

東京大学生産技術研究所実験住宅「COMMAハウス」における 住宅エネルギーマネジメント実証実験の状況

東京大学生産技術研究所（所在：東京都目黒区、所長：中埜良昭）は、2020年に広く普及するスマートハウスを目指し、東京大学駒場Ⅱキャンパス内の実験住宅『COMMAハウス（コマハウス：COMfort MAnagementハウス）』において、エネルギーマネジメントの実証実験を行っています。

COMMAハウスは、

1. 家電・機器分野と建築分野の関係者の連携による住宅トータルとしての快適性、意匠性の追求
2. さまざまなメーカー・異業種の機器の協調運用を行う、マルチベンダーのオープンなシステム
3. ライフスタイルの提案など、蓄積データの最大活用

を目指し、2011年8月の設備完成後、さまざまな基礎的実験と住宅用エネルギーマネジメントシステム（HEMS⁽¹⁾）構築を進めてきました。2年弱の成果は以下の通りです。

- 計測した情報や電力需給情報、気象情報などを取り込んだエネルギーマネジメント装置と住宅設備、機器の連携プラットフォーム（ECHONET Lite など）の動作確認
- 住環境情報と連携した窓・エアコンの制御機能、電力需給調整と協調した蓄電池の制御機能の追加と、見える化機能の強化
- 建物特性を活かしたエネルギーマネジメントのためのウィンドキャッチャー効果、ブレケーリング、開閉式膜天井などの住宅及び設備特性の把握
- 水回り設備、給湯設備、蓄電設備などの個別機器の動作検証と情報・制御連携

これらの成果から、省エネルギーを実現し、全体のエネルギーシステムと協調しつつ、創るエネルギーと使うエネルギーの需給バランスを確保する快適でサステナブルな2020年のスマートハウスへ、数歩近づけたと考えます。

(1) HEMS (Home Energy Management System) : センサやITを活用し、住宅のエネルギー管理を行うシステム。



- 太陽光発電、太陽光集熱器 + CO₂冷媒ヒートポンプ給湯機
- 夏の日差しを避ける深い軒と外付け可動ルーバー
- 高断熱サッシ:サーモスH
- 風を取り入れる採風サッシ
- 気密・断熱・耐震性能に優れたスーパーウォール工法
- 冬の陽射しを入れる広い南面開口



【COMMAハウス外観】

【本件に関するお問い合わせ先】

東京大学生産技術研究所附属エネルギー工学連携研究センター 特任教授 荻本 和彦

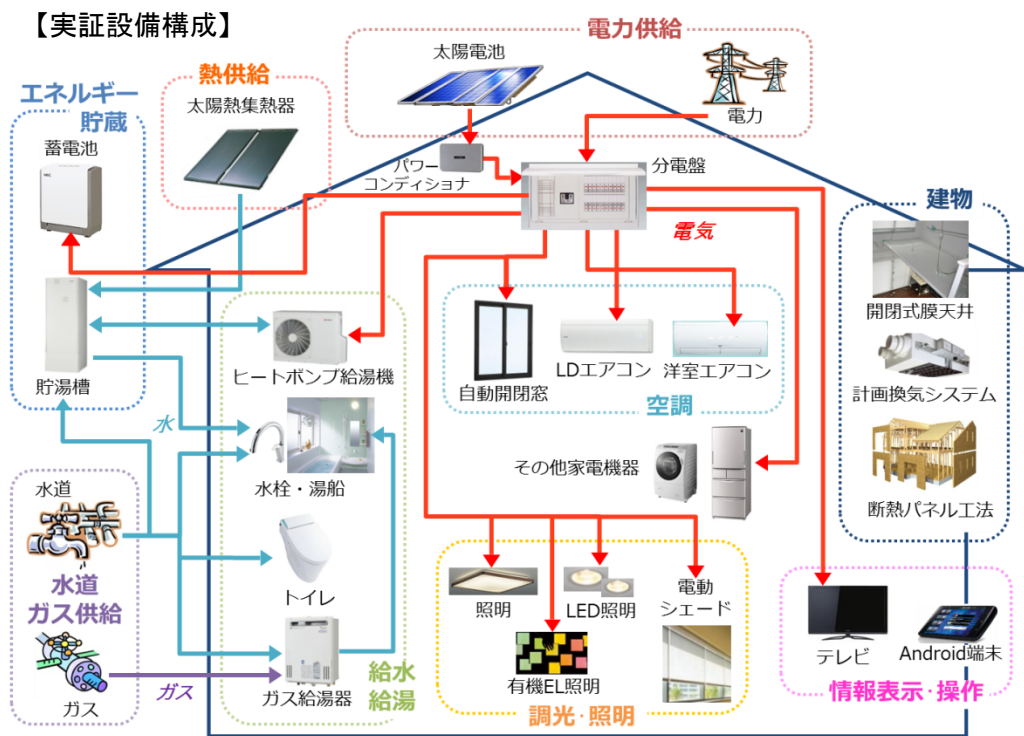
Tel : 03-5452-6714, メール : ogimoto@iis.u-tokyo.ac.jp

住所 : 東京都目黒区駒場 4-6-1 駒場Ⅱキャンパス As-210

■実験住宅の概要

- ① 建物規模： 一般戸建て住宅想定 延床面積 93.31 m²
- ② 住宅性能： 2020年頃の一般的な断熱・気密性能を有する住宅（東京地区を想定）
設備・空間・断熱性能などを調整可能（断熱性能の可変範囲：Q値⁽²⁾ 1.6~2.4W/m²K）
- ③ 主要機器：
太陽光発電システム、ヒートポンプ給湯機、ガス給湯器、太陽熱集熱器、定置式リチウムイオン電池、エアコン、LED/有機EL照明、自動開閉窓、電動シェード、開閉式膜天井、分散エネルギーマネジメント装置、制御入力/表示機器など
- ④ 設置場所： 東京大学駒場Ⅱキャンパス（東京都目黒区）敷地内

(2) Q値：熱損失係数のことで、住宅の断熱性能を数値的に表したものの。値が小さいほど断熱性能が高いことを表す。



■実証実験の紹介

2011年8月の設備完成以来、通年の建物の環境特性および機器の運転特性の測定分析を行うとともに、定置式蓄電池、見える化HEMS、開閉式膜天井などの実験設備の追加、HEMS開発のためのプラットフォームのECHONET⁽³⁾からECHONET Lite⁽⁴⁾への移行、HEMSの入力情報の整備などを行いました。COMMAハウスの特徴的な実験・整備内容について紹介します。

(3) ECHONET：電灯線や無線を利用して家電機器の制御を行うための家庭内ネットワーク規格。1999年策定。

(4) ECHONET Lite：ITの普及に伴い、ECHONET規格を使いやすく軽量化した上で、新たに太陽光発電システムや蓄電池なども通信できるようにしたもの。2011年策定。スマートハウスの普及を促進するために、経済産業省が国内HEMS標準プロトコルとして認定している。

1. エネルギーマネジメントの構築

1) プラットフォームと環境情報取り込み

住宅におけるエネルギーマネジメントを構成するサーバ、エアコン、電動窓、電力計測ユニットのECHONET Lite化を実施しました。

エネルギーマネジメントサーバについて、でんき予報、天気の実況・予報、太陽光発電、太陽集熱の予測、温湿度など宅内環境、水回り情報などを連携して機器を制御するための入力機能を整備しました。

また、壁表面温度を埋め込みセンサで測定し、部屋温度を推定する手法を検証・評価し、HEMS への取り込みを行いました。

2) マネジメント機能の実現

初期段階の取り組みとして、以下の機能を開発しました。

・住環境情報連携一窓・エアコン制御：

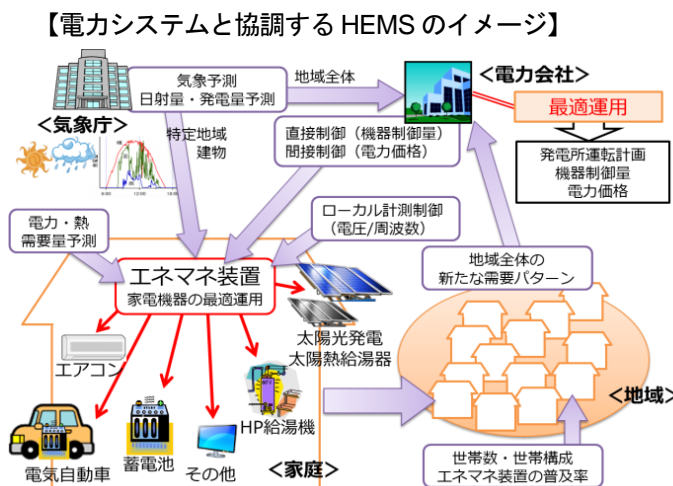
室内温度や外気温度、風速や風向、天気予報の情報を取り込み、窓の開閉やエアコンの ON/OFF を連動して制御する機能を構築しました。室内温度と外気温度によって窓の開放とエアコンの利用を切り替え、また、効果的に風を取り込むために、風速や風向によって開放する窓を自動的に選択します。天気予報が雨の場合には、窓は自動的に閉まります。

・電力需給協調一蓄電池制御：

蓄電池システムと太陽光発電システムを組み合わせ、電力需給情報を反映した「でんき予報（東京電力提供）」と連動した節電マネジメントシステムを構築し、その動作を検証しました。通常時は、居住者が満足できる、また、需給逼迫時は社会がうまく機能するシステムを目指しました。

・見える化効果の強化：

クラウド型のエネルギーマネジメントシステムを導入し、テレビ、タブレット端末で情報を閲覧できるようにしました。



2. エネルギーマネジメントに貢献する建物特性把握のための実験

1) 新しい環境部材⁽⁵⁾による通風・採風実験

COMMA ハウスの特徴は、通風機能の充実です。建物の南面をダブルスキン⁽⁶⁾とし、外付けの可動ルーバーや、地窓・ハイサイド窓を含め 68 の窓を配置しています。

実証実験では、建物の基本的な通風機能を確認することを目的として、電動サッシによるウィンドキャッチャー効果を検証し、その効果が得られない場合に比べておよそ 10 倍の換気量を得られることができました。

(5) 新しい環境部材: 実験用に試作した外付け可動ルーバー、通風室内建具。
 (6) ダブルスキン: 二重の外壁とその間の緩衝空間によって、主に夏場の環境制御(日射遮蔽、通風)と室内からの眺望コントロールを行う手法。深い軒・庇に、広縁を設けた和風建築の特徴でもあります。



2) 地窓、高窓の効果

COMMA ハウスは、屋外が静穏である場合でも、地窓、高窓を組み合わせた温度差換気によって、外の涼しい空気を室内に取り込むことができます。これを検証するため、空気の流れを可視化する風船を用いた実験を行いました。換気開始後、LDK にあった風船は上昇気流に乗って徐々にロフトに上がり、高窓まで到達したことから、温度差換気によって外の涼しい空気が地窓から入り、室内の熱が高窓から排出されることが確認できました。



COMMA ハウスは、屋外が静穏である場合でも、地窓、高窓を組み合わせた温度差換気によって、外の涼しい空気を室内に取り込むことができます。これを検証するため、空気の流れを可視化する風船を用いた実験を行いました。換気開始後、LDK にあった風船は上昇気流に乗って徐々にロフトに上がり、高窓まで到達したことから、温度差換気によって外の涼しい空気が地窓から入り、室内の熱が高窓から排出されることが確認できました。

3) 住宅・エアコンモデルとプレクーリング

COMMA ハウスの建物とエアコンについて消費電力と快適性の関係をモデル化しました。さらにこの結果を用いて、需要シフトの手法であるプレヒーティング、プレクーリングの効果を、快適性やピーク削減効果などから評価しました。

4) 開閉式膜天井

COMMA ハウスのリビングにおける吹き抜け部は、夏季は通風や開放感の点で長所となりますが、冬季は暖房の効果が落ちます。これに対して、1階と2階を仕切る開閉式の膜天井を新たに設置して、暖房効率の改善効果が得られることを確認しました。

3. 個別設備の機能追加・評価

1) 水回り

超節水トイレ（洗浄水 4L）、センサで出止水するキッチン用水栓、センサの電力を水の流れてまかなう自動水栓に加え、風呂などの湯水使用量の測定機器および見える化端末を設置し、動作を検証しました。

【水回りの見える化】



2) 住宅用蓄電池システム

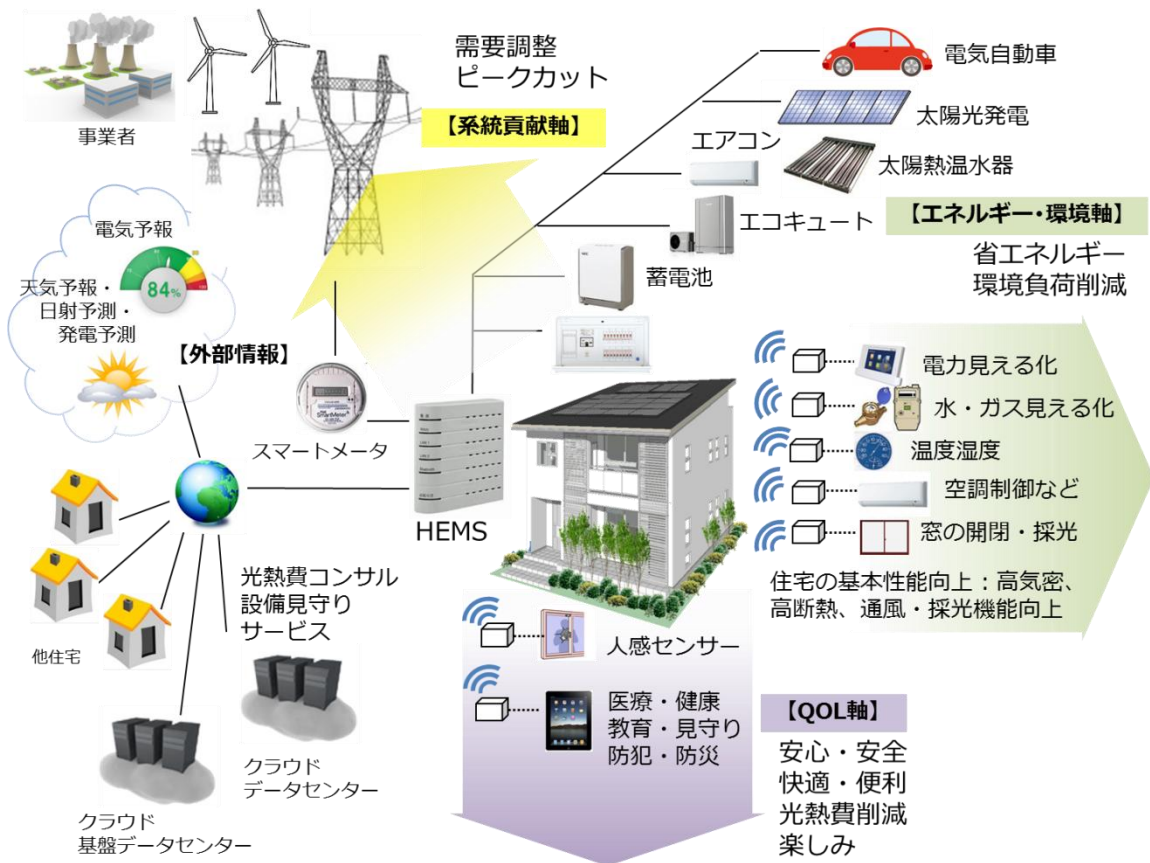
市販されている蓄電池システムを導入し、ECHONET Lite で制御を行うゲートウェイを開発することにより、HEMS に対して状態を通知し、HEMS から動作を指示できるようにしました。また、太陽光発電システムの発電量と宅内需要に対する連携運転を実施し、設計通りの動作を確認しました。

3) 給湯システム

太陽熱集熱器と組み合わせた給湯システムの運用データを解析し、モデル化を進めています。

■今後の進め方

これまでに整備したプラットフォーム、住宅設備と機器との連携、環境情報の取り込み機能を活用して、外気環境、住宅環境、機器情報、系統側の電力需給情報等に基づき、HEMSの基本要件である住宅の省エネルギー、CO₂排出量削減（エネルギー・環境軸）、エネルギーシステム全体の需給調整力の大幅向上（系統貢献軸）、さらにはエネルギーを越えたより高い価値（QOL軸）の三軸の高付加価値の実現を目指し、より広い協同の体制を作りつつ、実証実験を続けていきます。



【2013～2015年度のスケジュール】

実施期間 2011年8月～2016年3月（期間終了後撤去予定）※2010年5月計画開始

| 実施項目 | 2013年度 | | | | 2014年度 | | | | 2015年度 | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|--------|----|--------|---|---|---|--------|---|---|---|
| | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
| 家の快適性の評価・検証 | 測定・分析 | | 快適制御実験 | | モデル開発 | | | | | | | |
| 見える化システムの展開 | アプリへの展開 | | | | | | | | | | | |
| エネマネ装置による住宅機器の省エネ運転 | | エネマネ装置設計・作成 | | | 実装 | | | | | | | |
| エネマネ装置による住宅機器の節電運転 | エネマネ装置設計・作成 | | | 実装 | | | | | | | | |
| エネマネ装置による住宅機器の電力システムとの協調制御 | | エネマネ装置設計・作成 | | | 実装 | | | | | | | |
| エネマネ装置によるQOL向上 | | エネマネ装置設計・作成 | | | 実装 | | | | | | | |

■実証実験プロジェクト推進体制

東京大学 生産技術研究所

| | |
|-----------|------------------|
| 荻本和彦特任教授* | (エネルギー需給システム) |
| 大岡龍三教授 | (都市エネルギー工学) |
| 鹿園直毅教授* | (熱エネルギー工学) |
| 岩船由美子准教授* | (持続型エネルギーシステム) |
| 今井公太郎准教授 | (空間システム工学) |
| 川口健一教授 | (空間構造工学) |
| 野城智也教授 | (プロジェクト・マネジメント学) |

* 東京大学生産技術研究所附属エネルギー工学連携研究センター

共同研究先

| | |
|-------------------|--|
| 株式会社 LIXIL | (通風・採風、水回り見える化) |
| 東芝ソリューション株式会社 | (エネルギーマネジメントサーバ) |
| 日本電気株式会社 | (家庭用蓄電システム) |
| 株式会社ファミリーネット・ジャパン | (エネルギーマネジメント) |
| 東京電力株式会社 | (電力システム) |
| 株式会社野村総合研究所 | (HEMS 道場 ⁽⁷⁾ などからの QOL アプリ) |

(7) 野村総合研究所が運営する HEMS アプリビジネスマッチングの場

実験住宅の設備機器設置等への協力

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| LCS 低炭素戦略センター (JST) | |
| 株式会社ウェザーニューズ | (気象情報の提供) |
| 三共商事株式会社 | (開閉式膜天井) |
| シャープ株式会社 | (太陽光発電システム) |
| 太陽工業株式会社 | (開閉式膜天井) |
| 東芝ホームアプライアンス株式会社 | (空調機ほか) |
| 東芝ライテック株式会社 | (ECHONET/ECHONET Lite 対応 HEMS 機器) |
| 三菱化学株式会社 | (有機 EL 照明) |
| 矢崎総業株式会社 | (太陽熱集熱器・給湯システム) |
| 山田照明株式会社 | (一部照明) |
| ルートロン アスカ株式会社 | (一部照明／電動シェード／制御ユニット) |