

ケーススタディ：ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証 その1 - ロスアラモスにおける取組

Case study: Japan-U.S. Collaborative Smart Grid Demonstration Project in New Mexico

Part 1 Efforts in Los Alamos

入江 寛 (三菱総合研究所)

1. イントロダクション

2009年度から2014年度の間、米国のニューメキシコ州では、スマートグリッドに係る米国と日本の共同研究としての実証試験「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証」が実施されてきた。これは、NEDOの「スマートコミュニティ海外実証プロジェクト」の第1号案件であり、ニューメキシコ州のロスアラモスとアルバカーキという二つのサイトにおいて、NEDOをプロジェクトリーダーとして、19社の日本企業とニューメキシコ州の政府、電気事業者、研究機関等が合同で取り組んだものである。将来における再生可能エネルギーの大量導入に向けて、スマートグリッドの構築を行ってきたこの取組では、実証試験を進めていく経験の中で、今後日米におけるスマートグリッドを展開していく上でいくつかの重要な示唆が得られている。

本資料は、二つのサイトのうち、ロスアラモスでの実施内容に焦点を当て、この取組から明らかになった示唆をケーススタディとして取りまとめたものである。

2. ロスアラモスにおける取組

ロスアラモスサイトでは、今後増加していく再生可能エネルギーの完全なるマネジメントを行うこと、及びエネルギードメインにおける需要家への新たな価値提供を行うことを目的としたシステムが構築されている。図1に示すように、構築されたシステムの中核をなすのは、次世代のエネルギーマネジメントシステムである μ EMS (Micro Energy Management System) である。 μ EMSは後述するように、①蓄電池のハイブリッド制御による再生可能エネルギーマネジメント機能と、②デマンドレスポンス機能を有している。また、スマートハウスは、需要家のニーズに合わせて、宅内のエネルギー機器の運用最適化を行うとともに、電力システムとの連携を可能にしている。

本ケーススタディでは、以上のロスアラモスサイトにおける主要な取り組みを、以下の3つの視点から記載を行っている。

- 統合的なエネルギーマネジメントシステム (μ EMS)
- ロスアラモスに構築されたスマートハウス
- 高速PLCによる転送遮断システムの構築

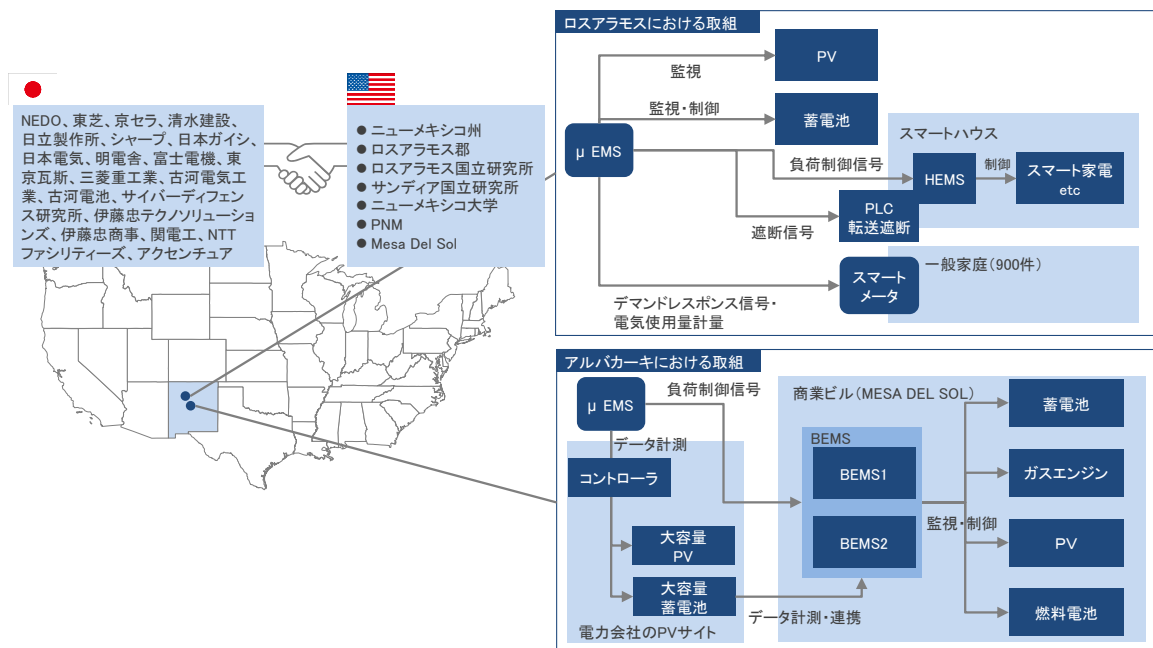


図1 米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証の全体像

3. 統合的なエネルギーマネジメントシステム (μEMS)

3.1 System Overview

ロスアラモスサイトでは、配電線レベルでのエネルギーマネジメントシステムが確立されている。このシステムは東芝が主体となって構築したものであり、TA-3 変電所、Townsite 変電所、バッテリーサイト（今回新たに構築）、LAC オフィス、NEDO ハウス（今回新たに構築）を対象に、太陽光発電（1MW）やエネルギー貯蔵（NAS 電池（1MW / 6MWh）、鉛蓄電池（0.8MW / 2.3MWh））などの DER 及び μEMS や MDMS (Meter Data Management System) を導入している。システム全体の構成を図 2 に示す。

このエネルギーマネジメントシステムの中核をなすのは μEMS である。μEMS は以下の機能を有するエネルギーマネジメントシステムであり、配電線レベルでのエネルギーマネジメントをトータルにサポートしている。

- 予測機能（需要・太陽光発電出力）
- 需給計画機能
- 需給制御機能
- ハイブリッド蓄電池の最適制御機能
- 上位システムとの協調
- デマンドレスポンス機能

μEMS によるマイクログリッドマネジメント

μEMS の需給マネジメントの基本コンセプトを図 3 に示す。今回の実証事業では、EMS によってマネジメントされる単位を一つのマイクログリッドとして捉えており、そのマイクログリッド

の PCC の潮流を一定に保つことを目的としている。PCC の潮流を一定に保つ、即ちマイクログリッド内の需給のバランスために、負荷や PV の出力などの変動に対して、ハイブリッド蓄電池（NAS と鉛蓄電池）を最適に制御することで対応するというのが基本コンセプトである。各蓄電池の制御コンセプトは、エネルギー貯蔵の特性に鑑み、長周期変動分を NAS 電池が担当し、短周期変動分を鉛蓄電池が担うというものになっている。

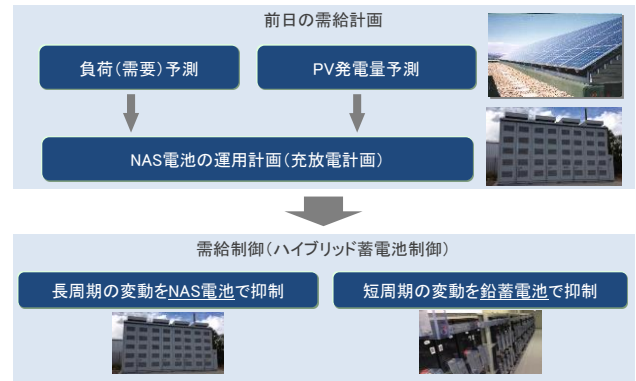


図 3 μEMS の需給マネジメントの基本コンセプト

長周期変動を担う NAS 電池については、SOC (State of Charge) も管理幅内に計画することで、長期的に安定した運用が可能となる。

構築された μEMS の制御パフォーマンスを示す実証試験結果を図 4 に示す。一定に保たれる PCC 潮流の目標値は、電力システム全体の設備の有効活用を図るために、マイクログリッド内の負荷率の最大化を目的関数として算出されている。

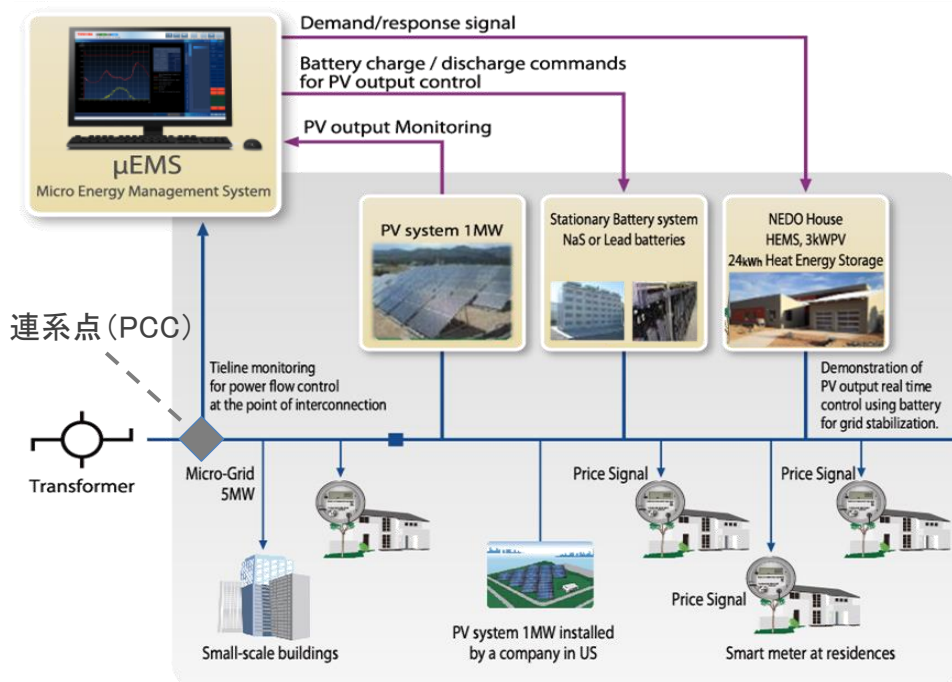


図 2 ロスアラモスサイトの構成

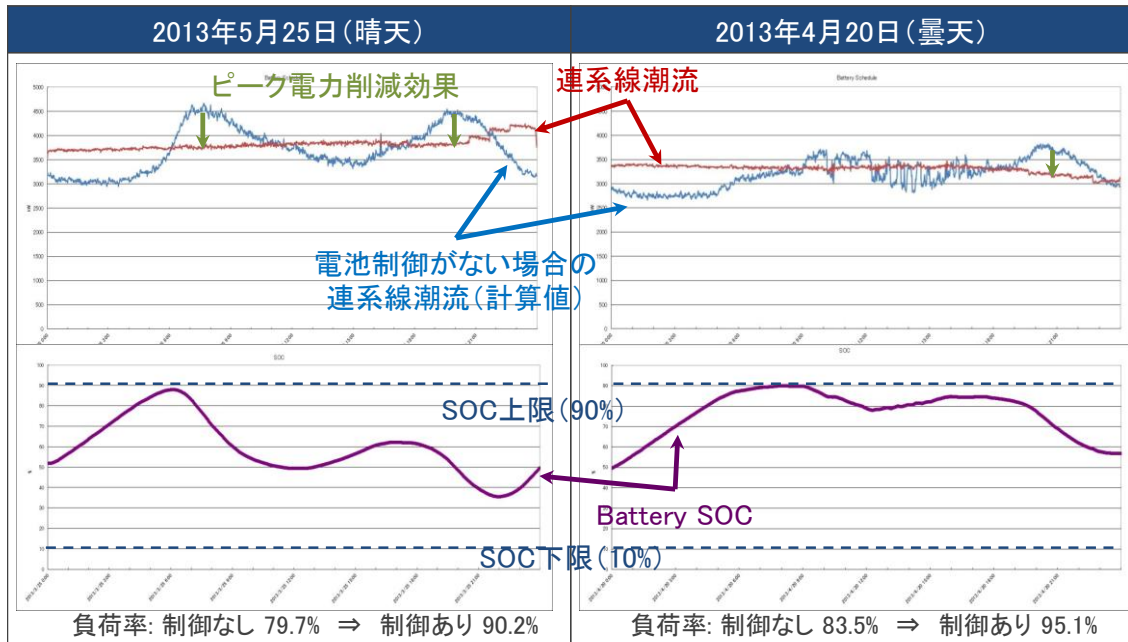


図4 μEMSの実証試験結果

結果からわかるとおり、μEMSによる負荷及びPV発電のマネジメントを行うことで、マイクログリッド内の需給変動は緩和され、PCCの潮流は完全にフラットとなっていることが見て取れる。また、NAS電池のSOCも運転管理幅内に収まっていることがわかる。

デマンドレスポンスシステムの構築

μEMSにはもう一つの重要な機能がある。それは、自身の管理区域内の需要家のデマンドレスポンス機能である。ロスアラモスサイトでは、1,600世帯にスマートメータが設置されており、その中から900世帯がデマンドレスポンス実証に参加をしている。

本実証試験では、図5に示すように、μEMSとMDMSが連携して、需要家のデマンドレスポンスを可能にしている。需要家はWebポータルやIn Home Displayによって、消費の見える化や、実績の確認を行うことができる。

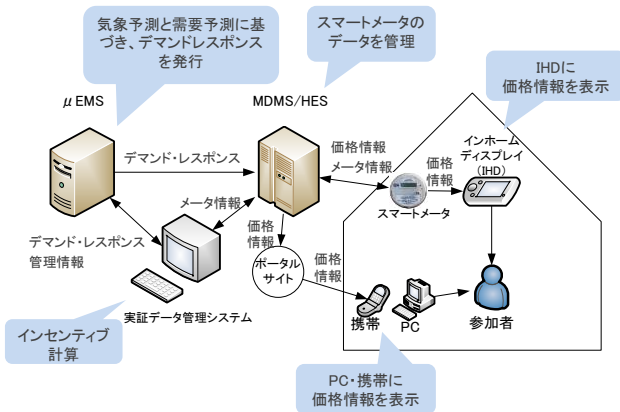


図5 デマンドレスポンスに係るシステム

この実証において適用されたデマンドレスポンスのプログラムは3つある。即ちOpt-in CPP、Opt-out CPP、Opt-out PTRである。CPPとはピーク時間帯は電気代が通常レートより高く、オフピーク時間帯は通常レートより低い料金メニューであり、PTRは過去消費量より計算される「ベースライン」を設定し、ピーク時間帯の使用電力量が、そのベースラインよりも少ない場合、ポイントが加算されるという料金メニューである。この二つの料金メニューとOpt-in（自由参加型）とOpt-out（自由退出型）の組み合わせで上記の3つのプログラムが出来上がっている。

実証は2013年度、2014年度の夏季（7月～9月）と冬季（12月～2月）のそれぞれ3か月間実施されており、それぞれの期間において、設定した基準を満たした平日の最大15日にわたってデマンドレスポンスのイベント日を設定している。

表1 実証試験で適用されたデマンドレスポンスメニュー

グループ	初期値	Opt-in	Opt-out
Opt-in CPP	Flat	CPP	-
Opt-out CPP	CPP	-	Flat
Opt-out PTR	PTR	-	Flat
Control (比較対象)	Flat	-	-

実証試験では、Opt-in CPPの選択確率は64%、Opt-out CPPのCPP選択確率は98%、Opt-out PTRの選択確率は97%と、非常に高い確率で需要家がデマンドレスポンスのプログラムを選択している。2013年の夏季実証、冬季実証の結果をそれぞれ表2に示す。最大の効果が得られているのは、夏季のOpt-in CPPであり、TOT効果（Treatment on the Treated: トリートメントを受けた場合のネット・ピークカット効果）は10.49%と、非常に高

い負荷削減効果となっている。先に示した選択確率を考慮したITT効果（Intention to Treat：選択確率 × TOT効果）は夏季のCPPにおいて6.9%となっており、選択確率を含めても大きな効果が得られた。

表2 2013年のデマンドレスポンス実証の結果

	グループ	ITT効果	TOT効果
夏季	Opt-in CPP	-6.90%	-10.49%
	Opt-out CPP	-4.59%	-4.71%
	Opt-out PTR	-4.06%	-4.17%
冬季	Opt-in CPP	-4.78%	-7.12%
	Opt-out CPP	-4.27%	-4.41%
	Opt-out PTR	-3.26%	-3.37%

* TOT効果：Treatment on the Treated。トリートメントを受けた場合のネット・ピークカット効果。

* ITT効果：Intention to Treat。選択確率 × TOT効果。

3.2 Key Findings - Lessons Learned

このロスアラモスにおける統合的なエネルギー管理システム構築の経験は、次に示す3つの示唆を我々に与える。

Point (1)：RESハイペネトレーションに対するソリューションの確立

μEMSのハイブリッド蓄電池（鉛蓄電池、NaS電池）の制御により、大容量のPVの出力変動を緩和し、電力システムへの影響を最小化するソリューションが確立されている。μEMSが対象としているシステム容量が約5MWであるのに対し、PVは1MW導入されている。この点について、東芝の工藤謹正氏は以下のように言及している。

工藤謹正氏のコメント

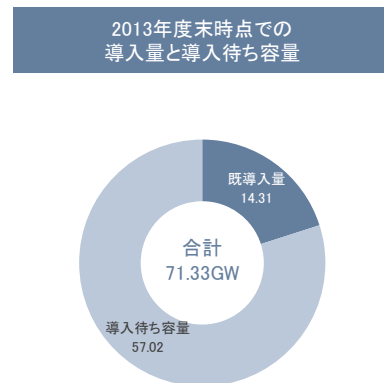
今回の実証試験では、配電線レベルで見れば、PVの電力システムに占める導入割合は重負荷時で20%となり、軽負荷時には50%となる。このようなPVのハイペネトレーションケースにおいても、確実に再生可能エネルギーをマネジメントすることができ、ソリューションを確立できたことに満足している。

また、Los Alamos National Laboratory (LANL)のScott Backhaus氏も、実証試験を振り返り、以下のように語る。

Scott Backhaus氏のコメント

実証試験の中で、μEMSが配電線レベルでPVの出力変動をコントロールできることが立証された。今回の実証試験で構築されたμEMSは、再生可能エネルギーの大量導入に向けた非常によいソリューションであると信じている。

日本の状況について言えば、2013年度末時点での既導入量と設備導入待ち容量（設備認定を受けているが導入には至っていない待ち容量）を合わせると71.33GWにも上ることが太陽光発電協会（JPEA）によって報告されている（図6）。このようなハイペネトレーション時においても、今回のμEMSは有効的に再生可能エネルギーをマネジメントし、確かなソリューションとなるであろう。



Source: 太陽光発電協会資料

図6 日本のPVの普及状況

Point (2)：非常に効果的であったデマンドレスポンス

μEMSによって実装されたもう一つの機能であるデマンドレスポンスの実証試験では、夏季のOpt-in CPPで、クリティカルピーク時における負荷削減効果が最大10.49%にも上るという結果が得られた。この数字は、米国における他の実証試験での成果に比べても非常に大きな削減効果であるといえる。

ここで注目しなければならないのは、実証サイトであるロスアラモスは、高地であり、夏季においても比較的涼しく、エアコンの利用が比較的少ないという特徴である。エアコンの利用が少ないということは、各需要家の電力削減余力が少ないことを意味する。このような環境において、10%のピーク需要削減効果があったことは、注目に値する。

この点について、実証試験ではアンケート分析が行われている。その結果からは、ロスアラモスは、学術研究都市であり、高学歴かつ高収入な家庭が多いため、デマンドレスポンスの意義を深く理解し、積極的な貢献を行った家庭が多かったということが示唆されている。

日本においても、2011年の福島事故により、原子力発電が稼働停止に陥った。これ以降、最大電力となる夏季のピーク時には電力需給は逼迫している。この難局を何とか乗り切れていることの大きな理由には、需要家一人一人が、「節電」の重要性を意識し、電力システム運用を支えていることが挙げられる。

米国と日本、電気事業環境が置かれている状況は異なるもの

¹ http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/pdf/002_02_00.pdf

の、需要家自身が電力システム運用への積極的な関心と貢献の意識が芽生えてきている。今回の実証事業では、先進的な技術のみならず、需要家を交えた電力システム運用の在り方を包括的に検討していくことが今後重要であることを教えてくれた。

以上のような結果は、地域の電気事業者である Los Alamos County の Department of Public Utility (LAC-DPU)にとって、新たな発見が多く含まれるものであり、次なる展開に向けた意思決定に多大な影響を与えるものとなっている。LAC-DPU の Robert Westervelt 氏、Julie Williams-Hill 氏は以下のように語る。

Robert Westervelt 氏、Julie Williams-Hill 氏のコメント

NEDO とのパートナーシップを組む前は、LAC-DPU は平凡な電気事業を営んでいた。我々は、資源が限られた小さな電気事業者であり、リスクを取らない結果、電気事業を取り巻く急速な変化に対応していなかった。NEDO とパートナーシップを組むことで初めて、今回の実証試験の多大な価値に気が付いた。電力安定化のために、蓄電池を用いて大規模 PV の管理を μ EMS で行うというコンセプトは我々にとって目新しいものであった。更に、今回のデマンドレスポンスの実証試験を通じて、需要家の行動様式について非常に理解が深まった。デマンドレスポンスの実証は、ロスアラモスの供給エリアにおけるピーク負荷削減の最適な方法を明らかにした。

実証試験前は、どのような結果になるかがわからなかったが、今は、マイクログリッドを確実に管理するために μ EMS を現実の世界で利用することの有用性を理解している。

以上の結果、我々は今回の実証試験で築かれた技術の他のフィーダへの拡張や、新しいマイクログリッドの構築、再生可能エネルギーの拡大、デマンドレスポンスの統合と言った検討を行っている。

Point (3): 更なる展開に向けての 이슈の特定

μ EMS のハイブリッド蓄電池制御は再生可能エネルギーハイペネトレーション時の電力システム運用の確かなソリューションとなりうる。また、デマンドレスポンスも電力システムマネジメントの一手法として実によく有効であることが今回の実証試験から明らかになった。

これらの二つの手法は、 μ EMS の中でそれぞれ別々の取り組みとして実証されているが、プロジェクトの中では、これらのソリューションの統合による効果に関する研究、東芝によって実施されている。図 7 はその研究の一例であり、コストが課題である蓄電池に対して、デマンドレスポンスを統合することで、少ない蓄電池で済むという効果が指摘されている。

このように、我々は利用できる複数のエネルギーソリューションを統合し、最適なエネルギーマネジメントを実現しなければならない。エネルギーソリューションにはそれぞれの特性（例えば蓄電池は電力のコントロールに非常に有効であるが高価で

あり、デマンドレスポンスは比較的安価であるが、需要家意志による不確実性を伴うなど）があり、また今回の実証試験で確立されたもの以外にも、電気自動車や水素エネルギーなど複数の選択肢が存在する。

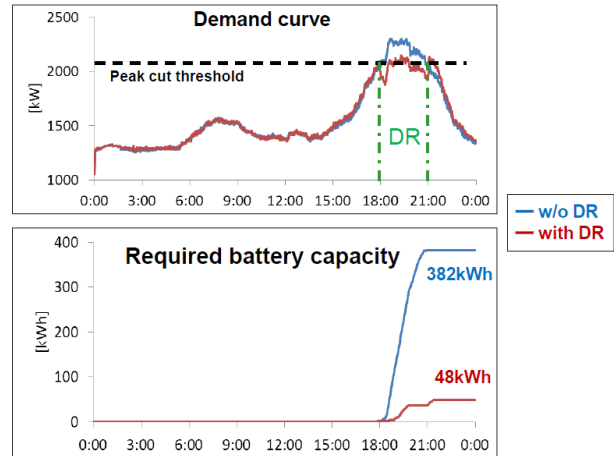


図 7 デマンドレスポンスの統合による蓄電池容量削減効果

これらのエネルギーソリューションは、イノベーションによって、時代と共に特性が変わる可能性もあるし、その種類も増えていくかもしれない。不確実な将来に向けたシステム構築の在り方を検討していく上でのヒントとして、LANL の Scott Backhaus 氏は以下のように語ってくれた。

Scott Backhaus 氏のコメント

実証試験は成功裏に終了し、再生可能エネルギーのハイペネトレーションに向けた次世代のシステムが構築できている。今後このような取り組みを拡大していき、多様なソリューションに対応したスケラブルかつフレキシブルなシステムを追及していくことで、先進的なシステムの更なる普及が望めるであろう。

今回の実証試験は成功に終わっているが、その成果には、将来に向けた拡大の余地がある。東芝を始めとして、この課題に取り組みつがあるが、我々は今回の成功を足元として、引き続き将来のエネルギーシステムを追及していく必要がある。

4. ロスアラモスに構築されたスマートハウス

4.1 System Overview

このケーススタディで対象とするロスアラモスサイトでの二つ目の取り組みは、住宅のエネルギーマネジメントを行う「スマートハウス」である。この取り組みは、日本の京セラが主体となり、シャープと日本電気の 3 社の共同で実施したものである。

今回構築されたスマートハウスは、現地の標準的な 4 人家族を想定した一件の戸建て住宅であり、今回の実証試験用に新築された物件である（図 8）。

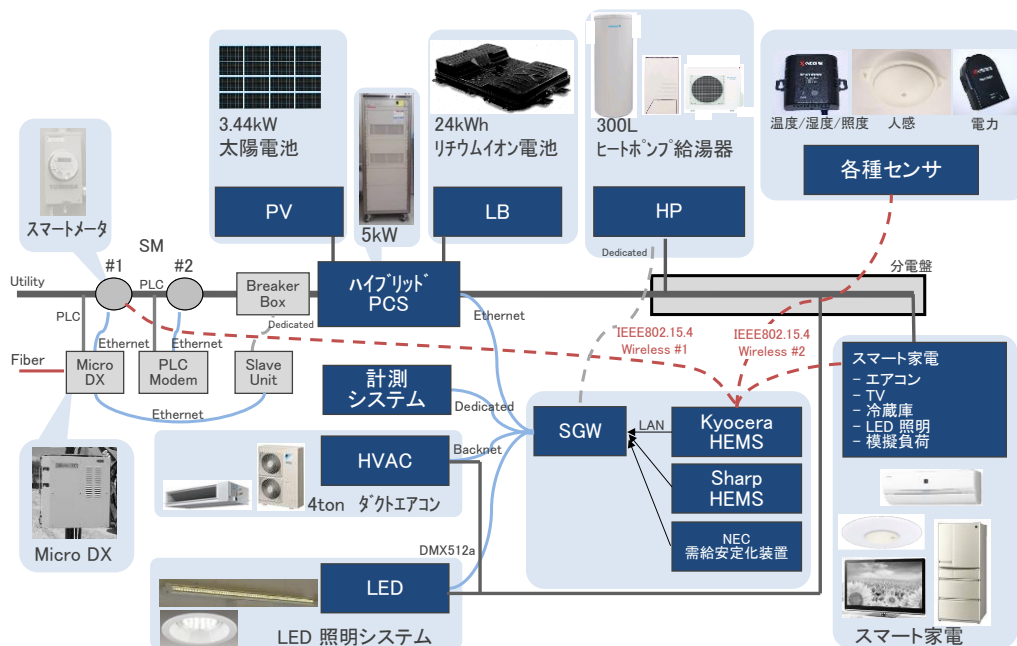


図9 スマートハウスのエネルギーシステム

延べ床面積は、230m²（ガレージを除く）であり、ダイニングキッチン、リビングルーム、ガレージの他、3つの部屋がある間取りとなっている。3つの部屋は、京セラ、シャープ、NECそれぞれのデモルームとして割り当てられた。



図8 スマートハウスの外観

このスマートハウスのエネルギーシステムを図9に示す。今回のスマートハウスには、3.44kWの住宅用太陽光発電と24kWhのリチウムイオン電池が設置されており、これらのエネルギー機器は一つの「ハイブリッドコントローラ（Power Conditioning System: PCS）」によって家庭内エネルギーシステムに接続されている。また、日本では普及が進んでいるヒートポンプ給湯器（300L）の他、集中型エアコンやLED照明、各種スマート家電が導入されている。

これらのエネルギー機器及び家電の他、スマートハウス内には複数のセンサ（温湿度、人感、電力）が設置されており、これらすべてを有線・無線の情報通信ネットワークで結ぶことで、

家庭内のエネルギーマネジメントが可能となっている。この情報通信ネットワークの中心となるのは、3社がそれぞれ準備したHEMS（Home Energy Management System）と、インタフェース変換のためのスマートゲートウェイ（SGW）である。

HEMSは、家庭内のエネルギー最適化を行うためのコントローラであり、以下の3つの機能がある。

- 時間帯別料金（TOU: Time of Use）に応じたエネルギー消費最適化
- 系統側μEMSからのデマンドレスポンス信号に応じた使用電力削減
- スマートハウスの自立運転

TOUに応じたエネルギー消費最適化

時間帯によって変化する電気料金（TOU）に応じて、家庭内のエネルギーコストを最小化する制御である。図10に示す通り、電気料金やPV発電予測、負荷実績、給湯使用実績等を考慮し、家庭の電力コストを最小化するための蓄電池、給湯器、家電の制御を行う機能を有する。特に家電の制御については、センサ情報などをもとに、居住者の快適さ（日常生活）になるべく支障を来さないように配慮するための学習機能が付与されている。

この制御による実証結果を図11に示す。図11の上段に示される仮定のTOU料金を設定し、実証試験を行った結果、電気料金が安い時間帯において電力を最大限消費し、電気料金が高い時間帯では電力システムに対して売電を行うことで、最大で一日20ドルの利ざやを得ることが可能という結果となっている。

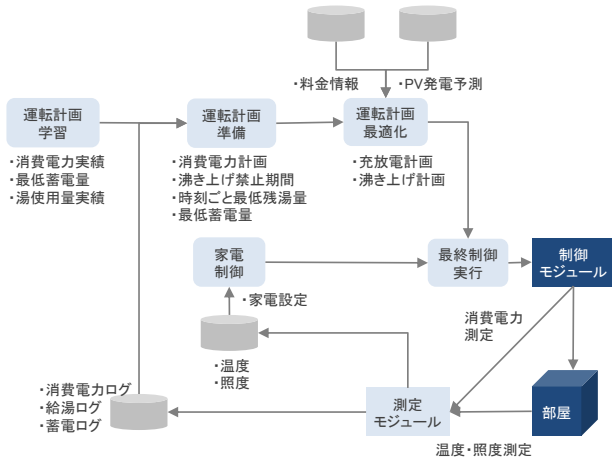


図 10 HEMS のエネルギーマネジメント

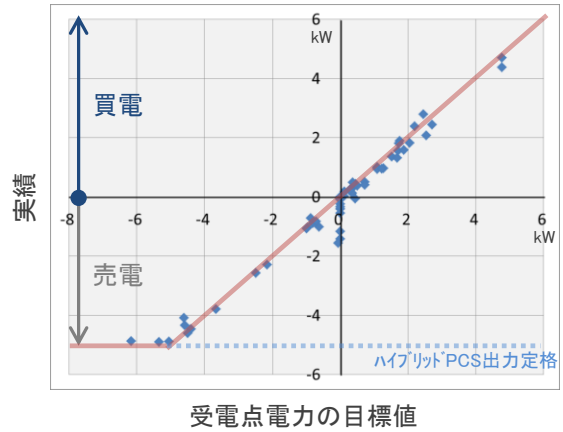


図 12 μEMS からの要請に応じた制御の結果 (2013年12月20日~22日)

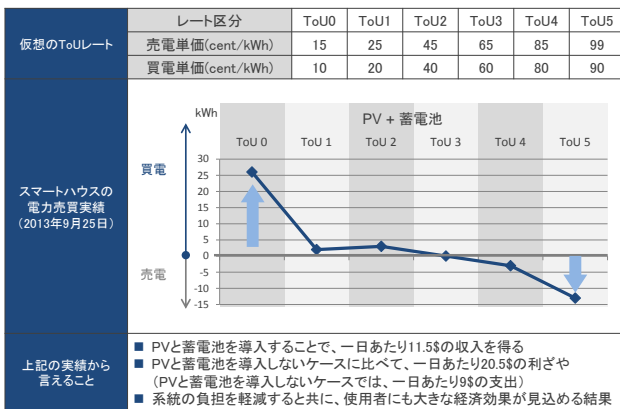


図 11 TOU 制御の実証結果

μEMS からの要請に応じた電力抑制

この機能は、HEMS が電力システム側の μEMS (前章に示した東芝のソリューション) と連携を行うことで、電力システム側からのニーズに対応した家庭内エネルギー消費の削減を行うものである。μEMS から発令される「デマンドレスポンス信号」は、電力システムの状態に応じて、電力使用量の削減要求を依頼するものとなっている。スマートハウスの HEMS は、この信号を受け取ることで、スマートハウスのグリッドとの受電点における電力値の目標値を作成し、太陽光発電と蓄電池の充放電を、ハイブリッドコントローラを介して制御を行う。

この制御を行った時の結果の例として、2013年12月20日~22日における実証試験結果を図12に示す。横軸は、μEMS からのデマンドレスポンス信号を受けて、HEMS で算出した受電点電力量の目標値であり、縦軸は応答結果としての実績である。この図から、HEMS、ハイブリッドコントローラによる制御が、目標に対してほぼ追従できていることが示されており、系統側からのニーズに答えていることがわかる。

スマートハウスの自立運転

この機能は NEC のソリューションに実装されている機能であり、電力システムにおいて何らかの不具合が生じた際に、電力システム側からの指令により、スマートハウスが PV と蓄電池を活用して自立運転に移行し、電力システム側が復旧した際には、通常の連系運転に再度移行するというものである。

自立運転制御の一連のシーケンスを図13に示す。電力システムからの解列指令は、NEC が実装した通信ユニット (Micro DX、Slave Unit) を通じて、HEMS (図13では Supply Stabilizer と表記)、スマートゲートウェイに伝達され、自立運転に移行する。自立運転時には、電力システムの状態 (どのくらいの時間で復旧するか) を都度収集し、得られた予想復旧時間に応じて、HEMS がスマートハウス内の PV、蓄電池、スマート家電の最適な運転計画を立て、長時間の自立運転を可能とするシステムとなっている。

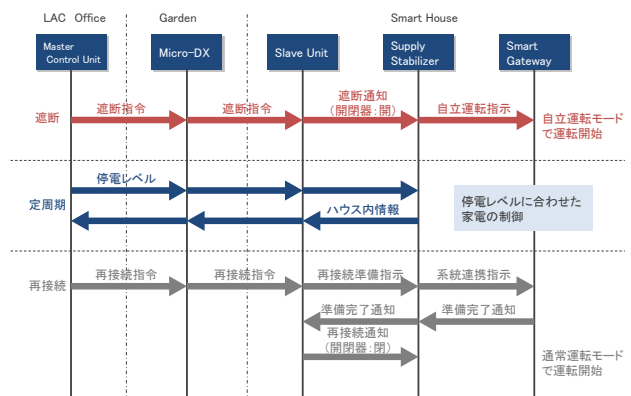


図 13 自立運転制御のシーケンス

4.2 Key Findings - Lessons Learned

以上のスマートハウスの実証試験を行った経験から言える教訓は二つある。

Point (1): 家庭のエネルギーソリューションのマーケットポテンシャルの開拓

このスマートハウスのプロジェクトは、米国において家庭のエネルギー管理が多大なマーケットポテンシャルを有するという点を明らかにしたという点において、日米双方にとって重要な意味を持つ。ロスアラモス郡は、スマートハウスの完成後、応募者に対して見学ツアーを実施している。この見学ツアーの参加者のスマートハウスに対する評価は、予想以上に高評価であった。LAG-DPU の Robert Westervelt 氏、Julie Williams-Hill 氏は、見学ツアー当時を振り返り、以下のように語っている。

Robert Westervelt 氏、Julie Williams-Hill 氏のコメント
 当該プロジェクトの見学ツアーに参加した個人や企業の関心は、圧倒的にスマートハウスに寄せられた。特に HEMS が自動で電力コストを最適化できる点、家電の制御ができる点、長時間の自立運転ができる点が見学者にとって魅力的であった。
 「どうしたらこの HEMS を購入できるのか」、「いつこのような家電が購入できるのか」、「いつになったら市場投入されるのか」と言った声を頂いた。
 米国においてスマートハウスを実証したことによって、スマートグリッドが如何に需要家にとって有益なものであるか、即ち電気料金の節約や環境負荷低減への貢献と言った個々人の目標達成の助けとなるか、ということを知りたがったと考えている。
 今回の実証試験は、電気事業における大きな変化に需要家を取り込む良い機会となった。



図 14 スマートハウス見学会の様子

日本では、東日本大震災以降、家庭のエネルギー管理ソリューションの市場が立ち上がりつつある一方で、このようなソリューションが日本以外の市場において受け入れられるか否かについては、定かではなかった。その第 1 の理由は、日本のソリューション提供者にとって、スマートハウスに対するニーズが明らかになっていなかったからである。また、米国の

消費者としては、そもそもスマートハウスがどのようなものか、言葉ではわかっていても実感のないものであるという課題があった。

HEMS などのソリューションの米国における市場創出のためには、まずは消費者がこのソリューションを知り、欲するということが第 1 歩となる。今回のスマートハウスの構築は、米国の消費者がスマートハウスを体感できる環境を整備したことにより、彼らが未来のエネルギー管理の形を知り、それを欲するきっかけを作り上げたという点で、今後のスマートグリッドの拡大に大きく寄与するものであると考察される。

Point (2): 快適性・利便性を損なうことがないソリューションの確立

系統連系時のスマートハウスの運転について、今回の実証試験では、①TOU に応じたエネルギー消費最適化と、②系統側 μ EMS からのデマンドレスポンス信号に応じた使用電力削減という二つの主要な機能を有する HEMS の技術を確立している。これらの HEMS の機能のパフォーマンスを考える上で重要なのは、HEMS は居住者の生活の快適性を損なわないで、これらの機能を実現するように制御が設計されている点にある。

通常、TOU でエネルギーコストを最小化するためには、ピーク時間帯（即ち、需要家が最も電力を消費したくなる時間帯）において、消費を行わないようにすることが必要となる。つまり、需要家のエネルギー使用に対して制約がかかり、電気料金が高い時間帯では需要家はエネルギー消費を我慢しなければならない。更に、これをマニュアルで実現することを考えれば、常に電気料金を意識する必要があり、いわば「エネルギー消費のために生活をする」という現象が起きてしまう。

今回構築したスマートハウスの HEMS は、太陽光発電やエネルギー貯蔵、スマート家電を統合的に運用し、なおかつ制御ロジックの中で QOL (Quality of Life) を制約条件として追加することで、需要家を上記のような煩雑さから解放している。実証試験の期間中、スマートハウスには人が住んでいないものの、現地の標準的な 4 人家族の生活における一連の電力消費パターンをスマート家電で模擬しており、この電力消費は「所与の条件」として、HEMS の制御とは分離をしている。つまり、先に示したスマートハウスの実証試験の結果は、そこに住んでいる人の電力消費に影響を及ぼさない前提での数値となっている。京セラの木内一也氏は、この点について以下のように語ってくれた。

木内一也氏のコメント
 住空間として、快適な環境を提供することが住宅の必要要件である。今回構築したスマートハウスでは、この点に十分に配慮し、最大限快適性を求めた。
 これを前提として、エネルギーコスト最適化、電力システムへの貢献において高いパフォーマンスが得られたことに実証試験の意義がある。

電気料金を意識せず、普段通りに生活を行っているのに、自動的にエネルギーコストが最小化されたり、電力システムの運用に貢献できたりすることが米国の消費者にとって魅力的であるのは、先述の通りである。このようなソリューションを構築した意義は大きく、今後更なる消費者への訴求が望まれる。

5. 高速 PLC による転送遮断システムの構築

5.1 System Overview

ロスアラモス実証のケーススタディとして取り上げる最後のトピックは、高速 PLC による転送遮断システムの構築である。この技術は、電力システム側の指令に基づいて、高速かつ高信頼に、広域の需要家設備を一斉に遠隔操作するものであり、スマートハウス実証と合わせて、NEC によって確立された。

構築されたシステムの概要を図 15 に示す。情報の発信元となるのは電力システム側に設置された Master Control Unit であり、このユニットが停止解列や復旧と言った信号を生成し、発信する。Master Control Unit から発信された信号は、需要家近傍の柱上に設置の中継設備である Micro-DX を介して、需要家側に設置された Slave Unit に送られる。Slave Unit は信号を受け取り、需要家の開閉器を操作し、操作完了を電力システム側に向けて応答する。

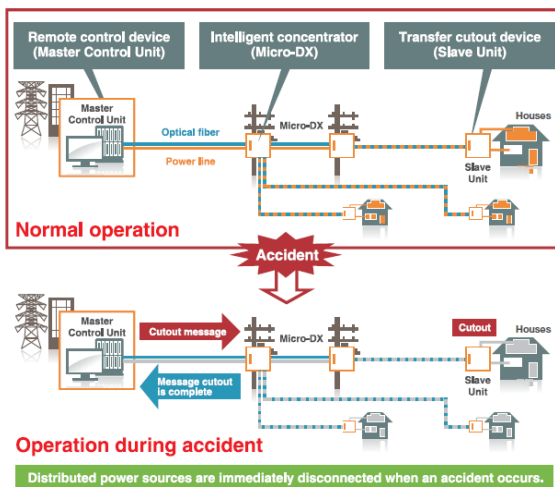


図 15 転送遮断システムの構成

この実証試験では、高速 PLC の他に、比較対象として低速 PLC 及び無線ネットワーク（915 MHz）をラストワンマイルの通信方式として実装している。それぞれの通信方式について、2013 年 1 月から 2014 年 2 月までの実証試験における計測結果を表 3 に示す。高速性という観点では、高速 PLC は平均レスポンス時間が 5.6msec となっており、非常に高速なシステムが構築できている。また、通信の信頼性という観点では、全方式で 1%未満の packets エラーレートが確保されている。信頼性については、エラー時における Master Control Unit からの再送機能などを付加することで、更なる向上が望める。

表 3 高速 PLC 及び他の通信方式の計測結果

通信方式	レスポンス時間 (平均) [msec]	エラーレート (平均) [%]
高速 PLC (MHz)	5.6	0.589
低速 PLC (kHz)	239.2	0.146
無線 (915MHz)	9.4	0.080

また、実証試験ではパケット集約、優先伝送等の対策により、ネットワーク高負荷状況下においても効率的、安定的な通信が実現可能である事も確認できている。同時に、ランニング試験からは、温度変化等の厳しい環境下においても長期運用に耐え、信頼性の高い通信が実現可能である点を確認する事ができた。

5.2 Key Findings - Lessons Learned

高速 PLC を始めとするこの実証試験からは、ラストワンマイル通信における高速 PLC の有効性が明らかとなっており、以下のことが言える。

Point (1): 高速 PLC の電力システムアプリケーションへの適用可能性

日本においては、実証試験当時、高速 PLC は屋内に使用が限定されており、屋外での使用は禁止されていた。利便性が高いと考えられていた高速 PLC を、日本の実環境で実証試験が行えない中、米国においてその有効性を実証することができた点に意義がある。その後、日本では総務省が 2015 年 2 月 7 日に電波法施行規則等の一部を改正する省令案等についての意見募集を行っており、高速 PLC の屋外利用の関係省令等の改正に向けて検討を行っている²。今後使用が認められれば、スマートグリッドの通信ネットワークのパワフルなオプションとなりうる事が今回の実証試験で明らかになった。

ここで想定している高速 PLC によるスマートグリッドの通信は、マルチキャストの方式であり、無数の分散型電源や需要家などを対象に、電力システム側から一括で通信による管理、制御を行うことをサポートする技術となる。今回の実証試験の成果からは、このような電力システムからの遠隔集中制御を高速かつ高信頼で行うことができることが明らかとなっており、これまで通信で実現することが難しかった機能（例えば、確実かつ高速に実現されなければならない分散型電源の単独運転防止など）を通信で行うことができる可能性が提示されている。また、実証試験の中では、遠隔遮断というアプリケーションに着目した機能検証を実施しているが、今回構築したソリューションは、他にも遠隔起動や出力/消費量の制御と言ったアプリケーションにも適用できる技術である。

日本においては、大量に導入される太陽光発電について、系統の状況に応じて出力を制御する議論がなされているところで

² http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban16_02000041.html

ある³。このような、通信によって、無数の需要家周辺設備を遠隔で制御するというニーズは今後日本でも米国でも増えていくであろう。我々は、今回の取り組みのように、将来を見据えた技術開発/実証試験の経験を上手く活用し、将来の電力システムを形作っていく必要がある。

6. 謝辞

本ケーススタディの執筆にあたり、ご協力を賜った工藤謹正氏、竹田大輔氏（東芝）、木内一也氏（京セラ）、寺澤哲氏（NEC）、Robert Westervelt 氏、Julie Williams-Hill 氏（Department of Public Utilities, Los Alamos County）、Scott Backhaus 氏（Los Alamos National Laboratory）に感謝の意を表す。

なお、本ケーススタディは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託により作成されている。

7. 参考文献

- [1] NEDO, 「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証 ロスアラモス郡におけるマイクログリッド実証 成果報告書」, 平成 22 年～25 年度成果報告書, 2014
- [2] NEDO, 「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証 ロスアラモス郡におけるスマートハウス実証 成果報告書」, 平成 22 年～25 年度成果報告書, 2014
- [3] NEDO, 「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証 全体総括研究 成果報告書」, 平成 22 年～25 年度成果報告書, 2014
- [4] Use Case- “S1 Cooperative Control among Smart Grid and External Area EPS Energy Management Systems”, posted on the EPRI Smart Grid Use Case Repository. June, 1, 2011.
- [5] Use Case- “Equipment Control within Smart House by HEMS”, posted on the EPRI Smart Grid Use Case Repository. June, 17, 2011.
- [6] D. Takeda, T. Kajihara, et al; “Smart Grid Management Using Micro Energy Management System”, CIGRE2011, Bologna, 2011
- [7] 吉村, 小林, 矢野, 「スマートグリッド監視制御システム μEMS」, 東芝レビュー, Vol 65, No. 9, 2010
- [8] 七里, 「スマートハウスの構築と HEMS による最適制御」, クリーンテクノロジー 2015 年 3 月号, 2015
- [9] 著者によるステークホルダへのヒアリング

³ http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/150122_press.pdf