

# 「省エネにおける個人の行動改革の有効性」の検討

正会員 伊藤 裕二 ((株)日本アジルテック)

## The Effectiveness of the Individual's Behavior Improvement in Energy Saving

Member Ito Yuji (Japan Agiletech Co., Ltd.)

キーワード：省エネ，環境負荷，エネルギー消費量，CO<sub>2</sub> 排出量，行動改革

In this paper, I structured energy consumption at home and office. As a result, I led the energy consumption to be represented by the sum of the shared equipment dependency and each individual dependency. I have concluded that it is important to take energy saving measures effectively for the infrastructure part in order to achieve comprehensive energy conservation, because energy consumption by shared equipment dependence is considerably larger than that of individual dependence.

### 1. まえがき

地球温暖化への対応として省エネへの取り組みが各方面で行われている。その中で個人の省エネへの意識付けや、個人の行動変革が取り上げられることが多いが、これらが実際にはどの程度有効なのかが不明なまま行われていることが多いように思える。

そこで、実際に家庭やオフィスにおける個人に依存する消費エネルギーがどの程度なのかを調べ、各個人の意識改

善による行動変革によりどの程度の省エネ効果が期待できるのかを検討した。

### 2. 家庭における消費エネルギーの構造

#### 2.1 家族数と消費エネルギー(消費電力)量

筆者の自宅(埼玉県南部)では2005年2月の京都議定書発効に合わせてオール電化と3kWのソーラー発電を導入した。これに合わせて毎月の電力消費量や発電量など

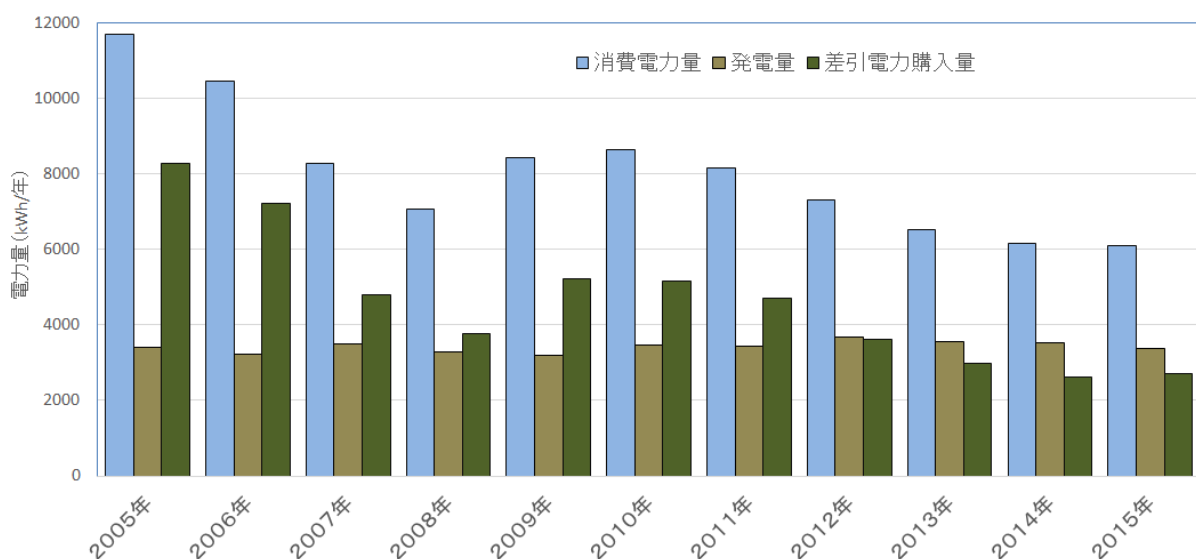


図1 伊藤家の電力消費量の推移

Fig.1 Electricity consumption of Ito family

のデータを記録することにし、その結果が図1である。

なお、“消費電力量”、“発電量”、“差引電力購入量”の関係は、“売電量”の値を入れて、下式で表される。

$$\text{消費電力量} = (\text{発電量} * 1 + \text{差引電力購入量} * 2) - \text{売電量} * 2$$

\*1:ソーラーメータより \*2:東電の請求書より

ソーラー発電導入初年度(2005年度)に対しその後の10年間で消費電力を半減することができている。発電量はその年の気候に多少左右されるがほぼ一定だ。しかし、消費電力量が減ったため自給率は6割近くになっている。また、2009年の太陽光発電電力買取価格の改定の効果もあり、ここ4年間の電気料金は差引プラスとなっている。

ところで、消費電力量が小さくなっているのは様々な省エネ策を打ったということもあるが、夫婦と3人の子供の家族数の変化の影響も考えられる。3人の子供の就学等のための別居や自立による居住家族構成の変化も考えられるため、ソーラー発電導入直後で省エネ対策があまり進んでいない2005年度~2009年度の各年度の居住家族数と消費電力の関係を単回帰分析した結果、図2のような傾向が得られた。

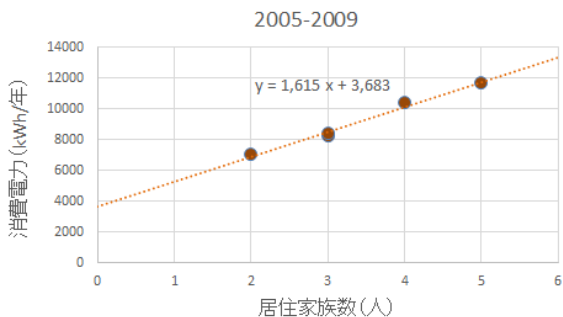


図2 伊藤家の家族数とエネルギー消費量 (2005年~2009年)

Fig.2 Number of families and energy consumption on Ito family-1

すなわち、居住家族数と消費電力量との間には一次近似できる関係が認められる。図の一次直線の切片(3,683kWh)は居住家族数に関わらず定常的に消費している消費電力量を示す。一方、傾き(1,615kWh)は家族数に応じた1年間あたりの平均的な消費電力量、つまり家族一人当たりの増減による年間消費電力量の増減量を示している。

これより我が家の消費電力量は、家族数に関わらず定常的に消費している電力量と、個人に依存する消費電力量と

の和による構造モデル(図3)で表わせようだとの仮説が考えられた。

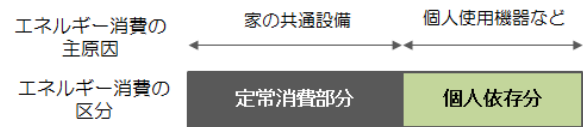


図3 家庭におけるエネルギー消費の構造モデル

Fig.3 Structural model of energy consumption at home

ここで図2の“切片”の家族数に関わらず定常的に消費している電力量は、具体的には家の共有設備関係の消費電力量と考えられる。一方、“傾き”の個人に依存する消費電力量は、個人使用機器あるいは、共有設備でも家族数に応じて増減する部分と考えられる。

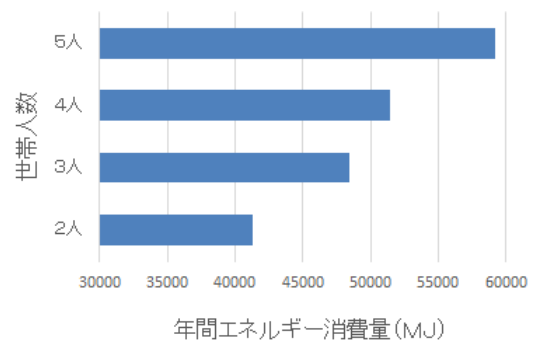


図4 世帯人数別年間エネルギー消費(戸建) (資源エネルギー庁ホームページより)

Fig.4 Annual energy consumption by Number of families

図4は資源エネルギー庁が公表している戸建の世帯人数別年間エネルギー消費量を表したものだ<sup>1)</sup>。

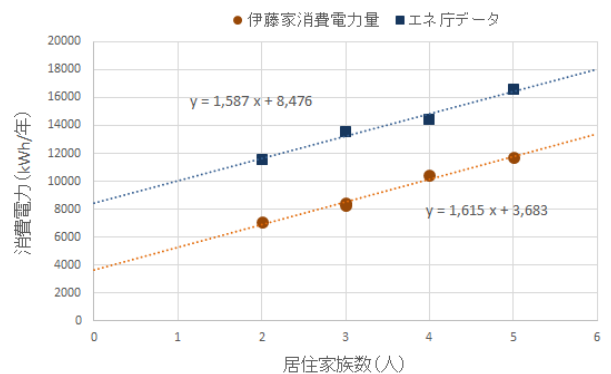


図5 家族数とエネルギー消費量(伊藤家と全国平均)

Fig.5 Number of families and energy consumption

図5は、図2に資源エネルギー庁の戸建の家族数によるエネルギー消費量(図4)を重ねて表示した(1MJを0.28kWhで換算)もの。資源エネルギー庁のデータは、ある程度固定した家族数の家庭を前提として家庭内インフラを整備している通常の一般家庭を対象としていると想定できる。一方、我家では元々5人家族で家を設計したが、この10年間頻りに家族数変動している。また、資源エネルギー庁のデータは全国平均であり、地域による違い等も考えられる。

このように、資源エネルギー庁データと我家とではエネルギー消費における測定条件が異なると思われるが、図5では単回帰直線の傾向がかなり一致している。資源エネルギー庁データで、家族数が一人増える場合の消費エネルギー量の増加分は年間約1,600kWh(約5,700MJ)で我家とほぼ同じだ。一方、ベース部分(切片)は我家の場合全国平均の半分以下だ(図6)。

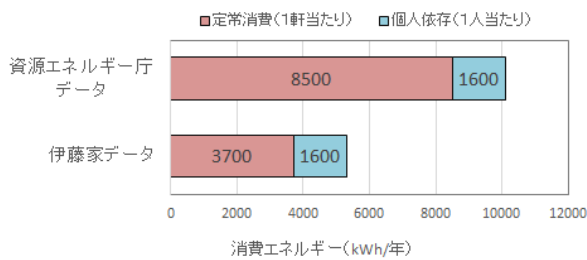


図6 家庭におけるエネルギー消費の構造

Fig.6 Structure of energy consumption at home

ベース部分(切片)が我家の場合全国平均の半分以下の理由は、我家の以前からの継続的な省エネ対策の効果が奏功していると考えられるが、エコキュートの導入等による省エネ効果も考えられる。

いづれにしても、家族一人当たりの消費エネルギー量に比べ家の共有設備関係の消費エネルギー量が2倍から5倍大きい(2人から5人分)という構造が読み取れる。

## 2.2 省エネの効果

図7は、2010年度~2015年度のデータを単回帰分析したものを図2に重ねた図で、我家で子育てが一段落し積極的な省エネ対策を行った2010年度以降では、共有部分(切片)はほとんど変化していないが個人依存分(傾き)が減っていることが読み取れる。

この間は投資を伴う、照明等の電気製品の省エネ製品への交換や全ての戸・窓の断熱化(ペアガラス化等)などの

省エネ策をいくつか実施しており、家族一人一人の省エネへの意識も高くなり、これが個人に依存する消費電力量削減に寄与したと考えられる。

ただし切片すなわちベース部分が減少していないため、より直接的な共有設備への省エネ策として、省エネ型冷蔵庫への買換えや風呂の改修などを2015年に行った。この効果について今後確認の予定だ。

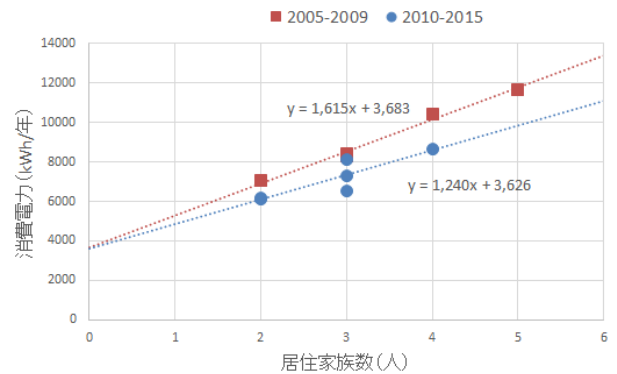


図7 伊藤家の家族数とエネルギー消費量(2005年~2015年)

Fig.7 Number of families and energy consumption on Ito family-2

以上より、図1で2005年度から2015年度にかけて消費電力量が減少しているのは、家族数の減少による効果が含まれており、同じ5人家族での比較では2005年度の約11,800kWhがその後の10年間で約9,800kWhに17%削減されていたことが確認できた。

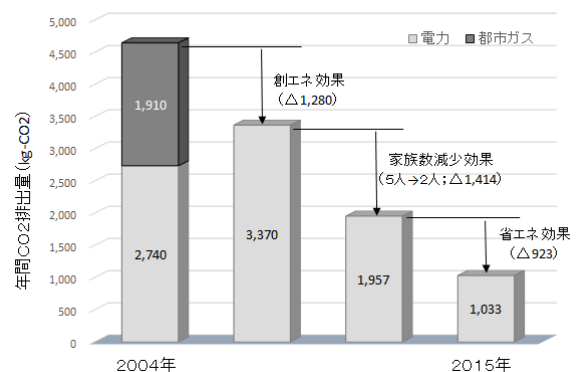


図8 消費エネルギー削減の内訳

Fig.8 Breakdown of energy consumption reduction

以上をまとめたものが図8である。2004年までは都

市ガスと電力を併用していたため、図8ではソーラー発電等の導入前の2004年度と2015年度との比較をCO<sub>2</sub>排出量で行った(電力のCO<sub>2</sub>原単位は比較のため2004年当時の0.38kg-CO<sub>2</sub>/kWhを使用)。

“創エネ効果”、“家族数減少効果”、“省エネ効果”はそれぞれ1,000kg-CO<sub>2</sub>前後であるが、家族数が5人から2人の半以下に減少した効果が大きいことがわかる。

なお図8の“省エネ効果”の内訳についてはベース部分の何が支配的なのか等の詳細な調査を今後予定している。

### 3. オフィスにおける消費エネルギーの構造

オフィスにおけるエネルギー消費の構造を人工知能学会で発表した<sup>④</sup>。個人の行動(働き方)によりオフィスのエネルギー消費がどのように変わるかを定量的に分析したものだ。グリーンITなどでよく使われる個人の働き方の改革による環境負荷低減効果について、実際の想定効果より一般に使われている原単位は大きく、原単位の中身の精査が必要と考えられる、というものだった。

これらの論文で対象としたのは2010年3月に横浜駅近くに竣工した、地上20階地下1階、延べ床面積が約135,000平方メートル、在席者数が約4,100名の研究開発拠点ビル(以下、YMMビルと称す)だ。筆者らはこのYMMビル全体を対象とした、ビル内のエネルギー消費量や在席者数などをリアルタイムで視覚化するとともに過去データの解析も自在に行えるシステムEneEyesを開発し、実運用をもとにビル内の省エネ化に努めていたが、このEneEyesを使った解析結果である<sup>⑤</sup>。

これらの論文ではオフィスにおけるエネルギー消費が図3と同様な、従業員の在席に関わらず定常的に消費しているエネルギー消費と、従業員一人一人に依存するエネルギー消費との和による構造モデルで表されることを示した。

具体的には、このビルの居室が主体の11階から19階のフロアを解析した。これらのフロアは研究開発者や総務、企画などのスタッフの居室がフロアの大半を占めるフロアであり一般オフィスに近い形態で、在席者数は約2,500名である。

図9は、CO<sub>2</sub>排出量と在館者数の1年間の傾向を把握するため、5月/8月/11月/2月の各1週間をサンプリングしてYMMビルの居室フロア(11階~19階)における1時間毎のエネルギー消費量と在席者数の関係、672ポイントをプロットしたもので、図の直線は単回帰分析の結果を示す。直線の切片は在席者なしの場合の1時間あたりのCO<sub>2</sub>排

出量で、在席者の有無に関わらず定常的に消費しているCO<sub>2</sub>排出量を示す。傾きは従業員一人が1時間在席する場合のCO<sub>2</sub>排出量増加量を示す。

今回本論文作成にあたり、改めてこれらの論文を基にYMMビルにおける個人依存のエネルギー消費量と共通設備系のエネルギー消費量を比較評価した。

YMMビルでも家庭で想定した図3と同様な構造となったが、居室フロアの共有設備等による定常的なエネルギー消費量(切片=233kg-CO<sub>2</sub>/h)は、個人一人当たりの依存分(傾き=0.173kg-CO<sub>2</sub>/h)に比べて約1,300倍も大きいことが確認できる。ビルの場合は家庭に比べて共有機器の規模が大きいため、このような結果になると考えられる。

他のいくつかのオフィスでの実証実験結果も同様な傾向であることが確認できている。

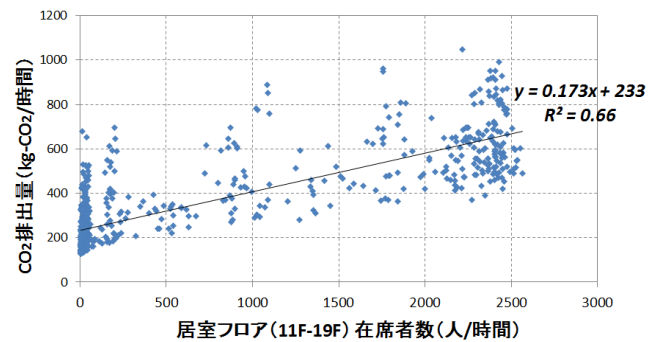


図9 YMMビルの在席者数とエネルギー消費量

Fig.9 Number of enrollees and energy consumption in YMM building

### 4. インフラ部分への省エネ対策

以上より、家庭でもオフィスでも個人依存のエネルギー消費に比べ、共有部分の共通設備系のエネルギー消費量大きいことがわかる。したがって個人個人の省エネへの心がけは重要だが、より大きな省エネ効果を上げるためには家庭でもオフィスでも共有設備系(インフラ部分)への省エネ策を講じることが大きな効果を生むと考えられる。

共有設備系への対策としては、いきなり個々の空調や照明への省エネ策を実施するのではなく、まず全体構造を把握し、対策可能な項目を抽出し、それが何%削減できると全体に占める削減効果はどの程度になるか、その対策の投資対効果はどうか、などをきちんと見極めてから対策を実施することが重要だと考える<sup>⑥</sup>。そうでないと期待した効果が得られない対策に多くの費用や時間をかけてしまうこ

とになりかねない<sup>6)</sup>。

インフラ部分（共有設備系）の内訳の調査方法として、無人状態（夜間、休日などのほとんど在席者がいない状態など）においてエネルギーを消費している設備を調べる方法がよく行われている。無人状態で消費している全エネルギー量の詳細な内訳を把握し、稼働すべき機器と必要もないのに稼働している機器を選別し、無駄に稼働している機器の電源をオフする手段を検討する、というものだ。

筆者らはこのような手法を駆使してYMMビル全体の省エネ活動を行い大きな効果を上げたが、その活動に対し地球環境大賞、グッドデザイン賞等を受賞している。

いづれにしても常に“全体”のエネルギー使用量やエネルギーコストの構造を押さえた評価に基づいて、効率的な省エネ策を講じることが重要と考える。

## 5. まとめ

家庭やオフィスにおける個人のエネルギー消費量の構造化を試みた。その結果、共有設備依存分と各個人依存分との和で表されることを導いた。さらに、各個人依存分のエネルギー消費量は、家庭でもオフィスでも頭数（人数）の一次関数で近似できそうだとの結果を得た。

一方、共有設備依存分のエネルギー消費量は各個人依存分のエネルギー消費量よりかなり大きく（家庭では数倍、オフィスでは千倍以上）、個人個人の省エネへの心がけも重要だが、より大きな省エネ効果を上げるためには家庭でもオフィスでもインフラ部分への効果的な省エネ策を講じることが重要と言えらるだろう。

今後、より多くの実証実験や実例データに基づく解析により、効果的かつ効率的な省エネ策が提案されることを期待する。

## 参考文献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁ホームページ：一般向け省エネ情報＞世帯の類型別エネルギー消費と省エネの重点課題  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/general/type/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/type/)
- (2) 伊藤裕二，松井治樹，都甲篤史，川本真司：「エネルギー使用量の見える化システムの開発」，第25回人工知能学会全国大会（2011）
- (3) 川本真司，松井治樹，都甲篤史，伊藤裕二：「自立分析型エネルギー使用量見える化システム「EneEyes」」，富士ゼロックステクニカルレポート，No. 21，pp. 4-12（2012）

- (4) 伊藤裕二，川本真司，柴田博仁：「オフィスでの働き方の変革による環境負荷削減効果の見積もりに関する考察」，人工知能学会誌，Vol.28，No.4，pp. 551-558（2013）
- (5) 伊藤裕二，川本真司，青柳雅章：「日本のオフィスの平均的CO<sub>2</sub>排出量試算と削減の可能性検討」，エコデザイン2008シンポジウム（2008）
- (6) 伊藤裕二：「「構造解析に基づく省エネ」の検討」，第34回電気設備学会全国大会（2016）

## 著者紹介



伊藤 裕二（正会員）1953年生。1978年東京工業大学大学院修士課程電子物理工学専攻修了。日立製作所勤務を経て1982年富士ゼロックス入社。図面管理システムの開発等を担当後2002年よりグリーンITや省エネ関連の技術開発に従事。2013年6月より（株）日本アジルテック顧問。