system in integrated smart grid evaluation system

表3. 宅内直流給電システムの主な仕様

Main specifications of DC power supply system

項目	仕様
宅内直流給電システム	定格 4 kW
	短時間定格 12 kW
太陽光パネル	定格 200 V
	定格 3.15 kW
蓄電池システム	使用セル : SCiB™
	公称 216 V-8 kW

生ダイオードの逆回復を促進するリカバリアシスト技術により、広い運転域で低損失の電力変換を実現している⁽³⁾。

蓄電池システムは、家庭内の消費電力が急激に変動したときに、電力を供給することで受電電力の変動を低減し、更に、給電電圧が低下したときに、蓄電池システムの蓄積エネルギーを利用した無停電電源として機能する。

3.2 負荷変動試験

統合型スマートグリッド評価システムで家電機器を負荷として負荷変動試験を行った。負荷急変時の試験結果を図6に示す。ここでは、負荷が安定してから約2 sを経過した時点で消費電力の大きいエアコンを停止させたときの消費電力、直流給電電圧、系統受電電力、及び蓄電池の充電電力を示す。

エアコンの停止に伴い発生する直流給電電圧の上昇に対して、連系コンバータは交流系統からの受電電力を減少させ、また蓄電池システムは余剰電力を充電することで直流給電電圧を目標電圧の1 pu (Per Unit: 基準値を1とし、これに対する比で表記) 付近に維持している。蓄電池システムの充電動作により、交流系統から受電する電力の変動が少なくて済み、交流系統に与える影響を低減できる。

3.3 逆潮流制限試験

次に、家電機器を負荷とした逆潮流制限試験を実施した。系統入力電力、PV電力、蓄電池の充電電力、及び直流給電

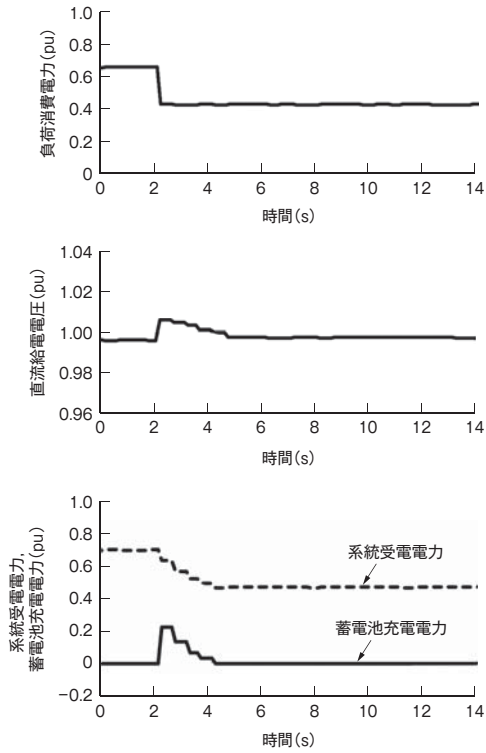


図6. 負荷変動試験の結果 — 負荷が急減しても、蓄電池が充電を行うことで直流電圧の変動が抑制されている。
Results of load change test

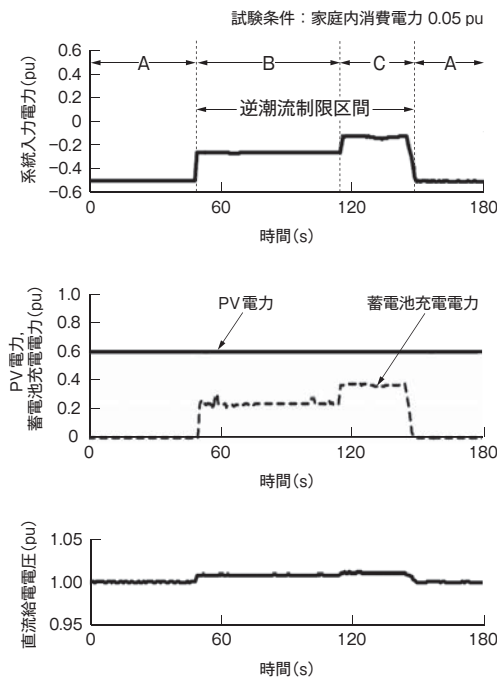


図7. 逆潮流制限試験の結果 — 連系コンバータが逆潮流制限をかけたときに、余剰電力が蓄電池に充電されることで直流給電電圧の変動が抑制されている。
Results of limited reverse power flow test

電圧の関係を図7に示す。

区間Aは逆潮流制限なし、区間Bは制限値0.25 puの逆潮流制限、区間Cでは0.125 puの逆潮流制限をそれぞれ行った。試験開始直後の区間Aでは、PV電力は約0.6 puであるのに対して、家庭内の消費電力は0.05 puであるため、余剰電力の0.55 puは全て交流系統に逆潮流している。区間Bにおいて、連系コンバータに0.25 puの逆潮流制限指令が与えられると、逆潮流できない分の電力は蓄電池に充電される。区間Cにおいては、0.125 puの逆潮流制限により蓄電池システムの充電電力が更に増加する。

この試験において直流給電電圧は常にほぼ一定の値となっており、逆潮流制限を実施した場合でも、蓄電池チョップの充電動作により、家電機器に安定した電力供給が行われることを確認した。

4 あとがき

系統用及び家庭用の定置型蓄電池システムを開発し、統合型スマートグリッド評価システムに接続して動作を検証した。特に次世代の配電システムである宅内直流給電システムの実証試験では、蓄電池システムの適用により交流系統への電力変動を低減できることを確認した。

今後、これらの蓄電池システムの開発を更に継続し発展させ、電気の安定供給に貢献していく。

文献

- 小杉伸一郎 他. 安全性に優れた新型二次電池 SCiB™. 東芝レビュー. 63, 2, 2008, p.54-57.
- 島田直人 他. 二次電池 SCiB™を適用した出力変動抑制用50 kW蓄電池システム. 東芝レビュー. 65, 9, 2010, p.15-18.
- 餅川 宏 他. “リカバリアシスト技術による高効率太陽光インバータ”. 平成20年電気学会全国大会 講演論文集. 4-075. 福岡, 2008-03, 電気学会. p.124.



門田 行生 MONDEN Yukitaka

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 電力蓄電ソリューション・配電システム開発部主務。蓄電池システムの研究・開発に従事。電気学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



久保田 雅之 KUBOTA Masayuki

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 電力蓄電ソリューション・配電システム開発部。蓄電池システムの研究・開発に従事。電気学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



山岸 祐之 YAMAGISHI Masayuki

スマートコミュニティ事業統括部 スマートホーム推進部主幹。HEMS及び国内向けスマートコミュニティの開発に従事。Smart Community Div.