

電力系統安定化に寄与する コンテナ型蓄電システム

本澤 純
Honzawa Atsushi

野村 太一
Nomura Taichi

茗荷谷 佑輝
Myogadani Yuki

大野 最英良
Ohno Moera

江守 昭彦
Emori Akihiko

武田 賢治
Takeda Kenji

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの大量導入が見込まれている。この不安定な再生可能エネルギーが大量に電力系統に導入されると電力の調整力不足が発生し電力系統が不安定になると懸念されている。日立グループは、電力需給バランスを維持しながら、電力を安定的に利用していくため、コンテナ型蓄電システムを

使用した電力系統安定化システムを開発した。

蓄電システムの総称を「CrystEna (Crystal + Energy)」と名付け、グローバル市場においてソリューション事業の1つとして蓄電システムの普及に取り組んでいくことにより、クリーンエネルギーの導入拡大に貢献していく。

1. はじめに

電力エネルギー需要の増大やCO₂削減に対応するため、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの大量導入が見込まれている。各国とも国家レベルで普及に向けて再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT: Feed-in Tariff) や補助金、優遇税制などの政策を展開している。しかし、この不安定な再生可能エネルギーが大量に電力系統に導入されることにより、電力の調整力不足が発生し電力系統が不安定となることが懸念されている。日立グループは、この課題を解決するため、コンテナ型蓄電システムを使用した電力系統安定化システムを開発した。

ここでは、電力系統安定化に寄与するコンテナ型蓄電システムの開発の背景、システム構成、およびその特徴について述べる。

2. 蓄電ビジネスの取り組み

現在、日立グループは、蓄電デバイスの材料から、民生、産業、自動車向けの幅広い蓄電池を生産するとともに、研究開発からシステムインテグレーションまで幅広く取り組んでいる (図1参照)。

取り扱うシステムは多岐にわたり、鉛蓄電池のように比較的大きなエネルギーを貯蔵できるものや、リチウムイオ

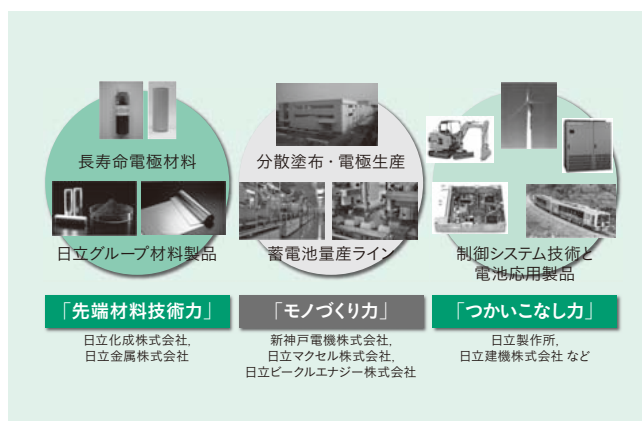


図1 | 日立グループの蓄電池ビジネスの展開

蓄電デバイスの材料から幅広い用途の蓄電池を生産するとともに、研究開発からシステムインテグレーションまで幅広く取り組んでいる。

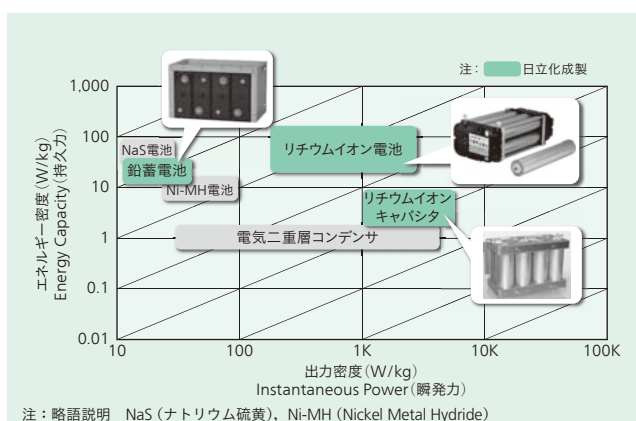


図2 | 電力・産業向け蓄電池の特性比較

鉛蓄電池、リチウムイオン電池、リチウムイオンキャパシタなど、蓄電デバイスを最適に使い分け、用途に適した経済的なシステムの構築を行っている。

ン電池のように短時間で大きな出力を出せるものなど、蓄電デバイスを最適に使い分け、用途に適した経済的なシステムの構築を行っている（図2参照）。

ここでは、リチウムイオン電池を用いた電力系統向けシステムを紹介する。

3. 開発背景

電力系統は、電力の需要と供給のバランスをとることで周波数の安定化を図っている。図3に示すように不安定な太陽光、風力などを含む再生可能エネルギーが大量に導入されると数秒から十数分の短周期電力変動が増大する。

また、需要が小さな時間帯では発電電力の余剰が生じ、発電抑制が必要となる。電力脈動は電力系統の周波数に影響を与え、系統の不安定化の要因となる。この比較的短周期のGF（Governor Free：ガバナフリー）領域および負荷周波数制御（LFC：Load Frequency Control）領域の変動を緩和するために蓄電システムは有効である。現在この領域の制御は、可変速揚水発電や高速制御可能な火力発電などのGF機能や、中央給電所のLFC機能を用いて行っている。しかし、揚水発電や火力発電の増設は、建設場所の確保や送電線の増強の課題、さらには工事期間が長期間となるため、今後急速な再生可能エネルギーの導入拡大が進むと、調整力の増強が間に合わないことが考えられる。それに比べ蓄電システムは、分散して配置が可能であり、場所の制約も小さく短期間で設置運用できるメリットがある。

各国のインフラや体制の事情によって系統安定化の市場は異なるが、蓄電システムは系統安定化の有効な手段として実用化レベルでの導入が始まろうとしている（表1参照）。ただし、蓄電システムは個々の設備容量が他の発電設備に比べ小さく、分散設置してコントロールセンターから統合制御するなどの対応が必要となる。

米国ではすでに、ISO（Independent System Operators：独立系統運用者）、またはRTO（Regional Transmission

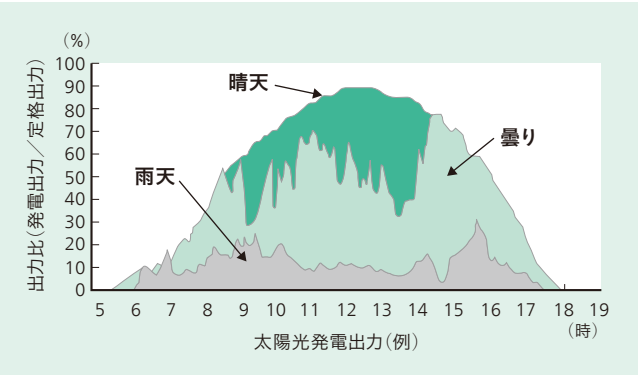


図3 太陽光発電の天候による発電電力の変動例
太陽光発電の発電電力は、天候により大きく変動する。特に、曇り時の発電電力の短周期変動が大きくなる。

表1 蓄電システムが参入可能な電力系統安定化市場の例

蓄電システムは電力安定化の有効な手段として実用化レベルでの導入が始まっている。

項目	電力／系統安定化市場		
市場区分	欧米 (電力自由化圏)	日本 (電力会社主導)	新興国 電力密度の低い国 (送電インフラぜい弱)
対処方法	アンシラリーサービス		風力・太陽光併設 マイクログリッド
	独立系統運用者（ISO） が市場からの調整力 調達	電力会社が自前の 予備力により対応	Grid codeで発電事業 者に風力・太陽光併 設義務化方向
電池システム規模	約1 MW単位	数十メガワット規模 を集中設置	1 MW～20 MW程度 を併設

注：略語説明ほか ISO（Independent System Operators）、アンシラリーサービス（発電事業者が系統に接続する場合、その電力変動を系統運用者が予備力などで調整して安定化するサービス）、Grid code（送電系統運用規則）

Organization：地域送電機関）がアンシラリーサービスとして周波数安定化のためにFrequency Regulation（FR：周波数調整）市場取引を始めており、数秒から数十分程度の短周期電力変動に対応した電力を市場からMW単位、1時間単位で調達し、電力変動抑制を行っている。ISOは調達した電源に対し、数秒ごとの電力指令を出して系統周波数の変動抑制を行う。特にその中でも高速な応答を要求するFast Response市場の取引価格は高く、指令に対して正確に応答することで、より高い評価が得られる仕組みとなっている。このFR市場では、短周期で比較的大電流の充放電が繰り返される使用方法のため、大電流の充放電ができ、かつ充放電効率の高いリチウムイオン電池が適している。

FR市場では米国東部に位置するPJM〔Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection：米国を代表する地域送電機関（RTO）の1つ〕が注目されている。2012年10月1日の「FERC755指令」〔ISOからの指令に対して、より正確に応答する蓄電池などのエネルギー貯蔵システムからの放電に対して、従来の発電機器（火力など）よりもインセンティブを付けて高く買い取る規定〕にいち早く対応したシステム運用を開始したためである。

PJMのほかに米国における有力な地域として、カリフォルニア州が挙げられる。カリフォルニア州では、2020年までに再生可能エネルギーが電力供給に占める割合を33%まで引き上げることをめざしている。これを推進するために、カリフォルニア州では系統におけるESS（Energy Storage System：エネルギー貯蔵システム）の導入を義務づける州法（AB2514）を2010年に成立させた。AB2514に基づき2013年、10月カリフォルニア州公益事業委員会（CPUC：California Public Utilities Commission）がカリフォルニア州の3大ユーティリティである、(1) Southern California Edison社（SCE）、(2) Pacific Gas and Electric社（PG&E）、(3) San Diego Gas & Electric社（SDG&E）の3社に対し、2020年までにESSを合計1.3

GW導入することが決定している。

リチウムイオン電池を搭載した1 MWコンテナ型蓄電システムはこれらの市場を主なターゲットとして開発した。このシステムは、工場などの受電容量の比較的大きな事業所や、太陽光発電所、風力発電所、変電所などに設置される。また、日本でも、離島や送電インフラの弱い地域を中心に系統安定化の手段として実規模の蓄電システム実証が始まっており、このシステムの適用を検討していく。

4. 1 MWコンテナ型蓄電システムの開発コンセプト

1 MWコンテナ型蓄電システムを構成する機器は、PCS (Power Conditioning System: パワーコンディショナー、500 kW機を2並列)、リチウムイオン電池盤 (450 kWh相当)、制御装置、データロガー、空調設備、自動消火設備 (オプション品) などである。1 MWコンテナ型蓄電システムの構成を図4に示す。

1 MWコンテナ型蓄電システムの開発にあたっては、PCS、蓄電池、制御装置などを40フィートクラスのコンテナに実装したオールインワンパッケージとした。これにより、据付け工事が最小化され、工事費および据付け工期

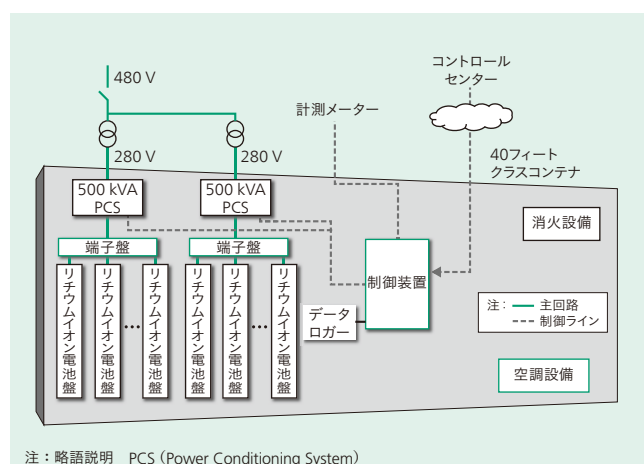


図4 1 MWコンテナ型パッケージの構成

1 MWコンテナ型蓄電システムを構成する機器は、PCS、リチウムイオン電池盤、制御装置、データロガー、空調設備などである。

表2 1 MWコンテナ型パッケージの仕様

1 MW、450 kWhの蓄電池、PCS、制御装置などを40フィートクラスのコンテナに実装した。

項目	仕様	備考
システム容量	±1 MW	システム端
PCS構成	500 kW×2台並列	
PCS効率	97%以上 (負荷率30%以上)	
蓄電池	リチウムイオン電池 450 kWh	使用モジュール: CH75-6 (75Ah-22.2V)
準拠規格	PCS: UL 1741	
期待寿命	システム 15年以上 蓄電池 10年以上	所定の環境に設置、 所定の保守実施時
冷却方式	空冷	
コンテナサイズ	40フィートクラス コンテナ	



図5 1 MWコンテナ型パッケージの外観

1 MWコンテナ型パッケージ外観を示す。

の大幅な短縮などが可能となった。また、コンテナ1台のシステム構成とともに、コンテナ複数台による大容量システム構成も見据えた共通仕様をパッケージに実装することで、容易に大容量システムに対応できる仕様とした。1 MWコンテナ型蓄電システムの仕様を表2に、外観を図5に示す。

5. 1 MWコンテナ型蓄電システムの特徴

このシステムの特徴について以下に述べる。

(1) アベイラビリティの向上

アベイラビリティ向上には、保守点検時間の短縮、故障率低減だけでなく、蓄電池特有のセル電圧均等化の操作やSOC (State of Charge: 充電率) 把握のためのリセット動作 (蓄電池のSOCを補正するために、充放電動作を一定時間停止する動作) など、蓄電池の状態を維持管理するためにサービス不能となる時間の短縮が必要である。SOC計測に充放電電流の積算方式を採用した場合、FR用途では充放電頻度が高いため累積計測誤差のリセット充電が頻繁に必要となる。今回採用したリチウムイオン電池モジュールは、蓄電池監視制御ユニット (BMU: Battery Management Unit) が、常時計測している蓄電池の電圧、電流から瞬時のSOCを推定演算する方式とし、リセット充電を不要とした。それにより、アベイラビリティの大幅な向上が可能となった。なお、セル電圧均等化は、付随のセルコントローラが常時行っている。

(2) 蓄電池の長寿命化、信頼性向上

現状のリチウムイオン電池は高価であり、初期投資を回収するためには蓄電池を長期間安定に使用することが必要となる。今回採用したリチウムイオン電池 (形式: CH75) は、長寿命大容量75 Ahの真円捲 (けん) 回形を採用している。この蓄電池は、3C (75 A×3倍) の充放電が可能であり、サイクル寿命も1Cで8,000回以上の充放電が可能である。また、蓄電池盤は各蓄電池モジュールがほぼ均等

に冷却できるよう温度解析を実施し、モジュール配置および風回路の設計を行った。想定する使用方法において蓄電池は約10年の寿命が期待できる。

ここで、大容量電池セルの採用により、電池の接続個数を大幅に低減できるだけでなく、それに付随するBMUやBCU (Battery Controller Unit) などの部品点数も低減でき信頼性が向上する。冷却方式として、大型ファンによる集中冷却方式を採用した。モジュールごとにファンで冷却する方式に比べ、保守交換部品であるファン数を大幅に低減でき、信頼性向上とファン交換費用の低減を可能とした。

(3) システム効率向上

FR用途では、充放電による電力損失は運用コストに跳ね返ってくるため、システム効率の向上は収益アップに直結する。システム効率の向上には、リチウムイオン電池の充放電効率の向上のみでなく、PCSの効率向上および冷却装置の損失低減が必要である。FRの電力指令は、短周期でランダムに変動する指令であり、システム出力はシステム定格容量に対して比較的低い領域で運転する時間帯が多い。今回採用したPCSは、負荷率の低い領域から97%以上の変換効率を有しており、システムとしての充放電効率も約90%と高い効率が期待できる。

(4) 規格対応

米国市場に対応するため、PCSは分散電源の安全規格であるUL 1741を取得した。

(5) 安全性

リチウムイオン電池は、使用方法を誤ると発火の危険性がある。使用するリチウムイオン電池は、内部短絡しにくい電極構造を採用するとともに、耐久性の高いステンレス製の電池缶を採用し、電池単品として安全性を高めている。また、システムとしてもBMUおよびBCUで電池の電圧、電流や温度を監視して、異常発生時は対象の蓄電池盤を遮断するとともに、PCSで直流回路の開閉器の遮断や交流回路遮断など幾重もの安全策を施している。さらに、オプションとして、コンテナ内で万一、発火、発煙した場合に、煙を感知し消火する設備を設けている。

6. 今後の展開

今回開発した、コンテナ型蓄電システムは2014年度から米国のFR市場で運用開始する予定である。この運用データを解析して、さらにシステムの長寿命化やコンパクト化に向けた検討を実施する。加えて、鉛蓄電池との組み合わせによる再生可能エネルギーの余剰対策や、ピークシフトによる電力ピーク対策などへ適用を拡大する予定である。蓄電システムの普及には、コストパフォーマンスの向上が必須であり、蓄電池の価格低減はもとより、蓄電池の長寿命化、システム

の高効率化もパフォーマンスアップの重要な要素となる。

7. おわりに

再生可能エネルギーの導入率向上とエネルギーの有効活用のためには、蓄電システムの普及は必須であることから、蓄電システムの総称をCrystEne=Crystal (日立グループの技術の結晶)+Energy (エネルギー)と名付けた。日立グループが総力を挙げて、さまざまな課題に対応する蓄電デバイス、システムの開発、および蓄電システムの普及に取り組むことで、クリーンエネルギーの拡大、およびCO₂の削減が可能になると考えている。

参考文献

- 1) 柴田, 外: リチウムイオン電池による電池電源ソリューション, 日立評論, 92, 12, 908~911 (2010.12)
- 2) 柴田, 外: 日立の見据えるスマートな社会に求められる蓄電技術・蓄電池, 次世代蓄電池の【最新】材料技術と性能評価, 技術情報協会, p. 802~807 (2013.12)

執筆者紹介



本澤 純

日立製作所 電力システム社 電力流通事業部 電力情報制御部 所属
現在, 電力システム安定化ソリューション, 特に蓄電システムの事業化に従事
PMP (プロジェクトマネジメント・プロフェッショナル)
IEC/TC120/WG2 (蓄電システムパラメータおよびテスト方法) 国際コンビナ



野村 太一

日立製作所 インフラシステム社 都市・エネルギーソリューション事業部 エネルギーソリューションセンタ 所属
現在, 蓄電池システムを中心としたエネルギーソリューションの事業化に従事



茗荷谷 佑輝

日立製作所 インフラシステム社 電力システム本部 電力エネルギー制御システム設計部 送変電・系統ソリューションセンタ 所属
現在, 蓄電システムの設計・開発業務に従事



大野 最英良

日立製作所 電力システム社 国際電力営業本部 国際営業第一部 所属
現在, 電力システム安定化ソリューション, 蓄電システムの拡販に従事



江守 昭彦

日立化成株式会社 エネルギー事業本部 エネルギー開発センタ システム開発部 所属
現在, 蓄電池システムの設計・開発に従事
博士 (工学)
電気学会会員



武田 賢治

日立製作所 日立研究所 電池研究部 所属
現在, 電力変換器, 各種電池を活用した電力システムの研究・開発に従事