

# 再生可能エネルギー導入を支える蓄電池制御技術

古塩正展\*  
小島康弘\*\*

*Battery Control Technologies for Renewable Energy Resources to Grid Connection*

*Masanobu Koshio, Yasuhiro Kojima*

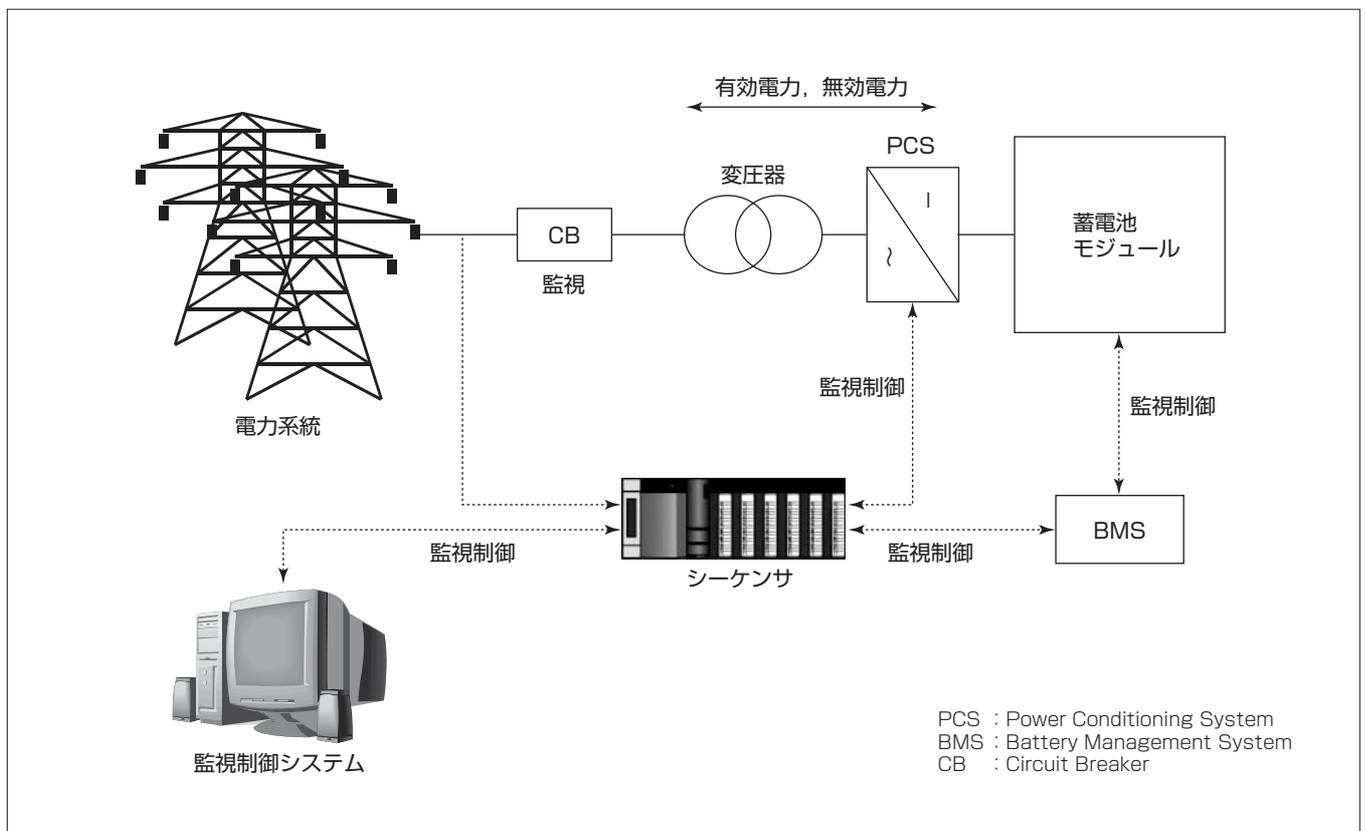
## 要旨

低炭素化社会実現を目的として、世界的に太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入が拡大している。日本でも固定価格買取制度が導入され、特に設備建設のリードタイムが短く買取価格が高い太陽光発電は、2015年3月時点で全国に2,306万kWの設備が稼働し、認定容量は8,263万kWと国内総需要の1/2以上を占めるまでに達している。

一方、電力網はリアルタイムシステムであり、瞬時の高度な制御によって、電力網全体での周波数や配電電圧は規定値に維持されている。太陽光発電のような不安定な電源が電力網に大量に導入されると、そのままでは周波数や配

電電圧が規定値に維持できなくなる可能性があり、一部の電力会社では再生可能エネルギーの電力系統への連系を保留する状況となっている。

このような背景の下、三菱電機は、尼崎地区で実施中のスマートグリッド実証実験を通じ、従来の電力品質を維持しつつ、より多くの再生可能エネルギーを電力系統へ連系させるための蓄電池制御技術を開発した。電力会社や新電力・太陽光発電などの発電事業者向けに、系統用蓄電システムを提供している。



## 系統用蓄電システムのイメージ

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーは出力変動が不安定であり、大量・集中導入時には、周波数変動や電圧変動などによって電力網に悪影響を与える。当社は、従来の電力品質を維持しつつ、より多くの再生可能エネルギーを電力系統へ連系させるための蓄電池制御技術を開発し、再生可能エネルギーの導入拡大に貢献する系統用蓄電システムを提供している。

1. ま え が き

近年、低炭素化社会実現に向けた供給力の1つ、また日本のエネルギー安全保障を担う供給力の1つとして、太陽光発電(PhotoVoltaics:PV)、風力発電(Wind Turbine:WT)などの再生可能エネルギーの系統連系が加速している。

一方、再生可能エネルギーは天候の影響を受けやすく発電量の変動が大きいため、電力品質の低下が懸念されている。表1に再生可能エネルギー導入時の課題を示す。

本稿では、表1のそれぞれの問題に対して系統用蓄電システムを適用した解決策を述べ、併せて当社が受注した系統用蓄電システムについて述べる。

2. 系統用蓄電システムを適用した需給制御技術

2.1 需給制御における蓄電システムの必要性

従来の需給制御では、需要の変動に対して火力発電・揚水発電など制御可能な発電機の運転台数と発電量を制御して需要と供給のバランスを取り、周波数の変動を適正範囲に維持してきた。しかし、発電出力が不安定なPVやWTを電力系統に大量に連系した状況では、需要の予測・監視に加え、PVやWTに対する発電出力の予測・監視、及びこれらの変動に備えた需給制御が必要となる。また近年、可変速揚水発電機や系統用蓄電池など、PVやWTの発電出力変動の補償を目的とした大規模な蓄電システムの開発が進んでおり、従来制御対象としていた発電機と新たな蓄電システムや需要側との協調を取りながらPVやWTの発電を最大限に活用できる、より高度な需給制御の実現が求められている<sup>(1)</sup>。

2.2 蓄電システムによる系統安定化制御

再生可能エネルギーの変動は、瞬時の出力変動といった短周期の問題と、供給力の余剰・不足といった一日を通じた長周期の問題がある。このような不確定な需給バランスへの対策として、蓄電池そのものの低コスト化という課題があるものの、建設候補地の確保のしやすさや着工から運用開始までのリードタイムの短さ等から、揚水発電機の代替として系統用蓄電池が期待されている。蓄電池の選定は、その特性に応じて、短周期であればリチウムイオン電池やニッケル水素電池、長周期であればNAS<sup>(注1)</sup>電池やレドックスフロー電池が有望である。当社は、離島を始めた小規模系統の電力品質を運用目標値内に維持するための蓄電池の有効電力制御として、発電機出力の平滑化によって周波数を抑制する $\Delta P$ 制御を開発し、さらに九州電力(株)と共同で計測対象を連系線潮流に拡張した。従来の周波数変動を検出して制御する $\Delta F$ 制御と、新たに開発した $\Delta P$ 制御について次に述べる。

(1)  $\Delta F$ 制御

基準周波数との偏差に応じたフィードバック制御であり、従来の制御手法である。この手法は、需給アンバランスで

表1. 再生可能エネルギー導入時の課題

項目	イメージ	現象と課題
変動		<ul style="list-style-type: none"> <li>・天候次第で出力調整が困難</li> <li>↓</li> <li>・需給アンバランスの発生</li> <li>・周波数変動</li> </ul>
余剰・不足		<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽負荷時にPVが高出力</li> <li>・発電予測の精度が低い</li> <li>↓</li> <li>・PV発電の余剰</li> <li>・予測はずれ時の供給力不足</li> </ul>
電圧		<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要家から系統に電力が逆流</li> <li>↓</li> <li>・配電系統電圧の変動</li> <li>・電圧上限値を超過</li> </ul>

周波数偏差が発生することに基づいている。どのようなケースでも正しく動作するというメリットがあるが、周波数偏差が発生しなければ制御できないため、 $\Delta P$ 制御に比べると制御動作が遅くなる課題があった。

(2)  $\Delta P$ 制御

離島系統に連系された再生可能エネルギーの出力変動は、供給力である内燃力発電機の出力を変化させる。一方、内燃力発電機の燃料供給量を即座には変更できないため、機械入力と電気出力のアンバランスが発生して回転速度が変化し、周波数変動が発生する。 $\Delta P$ 制御はこのアンバランスを直接捉え、内燃力発電機が接続する送電線潮流を計測して、その短周期変動分を蓄電池で分担する制御方式である。

(注1) NASは、日本ガイシ(株)の登録商標である。

2.3 短周期出力変動に対応した蓄電システム導入事例

2.2節で述べた系統安定化制御を適用し、短周期出力変動に対応した蓄電システムの導入事例について述べる。離島への再生可能エネルギー導入拡大に向け、経済産業省補助事業“平成24年度風力系統連系量拡大実証事業”の補助を受け、九州電力(株)が芦辺変電所(長崎県壱岐)に当社の蓄電システムを導入した<sup>(2)</sup>。壱岐の系統規模は30,000kW程度であり、2つの内燃力発電所によって電力を供給しているが、2013年3月時点で、既に連系しているWTによって周波数調整力が限界に達していた。導入された蓄電システムは、500kWのPCS(Power Conditioning System)と200kWhのリチウムイオン電池からなる蓄電池ユニット8並列(4,000kW, 1,600kWh)で構成される(図1)。

系統安定化制御方式としては、 $\Delta F$ 制御、 $\Delta P$ 制御を基に、様々なケースで安定動作するよう両者を組み合わせた $\Delta P + \Delta F$ 制御を九州電力(株)と共同で開発、採用した(図2)。2012年度から実施中の実証試験では、 $\Delta P + \Delta F$ 制御によって、連系線潮流の変動と併せて内燃力発電機の出力変動も抑制されることが示され、導入した蓄電システムの有効性を確認した(図3)。

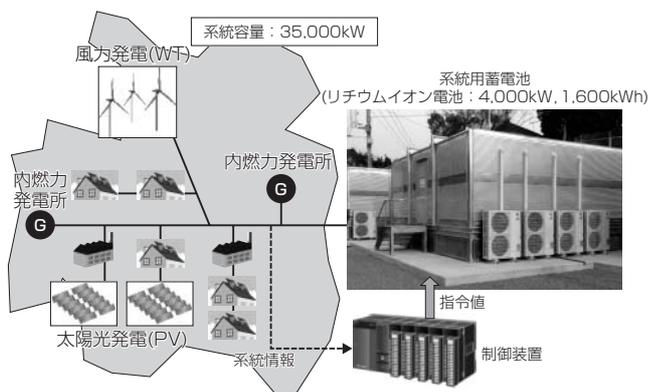


図1. 離島向け蓄電システム(短周期対策)

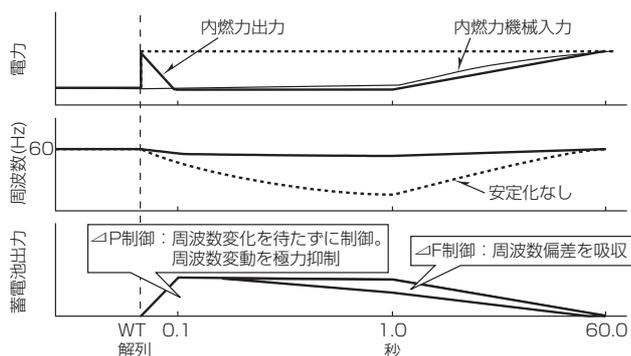


図2.  $\Delta P + \Delta F$ 制御方式

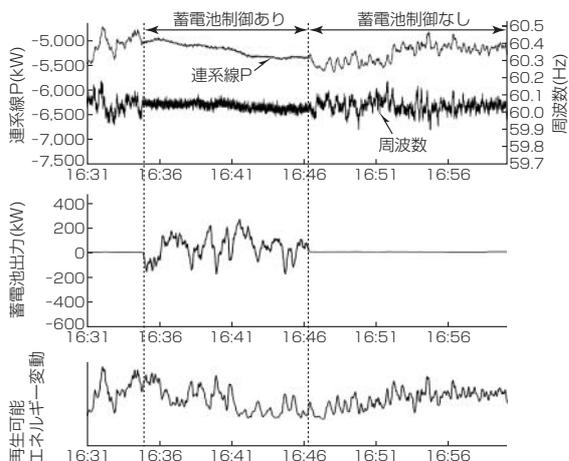


図3. 離島での実証結果の一例

## 2.4 離島へのハイブリッド蓄電池システム導入事例

中国電力株が、環境省補助事業“平成26年度離島の再生可能エネルギー導入促進のための蓄電池実証事業”の採択を受け、西ノ島変電所(隠岐郡西ノ島町)に異なる特性を持つリチウムイオン電池とNAS電池の2種類の蓄電池を適用したハイブリッド蓄電池システムを構築している(図4)。

この蓄電システムは、小容量・大出力のリチウムイオン電池と大容量のNAS電池の各々の特性を活用した制御を行うことで、再生可能エネルギーによる“はやく小さな変動”(短周期変動)や“おそく大きな変動”(長周期変動, 余剰電力)に効率的に対応することを目的として導入された。また、この蓄電システムには、需要や再生可能エネルギー



図4. ハイブリッド蓄電池システム技術実証事業イメージ



図5. 大容量蓄電システムの設置イメージ

発電出力の予測、内燃力発電機との協調も含めた最適運用計画・制御技術、及び先に述べた系統安定化制御技術等、当社が開発した需給制御技術が適用されている。

## 2.5 需給バランス改善を目的とした蓄電システム導入事例

一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会が平成26年度に公募した“再生可能エネルギー接続保留緊急対応補助金(大容量蓄電システム需給バランス改善実証事業)”の採択を受け、九州電力株がNAS電池を適用した50,000kW, 300,000kWhの大容量蓄電システム(図5)を構築中である。

この蓄電システムは、揚水発電設備と同等の電力貯蔵機能を活用することで需給バランスを改善するとともに、蓄電池の大容量性を生かした系統電圧制御への適用の可能性等について実証することを目的としている。また、この蓄電システムは、多数のNAS電池運転状況を適切に把握して効率的に全体を制御することで蓄電システムの運転効率向上を図る当社の制御技術を適用する予定である。

## 3. 系統用蓄電システムを適用した配電制御技術

### 3.1 配電制御における蓄電システムの必要性

従来の配電線は、変電所から需要家に向けて電力が一方方向に流れることを前提に設計され、運用されている。しかし、需要家に多くのPVが設置され、消費される電力以上の発電が行われれば、電力の逆潮流が発生する。逆潮流が多く発生すると、規定範囲(101±6V, 202±20V)を逸脱するほどの電圧上昇や電圧変動が発生する可能性がある(図6)。

このような電圧の上昇や変動は、需要家が所有するPV

の発電量低下を引き起こすだけでなく、配電用負荷時タップ切換変圧器(Load Ratio control Transformer : LRT)に対して従来以上の頻繁なタップ切換えを誘発することとなり、その結果、メンテナンスコストの増加や機器寿命の短縮につながる懸念される。

電圧上昇・変動に対応した系統用蓄電システムは、PVの出力増加、又は出力変動に伴う変電所のバンク逆潮流や潮流変動を、有効電力制御によって抑制するとともに、変電所母線の電圧変動をPCSの無効電力制御によって抑制することで、従来の電力品質を維持することを目的として導入された。

### 3.2 電圧上昇・変動に対応した蓄電システム導入事例

中部電力(株)下瀬変電所に導入された蓄電システムについて

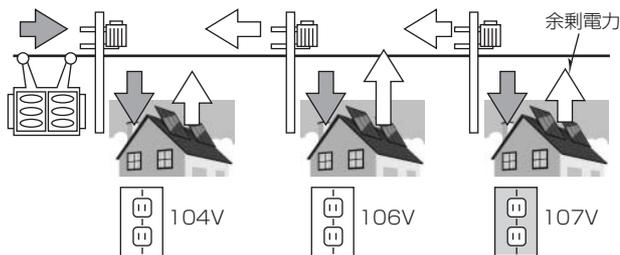


図6. 配電における電圧上昇のイメージ

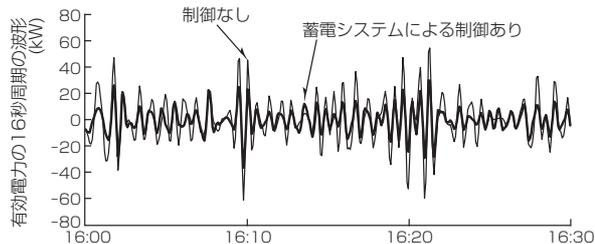


図7. 有効電力変動抑制制御の制御結果

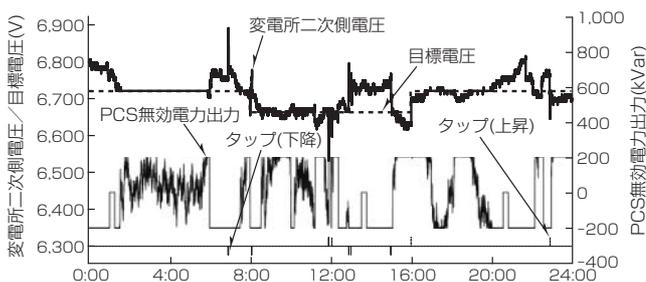


図8. 目標電圧制御の制御結果

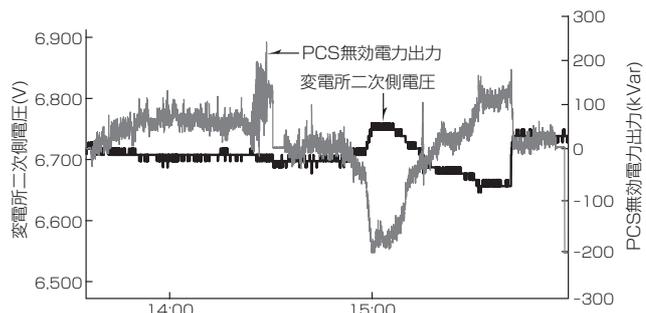


図9. 電圧変動抑制制御の制御結果

て述べる。下瀬変電所は長野県飯田市に位置しており、中部電力(株)が構築したメガソーラーいーだ(1,000kW)と家庭用PVが多数連系した配電用変電所である<sup>(3)</sup>。この蓄電システムは、PVの出力変動に起因した変電所のバンク潮流の変動と、それに伴う母線電圧変動に対する抑制効果を確認するために、中部電力(株)と当社が共同で実フィールドでの実証機として導入したものである<sup>(4)</sup>。この蓄電システムには、潮流変動と電圧変動抑制を目的とした制御方式が実装されている。実証結果の一例を図7、図8、図9に示す。

実証結果から、潮流変動のうちメガソーラーの出力変動と最も相関の高い16秒周期の変動成分に対して一定の抑制効果が得られている(図7)。また、無効電力制御によって、変電所二次側電圧が目標電圧近傍へ制御されていること(図8)、及び変電所二次側の電圧変動に対して変動を抑制する方向に蓄電システムから無効電力が出力されていること(図9)が確認できる。これらの実証結果から、各制御機能の適正動作、及び有効性が確認できた。

## 4. むすび

電力系統への再生可能エネルギーの導入拡大に伴い発生する様々な問題に対して系統用蓄電システムを適用した解決策を述べ、併せて当社が受注した主な系統用蓄電システムについて述べた。

今後、再生可能エネルギーの導入を進めるための対策の1つとして、系統用蓄電システムへの期待はますます高まると想定される。当社は、技術革新が進む各種蓄電池の特性を把握し、それらの特性に合わせた最適な制御技術を開発していくことで、再生可能エネルギーの更なる導入拡大に貢献できる製品を提供できると考えている。

## 参考文献

- (1) 小島康弘, ほか: スマートグリッド/スマートコミュニティを支えるEMS技術, 計測と制御, 53, No.1, 56~61 (2014)
- (2) Nomiya, F., et al.: Demonstration Test of Frequency Fluctuation Suppression Using a Storage Battery in Isolated Island System, CIGRE AORC Technical Meeting (2014)  
[http://www.cigre-thailand.org/tncf/events/aorc2014/full\\_paper/I077R.pdf](http://www.cigre-thailand.org/tncf/events/aorc2014/full_paper/I077R.pdf)
- (3) 大崎聡志, ほか: 実測データに基づくメガソーラーいーだ系統対策機能の検証, 平成24年電気学会全国大会, 6-135 (2012)
- (4) 中村和博, ほか: 配電系統での短周期電圧変動抑制システム検討-蓄電システムの仕様決定と実フィールド試験の開始-, 平成25年電気学会全国大会, 6-253 (2013)