

一般論文

関連するSDGs

離島、未電化地域のオフグリッドに対応した
直流配電システム向けエネルギー蓄電ユニットの開発DC Distribution System for Off Grid of Remote Islands
and Unelectrified Areas片元 優太
Katamoto Yuta
山口 俊夫
Yamaguchi Toshio野本 斗生
Nomoto Toui
高野 知宏
Takano Tomohiro

概要

近年、日本を含む欧米諸国では、環境意識の高まりにより、従来電源から再生可能エネルギー（以下、再エネ）電源への切り替えが進んでいる。その反面、地球規模では、SDGs目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」に掲げられているように、多くの未電化地域が存在し、これら地域では電化が求められている。当社では、離島・地域グリッドの再エネ比率の向上と電力の安定供給に貢献するSPSS^(*) (Smart Power Supply Systems) を進めており、今回、未電化地域の中でも離島沿岸部や熱帯地域などの環境において、局所的に電力を提供できるエネルギー蓄電ユニットを開発したので紹介する。

Synopsis

In recent years, Western countries including Japan, have been changing from conventional power sources to renewable energy sources due to increasing environmental awareness. However, on a global scale, there are many non-electrified areas which is required electrifying as stated in the SDG target 7 "Affordable and clean energy". We have been promoting the efforts of SPSS (Smart Power Supply Systems), which contributes to the improvement of the renewable energy sources ratio and stable supply of electricity in remote islands and regional grids. This time we have developed the Energy Charging Unit that can provide electricity in non-unelectrified areas such as coastal areas of remote islands and tropical regions locally. In this paper, we will introduce the outline of this unit.

■ 1. はじめに

近年、日本を含む欧米諸国では、環境意識の高まりから、従来電源から再エネ電源への切り替えが進む反面、地球規模では多くの未電化地域が存在し、これら地域では電化が求められている。

しかし、発電所の設立や送配電線の整備には、非常に大きな設備投資が要求されるとともに、局所電源として従来から用いられてきた発電機は、化石燃料価格の高騰が懸念され、これら未電化地域の電化対策にとっては逆境となっている。

さらに、地球温暖化による台風などの自然災害が激甚化しつつあり、未電化地域の中でも特に、自然災害

の影響を受けやすい離島の電化はその実施が困難となっている。

当社はこれまで、国内外の離島をはじめとした、電源供給に制限のある地域向けに、再エネによる電源ソリューションを提供してきた。このような地域では環境や電源事情など、その土地柄により再エネ電源の導入にはさまざまな障壁が存在している。

当社は、これまでの知見を踏まえ、このような地域での電力の安定供給に貢献すべく、エネルギー蓄電ユニット（以下、略称EC-Unit：Energy Charging Unit）を開発した。図1にてEC-Unitのコンセプトを示す。

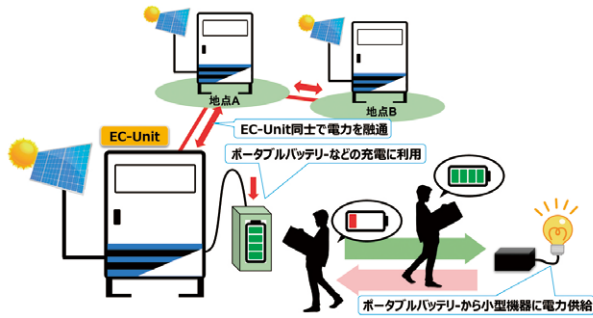


図1 EC-Unitのコンセプト

EC-Unitは、配電線が無い未電化地域での使用を想定し、太陽光発電の発電電力を、小型で可搬なポータブルバッテリーによって搬送できるシステム構成とした。さらに、EC-Unit間での電力融通機能を備えることにより、電力レジリエンスの強化を実現した。EC-Unitにより、未電化地域において、小型の家電製品の利用が可能となる環境が整備できる。

本稿では、今回開発したEC-Unitについて紹介する。

2. EC-Unitの概要

EC-Unitは、太陽光発電の発電電力を本体の蓄電池に蓄え、その電力を外部のポータブルバッテリーに充電して携帯電話や家電などの電源として提供する機能と、直流電力融通制御で電力が不足している別の地域へ電力を融通する機能を有している。

また、EC-Unitは熱帯地域や離島等沿岸部での使用を想定し、以下の課題に対する対策を施している。

- (1) 台風などの自然災害や塩害への対策
- (2) 小動物・害虫への対策
- (3) 高温環境による内部部品の短寿命化への対策
- (4) 納入後のサポートの困難さ（専門家が不在）

EC-Unitの外観を図2に、仕様を表1に示す。



図2 EC-Unit外観

表1 装置仕様

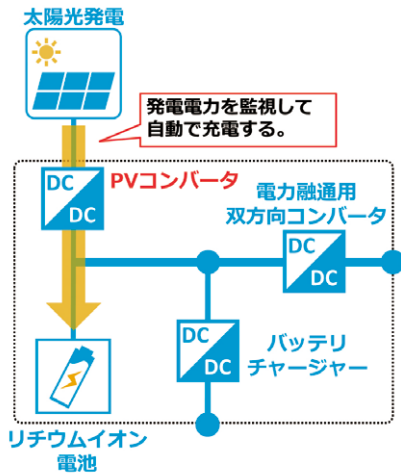
項目		仕様
太陽光発電 入力	入力電圧範囲	DC0~300V
	運転電圧範囲	DC100~300V
	最大入力電流	50A
バッテリー チャージャー	出力電圧範囲	DC8~20V
	最大出力電流	40A
	回路数	4チャンネル個別制御
電力融通用 DC入出力	最大入出力 電力	2.1kW
	出力電圧範囲	DC260~400V
	最大入出力電流	8.1A
リチウムイオン電池		4.2kWh (2.1kWモジュール×2並列)
周囲温度(使用状態)		0~40℃
保護等級		IP54
耐塩害		重耐塩
外形寸法		W870×H1478×D1100(mm)
質量		350kg

以下では、EC-Unitの機能のうち、基本となる太陽光発電電力の蓄電機能と、ポータブルバッテリーへの充電機能について説明する。

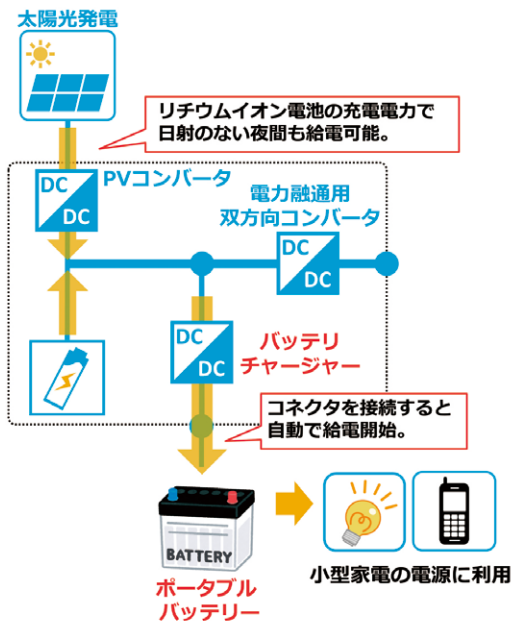
太陽光発電による直流電力を装置が検出すると、装置は自動で運転を開始し、PVコンバータのMPPT (Maximum Power Point Tracking) 制御^(注)により、太陽電池からの直流電力をできるだけ多く引き出してリチウムイオン電池に充電する(図3(a))。

(注) 日射変動で変化する太陽電池の発電電力が最も大きい最大電力点を追従し、効率良く電力を得る制御方式。

ここで蓄えられた電力は、バッテリーチャージャーによって、装置に接続されるポータブルバッテリーへ充電される(図3(b))。ポータブルバッテリーは充電コネクタをEC-Unitに接続することで自動的に充電される仕様となっている。接続口は計4カ所あり、4台同時に充電することが可能である。



(a) 太陽光発電電力の充電



(b) ポータブルバッテリーへの給電

図3 EC-Unitの内部回路構成と機能概要

以上、本章では、EC-Unitの概要とその基本機能について説明した。次章では、EC-Unitの特徴について説明する。

3. EC-Unitの特徴

3.1 ハイブリッドクーラーによる電池温度管理

EC-Unitは屋外設置できるよう、耐塩・小動物対策として、筐体の保護等級はIP54とし、超重防食仕様の密閉構造とした。密閉構造とした場合、内部機器の冷却に熱交換器やクーラーが必要となるが、EC-Unitは太陽光発電の発電電力のみでポータブルバッテリーに電力を供給し続ける必要があるため、冷却装置の省電力化が重要となる。これへの対応として、耐重塩害仕様の小型ハイブリッドクーラーを採用した。表2にハイブリッドクーラーの仕様を示す。コンプレッサーと沸騰冷却式熱交換器を併用しているため、消費電力は最大で240Wだが、熱交換器を優先して動作させることで、太陽光発電の発電電力量が少ない時には20W程度の小さい消費電力で盤内を冷却することができる。

表2 ハイブリッドクーラーの仕様

項目	仕様
冷却方式	コンプレッサー/沸騰冷却
定格消費電力	240W
定格冷却能力	約900~1100W
耐腐食性	耐重塩害仕様

EC-Unitでは、内部部品の交換周期を10年としているが、盤内温度が高い状態が続くと内部部品の寿命が短くなり、交換時期が早まってしまう。特に内蔵されるリチウムイオン電池は高価かつ高い安全性が求められるため、長寿命化の冷却設計は重要である。搭載するリチウムイオン電池が、目標とする交換周期10年を実現するためには、リチウムイオン電池の周囲温度を40℃以下(計算値)にする必要があるが、盤の自然放熱だけでは、高い気温や装置内部の電気機器の発熱で、盤内温度が各機器の仕様値以上に上昇してしまう。

クーラーの導入にあっては、EC-Unitが自然放熱の機器(リチウムイオン電池)とファン搭載の機器(電力変換器等)が混在するシステムとなるため、盤内部に均一に風を循環させることは難しく、熱だまり発生懸念があった。そこで、熱解析を実施し、最適な部材レイアウトを検討した。図4は、盤内の機器が最大定格で動作した状態での熱解析の一例を示す。

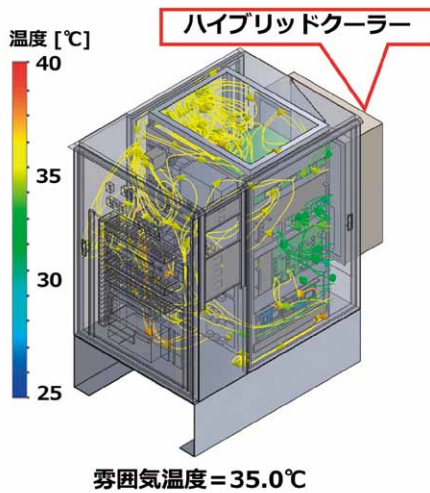


図4 熱解析一例

解析結果から、設計したレイアウトによって、ハイブリッドクーラーより送り込まれる冷風が、盤内部をスムーズに循環していることがわかる。

図5は、EC-Unitを実際に最大定格で約180分連続動作させたときの盤内機器温度の変化である。この時の、ハイブリッドクーラーの吐き出し口での設定温度は25°Cである。吐き出し口での温度は、EC-Unitが動作を開始してから約30分後に設定温度に達し、ハイブリッドクーラーは沸騰冷却に加えてコンプレッサーによる冷却を開始する。これにより、熱だまりを発生させることなく、機器温度を均一に冷却できていることがわかる。

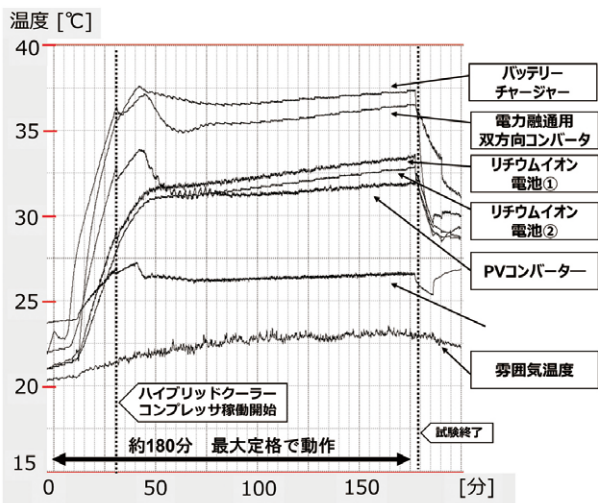


図5 盤内機器温度変化

3. 2 直流配電による電力融通機能(DC電力融通機能)

EC-Unitは、前章で示した機能の他に、他地点のEC-Unitと直流配電網を構築することで、双方向コンバータによって相互に電力融通する機能を持つ。

この機能により、太陽電池が故障して発電できなくなった地域や、電力が不足した地域等へ優先的に電力を融通することができる(図6)。

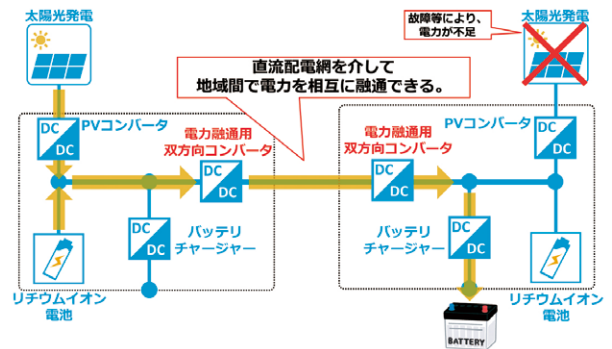


図6 EC-Unit間の直流電力融通

また、このDC電力融通機能を活用して、EC-Unitを並列接続して、設備容量の増設を行うこともできる。装置に求められる発電電力量は運用地域の規模によってさまざまであり、設置場所に応じて必要な設備容量は異なってくる。通常、容量増設のために設備を追加する場合、親機となる装置が、増設される蓄電池設備を子機として管理する必要があり、制御システムが複雑になってしまう。しかし、EC-Unitであれば、共通のユニットを並べて主回路配線するだけで、より大容量の蓄電池として動作させることが可能である。この機能の応用例として、EC-Unitを電話局/基地局のバックアップ電源とした構成を図7に示す。DC電力融通機能により、中央制御装置や通信設備を追加する必要はなく、設備変更にかかる設計工数も削減することができる。

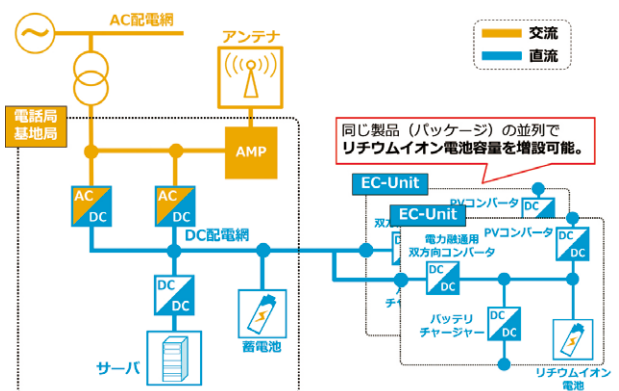
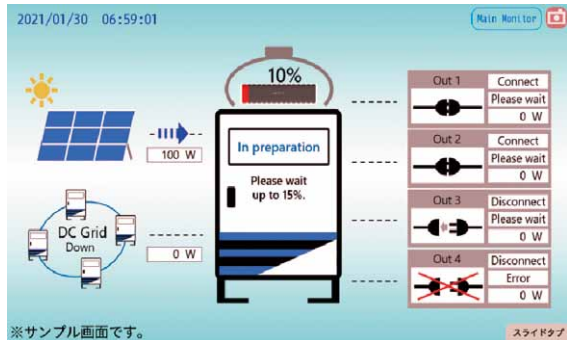


図7 基地局バックアップ電源への応用

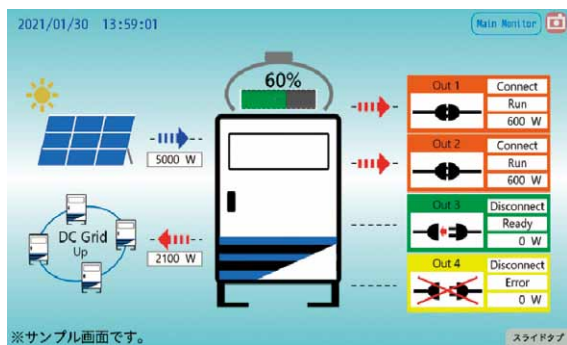
3. 3 使用者、管理者にやさしいマンマシンインターフェイスの実現

EC-Unitの使用者は、図8に示すような画面表示の案内を参考に、ポータブルバッテリーへの充電（コネクタ接続）作業以外は、操作をほとんど必要とせずEC-Unitを使用することが出来ることを目的として設計を行った。

このため、EC-Unitは、太陽光発電の開始により、制御電源を自動的に起動し、リチウムイオン電池の残量を使い切った場合は自動的にスリープモードに移行するといったように、起動から停止までの動作をすべて自動で管理することとした。



(a) リチウムイオン電池充電中（ch1,2が接続済み、ch3が接続可能、ch4は故障中の場合）



(b) 運転中（ch1,2が利用中、ch3が利用可能、ch4は故障中で、DC電力融通機能使用中の場合）

図8 タッチパネルの画面表示例

一方で、装置をしばらく使用しない時や非常に電力を確保しておきたい時は、満充電になった蓄電池を開路して充電状態を長期間維持する節電運転も可能であり、現地の利用条件やスケジュールに合わせて、切り替えて運用することもできる。

また、管理者が遠隔地での運用やトラブルに対応できるように、リモート制御機能を実装している。本機能は、有償オプションの通信ユニットを追加することで、インターネット経由でEC-Unitへアクセスすることが可能となる機能である。管理者は遠隔地から動作ログをダウンロードできるようになる。

また、故障発生時は、現地利用者と同じ表示画面を見ながら、対応のサポートや強制停止などの遠隔操作を行うことが可能である（図9）。

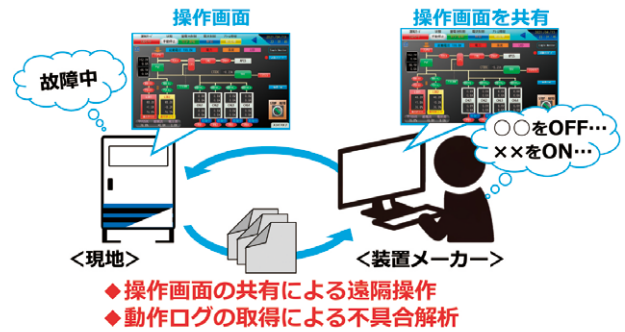


図9 リモート機能

今後は、リモート制御機能の他に、オプションでカメラを接続して、故障時の遠隔サポートに利用できるようにする機能を追加する予定である。

4. あとがき

本稿では、離島沿岸部や熱帯地域などの環境にてできるエネルギー蓄電ユニットEC-Unitの開発とその特徴について紹介した。これは当社が提案しているスマート電力供給システムSPSS（Smart Power Supply Systems）の一部を構成するものである。このEC-Unitは、沿岸部や熱帯地域以外でも環境を問わず使用可能であり、激甚化する自然災害への対策機器としても使用可能であると考えられる。

今後は、EC-Unitの特徴を活かして、自治体の防災拠点などで停電時にスマートフォンなどの小型機器を充電する緊急電源や、無線基地局のバックアップ電源としても利用できるように用途展開を目指し、検討を進める所存である。

参考文献

- (1) 村井 他：「離島グリッドにおける再生エネルギー導入比率拡大に向けた系統安定化技術」,日新電機技報,Vol.59 No.2,pp.44-50(2014.10)
- (2) 藤原 他：「持続的な成長を支えるスマート電力供給システム（SPSS）」,日新電機技報,Vol.66 No.2,pp.46-59(2021.11)

(*) 「SPSS」は、日新電機(株)の登録商標です。

執筆者紹介



片元 優太 Katamoto Yuta
研究開発本部 技術開発推進センター
機器開発グループ



野本 斗生 Nomoto Toui
研究開発本部 技術開発推進センター
機器開発グループ



山口 俊夫 Yamaguchi Toshio
電力・環境システム事業本部
システム装置事業部 開発部
新エネルギーグループ



高野 知宏 Takano Tomohiro
研究開発本部 技術開発推進センター 主幹