

東京工業大学 定置型蓄電池システム

Stationary Battery Energy Storage Systems for Tokyo Institute of Technology

寺田 克己

■ TERADA Katsumi

皆川 建司

■ MINAGAWA Kenji

玉城 将樹

■ TAMASHIRO Masaki

東日本大震災以降、電力需給のひっ迫や事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）への関心が高まっている。これを受けて、ピークカットや停電時の電力供給に対応した定置型蓄電池システムが注目されている。国立大学法人 東京工業大学（以下、東工大と略記）は、再生可能エネルギーの導入促進による低炭素化と、エネルギーの自給自足を実現するために、定置型蓄電池システムと多種多様な分散電源を連系したキャンパスマイクログリッドを構築し、電力のピークカットと災害時の自立的な電源供給を目指している。

今回東芝は、当社製二次電池 SCiB™ を用いた定置型蓄電池システムを大岡山キャンパスに納入した。SCiB™ の高い充放電効率とサイクル特性は、低炭素化とエネルギーの自給自足を目指す東工大の“グリーンヒルズ構想”を実現するうえで核になると考えられる。

Since the Great East Japan Earthquake, there has been growing interest in countermeasures against the tight power supply-demand balance and in business continuity plans (BCPs). Attention has therefore been increasingly focused on the introduction of stationary battery energy storage systems that can play a key role in cutting peak power demand and ensuring emergency power supplies in the event of a blackout. With the aim of realizing a low-carbon and energy-self-sufficient campus through the introduction of renewable energy sources, the Tokyo Institute of Technology (Tokyo Tech) is promoting the Green Hill concept to construct smart grids by combining stationary battery energy storage systems with various distributed power supply systems in order to cut peak power demand and autonomously supply power in the event of a disaster.

As part of this approach, Toshiba has developed stationary battery energy storage systems as the core of the Green Hill concept, which incorporate its SCiB™ rechargeable battery modules with high charge/discharge efficiency and high cycle durability, and delivered these systems to the Ookayama Campus of Tokyo Tech.

1 まえがき

近年、地球温暖化対策の必要性が叫ばれており、国や自治体などによる補助金の後押しもあって再生可能エネルギーの導入が進んでいる。一方、東日本大震災をはじめとした昨今の災害経験から、BCPへの関心も高まっている。このような背景から、再生可能エネルギーの導入促進による低炭素化と、エネルギーの自給自足を同時に実現するためのキーデバイスとして、定置型蓄電池システム⁽¹⁾が注目されている。定置型蓄電池システムは、主にピークカットや、ピークシフト、電力の需給調整などに適用されるが、その用途からサイクル特性に優れたリチウムイオン電池が採用されている。また、リチウムイオン電池は、エネルギー密度が高く、設置面積を抑えることができるため、設置スペースの確保が難しい建物にも導入することができる。

今回東芝は、東工大のグリーンヒルズ構想⁽²⁾として、従来のリチウムイオン電池よりも優れた特性を持つ当社製二次電池 SCiB™ を用いた定置型蓄電池システムを納入した。ここでは、そのシステムの概要と特長について述べる。

2 東工大のグリーンヒルズ構想

東工大のグリーンヒルズ構想は、各キャンパス内に多種多様な分散型エネルギーシステムを導入し、スマートグリッドを構築することで、再生可能エネルギーの有効活用と、エネルギーの自給自足を目指したものである。

グリーンヒルズ構想の概要を図1に示す。東工大では、大岡山、すずかけ台、及び田町の各キャンパスでマイクログリッドを構築している。キャンパスマイクログリッドは、太陽光発電（PV）システムや、燃料電池（FC）、コージェネレーションシステム（CGS）などの各分散電源と、定置型蓄電池システムで構成されている。また、これら分散電源の電力情報はスマートグリッド管理システムに集約され、発電電力と負荷の需給調整を行っている。ここでは、当社制定置型蓄電池システムを納入した大岡山キャンパスについて述べる。

大岡山キャンパスにおける分散電源システムの概要を図2に示す。分散電源として、650 kWのPVシステム、100 kWのFC、及び70 kWのCGSを採用している。PVシステムは再生可能エネルギーを有効に活用できる反面、日射量によって発電電力が変動し、構内系統が不安定になるなどの課題がある。

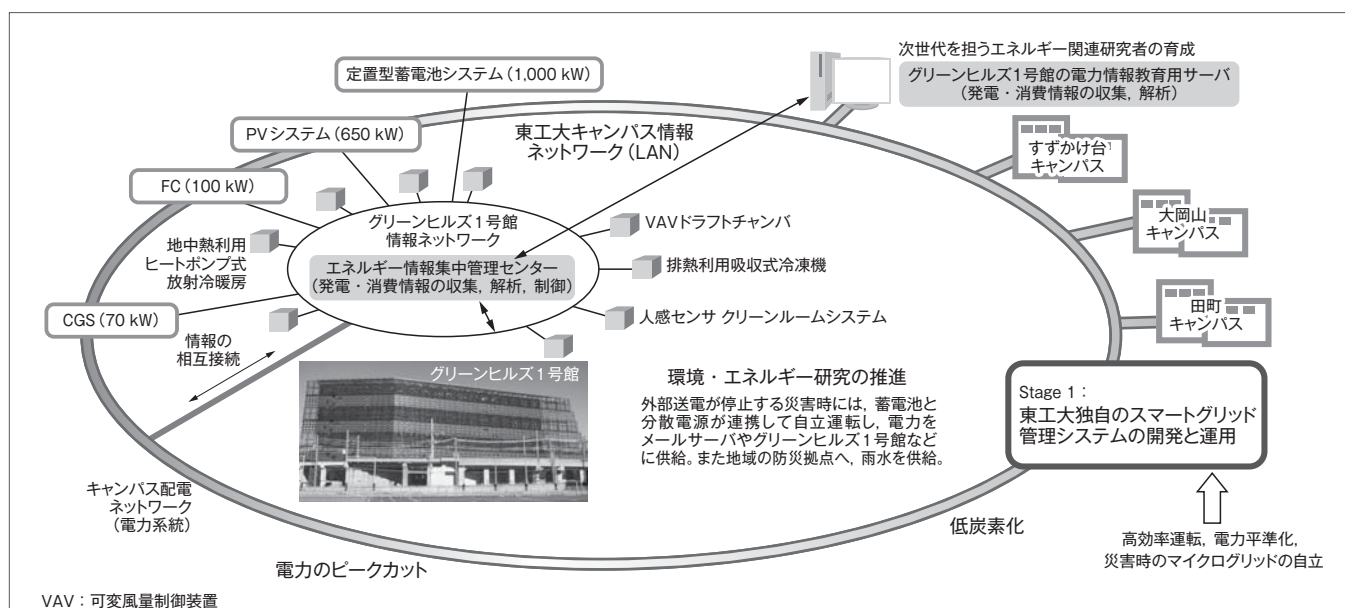


図1. 東工大のグリーンヒルズ構想²⁾ — 低炭素化とエネルギーの自給自足を目指して、定置型蓄電池システムを導入したキャンパスマイクログリッドを実現している。
Green Hill concept of Tokyo Tech

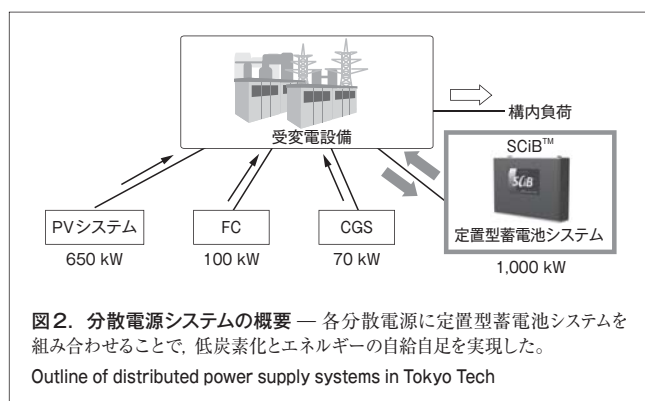


図2. 分散電源システムの概要 — 各分散電源に定置型蓄電池システムを組み合わせることで、低炭素化とエネルギーの自給自足を実現した。
Outline of distributed power supply systems in Tokyo Tech

また、FCやCGSは、それぞれ二酸化炭素を排出しない点、及び排熱を有効活用できる点で優れているが、高速な出力制御への追従性に課題がある。そこで、これらの分散電源に、高い充放電効率を持つSciB™を組み合わせ、グリーンヒルズ構想が目指している最適なエネルギーの自給自足システムの構築と低炭素化を実現した。

3 東工大 定置型蓄電池システムの機能と特長

東工大の大岡山キャンパスに納入した定置型蓄電池システムの構成と特長を述べる。

3.1 システムの構成と特長

システムの構成を図3に示す。このシステムは2台の500 kW パワーコンディショナ (PCS) と、2組のSciB™蓄電池、及びこれらを監視制御するシステムコントローラ盤により構成される。

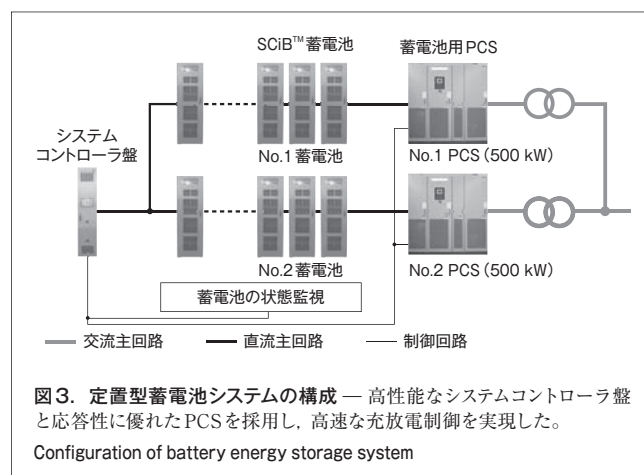


図3. 定置型蓄電池システムの構成 — 高性能なシステムコントローラ盤と応答性に優れたPCSを採用し、高速な充放電制御を実現した。
Configuration of battery energy storage system

このシステムの特長は、次の二つである。

- (1) 高性能なシステムコントローラと応答性に優れたPCS による、高速の充放電制御
- (2) 高い充放電効率を持つSciB™蓄電池と高効率のPCS を組み合わせ、システム全体での低損失化

3.2 定置型蓄電池システム構成機器の機能と特長

- (1) PCS PCSは蓄電池による直流電力を交流電力に変換して充放電量を制御する装置であり、通常時は商用電力系統に連系して運転する。東工大に納入したPCSは、主回路の変換方式に3レベル方式を採用しており、変換効率95% (定格運転時) を実現するとともに、電力損失の削減を図っている。また、停電時にはみずから蓄電池を放電し、電力を供給する自立運転機能を備えている。
- (2) SciB™蓄電池 SciB™蓄電池は10,000回のフル充

表1. システムコントローラの機能
Functions of battery system controller

機 能	概 要
監視機能	構成機器の状態、故障、及び計測を監視
通信機能	スマートグリッド管理システムと信号を送受信
充放電制御機能	- スマートグリッド管理システムの指令に基づいて、SCiB™蓄電池の充放電を制御 - スマートグリッド管理システム停止時に、システムコントローラ盤のLCDよりSCiB™蓄電池の充放電を制御
停電時制御機能	停電時に定置型蓄電池システムを制御

LCD：液晶ディスプレイ

放電後も80%以上の容量を維持するなど、優れたサイクル特性を持っている。このため、ピークカットのような充放電回数の多い運用にも、長期にわたって性能を維持することができる。また、充放電による電力損失が少なく、万一内部短絡が発生しても発煙や発火の可能性が極めて低く、高い安全性を備えているなどの特長を持っている⁽³⁾。

(3) システムコントローラ盤 システムコントローラ盤は、定置型蓄電池システム全体の監視制御を行うメインコントローラである。システムの状態や故障などの監視を行うほか、スマートグリッド管理システムと通信を行い、ピークカット制御や停電時の充放電制御を行う。システムコントローラの機能一覧を表1に示す。

4 東工大 定置型蓄電池システムの制御概要

東工大に納入した定置型蓄電池システムは、低炭素化とエネルギーの自給自足を実現するため、ピークカットと停電時制御の機能に特長がある。ここでは、その制御概要について述べる。

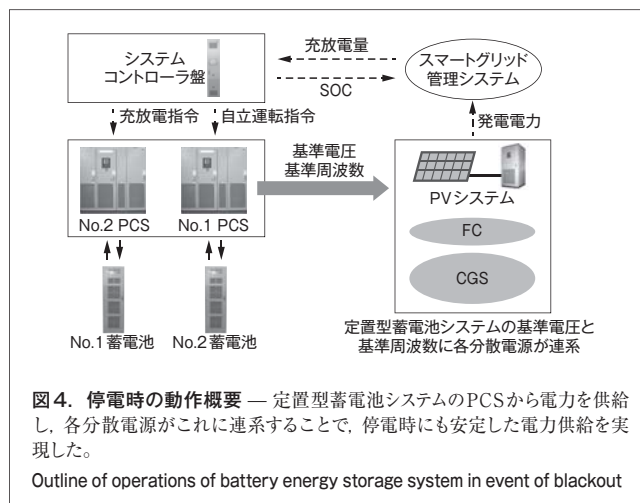
4.1 ピークカット機能

ピークカット機能とは、一般に電力需要のピーク時に定置型蓄電池システムから放電し、受電電力を削減する機能である。大岡山キャンパスにおいては、スマートグリッド管理システムが、各分散電源の発電電力と構内の消費電力を把握し、消費電力が設定値を超えた場合に、このピークカット機能により蓄電池システムに対して放電指令を出す。一方、システムコントローラ盤は、スマートグリッド管理システムへ指令情報を提供するために、スマートグリッド管理システムとの間で蓄電池の充電率(SOC: State of Charge)などの情報交換を行う。

4.2 停電時制御機能

停電時制御機能は、商用電源の停電時に蓄電池システムが自立運転を行う機能であり、大岡山キャンパスではシステムコントローラ盤がこの機能を担っている。

停電時の動作概要を図4に示す。通常時には、各分散電源と定置型蓄電池システムは、商用電力システムの電圧と周波数に同期して運転を行う。しかし、万一停電が発生すると、商用電力システムの電圧と周波数が消失するため、単独運転を防止す



るために全ての分散電源を解列する。そこで大岡山キャンパスでは、停電後に分散電源の自立運転を開始するにあたり、他の分散電源に先行して定置型蓄電池システムを運転している。これは、定置型蓄電池システムの安定した電圧と周波数を維持する優れた応答性を生かしたものであり、他の分散電源は定置型蓄電池システムの電圧と周波数に同期して順次連系運転を行う。これにより、定置型蓄電池システムを核としたエネルギーの自給システムを実現している。

4.3 停電時の運転方式

定置型蓄電池システムは、停電時にPVシステムと連系すると、時々刻々と変化するPVの出力変動に合わせ、頻繁に充放電を行う。前述のとおり、定格運転時のPCS効率率は95%と高いが、負荷率が低い場合は、その変換効率は低下する。そこで、負荷率の低い停電時は、2台のPCSのうち1台を停止させ、1台だけの運転にすることでシステムとしての高効率化を図っている。

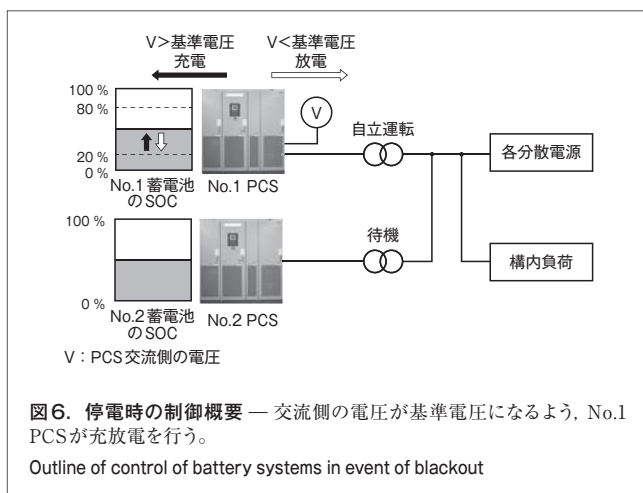
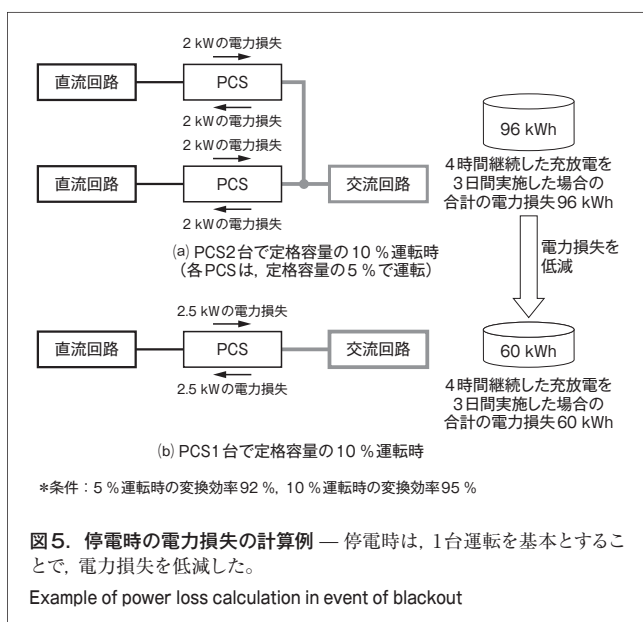
電力損失の計算例を図5に示す。例えば、定格容量の10%運転時に2台のPCSで充放電を行うと、合計8kWの電力損失となる。一方、1台のPCSで充放電を行うと5kWの電力損失となり、電力損失を3kW改善できる。1日の充放電継続時間を4時間と仮定して3日間の放電を実施した場合、両者の差は36kWhとなり、応分の電力損失を削減できる。

このような効果を踏まえ、停電時のPCS運転方式は電力損失量を抑えつつ、更に長時間の自立運転のために1台での運転を基本とし、もう1台のPCSを待機状態としている。

4.4 停電時の制御概要

停電時における制御は、構内系統の電力を維持安定させることが重要である。以下に、大岡山キャンパスにおける停電時の特徴的な制御について説明する。

(1) 定電圧制御 定電圧制御の概要を図6に示す。4.2節で述べたように、停電中における定置型蓄電池システムの安定した電圧と周波数の維持は、システムとして重要な位置づけにある。PCSは、定格交流電圧である300Vを



基準として、これを維持するように蓄電池の充放電制御を高速に行う。例えば、各分散電源の発電電力が負荷の消費電力以上になり、構内系統の交流電圧が基準電圧を上回るような場合には、PCSが充電し電圧を下げる。また、逆に各分散電源の発電電力が負荷の消費電力以下になり、構内系統の交流電圧が基準電圧を下回るような場合には、PCSが放電し電圧を上げる。このような制御を行うことにより、系統電圧と周波数の維持を実現している。

- (2) PCSの運転台数制御 4.3節で述べたように、電力損失量を抑制するため、停電時のPCS運転は1台運転を基本としている。しかし、1台という限られた容量での充放電は、その状況により、蓄電池がフル充電状態 (SOCが100%) になる、又は枯渇状態 (SOCが0%) になるおそれがある。フル充電状態で更に充電を継続すると、電池が異常発熱するおそれがあり、好ましくない。また、枯渇状態になると、充電後も所定の特性を回復することができず、メー

カーで引き取って再充電するなどの対応が必要になる。このような状況を防ぐため、一般にSOCに上限と下限を設け、PCSの機能を停止させる措置が取られる。しかしこのシステムでは、停電時に蓄電池のSOCが0%又は100%になると、基準電圧を供給するPCSが機能停止するため、連系している全ての分散電源が解列され、電源供給ができなくなってしまう。そこで、2台のPCSのSOCを常時監視、制御することで運転台数の制御を行い、1台運転のメリットを生かすとともに、2台運転での最適な制御を実現している。以下にその制御概要を示す。

- (1) No.1蓄電池のSOCが80%になると、No.1 PCSの充電電流を抑制し、No.2 PCSが充電を開始する。
- (2) No.1蓄電池のSOCが20%になると、No.1 PCSの放電電流を抑制し、No.2 PCSが放電を開始する。

5 あとがき

再生可能エネルギーの活用による低炭素化や、BCPへの関心の高まりから、今後もピークカットや停電時の電力供給を目的とした定置型蓄電池システムの導入が進んでいくと期待される。

当社は東工大に定置型蓄電池システムを納入し、分散電源を有効活用することで、低炭素化とエネルギーの自給自足を目指すグリーンヒルズ構想に貢献している。

今後更なる技術開発を行い、地球温暖化の防止や災害時のリスク低減に貢献していく。

文 献

- (1) 豊崎智広 他. 電力の安定供給を実現する定置型蓄電池システム. 東芝レビュー. 68, 8, 2013, p.14-17.
- (2) 伊原 学. スマートグリッド“エネスワロー”と東京工業大学グリーンヒルズ構想. BE建築設備. 65, 9, 2014, p.70-80.
- (3) 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.



寺田 克己 TERADA Katsumi

コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 技術第三部グループ長。受変電設備のエンジニアリング業務に従事。
Community Solutions Div.



皆川 建司 MINAGAWA Kenji

コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 技術第三部主務。受変電設備のエンジニアリング業務に従事。
Community Solutions Div.



玉城 将樹 TAMASHIRO Masaki

コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 技術第三部。受変電設備のエンジニアリング業務に従事。
Community Solutions Div.