

ハワイにおけるEVを活用した 島嶼域スマートグリッドモデル

平岡 貢一
Hiraoka Koichi

舩永 直
Masunaga Sunao

松延 豊
Matsunobu Yutaka

和島 直哉
Wajima Naoya

米国ハワイ州では、2030年に発電量の40%を再生可能エネルギーに置き換える目標を立て、風力発電や太陽光発電などの導入を進めている。これに対応し、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の主導の下、ハワイ州のマウイ島においてスマートグリッド実証事業を行っている。これは、EVを用いて、再生可能エネルギーの出力変動に伴う電力供給の安定化という課

題を解決するものである。

日立グループは、このプロジェクトにおいて、EV充電を制御するEVエネルギーコントロールセンターを導入し、2013年12月に運転を開始した。現在、先進的要素技術として、EVを分散型発電システムに見立てたVPPの開発を進めている。

1. はじめに

地球環境問題の高まりを背景に、低炭素社会への移行をめざしたスマートコミュニティやスマートグリッドが、現在世界中でさまざまな形で実証されている。その中でも米国ハワイ州では、2030年に発電量の40%を再生可能エネルギー（RE：Renewable Energy）に置き換える目標を立て、風力発電や太陽光発電などの導入が進んでいる。

ハワイ州のマウイ島におけるスマートグリッド実証事業（正式名称：Japan-U.S. Island Grid Project、プロジェクト呼称：JUMPSmartMaui）は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、日立製作所、株式会社みずほ銀行、株式会社サイバーディフェンス研究所が共同で取り組んでいるものであり、2013年12月に実証サイトの運転を開始した。

ここでは、ハワイにおける日米スマートグリッド実証プロジェクトで日立が担当する実証項目のうち、EV（Electric Vehicle）を活用した島嶼（しよ）域スマートグリッドモデルの概要、実証開始後に蓄積したデータを解析した結果の一部、および、今後期待されるエンハンス技術について述べる。

2. システムの概要

このプロジェクトでは、交通の流れや住宅、オフィス街、

観光地との距離に基づく分析を踏まえて、EV急速充電器をマウイ島内5か所に設置し、さらに15か所を増設し、EV利用の快適性を向上して普及の促進を図る。また、このEVを蓄電池として、再生可能エネルギーが大量導入された電力システムの安定化と余剰電力の吸収に用い、化石燃料のみに依存しない島嶼域のエネルギーインフラ構築を実現する。

プロジェクトの概要を図1に示す。

このプロジェクトでは、EV急速充電器を配置するだけでなく、家庭用機器（EV普通充電器、給湯器、太陽光発電機）、大型系統蓄電池なども導入する。

このうち、本稿の対象となるEVECC（EV Energy Control Center）は、電力会社のコントロール室に設置された、統合DMS（Distributed Management System）（以下、iDMSと記す。）やマウイ電力の電力システムにおける全島レベルでの需給バランスを制御するEMS（Energy Management System）と情報連携しながら、島嶼域における統合的なエネルギー管理を実現する。

3. システム機能

3.1 EV充電器・EV充電管理システム

EVに関連して、複数台の同時利用や電力量低減のため充電出力制御が可能なEV充電管理ソリューションが必要

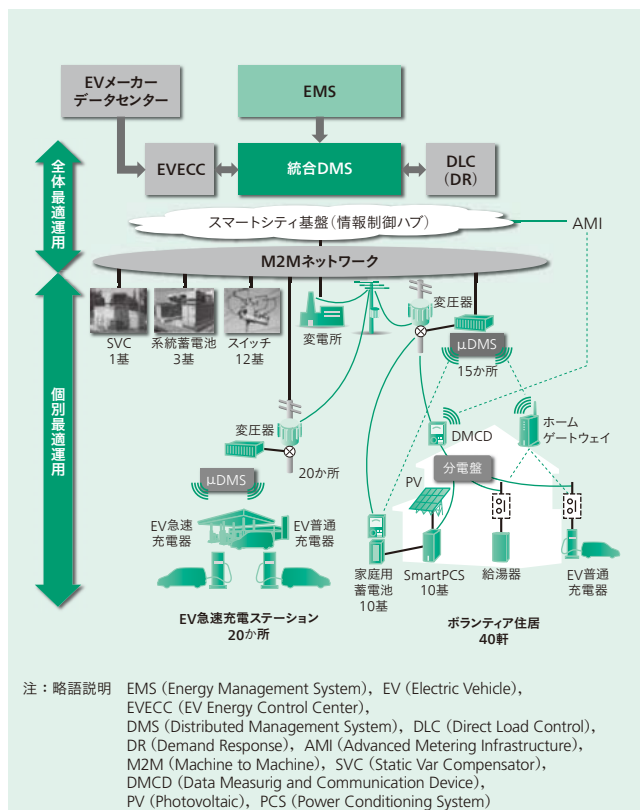


図1 スマートグリッド実証プロジェクトの概要

ハワイ州のマウイ島におけるスマートグリッド実証事業では、EV急速充電器を配置するだけでなく、家庭用機器、大型系統蓄電池なども導入する。

となる。

(1) EV急速充電器

日立は、マウイ島に適したEV急速充電器としてDLC (Direct Load Control) 機能に対応し、かつ既存の発電設備と協調可能な出力可変型の急速充電器と、それを支える充電マネジメントシステムを提供している。マウイ島における充電マネジメントシステムでは、1台から最大4台の拡張性を持たせたEV急速充電器を採用した。EVを同時に接続可能であり、また、接続順に基づいて充電開始順位を制御しながら、総出力60 kWを振り分け、充電が完了ししだい次のEV充電を開始する。

設置した急速充電ステーションの一例を図2に示す。



図2 急速充電ステーション

EV急速充電器は5サイトで稼働中である。

稼働中の5サイトのEV急速充電器は、以下に示すとおりユーザーの利用ケースに特徴を持つ。

- (a) サイトA：島内中心地域に位置する大型ショッピングセンターに設置
- (b) サイトB：中型ショッピングセンターに設置
- (c) サイトC：観光施設（水族館）付近に設置
- (d) サイトD：観光施設（植物園）付近に設置
- (e) サイトE：ホテルに設置

このようなEV急速充電器で広範囲に対応するため、交通の流れや住居、オフィス街、観光地との距離に基づく分析を踏まえ、マウイ島内5か所に設置し、さらに15か所の増設を計画している。

(2) EV充電管理システム

M2M (Machine to Machine) ネットワークを通じて充電器を統合管理する充電管理システムを用いて、充電器の稼働状況情報を収集し、EVの利用者にWeb画面で情報を提供する機能を有している。また、会員認証を行う仕組みをIT (Information Technology) の活用によって実現している。そのため、ユーザーは、Web画面から各サイトの使用・メンテナンス状況を把握し、充電に適したタイミングで実行することができる。

3.2 EVエネルギーマネジメント

EVECCは、余剰電力の有効活用を目的として、家庭用普通充電の開始時間の計画機能を持つ。iDMSからは電力系統の需給バランス情報を、EVメーカーのデータセンターからは蓄電池残量情報であるSOC (State of Charge) をそれぞれ取得し、系統情報と連携した充電制御によるEVエネルギーマネジメントを行う。

電力需要バランスのロードシフトに関する実施例を図3に示す。まず、iDMSが電力会社のコントロールセンターのEMSから、再生可能エネルギーを含む電力の供給と需要のバランスの情報を入手し、余剰電力が発生する時間帯の予測スケジュールを作成する。次に、iDMSとEVECC

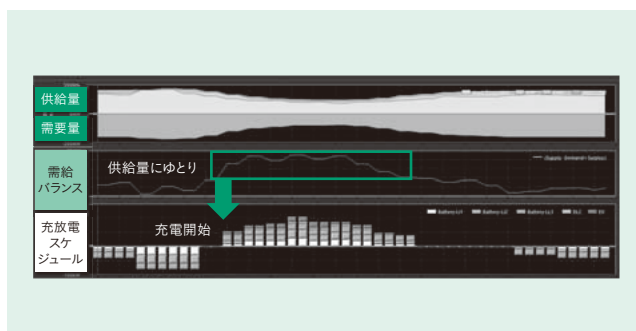


図3 ロードシフトの実施例

電力供給量にゆとりがある時間帯に充電が開始されるようにスケジュールを作成する。

で需給バランスとEV充電スケジュールをやり取りし、EVECCが充電スケジュールを再計画する。最後に、EVECCがEV充電開始時刻を制御し、余剰電力を吸収する。

3.3 系統安定化

低圧変圧器に設置されたμDMSは、低圧系統の電圧を監視している。太陽光発電機からの逆潮流による電圧上昇や、複数台のEVの一斉充電による過負荷などの異常を検出した場合、初期応答としてSmartPCS(Power Conditioning System)に無効電力制御の調整指示をしたり、EV充電の負荷遮断によって電圧逸脱を回避したりすることにより、柱上トランスを保護する。

iDMSは、再生可能エネルギーの出力変動によって発生する配電系統の変動を監視している。この実証においてグリッド内に併せて設置したセンサーから配電系統の需給バランスを監視し、緊急時にはDLCによって需要家側の機器の給湯器やEV普通充電器の負荷を遮断し、需給バランスを確保する。

特に、DLCは系統周波数の安定化のための負荷遮断量の確保と、遮断による需要家の快適性悪化の回避が課題であり、以下の項目を制約条件とした。

- (1) 需給バランス確保のための過剰遮断の最小化
- (2) 制御長期化回避のための期限までの制御完了
- (3) 電力需要の抑制による需要家の快適性悪化の最小化

結果の不確実性に対応する遮断指令の複数回送信と、期限までの制御完了と遮断に伴う快適性悪化の最小化を実現する遮断機器の組み合わせ最適化により、需要家側の快適性を確保しながら電力系統を安定化する。

4. 実証内容

2013年12月の実証開始後、電力やEV急速充電器の利用データを取得し始めている。ここでは、現時点での取得データとその考察から、このシステムの有効性の見通しを述べる。

4.1 エネルギーマネジメント

急速充電ステーションの充電制御の結果について述べる。サイトAの急速充電ステーションの変圧器に設置しているμDMSで取得した電流データを近似したものを図4に示す。また、同日の充電ステーションにおけるEV急速充電器の使用状況を図5に示す。

図4における変圧器二次側負荷が高い時間帯において、図5で示すように急速充電器もよく使用されている。トランス過負荷が生じた際にEV急速充電器の出力を制限する

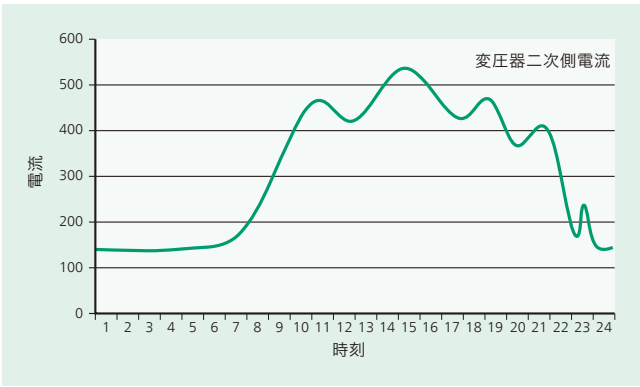


図4 μDMS取得データ

サイトAの急速充電ステーションの変圧器に設置しているμDMSで取得した電流データを近似したものを示す。

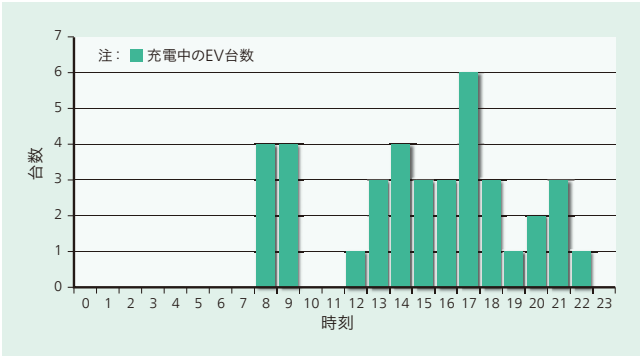


図5 EV急速充電器の使用状況

変圧器二次側負荷が高い時間帯において、急速充電器もよく使用されている。

ことで、他の負荷に影響を与えないような調整余力としても活用でき、電力系統の安定化に寄与できることが期待できる。

4.2 EV充電インフラ

EV急速充電ステーションの使用実績を示し、データから推察される今後の稼働予測について述べる。

運転開始している全5か所の今までの充電使用回数、総充電電力、および総充電時間を表1に示す。サイトAは、街中であり、ショッピングセンターであるため充電時間の有効活用が可能という点から、使用実績が多いと推察される。

また、全サイト分の時間帯別使用回数をグラフで図6に示す。日中、特に夕方(15時～17時)に多く使用されており、要因の1つとして、マウイ島の住民の生活習慣により、仕事からの帰宅時間帯の利用が多いことが推測される。

表1 急速充電ステーション使用実績

街中のショッピングセンターにあるサイトAでの使用実績が多い。

サイト	使用回数	充電電力 (MWh)	充電時間 (分)
A	2,995	22.4	1,203
B	1,780	13.9	656.1
C	304	2.5	90.7
D	330	3.2	97.1
E	285	3.5	108.3

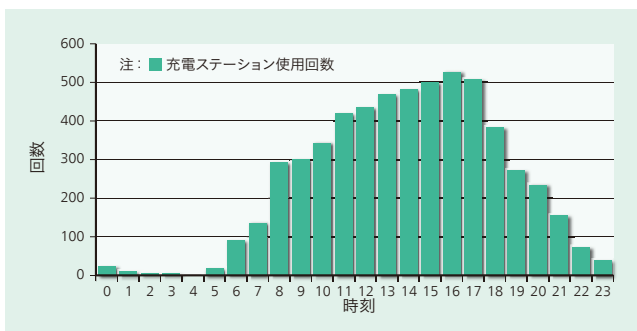


図6 時間帯別使用回数

特に夕方に多く使用されているのは、マウイ島の住民の生活習慣が影響しているものと推測される。

このように特定の場所・時間帯に充電需要が集中するマウイ島では、このプロジェクトで採用したEV急速充電器が、複数台を同時に充電し、かつ開始順位を最適制御できるため、混雑緩和に寄与することが可能となる。また、家庭でのEV充電のスケジュール調整が行動に与える影響についても経過を観察していく。

5. エンハンス技術

ここでは、今後のエンハンス技術であるVPP (Virtual Power Plant) について述べる。

本稿におけるVPPとは、EVの蓄電池を1つの移動型蓄電池と見立てて充電だけでなく、放電も可能にすることにより、EVの集団を発電機と見立てて制御することである。この機能が有効に利用されるシーンとしては、発電量が少なく、かつ電気代の安い時間帯である夜間にEVに充電し、電力需要の多い日中(特に夕方など)に帰宅後のEVから放電することが想定される。それにより、電力需要のピークを抑える効果が期待できる(図7参照)。

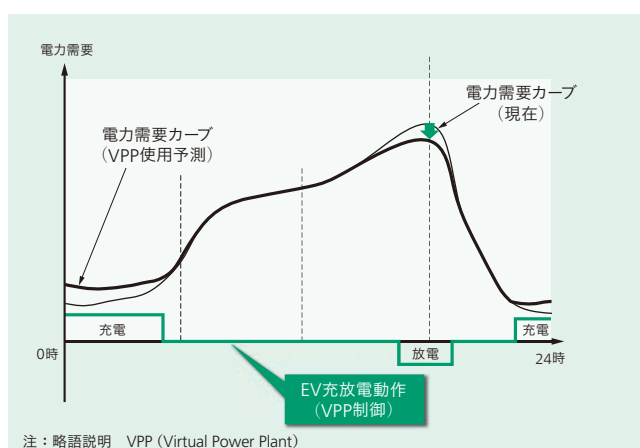


図7 電力需要とVPP利用シーン

VPPにより、電力需要のピークを抑える効果が期待できる。

これを、EVを管理するシステムが、1台ではなく複数のEVの充放電を場所ごとの固まりで群制御して需要のピークを抑えることにより、発電に必要なコストを下げる事が期待できるため、電力会社への寄与も可能であると考えられる。また、この実証プロジェクトにおいて使用される機器は、主に急速充電器、家庭用機器(EV普通充電器、給湯器、太陽光発電機)、大型蓄電池などがあり、VPPの考え方はEVだけでなく他の需要家機器への適用も可能である。

6. おわりに

ここでは、ハワイにおけるEVを利用した島嶼域スマートグリッドモデルを説明するとともに、取得したデータから考察し、この実証のスマートグリッドモデルへの適応の有効性を確認した。また、今後エンハンスが期待できる技術として、VPP技術について述べた。

2013年12月にこの実証事業のテストオペレーションが開始され、約2年間にわたって実証システムの導入効果の評価が行われる予定である。期間中のデータを解析することで、さらなる考察やエネルギー管理への貢献を進める。また、エンハンス技術の適用により、EVを利用したスマートグリッドモデルの有効性に関するさらなる検証を進める。

執筆者紹介



平岡 貢一
日立製作所 インフラシステム社 都市・エネルギーソリューション事業部 スマートシステムセンタ 所属
現在、スマートシティ事業開発に従事



舩永 直
日立製作所 インフラシステム社 都市・エネルギーソリューション事業部 スマートシステムセンタ 所属
現在、スマートシティ事業開発に従事



松延 豊
日立製作所 インフラシステム社 都市・エネルギーソリューション事業部 スマートシステムセンタ 所属
現在、スマートシティ事業開発に従事



和島 直哉
日立製作所 インフラシステム社 都市・エネルギーソリューション事業部 スマートシステムセンタ 所属
現在、スマートシティ事業開発に従事