

家庭用住宅システムにおける 省電力化技術に関する研究

石川 和美 諏訪 敬祐

本研究では、一般家庭で消費するガスエネルギーを全て電気エネルギーに置き換えるオール電化を行った後、電力を監視、制御する(株)EL クエストによる HEMS (Home Energy Management System) とシャープ(株)の SUNVISTA (太陽光発電システム) を併用した省電力化システムを提案し、システム併用によるエネルギー削減効果をシミュレーションにより定量的に求めた。1つの住宅にオール電化を導入し、太陽光発電システム及びHEMSを導入することにより、電気及びガス起源年間CO₂排出量を約53%削減できることを明らかにした。

キーワード：HEMS, 太陽光発電, 省電力化, CO₂ 排出量

1 はじめに

近年、日本も含め世界中でエネルギー消費量は増大しており、この値は、今後も増加の一途をたどっていきと考えられる。特に家庭部門でのエネルギー消費は、生活の利便性、快適性を追求する国民のライフスタイルの変化、世帯数の増加の影響を受け、堅調な伸びを示している。エネルギー生成時には、膨大な量の資源が消費され、大量のCO₂が排出される。CO₂は地球温暖化を引き起こす温室効果ガスの約8割を占める。このままのペースで進めば、石油は約40年、天然ガスも約60年で枯渇してしまうと予測されている。温暖化により、異常気象や海面上昇などの深刻な影響をもたらし、2100年までに平均気温が最大6°C、海面も最大80cm上昇すると言われている。このような問題を回避するためにも、資源枯渇問題及び地球温暖化が深刻化するスピードを抑える努力が、現在求められている。

以上のような問題を背景として、本研究では、省エネシステムであるHEMSと創エネシステムであるSUNVISTAの併用システムを提案する。ITを利用することによるエネルギー統合管理と、自然エネルギー発電によって、化石燃料を用いた火力発電等からのエネルギー消費量の削減を目的とする。SUNVISTA導入後の電力量・電気料金等のデータは、実際に自宅にシステムを導入し、収集した。HEMS導入後の電力量・電気料金等は、(株)ELクエストによるHEMS検証実験のモニターとなった近畿地方のある家

庭のデータを使用した。

以下では、まず第2章において、本研究の背景である家庭のホームネットワーク化・家電機器のメカトロニクス化について述べ、第3章では、HEMS及びSUNVISTAの概要を示し、第4章では、本研究におけるエネルギー削減効果を算出するためのシミュレーションフローを示す。それに続く第5章では、CO₂排出量についての削減率の評価を行う。第6章はまとめと今後の課題である。

2 家庭の情報化

パソコンとワープロ専用機の登場は、家庭の情報化に大きな変革をもたらした。パソコンの性能向上と共に、OSはコマンド入力によるキャラクターインタフェースからGUIへと進化し、パソコンはさらに使いやすいものになった。また、コンピュータメーカーを中心に提供を始めた双方向の情報通信サービスである米国のCompuServeや我が国のNIFTY-Serveなどのパソコン通信サービスが徐々に開始され、ユーザ数を増やし続けるという成功を遂げた。1997年度にパソコン通信会員数が大幅に増えた背景にはインターネットの普及による吊り上げ効果があったものと思われる。

インターネットが急速に普及した背景には、WWW(World Wide Web)とそれを見るためのブラウザの登場が大きい。それまでのネットワークサービスで提供されるサービスは、パソコン通信、インターネット共に文字情報によるサービスであった。WWWでは、文字情報に加え、画像、音声、動画などのマルチメディア情報を比較的容易に閲覧することができる。1994年度頃から始まった商用プロバイダによるインターネットサービスが全国に広がり、インターネットの利用者人口は急速に増大しつつある。平成15年度における日本のインターネット利用者人口

ISHIKAWA Kazumi
武蔵工業大学環境情報学部情報メディア学科
2004年度卒業生
SUWA Keisuke
武蔵工業大学環境情報学部情報メディア学科教授

は図1のように、企業・大学等を含めると約7730万人に達した。

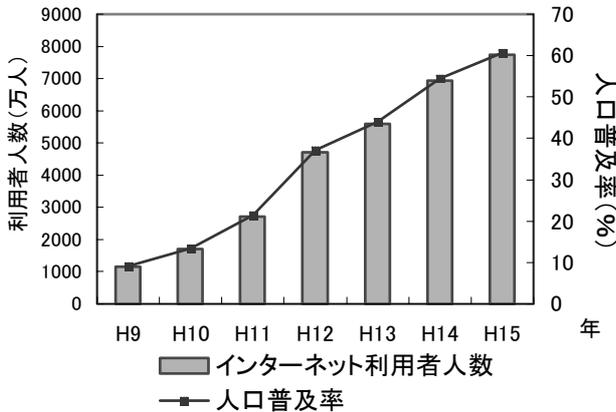


図1 インターネットの普及状況
出所：総務省「平成15年度通信利用動向調査」

それに伴って、近年、家庭においてホームネットワークが充実しつつある。ホームネットワークには、さまざまな規格が存在する。家庭から外部へ向けたアクセス系ネットワークとしてはアナログ電話回線による接続のほかISDN, ADSL, CATVやFTTHがある。家庭内のネットワークとしてはIEEE802.11, IEEE1394, Bluetooth, IrDAがある。家庭の情報化の変遷を図2に示す。



図2 家庭の情報化の変遷

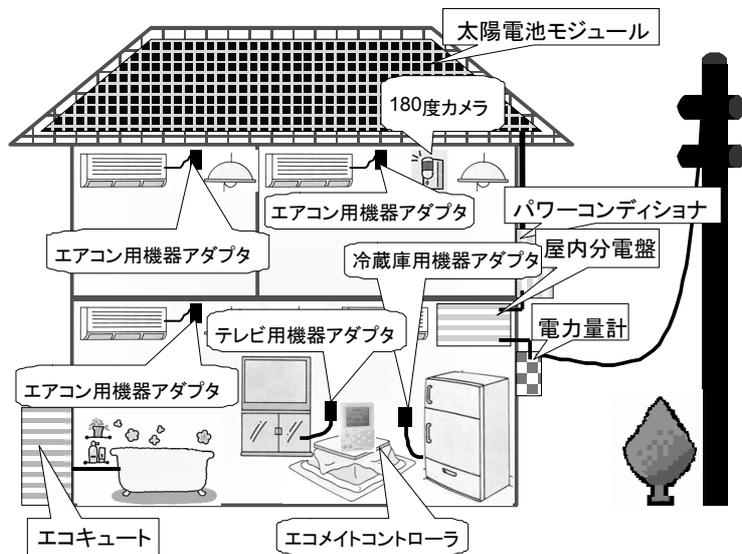


図3 HE-PES導入時のイメージ図

今後もネットワークの高速化、大容量化技術が発達するとともに、ホームネットワークは普及していくと考えられる。そのような動きを受け、あらゆる家電にコンピュータが組み込まれ、こうしたメカトロニクス化は、機器の遠隔操作、情報の分配・変換といった機能を家電に付加し、家電の利便性をさらに向上させている。家電機器の情報化に伴って、温度センサ・位置情報センサなど各種センサも一般化してきた。今後はホームネットワークを通じて、各種家電機器を制御・管理する機能、各種センサからさまざまな情報を取得する機能が普及、発展していくと予想される。

3 HE-PESの概要

省エネシステムである HEMS と創エネシステムである SUNVISTA の併用システム HE-PES は、HEMS (Home Energy Management System), PS (Photovoltaic System) 及び AES (All Electrification System) の名称に基づく。本研究では、オール電化後に株式会社クエストによる HEMS と PS システムであるシャープ(株)の SUNVISTA を使用する。HE-PES を導入した際の住宅イメージを図3に示す。HE-PES では、HEMS の電子式電力計 (AIGIS) の代わりに SUNVISTA と同様に、太陽光発電により余剰の電力を充電するための電力計と太陽光発電で不足するときに買電するための電力計を用いている。

3.1 HEMSの概要

HEMS とは、IT を駆使して家庭の消費電力を削減する省電力化システムであり、各家庭の電力系に設置した制御装置でエアコンや冷蔵庫等の家電機器を制御することで、効率的なエネルギー利用を図るものである。例えば、制御装置を室内の感知センサと直結させることで、室内の人数に応じて自動的にエアコンの冷房温度を上げたり、室内に人がいなくなれば照明を消したりする。制御装置は電灯線につながっているため、将来、電灯線を通じて情報を伝送し、インターネット接続やホームセキュリティサービスを受けることも可能である。経済産業省では、2001年4月に HEMS 普及を目指す新たな省エネ対策を打ち出しており、2010年度までに HEMS を全世帯の30%~50%の家庭に導入することを目標としている。目標が達成されれば、二酸化炭素の排出量を原油換算で60万~110万キロリットル削減できるという試算がされている。HEMS を導入した際の住宅イメージを図4に示す。

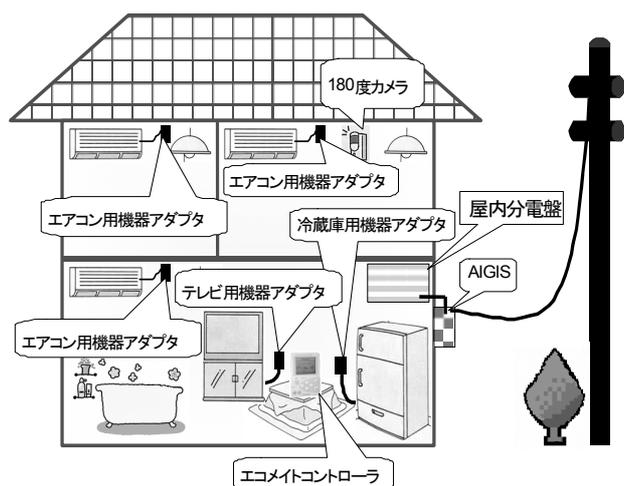


図4 HEMS 導入時のイメージ図

主要な機器の機能は以下のとおりである。

(1) AIGIS (電子式メーター)

コンピュータを内蔵し、自宅内の機器を操作して、電力量を収集し、関西電力の電子式メーターから電力量情報を取得する。センターとPHSにて通信する等の働きを行う。

(2) ブロッキングフィルタ

自宅内の機器の通信に電灯線を使用している関係上、宅外から侵入する雑音を遮断し、通信品質を向上させている。

(3) PLC モジュール

AGIS 端局からの信号を電灯線に載せて通信するための通信用変換装置のことである。

(4) 奥様端末 (エコメイトコントローラ)

各機器アダプターからデータを収集し、消費電力や料金などを表示するほか、エアコン、テレビの電源のON/OFFなども簡単に操作できる。

(5) エアコン用機器アダプター

電源のON/OFF、温度設定ができる。人体感知センサーで、不在時には電源をOFFにする機能もついている。また、外出先から携帯電話でONできる。

(6) テレビ用機器アダプター

待機電力遮断用のアダプターで、テレビの不要な待機電力を節約してくれる。

(7) 冷蔵庫用機器アダプター

ドアの開閉回数を自動的にカウントする。エコメイトコントローラで消費電力を確認することができる。

(8) 180度カメラ

室内の様子を180度範囲で撮影が可能である。携帯電話・PHS・パソコン、エコメイトコントローラで確認することができる。

3.2 SUNVISTAの概要

SUNVISTA は、家庭内をオール電化した後、太陽光発電で創出した電力により省電力化を実現するシステムである。電力会社との接続(系統連系)により、昼間に多く発電し、余った電力は自動的に電力会社に送られ、発電しない夜間や雨などで発電量が少ない時は電力会社から電力の供給を受けることができる。

太陽光エネルギーは、地球に到達するエネルギーの1時間分だけで、人類が1年に消費するエネルギー量に匹敵するほど無限で、地域偏在性の少ないエネルギーである。さらに、地球温暖化の一因である二酸化炭素や有害物質を一切出さない全く無害のクリーンエネルギーであるといえる。太陽光エネルギーから二酸化炭素を発生させることなく電気エネルギーを生み出す太陽電池は、まさに地球との共生を支える「創エネ」デバイスである。太陽光発電が家庭の電気需要を補うことにより、間接的に火力発電所で使用される化石燃料を削減することが可能となる。太陽光発電の普及は、確実に二酸化炭素を削減し、地球温暖化防止に貢献できる。SUNVISTAを導入した際のイメージを図5に示す。

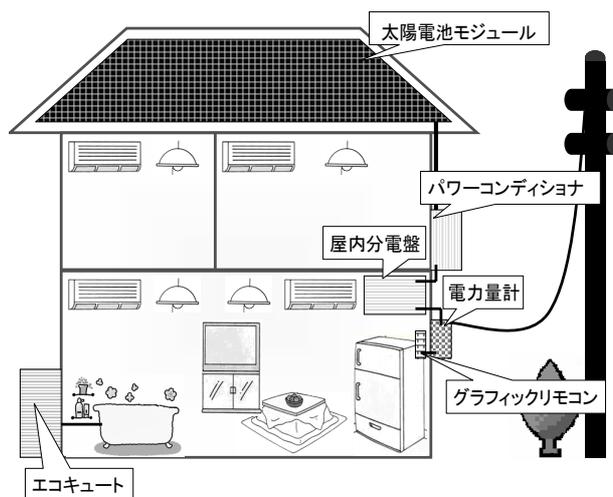


図5 SUNVISTA 導入時のイメージ図

主要な機器の機能は以下のとおりである。

(1) 太陽電池モジュール

太陽の光を受けて、効率よく発電を行う。つくられた電気は家庭で使えるようにパワーコンディショナに送られる。

(2) パワーコンディショナ

太陽電池モジュールで発電された直流電力を家庭で使える直流電力に変換し、さらにシステム全体の運転を自動管理する。

(3) グラフィックリモコン

パワーコンディショナ本体から離れた場所で、パワーコンディショナの運転を管理する。

(4) 電力量計

発電により余って売った電力や不足して購入した電力をそれぞれの電力計で計量する。売る電力と買う電力を区別するため、2つの電力計が存在する。

(5) 屋内分電盤

家庭の各電気機器が使えるように電力を分配する。

(6) エコキュート

エコキュートとは、自然冷媒CO2 ヒートポンプ式給湯機のことである。火を使わず自然エネルギーを利用して給湯を行う。ヒートポンプユニットと貯湯タンクユニットから構成される。

4 シミュレーションフロー

本研究では、図6の①から⑥の6段階に分け、電力量、電気料金、電気起源CO2排出量、ガス使用量、ガス料金、ガス起源CO2排出量の6項目についてシミュレーションを行う。

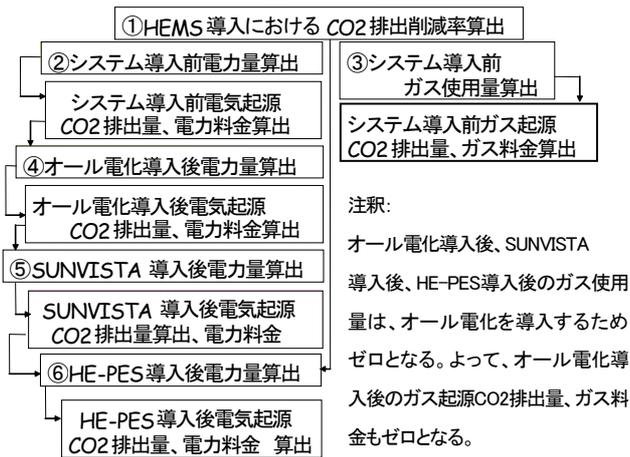


図6 シミュレーションフローチャート

4.1 HEMS 導入におけるCO2 排出削減率算出

HEMS 導入におけるCO2 排出量(消費電力量)の削減率を算出するシミュレーションフローを図7に示す。

2001年収集データ月別消費電力量に、電気事業連合会発表、関西電力「電力需給実績データ」対前年度比を掛け、HEMS 導入前電力量(kwh)を算出する。HEMS 導入後電力量(kwh)は、オール電化導入により増加したと予想される消費電力量(ガス使用から電気使用に変更になったIHクッキングヒータとエコキュートの消費電力量)分を試算し、2003年収集データから差し引き、HEMS 導入後電力量(kwh)とする。

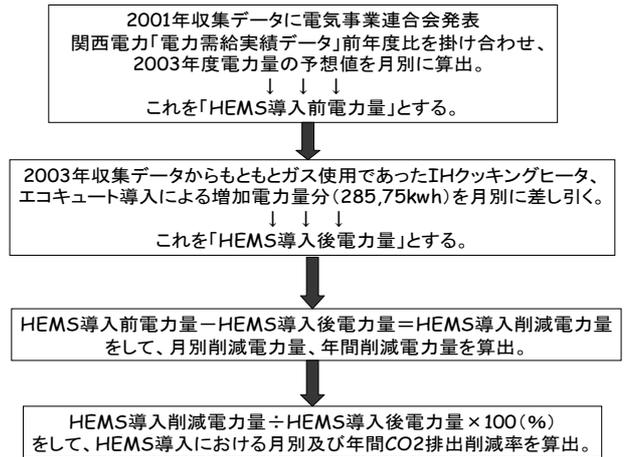


図7 HEMS 導入におけるCO2 排出削減率算出シミュレーションフロー

4.2 省電力化システム導入前のシミュレーション

電気エネルギーとガスエネルギーの両方を使用する省電力化システムを導入前について、消費電力量、電気起源CO2排出量、電気料金、ガス使用量、ガス起源CO2排出量、ガス料金を算出するシミュレーションフローを図8に示す。

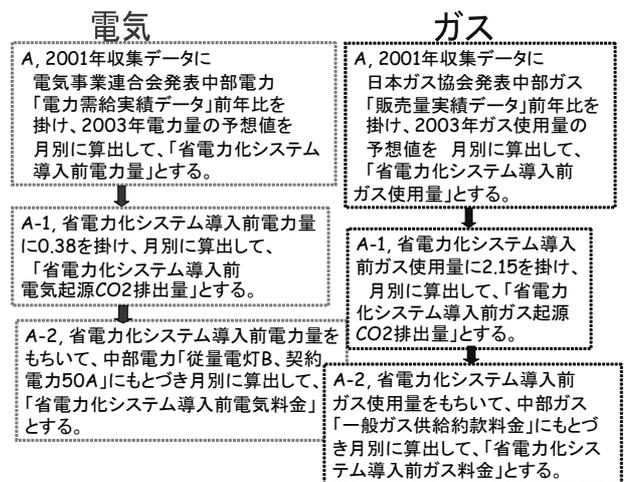


図8 省電力化システム導入前シミュレーション

電気に関しては、2001年収集データ月別消費電力量に、電気事業連合会発表、中部電力「電力需給実績データ」対前年度比を掛け、省電力化システム導入前電力量(kwh)を算出する。省電力化システム導入前電力量に電気CO2排出係数0.38を掛け、省電力化システム導入前電気起源CO2排出量(kg)を算出する。省電力化システム導入前電気料金は、省電力化システム導入前電力量を用いて、中部電力「従量電灯B、契約電力50A」にもとづき月別に算出する。

ガスに関しては、2001年収集データ月別ガス使用量に、

日本ガス協会発表，東海地方「ガス販売量実績データ」対前年比を掛け，省電力化システム導入前ガス使用量（ m^3 ）を算出する．省電力化システム導入前ガス使用量にガスCO2排出係数2.15を掛け，省電力化システム導入前ガス起源CO2排出量（kg）を算出する．省電力化システム導入前ガス料金は，省電力化システム導入前ガス使用量を用いて，中部ガス「一般ガス供給約款料金」にもとづき月別に算出する．

4.3 オール電化導入後のシミュレーション

家庭におけるガスエネルギーを電気エネルギーに置き換えるオール電化を実施した後の消費電力量，電気起源CO2排出量，電気料金，ガス使用量，ガス起源CO2排出量，ガス料金を算出するシミュレーションフローを図9に示す．

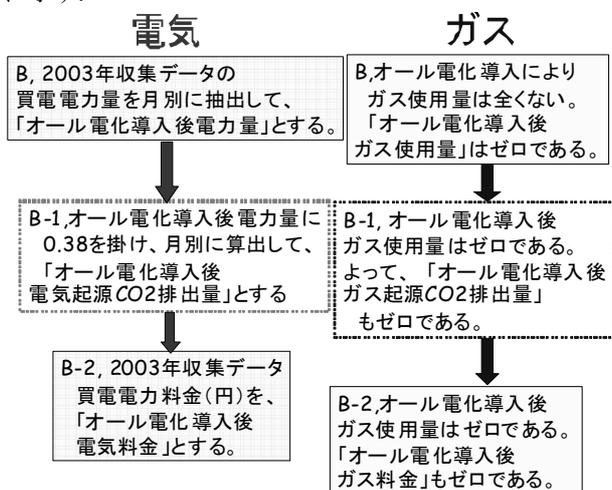


図9 オール電化導入後シミュレーションフロー

電気に関しては，2003年収集データ買電電力量をオール電化導入後電力量とし，それに0.38を掛け，オール電化導入後電気起源CO2排出量とする．電気料金に関しては，2003年収集データ買電電気料金をオール電化導入後電気料金とする．

ガスに関しては，オール電化にするため，オール電化導入後ガス使用量，オール電化導入後ガス起源CO2排出量，及びオール電化導入後ガス料金はゼロとなる．

4.4 SUNVISTA 導入後のシミュレーション

SUNVISTA（太陽光発電システム）導入後の電力量，電気起源CO2排出量，電気料金，ガス使用量，ガス起源CO2排出量，ガス料金を算出するシミュレーションフローを図10に示す．

電気に関しては，（買電－売電）量を SUNVISTA 導入後電力量とし，それに0.38を掛け，SUNVISTA 導入後電気起源CO2排出量とする．電気料金に関しては，（買電料金－売電料金）を SUNVISTA 導入後電気料金とする．

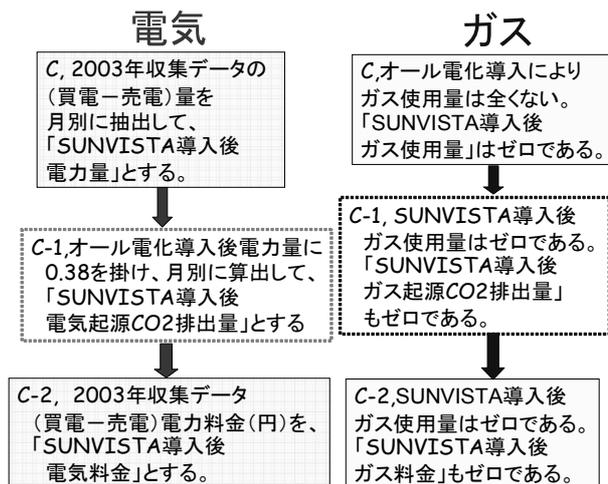


図10 SUNVISTA 導入後シミュレーションフロー

ガスに関しては，オール電化にするため，SUNVISTA 導入後ガス使用量，SUNVISTA 導入後ガス起源CO2排出量及び，SUNVISTA 導入後ガス料金はゼロとなる．

4.5 HE-PES 導入後のシミュレーション

SUNVISTA と HEMS を併用した HE-PES を導入した後の消費電力量，電気起源CO2排出量，電気料金，ガス使用量，ガス起源CO2排出量，ガス料金を算出するシミュレーションフローを図11に示す．

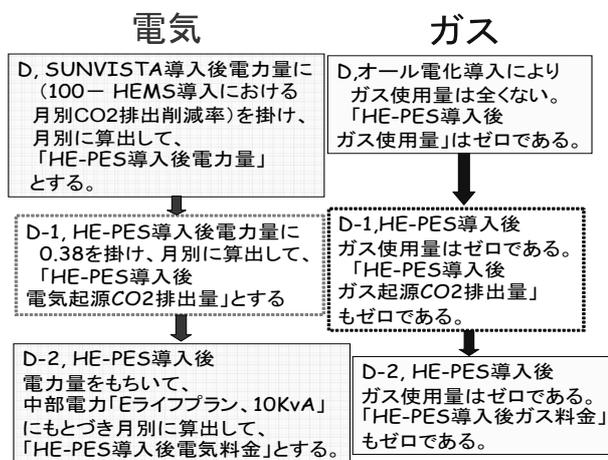


図11 HE-PES 導入後シミュレーションフロー

電気に関しては，SUNVISTA 導入後電力量に，（100－HEMS 導入における月別CO2排出削減率）%を掛け，HE-PES 導入後電力量を算出する．HE-PES 導入後電力量に電気CO2排出係数0.38を掛け，HE-PES 導入後電気起源CO2排出量を算出する．HE-PES 導入後電気料金は HE-PES 導入後電力量を用いて，中部電力「E ライフプラン，契約電力10kVA」にもとづき月別に算出する．

ガスに関しては，オール電化にするため，ガス使用量はなくなる．同時にHE-PES 導入後ガス起源CO2排出量も，HE-PES 導入後ガス料金はゼロとなる．

5 評価結果

5.1 HEMS 導入による CO2 排出削減率及び削減電力量

図 12 は、HEMS 導入による CO2 排出削減率を月別に示したものである。

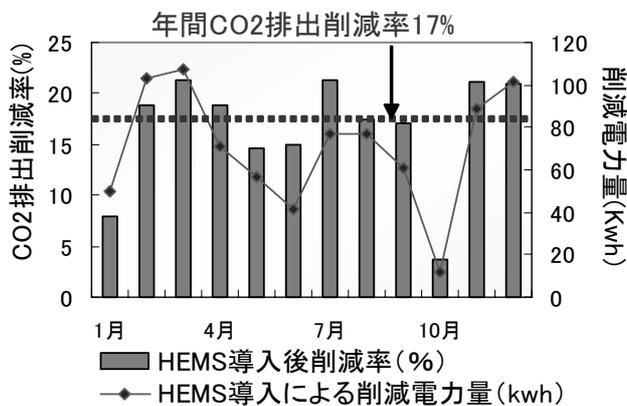


図 12 2003 年 HEMS 導入における CO2 排出削減率及び削減電力量

HEMS 導入における CO2 排出削減率は、1月の7.9%、10月の3.7%という数値は、3月、7月、11月、12月の21%強の数値に比べると小さいが、効果は出ている。年間の HEMS 導入における CO2 排出削減率は約 17%であった。HEMS は、自動制御による省電力化を実現するシステムであり、やはりユーザが省エネを意識せず快適さを追求してしまうと消費電力量は増加し、HEMS 導入における CO2 排出削減率は小さくなる。1月、10月の CO2 排出削減率が小さくなった要因は、1月に関しては暖房機器の使いすぎが原因と考えられ、10月に関しては冷暖房機器をあまり使用しない時期であるため他の月に比べ HEMS の効果が出にくかったと考えられる。

5.2 2003 年電気及びガス起源 CO2 排出割合

図 13 は、省電力化システム導入前の電気及びガス起源 CO2 排出量の合計を基準 (100%) とした時の各省電力化システム適用時の CO2 排出割合である。

オール電化による効果は $A-B=22.1\%$ 、太陽光発電システム (SUNVISTA) 導入による効果は $B-C=43.9\% - 22.1\%=21.8\%$ 、HEMS 導入による効果は $C-D=53.3\% - 43.9\%=9.4\%$ ということになり、併用効果は $22.1\%+21.8\%+9.4\%=53.3\%$ となる。省電力化効果の大きい順番はオール電化、太陽光発電システム、HEMS の順である。

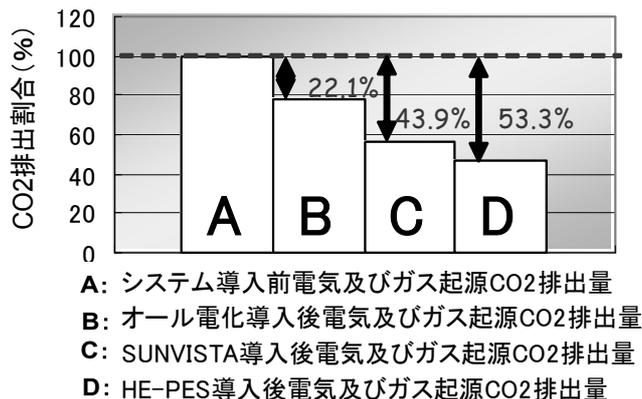


図 13 2003 年電気及びガス起源 CO2 排出割合 (システム導入前 CO2 排出割合=100%)

6 まとめ

本研究では、家庭用住宅システムにおける省電力化を実現する HE-PES を提案し、省エネルギー効果のシミュレーションを行った。

エネルギー消費は産業部門が石油危機以降、概ね横ばいである反面、民生・運輸部門は大幅に増加している。全体としてみても、1980 年代以降一貫して増加している。民生部門の中の家庭部門のエネルギー消費削減をする必要がある。しかし、エネルギー消費をユーザまかせにしておいても、大きな効果は見込めない。

そこで、本研究では家電機器の消費電力を抑え、かつ自然エネルギー利用によるクリーンな発電による電力を家庭で活用する HE-PES を提案し、シミュレーションをすることで HE-PES によるエネルギー削減効果を算出した。HE-PES 導入によって電気及びガス起源 CO2 排出量は、年間で約 53% (本研究対象住宅では、約 2.6t) 削減できるという結果が得られた。

本研究では、HEMS 導入時のモニターとなっていただいた家庭の特徴も出てしまっていると予想される。よって、今後はより多くのデータを用いてのシミュレーション及び実測データによる評価解析、検証が必要である。

省エネ技術に関しては、HEMS を導入する家庭で、インバータ方式の大型家電機器を使用した場合、そのインバータ方式の大型家電機器から出る雑音と電灯線通信で使用する搬送波の周波数が重なると、電灯線通信の信号が雑音に埋もれてしまい、通信できなくなる課題がある。また、使用する家電機器の電源部に入っているコンデンサの影響により、電灯線通信の信号が家電機器に吸収されてしまい、通信相手先まで届かず、通信できなくなる場合もある。その対策案としては、最新の電灯線通信モジュールでは、新しい通信プロトコル規格を採用しており、かなり性能が向上している。よって、ノイズフィルタやインピーダンスアッパを使用しない構成でも宅内電

灯線通信がある程度可能となっているようである。また、家電機器の低インピーダンス対策としては、インピーダンスアップを家電機器のコンセントに挿入することにより、家電機器のインピーダンスを大きくでき、電灯線通信の信号の減衰を防ぐことができる。エアコンの室外機などインバータの大きい系統にノイズフィルタを挿入し、他の系統に雑音が入り込まないようにする対策も有効である。太陽光発電の場合、インバータノイズの影響を如何に軽減させるかが最大の課題かもしれないが、宅内用電源部にノイズフィルタを挿入して雑音の侵入を軽減することや高い周波数成分の雑音の発生が少ないインバータの選定などが考えられるが、設備側の対策はかなり難しいと考えられる。したがって、現状の電波法で使用可能な電灯線通信モジュールの場合は、そのモジュールの基本性能が大きく改善されることがベストな方法である。また、現在、開発が進んでいる高速版電灯線通信が国内の電波法の改正により使用可能となれば、問題解決に向けて大きく前進できるものと予想できる。

参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁
「エネルギー白書 2004」
- [2] 財団法人 ハイライフ研究所
平成 11 年度研究報告書
- [3] 総務省「平成 15 年度通信利用動向調査」
- [4] 財団法人 省エネルギーセンター
「家庭の省エネ大辞典」
- [5] 財団法人 省エネルギーセンター
「平成 14 年度待機時消費電力調査」
- [6] 財団法人 日本原子力文化振興財団
「原子力」図面集
- [7] 財団法人 省エネルギーセンター
「トップランナー方式」
- [8] 資源エネルギー庁「2000 年度電力需給の概要」
- [9] 財団法人 省エネルギーセンター
「新ライフスタイルチェック 25」
- [10] エコーネットコンソーシアム
<http://www.echonet.gr.jp/>