

東北電力(株) 西仙台変電所 大型蓄電池システムの運転開始

Commencement of Operation of Large-Scale Battery Energy Storage System for Nishi-Sendai Substation of Tohoku Electric Power Co., Inc.

橋本 竜弥

川俣 智幸

島田 和義

■HASHIMOTO Tatsuya

■KAWAMATA Tomoyuki

■SHIMADA Kazuyoshi

東北電力(株) 西仙台変電所において、大型蓄電池システムが2015年2月に運転を開始した。これは、世界最大級となる最大出力40 MW^(注1)、容量20 MWhの蓄電池システムで、「西仙台変電所周波数変動対策蓄電池システム実証事業」^(注2)として基幹系統の変電所に設置された。

東芝は2013年11月の着工後、約15か月で製作及び工事を完遂した。この蓄電池システムは、1万サイクル以上の充放電が可能な長寿命性や、高い安全性など優れた特性を持つ当社製リチウムイオン二次電池SCiB™を搭載している。気象条件によって出力が変動する風力発電や太陽光発電の普及拡大に伴って電力系統の周波数変動が発生するが、これへの対策の新たな取り組みとして、再生可能エネルギーの更なる導入拡大に貢献する。

A large-scale battery energy storage system for the Nishi-Sendai Substation of Tohoku Electric Power Co., Inc., located in the western part of Sendai City in Miyagi Prefecture, commenced operation in February 2015. This project to construct a battery energy storage system of the world's largest class, with ratings of 40 MW-20 MWh, was led by Tohoku Electric Power Co., Inc. under the FY2012 Large-Scale Storage Battery System Demonstration Project supported by the New Energy Promotion Council (NEPC).

Toshiba successfully completed the manufacturing of the equipment and construction work within about 15 months. This system incorporates an array of our advanced SCiB™ lithium-ion secondary batteries with excellent performance, including a long lifetime of more than 10,000 charge-discharge cycles and a high level of safety. The demonstration project has been launched as a new approach to frequency changes caused by weather-dependent power fluctuations resulting from the increasing use of renewable energy sources such as wind and photovoltaic systems. It is expected to contribute to the stabilization of electricity generation and the further expansion of renewable energy sources.

1 まえがき

東芝は、東北電力(株)が実施している「西仙台変電所周波数変動対策蓄電池システム実証事業」向けに、世界最大級となる最大出力40 MWの大型蓄電池システムを納入した。

この蓄電池システムの容量は20 MWhであり、1万サイクル以上の充放電が可能な長寿命性や、高い安全性など優れた特性を持つ当社製リチウムイオン二次電池SCiB™を蓄電池として採用している。当社は、これまでSCiB™を採用し、その性能を生かした大型定置用蓄電池システムを開発して納入してきたが^{(1),(2)}、この蓄電池システムは過去最大規模での納入事例となる。

ここでは、大型蓄電池システムの概要や、特徴的な機能、現地工事における工期短縮の工夫、性能確認試験結果などについて述べる。

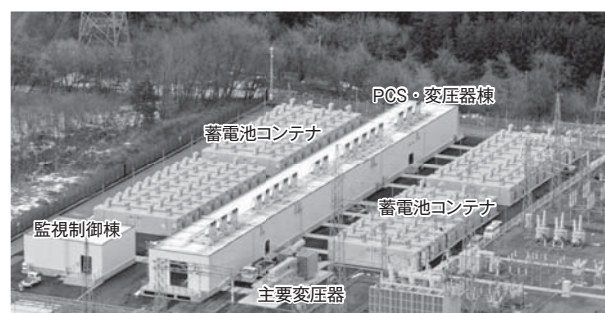


図1. 西仙台変電所 系統用大型蓄電池システム — 東北電力(株) 西仙台変電所内に設置された(設置面積 約6,000 m²)。

Grid-supporting battery energy storage system for Nishi-Sendai Substation

2 西仙台変電所 系統用大型蓄電池システムの概要

この蓄電池システムは、東北電力(株) 西仙台変電所に設置され、出力20 MW(最大出力40 MW)、容量20 MWh、設置面積は約6,000 m²である(図1)。蓄電池は、系統連系点で20 MWhの充放電が20年間可能な設計としている。

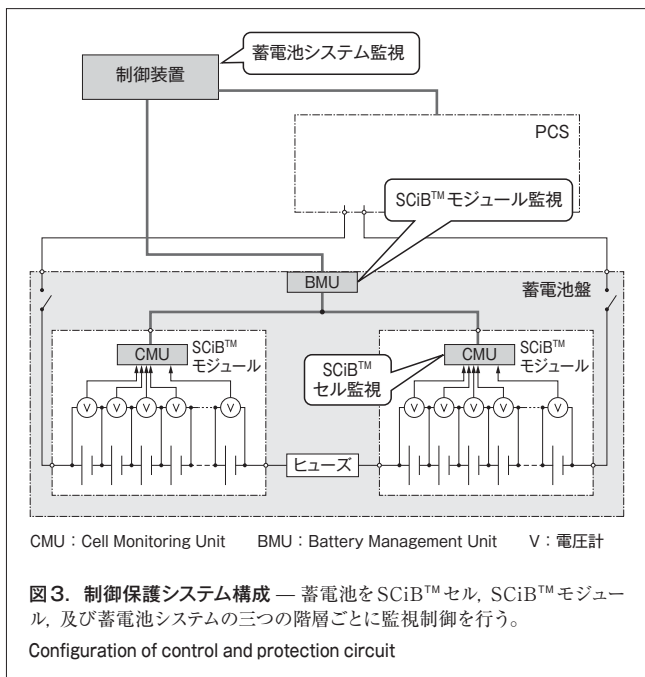
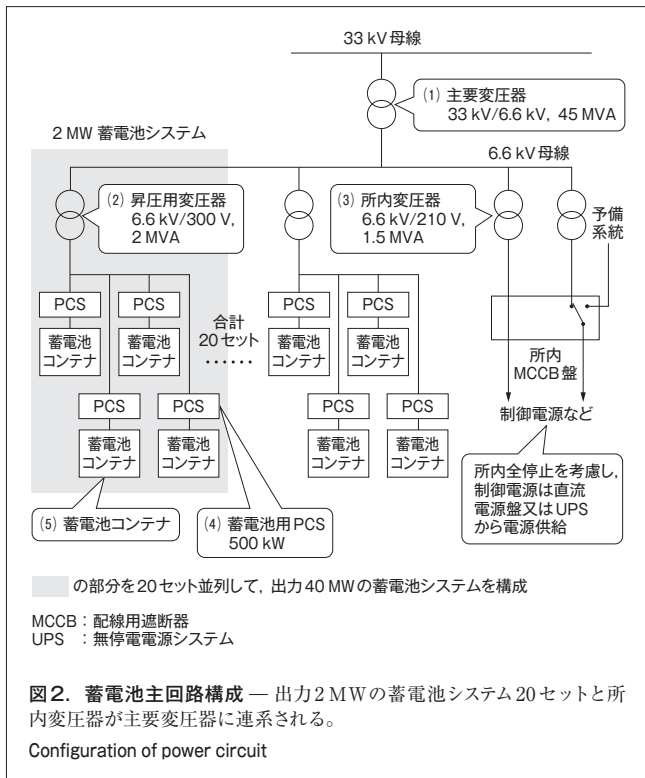
2.1 設置の目的

蓄電池システムの設置目的は、気象条件によって出力が変

(注1) 2015年4月現在、当社調べ。

(注2) 一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会が公募した「平成24年度大型蓄電池システム緊急実証事業」の採択を受けて東北電力(株)が実施。

動する風力発電や太陽光発電の導入拡大に伴い発生する周波数変動対策であり、従来は、主に火力発電がこの周波数調整機能を担ってきた。今回は、それに蓄電池システムを併用し、運用開始後3年間の実証試験を行う。具体的には、東北電力(株)中央給電指令所からの充放電指令値に従って蓄電池システムが充放電を行い、周波数調整力の拡大効果を検証する。



2.2 蓄電池システムの構成

蓄電池システムの主回路構成を図2に示す。主な構成機器は次のとおりである。

- (1) 主要変圧器 (33 kV/6.6 kV, 45 MVA) : 1台
- (2) 昇圧用変圧器 (6.6 kV/300 V, 2 MVA) : 20台
- (3) 所内変圧器 (6.6 kV/210 V, 1.5 MVA) : 2台
- (4) パワーコンディショナ (PCS) (500 kW) : 80台
- (5) 蓄電池コンテナ : 80台
- (6) 制御保護システム : 一式

制御保護システム構成を図3に示す。SCiB™セル、SCiB™モジュール、及び蓄電池システムの三つの階層ごとに監視制御を行うことで、万一の異常発生時にも蓄電池の熱暴走などを生じさせない確実な保護ができる。

3 蓄電池システムの機能

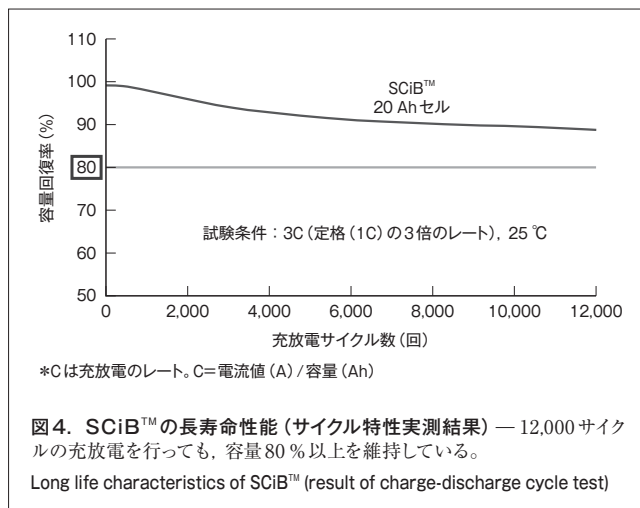
この蓄電池システムでは、20年間という長期間の使用期間、膨大な数の蓄電池に対する高精度なSOC (State of Charge) 管理、及び80台という多数のPCSに対する充放電電力の配分制御が大きな課題となった。

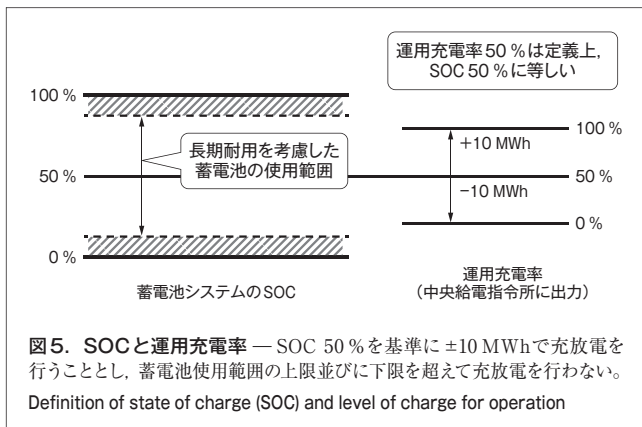
3.1 長寿命性能

20年間という長期間の使用を想定した蓄電池システムを実現するため、長寿命性能に優れたSCiB™を採用した。SCiB™は、負極にチタン酸リチウム (LTO) を採用することなどにより、約12,000回の充放電を繰り返し行っても80%以上の容量を維持できる(図4)。周波数調整用途のような頻繁な充放電に対しても劣化が少なく、蓄電池システムとしても長寿命が期待できる。

3.2 運用時のSOC管理

SOCとは、電池の充電状態を示す指標であり、満充電時の蓄電池容量に対して放電可能容量がどれくらいかを比率(0~100%)で示したものである。この蓄電池システムでは、長期





間の使用を想定した蓄電池容量を初期搭載するとともに、蓄電池の寿命を縮める原因となる過充電や過放電を避け、かつ定格容量である20 MWhを確保するために、“運用充電率”を定義した(図5)。運用充電率は、SOCの50%を基準として充電側にも放電側にも10 MWhを設定し、50%より充電側を100%、放電側を0%の百分率に換算した指標である。運用充電率の50%はSOCの50%と一致し、0~100%は長期使用を考慮した蓄電池の使用範囲に含まれる。このように定義した運用充電率を用いることにより、運用者は、蓄電池の経年による容量低下を意識することなく蓄電池システムを運用できる。

また、高精度のSOC管理技術⁽³⁾を採用することにより、SOC補正のための停止を行うことなく連続稼働を可能にした。

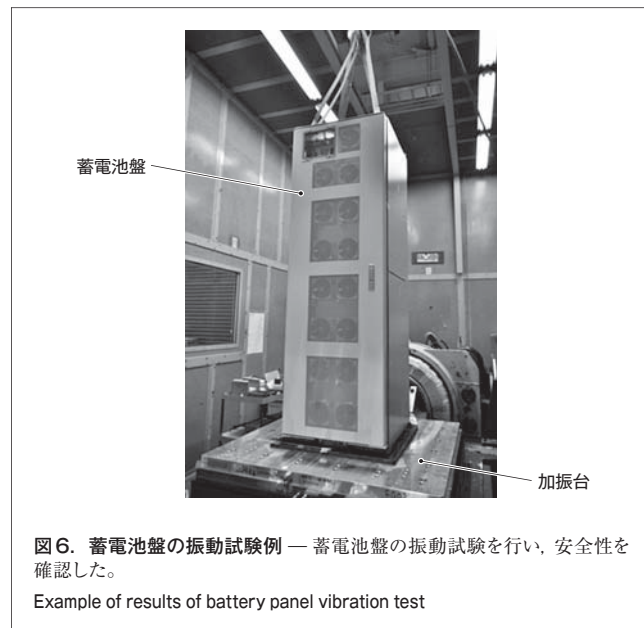
3.3 充放電電力の配分制御

蓄電池システムは、中央給電指令所からの充放電指令値を5秒周期で受信する。この時、充放電を行うPCSの出力に偏りがあると、個々の蓄電池に負担の差が生じる。この問題を解決するため、充放電電力の配分制御方式を立案し適用した。具体的には、PCSの充放電効率(=放電電力量/充電電力量)や、PCSの稼働時間、蓄電池のSOCなどを考慮し、一定時間ごとに充放電指令値の再配分を行い、稼働するPCSを切り替える。これにより、PCSの高効率運転を可能にした。また、蓄電池への負担のばらつき抑制によって蓄電池劣化への影響低減も期待できる。

4 安全性への配慮

4.1 蓄電池システムの延焼防止構造

リチウムイオン電池には一般的に石油系の電解液が使用されており、安全性への配慮が求められている。また、特に大規模な蓄電池システムでは、電解液量に応じて異なる消防法の定めにも的確に対応する必要がある。SCiB™は、負極材にLTOを使用することで、安全性と長寿命を両立させている。また、SCiB™セルを組み合わせるSCiB™モジュールは難燃性の材料を使用している他、くぎ刺し試験や過充電試験な



ど、日本工業規格(JIS)をはじめとする各種規格に定められた試験でも破裂や発火がないことを確認済みである。SCiB™モジュールを収納する蓄電池盤も、類焼防止に配慮した設計を行い安全性を確保している。更に、蓄電池コンテナは万一の事態に備えて、電解液がコンテナの外に漏れ出さないよう、ためます構造としている他、自動消火設備も設置している。このように、安全に配慮した蓄電池システムを構築した。

4.2 蓄電池盤の耐震構造

蓄電池システムの安全性を確保するうえで、自然災害にも耐えられるよう、SCiB™モジュールを収容する蓄電池盤の耐震構造も重要である。この蓄電池システムは、電力流通設備として高い信頼性が要求される。そのため、JEAG 5003-2010(一般社団法人 日本電気協会 電気技術指針 5003-2010)「変電所等における電気設備の耐震設計指針」に準拠した蓄電池盤の振動試験(図6)を実施して健全性を確保するとともに、SCiB™モジュールを組み込んだ状態でも現地に輸送できるよう、蓄電池盤としての梱包(こんぼう)輸送試験や落下試験などを実施して輸送時の安全性についても確保した。

5 現地工事の工期短縮

現地工事期間は、2013年11月末の土木工事への着手から2015年2月の蓄電池システム運用開始まで、約15か月であった。ここでは特に工期短縮に向けての工夫について述べる。

5.1 土木・電気工事の輻輳作業

通常は関連する土木工事の作業が完了した後に、全80台ある蓄電池コンテナの基礎引渡しを受けて電気工事着手となるが、工期短縮のために蓄電池コンテナ用基礎を4ブロック(20台ごと)に分割し、それぞれの基礎が仕上がった段階で、

ブロックごとに引き渡せるように調整を行い、土木工事と電気工事を集中して同時に進める輻輳（ふくそう）作業ができる工程とした。

輻輳作業においては特に安全管理の面を重視し、事前の工程調整や作業エリア調整を土木業者と綿密に行うことで、無事故かつ無災害で工事を完了できた。

5.2 大規模仮設電源系統の構築

蓄電池コンテナへの蓄電池盤搬入は現地で実施した。蓄電池盤の搬入前に蓄電池コンテナの健全性を確認するためには、蓄電池コンテナに電源を供給したうえでの、火災検知設備、消火設備、及び空調設備の運転が必要になる。そこで受電設備及び所内電源設備の代わりに、変電所既設の6 kV所内キュービクルから蓄電池コンテナ80台への仮設電源を構築した。大規模な仮設電源工事となったが、これにより、受電設備の設置を待たずに蓄電池コンテナの検査及び各種機器単体試験を実施でき、工期短縮に大きく貢献した。

6 性能確認試験結果

6.1 蓄電池システム総合効率

通電損失や補機損失を含めた33 kV系統連系点における蓄電池システム総合効率が80%以上という設計仕様に対し、運転開始時の測定結果は86.2%と大きく上回り、高効率の蓄電池システムであることを確認した。

6.2 蓄電池システム応答速度

蓄電池システムは高速に充放電を行えることが要求仕様の一つであり、制御装置が充放電指令値を受信してから、PCSが充放電を行うまでは、1,000 ms以内を目標としている。

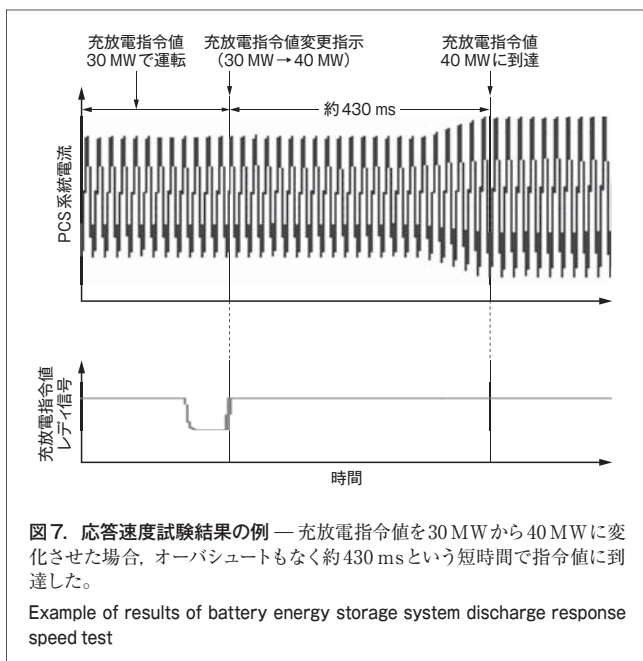


図7. 応答速度試験結果の例 — 充放電指令値を30 MWから40 MWに変化させた場合、オーバシュートもなく約430 msという短時間で指令値に到達した。

Example of results of battery energy storage system discharge response speed test

応答速度試験結果の一例として、充放電指令値を30 MWから40 MWに変化させた場合の応答波形を図7に示す。40 MWの充放電指令値を受信してから実際の放電電力が40 MW±100 kW以内に到達するまで、オーバシュートがなく、放電電力が変化している。放電電力の指令値への到達時間は、指令を受けてから、制御装置での指令値演算時間、制御装置からPCSへの伝送時間、及びPCSでの遅れ時間という実際に放電電力が変化し始めるまでの時間を含めて約430 msであり、目標値を満足した高速応答性能を備えた蓄電池システムであることを確認した。

7 あとがき

西仙台変電所 系統用大型蓄電池システムは、2015年2月に運転を開始した。当社としてもこれまで経験のない、世界最大規模の蓄電池システムの構築であったが、期待された性能を十分に満たすことができた。これからもこの経験を生かして、更なる再生可能エネルギーの導入拡大に貢献していく。

文献

- (1) 小林武則 他. SCiB™を適用した定置型蓄電池システム. 東芝レビュー. 67, 6, 2012, p.48-51.
- (2) 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.
- (3) 草野日出男. 系統周波数変動抑制のための蓄電池システム納入. 電気評論. 100, 3, 2015, p.30-33.



橋本 竜弥 HASHIMOTO Tatsuya

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 系統ソリューション技術部。蓄電池システムのエンジニアリング業務に従事。Transmission & Distribution Systems Div.



川俣 智幸 KAWAMATA Tomoyuki

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 フィールド・建設技術部。フィールド建設業務に従事。Transmission & Distribution Systems Div.



島田 和義 SHIMADA Kazuyoshi

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 系統ソリューション技術部参事。蓄電池システムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。Transmission & Distribution Systems Div.