

## 2015 年度 SFC 研究所プロジェクト補助研究報告書

### 研究テーマ

慶應型共進化住宅開発におけるユーザー評価と行動変化に関する研究

### 申請者

大学院政策・メディア研究科 教授 池田靖史

### 助成研究補助額

450千円

### 研究の背景と目的

社会的な必要性が高い総合的な環境共生住宅建築

CO<sub>2</sub>削減のなかでも、増加傾向にある住宅建築で使用されるエネルギー消費量削減は重大な課題である。

国土交通省と経済産業省の告示において、改正省エネ基準の施行が、住宅については2013年10月1日からなされた。改正省エネ基準は、住宅性能表示制度や長期優良住宅認定制度における省エネ性能評価方法への反映も予定されている。

国土交通省と経済産業省、環境省の3省による方針では、2020年をめどにすべての新築建築物に対して改正省エネ基準を適合義務化させるとしている。今後、こうした基準に適合する住宅の大規模な普及が産業界に求められている。また資源循環としては運用時だけでなく建設時、廃棄時や長寿命化と合わせたライフサイクル全体の問題として捉えられるべきであり、太陽光発電などを利用した再生可能エネルギーの創出と住宅の寿命全体でのCO<sub>2</sub>の収支をマイナスにするライフサイクルカーボンマイナス住宅(LCCM住宅)が住宅政策の目標の一つである。その一方で日常生活を送る住環境には居住者の健康に与える影響が大変大きいと考えられる事から、高齢化社会を迎えている我が国にとって、住宅による健康維持・増進と環境負荷低減は連動した課題である。また自然災害などからわれわれの社会生活を護る住宅の役割を捉えたとき、構造的な頑強性だけでなく、エネルギーの安全性を確保することや、お互いに助け合える地域コミュニティを促進することなども同時に住宅建築の課題として考えなければならない。つまり住宅建築における環境負荷の低減、健康維持・増進、安全で快適な社会生活の実現という3つの課題の高い次元での達成が学際的で総合的な重要課題である

SFC研究所環境－文化再生デザイン・ラボでは、一昨年度から「慶應型共進化住宅開発実験」の産学共同研究コンソーシアムを結成して、事業で建設された実験住宅を慶應義塾大学SFCキャンパス敷地内に解体移設し、年間を通じた実際の居住実験による環境性能実験データを取得する研究に着手して来た。本研究では様々な分野で取り組まれている高度な環境性能を目指した建築工法や、先進的な住宅環境設備などを総合的に導入しつつ、今後のライフスタイルを模索する実験モデル住宅を使って、実際の生活状態における先進的な環境制御やエネルギー管理手法と健康維持効果や快適性、効率性、信頼性などの関係について実践的データとユーザー評価を取得分析する事を目的とする。なぜなら住宅建築におけるエネルギー節減方策には設備機器の性能だけでなく、誰にも使いやすいユーザーインターフェースや、住民の快適性を損なわずに生活行動を誘導する効果などの生活様式的な要因が大きいためである。また、個々の技術の個別な技術の効果でなく、居住生活全体として把握できる事で提案モデル住宅の実現性や経済性なども考慮した実証が可能になると考えられるからである。



慶應型共進化住宅 2014年6月にSFCに移設建築されている

## 研究の活動と成果

様々な居住状態から環境と行動のデータを取得し分析

本研究では食事や睡眠など実際の居住行為におけるエネルギー利用の実体、環境制御の効果、利用者の行動や体調変化などについて、自然の気候条件下において測定する方法をとる。本実験住宅の大きな特徴として、多様な環境センサーや機器の動作情報をモニターできるため、一般的な方式に比べて大規模かつ詳細なデータが取得蓄積できる点に特徴があり、居住環境と居住者の活動、機器制御の試行などによる差異についてデータの統計学的な分析で得られた知見をまとめた。

## 年間を通じたデータ推移

慶應型共進化住宅（以下、コエボハウス）における年間（2014年8月下旬～

2015年10月末)を通した各種データを、組み合わせ比較することで、季節によるデータの相違や、移設から現在までの状態変化を把握した。尚、本項で取り扱うデータ及び添付の図(グラフ)はいずれも日積算値である。(温湿度データを除く。)図1は、コエボハウスにおける各種エネルギー量を、日積算かつ年間を通して複合したグラフである。電力消費量と発電量、またエネファームにおける発電において利用されるガス消費量はそれぞれJ(ジュール)換算を行い、棒グラフで表した。また、「エネルギー消費量-自給料」の値を算出し、これを線グラフで表した。この値は日別のエネルギー自給量を表しており、値がマイナスとなった日(図1上で0MJの実線より線グラフが下回った日)は自給率100%を達成した日である。

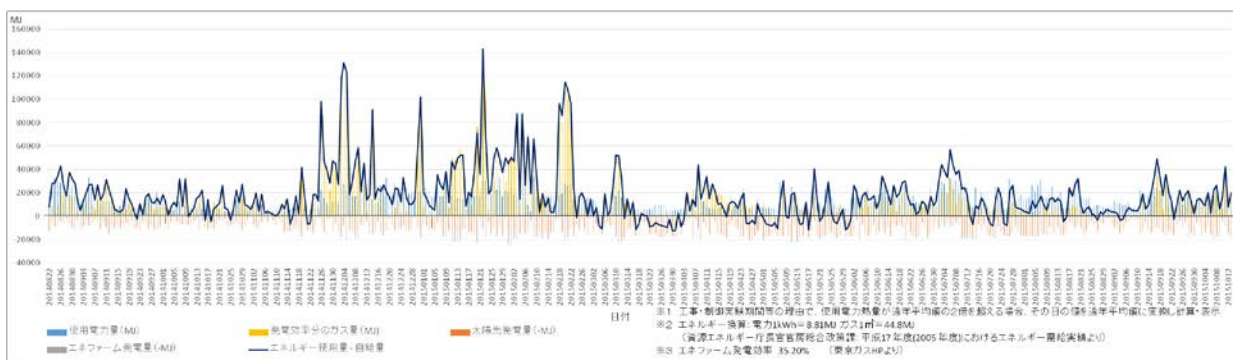
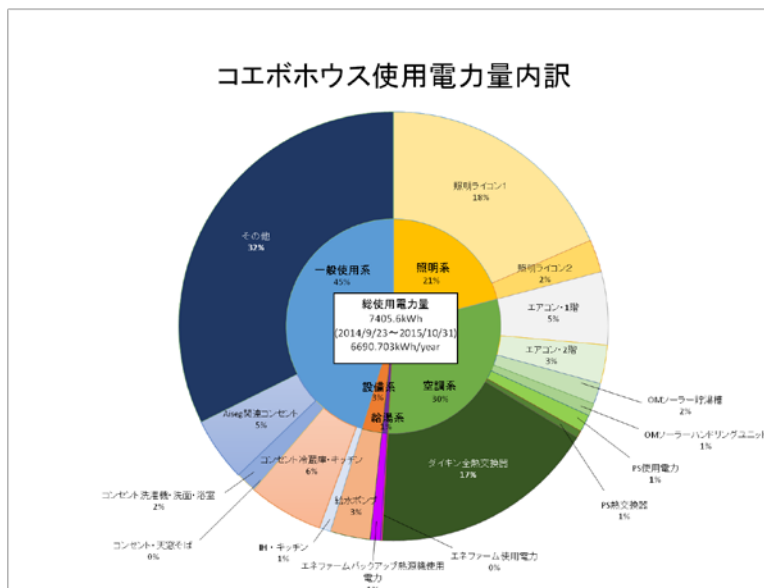


図1：年間日積算エネルギー収支



## 冬季・夏季日別エネルギー収支比較

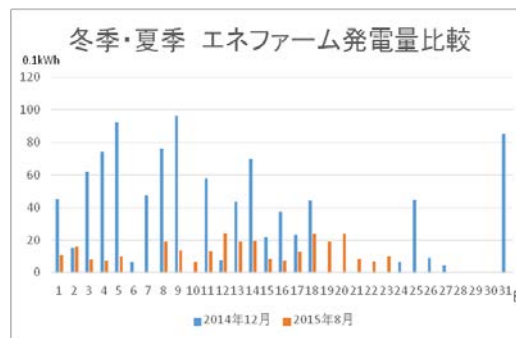
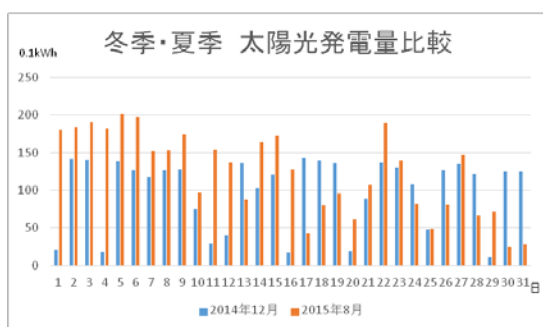


図2 冬季・夏季太陽光発電

図3 冬季・夏季エネファーム発電量

図2・3は、太陽光パネルとエネファームの発電量比較だ。日照時間の長い夏季は太陽光発電量が冬季に比べて多く、一方で寒くお湯を使う冬季はエネファームによる発電が夏季より多いことが確認できる。また、図4の総発電量のグラフから、発電量を総合すると、冬季の方が夏季よりも発電量は大きいといえる。

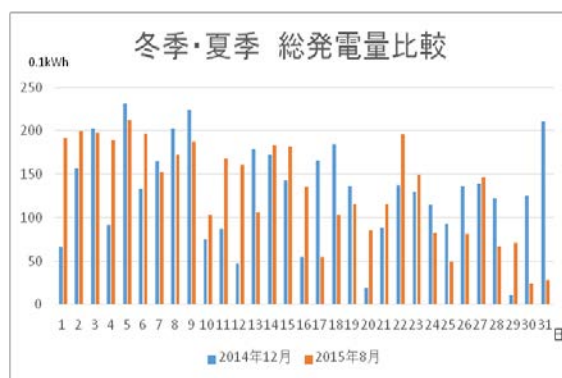


図4 冬季・夏季総発電



図5 冬季・夏季主幹売電量

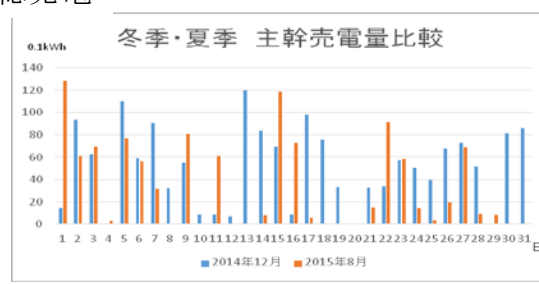


図6 冬季・夏季主幹買電量

図5・6は、主幹買電量と主幹売電量の比較で、両者ともに冬季が多い結果となっている。発電量の多さと売電量の多さが比例していることは蓄電池に充電できる電力量が少ないことを表しており、冬季に発電量が多いにもかかわらず買電量が多いことは、充電電池からの放電が完了した夜間の電力消費量が多いことを意味している。

慶應型共進化住宅という実験モデル住宅を使って、先進的な省エネ住宅の居住状態を再現することで、年間を通じた自然条件と実際の生活における環境制御やエネルギー管理手法と健康維持効果や快適性、効率性、信頼性などの関係について実践的なデータをできるだけ取得分析し、自然条件と実際の利用時における環境制御手法やエネルギー管理手法の効果や、居住者の健康状態、快適性、行動変化などについて総合的に分析と評価を行った。取得したデータを分析した結果、実際には本研究期間内で慶應共進化住宅における「ゼロ・エネルギー生活」は達成されていないことが明らかになった。しかし、それは本住宅が「ゼロ・エネルギー住宅」ではないということを示している訳でもない。今回の分析から「年間ゼロ・エネルギー生活」を達成できる見込みは十分あると考えられるが、本研究期間内にはあえてそれを目標に居住条件などを調整することを避け、当初の設定に基づいて特殊な実験目的がない限り、特別な意識をせず自由な居住状態を再現してもらった、いわばベースライン調査の結果である。その意図としては、機器使用の総合的制御や居住者への意識付けなどによる様々なチューニング効果については、次年度以降開始するものと考え、その比較ベンチマークとしてのデータが必要と考えたためである。実際にそのデータはむしろ今後の展開について様々な示唆に富む物である。こうした今後の展開への示唆以上に重要と思われることは、今回とられたビッグデータ的手法による評価分析と研究の可能性であると考えられる。実際にここに示されたのはそれぞれの単体データの1次的な評価に過ぎないが、時系列な同期をとることで、必要な部分だけを取り出して集計し、様々な要因と相互参照すれば、今後もこのデータから様々な読み取りが可能であることが、改めて示された。人間の生活行為は多様で個人差や偶然に左右される要因が大きい。そもそも今回の結果でもあるようにどんな住宅でも旅行などで不在のときもあれば、パーティーなどで特殊な状態もあるのが普通であり、同じ人間であっても省エネに関する動機付けが毎日同じとも限らない。これまで見過ごされて来たこうした変動を明らかにして、適応させる技術こそが問題にされるべきだとも言える。

### **アジアの環境問題に貢献する住宅建築モデルを目指す産学ネットワークの形成 (コンソーシアムⅢ期の開始と新規企業の参加)**

本研究は国内の住宅建設需要だけではなく、東南アジアの近隣諸国における環境問題への対応を視野に入れている。経済成長に伴い、都市部を中心に大気汚染、水質汚濁等の環境問題が顕在化するアジアでは、その対策が喫緊の課題となっており、こうした問題の解決を図るため、課題先進国の我が国の経験に基づく様々な環境技術を展開すること期待されている。

第Ⅱ期コンソーシアムが2015年10月末で終了し、2015年11月から新たにⅢ期の期間を開始した。Ⅲ期の期間は2015年11月から2017年3月まで予定し新規企業の参加によって、これまで構築してきた慶應型共進化住宅のインフラをさらに発展させる研究の場として活用した。これによって慶應型共進化住宅を対象として被験者による居住実験を中心に、省エネルギー機能の高度化として住宅内の電源供給設備の直流化やHEMS (Home Energy Management System)での空調最適システムの提案と実証、また当該住宅で取得可能な各種データを基にした省エネルギー機能の評価等のテーマを中心にさらなる研究を推進している。

### 高齢化社会を健康に安全に暮らし、環境と融和するライフスタイル像を提示し、その実現性と意義を啓蒙

本研究はエネルギーの消費節減や環境への融和方策が決して生活レベルの低下を意味しないだけでなく、むしろ住宅に住まう事自体によって健康を維持増進する効果や、災害に対する安全や安心を確保する効果にも繋がる価値を持つことを現実のモデルとして一般消費者に提示する。高齢化が課題となる我が国においては、その点で社会的な意義が大きいと考えられる。そして実証データとともに、その優れた温熱環境や日常生活における影響を実際に触れ、使ってみる事で体感的に理解させることが、今後の住宅環境技術の普及への大きな足がかりへとなる。このモデルを通じて、LCCM 住宅の意義と実現可能性について社会に幅広く浸透させ、住宅によって健康を維持増進することの重要性に注目を集める事の影響は大きい。

今年度行われた外部への発表活動は以下の通り

#### 論文（査読あり）（英文）

1. Implementation of Household's Amenity Maintaining System Based on Behavior Estimation, Procedia Environmental Science, 2016, Shoki Kawano, Tomoya Imanishi, Yasushi Ikeda, Hiroaki Nishi, Eiko Uchiyama

#### 論文（査読あり）（和文）

1. 夏季の冷房方式が睡眠に与える影響に関する被験者実験、2015年度 日本建築学会学術講演梗概集、pp. 329-330、2015、本多英里、伊香賀俊治、池田靖史、内山映子、平山禎久、海塩渉

#### 国際会議（査読付）

1. Grasping the Present Performance of Energy Conservation in "Keio Co-Evolving House", 20th Inter-University Seminar on Asian Megacities (IUSAM) 2015, Manila, Philippines, Aug 28, 2015, Yuto Sasaki, Shouki Kawano, Yasushi Ikda, Eiko Uchiyama

2. Implementation of Household's Amenity Maintaining System Based on Behavior Estimation, The international conference on Improving Sustainability Concept in Developing Countries, Cairo, Egypt, Dec 5-7, 2015, Shoki Kawano, Tomoya Imanishi, Yasushi Ikeda, Hiroaki Nishi, Eiko Uchiyama

#### 学会発表（和文）（査読付）

1. 夏季の冷房方式が睡眠に与える影響に関する被験者実験、2015年日本建築学会学術講演会、東海大学、2015年9月6日、本多英里、伊香賀俊治、池田靖史、内山映子、平山 禎久、海塩 渉
2. 活動量を考慮した睡眠時快適温熱環境を提供する HEMS、第44回日本医療福祉設備学会、東京ビッグサイト、2015年11月22日、河野翔貴、西宏章  
講演・セッション・展示
1. 【セッション】住環境がもたらす健康・住宅から取り組む未病、SFC Open Research Forum  
2015、東京ミッドタウン、2015年11月20日、池田靖史、伊香賀俊治、佐久間信哉、内山映子
9. 【展示】慶應型共進化住宅開発実験実証プロジェクト、SFC Open Research Forum  
2015、東京ミッドタウン、2015年11月20-21日、慶應型共進化住宅開発実証実験研究コンソーシアム

#### 地域の政策やまちづくりを意識した研究連携の促進

平成24年10月からはSFC研究所が神奈川県から受託した「Me-BYOハウスプロジェクト」に協力することになり、日常生活の拠点である住宅を健康や健康管理のための重要な拠点とすることにより健康長寿社会の実現を目指す研究プロジェクトの一環として、様々な健康管理データを取得できる機器を追加導入し実際に生活の中で日々のデータを収集・分析するための検証研究を分担することになった。

ここでは未病産業の国内外への展開を促進するため、コエボハウス内に日常生活における健康データ等を測定する最新のデバイス・機器（以下「機器等」という。）を導入し、実際の生活の中で、日々のデータを収集、分析し、社会実装していくための実証実験を開始した。導入した複数の機器を機能させていくためのデータ連携システムのプロトタイプを作成と検証を行い、今後の事業展開についての検討を行っている。