

次世代エネルギー・社会システム実証事業成果報告
【平成26年度】

補助事業者名 : シャープ株式会社
 補助事業の名称 : I-1-1 エネルギーマネジメントシステムの構築 (北九州市)
 B. 家庭部門での実証 (HEMS)
 地域 EMS に対応した直流給電住宅のシステム構築
 全体の事業期間 : 平成23年4月 ~ 平成27年3月

【実証事業の目的・目標】

■目的 : 地域 EMS の要求に対応する蓄電池対応パワーコンディショナを用いて、太陽電池と蓄電池、それに負荷機器間を高圧直流バス(340~400V)で接続することにより、高効率でエネルギー制御を行うことができる直流給電住宅システムの構築を行う。この住宅を使って、直流給電システムの省エネ性能の評価と、直流バスに直結された蓄電池を活用した地域 EMS との連携動作(ピークシフト効果)の検証を行う。

■目標

- ・ 直流給電システムに必要な機器の試作および、実証用直流給電住宅システムの構築を行う。
- ・ 従来の交流給電住宅と比較して、省エネ率10%以上の実現可能性を検証する。
- ・ 当システムの地域 EMS との連携効果として、ピークシフト率50%以上実現のための検討を行う。

【事業の概要】

北九州市実証地区の住宅内に直流給電住宅システム(図1)を構築し、実生活パターンでの太陽光発電量、蓄電池の充放電量、負荷機器の消費電力量を一定期間測定し、同一条件での交流給電住宅の理論値データと比較検討することで、直流給電住宅の省エネ性能を検証する。また、地域 EMS からのデマンドレスポンス指示に対応する HEMS システムを蓄電池の活用により構築し、実証住宅での生活パターンにおけるピークシフト効果の検討を行う。

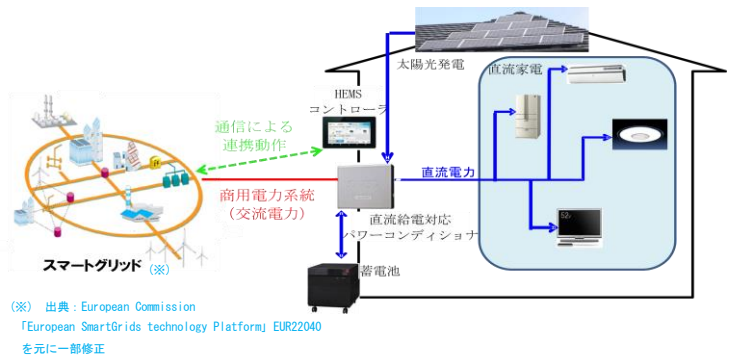


図1. 直流実証システムの全体像

【実証事業のスケジュール】

項目	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
直流給電システム仕様構築	■			
直流給電システム機器の試作		■		
ラボベース実証事前評価、電力データ取得(給電システム/家電)		■		
実証用事前データまとめ・分析			■	
CEMS連携仕様対応	■	■		
直流システム制御機能実装		■		
機能評価、CEMS連携テスト			■	
直流システム機器社内動作検証		■		
実証用直流機器の手配・製作		■		
実証住宅への機器設置・調整			■	
実証住宅でのシステム動作確認			■	
実証試験			■	■
効果の検証/分析				■

【平成 23 年度の成果】

実証システムの仕様策定、主要機器の試作を実施した。

- 本実証での直流給電システムとして、従来の交流給電システムでの変換器損失を極力減らす為、給電機器と家電機器の直流バス直結方式を採用した。直流バスの電圧は 340V～400V とし、システム全体の構成と各機器に必要な機能及び仕様を決定した。
- 直流給電システム構築に必要な主要制御機器（パワーコンディショナ、家電機器）の試作を完了した。
- 北九州市実証プロジェクト協議会で策定された GEMS 通信仕様に基づき、当社実験室内での GEMS との通信テスト環境を構築した。

【平成 24 年度の成果】

平成 25 年度からの実証実験に向けた事前評価、及び直流給電実証システムの構築を実施した。

- 直流給電システムの消費電力を、同条件下での交流給電システムの消費電力に換算する検討を行い、直流システムの従来交流システムに対する省エネ率を比較検証できる基礎データ取得を行った。（図 2）
- 策定した通信・制御仕様に基づき、通信・制御プログラムを実装した HEMS コントローラをシステムに組み込み、地域 EMS からのデマンドレスポンスを受信するシステムを構築した。
- 実証用パワコンで認証に必要な評価を実施し、実証地区の電力会社から系統連系の承認を受けた。
- 各システム機器の製作・設置を行い、実験対象住宅への直流給電システム構築を完了した。（図 3）

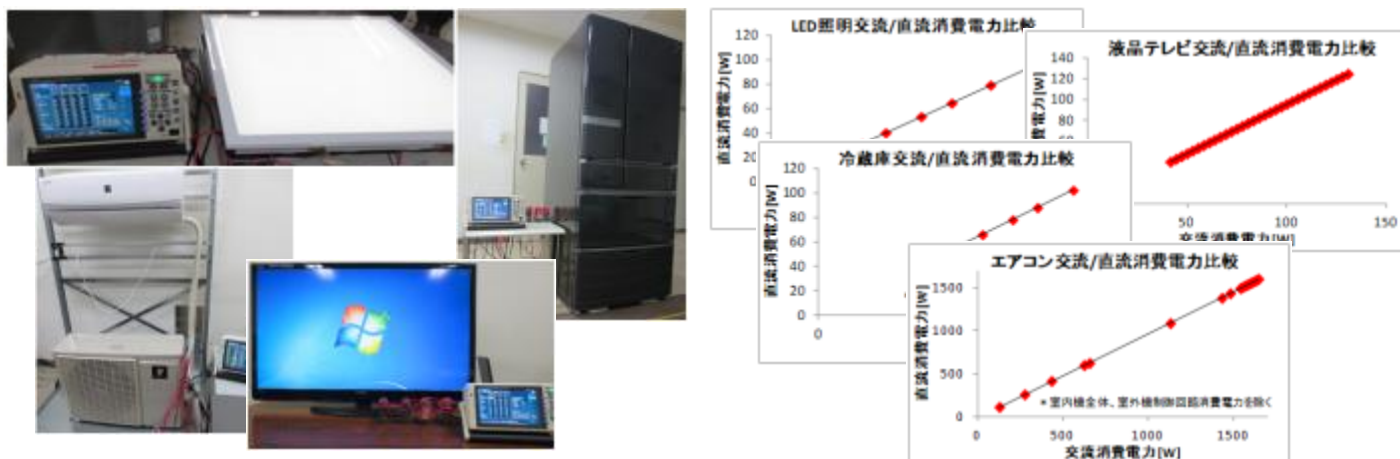


図2. 家電 交流/直流変換効率の評価



図3. 直流実証住宅 設置機器

【平成 25 年度の成果】

直流給電住宅における実証データの取得

- 実証住宅に設置したシステムを稼働、事前動作評価を行い、想定通りの動作が出来ている事を確認した。
- 今後の長期稼働に向け、直流給電用パワーコンディショナについて制御系の安定性評価を実施し、問題無い事を確認した。
- 実証住宅内に構築した直流給電システムによる 実証評価を開始。各季節に当社技術者が住宅に滞在した上で、実証システムを稼働して直流家電を操作し、各機器の電力データを取得した。(図4)

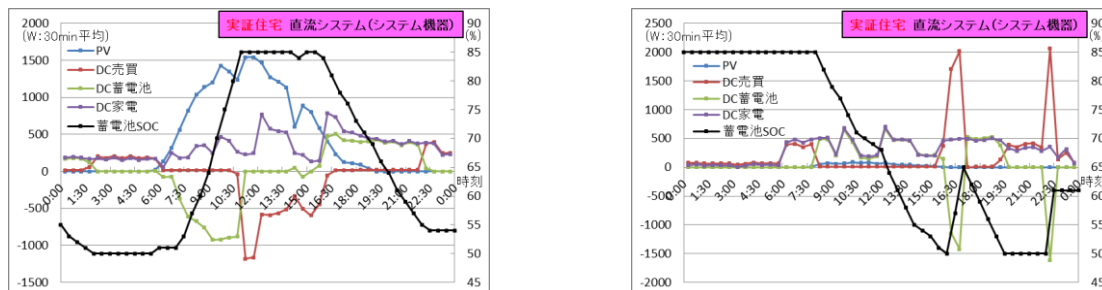


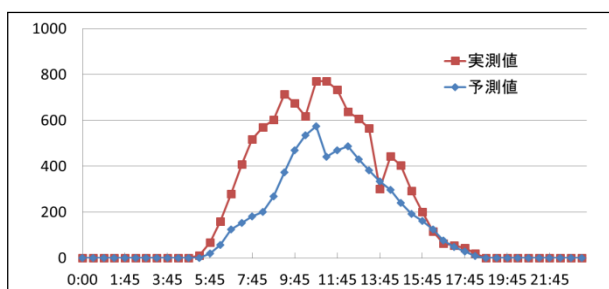
図4. 直流実証住宅システム電力データ 左：8月8日(晴)、 右：1月8日(雨)

直流給電システムの省エネ性能の評価

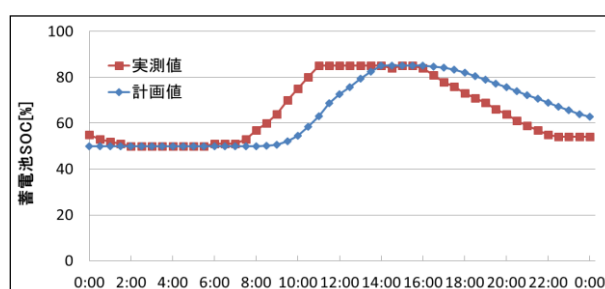
- 実証住宅での取得データと、昨年度、当社の実験室で評価を実施した給電機器および家電機器内の変換器効率のデータを用いて省エネ性能の評価を実施。従来交流システムとして構築される場合の電力値(取得データを元に算出)と直流給電システムの電力データを比較して直流給電システムに対する消費電力削減率を評価し、実証日の1日平均で 14.8%の削減率という結果が得られた。また家電部の直流給電化による交流比電力削減率は、5.3%という結果が得られた。
- 実証住宅で取得したデータから、標準的な家庭に当システムを導入した場合の省エネ効果を検証するため、今回の実証データを当てはめて電力シミュレーションを実施した。気温と日照条件の組合せから計20条件にカテゴリズし、1日当たりの消費電力値と、各条件に該当する日数を積算して算出した年間の電力削減率は 13.1% (家電部のみ 4.3%) という結果となり、実証1年目の中間成果として、当実証の省エネ率の目標値である10%を上回る削減効果の可能性を概ね確認する事が出来た。

地域 EMS 連携による系統電力制御について

- GEMS から受信した料金、気象情報を元に、HEMS コントローラの制御で、ピークタイムになるべく系統電力を買電せず、且つ直流給電システムの省エネ性能を高効率に維持するようあらかじめ設定された制御アルゴリズムに基づく電力運用を行うシステム動作を確認した。(図5)
- 今年度、GEMS よりダイナミックプライシングが発動した全ての夏・冬の評価日において、実証 HEMS 制御により、ピークタイム中には系統からの買電を行わず、負荷電力を全て太陽光と蓄電池電力で供給する運用となることを確認した。



GEMS からの受信データに基づく太陽光発電予測と実測値



HEMS プログラム制御による蓄電池残量計画と実測値

図5. GEMS 連携-HEMS デマンド制御プログラム 運用結果例

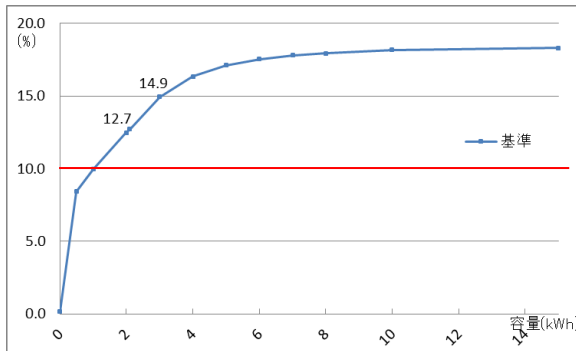
【平成 26 年度の成果】

直流給電住宅における実証データの取得

- 前年度の実証結果を踏まえて、HEMS 制御プログラムの変更対応を実施。また、実証住宅の蓄電池容量などの評価条件を一部見直した上で、実証住宅での評価を継続。今年度は、50 日間（内終日データ取得 36 日分）の電力データ取得と、1 年間（365 日分）の環境データ（気温/日射量）の取得を実施した。
- 実証住宅で取得した直流給電システムの電力データを、計算で求めた従来交流システムと比較して、その電力削減率から省エネ効果を求めた所、今年度の全実証日の 1 日平均の交流システム比電力削減量が 1.29kWh、削減率は 17.3% という結果が得られた。また、家電部だけの損失削減率は 5.0% となり、システム全体では特に蓄電池を直流バス直結構成した事による変換損失削減効果が大きい事を確認した。

モデル住宅 電力シミュレーションによる省エネ効果検証（蓄電池容量変動による影響確認）

- 前年度から年間電力算出方法を一部見直し、2 年間の実証住宅での取得データを用いて、一般家庭を想定したモデル住宅の電力シミュレーションを実施した。今年度は、省エネ性能の評価に加えて、設定蓄電池容量をパラメータとして消費電力削減率（省エネ率）への影響について検証を実施した。
- 標準的な家庭のモデル住宅で、蓄電池容量が 1kWh 以上であれば、本実証の目標値である 10%の省エネ率（対交流システム比）がほぼ達成出来る事を確認。さらに同条件における蓄電池容量と省エネ率の関係は、3kWh で約 15%、7kWh 以上で約 18%程度となる事を確認した。（図 6）



蓄電池容量	システム消費電力(kWh)	SOC残量	削減量(kWh)	削減率
0	4378.4	4386.5	0.0	8.1
500	4124.0	4503.6	0.0	379.6
1000	4110.4	4564.6	0.0	454.2
2000	4084.2	4666.1	8.2	581.8
2100	4081.7	4676.4	12.8	594.7
3000	4061.9	4775.7	138.8	713.8
4000	4048.6	4839.2	339.1	790.6
5000	4040.4	4874.5	576.3	834.1
6000	4035.4	4893.9	842.7	858.5
7000	4032.1	4904.6	1122.6	872.5
8000	4029.9	4911.2	1398.7	881.3
10000	4027.2	4921.6	1963.9	894.4
15000	4024.8	4926.9	3395.6	902.1

図 6. 標準家庭モデル 蓄電池容量-年間省エネ効果 (交流システム比電力削減効果)

地域 EMS 連携による系統電力制御について

- 実証住宅での取得データで、HEMS に実装したパワーコンディショナの低損失制御・運用計画策定アルゴリズム・ダイナミックプライシング発動時の電力ピークシフト制御等の効果確認や、蓄電池容量 2100Wh でのピークシフト率 100%の実証ができた。（図 7）
- モデル住宅での年間電力シミュレーションツールにより、HEMS の各種制御の反映状況を確認すると共に、当該ツールを用いて算出された想定する標準家庭モデルの場合、蓄電池容量が 2kWh 以上あれば年間のピークシフト率 100%が達成できるという結果から、実データに対する裏付けも得た。（図 8）

蓄電池容量:2100Wh 直流システム(直流家電)

対象日	ピークタイム 家電電力	家電への電力供給源(内訳)			ピーク電力削減効果	
		系統	蓄電池	PV	蓄電池寄与率	PV寄与率
1/28-29	1698.72	0.00	1292.07	406.65	76.1	23.9
1/29-30	1567.52	0.00	1540.02	27.50	98.2	1.8
7/16-17	1566.54	0.00	0.00	1566.54	—	100.0
7/29-30	1486.88	0.00	642.90	843.98	43.2	56.8
12/17-18	2190.72	0.00	1966.13	224.59	89.7	10.3
平均					63.9	36.1

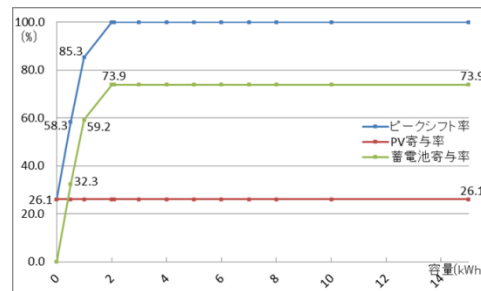


図 7. 2014 年 DP 発動日 実証住宅ピークタイム

図 8. 電力モデル住宅電力 Sim 年間ピークシフト率

【実証事業全体の成果】

① 地域 EMS 連携 直流給電システムの構築

- 本実証に使用する直流給電用パワーコンディショナおよび直流家電機器の試作を完了した。
- 実証用機器の評価や信頼性試験を実施し、システムの安定性・安全性について確認する事が出来た。
- 北九州の対象住宅に、家電や給配電機器、評価用計測システムを備えた直流給電システムを構築した。

② 直流給電住宅システムの省エネ性能評価

- 実証で使用する家電機器、給電機器の交流給電時電力変換損失データを事前取得し、直流給電住宅での実測データから同条件下での従来交流給電システムにおける各機器の電力値を計算し、交流給電に対する削減量を算出する事で、直流給電システムの省エネ効果を検証した。
- 2年間の実証住宅での実測結果から、交流給電住宅と比較して1日平均10%以上の省エネ率（消費電力削減効果）を確認（平成25年度：1.26kWh、14.8%、平成26年度：1.29kWh、17.3%）
- 家電部の直流化による省エネ率は平均4~5%となり、本システム全体での省エネ効果は蓄電池を直流バスに直結する事で得られる給電部での電力損失削減効果が大きい事を確認した。
- 標準家庭の住宅規模/生活パターンを想定したシュミレーションモデルに実証取得データを反映し、当システム導入による年間での省エネ効果を検証した。

設置する蓄電池の容量によって交流給電システム比の電力削減率が変動し、以下の結果となった。

- ・蓄電池容量 1kWh：電力削減量 454.2kWh/年（削減率 9.9%）
- ・蓄電池容量 2kWh：電力削減量 581.8kWh/年（削減率 12.5%）
- ・蓄電池容量 3kWh：電力削減量 713.8kWh/年（削減率 14.9%）

設定条件下で、蓄電池 1kWh を上回れば目標値である10%の省エネ率が得られることが分かった。

③ 地域 EMS 連携によるピークシフト効果の検証

- 北九州 CEMS と連携し、受信した翌日の電力料金、気象予測情報を元に、ピークタイムになるべく系統電力を買電せず、且つ直流給電システムの省エネ性能を高効率に維持するような制御アルゴリズムを作成し、これを HEMS コントローラに実装した。
- 実証住宅において、上記 HEMS 制御アルゴリズムに基づくピークシフト運用を確認した。特に、ダイナミックプライシングが発動した全ての実証日のピークタイム中（夏：13時~17時、冬季：8-10時、17-19時）は、系統電力からは買電せず太陽光発電と蓄電池からの電力供給のみでの運用（ピークシフト率100%）となり、系統電力の平準化に貢献する動作を確認できた。
- 省エネ性能評価で用いた電力シミュレーションによって、今回の北九州実証と同条件（DP対象日のみ、ピークタイム4時間）で、標準家庭モデルの年間でのピークシフト率を計算した結果、蓄電池容量が2kWh以上あれば年間ピークシフト率が100%となり、実データに対する裏付けを得た。

★本実証事業における、当初計画に対する達成状況は以下の通り。

実施内容／目標	状況	主な成果
直流給電システム構築	○	・主要機器の試作、直流給電住宅システムの構築
省エネ性能評価 ／省エネ率 <u>10%</u>	○	・交流給電に対する省エネ効果算出手法を確立 ・実測値とシミュレーション結果から、本実証システムの省エネ効果と、省エネ率10%以上の実現可能性を示した
地域 EMS 連携効果の確認 ／ピークシフト率 <u>50%</u>	○	・CEMS との連携によるピークシフト制御を実現 ・実証住宅で蓄電池（2.1kWh）の運用でピークシフト率100%を達成