

## 省エネ行動による環境負荷削減効果に関する研究

——実験住宅での冬期実証実験からの検討——

A Study on the Environmental Load Reduction Effect by Actions of Energy Conservation  
—Analysis from a Winter Experiment in Experimental Housing—

住居学科	飯尾 昭彦	高須 直子	諸川 まり
Dept. of Housing and Architecture	Akihiko Iio	Naoko Takasu	Mari Morokawa

**抄 録** 本研究の目的は、生活行為、省エネ行動の面から住宅における省エネルギー手法を検討することである。そのために、実験住宅において複数家族による省エネ行動とそれによるCO<sub>2</sub>削減効果に関する居住実験を行った。本稿ではそのうち冬期についての分析結果を示した。実際に同一建物において実証実験をすることで、より家族の特性や行動習慣、生活パターン、そして細かいエネルギー消費量を把握する事が出来る。1家族の居住期間は2週間であり、1週目は普段通りの生活をしてもらい、計測結果を参考にライフスタイルに応じた省エネ行動の提案を行った。2週目からは提案した省エネ行動を可能な範囲で実践してもらい、1週目と2週目の消費エネルギー量の比較を行った。それにより、家族ごとに、家族の生活スタイル、機器の使用方法、意識変化などとともに冬期の省エネ行動によるCO<sub>2</sub>削減効果を把握した。

**キーワード**：実験住宅、CO<sub>2</sub>削減、居住実験、省エネ行動、エネルギー消費量

**Abstract** This study focused on reducing CO<sub>2</sub> with regard to normal daily life and public concern about energy saving. It also looks at a number of energy conservation measures taken by families living in experimental housing. This analysis was carried out during the winter season, taken with account such factors as individual family characteristics, habit of individual members, life cycles, and levels of energy consumption. Each family had to live at the experimental house for two weeks. For the first week, they carry on their lives as usual. On the other hand, they try to change their life style to save energy during the second week following some proposals by the researchers after looking at their behavior patterns during the first week. This research shows the difference in levels of energy consumption by comparison between the first and second weeks, and was therefore able to calculate the effect of reducing CO<sub>2</sub> during the winter season by energy conservation measures relating to their life style, the way they use the machines, and their overall environmental awareness.

**Keywords** : experimental house, reducing CO<sub>2</sub>, residential experiment, actions of energy conservation, energy consumption

### 1. はじめに

現在、温暖化等の地球環境問題への対策として、環境負荷の低減が求められており、住宅分野においても省エネルギー化をすすめることが急務である。それに伴い、住宅では高断熱高気密住宅や、パッシブソーラーハウス、省エネ家電が注目されている。

住宅性能や高効率機器だけに頼るのではなく、ライフスタイルにあった機器の使い方により省エネルギー効果が向上するという知見もある。

実験住宅での実証実験では、複数家族を用いた居住実験を夏期・中間期・冬期に行った。本報告では、そのうち冬期についての分析結果を示した。アンケートによって、省エネ行動や省エネ効果が導か

れている既往研究はあるが、同一建物において複数家族に対して最適な省エネ生活を提案しようという研究はほとんどされていない。アンケートは記入者の感覚や捉え方の違いなどで必ずしも正確な回答が得られるわけではないといった側面もある。よって本研究では、実際に同一建物において実証実験をすることで、より家族の特性や行動習慣、生活パターン、そして細かいエネルギー消費量を把握する事が出来る。本研究プロジェクトでは省エネ生活により、負荷を削減し、各家族にとって最適な住まい方を提案して化石燃料に依存するエネルギー消費量を削減することを目的とする。

## 2. 調査概要

被験家族には実験住宅に2週間居住してもらった。居住実験1週目は普段通りの生活をしてもらい、1週目の計測結果を参考にライフスタイルに応じた省エネ行動の提案を行った。2週目からは提案した省エネ行動を可能な範囲で実践してもらい、1週目と2週目の消費エネルギー量の比較を行った。

実験中は電力・温度・湿度などの計測（5秒間隔で常時測定）を行った。詳細を表1に示す。また一人ひとりの居場所や行動がわかるように15分ごとにアンケートへの記入や窓開閉状況・暖房機器使用状況などがわかるアンケートへの記入を求めた。ヒアリングは居住実験前・1週目終了時・2週目終了時・1ヶ月後に実施し、生活の様子や省エネ行動の実践度・負担度・継続性などを把握した。居住者に行ったものを表2に示す。

## 3. 建物概要

### 3.1 住宅概要（高断熱化、自然環境の活用）

実験住宅の内部構成は階段室が中央に置かれており、その周囲に居室が取り付く形となっている。居室はスキップフロア状の構成となっていて、FRPグレーチング等で仕切られ、適度なプライバシーを保ちつつ、光や風を通すものとしている。また、真空トリプルガラスと熱橋なしの断熱構法によって、家全体の断熱性能を高くしている。外構では遮熱性舗装や緑化ブロックを導入しており、L型のステンレスの庇は上部だけでなく、側面からの日射も遮る役目となっている。


表1 常時計測項目

電力	照明、家電等	93点
流量	キッチン、風呂等	48点
室内温湿度	各部屋、階段室	18点
熱流量	各部屋外壁、床下ピット、上流、下流土間表面	15点
屋根温度	表面温度、空気温度等	67点
外部気象	外気温湿度、外部風向、風速、降雨量、日射量	13項目

表2 居住者実施内容

事前資料	自宅の図面、照度、騒音、消費エネルギー量（過去2年）	居住実験前回収
居住実験中アンケート	在室状況、温熱感、明るさ感（1人ずつ） 家電使用状況、窓開閉状況（家族共同）	毎日15分ごと 毎日使用時間
ヒアリング	省エネ行動の実践度（家族共同）	実験前・中、1ヶ月後
活動量計	安静時代謝量、活動量（1人ずつ）	常時携帯
ブログ	着衣量、食事内容、食洗機モードなど	毎日昼・夜2回

表3 建物概要

敷地	所在地	神奈川県横浜市（IV地域）
	周辺状況	 <p>東面道路 主開口：南向き 高さ：2層分 崖</p>
建物	延床面積	165 [m <sup>2</sup> ]
	気積	577 [m <sup>3</sup> ]
	Q値	1.78 [W/(K・m <sup>2</sup> )]（実測）
	構造	在来軸組工法

### 3.2 設備概要（化石エネルギーの効率的利用）

#### 3.2.1 空調換気機器

空調機としてトップランナーエアコンを使用し、冬期には太陽熱空調、温水式床暖房、ペレットストーブも使用した。設置場所を図3、仕様を表4に示す。また第一種換気を採用している。温水床暖房の熱源は、ガス瞬間給湯機、灯油瞬間給湯機、燃料電池（LPG）であり、切り替えることが出来る。



図1 建物外観



図2 建物内観

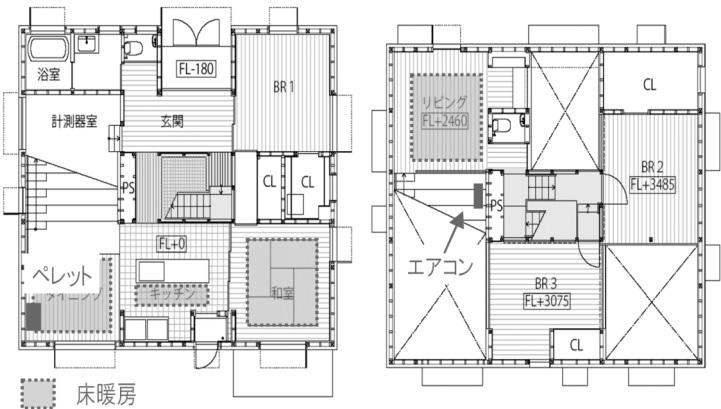


図3 冷暖房設置個所

表4 冷暖房機器（定格）

ルームエアコン	冷房：4.0 kW（COP4.73） 暖房：5.0 kW（COP5.68）
ペレット ストーブ	形式：強制吸排気型 白色木質ペレット 発熱量：最大 6.5 kW 最小 2.5 kW 熱効率：80% 定格消費電：90 W/60 W
床暖房	形式：温水式 敷地面積：21.3 m <sup>2</sup>

3.2.2 給湯機器

給湯機は、熱源機を複数搭載し、適宜切り替え可能である。潜熱回収型のガス（LPG）瞬間給湯機、潜熱回収型の灯油瞬間給湯機、燃料電池（LPG）を設置した。また、ガス瞬間給湯機、灯油瞬間給湯機には太陽熱温水器を接続可能である。給湯機器の仕

様を表5、燃料電池の仕様を表6に示す。

3.2.3 太陽光発電＋太陽熱空調（自然環境の活用）

屋根面には太陽光発電パネルを搭載している。その発電量でCO<sub>2</sub>排出量をオフセットする。また、太陽光発電パネルの下に外気を通気して集熱を行うことで、太陽熱空調を行っている。集熱効率向上の為、上端の太陽光パネル5ユニットは透過性のあるものを採用した。暖められた空気は一度床下空間を経由し、階段室中央に設けている吹き出し口から室内に投入される。各居室の排気ファンで排気することで、各居室に暖気を供給する。それぞれの仕様を表7に示す。

表5 給湯機器（定格）

ガス瞬間 給湯機	給湯能力：41.9 kW（24号）	
	追焚：9.88 kW 暖房：17.4kW	
	効率：給湯（95％） 暖房（90％）	
	太陽熱温水接続	
灯油瞬間 給湯機	給湯能力：45.3 kW（24号）	
	追焚：15.5 kW 暖房：17.4kW	
	効率：給湯（91％） 暖房（90％）	
	太陽熱温水接続	
太陽熱 温水器	貯湯槽	形式：角型 貯湯量 300 L
	集熱器	集熱方式：強制循環・熱交換方式
		給湯・給水方式：水道管直結方式
		形式：平板型集熱器
		サイズ：1002W × 2002H × 60T × 2 枚 (集熱面積 4 m <sup>2</sup> )

表6 燃料電池（LPG）

燃料電池 (LPG)	発電出力：750 W
	給湯能力：45.3 kW（24号）
	追焚：15.5 kW
	暖房：17.4 kW
	効率：発電効率（35％），排熱回収（50％）

表7 太陽エネルギー機器

太陽光発電	形式：結晶系
	パネル面積：29.25 m <sup>2</sup>
	変換効率：15.6％
	定格：5.6 kW
太陽熱空調	形式：空気集熱
	集熱面積：29.25 m <sup>2</sup>
	搬送ファン最高能力：15 m <sup>3</sup> /min

### 3.2.4 HEMS（省エネを意識した生活）

省エネ行動促進ツールとしてエネルギーモニター（HEMS）を導入している。使用電力量，太陽光発電量，ガス使用量，灯油使用量，外気温，室温，各室の使用電力等が表示される。設置場所は，ダイニングとキッチンの間であり，家族全員が見られるようになっている。

## 4. 被験家族概要

冬期居住実験の被験家族は，S家族・U家族・Y家族の3家族である。S家族は，戸建住宅居住の4人家族であり，夏期・中間期にも居住実験を行った

表8 被験家族概要

		S 家族	U 家族	Y 家族
世帯構成	父	41 歳 会社員	40 歳 会社員	40 歳 会社員
	母	39 歳 パート	36 歳 専業主婦	39 歳 専業主婦
	子供	11 歳 小学 5 年	7 歳 小学 2 年	7 歳 小学 2 年
	子供	8 歳 小学 2 年	3 歳 幼稚園	—
所在地		東京都 町田市	神奈川県 横浜市	神奈川県 横浜市
住まい		戸建住宅 130 m <sup>2</sup>	集合住宅 78 m <sup>2</sup>	集合住宅 87 m <sup>2</sup>
居住条件		太陽熱温水 システム	燃料電池	燃料電池
		石油給湯機	ガス給湯機	ガス給湯機
		太陽光発電（PV）		
実験時期		2010.1.3 ～ 1.9	2009.12.13 ～ 12.26	2010.1.10 ～ 1.23

ため，今回は2週目（省エネ生活）からの参加である。U家族は，集合住宅居住の4人家族である。Y家族は，集合住宅居住の3人家族である。詳細は表8に示す。

## 5. 実験結果

### 5.1 1週目の生活

U家族・Y家族に実験住宅での居住に慣れてもらった。

空調換気では，U家族から乾燥が気になるとの意見があったため，途中から加湿器を設置した。Y家族は自宅でも床暖房を使用しているおり，エアコンより床暖房の方が省エネという間違った知識があった。また，自宅では居る場所が限られているので，床暖房だけで暖まるが，実験住宅は広くて寒いから，床暖房とエアコンの両方が必要との意見があった。

照明では，U家族は消し忘れがあったり，Y家族は外の間接照明を点けたり，照明の点灯時間が長かった。

調理では，2家族とも冷蔵庫の設定温度を高くするなど1週目から省エネ行動が見られた。給湯では，2家族とも家族全員が入浴したら自動保温を切ったり，Y家族は浴槽水位を下げたりしていた。これらの内容を基に省エネ提案を行った。

表9 省エネ行動提案項目

	機器	省エネ行動	S	U	Y		機器	省エネ行動	S	U	Y
空調・換気	暖房全般	出かける時や就寝時は暖房器具を1時間前に切る	○	○	●	調理	冷蔵庫	設定温度を調節する	○	●	○
		カーテンやブラインドで熱の出入りを調節する（積極的に日射を取り入れる）		●	●			後ろに隙間を作る	○	○	○
		階段室上のシーリングファンを併用する	○		●		料理	ピピッとコンロのタイマーを利用する	●		
		設定温度を上げる前に着衣で調節する（ひざかけ・靴下・スリッパ）	○	●	○			パンを焼くときはグリルを使う	●	○	○
		ベレットストーブを併用する	○	○	○		電気ポット	保温時間を短くする		○	○
	エアコン	使用時間を短くする（タイマーを利用する）			○			使用しない（ガスコンロでお湯を沸かして、魔法瓶で保温）	●		○
		床暖房をつける際はレベル3から始める	○		○		炊飯器	保温時間を短くする		●	●
	床暖房	床暖房のタイマーを利用する	○		●			炊飯器を使用しない	●	○	○
		スリッパを履いたら床暖房を切る	○		○		食洗機	設定コース（ゆとり・低温・送風など）を調節する	●	○	○
	湯たんぽ	湯たんぽを使用する	○	○	○			乾燥コースを使用しない	●	○	○
	ブラインド	夕方、日射が入らなくなったら早めに閉める	○	●	●	家事・衛生	洗濯機	標準コースを選択する→外に洗濯物を干せる時や部屋干しできる時は乾燥コースを利用しない	○	○	○
		天気が悪い日はブラインドを開けない	○	○	○			水温の設定温度を低くする	○	○	○
照明	照明	無駄な明かりをつけない	●	○	○		トイレ	便座の設定温度を低くする	○	○	○
		スタンドを使用する（タスクアンビエント）			○			便座カバーを使用して保温便座をオフにする	○	○	
情報娯楽	テレビ	画面を暗くする	○	○		給湯	風呂	節水型シャワーを使用する	○	●	
		使用時間を短くする		○				湯はり水位を低めに設定する		●	
	プロジェクター	使用していないときはプラグを抜く	○	○				湯はり後すぐに家族がまとまった時間に入浴する	○	○	○
		省エネモードにする（画面を暗くする）	○	○				家族全員が入浴する場合は浴槽で入浴する	○	○	
								浴槽保温シートを使用する	○	○	○

※○は提案したもの、●は1週目から実施済みのもの

## 5.2 省エネ提案

「省エネ行動」は、1週目の生活および計測データを基に、Y家族に関しては夏期・中間期の居住実験を基に、表9のように提案した。

## 5.3 2週目の生活

省エネ提案を基に可能な範囲で省エネ行動をしてもらった。

空調換気では、ベレットストーブがすぐに暖まることや炎が見えるのがいいなど好評だった。Y家族

は床暖房生活から離れるためにスリッパを使用するなど省エネ行動を実践していた。

照明では、S家族は家全体を明るくしないで、在室している部屋のみを明るくしていた。Y家族は、就寝時以外はなるべく家族全員が同じ部屋で過ごし、照明点灯場所を少なくしていた。

調理では、炊飯器を使用せずにガスコンロで炊飯したり、電気ポットを使用せずにやかんでお湯を沸かしたり、省エネ行動を実践していた。

給湯では、S家族とY家族が入浴後に浴槽保温シー



トを使用することで追いきする必要があるという意見があった。

#### 5.4 CO<sub>2</sub>削減効果

図4に分野（床暖房、エアコン、照明、情報娯楽、調理、家事衛生、給湯）別に、Y家族とU家族のCO<sub>2</sub>削減効果を示した。

床暖房は、Y家族は2週目スリッパを着用することで床暖房を使用しなかったため大幅な削減が見られた。

エアコンは、2家族ともペレットストーブを活用したことで、使用量が削減できた。

照明は、2家族とも無駄な明かりをつけないようにするなど削減効果があった。特にY家族は積極的につける照明を減らすことや、家族が同じ部屋に居るなどの省エネ行動が見られたため、削減効果が大きかった。

情報娯楽は、Y家族は団欒の場（ダイニング）にテレビがないため、視聴時間が減ったとの意見があった。

調理は、2家族とも来客があり、調理時間が長かったことなどから、削減効果は見られなかった。

家事・衛生は、浴室乾燥を使用せずに部屋干しすることや便座カバーを使用し便座の設定温度を下げるなど省エネ行動を実践したが、2家族とも1週目よりCO<sub>2</sub>排出量が増加した。これは2家族とも自宅では食洗機を設置していないことから、食洗機の使用に慣れていないため、2度洗いするなど増エネにつながったと考えられる。

給湯は、Y家族は浴槽保温シートを使用することや節水型シャワーを使用し細かく止水することでCO<sub>2</sub>排出量を削減出来た。U家族は2週目の方が父の入浴回数が増えたことなどから、CO<sub>2</sub>排出量が増加した。

冬期における省エネ行動として、削減効果が高かった分野は、空調換気と照明であった。同じ省エネ行動でも生活スタイル、機器の使用法、意識変化などによって、出来るか出来ないかが分かれた。また機器のモードや使用法の違いでCO<sub>2</sub>排出量も異なるため、省エネ行動を行うためには使用機器ごとに性能を十分に理解する必要がある、快適性を損なわない範囲で機器に合わせた生活をすることも今後検討する必要がある。

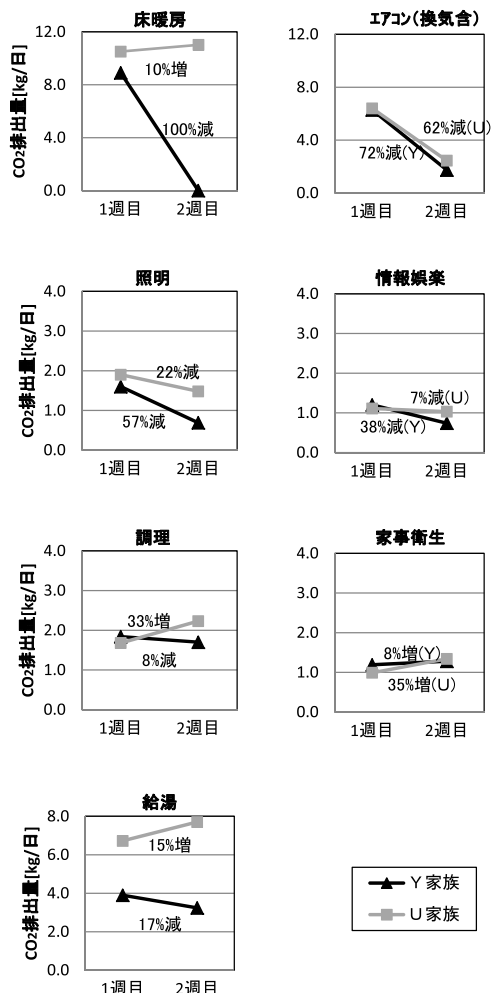


図4 分野別CO<sub>2</sub>排出量

## 6. まとめ

実験住宅において複数家族による省エネ行動とそれによるCO<sub>2</sub>削減効果に関する居住実験を行い、冬期についての分析結果を示した。実際に同一建物において実証実験をすることで、より家族の特性や行動習慣、生活パターン、そして細かいエネルギー消費量を把握する事が出来た。1家族の居住期間は2週間であり、1週目は普段通りの生活をしてもらい、1週目の計測結果を参考にライフスタイルに応じた省エネ行動の提案を行った。2週目からは提案した省エネ行動を可能な範囲で実践してもらい、1週目と2週目の消費エネルギー量の比較を行った。

削減効果が高かった分野は、空調換気と照明であった。家族によって削減効果に差があったのは、生活スタイル、機器の使用方法、意識変化などによるものと考えられる。

また、機器のモードや使用方法によってCO<sub>2</sub>排出量が異なるため、今後効率の良い機器の使い方を把握し、快適性を損なわない範囲で機器に合わせた生活をする 것도検討する必要がある。

## 謝辞

本研究は「省エネルギー技術を導入した住宅、および高エネルギー効率機器・システムの設計・評価に関する研究」の一環として実施しました。東京大学前真之助教授および前研究室の皆様、JX日鉱日石エネルギー株式会社の福本直樹様、富高賢仁様、村上禎三様にこの場を借りて謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 長谷川兼一，吉野 博，湯浅和博，千葉智成，室恵子，石田建一，三田村輝章，村上周三：低負荷型ライフスタイルの省エネルギー効果，日本建築学会環境系論文集，**608**，97-104（2007）
- 2) 菱田哲也，高須直子，佐藤 誠，高瀬幸造，諸川まり，飯尾昭彦，前 真之：温暖地におけるカーボンオフセットの検証実験 その1 研究概要と実験方法，日本建築学会2010年度学術講演梗概集，1391-1392（2010）
- 3) 高須直子，諸川まり，菱田哲也，高瀬幸造，佐藤 誠，前 真之，飯尾昭彦：温暖地におけるカーボンオフセットの検証実験 その2 夏期居住実験，日本建築学会2010年度学術講演梗概集，1393-1394（2010）