

リチウムイオン二次電池を用いた コンテナ型電力貯蔵システムの開発

Development of Containerized Energy Storage System with Lithium-ion Batteries



園田 直毅*1
Naoki Sonoda

松永 浩志*2
Hiroshi Matsunaga

玄後 義*3
Tadashi Gengo

南 正明*4
Masaaki Minami

大石 正純*5
Masazumi Oishi

橋本 勉*5
Tsutomu Hashimoto

リチウムイオン二次電池は、内部抵抗が小さく、大電流での充放電による電圧降下と温度上昇が少ない特性があり、EV (Electric Vehicle) などの移動体のみならず、最近では再生可能エネルギー発電の平滑化、電力系統網での周波数調整、工場内電力のピークカットなど定置用電力貯蔵システムへの応用も期待されている。当社では、当社製リチウムイオン二次電池 (50Ah 級, P140 電池) を利用した大型の電力貯蔵システム (Energy Storage System, ESS) を開発しており、その取組み状況と実証事例を紹介する。

1. はじめに

長らく、電気は貯めておくことができず、必要なときに必要な量を発電することにより、電力エネルギーのメリットを享受する、というのが常識であった。言い換えれば、時々刻々と変化する電力系統の需要と供給のバランスを電力会社が維持、運用し続けてきた。これまでも揚水発電などによる電力貯蔵システムはあったものの、大規模で設置場所も限定され、またエネルギー効率も低く、設備利用率も上がっていない。しかしながら、最近の電力貯蔵システム、とりわけ電気自動車 (Electric Vehicle: EV) にも採用されるようになったリチウムイオン二次電池技術の革新はめざましく、設置場所を選ばず、発電所がある供給側から、一般家庭や工場などの需要側までのあらゆる箇所に設置でき、また出力も数 kW から MW クラスまで、容量 (時間) も数分から数時間まで、スケールビリティも容易に実現できるようになりつつある。

この電池を利用した電力貯蔵システムは、電力余剰時や電気料金が安価なときに充電し、電力必要時や電気料金が高価なときに放電することができる。例えば、スーパーのような小売店の観点では“安く仕入れて、後で高く売る”，また消費者側の観点では“安いときに買いだめしておいて、後で消費する”というような一般消費財と同じように電力も扱えるという意味では、この電池を利用した電力貯蔵システムの技術とその普及は電気の歴史の中でも大きな転換点ともいえる。

2. 電力貯蔵システムに求められる機能

電力貯蔵システム (ESS) の応用先は種々様々である。発電・送配電事業者、需要家、そして再生可能エネルギー発電事業者という観点で見た各種 ESS の機能を表1に示す。

*1 エンジニアリング本部エンジニアリング総括部電気設計部 技術士(電気電子)

*2 エンジニアリング本部電力プロジェクト総括部 主幹技師 *3 原動機事業本部リチウム二次電池室

*4 エンジニアリング本部エンジニアリング総括部電気設計部 *5 原動機事業本部リチウム二次電池室 主席技師

表1 電力貯蔵システム(ESS)に求められる機能

	機能	必要な容量(時間)
発電事業者	タイムシフト	2~8時間
	電力品質維持	15~30分
送配電事業者	電力品質維持	15~60分
	系統混雑緩和	3~6時間
	設備更新延長	3~6時間
需要家	タイムシフト	4~6時間
	非常用電源	5分~1時間
	太陽光・EVとの連係	3~5時間
再生可能エネルギー 発電事業者	タイムシフト	3~5時間
	出力平滑化	10秒~15分

“タイムシフト”は、ロードレベリングやピークシェーピングともいわれ、電力消費が伸びるピーク時の電力を、余剰時に蓄えた電力で補うことが可能となる。発電事業者のメリットは供給予備率の低減、調整用火力の代替によるコスト低減などがある。需要側のメリットは安価な夜間電力の昼間利用による電力料金低減などのメリットがある。再生可能エネルギー発電事業者としても高価格帯での売電が可能になるメリットがある。

発電及び送配電事業者における“電力品質”とは、従来は発電機出力の増減、変圧器の電圧切替(タップチェンジ)により対応していた系統の周波数・電圧の維持を、応答性の早いリチウムイオン二次電池を利用したESSを充放電させることにより実現するものである。

また、このESSを適切な変電所に設置することで短時間で増える需要にも対応することができ、系統の“混雑緩和”や“設備の更新延長”も実現できる。

さらに、このESSを風力や太陽光などの再生可能エネルギー発電事業者側に設置すれば、急激に変動する再生可能エネルギー発電に対し、ESSが高速に充放電を行うことにより、より安定した電力として使用することができ、系統への負担や、CO₂などの温室効果ガスの削減にも寄与できる。昨今、急激に増加するメガソーラー発電所の系統連系容量制限により連系できない問題も、ESS設置が解決策の1つとなり得る。

3. コンテナ型電力貯蔵システムの開発

当社では2010年より多様に活用できる電力貯蔵システムをコンテナに搭載するコンテナ型電力貯蔵システムの開発を行っている。図1に示すとおり、当社製リチウムイオン二次電池8セルとCMU(Cell Monitoring Unit)をモジュールとして構成し、さらに出力に合わせ必要な数のモジュールと、BMU(Battery Management Unit)、ブレーカなどを搭載し電池ラックを構成している。コンテナ内には、この電池ラックを必要数配置し、さらに空調設備、消火設備も併設している。また、電力貯蔵システムに必須のPCS(Power Conditioning System)についてはシステム規模を考慮し、①電池ラックと同じコンテナに配置、②独立したPCS専用コンテナに配置、③コンテナに収容せず屋外に設置する、など様々な構成を用意し、柔軟に対応している。



図1 ESSの構成

電力貯蔵システムをコンテナで供給するメリットは以下のとおりである。

・専用空調により、コンテナ内温度を制御

充放電時に発熱する電池をいかに適正温度に制御するかは、電池の寿命、電力貯蔵システムの連続運転可能時間に影響を与えるため、重要な課題の一つである。コンテナに内蔵することにより最適な空調設計が可能となる。

・消火設備を装備することで、高い安全性を確保

電池をはじめとする電気品が多数コンテナ内に搭載されており、万が一の火災を想定してガス消火設備が装備されている。消火対象物と同じ空間のコンテナに内蔵することにより、必要な消火ガス量を最小最適にすることができ、鎮火時間を短縮できる。さらに類焼範囲をコンテナ内に限定できる。

・トレーラにより、簡単輸送可能

ISO 規格に準拠したコンテナを採用しており、電力貯蔵システムの規模に合わせて、20ft, 40ft 等のサイズのコンテナに搭載し、コンテナを複数組み合わせている。これにより一般的なトレーラでの陸上輸送ができ(図2)、及びコンテナ船での海上輸送が可能となる。



図2 トレーラで輸送中の ESS

・電気室不要、設置工事容易

あらかじめ必要な機器はコンテナ内に内蔵しているため、設置するための建屋も不要であり、またコンテナ内の配線は完了しているため、現地での工事を最小限にできる。

当社の 500kW PCS をベースとした MW クラスの電力貯蔵システムを表2に、放電特性を図3に示す。事例とその運用方法については、次章で述べる。

表2 MW 級電力貯蔵システムの仕様

		500kW システム	1MW システム	2MW システム
				
定格出力		0.5MW	1MW	2MW
蓄電容量		204kWh	408kWh	816kWh
定格電圧		AC 300V		
周波数		50Hz 又は 60Hz		
相数・線数		三相三線		
使用環境温度		-5℃~40℃		
寸法	40ft コンテナ	W:12192×D:2438× H:2896mm	同左	同左
	20ft コンテナ	-	W:6096×D:2438× H:2896mm	-
構成		40ft コンテナ×1本	40ft コンテナ×1本 20ft コンテナ×1本	40ft コンテナ×3本

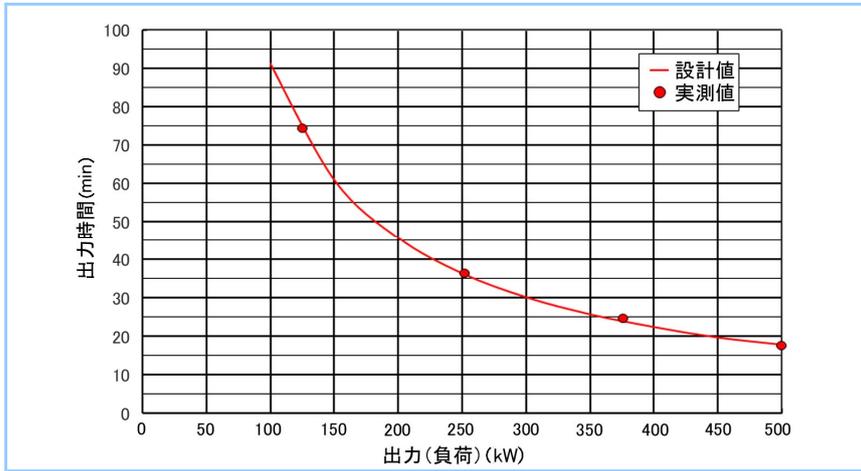


図3 0.5MW コンテナ ESS の放電特性

4. コンテナ型 ESS の事例と運用

現在検証中のコンテナ型 ESS も含め、納入事例とその運用方法について述べる。

4.1 当社長崎造船所 1MW システム

現在、所内にて電力会社より協力要請のある時間帯に、500kW、1MW の計画放電を行っている。工場において受電電力需要が高い場合には計画放電よりもピークカット運転を優先し、契約電力量を超過しないよう需要に合わせて、500kW、1MW の放電を行っている。図4は9月の一日の運転を表している。増減の激しい青い線は工場内負荷、ピンクの線は 30 分ごとの電力積算量を示している。電力会社との契約はこの 30 分ごとの電力量で決められており、契約量を超えると予想される時点で、ESS が放電を開始し、契約電力量を超えないように運転されている(図5)。

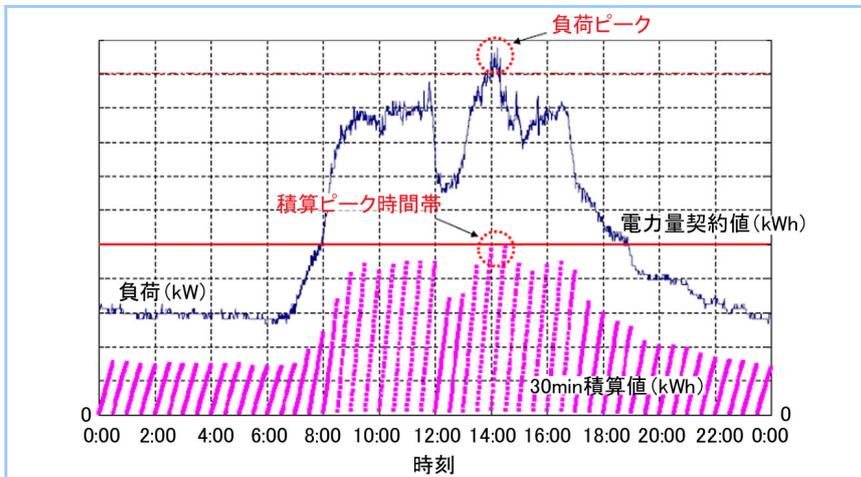


図4 当社長崎造船所の需要(1日間)

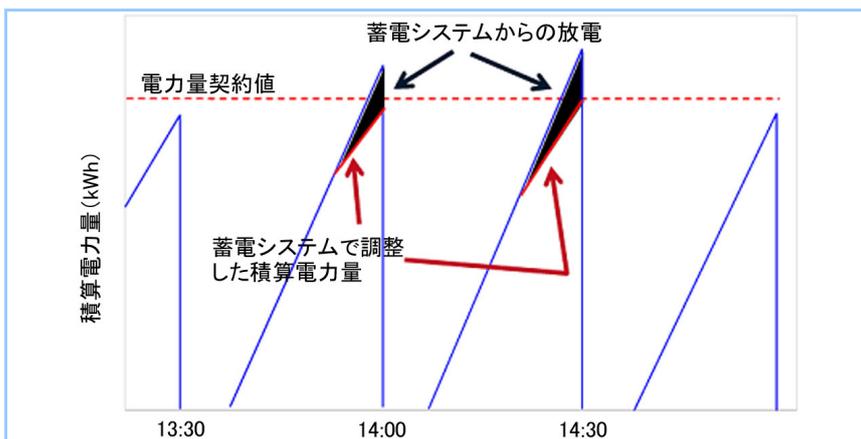


図5 電力量の拡大図

4.2 欧州向け 2MW システム

風力・波力・潮力発電が盛んな英国オークニー諸島に 2MW ESS を設置した。

これまで、島内で余剰電力が発生し、[図6](#)に示す英国本土と接続されている海底ケーブルや島嶼(とうしょ)間の送電線に制限が発生した場合には、風力発電の出力を強制的に下げるか、系統から切り離して対応していた。今回、ESS を設置することで、風力発電の電力を喪失することなく、どれだけ“系統混雑緩和”に寄与できるかを実証するのが目的である。

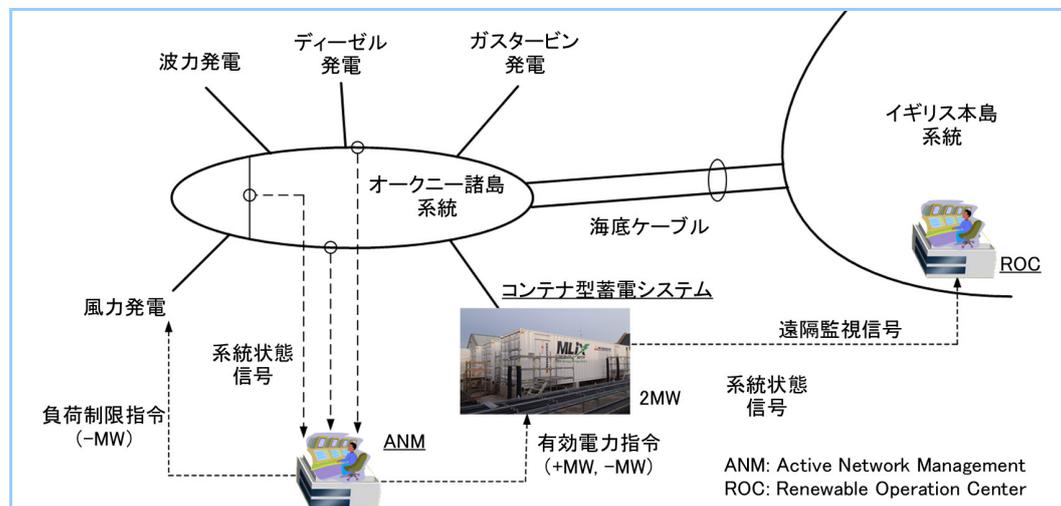


図6 欧州向けシステム概念図

具体的には、オークニー諸島の電力系統を監視・制御する上位系 (Active Network Management System, ANM) からの充電指令を受ける Available 時間帯と ANM からの指定される範囲内で自由に ESS が運転できる Unavailable 時間帯があり、それらを交互に1日4回切り替える。Available 時間帯は系統混雑緩和に合わせて ANM からの指令に従い充電運転し、Unavailable 時間帯は次の Available 時間に備え、自動で ESS は充電状態を低めの状態となるよう調整放電する。

ESS の運転状態は別途英国本島で水力・風車を監視する ROC (Renewable Operation Center) でも監視されている。

ESS の補機動力の大部分を占める空調設備には効率の良い店舗・ビル用空調機を採用している。空調設備は、運転スケジュール、状態に合わせて制御運転されており、補機動力の低減、システム効率の向上を図っている。消火設備には、現地の各種規制に合致したガス消火を採用し、火災による消火ガス噴霧の際も窒息の危険が少ない安全なシステムとなっている。

当社が実施している FMEA (Failure Mode and Effective Analysis) に加え、英国のお客様とも別途 FMEA を実施している。また、設置場所が島嶼(とうしょ)でもあるため、現地の消防・警察・安全委員会向けの説明会・審査も受けている。

本プロジェクトの実証試験は2013年7月から本格的に実施される。なお、本実証事業は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」による支援を受け取り組んでいる。

4.3 マンション向け 100kW システム

100kW システムを分譲マンション用に納入している([図7](#))。太陽光発電出力を昼間蓄電し、夜間マンション共用部の電源として使用している。また停電時はマンション内の重要設備である照明・エレベータ・給水ポンプへの給電を行う。このシステムはコンテナではなく、電池ラックとしてマンション地下の電気室に設置されている。

4.4 建設会社技術研究所向け 100kW システム

建設会社であるお客様のマイクログリッドの性能評価試験用として、技術研究所内のマイクログリッドの分散型電源として納入している([図8](#))。同研究所内には太陽光発電や蓄電池を含む分散

型電源をネットワークでつなぎ、統合制御できる総出力 600kW 級のマイクログリッドが構築されており、当社の ESS を加えて現在性能評価試験を実施中である。

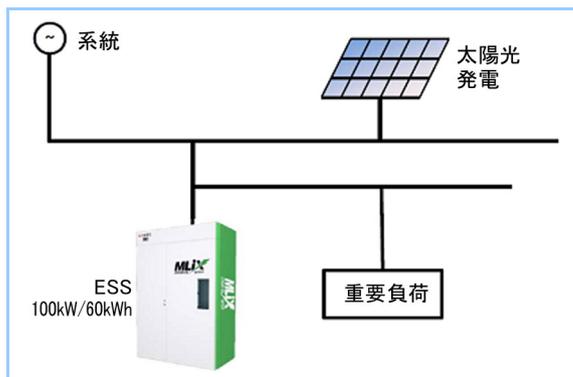


図7 マンション向けシステム



図8 100kW システム外観

4.5 マイクログリッド向け 100kW システム

再生可能エネルギーによる電力自給を目指す“ゼロ・エネルギー・ビル”向けに ESS を納入している(図9)。当該ビルの電力需要に応じて、バイオマス発電・太陽光発電を組み合せ電力供給を行い、蓄電池の充放電により過不足の調整を行っている。

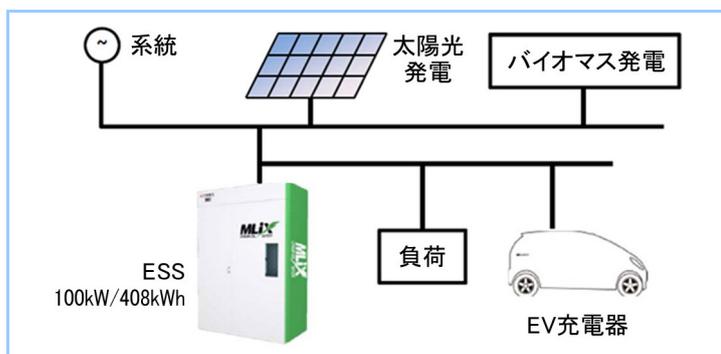


図9 マイクログリッド向けシステム

4.6 海外向け短周期変動緩和 MW クラスシステム

海外案件では、現在風力発電出力の短周期変動緩和目的の 6.5MW システムや太陽光発電の短周期変動緩和目的の 500kW システムをそれぞれ検証準備中である。

5. まとめ

当社では、リチウムイオン二次電池を利用した ESS の開発に取り組んでおり、コンテナに搭載した実証設備はもちろんのこと、市場にも既に供給し始めている。ESSは電力システムにおける供給側から需要側までのあらゆるところで活躍し、電力システムを大きく変革する可能性を有する。当社が得意とする社会インフラ基盤に貢献する製品の1つとしてこの ESS を提案するとともに、風車、太陽光、ガスエンジンなどの他の製品と組み合わせたトータルシステムとしての提案やエネルギー全体を統括する Energy Management System への展開も視野に入れ、積極的に市場展開していく所存である。

参考文献

- (1) 向井ほか、電力貯蔵・産業用機器向け高性能大型リチウムイオン二次電池の開発、三菱重工技報 Vol.49 No.1(2012)p.7
- (2) 橋本ほか、リチウムイオン二次電池を用いた再生可能エネルギーの系統連系円滑化システムの開発、三菱重工技報 Vol.48 No.3(2011)p.52
- (3) Press Information, 2012年11月22日発行、第5282号、英国SSEと共同でオークニー諸島の電力網を安定化、リチウムイオン二次電池搭載のコンテナ型大容量蓄電システムを導入