

全国の住宅を対象としたエネルギー消費の実態に関する調査研究 その3 コジェネレーションシステムの有効性に関する検討

*Study on the Energy Consumption in Houses at Major Cities of Japan
Part 3 Study on the Effectiveness Examination of Co-Generation System in Houses*

正会員○久慈拓也¹⁾ 同 赤林伸一²⁾ 同 坂口 淳³⁾ 同 石山洋平⁵⁾

KUJI Takuya, AKABAYASHI Shin-ichi, SAKAGUCHI Jun and ISHIYAMA Yohei

本報では、住宅における電力消費量と給湯負荷の実測調査結果を元に、ガスエンジンによるコジェネレーションシステムの有効性について報告する。給湯用エネルギー消費量、電力消費量が同程度であっても、電力消費量が1 kW を越える時間の割合が多い住宅で排熱給湯量の割合や発電電量が多くなる。ガスエンジンを使用すると、給湯エネルギーだけでなく冬季に暖房エネルギーもまかなえる住宅もある。ガスエンジンを導入した場合、冬季に熱が余る日が多くみられる。

Hot-Water Supply, Electric Power Consumption, Gas Engine, Waste Heat
給湯, 電力, ガスエンジン, 排熱

1 研究目的

地球温暖化対策として、年々増加する民生用のエネルギー消費量の抑制が強く求められている。住宅分野においても、エネルギー消費量の抑制の観点から「省エネルギー基準」の改正・強化が図られている。

一方、家庭用燃料電池、ガスエンジン、マイクロガスタービンなどの小型コジェネレーションシステムの開発が活発に行われており、実用化の段階をむかえている。コジェネは一次エネルギーを有効に利用できるメリットがあるが、熱エネルギーと電力を同時に発生させるため、両者の発生エネルギー量の相違や消費が発生する時間帯

の違いが問題となる。

本報は、前報（その1、その2）に引き続き2002年から2005年に実施した、全国の住宅80戸の詳細なエネルギー消費量調査結果を元に、住宅における電力消費量と給湯負荷の関係を明らかにし、コジェネレーションシステムの有効性を検討することを目的とする。

2 研究概要

2.1 対象住宅

対象住宅は、北海道、東北、北陸、関東、関西、九州（沖縄を含む）の6地域で、戸建住宅53戸と集合住宅27戸の計80戸である。このうち20戸が全電化住宅、60戸が電気、ガス、灯油併用住宅である。2002年11月に測定を開始し、最大29ヶ月間（2002年11月～2005年3月まで）測定を行った。本研究では、給湯負荷が正確に分離されていて、データの欠測の少ない12戸の住宅を対象に解析を行う。

2.2 調査方法

電力は1分間隔で測定する。ガス・灯油に関しては5

表1 対象住宅の属性

住戸名	建築年	床面積 [m ²]	構造・工法	断熱気密性能		用途別エネルギー源				家族人数 [人]
				熱損失係数 [W/m ² ·k]	隙間相当面積 [cm ² /m ²]	暖房	冷房	給湯	調理	
北海道戸建06	2000	128.28	木造	1.69	0.60	灯油	電気	灯油	電気	2
北海道集合03	1990	99.13	SRC造	0.61	0.16	ガス	-	ガス	ガス	3
東北戸建04	2000	109.30	木造パネル造	1.77	0.87	電気	電気	電気	電気	3
東北集合01	2000	72.33	SRC造	2.47	1.74	電気	電気	ガス	ガス	3
北陸戸建03	2002	117.49	木造	2.18	0.95	電気	電気	ガス	ガス	4
北陸戸建09	1990	140.08	木造	3.19	2.85	灯油	電気	ガス	ガス ↓ 電気	2
関東戸建03	2002	105.68	木造	2.93	1.40	電気	電気	ガス	電気	4
関東戸建08	1999	107.74	ALC	2.70	3.69	電気+灯油	電気	ガス	ガス	2
関西戸建01	2001	158.75	木造	1.49	2.51	電気	電気	電気	電気	5
関西集合03	1995	84.94	RC造	0.87	0.96	電気	電気	ガス	ガス	4
九州沖縄戸建01	2002	134.70	S造	1.70	3.90	電気	電気	電気	電気	2
九州沖縄集合02	1995	72.60	RC造	3.50	2.40	電気	電気	ガス	電気	6

1) 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生
2) 新潟大学 教授 工学博士
3) 県立新潟女子短期大学 助教授 博士(工学)
4) 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

1) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.
2) Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
3) Assoc. Prof., Dept. of Human Life and Environmental Science, Niigata Women's College, Dr. Eng.
4) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

分間隔で測定を行う。ガスレンジを使用した厨房ではレンジフードに温度計を設置して15分間隔で測定を行い、給湯用と調理用の分離を行う。

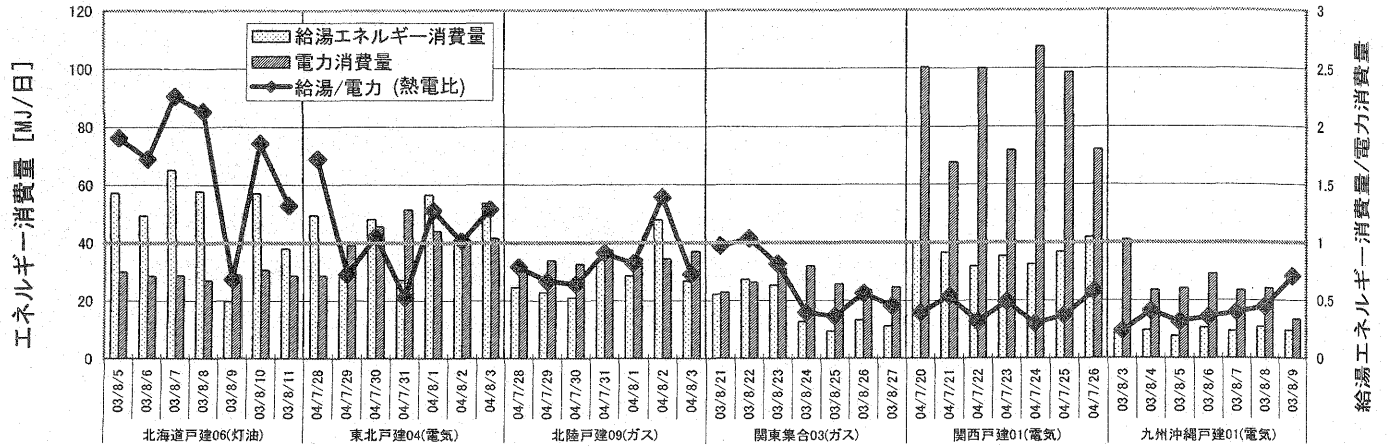
3 解析結果

3.1 季節別給湯エネルギー消費量と電力消費量

図1に夏季の日積算給湯エネルギー消費量と給湯・暖房以外の電力消費量を示す。関西戸建01、九州沖縄

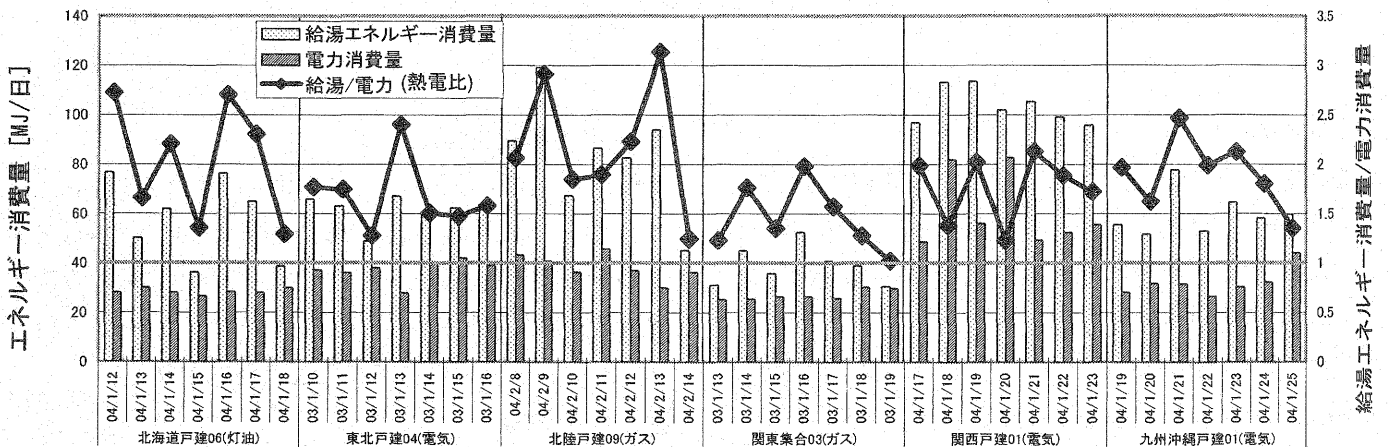
戸建01では、電力消費量に対する給湯エネルギー消費量の割合(熱電比)が1以下の日が多いのに対し、北海道戸建06では1以上の日が多くなっている。熱電比は地域によって差がみられ、関東以南の地域の住宅では相対的に熱電比が小さくなる。

図2に冬季の日積算給湯エネルギー消費量と電力消費量を示す。どの住宅でも熱電比は1.5~2程度の値と



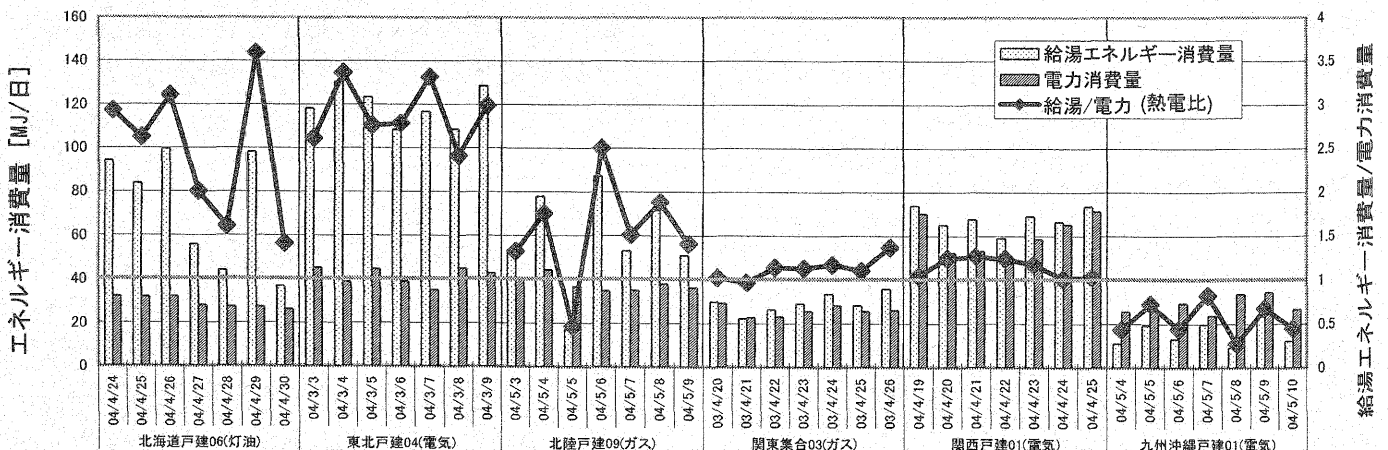
() 内は給湯エネルギー熱源

図1 夏季の給湯エネルギー消費量と電力消費量



() 内は給湯エネルギー熱源

図2 冬季の給湯エネルギー消費量と電力消費量



() 内は給湯エネルギー熱源

図3 中間期の給湯エネルギー消費量と電力消費量

なっており、地域差は見られずばらつきは少ない。

図3に中間期の日積算給湯エネルギー消費量と電力消費量を示す。住宅によって熱電比にばらつきがみられるが、ここでも関東以南の地域の住宅では相対的に熱電比が小さくなる。

3.2 ガスエンジン導入効果

ガスエンジンを導入した際の排熱給湯量及び発電量の検討を行う。対象としたガスエンジンの仕様を表1に示す。ガスエンジンは、定格出力の1kWの発電を行い、その際の排熱3.25kWを給湯に利用する。消費電力が1kW未満の場合には余剰電力で電気ヒーターを用いて加熱を行う。

本研究では、消費電力が1kW以上の時のみガスエンジンが作動すると仮定して解析を行う。表2にガスエンジンを導入した場合の解析結果を示す。全対象住宅の平均熱電比は0.9であり、ガスエンジンの定格とは大きく異なる。排熱給湯量に対する給湯エネルギー消費量の割合は113%とほぼ同等であるが、電力消費量に対するガスエンジンの発電量の割合は25%である。

年間給湯エネルギー消費量がほぼ同等な東北集合01と関西集合03を比較すると、電力消費量が1kWを超える時間が東北集合01は関西集合03の約3倍となっている。東北集合01では、給湯エネルギー消費量に対するガスエンジン排熱給湯量の割合が161%であるのに対し、関西集合03では53%となっている。

図4に日積算給湯エネルギー消費量に対するガスエンジン排熱給湯量の割合の累積頻度を示す。1日に消

費される給湯エネルギー消費量を全てまかなえる日が90%以上となる住宅もあるが、1割に満たない住宅もある。給湯エネルギー消費量に対する排熱給湯量が1を超えた分は、熱が余ることになる。ただし冬季の場合には、暖房用エネルギーとして使用できる可能性がある。

図5に日積算電力消費量に対するガスエンジン発電量の割合の累積頻度を示す。累積頻度80%の時、電力消費量の15%から60%程度がガスエンジン発電によってまかなわれている。

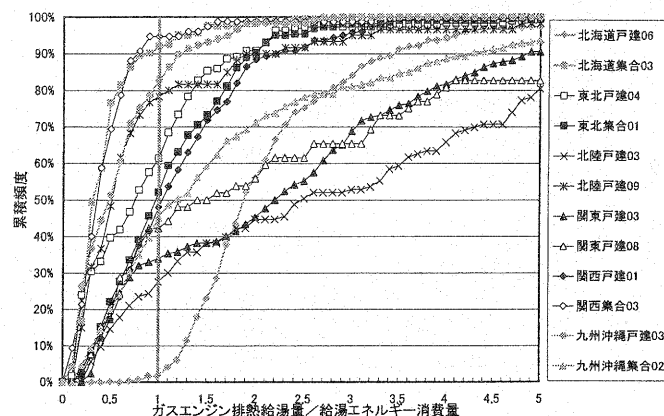


図4 日積算給湯エネルギー消費量に対するガスエンジン排熱給湯量の割合の累積頻度

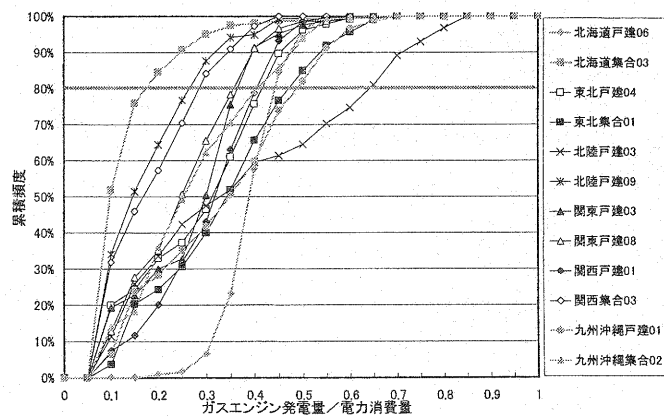


図5 日積算電力消費量に対するガスエンジン発電量の割合の累積頻度

表2 ガスエンジンの仕様

発電出力	1.0kW(出力一定で運転)	貯湯温度	約70°C
排熱出力	3.25kW(熱電比 3.25)	貯湯タンク容量	150L
効率	発電20% 排熱65% (低位発熱量基準)	ガス消費量	5.54kW (4760kcal/h)

表3 ガスエンジンを導入した場合の解析結果 (2003年1月~2003年12月)

住宅	給湯エネルギー消費量 [kWh/年]	電力消費量 [kWh/年]	熱電比 (給湯/電力)	電力消費量が1kWを超える時間 [h/年]	ガスエンジンによる排熱給湯量 [kWh/年]	ガスエンジンによる発電量 [kWh/年]	排熱給湯量/給湯エネルギー消費量	発電量/電力消費量
北海道戸建06	6203.6	9414.8	0.7	3711	12097.9	3711.0	1.95	0.39
北海道集合03	4835.8	5490.3	0.9	345	1121.3	345.0	0.23	0.06
東北戸建04	6209.9	4513.9	1.4	1245	4046.3	1245.0	0.65	0.28
東北集合01	4432.5	6163.5	0.7	2196	7137.0	2196.0	1.61	0.36
北陸戸建03	2361.3	4986.1	0.5	1558	5063.5	1558.0	2.14	0.31
北陸戸建09	5517.1	3783.8	1.5	365	1186.3	365.0	0.22	0.10
関東戸建03	4194.6	8922.2	0.5	2481	8088.1	2481.0	1.93	0.28
関東戸建08	5359.4	4119.5	1.3	655	2135.3	655.0	0.40	0.16
関西戸建01	7218.5	7869.5	0.9	2529	8244.5	2529.0	1.14	0.32
関西集合03	4409.2	4913.5	0.9	717	2337.4	717.0	0.53	0.15
九州沖縄戸建01	2217.6	3536.3	0.6	987	3217.6	987.0	1.45	0.28
九州沖縄集合02	3864.7	5184.3	0.7	1553	5047.3	1553.0	1.31	0.30
平均	4735.3	5741.5	0.9	1528.5	4976.9	1528.5	1.13	0.25

図6に北海道戸建06におけるガスエンジン導入時の発電量、排熱給湯量の日積算値の年変化を示す。北海道戸建06では年間を通して電力消費量が多く一定であるため、発電量の変化が小さく、夏季には熱が余る日が多くみられる。

図7に北陸戸建03におけるガスエンジン導入時の年変化を示す。冬季にガスエンジンによる発電が多く、熱が余る日が多くみられる。夏季は冬季に比較して発電

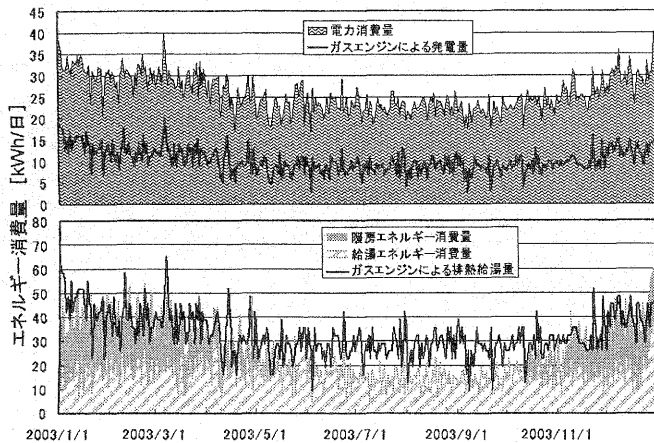


図6 ガスエンジン導入時の年変化
(北海道戸建06)

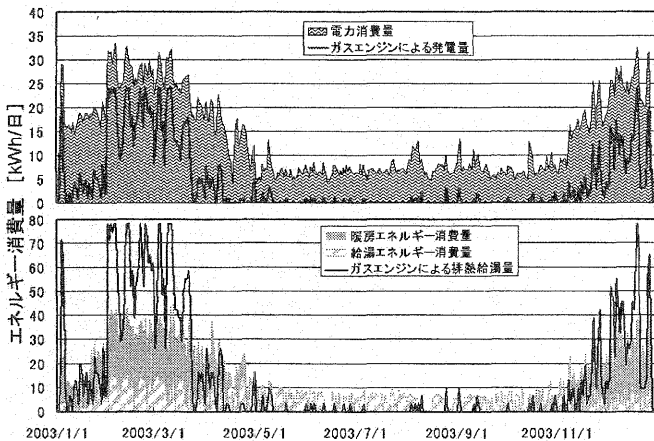


図7 ガスエンジン導入時の年変化
(北陸戸建03)

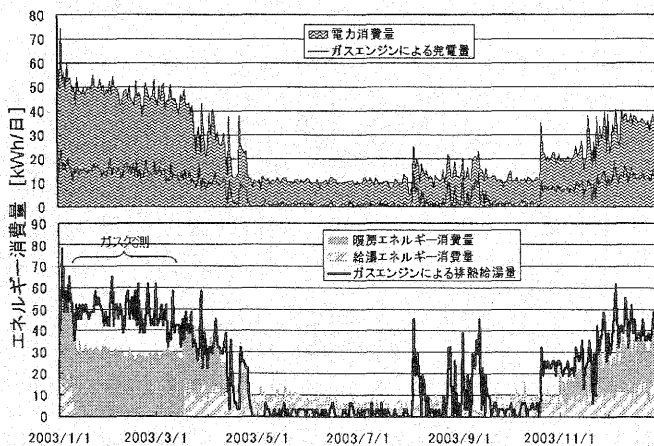


図8 ガスエンジン導入時の年変化
(関東戸建03)

量が少いため、ガスエンジンによる発電量、排熱給湯量共に少ない。

図8に関東戸建03におけるガスエンジン導入時の年変化を示す。冬季、夏季ともに熱が余る日が多くみられる。

どの住宅も、冬季のガスエンジン排熱給湯量が、暖房エネルギー消費量と給湯エネルギー消費量の合計値より多くなる日が見られ、効率的な排気利用が行われていない。

4 まとめ

本報では、住宅における電力消費量と給湯負荷の実測結果から、コジェネレーションシステムの有効性について検討した。

- ①給湯エネルギー消費量、熱電比は地域によるばらつきはあるが、冬季には地域間の差が小さくなる。電力消費量には季節によるばらつきが見られない。
- ②給湯エネルギー消費量、電力消費量が同程度であっても、電力消費量が1kWを越える時間の割合が多い住宅で排熱給湯量や発電量が多くなる。地域間の差は少なく、住宅によるばらつきが大きい。
- ③ガスエンジンを使用すると、給湯エネルギーだけでなく冬季に暖房エネルギーもまかなえる住宅もある。ガスエンジン排熱給湯量が給湯エネルギー消費量の10%程度しかない住宅もある。
- ④ガスエンジンからの発電で日積算電力消費量の17%から64%をまかなうことができる。
- ⑤ガスエンジンを導入した場合、冬季に熱が余る日が多くみられる。

【謝辞】

本研究は国土交通省、東京電力、関西電力、九州電力から委託を受け、(社)日本建築学会学術委員会「住宅内のエネルギー消費に関する全国的調査研究委員会(委員長:村上周三慶應義塾大学教授)」の活動の一環として実施したものである。また、本研究を行うに当たり居住者の方々や工務店の各位の協力を得た。関係各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 村上周三, 赤林伸一, 絵内正道, 吉野博, 飯尾昭彦, 坊垣和明, 銚井修一, 渡辺俊行, 坂口淳: 住宅を対象としたエネルギー消費量の測定システムの開発研究, 日本建築学会技術報告集第22号, 355-358, 2005年12月
- 2) 村上周三, 坊垣和明, 田中俊彦, 羽山広文, 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, 93-100, 2006年5月
- 3) 石山洋平, 赤林伸一, 坂口淳, 浅間英樹, 宝里智洋: 全国の住宅を対象としたエネルギー消費量の実態に関する調査研究 その1 住宅で消費される待機電力について, 日本建築学会北陸支部報告集, 2006年7月
- 4) 坂口淳, 赤林伸一, 浅間英樹, 石山洋平, 宝里智洋: 全国の住宅を対象としたエネルギー消費量の実態に関する調査研究 その2 各種家電機器のエネルギー消費量について, 日本建築学会北陸支部報告集, 2006年7月
- 5) 日本建築学会: 全国の住宅におけるエネルギー消費, 2006年10月