

PCS 併設型蓄電システム 「ラインバックメガグリッド」の開発

Development of PCS-integrated Energy Storage System “LINEBACK MEGAGRID”

中 島 貴 浩* 上 野 勉* 水 川 雄 太*

Takahiro Nakashima Tsutomu Ueno Yuta Mizukawa

Abstract

We have developed a new energy storage system, “LINEBACK MEGAGRID”, which combines our newly developed PCS with the LEPS-2 outdoor battery cabinet. By adopting a cabinet-type battery system, it is advantageous for installation and transportation in space-constrained sites in Japan and offers a flexible system configuration that allows for easy expansion of battery capacity. We will launch sales for a wide range of applications, including load leveling for end users, BCP (Business Continuity Planning), integration with renewable energy sources, and participation in electricity trading markets.

Key words : Energy storage system, Energy management system, Li-ion battery module

1 はじめに

2020年10月、我が国は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。2021年4月には、2030年度に2013年度比で温室効果ガス46%削減を目指すことを表明した。また、2025年2月には、2050年ネット・ゼロの実現に向けて、2035年度、2040年度において、2013年度比で温室効果ガスを60%, 73%削減することを新たな目標として掲げた¹⁾。

近年では生成AIの登場により電力需要の増加が見込まれている。データセンターの拡大、重要部品であ

る半導体、鉄鋼や化学などの素材産業など、いずれも安定した品質のエネルギー供給を必要としており、電力需要の増加と脱炭素電源を求める動きは顕著なものとなっている²⁾。

また、変動性再生可能エネルギーの導入量が増加することに伴い、調整力必要量や系統混雑の発生が増加することも想定される。蓄電池は、再生可能エネルギー等で発電された電力を蓄電し、需要ピーク時に電力供給するなど、迅速な応答性を有する調整電力として更なる需要の拡大が見込まれる²⁾。

これらのニーズに対応すべく、今回当社はPCS^{*1)}併設型蓄電システム「ラインバックメガグリッド」を開発した。ここに製品概要を報告する。

* 産業電池電源事業部 電源システム開発本部 京都開発部

*1) PCS : パワーコンディショナ

2 システム構成

本製品は主に PCS 盤, 蓄電池盤, 遠隔監視盤 (PCS 盤に一体化) にて構成される。1 システム当たり PCS 盤 1 面, 遠隔監視盤 1 面, 蓄電池盤複数面 (2 ~ 16 面) にて構成される。蓄電池盤の面数を可変とすることで、顧客要求に応じたシステム構築を実現可能としている。PCS 盤と蓄電池盤を列盤構成とすることで直流高電圧部が露出しない。これにより、直流外部接続工事が不要となる。図 1 にラインバックメガグリッドの設置イメージを示す。

2.1 PCS 盤

PCS 盤は主に、制御ユニット（以下、CU : Control Unit), 変換ユニット（以下、PU : Power Unit), 交流部開閉器, 直流部開閉器, 空調機器にて構成される。

内部構成は定格容量 50 kVA の PU を 10 台搭載することで、500 kVA の出力容量への対応を実現した。万が一部品故障が発生した場合も、当該ユニットの交換のみで早急に復旧させることができ、メンテナンス性を考慮している。変換ユニットは前面側と背面側にそれぞれ縦積みすることで PCS 盤をスリム化している。一方で奥行き方向を長くすることで、隣接する蓄電池盤との接続を最適化し、システムとしての小型化を実現している。

PCS 盤は天面に搭載した 2 台の空調機器にて冷却する構造とし、各 PU の内部 FAN は PCS 盤の中央部に熱を集め、空調機器からの冷風は PCS 盤の正面側と背面側に供給する。盤の天面に空調機器を搭載することで、PCS 盤としての防塵・防水性および冷却性は

確保しつつ、省スペース化を実現している。

PCS 盤の側面にはネットワーク機器を収納する遠隔監視盤を配置することで、ネットワーク機器へのアクセス・施工性・メンテナンス性に配慮した。CU は系統連系に必要となる保護機能をすべて具備し、上位のエネルギー管理システム（以下、EMS）機器からの電力指令、蓄電池盤からの電力制限値などの情報をもとに、各 PU へ電力指令をおこなう。表 1 に PCS 盤の仕様を示す。

2.2 蓄電池盤

蓄電池盤は主に、リチウムイオン電池モジュール (LEPS-2A-14D), 電池保護ユニット（以下、BPU : Battery Protection Unit), 空調機器にて構成される。LEPS-2A-14D は、大規模蓄電システム向けのリチウムイオン電池モジュールであり、高エネルギー密度、高安全性、長期信頼性を兼ね備えている。BPU はリチウムイオン電池モジュールの状態を監視し、異常を検出した際にシステム保護を目的に主回路から電池モジュールを切り離す機能をもつ。空調機器は蓄電池盤内の温度を一定に保つために冷房・暖房機能を備えており、リチウムイオン電池モジュールの性能を最大限発揮させる役割を持つ。表 2 に蓄電池盤の仕様を示す。

2.3 遠隔監視盤

遠隔監視盤は、顧客側の EMS 機器や社内の遠隔監視システムなど、外部機器とのネットワークインターフェースを担っている。PCS の制御・状態管理、蓄電池の状態管理をおこなう。1 面の PCS 盤に併設する形で遠隔監視盤が 1 面設置される。主に、ネットワークカード（以下、NIC : Network Interface Card）など

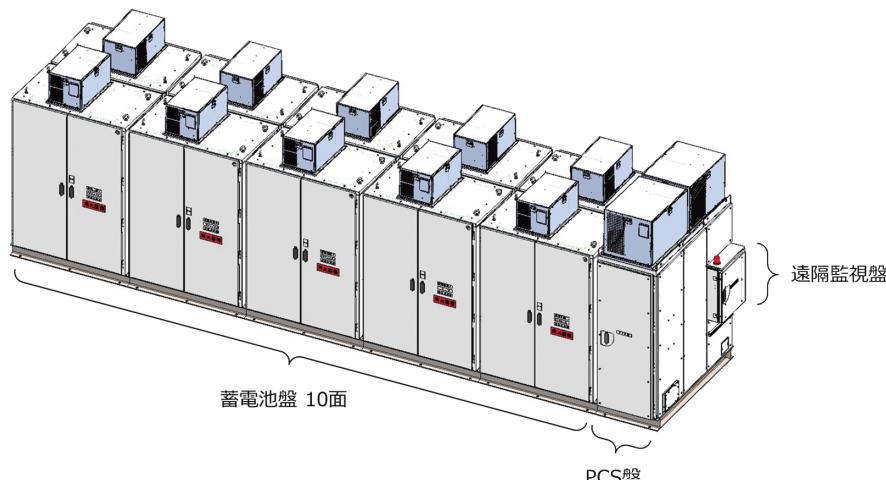


図 1 設置イメージ (PCS 盤 1 面, 蓄電池盤 10 面)
Fig. 1 Installation image (1 PCS cabinet, 10 Battery cabinet)

表1 PCS 盤の仕様

Table 1 Specifications of PCS cabinet

| 項目 | | 仕様 |
|--------|----------|--|
| 方式 | 主回路 | 自励式電圧型電流制御（連系時）/自励式電圧型電圧制御（自立時） |
| | 絶縁 | 非絶縁（トランスレス方式） |
| | 冷却 | 強制風冷方式 |
| 直流部 | 定格電圧 | 934.9 V |
| | 運転可能電圧範囲 | 725.8 V ~ 1074.8 V（連系時）/ 756.0 V ~ 1074.8 V（自立時） |
| 交流部 | 出力容量 | 500 kVA |
| | 相数 | 三相3線（非接地） |
| | 定格電圧 | 420 V |
| | 定格周波数 | 50 Hz または 60 Hz |
| | 電力変換効率 | 97.0%以上 |
| | 電流歪率 | 5%以下（総合），3%以下（各次） |
| 自立運転出力 | 出力容量 | 250 kVA |
| | 相数 | 三相3線（非接地） |
| | 定格電圧 | 420 V |
| | 定格周波数 | 50 Hz または 60 Hz |
| | 電力変換効率 | 97.0%以上 |
| | 定電圧精度 | ± 5% |
| | 周波数精度 | ± 0.1 Hz |
| 外観 | 電圧歪率 | 5%以下（総合） |
| | 寸法 | W : 1,020 × D : 2,050 × H : 2,720 (mm) |
| 使用環境 | 質量 | 約 2,100 kg |
| | 周囲温度 | -20°C ~ 40°C |
| | 設置場所 | 屋外（有毒ガス・腐食性ガスなし） |
| | 耐塩害 | 重塩害地域 |
| | 耐積雪 | 200 cm 未満 |

表2 蓄電池盤の仕様

Table 2 Specifications of Battery cabinet

| 項目 | 仕様 |
|---------|---------------------|
| 公称電圧 | 934.9 V |
| 公称容量 | 225 Ah (210.36 kWh) |
| 盤内バンク数 | 3 バンク |
| 直列セル数 | 252 セル |
| 最大充放電電流 | 150 A |
| 質量 | 約 2,300 kg |

のネットワーク機器で構成される。

PCS 用の NIC は Modbus/TCP の通信プロトコルに対応しており、顧客側の EMS 機器の電力指令を受け付ける。受け付けた電力指令を CU へ伝達することで PCS 動作を制御する。オプションに応じて遠隔監視盤の機器構成を変更し、顧客要求に対応する。

2.3.1 STARELINK Site Controller

STARELINK Site Controller は遠隔監視盤のオプションの 1 つで、複数のラインバックメガグリッドへ電力指令を分配する「サイトコントロール機能」、計測した周波数をもとに有効電力指令を演算する「一次調整力機能」を具備する。通信プロトコルは Modbus/TCP に対応しており、顧客側の上位 EMS 機器から受けた電力指令を複数のラインバックメガグリッドへ分配する。また、個別のラインバックメガグリッドから収集した計測情報は統合値として集約し、顧客側の EMS 機器へ伝達する。図 2 に STARELINK Site Controller の接続イメージを示す。

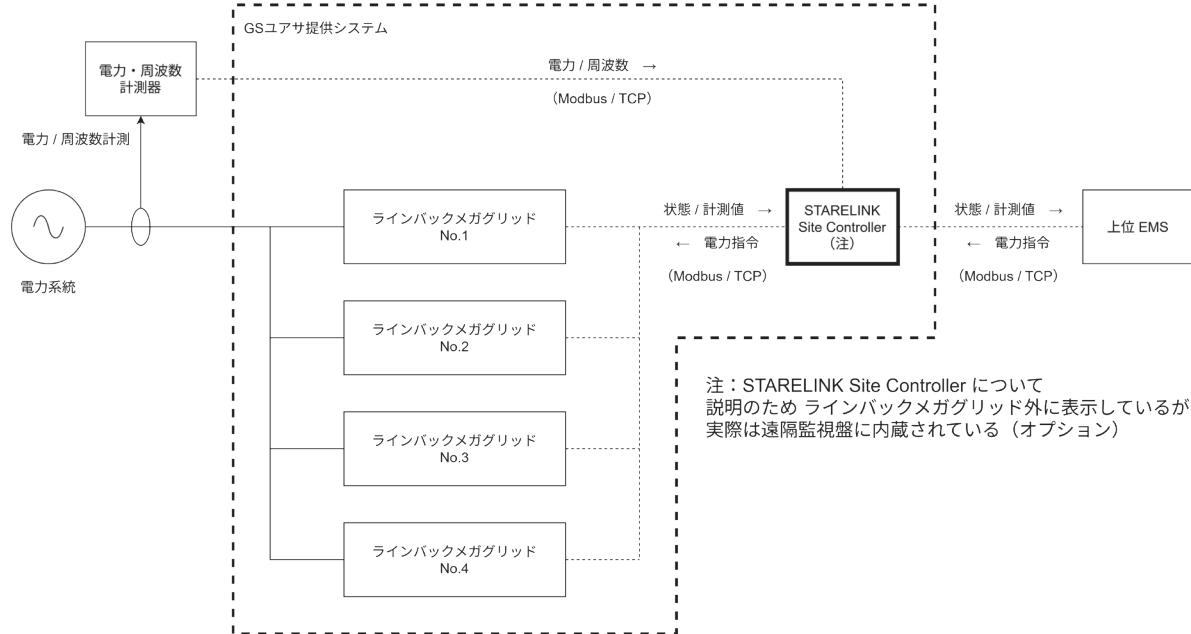


図2 STARELINK Site Controller 接続イメージ
Fig. 2 STARELINK Site Controller Connection Diagram

3 特徴

3.1 フレキシブルなシステム設計

ラインバックメガグリッドでは、蓄電池盤の面数を可変としているため、顧客要求に応じたシステム構築を実現可能としている。蓄電池盤は 210 kWh / 1 面を最小単位として、最小 2 面、最大 16 面の範囲で設置可能である。また、輸送・搬入施工を考慮し、PCS 盤および蓄電池盤は分割設計としている。分割輸送可能であり、狭小地への設置も可能となっている。

3.2 冗長設計

PCS 盤では PU を 10 並列 (500 kVA) 搭載している。この並列構成は、万が一の事態に備えた冗長設計となっており、システムの可用性を最大限に高めることを目的としている。

具体的には、仮に 1 台の PU が故障した場合、PCS 全体が直ちに運用停止とならないよう設計されている。可能な限り、残りの健全なユニットにて運転を継続することで、部分的な機能低下は生じるもの、PCS 全体のダウンタイムを最小限に抑える。

3.3 耐環境性

当社従来設計の蓄電池盤は建屋³やコンテナ⁴の中に設置して使用する屋内仕様の蓄電池盤であった。今回新規設計した蓄電池盤は屋外に直接設置することが可能な屋外仕様の蓄電池盤になっている。屋外に設置

すると雨水、粉塵、塩害、積雪などの影響を受ける。盤筐体に内蔵するリチウムイオン電池モジュールや内蔵機器がこれらの影響を受けないように耐環境性を有する電池盤を開発した。

雨水・粉塵からの保護に関しては、盤筐体を防水・防塵仕様として、IP55 の性能を有している。また、暴風雨に対する耐量を確認するため、風速 40 m - 降水量 120 mm / h の環境における防水性を試験し、有害な水の浸入がないことを確認している。

塩害からの保護に関しては、標準的に高耐食メッキ鋼板に重耐塩塗装を施すことで海岸に近い設置場所においても安心して使用することが可能である。

積雪からの保護に関しては、積雪荷重を加味した構造強度設計をおこない、盤筐体上部に設置した盤エアコンについては防雪フード（寒冷地オプション）を取り付けることで、2 m の積雪まで対応可能である。

また、PCS 盤も蓄電池盤と同様の設計となっており、同等の耐環境性を有する。

3.4 蓄電池盤の温度管理

蓄電池盤に内蔵するリチウムイオン電池モジュールの性能を発揮するためには温度管理が必要不可欠になっている。3.3 項に記載の通り、蓄電池盤を屋外設置するため、直射日光や外気の影響を直接受けることになる。そこで、盤筐体の内側 6 面に高性能断熱材を敷設し外気の影響を抑え、空調機器により盤筐体内

部のリチウムイオン電池モジュールの温度管理をおこなう。これによりリチウムイオン電池モジュールの温度ばらつきは±4°Cで維持される。また、外気温が-20°Cになるような極低温地域に設置しても、電池の充放電力を絞ることなく運用が可能となっている(1/2°C以上の電流で充電可能)。

3.5 一次調整力

電力系統の安定運用を維持するためには、周波数変動に対し迅速かつ的確に対応する一次調整力が不可欠となる。本システムに搭載されている一次調整力を提供する制御機能は、この重要な役割を担う。

上位 EMS が需給調整市場において一次調整力の入札を行っている期間中、本機能が稼働する。電力系統の周波数を監視し、周波数 - 有効電力特性に基づいて必要とされる有効電力指令値を演算する。この演算は、遠隔監視盤のオプションである STARELINK Site Controller が担う。演算した電力指令値を各ラインバックメガグリッドへ送信し、系統周波数の乱れに対して能動的に介入して、一次調整力を提供する。

4 動作特性

4.1 電力変換効率

次の条件(交流電圧: 420 V, 直流電圧: 935 V, 周波数: 50 Hz, 力率: 1.0, 空調機器の消費電力を含まず)における、電力変換効率の特性を図3に示す。

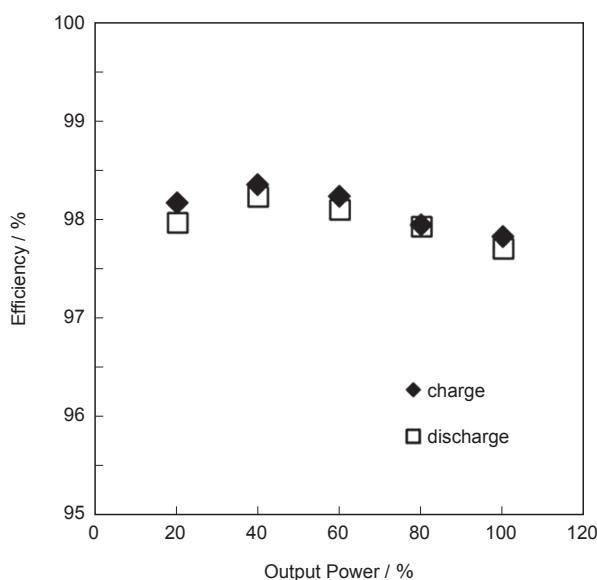


図3 ラインバックメガグリッドの出力に対する効率
Fig. 3 Conversion efficiency for output power

す。縦軸に電力変換効率、横軸に出力容量を示す。定格の入出力時(出力容量の100%出力時)において、蓄電池充電時は97.8%、蓄電池放電時は97.7%の効率を確認した。また、出力容量の40%付近で最大効率が得られる特性となっている。最大効率は蓄電池充電時:98.3%、蓄電池放電時:98.2%を確認した。

4.2 一次調整力

一次調整力の動作検証結果を示す。調定率:5%, 不感帯:±0.1 Hzと設定し、上位EMSからの有効電力指令が0 kW、系統周波数が50 Hzの定常状態から+1.0 Hz急変させた際の、PCSの有効電力応答特性を確認した。需給調整市場の一次調整力要件では、周波数変化から出力変化を開始するまでの所要時間が2秒以内、応答時間が10秒以内と定められている。今回の検証条件では、10秒以内に系統からPCSへ200 kWの電力を供給する必要がある。

図4にPCSの有効電力応答特性と系統周波数を示す。上のグラフは有効電力をあらわし、縦軸は有効電力(マイナスの値は蓄電池充電方向、すなわち系統からPCSへの電力供給を示す)、横軸は経過時間である。下のグラフは系統周波数を示し、横軸は上のグラフと同様に経過時間である。

周波数を定常状態から+1.0 Hz急変させると、2秒以内に出力変化が開始しており、4.97秒後には蓄電池充電方向に目標出力の90%に到達していることが確認できた。これにより、需給調整市場の要件を満たすことを確認した。

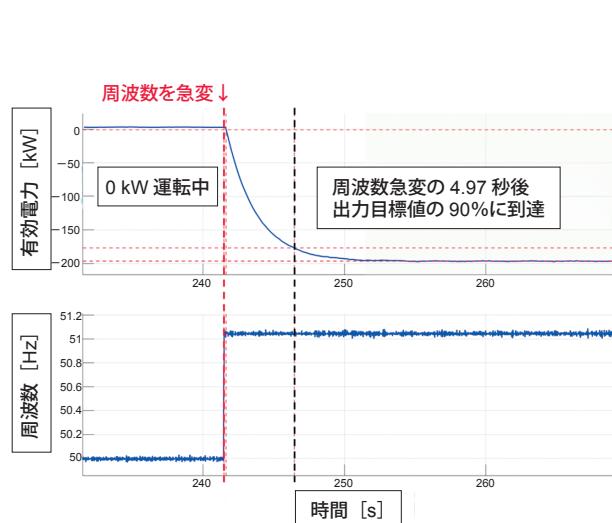


図4 一次調整力によるPCSの応答特性
Fig. 4 PCS response characteristics by Frequency Containment Reserve

5 まとめ

以上、今回開発したPCS併設型蓄電システム「ランパックメガグリッド」の概要について報告した。本製品では蓄電池盤の面数を変えられるため、要望に応じたシステム構築が実現可能である。また、PCS盤・蓄電池盤を分割設計しているため、狭小地への設置が可能である。冗長設計により、システム全体のダウンタイムを最小限に抑えている。PCS盤・蓄電池盤は重耐塩仕様であり、防水・防塵仕様としてIP55の性能を有している。電力変換効率は、定格の入出力時において蓄電池充電時は97.8%，蓄電池放電時は97.7%を達成した。

再生可能エネルギーの更なる普及と持続可能な社会の実現に貢献すべく、今後も性能向上および低コスト化に注力し、蓄電システムの開発に取り組んでいく。

参考文献

1. 環境省 HP 「脱炭素ポータルとは」
https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/topics/20210330-topic-01.html
2. 経済産業省 HP 「第7次エネルギー基本計画」
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001.html>
3. 宮脇康貴, 井上朋重, 吉本健太, 上野勉, 時井敦志, 中井啓太, 内堀富勝, 松島均, 山下貴士, 飛鷹強志, 川内智弘, 楠寿樹, 山城裕史, 亘幸洋, GS Yuasa Technical Report, **17** (1), 9 (2020).
4. 吉本健太, 野又佳祐, 宮崎博之, 秦拓馬, 美馬正明, 宮脇康貴, 伊藤広和, 吉岡孝兼, 上野勉, 井上朋重, 赤木貴文, 中山仁, 山崎佳代, 松本哲郎, 中井啓太, 北川拓弥, 鎌田審, 林健太郎, 村田憲保, GS Yuasa Technical Report, **19** (2), 10 (2022).