

全電化住宅とガス併用住宅におけるエネルギー消費量 及びCO₂排出量に関する研究

STUDY ON THE ENERGY CONSUMPTION AND CO₂ EMISSIONS OF THE ALL ELECTRIFICATION HOUSE AND GAS AND ELECTRICITY COMBINATION HOUSE

赤林 伸一*¹, 坂口 淳*², 市川裕幸*³, 有波裕貴*³

Shin-ichi AKABAYASHI, Jun SAKAGUCHI, Hiroyuki ICHIKAWA and Yuki ARINAMI

This paper describes an energy consumption and CO₂ emission of detached house. Energy consumption in this study is total amount of energy consumption of house including the hot water supply, cooking range, electrical equipment, ventilation and air conditioning load. This study targets for 3 type houses which are all-electrification, gas-electricity combination and Fuel cell co-generation system (FCCGS) house.

Results as follows:

- (1) CO₂ emissions of air conditioning load are more affected by Heating COP in air-conditioner than the difference of range.
- (2) Regional differences of hot water supply load are affected by CO₂ emissions basic unit by electric power company.
- (3) CO₂ emissions in the whole residence are more affected by Heating COP in air-conditioner than hot water supply COP of heat pump water heater.

Keywords: All electrification house, COP, CO₂ emissions, Fuel cell co-generation system of house

全電化住宅, COP, CO₂ 排出量, 家庭用燃料電池コージェネレーションシステム

1. はじめに

近年, 住宅のエネルギー消費の全てを電気でもかなう全電化住宅(以下電化住宅)が, 安全性や快適性といった観点から急速に普及している。新築と既築リフォームを合わせた電化住宅の単年度の増加は2008年度に59万戸であり, 新築住宅の全電化率(戸建+集合)は29.0%となっている。電化住宅は2015年度には760万戸を越え, 電化住宅の普及率は15.4%に達するとの予測もある¹⁾。

電化住宅の普及に伴い, IHレンジが一般家庭で広く用いられるようになってきている。レンジの熱効率を考慮すると, IHレンジはガスレンジに比較して1次エネルギーによるCO₂排出量は若干多い傾向にあるが, 燃焼部がないため室内の温熱空気環境に与える影響は少ないと考えられる。又, 電化住宅と従来のガス・電気併用住宅(以下ガス住宅)では, 調理用レンジや給湯器の熱源だけでなく, それらが室内環境に与える影響も異なり, 室内の暖冷房や換気によるエネルギー消費構造が異なることが考えられる。例えば燃焼排ガスが発生するガスレンジでは燃焼排ガスを排出するためレンジフードの排気風量が決定されているが, IHレンジでは燃焼排ガスが発生しないため, 調理時の臭いや水蒸気を空気清浄器等で処理することにより, ガスレンジよりも排気風量を減らすことも可能である。従来の研究^{2), 3)}では実測調査に基づき, 統計的解析手法によって, 住まい方の違いとエネルギー消費量の関係について解析が行われているが,

IHレンジとガスレンジの熱効率や換気負荷の影響について考慮し住宅厨房周りのエネルギー消費量の違いについて検討が行われていない。

一方, ガス住宅では暖房にガス暖房機, 給湯にガス給湯器を使用しているが, 近年, 家庭用燃料電池コージェネレーションシステム(Fuel Cell Co-generation System以下FCCGS)を使用する住宅が普及し始めている。家庭用FCCGSは, 都市ガスなどを改質し燃料となる水素を取り出し, 空気中の酸素と反応させて発電した上で発電時の廃熱を給湯に利用するシステムである。家庭用FCCGSは1次エネルギーの利用効率を向上させるが, 電力と熱エネルギーを同時に発生させるため, 両者のエネルギー発生量の相違や消費が発生する時間帯の違いが問題となる。

住宅のエネルギー消費量及びCO₂排出量に関する既往の研究では, 全国の地域を対象として村上ら⁴⁾が対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量の実測調査, 水谷ら²⁾がアンケートに基づく分析を実施しており, 多くの知見が得られている。しかしながら, 住宅における空調及び給湯機器の種別, 性能の違いによる住宅全体におけるエネルギー消費量及びCO₂排出量への影響をシミュレーションを用いて比較, 検証を行った報告事例はない。

そこで本研究では, 給湯及び住宅全体で使用される機器の使用状況を考慮し, エネルギー消費量の時刻に着目した解析を行い, 電化

*¹ 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士

Prof., Dept. of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.

*² 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授 博士(工学)

Prof., Dept. of International Studies and Regional Development, Faculty of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr. Eng.

*³ 新潟大学大学院自然科学研究科 博士前期課程

Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

住宅、従来のガス住宅及び家庭用 FCCGS を使用した住宅（以下 FCCGS 住宅）を対象に、住宅全体におけるエネルギー消費量及び CO₂ 排出量を明らかにすることを目的とする。

2. IH レンジ及びガスレンジの放熱特性及びエネルギー消費量

2.1 レンジの放熱特性に関する実験

図 1 に実験概要を示す。実験は一般的な厨房をモデル化したものであり、測定はレンジ 1 口を対象に鍋の中の水が沸騰した状態から開始する。また鍋は鉄製で角型とし、放射率の異なる黒鍋と銀鍋の 2 種類を対象とする。黒鍋は黒色の耐熱塗料を塗ったもの、銀鍋は銀色の耐熱塗料を塗ったものである。IH レンジの投入熱量はクランプオン電力計で実験中の電力を測定する。ガスレンジへの投入熱量は実験中のガス消費量をマイコンガスメーターからのパルス (5 %/Pulse) 出力を計測し、12A の発熱量 (高位 : 41.86MJ/m³, 低位 : 37.67MJ/m³) を乗じて算出する。IH レンジ及びガスレンジの熱効率を考慮し、鍋に伝わる熱量をほぼ等しい条件とし、室内へ放出される熱をそれぞれ比較する。実験より得られた IH 及びガスレンジそれぞれの結果から放射熱量と対流熱量の比率を算出する。表 1 に IH レンジ及びガスレンジの放射熱量と対流熱量の比率を示す。但し、機器廃熱量とレンジ周囲からフード内への空気顕熱増加量の和を対流熱量とする。又、水の沸騰に IH レンジでは約 84%、ガスレンジでは約 45% の熱量が用いられる。

2.2 レンジのエネルギー消費量

実験で得られた IH レンジ及びガスレンジの放熱特性より、生活スケジュール自動生成プログラム SCHEDULE Ver. 2.0^{注1)} (以下 SCHEDULE) により IH レンジ及びガスレンジの年間エネルギー消費量を算出し、その結果をもとに IH レンジ及びガスレンジから室内への廃熱量を算出する。SCHEDULE では調理用レンジ発熱量は (1) 式より算出されている。本研究では 1 世帯 4 人家族とし、ガスレンジの熱効率を 50% とし、ガスレンジの 1 次エネルギー消費量を (1) 式の 2 倍として算出した。

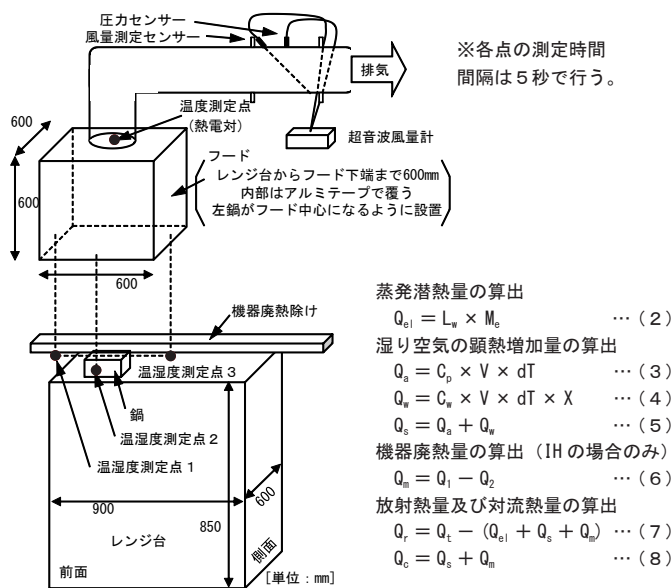


図 1 実験概要 (記号は文末に示す)

$$Q = 236.4 \times N + 253.2 \quad \dots (1)$$

Q: 調理レンジ発熱量 [Wh] N: 世帯人数 [人]

又、SCHEDULE により求めた調理レンジの一日当たりの使用時間は平日 60 分、休日 75 分であるため、ガスレンジの平日及び休日の一日のエネルギー消費量は平日が 2.398kWh/日、休日は 2.998kWh/日となる。更に、年間のガスレンジのエネルギー消費量は、平日を 260 日、休日を 105 日として計算すると 938kWh/年になる。SCHEDULE より求めたガスレンジのエネルギー消費量を確認するため、参考文献 5 のエネルギー実測データの結果と比較すると全国のガスレンジのエネルギー消費量の平均値は 945.2kWh/年であり、ほぼ同程度の値であった。このことから、今回求めたガスレンジの一次エネルギー消費量は妥当と考えている。IH レンジの 1 次エネルギー消費量は調理用レンジ発熱量はガスレンジと均しいと考え、IH レンジの熱効率を 90% とし、ガスレンジと同様の手順で求める。算出した IH レンジの年間 1 次エネルギー消費量は 521kWh/年である。

2.3 レンジの廃熱量

IH 及びガスレンジのエネルギー消費量と実験により得られた放射熱量と対流熱量の比率を使用し、SCHEDULE を使用して時刻別の廃熱量を算出する。実験により銀鍋と黒鍋を比較すると、銀鍋の方が鍋からの放射及び吸収が少ない。このため本研究では銀鍋の値を使用する。更に、本研究の解析ではレンジの対流熱量は、レンジフードによって全て排気されるものとする仮定し、0kWh/年^{注2)}とした。各レンジの年間廃熱量はガスレンジは 75.0kWh/年、IH レンジは 13.0kWh/年^{注3)}であった。

3. 住宅全体におけるエネルギー消費量及び CO₂ 排出量の解析

3.1 解析対象

レンジの廃熱量を含めた住宅全体のエネルギー消費量及び CO₂ 排出量を解析する。図 2 に解析対象住宅を、表 2 に対象住宅の使用機器を示す。対象地域は、札幌、仙台、東京、名古屋、新潟、京都、大阪、神戸、広島、高知、福岡の全国 11 都市とする。

表 1 IH レンジ及びガスレンジの放射熱量と対流熱量の比率

	黒鍋		銀鍋	
	放射熱量	対流熱量	放射熱量	対流熱量
IHレンジ[%]	5.2	10.9	2.5	12.9
ガスレンジ[%]	6.8	48.1	8.0	46.6

表 2 使用機器

	給湯	暖房	冷房	台所レンジ
全電化住宅	自然冷媒 ヒートポンプ給湯器	エアコン		IHレンジ
従来ガス併用住宅	高効率ガス給湯器 (熱効率90%)	高効率ガス暖房器 (熱効率90%)	エアコン	ガスレンジ
家庭用FCCGS使用住宅	家庭用FCCGS			



(1) 外観パース (2) 1階平面図 (3) 2階平面図

図 2 解析対象住宅

3.2 解析方法

(1) 生活スケジュール

本研究では SCHEDULE を使用して生活スケジュールを作成する。SCHEDULE は任意の家族構成、任意の建物における生活行為に伴う室内発熱パターン及び給湯パターンを作成することが出来る。本研究では、家族構成は、父（勤め人）・母（専業主婦）・子（中学生、小学生）の4人家族とし、生活スケジュールを作成した。作成したスケジュールデータの代表的な例として、図3に冬季平日の人体・照明・機器発熱スケジュールを示す。

(2) 空調負荷

表3に解析条件を示す。気象データには日本建築学会拡張アメダス気象データ（標準年）を使用する。SCHEDULE を使用し、各部屋各機器の時刻別発熱量を熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS に与え、対象住宅モデルの冷暖房負荷を算出する。空調機の設定温度、運転スケジュールは SCHEDULE の結果を使用せず、終日連続空調とする。IH 及びガスレンジのエネルギー消費量及び廃熱量は2章で算出した値を使用し、台所レンジフードの排気風量は IH レンジ使用時 $200\text{m}^3/\text{h}$ ⁶⁾、ガスレンジ使用時 $300\text{m}^3/\text{h}$ と設定する。本研究ではレンジの対流熱量は2.3節で示した通り $0\text{kJ}/\text{年}$ として解析しているが、レンジ運転時は表3に示す台所レンジフード排気風量を加えて解析を行っており、レンジ運転時の換気負荷については考慮されている。

(3) 給湯負荷

給湯量は SCHEDULE により作成したスケジュールから算出し、給湯温度は 40°C とする。但し、給湯器では 60°C の湯を貯湯し、各都市における月別の給水温度の水と混ぜ合わせることで 40°C の湯とするため、給湯量を補正して実際に必要な給湯量を求め、給湯負荷を算出する。

(4) 家庭用 FCCGS の稼働条件

表4に家庭用 FCCGS の定格能力と稼働条件を示す。SCHEDULE により作成した生活スケジュールから1時間毎に住宅の各室の機器消費総電力量を算出し、消費総電力量が 250Wh 以上の場合に家庭用 FCCGS を起動し発電を行う。給湯量が不足する場合には case1（電主運転）、case2（熱主運転）に分けて算出を行う。

(5) 1次エネルギー消費量及び CO_2 排出量

表5に1次エネルギー換算係数及び CO_2 排出原単位を示す。算出し

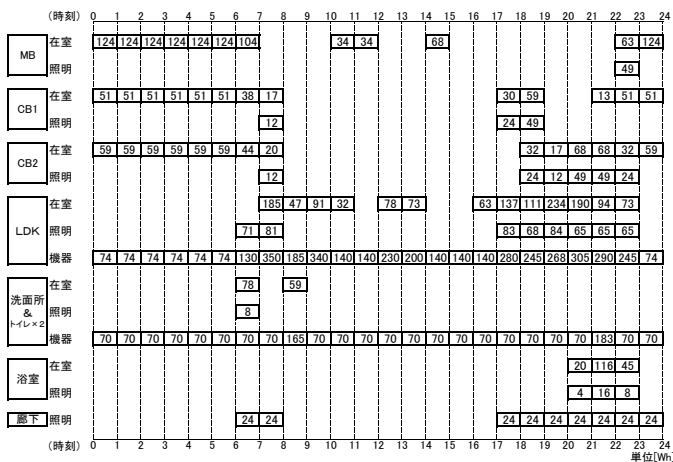


図3 人体・照明・機器発熱スケジュール（冬季平日）

※ IH 及びガスレンジの機器廃熱は除く

た各負荷、1次エネルギー換算係数及び CO_2 排出原単位により、電化住宅、ガス住宅及び FCCGS 住宅の住宅全体 CO_2 排出量を求める。但し、1次エネルギー消費量は原油量換算量⁷⁾を示す。又、 CO_2 排出原単位は電力会社別 CO_2 排出原単位⁸⁾及び国内クレジット制度における限界電源係数における経過年数毎の CO_2 排出原単位⁹⁾を使用する。図4に国内クレジット制度における CO_2 排出原単位の経年変化の概要を示す。

表3 解析条件

空調 ※終日空調	冷房	設定温度	28°C
		期間	6月～9月
	暖房	設定温度	20°C
		期間	11月～3月
熱損失係数			$2.73[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
台所レンジフード排気風量	IH	$200[\text{m}^3/\text{h}]$ (2.7回/h)	
	ガス	$300[\text{m}^3/\text{h}]$ (4.0回/h)	
換気回数	通常時	$0.5[\text{回}/\text{h}]$	

表4 家庭用 FCCGS の定格能力と稼働条件

家庭用 FCCGS 定格能力	ガス消費量 [Wh]	発電効率 [%]	給湯効率 [%]	総合効率
	2000	35	45	80 [%]
	起動用エネルギー [Wh]	発電量 [W]	給湯量 [ℓ/h]	貯湯量
	500	MAX=700, MIN=250	15 (60°C)	200 [ℓ]
共通	消費総電力量が 250Wh 以上 (最大 700Wh) の場合に発電を行い、給湯量を満たした場合は運転を停止する。			
case1 (電主運転)	消費総電力量が 250Wh 未満の場合は運転を停止し、足りない給湯量はバックアップボイラー (熱効率90%) により補う。			
case2 (熱主運転)	消費総電力量が 250Wh 以下の場合でも給湯量が足りるまで 250Wh 発電を行う。余剰電力はヒーターで給湯に使用する。			

表5 1次エネルギー換算係数及び CO_2 排出原単位

電気	1次エネルギー換算係数 [kℓ/kWh]	2.57×10^{-4}	電力会社別 CO_2 排出原単位	北海道	中部	中国
				0.588	0.424	0.501
	8～22時	2.57×10^{-4}	国内クレジット制度 における 限界電源係数	東北	北陸	四国
0.340				0.483	0.326	
上記以外の 時間帯	2.39×10^{-4}	1年目 まで	東京	関西	九州	
			0.332	0.299	0.348	
ガス	0.93×10^{-4}	2.5年目 以降	0.550	0.443	0.335	
			0.184			

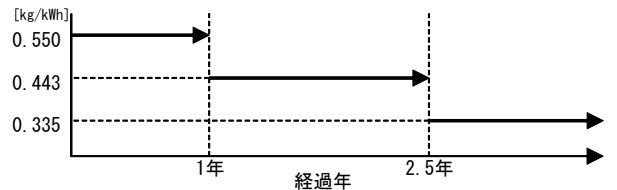


図4 CO_2 排出原単位の経年変化

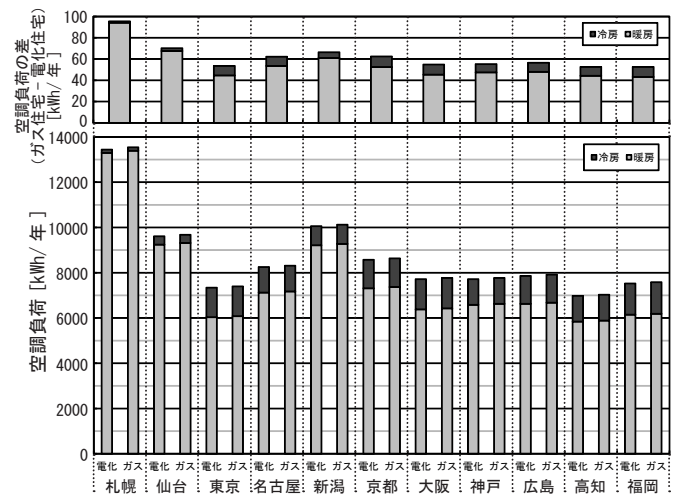


図5 地域別電化住宅及びガス住宅の空調負荷

4. 解析結果

4.1 空調負荷

図5に地域別電化住宅及びガス住宅の空調負荷を示す。本研究で解析した FCCGS 住宅では冬季及び中間期の消費電力はガス住宅と変わらず、夏季においても給湯量が少ないため、エアコンの消費電力を発電するまでには至らないため、ガス住宅と同様の結果となる。空調負荷では暖房負荷の占める割合が大きく、冷房負荷の割合は全地域平均で約13%と小さい。全地域で空調負荷はガス住宅より電化住宅の方が負荷は少ないが、その差は空調負荷全体の1%以下であり差は極めて少ない^(注4)。廃熱量の多いガスレンジを使用しているガス住宅の方が暖房負荷が多い値となるのは、ガスレンジ使用時のフード排気風量(300m³/h)がIHレンジ使用時の排気風量(200m³/h)より多いため、換気による負荷が多くなることが原因と考えられるが、調理用IH及びガスレンジが空調負荷に与える影響は殆ど無い。

4.2 給湯負荷

図6にSCHEDULEにより作成した給湯スケジュールから算出した電化住宅及びガス住宅の地域別給湯負荷を示す。参考文献3で行った実測結果と比較するとほぼ同様の値である。寒冷な地域の方が温暖な地域と比較して給湯負荷が相対的に大きい。空調負荷に対して給湯負荷は1/2～1/3程度である。

4.3 1次エネルギー消費量及びCO₂排出量

(1) 空調負荷によるCO₂排出量

本研究では電化住宅の冷暖房はエアコンを使用し、ガス住宅、FCCGS住宅の暖房では高効率ガス暖房機、冷房はエアコンを使用する。図7に電力会社別のCO₂排出原単位を使用し、高効率ガス暖房機の熱効率を90%、エアコンの暖房COPを2～5としたときの暖房によるCO₂排出量の結果を示す。仙台、東京、新潟、京都、大阪、神戸、高知、福岡では、エアコンのCOPが2以上、札幌、名古屋、広島では、エアコンのCOPが3以上でガス住宅より電化住宅の方が暖房によるCO₂排出量が少なくなる。ガス住宅と電化住宅の暖房負荷に殆ど差が無いため、暖房によるCO₂排出量は、電力会社別のCO₂排出原単位及びエアコンの暖房COPにより決定される。暖房COPが5のとき、空調負荷が多く電力会社別のCO₂排出原単位の小さい仙台で暖房によるCO₂排出量の差が全地域で最大となる。

(2) 給湯負荷によるCO₂排出量

本研究の給湯機器は、電化住宅では自然冷媒ヒートポンプ給湯器を、ガス住宅では高効率ガス給湯器を使用した解析を行う。図8に電力会社別のCO₂排出原単位を使用し、高効率ガス給湯器の熱効率を90%、自然冷媒ヒートポンプ給湯器のCOPを2～5とした場合の給湯によるCO₂排出量の結果を示す。仙台、東京、新潟、京都、大阪、神戸、高知、福岡では、自然冷媒ヒートポンプ給湯器のCOPが2以上、札幌、名古屋、広島では、自然冷媒ヒートポンプ給湯器のCOPが3以上でガス住宅より電化住宅の方がCO₂排出量が少なくなる。給湯負荷は地域差が少ないため、電力会社別のCO₂排出原単位と自然冷媒ヒートポンプ給湯器のCOPによって地域差が生じる。

(3) 住宅全体の1次エネルギー消費量

図9に住宅全体の1次エネルギー消費量を示す。ただし、電化住宅の住宅全体の1次エネルギー消費量はCOP(暖房-給湯)が3-2の

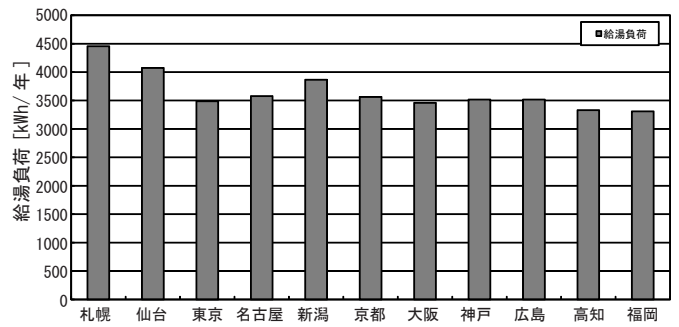


図6 地域別給湯負荷

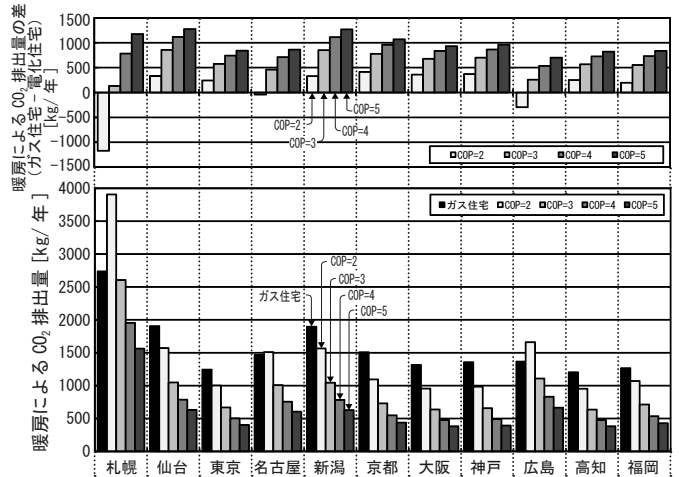


図7 地域別電化住宅及びガス住宅の暖房によるCO₂排出量

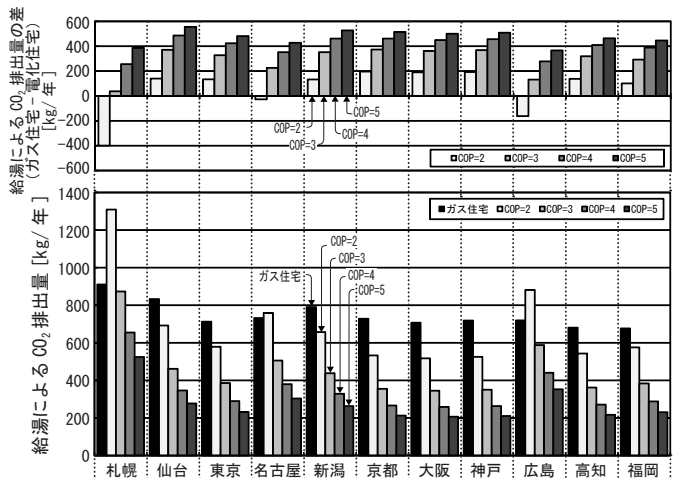


図8 地域別電化住宅及びガス住宅の給湯によるCO₂排出量

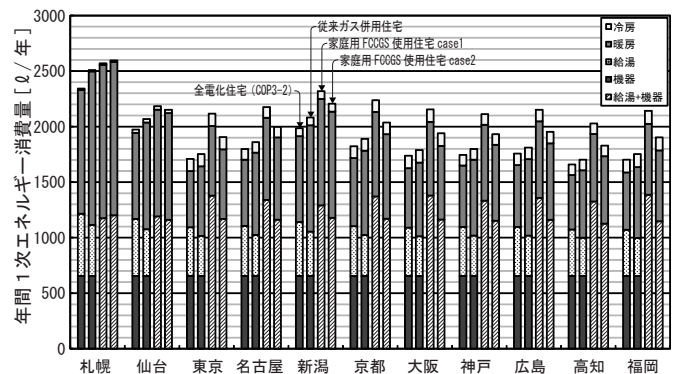


図9 住宅全体の1次エネルギー消費量(原油量換算)

場合を示す。1次エネルギー消費量は電化住宅が最も少なく、ガス住宅、FCCGS住宅の順に多くなる。FCCGS住宅のcase1(電主運転)では冬季に起動回数が多く、起動に多くのエネルギー(電気500Wh、ガス500Wh)を消費するため他の住宅より1次エネルギー消費量が多くなる。

(4) 住宅全体のCO₂排出量(電力会社別CO₂排出原単位を用いた場合)

表6に電力会社別CO₂排出原単位を用いた場合の各住宅の住宅全体の年間CO₂排出量を示す。電化住宅の住宅全体のCO₂排出量は、冷房に使用するエアコンのCOPを3とし、暖房に使用するエアコンのCOPと給湯に使用する自然冷媒ヒートポンプ給湯器のCOPを変化させた値を示している。表6の()中に2次エネルギー消費量を示す。ただし、電化住宅の住宅全体の2次エネルギー消費量はCOP(暖房-給湯)が3-2の場合を示す。寒冷地及び電力会社別のCO₂排出原単位が大きい札幌、仙台、名古屋、新潟、広島において、暖房のCOPが1の場合にガス住宅及びFCCGS住宅より電化住宅の住宅全体のCO₂排出量が多くなる。これは、給湯負荷より暖房負荷のほうが多いためである。札幌、名古屋、広島は、電力会社別のCO₂排出原単位(北海道:0.588kg/kWh、中部:0.424kg/kWh、中国:0.501kg/kWh)が他の地域に比べ大きいため、他の地域に比べてガス住宅及びFCCGS住宅より電化住宅の住宅全体のCO₂排出量が多くなるケースがある。温暖地で電力会社別のCO₂排出原単位が小さい東京、京都、大阪、神戸、高知、福岡(電力会社別CO₂排出原単位は東京:0.332kg/kWh、関西:0.299kg/kWh、四国:0.326kg/kWh、九州:0.348kg/kWh)では、暖房及び給湯のCOPが1以外の全ての組み合わせで、ガス住宅及びFCCGS住宅より電化住宅の住宅全体のCO₂排出量の方が少なくなる。ヒートポンプ給湯

器のCOPよりエアコンの暖房COPの方が、住宅全体のCO₂排出量に与える影響が大きいためと考えられる。

(5) 新潟における住宅全体のCO₂排出量の経年変化

図10に新潟における限界電源係数の計算結果により決定されたCO₂排出原単位を用いて算出した0~1年目の住宅全体のCO₂排出量、図11に限界電源係数の計算結果により決定されたCO₂排出原単位の経年変化を用いて算出した5年間の住宅全体のCO₂排出量の推移を示す。各住宅における冷房COPは3とし、電化住宅は代表的な暖房及び給湯のCOPの組み合わせについて表示する。

電化住宅とFCCGS住宅を比較すると、case1、case2のどちらにおいても暖房及び給湯のCOPが共に3以上の場合、1年目からFCCGS住宅より電化住宅の住宅全体のCO₂排出量が少なくなる。また、CO₂排出原単位の経年変化により、COP(暖房-給湯)が3-1であっても5年経過するとFCCGS住宅より電化住宅の住宅全体のCO₂排出量が少なくなる。ガス住宅とFCCGS住宅を比較するとガス住宅の方が住宅全体のCO₂排出量が少なく、CO₂排出原単位の経年変化によりその差は広がり、case2(熱主運転方式)では1年当たりのCO₂排出量の差は5年間で2.2倍程度になる。

5. まとめ

本研究では、給湯及び住宅全体で使用される機器の使用状況を考慮し、エネルギー消費量の時刻に着目した解析を行い、電化住宅、従来のガス住宅及びFCCGS住宅を対象に、住宅全体におけるエネルギー消費量及びCO₂排出量を明らかにした。本研究で得られた知見

表6 住宅全体の年間CO₂排出量(電力会社別CO₂排出原単位)

札幌 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					新潟 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					広島 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]							
	給湯COP						給湯COP						給湯COP							
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
暖房COP	1	11996	10687	10250	10032	9901	暖房COP	1	5427	4770	4551	4441	4376	暖房COP	1	6593	5711	5418	5271	5183
	2	8088	6778	6342	6124	5993		2	3861	3204	2985	2876	2810		2	4932	4051	3757	3611	3522
	3	6785	5476	5039	4821	4690		3	3339	2682	2463	2354	2288		3	4379	3498	3204	3057	2969
	4	6134	4824	4388	COP3-2			4	3078	2421	2202	COP3-2			4	4102	3221	2927	COP3-2	
	5	5743	4433	3997	(電気9312kWh)			5	2921	2264	2045	(電気7888kWh)			5	3936	3055	2761	(電気6981kWh)	
ガス住宅	5208 (電気2654kWh ガス19824kWh)					ガス住宅	3668 (電気2887kWh ガス14597kWh)					ガス住宅	3595 (電気3016kWh ガス11326kWh)							
FCCGS住宅	5216 (電気1416kWh ガス23826kWh) 5269 (電気1423kWh ガス24086kWh)					FCCGS住宅	4235 (電気2266kWh ガス18828kWh) 4146 (電気1418kWh ガス19912kWh)					FCCGS住宅	4268 (電気2788kWh ガス15603kWh) 3872 (電気1371kWh ガス17310kWh)							
仙台 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					京都 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					高知 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]							
	給湯COP						給湯COP						給湯COP							
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
暖房COP	1	5454	4762	4531	4416	4347	暖房COP	1	4156	3624	3446	3357	3304	暖房COP	1	3961	3419	3238	3147	3093
	2	3883	3191	2960	2844	2775		2	3063	2530	2352	2264	2210		2	3010	2467	2286	2196	2141
	3	3359	2667	2436	2321	2251		3	2698	2165	1988	1899	1846		3	2692	2150	1969	1878	1824
	4	3097	2405	2174	COP3-2			4	2516	1983	1806	COP3-2			4	2534	1991	1810	COP3-2	
	5	2940	2248	2017	(電気7843kWh)			5	2406	1874	1696	(電気7242kWh)			5	2439	1896	1715	(電気6594kWh)	
ガス住宅	3663 (電気2726kWh ガス14872kWh)					ガス住宅	3139 (電気3026kWh ガス12144kWh)					ガス住宅	2857 (電気2986kWh ガス10236kWh)							
FCCGS住宅	4064 (電気1652kWh ガス19034kWh) 4061 (電気1276kWh ガス19710kWh)					FCCGS住宅	3866 (電気2837kWh ガス16401kWh) 3754 (電気1412kWh ガス18107kWh)					FCCGS住宅	3555 (電気2692kWh ガス14549kWh) 3406 (電気1259kWh ガス16279kWh)							
東京 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					大阪 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					福岡 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]							
	給湯COP						給湯COP						給湯COP							
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
暖房COP	1	4170	3591	3398	3302	3244	暖房COP	1	3854	3337	3164	3078	3026	暖房COP	1	4356	3781	3589	3493	3435
	2	3168	2590	2397	2300	2242		2	2900	2383	2210	2124	2072		2	3287	2711	2519	2423	2366
	3	2834	2256	2063	1966	1909		3	2582	2065	1892	1806	1755		3	2931	2355	2163	2067	2009
	4	2668	2089	1896	COP3-2			4	2423	1906	1733	COP3-2			4	2752	2177	1985	COP3-2	
	5	2567	1989	1796	(電気6794kWh)			5	2328	1811	1638	(電気6906kWh)			5	2646	2070	1878	(電気6767kWh)	
ガス住宅	2966 (電気3043kWh ガス10626kWh)					ガス住宅	2934 (電気3053kWh ガス10984kWh)					ガス住宅	3009 (電気3067kWh ガス10553kWh)							
FCCGS住宅	3710 (電気2900kWh ガス14930kWh) 3486 (電気1371kWh ガス16799kWh)					FCCGS住宅	3687 (電気2924kWh ガス15285kWh) 3566 (電気1381kWh ガス17138kWh)					FCCGS住宅	3786 (電気3034kWh ガス14837kWh) 3568 (電気1334kWh ガス16868kWh)							
名古屋 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					神戸 冷房COP 3	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]					その他の条件	住宅全体CO ₂ 排出量[kg]							
	給湯COP						給湯COP						給湯COP							
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
暖房COP	1	5800	5041	4738	4662	4586	暖房COP	1	3911	3385	3210	3122	3070	表におけるFCCGS住宅の値…上段:case1 下段:case2	住宅全体のCO ₂ 排出量の比較において	100	FCCGS住宅及びガス住宅の方がCO ₂ 排出量が多い条件	電化住宅<FCCGS住宅、ガス住宅		
	2	4290	3532	3279	3152	3077		2	2927	2401	2226	2138	2086	100	電化住宅よりFCCGS住宅のみCO ₂ 排出量が多い条件	ガス住宅<電化住宅<FCCGS住宅				
	3	3787	3029	2776	2649	2573		3	2599	2073	1898	1810	1758	100	その他の条件	case2 < 電化住宅 < ガス住宅 < case1				
	4	3536	2777	2524	COP3-2			4	2435	1909	1734	COP3-2		100	ガス住宅 < case1 < 電化住宅 < case2	ガス住宅 < case2 < 電化住宅 < case1				
	5	3385	2626	2373	(電気7143kWh)			5	2336	1811	1636	(電気6934kWh)		100	電化住宅の方がCO ₂ 排出量が多い条件	FCCGS住宅、ガス住宅 < 電化住宅				
ガス住宅	3463 (電気2983kWh ガス11947kWh)					ガス住宅	2966 (電気2984kWh ガス11272kWh)													
FCCGS住宅	4112 (電気2643kWh ガス16256kWh) 3855 (電気1372kWh ガス17791kWh)					FCCGS住宅	3658 (電気2643kWh ガス15583kWh) 3560 (電気1334kWh ガス17182kWh)													

は以下の通りとなる。

- ① IH レンジとガスレンジの空調負荷に与える影響は、レンジ別の廃熱量より排気風量の違いが大きいが、レンジの違いによって生じる空調負荷の差は負荷の量に対して1%以下と小さい。
- ② 給湯負荷は空調負荷と比較して地域差が少ない傾向があり、電力会社別のCO₂排出原単位によって地域差が生じる。
- ③ 給湯負荷よりも暖房負荷の方が多いため、ヒートポンプ給湯器のCOPよりエアコンの暖房COPの方が、住宅全体CO₂排出量に与える影響が大きい。
- ④ 電力会社別のCO₂排出原単位を用いた場合、札幌、名古屋、広島を除く地域では暖房及び給湯COPが2以上の場合、電化住宅の住宅全体の年間CO₂排出量が最も少なく、ガス住宅、FCCGS住宅の順に多くなる。
- ⑤ 新潟において限界電源係数の経年変化によるCO₂排出原単位を用いた場合、case1, case2のどちらにおいても暖房及び給湯のCOPが共に3以上の場合、1年目からFCCGS住宅より電化住宅の住宅全体のCO₂排出量が少なくなる。

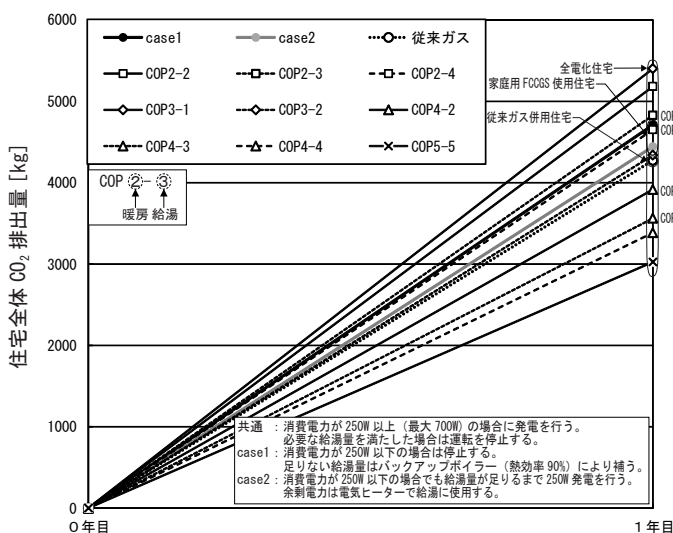


図10 0～1年目の住宅全体のCO₂排出量(新潟、冷房COP3)
※CO₂排出原単位: 0～1年目 0.55kg/kWh

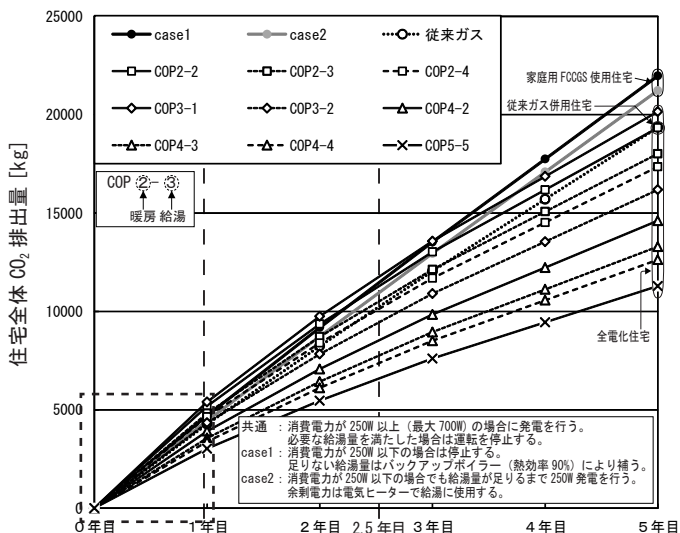


図11 5年間の住宅全体のCO₂排出量の推移(新潟、冷房COP3)
※CO₂排出原単位: 1～2.5年目 0.443kg/kWh, 2.5年目～ 0.335kg/kWh

注

- 注1) SCHEDULE Ver. 2.0は、空気調和・衛生工学会「住宅の消費エネルギー計算委員会」によって作成されたソフトである。
- 注2) 本研究では台所レンジフードの排気風量はIHレンジ使用時200m³/h、ガスレンジ使用時300m³/hと設定している。参考文献6および参考文献10によると、レンジフードの高さやレンジ周辺の横風の状況によって異なるが排気捕集率は概ね90%以上であることから、本研究ではレンジで発生した熱の対流熱量は全てレンジフードで捕集されると仮定して解析を行っている。ただし、レンジ運転時はレンジフードも運転しているため、排気風量によって換気負荷は生じる。本研究ではIHレンジとガスレンジの換気負荷と放射熱量の違いに着目した研究を行っている。
- 注3) ガスレンジ年間廃熱量はガスレンジのエネルギー消費量(938kWh/年)に銀鍋におけるガスレンジ放射熱量の比率(8.0%)を掛けて算出。IHレンジの年間廃熱量はエネルギー消費量(521kWh/年)に銀鍋におけるIHレンジ放射熱量の比率(2.5%)を掛けて算出。
- 注4) 年間空調負荷をみると東京は福岡や広島などの日本の南部の都市と比べて小さくなっているが、その理由は日射の影響によるためである。本研究での窓の様子は地域に因らず同じペアガラス(熱貫流率2.7W/m²・K, IV地域夏季日射取得係数μ=0.0786)で解析しており、東京の冬季の日射量が多いため、福岡等の地域と比べて暖房負荷が減少している。

【記号】

- Q_{e1}: 鍋の蒸発潜熱量 [kJ]
- Q_{e2}: 乾燥空気顕熱増加量 [kJ]
- Q_{e3}: 水蒸気顕熱増加量 [kJ]
- Q_{e4}: 湿り空気顕熱増加量 [kJ]
- Q_{e5}: 機器廃熱除去無しの空気顕熱 [kJ]
- Q_{e6}: 機器廃熱除去有りの空気顕熱 [kJ]
- Q_{e7}: 放射熱量 [kJ]
- Q_{e8}: 対流熱量 [kJ]
- Q_i: 投入熱量 [kJ]
- M_v: 鍋の水の蒸発量 [kg] (実験前後の鍋の重量差から求める)
- L_v: 水の蒸発潜熱 = 2256.7 [kJ/kg]
- C_p: 乾き空気の定圧比熱 = 1.005 [kJ/(kg・K)]
- C_v: 水蒸気の定圧比熱 = 1.846 [kJ/kg]
- dT: (フード出口乾球温度-レンジ回りの平均乾球温度) [°C]
- X: レンジ回りの平均絶対湿度 [kg/kg']
- V: (フード排気風量 [kg/s] × 実験時間 [s]) [kg]

参考文献

- 1) 富士経済 GROUP, http://www.group.fuji-keizai.co.jp/press/pdf/090806_09068.pdf, 2009年10月10日参照
- 2) 水谷傑, 井上隆, 小熊孝典: 住宅内における用途別エネルギー消費と住まい方の実態に関する研究 - アンケート調査に基づく分析 -, 日本建築学会環境系論文集, 第609号, pp117-124, 2006.11
- 3) 横山耕平, 杉原英治, 佐伯修, 辻毅一郎: 複数世帯のエネルギー消費実測データに基づく共用型ヒートポンプ給湯システムの導入効果, エネルギー資源学会論文誌 vol.29, No. 2, pp8-13 2008.3
- 4) 村上周三, 坊垣和明, 田中俊彦, 葉山広文, 吉野博, 赤林伸一, 井上隆, 飯尾昭彦, 銚井修一, 尾崎明仁, 石山洋平: 全国の住宅80戸を対象としたエネルギー消費量の長期詳細調査 対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量, 日本建築学会環境系論文集, 第603号, pp93-100, 2006.5
- 5) 赤林伸一ら: 日本の住宅におけるエネルギー消費, 日本建築学会, 2006.10.20
- 6) 赤林伸一, 坂口淳, 佐藤久遠: 電磁調理器を用いた住宅用厨房の必要換気量に関する基礎的研究, 日本建築学会北陸支部研究報告書第48号, pp213-216, 2005.7
- 7) 株式会社日本スマートエナジー: アセットマネージャーズレポート, 2007.9
- 8) 環境省: 平成20年度の電気事業者別実排出係数・調整後排出係数等の公表について
- 9) 電力会社別排出係数 (CO₂クレジットによる計算), <http://www.kepco.co.jp/kankyuu/co2/index.html>, 2010年1月10日参照
- 10) 赤林伸一ら: 住宅用調理レンジを対象とした排気フードの廃気捕集率に関する研究 その1 レンジ上に横風を与えた場合の捕集率の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.715-716, 2007.7.31
- 11) 浅間秀樹, 赤林伸一, 坂口淳: 家庭用エアコンの実使用時における成績係数に関する研究 独立戸建住宅13棟に設置されたエアコンの測定結果, 日本建築学会環境系論文集, 第613号, pp.35-40, 2007.3
- 12) 劉京, 吉野博: 数値計算による住宅換気システムの性能評価 - 汚染質の長期曝露とエネルギー負荷の観点から -, 日本建築学会計画系論文集, 第550号, pp.36-46, 2001.12