

リチウムイオン電池電力貯蔵システムの開発

Development of Power Storage System Applying Li-ion Batteries



橋 崎 克 雄*¹
Katsuo Hashizaki

田 島 英 彦*²
Hidehiko Tajima

藤 岡 祐 一*³
Yuichi Fujioka

西 田 健 彦*⁴
Takehiko Nishida

橋 本 勉*⁵
Tsutomu Hashimoto

森 康*⁶
Yasushi Mori

小型店舗や事務所、住宅などの小規模電力ユーザ向けに、高容量長寿命リチウムイオン電池を用いた高効率 24 kWh 級電力貯蔵システムを開発した。本機は、エネルギー密度 160 Wh/kg、予想寿命 3 500 サイクル以上の特性を有する 270 Wh 単電池 88 セルと、電池保護回路、3 kW インバータから構成され、システム効率 86 % を達成した。本報では、電池やシステムの基本特性を紹介するとともに、本機の系統連系運転状況を報告する。

1. はじめに

電力会社は、昼夜間や季節間の電力使用格差が大きくなると発電設備の利用率が低下するため、季時別の電気料金メニューを導入し、夜間電力需要を喚起する対策を行っている。リチウムイオン電池電力貯蔵システムは、夜間電力をリチウムイオン電池に貯蔵し、昼間の電力負荷へシフトすることができ、電気代を低減することが可能となる。

電力貯蔵システムとしては、レドックスフロー電池や NaS 電池などの大規模電力貯蔵システムが実用化されているものの、小型店舗や事務所、住宅などの小規模電力ユーザからは、従来の鉛蓄電池を用いた電力貯蔵システムよりも小型で、性能が優れ、使いやすい新たな電力貯蔵システムが求められていた。

当社では、新たに開発した高容量長寿命の材料を採用したリチウムイオン電池を採用し、以下の特長を有する電力貯蔵システムを開発したので、本報でその内容を紹介します。

(1) 小型で高性能なシステム

- 重量制限のある場所や狭い場所への設置が可能。
- 非常電源機能により停電リスクへも対応。

(2) 環境にやさしいシステム

- 排ガスや騒音を出さないクリーンシステム。
- 貯蔵電力の変換ロス（充放電ロス）が少ない高効率システム。

(3) メンテナンスが容易なシステム

- 長寿命電池を採用し、メンテナンスフリーを実現。
- 補水や均等充電などの日常操作が不要。

2. リチウムイオン電池

2.1 電池の原理・構成

リチウムイオン電池の反応原理を図 1 に示す。正極にはマンガン系酸化物、負極にはカーボン材料が使用されており、リチウムイオンが充電時に正極から負極へ、放電時に負極から正極へと移動する性質を利用している。両極とも構造を維持したままイオンの移動だけで充放電が進むため、充放電鉛蓄電池やニッケル水素蓄電池など、充放電により電極の構造が変化する従来の二次電池に比べて、劣化が少なく効率が良いなどの特長を有している。

リチウムイオン電池の電極基本構成と単電池及びモジュール電池の外観を図 2 に示す。リチウムイオン電池は正極と負極が短絡を防ぐ為の多孔質セパレータを介して交互に積層された構成を有しており、単電池には 100 組程度の電極積層体が収納されている。

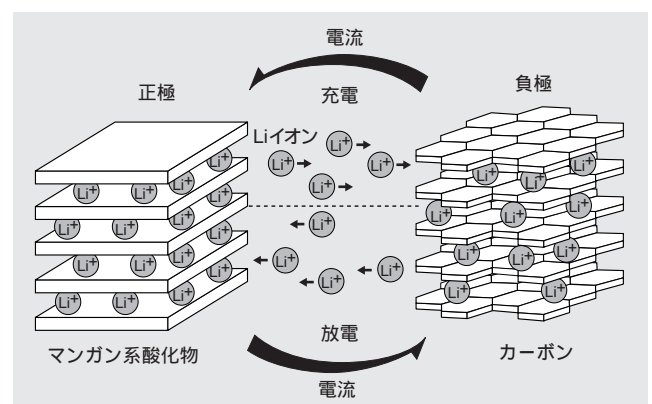


図 1 リチウムイオン電池の反応原理

*1 長崎造船所火力プラント設計部燃料電池開発課主席

*2 長崎造船所火力プラント設計部燃料電池開発課

*3 技術本部長崎研究所次長

*4 技術本部長崎研究所制御システム研究室

*5 技術本部長崎研究所化学研究室

*6 原動機事業本部新エネルギー事業推進部技術グループ主席

モジュール電池には、内部で直列に接続された単電池4セルが収納されている。また、リチウムイオン電池は、充放電に適正な電圧範囲を逸脱して運用したり、過大な電流が流れたりした場合、電池の安全性が損なわれる可能性があるため、その上部には単電池の異常を監視する電池保護回路が付設されている。

2.2 電池の基本性能

開発した単電池とモジュール電池の性能諸元を表1に示す。単電池の定格電力容量は、サイクル運転時の劣化による損失を考慮して270 Whに設定されているが、最大電力容量としては432 Whを有しており、その最大エネルギー密度は160 Wh/kg、320 Wh/Lに達する。なお、モジュール電池は、単電池4セル分とな

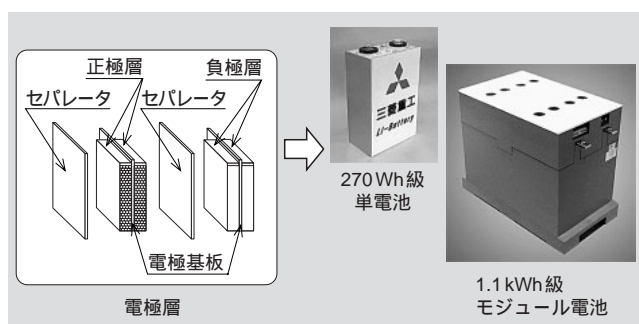


図2 リチウムイオン電池の基本構成と電池外観

表1 単電池及びモジュール電池の諸元

		270 Wh級単電池	1.1 kWh級モジュール電池
重量	(kg)	2.7	12.2
サイズ	W	66.5	160
	L	116	262
	H	175	238
公称電圧	(V)	3.8	15.1
定格容量	(Ah)	72	
定格エネルギー容量	(kWh)	0.27	1.1
最大エネルギー密度	(Wh/kg)	160	139
	(Wh/L)	320	169
最大電力容量	(kWh)	0.432	1.69

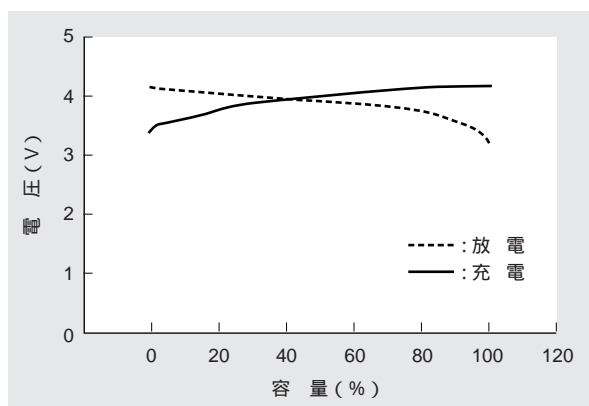


図3 270 Wh級単電池の充放電特性

る定格電力容量1.1 kWh、最大電力容量1.69 kWhを有している。

一方、図3は当該単電池の充放電特性を示したものであり、3.1 ~ 4.2 Vまでなだらかに変化する電圧プロファイルを有している。放電エネルギーの充電エネルギーに対する比である充放電効率は97%と高く、高効率の電力貯蔵システムに資する特性を有している。

また、当該単電池を使用してサイクル試験を実施した結果を図4に、サイクル試験の試験条件を表2に示す。本試験では運転容量の定格容量に対する比で表される放電深度を70%一定とし、劣化の状況を把握するため、所定のサイクルごとに残容量を計測し、残容量が運転容量と等しくなるサイクル数をサイクル寿命として求めた。サイクル劣化抑制のための電池材料改良を行った結果、当社従来電池に比べサイクル寿命が向上しており、予想寿命として3500サイクル(10年相当)以上を見込んでいる。

3. 電力貯蔵システム

3.1 システム構成

当社電力貯蔵システムについて、図5にその構成を示す。リチウムイオン電池は3 kWの双方向インバー

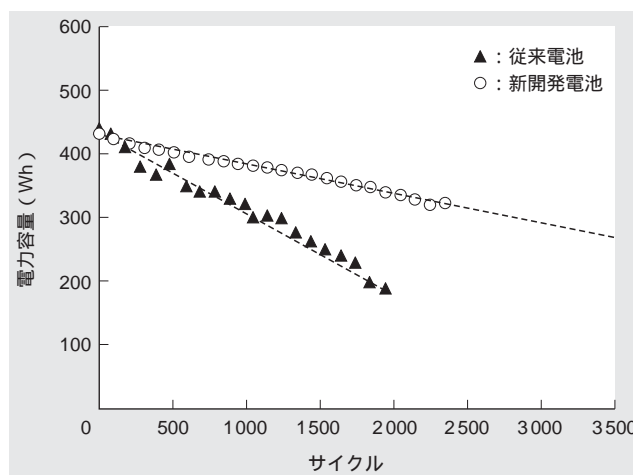


図4 270 Wh級単電池のサイクル特性

表2 サイクル試験条件

サイクル運転時	充電	定電流一定電圧充電 (C. C. - C. V.) 充電電流: 24 A 上限電圧: 4.15 V
	放電	定電流放電 (C. C.) 電流: 24 A 放電容量: 50 Ah
容量確認時	充電	定電流一定電圧充電 (C. C. - C. V.) 充電電流: 9 A 上限電圧: 4.2 V
	放電	定電流放電 (C. C.) 電流: 9 A 下限電圧: 2.2 V

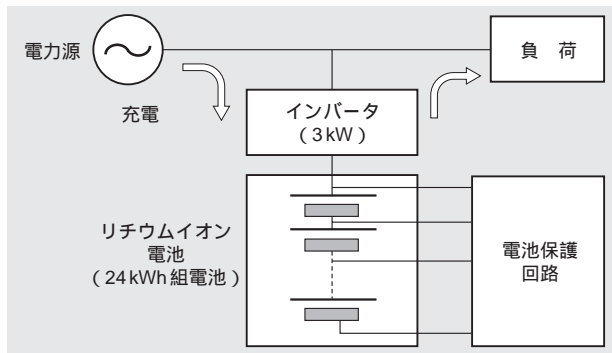


図5 24 kWh級電力貯蔵システムの構成

システム諸元	
電力容量	24 kWh (1.1 kWh × 22)
システム電圧	1P3W AC 100/200V (50/60Hz)
定格出力	3 kW
電池電圧	DC 264 - 370 V
電池電流	最大9.1 A
サイズ	W940 × D550 × H2075



システム外観

図6 本機の諸元と外観

タを介して電力系統と接続されている。また、電池には、過負荷防止のための電池保護回路がモジュール電池単位で取り付けられており、当該回路で電圧や電流、温度の監視を行っている。

本機の外観と諸元を図6に示す。リチウムイオン電池の電力容量は24 kWhで、270 Wh単電池で88セルが直列接続されている組電池である。系統電圧は単相3線AC100/200Vの両電圧に対応している。

3.2 運転モード

本機は運転モードとして以下に示す4つのモードを備えている。

- (1) 系統連系ロードレベリングモード
あらかじめ出力を設定しておき、当該数値を上限として負荷が要求する電力を放電する運転モード。
- (2) 系統連系ピークカットモード
あらかじめ契約電力を設定しておき、負荷が契約電力を超過する分を電池から放電する負荷追従モード。
- (3) 強制充電モード
手動操作により系統から電池に充電するモード。
- (4) 強制放電モード
手動操作により電池から負荷へ放電するモード。
停電時にはいずれのモードからでも自動的に電池から放電することができ、非常時のバックアップ電源としての利用も可能である。

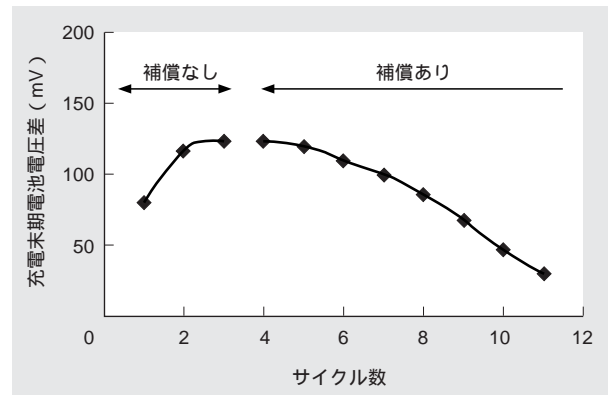


図7 電池保護回路のセルバランス補償効果

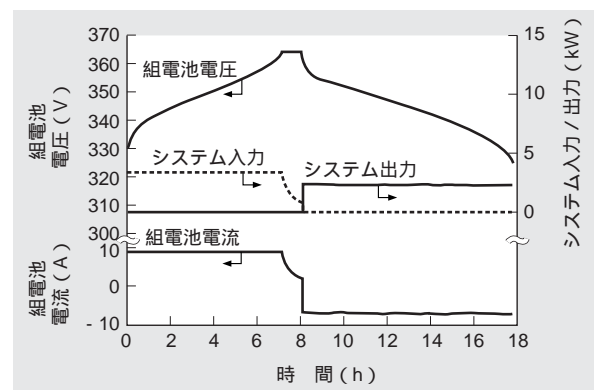


図8 24 kWh級電力貯蔵システムの充放電特性

3.3 保護回路機能

本機における保護回路機能では、組電池の異常監視機能（過電流監視、過電圧監視）はインバータ側、各単電池の異常監視機能（過昇温監視、過電圧監視）とセルバランス補償は電池保護回路がそれぞれ担う仕組みを採用している。

セルバランス補償とは単電池間の電圧差を抑制する機能のことで、モジュール電池をセルバランス補償せずに充放電を繰り返した場合、各単電池間の電圧アンバランスが拡大し、過充電や過放電に至る可能性がある。

図7は当社開発の電池保護回路におけるセルバランス補償効果を示すため、故意に電圧差を含むモジュール電池を充放電したもので、“補償なし”では充電末期の電池電圧の差が拡大しているのに対し、“補償あり”では電圧差が徐々に収束することが確認された。

3.4 システムの基本性能

システムに2.3 kWの抵抗負荷を接続し、系統連系ロードレベリングモードで運転した場合の充放電特性を図8に示す。システムは夜間8時間で充電を終了し、負荷に応じて一定の電力を出力していることが確認された。また、このときのシステム各部の電力損失を計測した結果を図9に示す。損失の内訳は電池の損失が

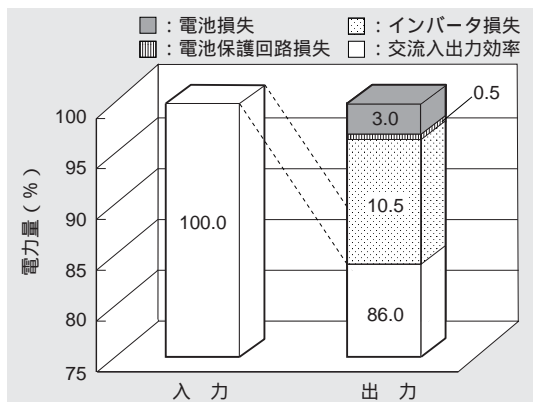


図9 システム各部の電力損失構成

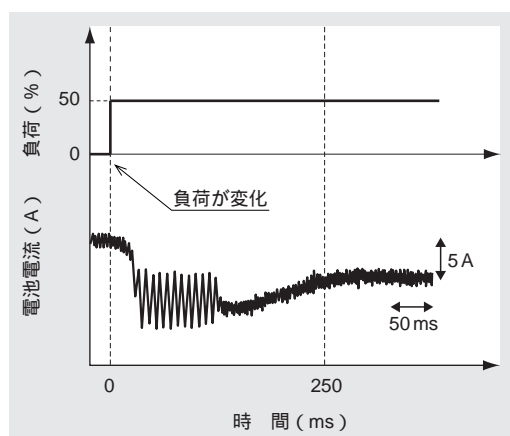


図10 負荷変動時の電池電流波形

3%，制御部の損失が0.5%，インバータの損失が10.5%であり，ACベースのシステム効率は，二次電池を用いた電力貯蔵装置として世界最高レベルの86%を達成した。

一方，系統連系する電気機器については，電力系統保全の観点から，システムの応答速度を500ms以内とするよう，系統連系ガイドラインに定められている。図10は負荷を0%から50%まで変動させたときの電池電流の波形を示したもので，250ms程度で収束していることが判る。0%から100%まで，100%から0%まで等の種々ケースについても同様の測定を行い，300ms以内に収束することが確認されている。

3.5 運転状況

現在，本機を長崎研究所内に設置し，系統連系運転を継続中である。設置状況ならびに出力電力量のサイクル推移を図11に示す。現在までに360サイクル以上が経過しているが，電池容量の低下は認められない。今後も引き続き電池容量のサイクル推移を測定してい

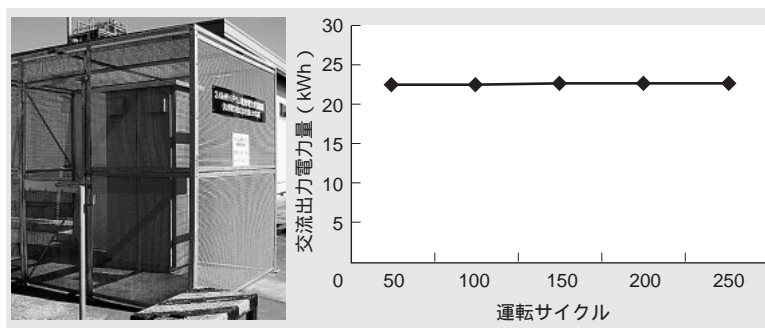


図11 24kWh級電力貯蔵システムの設置状況と出力電力量のサイクル推移

く予定である。

尚，本機は，より多くの電力容量を貯蔵するニーズを有するお客様に対しては，本報冒頭のイメージ図にあるように，複数台を同時に設置いただくことも可能である。

4. ま と め

従来の大規模電力貯蔵システムの採用が難しい小規模電力ユーザを対象として，新たに開発した高容量長寿命のリチウムイオン電池を用い，システム効率86%を有する高効率24kWh級電力貯蔵システムを開発した。

今後は，本システムが有する，小型で長寿命，環境にやさしい，メンテナンスフリー，非常用電源機能などの特長・機能を生かし，適用先を広げてゆくとともにサンプル出荷を行い，フィールド試験を通じた実績構築を図ってゆく所存である。

本システムの開発にあたり，共同研究先として数多くのご指導・ご助言を賜りました九州電力(株)総合研究所の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。



橋 克雄



田島英彦



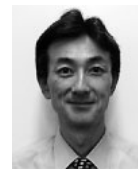
藤岡祐一



西田健彦



橋本勉



森康