

大規模蓄電システム用リチウムイオン電池 モジュールの開発

Development of Li-ion battery module for large scale energy storage system

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**

Yasutaka Miyawaki Tomoshige Inoue Kenta Yoshimoto Tsutomu Ueno
Atsushi Tokii Keita Nakai Tomikatsu Uchihori Hitoshi Matsushima
Takashi Yamashita Tsuyoshi Hidaka Tomohiro Kawauchi Toshiki Kusunoki
Hiroshi Yamashiro Yukihiro Wataru

Abstract

In recent years, the introduction of a power storage system has been increasing in order to suppress the output fluctuation of wind power and solar power. We have newly developed the lithium-ion battery module LEPS-1-16 for large-scale energy storage systems. Compared with the conventional model, the volume energy density and life performance were improved, so the battery equipment could be downsized. The battery system has high safety, long-term reliability, and excellent maintainability with a remote monitoring system, so it is ideal for large-scale energy storage systems that use a large amount of batteries.

Key words: Li-ion battery module, Remote monitoring system

1 まえがき

近年、人口増加や経済成長にともない、世界のエネルギー需要が増加しており、石油や石炭など限りある化石燃料に代わる、再生可能エネルギーの利用拡大が求められている。なかでも、風力発電は発電効率の高

さから、今後のさらなる普及拡大が期待されており、政府は2030年度に1,000万kWの風力発電導入を掲げている¹。国内では北海道や東北が風や土地確保の観点から最適地とされており、多くの風力発電設備の設置が計画されている。

しかし、風力発電は気象条件により発電量が大きく変化し、その出力変動が系統利用者に影響をおよぼす可能性があるため、北海道電力では出力20kW以上の風力発電設備に対して、電池設備などを設置し出力変動を緩和することを求めている。

* 産業電池電源事業部 電源システム生産本部
開発部

** リチウムエナジージャパン株式会社 技術部

今回当社は北海道北豊富変電所に導入される、出力240 MW、容量720 MWhの世界最大規模の蓄電システムを受注²したことから、従来機種よりもエネルギー密度と寿命を改善した「大規模蓄電システム用リチウムイオン電池モジュールLEPS-1-16」を新たに開発したので、ここに製品概要を報告する。

2 大規模蓄電システムの概要と求められる性能

図1に風力発電向け大規模蓄電システムの一例を示す。アプリケーションごとに異なる電圧や電池容量に柔軟に対応するため、電池システムは電池モジュール、バッテリーマネージメントユニット（以降、BMU）、電流センサ、ブレーカなどのコンポーネントから構成されている。電池モジュールはさらに複数個のセルとセル監視基板（以降、CMU）から構成されている。電池システムは搭載する電池モジュールの直列数で必要な電圧を、並列数で必要な容量を設計する。前述の容量720 MWhの蓄電システムの場合、約21万台の電池モジュール（約330万個のセル）が使用される。

社会インフラ向けの大規模蓄電システムでは、非常に多くの電池を長期間使用するために、次のような性

能が求められる。以降でそれぞれの要求性能に対する開発品での取り組みについて述べる。

- ①電池設備のコンパクト化（低コスト化）
- ②高い安全性
- ③長期信頼性
- ④遠隔監視システムによる予防保全

3 電池設備のコンパクト化

設置スペースとコストの両面において電池設備のコンパクト化は重要である。今回開発した電池モジュール（以下、LEPS-1-16）は従来機種よりエネルギー密度が向上し、寿命性能が改善している。LEPS-1-16を搭載した電池設備は従来機種（以下、LIM50EN-12）を搭載した場合と比較して、32%の小型化を実現した。図2に示すように、内訳はエネルギー密度向上の寄与が27%、寿命性能改善の寄与が7%である。

3.1 電池モジュールのエネルギー密度向上

LEPS-1-16の仕様を表1に、外観図を図3に示す。LEPS-1-16はエネルギー容量が向上した新規開発セルを採用し、モジュール1台あたりの搭載セル数を12セルから16セルに増やしたことにより、LIM50EN-12と比べて体積エネルギー密度が73%向

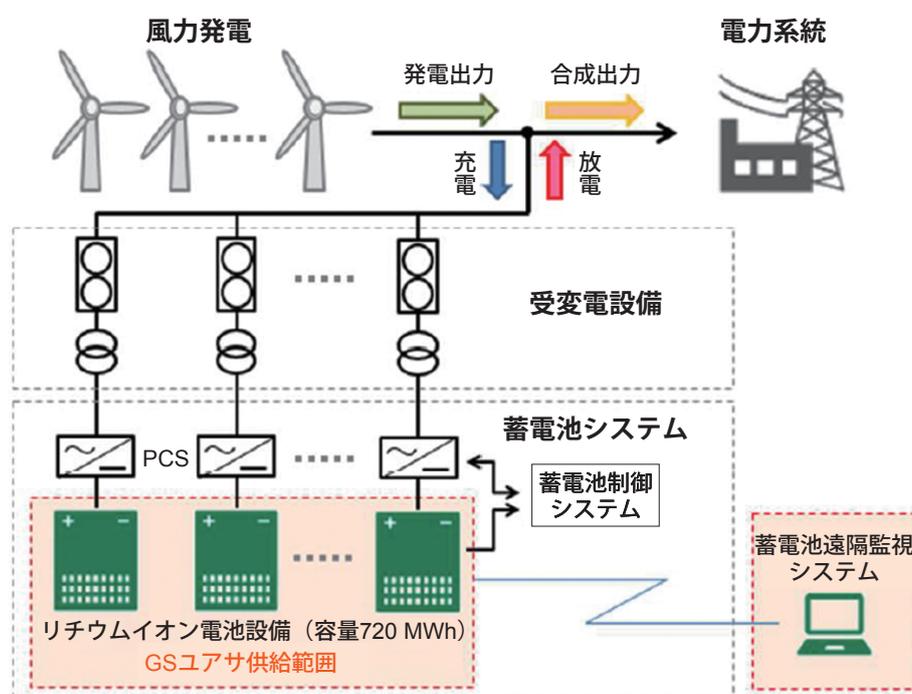


図1 風力発電向け大規模蓄電システム

Fig. 1 Large-scale power storage system for wind power generation.

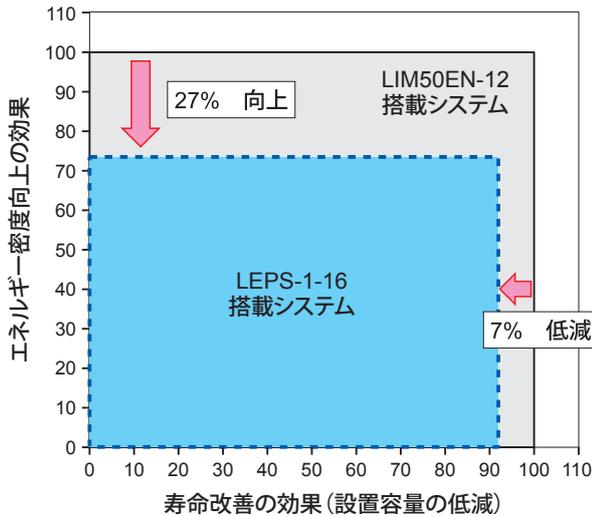


図2 電池設備の小型化
Fig.2 Miniaturization of the battery equipment.

表1 LEPS-1-16 モジュールの仕様
Table.1 Specifications of LEPS-1-16 module.

仕様	開発機 LEPS-1-16	従来機 LIM50EN-12
セル構成	16セル直列×1並列	12セル直列×1並列
定格電圧	59.04V	44.40V
使用電圧範囲	44.0～68.0V	33.0～49.2V
定格容量	61.75Ah	47.5Ah
エネルギー容量	3,645.7Wh	2,109.0Wh
体積エネルギー密度	210.9Wh/L	121.9Wh/L
質量エネルギー密度	125.7Wh/kg	78.1Wh/kg
寸法* W×D×H	182×720×132mm	219×617×128mm
質量	29kg	27kg

*ハーネスおよび突起部を除く

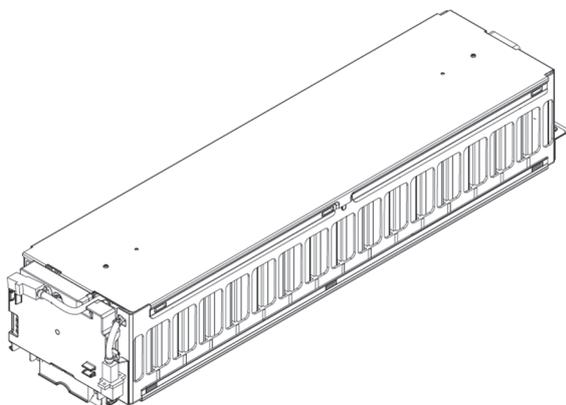


図3 LEPS-1-16 モジュールの外観
Fig.3 Appearance of LEPS-1-16 module.

上げた。このエネルギー密度向上により電池設備は27%小型化できた。

3.2 セルの寿命性能改善

リチウムイオン電池は経年劣化や使用によるサイクル劣化により電池容量が低下する。蓄電システムは劣化後の寿命末期でも所定の充放電ができるよう計画されるため、電池の寿命性能は電池システムの設置容量に大きな影響を与える。

LEPS-1セルのサイクル寿命特性を図4に、カレンダー寿命特性を図5に示す。従来機種のLIM50ENセルと比較して、2500サイクル時点での容量維持率が約13%改善した。カレンダー寿命特性は従来機種と同等である。この寿命性能改善により、20年間の稼

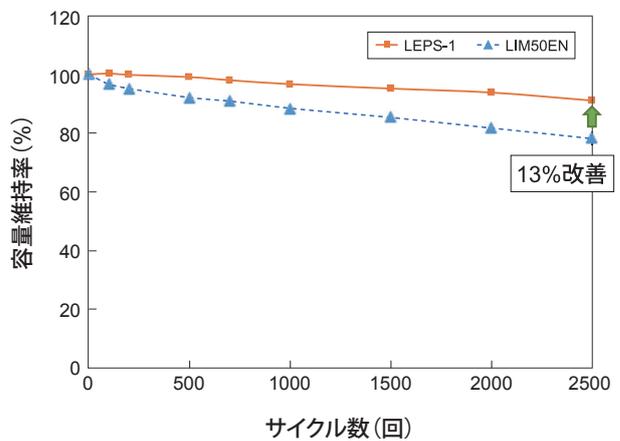


図4 LEPS-1セルのサイクル寿命特性
Fig.4 Cycle life characteristics of LEPS-1 cell at 25°C, 75%DOD (SOC25%-100%)

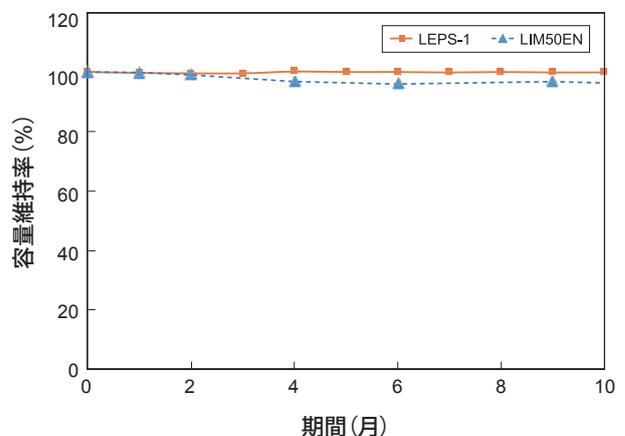


図5 LEPS-1セルのカレンダー寿命特性
Fig.5 Calendar life characteristics of LEPS-1 cell at 25°C.

働を想定した寿命シミュレーションの結果、LEPS-1-16 搭載システムでは LIM50EN-12 搭載システムと比べて設置容量を 7% 低減することができた。

4 高い安全性

リチウムイオン電池は内部に可燃性の有機電解液を使用しているため、大量の電池を使用する大規模蓄電システムにおいては、安全性は最も重要な要求事項である。

LEPS-1 セルは JIS C 8715-2（産業用リチウムイオン二次電池の単電池及び電池システム—第 2 部：安全性要求事項）で規定されている「耐内部短絡試験」をクリアしているため、セルの内部短絡による発煙や発火の危険性は基本的に取り除かれている。しかし、著しい過充電や高温条件ではセルが熱暴走に至るおそれがあるため、当社では BMU によりセル電圧とモジュール温度を常時監視し、セルが安全な範囲を逸脱した場合には速やかに主回路を遮断するシステムを構築している。

それでも万一、なんらかの理由でセルが熱暴走した場合には、セルに設けた安全弁からは高温のガスが噴出する。LEPS-1-16 はこの高温の噴出ガスを適切に

排気し、高温ガスの熱が周囲のセルに伝わらない構造とした。また、セル間距離を適切に設定し、セル間に断熱板を配置することで、熱暴走セルの熱が隣接セルに伝わりにくい構造としている。以上の工夫により、万一セルが熱暴走した場合でも、隣接セルへの連鎖を抑制することで、JIS C 8715-2 で規定されている「耐類焼試験」をクリアしている。

図 6 に示すように、当社ではセル、モジュール、システムそれぞれの段階で安全対策を施し、トータルとして高いシステム安全性を確保している。

5 長期信頼性

大規模蓄電システムでは 10～20 年の電池寿命を要求される。LEPS-1-16 はモジュール 1 台に 16 個のセルと、1 枚の CMU を搭載しているため、セルの寿命特性改善だけでなく、セルの構造耐久性や CMU の高信頼性が重要となる。

5.1 電池セルの構造耐久性

一般的にリチウムイオン電池は劣化にともなうガス発生と極板の膨張にともない、セルの内圧が上昇するため、長期使用時にはセルケースの気密漏れによる漏液の懸念がある。当社のセルは強靱な SUS ケースを

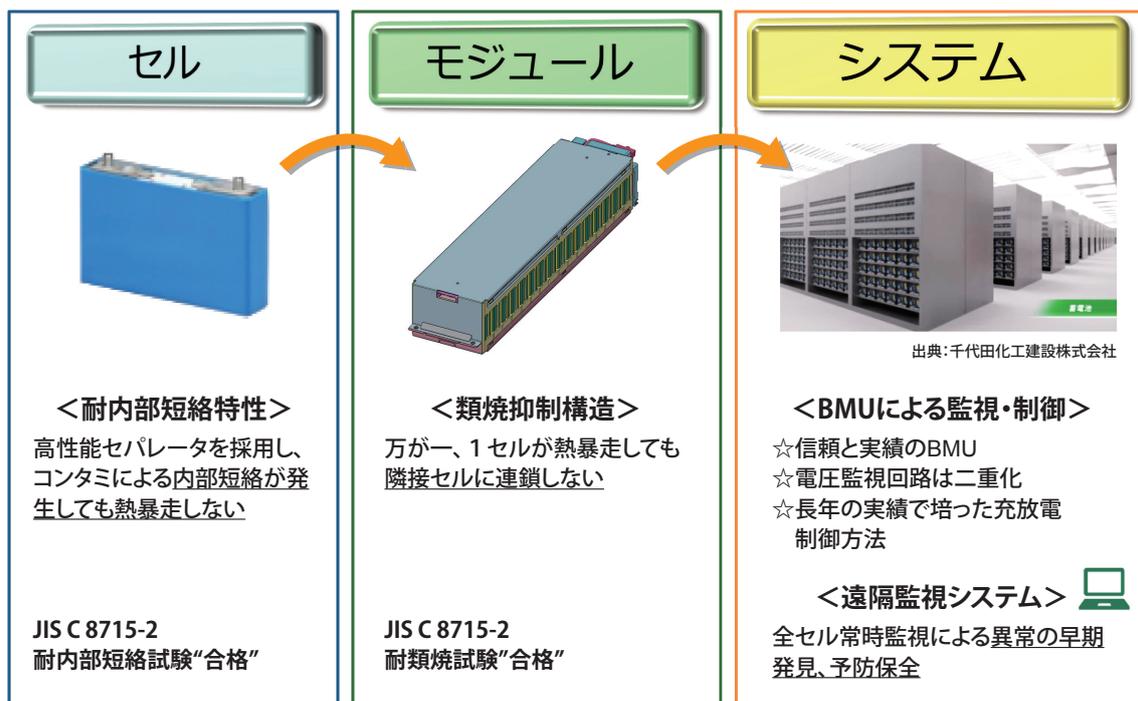


図 6 電池システムの安全性
Fig. 6 Safety of Battery system.

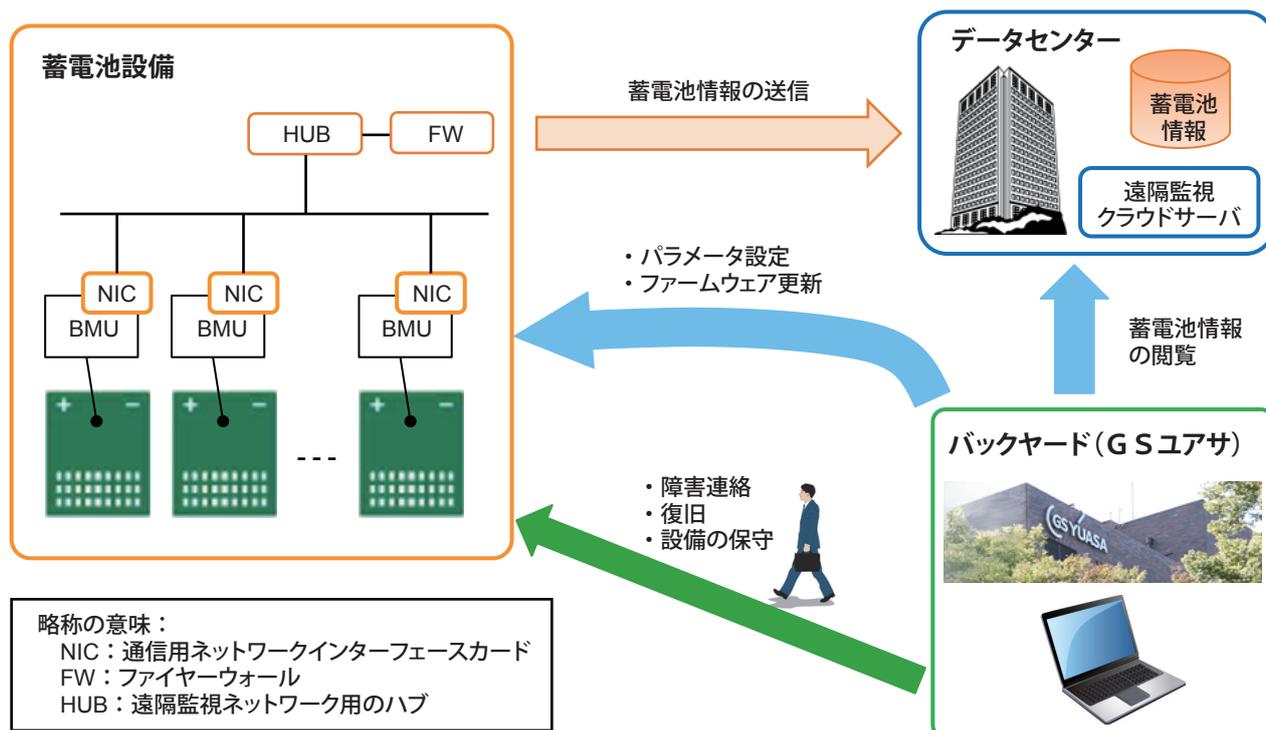


図7 遠隔監視システムの構成

Fig.7 Configuration of remote monitoring system.

採用し、レーザ溶接による封口により20年の使用に耐える構造耐久性を実現している。

5.2 CMUの長期信頼性

CMUはセル電圧やモジュール温度を計測する安全性担保のための重要コンポーネントである。LEPS-1-16に搭載しているCMUはつぎに示すアプローチにより長期信頼性を確保している。①長寿命・高信頼性部品の選定、②回路の二重化設計、フェールセーフ設計、③ディレーティングによる部品への負荷低減、④健全性担保のための自己診断機能搭載、⑤各種信頼性評価試験の実施。

また、高信頼性設計によって長寿命化したCMUであっても多くの電子部品を使用しているため、一定の確率で故障することは想定する必要がある。LEPS-1-16はCMUをモジュールの正面に配置し、特殊な工具なしで脱着できる構造とすることで、CMU故障時の迅速な交換を可能とした。

6 遠隔監視システム

大規模蓄電システムではトラブルの未然防止や異常発生時の復旧時間短縮のため、蓄電池の状態を遠隔からデータ収集・監視することが求められる³。

図7に当社が提供する遠隔監視システムの構成図を示す。遠隔監視システムはBMUの電池情報を中継して送信する通信デバイス（以降、NIC：Network Interface Card）と、NICからの情報を蓄積する遠隔監視クラウドサーバとで構成され、ネットワークを介してWebサーバにアクセスすることで収集したデータを閲覧することができる。

6.1 NICの役割

NICはBMUに接続され、セル電圧、モジュール温度、電流、警報などの電池情報をクラウドサーバに送信する。タブレット型の通信端末をもちいることで、電池設備のNICに直接アクセスして、電池データを閲覧することもできる。

6.2 クラウドサーバの役割と機能

クラウドサーバはNICで収集したデータを蓄積し、遠隔端末からのアクセスに応じてWeb画面を提示する。図8に顧客向けWeb画面を示す。階層別の展開表示が可能で、膨大な数のセルから構成される大規模蓄電システムであっても、全体構成を把握しながら細部の状態を確認できるため、故障セルを容易に特定することができる。異常発生時には警報メールを配信する機能を有しており、トラブル時の復旧作業をサポートする。また、Web画面にてBMUやCMU、NICの

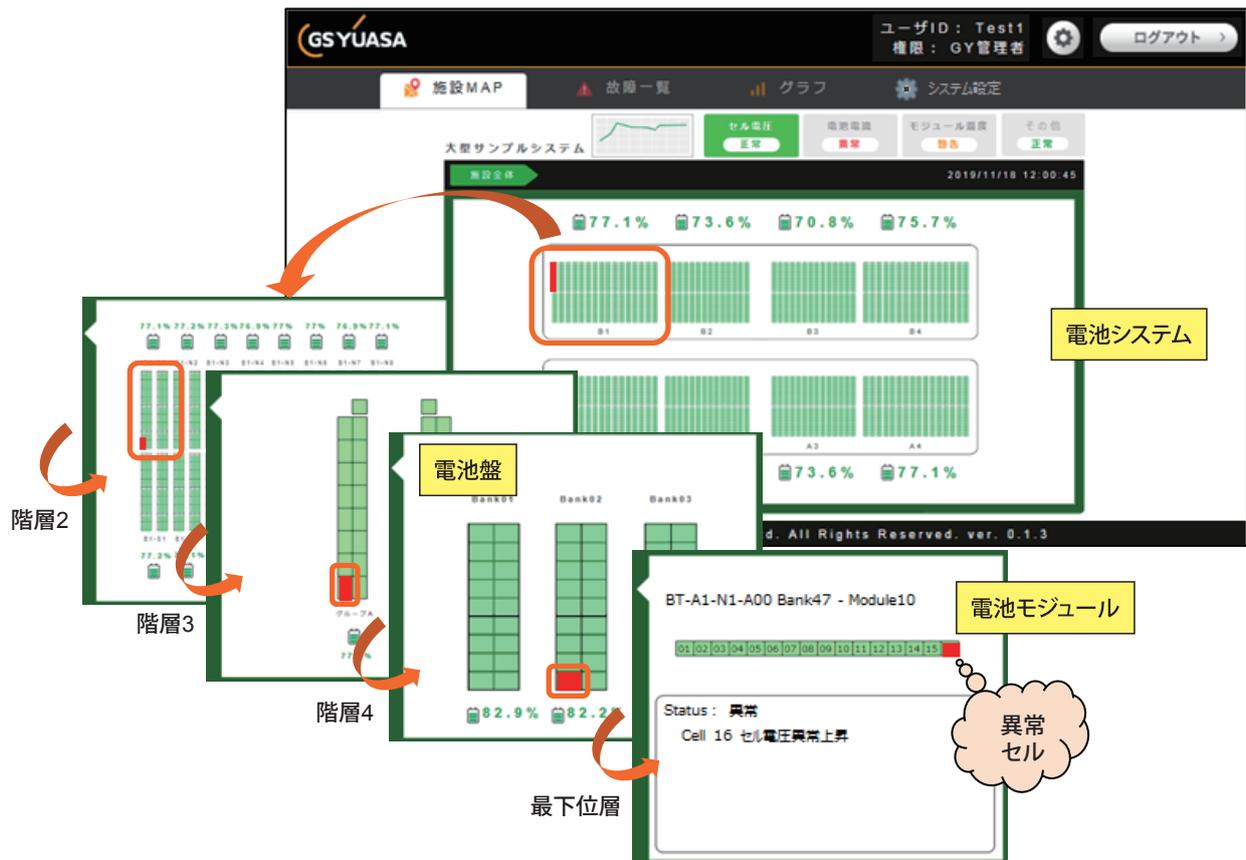


図8 遠隔監視モニタのWeb画面
Fig.8 Web screen of remote monitoring monitor.

ファームウェア更新および、各種設定値の更新・変更が可能のため、遠隔地にいながら電池設備の保守や予防保全が可能となる。

7 まとめ

大規模蓄電システムに搭載する、リチウムイオン電池モジュールLEPS-1-16をあらたに開発した。従来機種と比較して体積エネルギー密度が73%向上しており、寿命性能の改善とあわせて、電池設備を32%小型化することができた。さらに、当社の電池システムは高い安全性と長期信頼性および、遠隔監視システムによる優れた保守性を備えているため、大量の電池を使用する大規模蓄電システムに最適である。

再生可能エネルギーの普及と持続可能な社会の実現

に貢献するべく、今後さらなる性能向上、低コスト化を目指して、大規模蓄電システムの開発に取り組んでいく。

参考文献

1. 「長期エネルギー需給見通し 関連資料」資源エネルギー庁 2015年
2. News Release 「北海道豊富町に設置する世界最大規模の蓄電池設備を受注」2018年10月
3. GS Yuasa Technical Report 第16巻第1号 2019年6月.