

カーボンニュートラル実現に向けた GS ユアサ V2X エネルギーソリューション 「EVOX システム」の開発

Development of “EVOX System” as a self consumption type V2X energy solution for achieving carbon neutrality

横山 昌央* 遠藤 浩輝* 垣内 峻* 林 健太郎*
中村 亨* 佐藤 大輔* 西山 泰義* 村田 憲保*
栗坂 昌克* 竹原 俊之* 内堀 富勝* 松島 均*

Masao Yokoyama Hiroaki Endo Shun Kakiuchi Kentaro Hayashi
Toru Nakamura Daisuke Sato Yasuyoshi Nishiyama Noriyasu Murata
Masakatsu Kurisaka Toshiyuki Takehara Tomikatsu Uchihori Hitoshi Matsushima

Abstract

We have developed the "EVOX system" as a self-consumption type V2X energy solution that combines a PCS for photovoltaic power generation, a LIB for power storage, and a charger / discharger for EV, which were previously sold for each device. In this system, the three key technologies "renewable energy", "storage", and "electricity" that are important for achieving carbon neutrality are handled by the PCS for photovoltaic power generation, the LIB for power storage, and the charger / discharger for EV, respectively. It is a system that reduces the environmental load in normal times and also contributes to improving disaster prevention functions and strengthening BCP in an emergency.

Key words : V2X, EV, carbon neutrality, BCP

1 まえがき

2020年10月、政府は二酸化炭素などの地球温暖化につながる温室効果ガス排出量を2050年に実質ゼロにする「カーボンニュートラル」の目標を掲げた。

* 産業電池電源事業部 電源システム生産本部
開発部

目標達成に向けて策定した「グリーン成長戦略」で、自動車分野では遅くとも2030年台半ばまでに、乗用車（新車）の販売を全て電気自動車やハイブリッド自動車などの電動車に転換する目標が設定された¹⁾。住宅や建造物では、2030年までに新築住宅や建造物の平均でCO₂排出量を実質ゼロにする目標も設定されている¹⁾。2012年から地球温暖化対策や国土強靱化対策として、主に避難所や防災拠点となる文教施設、

福祉施設、行政施設に自家消費型の太陽光発電や定置用蓄電池を組み合わせた自立・分散型エネルギーシステムの導入も進められている。近年ではSDGsやESG投資、BCP対策などを背景に、事務所・店舗・物流倉庫・工場・共同住宅などの民間施設にも導入が拡大している。

上記のように、社会全体の脱炭素化実現に向けて、産業・運輸・民生の各部門では電化が加速している。そのために、エネルギー源となる電力部門の脱炭素化が進められる構図となる。再生可能エネルギー拡大に向けて調整力不足（石炭火力発電所の休廃止問題）への対策が課題となり、その1つとして、再生可能エネルギーの割合が高まる電力部門を、交通部門や熱部門などの他の消費分野と連系・融合させる「セクターカップリング」が注目されている。太陽光発電や定置用蓄電池を用いた分散型電源と、交通部門を連携するシステムとして「V2X*システム」があり、カーボンニュートラルの実現のために必要不可欠とされている「再エネ」「蓄電」「電化」を具現化できるシステムである。

当社では、2019年にV2X双方向充電器「VOXSTAR」²⁾を開発し、ダイヘン製のV2Xシステムに採用された。さらに、2020年には蓄電池併設型太陽光発電用パワーコンディショナ「三相ラインバックマイスター」³⁾を製品化したことで、カーボンニュートラルの実現に向けて必要となる3つのキーテクノ

ロジー「再エネ（太陽電池）」、「蓄電（蓄電池）」、「電化（電気自動車）」が揃い、「EVOXシステム」の開発が可能となった。

本報告では、オールGSユアサで構成するV2Xソリューション「EVOXシステム」の製品概要について述べる。

2 EVOXシステムの概要

EVOXシステムの回路構成を図1に示す。「EVOXシステム」は、定置用蓄電池対を搭載したパワーコンディショナ（以下：PCS）と電気自動車（以下：EV/PHEV）用双方向充電器（以下：EVPS）で構成され、商用系統とPCS自立出力との切換回路を介して接続する構成となっている。PCSには太陽電池も接続可能であり、EV/PHEV充電時には切換回路の商用系統の受電端に具備された受電電力監視装置により商用系統からの受電電力を抑制することで、太陽電池で発電した再生可能エネルギーをEV/PHEVに充電することで、走行時のCO₂排出量をゼロにする「ゼロエミッション・モビリティ」を実現する。また、太陽電池電力が小さい場合には定置用蓄電池からEV/PHEVの充電をアシストして受電電力を抑制し、ピー

* V2X : Vehicle to Everything

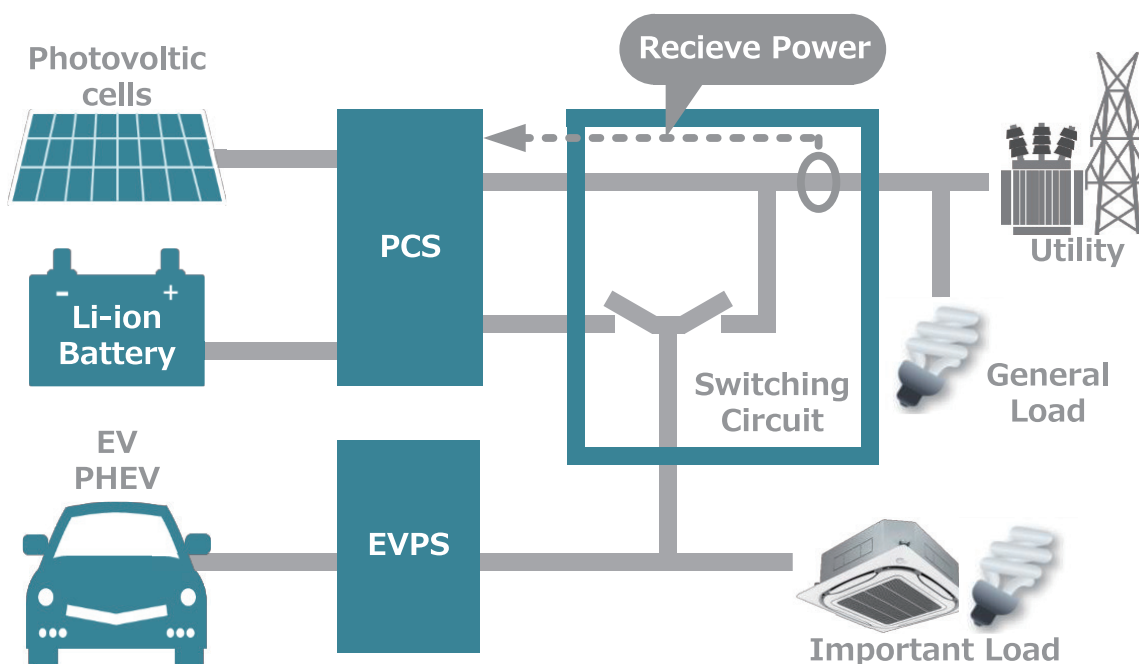


図1 EVOXシステムの構成
Fig 1 Configuration diagram of EVOX System.

クデマンドを削減することも可能となる。

停電発生時には切換回路が自動で切り換わり、重要負荷とともに EVPS も商用系統から切り離し、PCS の自立運転により動作可能な構成としている。このとき、EV の蓄電池も利用することができ、太陽電池、定置用蓄電池、EV の3つの電源を利用して長時間停電時においても重要負荷への電力供給が可能となっており、レジリエンス機能の向上や施設のBCP強化、地域の防災・減災に貢献することができる。EV の電気が無くなれば、別のEVを接続することで電力供給を継続でき、別の充電ステーションで充電して戻ってくることもできることからEVを単なる乗り物ではなく‘動く電池’として活用できるため、BCPに適したシステムとなる。

EVOXシステムには、太陽電池、定置用蓄電池、EVの3つの電源があり、停電発生時には電源の利用優先度を切り替えることによってEVOXシステムの動作を変更することができ、EVの用途や想定するBCP対策に応じてシステムを最適化することができる。EVOXシステムでは電源優先度の観点から「停電時PV優先モード」「停電時EV優先モード」「停電時EV充電モード」の3つのモードを設けた。以下に、

各動作モードについて説明する。

2.1 停電時PV優先モード

「停電時PV優先モード」は、再生可能エネルギーである太陽光の発電分を重要負荷に優先的に利用し、太陽電池の発電余剰分は定置用蓄電池に充電する動作モードである。太陽電池が発電不足の場合にはEV / PHEVから放電することにより、定置用蓄電池からの放電を最小化する。さらに、太陽電池の発電電力が一定値以下となると、EV / PHEVからの放電電力を増加させ、負荷供給で余った分は定置用蓄電池に充電することができ、自立運転の持続性を向上させる。太陽電池の発電が重要負荷より大きい発電余剰時にはEV / PHEVを利用しないため、EV / PHEVも枯渇することなく長期間接続することが可能となる。図2に停電時PV優先モードにおける、太陽電池発電なし、太陽電池発電不足時、太陽電池発電余剰時の電力フローを示す。

2.2 停電時EV優先モード

「停電時EV優先モード」は、EV / PHEVからの放電電力最大値にて放電させて重要負荷に利用し、かつ、定置用蓄電池に充電する動作モードである。太陽電池が発電している場合は、その発電分全てを定置用

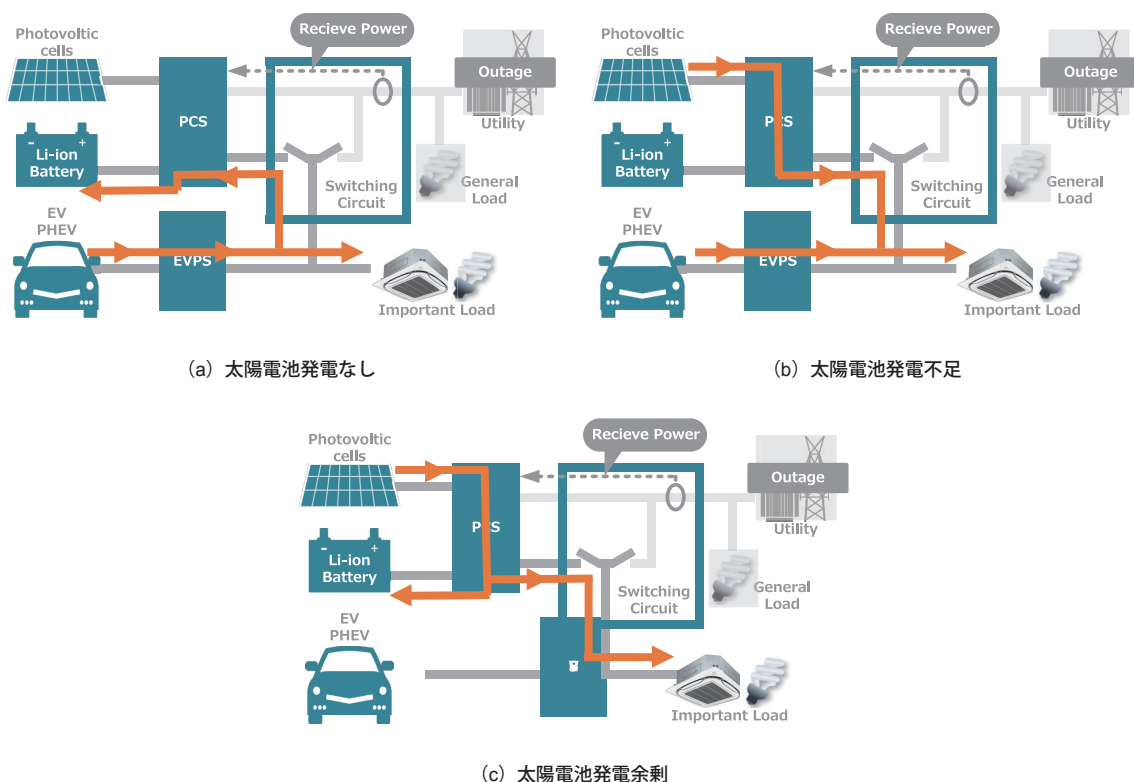


図2 停電時PV優先モードの電力フロー

Fig 2 Power flow of actively using photovoltaic power generation mode in case of power outage.

蓄電池に充電するため、言い換えれば、定置用蓄電池への充電を優先するモードである。PCSの自立運転の持続時間は定置用蓄電池の充電状態に依存するため、定置用蓄電池を複数バンク構成とし使用可能なEV/PHEVを複数台用意することで、次々とEV/PHEVを接続して定置用蓄電池に充電し災害に備えることが可能となる。また、EV/PHEVからの出力を超える負荷電力が接続された場合は、EV優先であっても太陽電池発電および定置用蓄電池からの供給も可能である。図3に停電時EV優先モードにおける、太陽電池発電なし、太陽電池発電不足時、太陽電池発電余剰時の電力フローを示す。

2.3 停電時EV充電モード

「停電時EV充電モード」は停電時においても、EV/PHEVを充電電力最大値にて運転させることで、太陽電池、定置用蓄電池から充電することができる動作モードである。BCP対策ではなく、災害時の派遣用EV/PHEVの充電ステーション用途に適している。図4に停電時EV充電モードにおける、太陽電池発電なし、太陽電池発電不足時、太陽電池発電余剰時の電力フローを示す。

3 EVOXシステムの構築

EVOXシステムの構成機器を表1に示す。三相ラインバックマイスター（以下、三相マイスター）は、系統と自立の自動切換回路と受電電力検出装置を内蔵した三相3線の自立運転出力可能な蓄電池併設型の太陽光発電用パワーコンディショナであり、停電時にポンプやエレベータなどの三相負荷をバックアップすることを可能とした機器である。VOXSTARはV2H認証を取得したEVPSであり、EV/PHEV車両への充放電を可能とした機器である。これらの機器には独自の通信プロトコルを搭載しており、機器間の情報を集約するための上位コントローラとして、ネットワークカード（以下NIC）⁴⁾を採用した。NICは当社が開発したイーサネットインターフェイス機器であり、三相

表1 EVOXシステム構成機器
Table 1 Used own products for "EVOX System".

機器	製品名称
PCS	三相ラインバックマイスター
EVPS	VOXSTAR
定置用蓄電池	LIM50EL
機器間I/F	ネットワークカード（NIC）

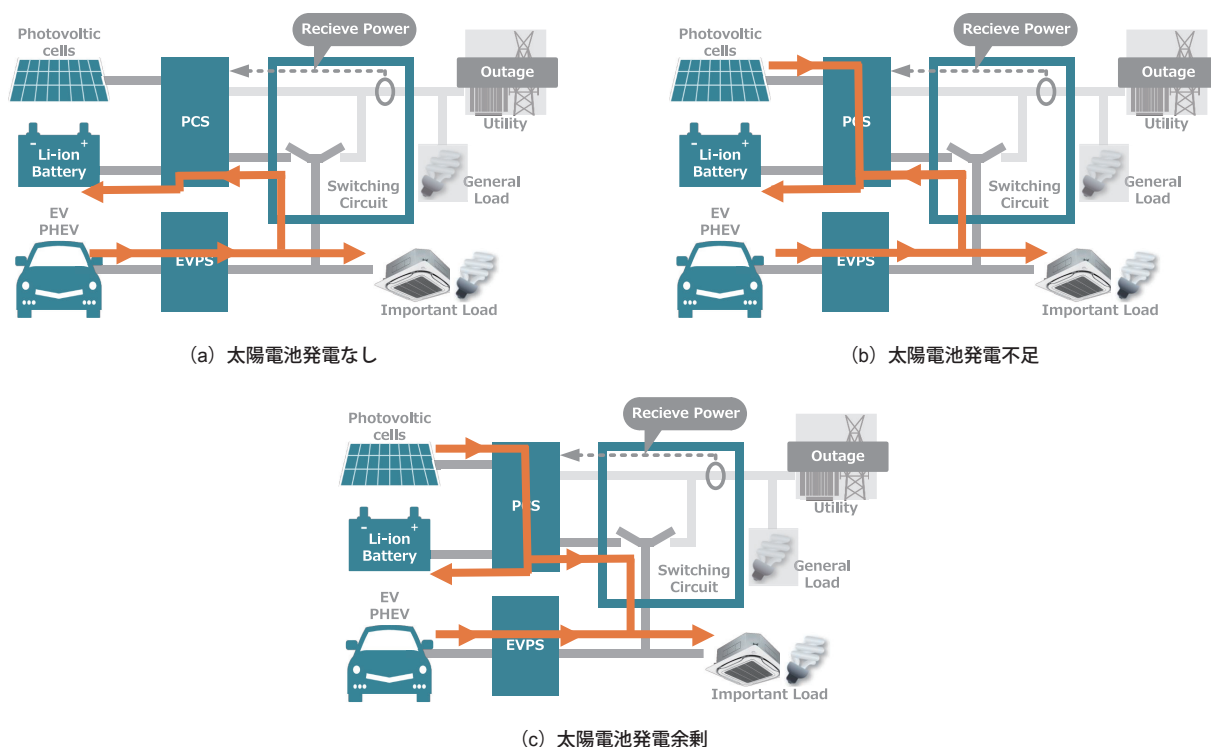


図3 停電時EV優先モードの電力フロー

Fig 3 Power flow of actively using power from Electric Vehicle mode in case of power outage.

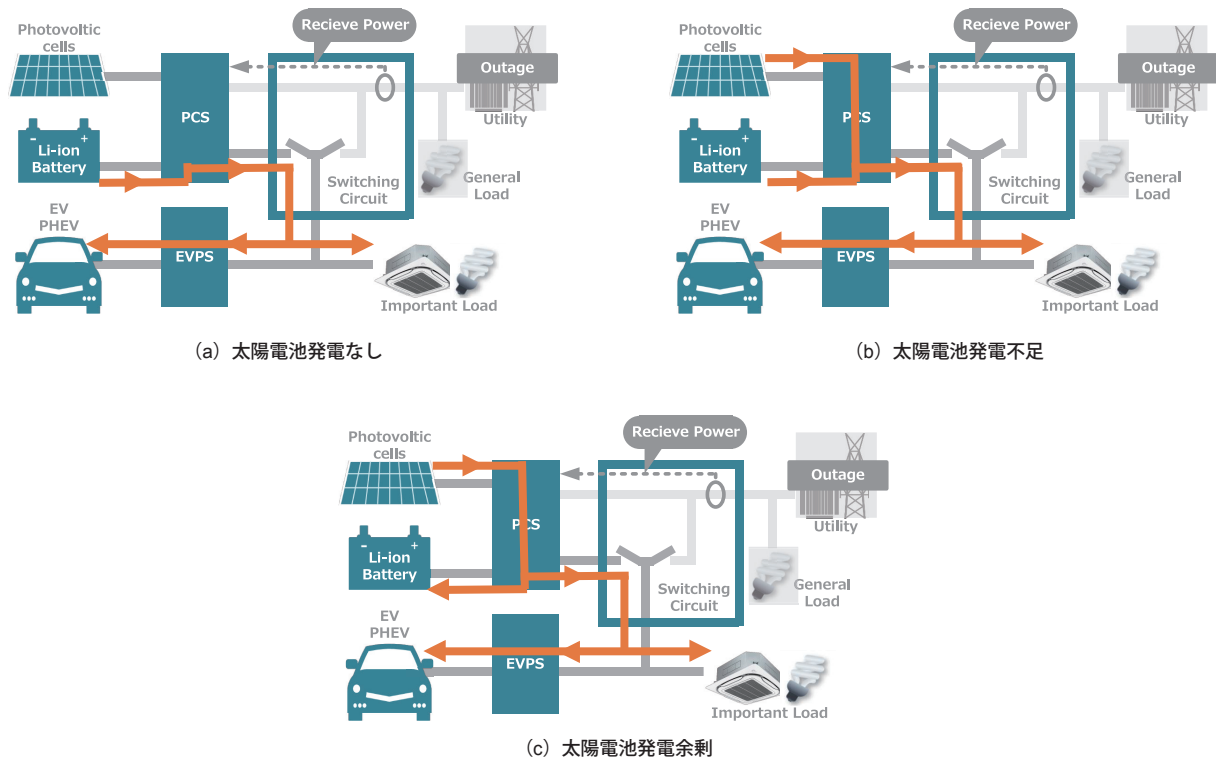


図4 停電時EV充電モードの電力フロー
 Fig 4 Power flow of Electric Vehicle Charging mode in case of power outage.

マイスターとVOXSTARのどちらにも内蔵することができる。定置用蓄電池としては、産業用リチウムイオン電池LIM50EL⁵⁾を搭載し、これらを組合せることで、EVOXシステムを構成している。図5に、表1の機器で構成するEVOXシステムの回路構成を示す。なお、重要負荷の最大容量はEV/PHEVがへの最大充電量10kWを考慮して、10kVAとしている。

図5に示すように、三相マイスターに内蔵したNICにて、太陽電池電力や蓄電池電力など各種情報を取得し、VOXSTARへの充放電の制御指令値を算出し、VOXSTARに内蔵したNICに指定値を送信している。また、NICにはWebブラウザによる表示機能も有しており、システムの稼働状態を一目で確認することができる。以下、指令値制御方法と表示内容について述べる。

3.1 制御方法

EVOXシステムでは、制御指令値を算出しVOXSTARの充放電電力を操作することで、前述した動作モードを実現している。各動作モードにおける制御指令値Y(正:EVから放電)の算出式を式(1)~(4)に示す。式(1)と式(3)で示す($P_{PCS} + P_{EV}$)は重要負荷電力を意味している。停電時PV優先モードにおいては、重要負荷電力に対する太陽電池電力の不足分

(式(1))と、太陽電池低出力時のEVの放電電力(式(2))の大きい方を採用する制御式とした、これにより、太陽電池発電時はEVの放電電力を抑制しつつも、太陽電池の発電電力が小さくなれば重要負荷分の出力を超えて、定置用蓄電池への充電を可能とした。停電時EV優先モードにおいては、重要負荷電力に定置用蓄電池の充電上限電力に対する余裕分を加算する制御式としている(式(3))。これにより、EVから重要負荷に供給しつつも、定置用蓄電池への充電が可能となることに加え、太陽電池電力のみで充電上限電力に達している場合は、EVPSの交流出力電力を重要負荷電力までに抑え、機器の上限保護も同時に行っている。停電時EV充電モードは、EVへの指令値を充電最大値である10kW充電に設定するシンプルな制御とした(式(4))。なお、 P_{PV} は太陽電池発電電力、 P_{PCS} はPCS交流出力電力、 P_{EV} はEVの放電電力、 P_{CHG_MAX} は定置用蓄電池充電上限電力である。

(停電時PV優先モード)

$$y_a = (P_{PCS} + P_{EV}) - P_{PV} \quad \dots(1)$$

$$y_b = -9.9 \times P_{PV} + 9.9 \quad \dots(2)$$

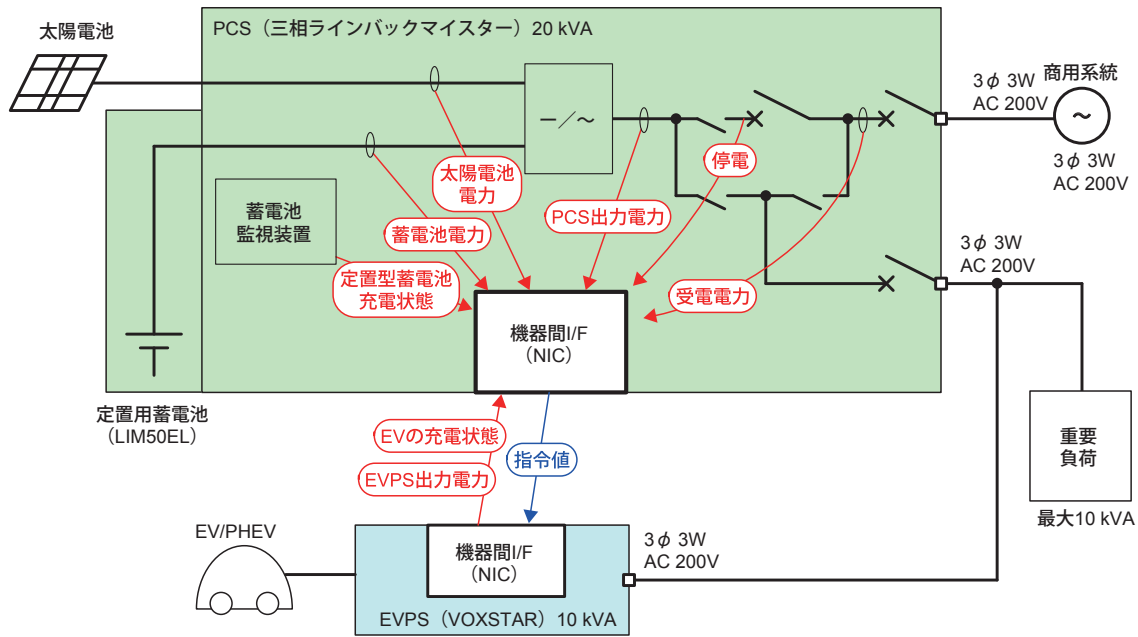


図5 EVOX システム回路構成
Fig 5 “EVOX System” circuit configuration.

Y は y_a と y_b の大きい方 $(0 \leq Y \leq 9.9)$

(停電時 EV 優先モード)

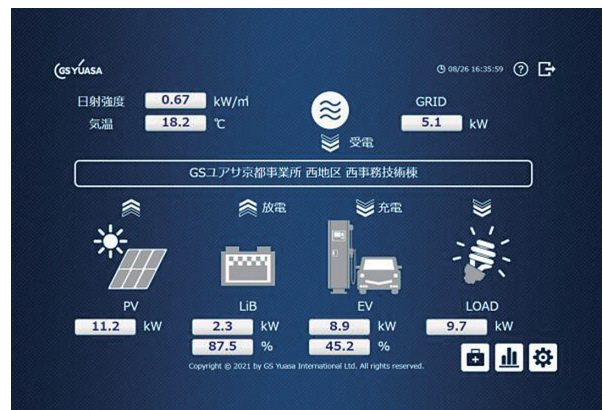
$$Y = (P_{PCS} + P_{EV}) + (P_{CHG_MAX} - P_{PV}) \quad (0 \leq Y \leq 9.9) \quad \dots(3)$$

(停電時 EV 充電モード)

$$Y = -10 \quad (-10 \leq Y \leq 0) \quad \dots(4)$$

3.2 表示内容

EVOX システムでは、NIC によりシステム全体の稼働状況の見える化にも対応できるように設計した。図 6 に EVOX システムの表示画面を示す。同一のローカルエリア内であれば Web ブラウザにより表示可能であり、図 6(a) に示すホーム画面では、EVOX システムの構成機器や負荷の稼働状況、システム内の電力の流れを一目で確認できる画面構成としている。さらに、図 6(b) に示すグラフ表示画面では、一日の発電電力量や定置用蓄電池、EV / PHEV の充放電電力量などの電力量使用状況を棒グラフで示すことに加え、ひと月分を一画面で表示することとした。これにより、曜日や天候による電力使用状況の実態を把握できるため、電力需要が高くなる時期を見定めて、EV / PHEV への充電タイミングや定置用蓄電池の充電量を確保する運用の提案材料にするなど、将来的な「コト



(a) ホーム画面 (例)



(b) 月次電力トレンドグラフ (例)

図6 EVOX システム表示画面
Fig 6 Display of EVOX SYSTEM.

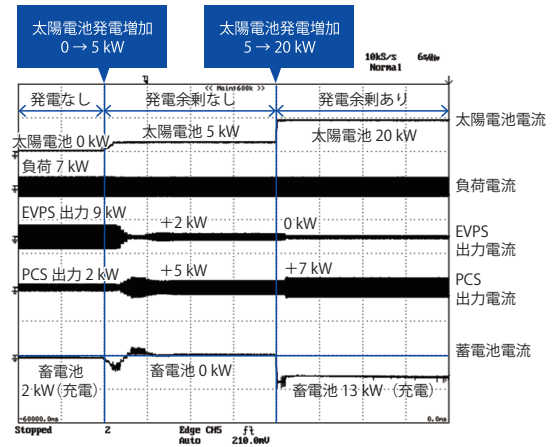
づくり」への展開にも繋げることが可能となる。

4 動作特性と実証試験

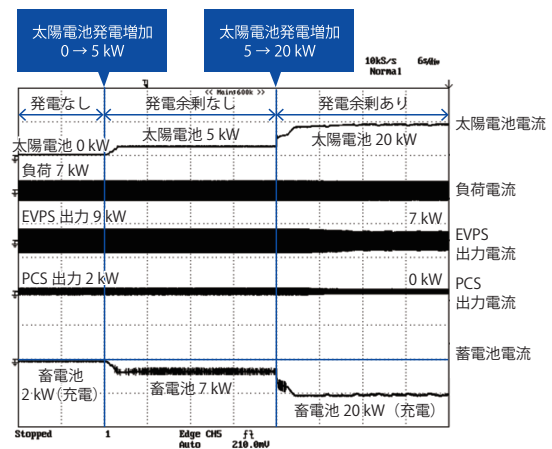
EVOX システムの停電時における各モードの動作波形を図 7(a) ~ (c) に示す。いずれの波形も、負荷は 7 kW 一定の条件で、太陽電池を 0 kW（太陽電池発電なし）から 5 kW（太陽電池発電余剰なし）へ変化させた場合、および、5 kW（太陽電池発電余剰なし）から 20 kW（太陽電池発電余剰あり）へ変化させた場合における EVPS の指令結果（充放電状態）と定置用蓄電池への充放電状態を示している。図 7(a) は停電時 PV 優先モードであり、太陽電池が 5 kW 発電することで EVPS の交流出力電力が 9 kW から 2 kW に低下し、蓄電池電力は充放電ゼロとなった。太陽電池を 20 kW 発電に変化させ 13 kW の余剰を発生させた状態では、その余剰分全てを定置用蓄電池へ充電していることが確認できる。これにより、太陽電池の電力を優先的に負荷へ供給する動作と、太陽電池の発電不足時は EVPS から負荷へ電力を供給する動作を確認できた。図 7(b) は停電時 EV 優先モードであり、太陽電池が発電しても EVPS からの出力は変わらず優先的に負荷供給に利用していることが確認できる。太陽電池の発電電力を 20 kW 発電に変化させた場合は太陽電池の発電分で定置用蓄電池を充電し、定置用蓄電池の充電が最大に達すると、EVPS 出力電力が負荷電力値まで低下し PCS への電力がゼロとなることが確認できる。これにより、機器の上限保護も正常に動作していることが確認できた。図 7(c) は停電時 EV 充電モードである。太陽電池の発電状態によらず EVPS の電力は充電 10 kW 一定となっていることが確認できた。

5 まとめ

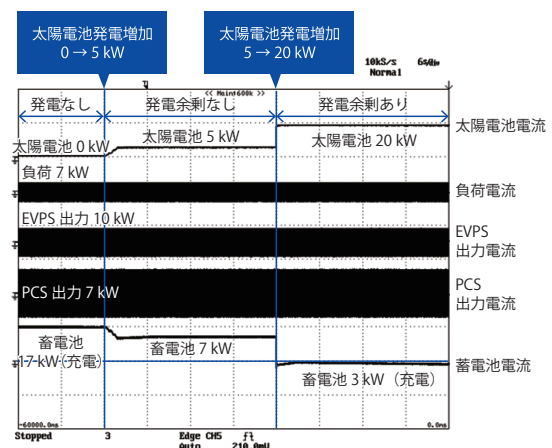
本稿では V2X ソリューション「EVOX システム」について紹介した。太陽電池電力と負荷電力の大小関係において、いずれの動作モードでも仕様通りの電力フローとなることを確認できた。EVOX システムは内蔵するネットワークカードにより全自動で各種用途に適した動作が可能となるが、今後は、お客様にて準備された EMS（エネルギーマネジメント）機器とのカップリングシステムや、既設の蓄電池併設型太陽光発電システムにも追加できるような商品にブラッシュアップしていく予定である。当該システムはオール GS ユアサで構成していることから、これまでの「モノづく



(a) 停電時PV優先モード



(b) 停電時EV優先モード



(c) 停電時EVモード

図 7 各モードによる動作波形

り」の販売形態に加えて、遠隔監視サービスやシステム全体の長期保証サービスなどの「コトづくり」へ展開することが可能となり、今後競合他社との差別化を図る付加価値の高い製品とするべく、さらなる改良を

続ける予定である。

参考文献

- 1) 内閣官房 HP「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/index.html>
- 2) 佐藤大輔, 栗坂昌克, 水川雄太, 林健太郎, 瀬戸康太, 西山泰義, 吉岡佑介, 長野友幸, 山下健史, 遠藤浩輝, 竹原俊之, 山下貴士, *GS Yuasa Technical Report*, **16** (2), 15 (2019).
- 3) 本郷真一, 栗坂昌克, 佐藤美澄, 山口明日輝, 横山昌央, 篠田雄作, 遠藤浩輝, *GS Yuasa Technical Report*, **18** (1), 9 (2020).
- 4) 今泉博文, 内堀富勝, 高坂幸雄, 北方伸明, *GS Yuasa Technical Report*, **11** (2), 36 (2014).
- 5) 新商品紹介, *GS Yuasa Technical Report*, **17** (1), 23 (2020).