

住宅用コージェネレーションシステムの有効性に関する研究

その1 エネルギー消費量の実態調査結果を元にしたGCSの有効性に関する検討

研究会 赤林伸一¹⁾
 同 坂口 淳²⁾
 給湯エネルギー消費量 電力消費量 ガスエンジン コージェネレーション 同 石山洋平³⁾
 同 久慈拓也⁴⁾

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ー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。コー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。

本報では、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^{文献1)}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、コー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。表1に対象住宅の概要を示す。

2.2 解析方法：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2に示す。ガスエンジンは、消費電力0.4kW以上の時、定格出力の1kW(実際は補機動力を差し引いた930W)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930W未満の場合には余剰電力で電

気ヒーターを用いて水の加熱を行う。また、1日の給湯エネルギー消費量を満足した時点で発電を停止する。給湯エネルギー消費量を満足しない場合は、補助給湯器で給湯を行うと仮定する。貯湯槽、配管からの熱損失は無視しており、ガスエンジンからの排熱が全て利用できるという実運転時とは異なる状況を想定している。

解析では、二次エネルギー消費量を一次エネルギー消費量とCO₂排出量に換算する。表3に一次エネルギー換算値とCO₂排出係数を示す。

3 解析結果

3.1 ガスエンジン導入効果：表4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平均88%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平均24%である。住宅によりガスエンジンによる排熱給湯量や発電量に差がみられる。

年間給湯エネルギー消費量がほぼ同等な北海道集合03と関西集合03を比較すると、北海道集合03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99%であるのに対し、関西集合03では59%となっている。

表5に一次エネルギー消費量の削減率を、表6に、CO₂排出量の削減率を示す。対象とした全住戸の一次エネルギー消費量の平均削減率は12.8%、CO₂排出量の平均削減率は8.7%となり、住戸によるばらつきが極めて大きい。

図1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23%～66%程度がガスエンジン発電によってまかなわれている。ガスエンジンが動作しない時間は住宅によって差がみられ、0～39%となっている。

3.2 ガスエンジン導入時の年変化：図2に北陸戸建03

表1 対象住宅の概要

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]	ガス一次エネルギー換算値 [MJ/Nm ³]	電力CO ₂ 排出係数 [kg-CO ₂ /MJ]
				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	46.0	0.502
北海道集合03	1990	99.13	SRC造	0.61	0.16	ガス	-	ガス	ガス	3	46.0	0.502
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	46.0	0.510
東北集合01	2000	72.33	SRC造	2.47	1.74	電気	電気	ガス	ガス	3	20.9	0.510
北陸戸建03	2002	117.49	木造	2.18	0.95	電気	電気	ガス	ガス	4	44.0	0.510
北陸戸建09	1990	140.08	木造	3.19	2.85	灯油	電気	ガス	ガス	2	41.9	0.510
関東戸建03	2002	105.68	木造	2.93	1.40	電気	電気	ガス	電気	4	46.0	0.368
関東集合04	1994	90.00	RC造	1.70	0.80	電気+ガス	電気	ガス	ガス	3	46.0	0.368
関西戸建01	2001	158.75	木造	1.49	2.51	電気	電気	電気	電気	5	45.0	0.358
関西集合03	1995	84.94	RC造	0.87	0.96	電気	電気	ガス	ガス	4	45.0	0.358
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	46.0	0.365
九州沖縄集合02	1996	72.60	RC造	3.50	2.40	電気	電気	ガス	電気	6	46.0	0.365

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
排熱出力	3.25kW(熱電比 3.25)	貯湯タンク容量 ^{*1)}	150
効率	発電20%	ガス消費量	5.54kW
	排熱65%		(4760kcal/h)
	補助ボイラー:80%	補機動力	70W

表3 一次エネルギー換算値とCO₂排出係数

	一次エネルギー換算値	CO ₂ 排出係数
電気	9.76MJ/kWh	表1参照
ガス	表1参照	0.0510kg-CO ₂ /MJ (東北集合01: 0.113kg-CO ₂ /MJ)
灯油	37.3MJ/リットル	2.51kg-CO ₂ /リットル

におけるガスエンジン導入時の年変化を示す。ガスエンジンによる排熱給湯量が多く、給湯エネルギー消費量をまかなえる日が多くみられる。ガスエンジンによる発電量は夏季より冬季で幾分多いが、電力消費量に対する割合では夏季に比べ冬季が非常に小さい。

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

表4 ガスエンジンを導入した場合の解析結果

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)	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	6226.3	9414.8	0.7	6224.9	1915.3	1.00	0.20
北海道集合03	4835.8	5490.3	0.9	4807.9	1479.3	0.99	0.27
東北戸建04	6338.5	5117.8	1.2	6145.6	1890.9	0.97	0.37
東北集合01	6834.0	6163.5	1.1	5452.7	1677.8	0.80	0.27
北陸戸建03	2361.3	4986.1	0.5	2235.3	687.8	0.95	0.14
北陸戸建09	5635.5	4237.2	1.3	5582.5	1659.2	0.99	0.39
関東戸建03	5602.1	8922.2	0.6	5552.5	1708.5	0.99	0.19
関東集合04	5025.6	4820.5	1.0	2627.2	808.4	0.52	0.17
関西戸建01	7256.5	7825.6	0.9	7151.7	2200.5	0.99	0.28
関西集合03	4409.2	4913.5	0.9	2610.8	803.3	0.59	0.16
九州沖縄戸建01	2217.6	3536.3	0.6	1785.5	549.4	0.81	0.16
九州沖縄集合02	3864.7	5184.3	0.7	3671.7	1129.8	0.95	0.22
平均	5050.6	5884.4	0.9	4487.4	1375.9	0.88	0.24

表5 一次エネルギー消費量の削減率

住宅	実測値				ガスエンジン導入後				削減率 [%]
	電気一次エネルギー消費量 [MJ/年]	ガス一次エネルギー消費量 [MJ/年]	灯油一次エネルギー消費量 [MJ/年]	住宅全体 [MJ/年]	電気一次エネルギー消費量 [MJ/年]	ガス一次エネルギー消費量 [MJ/年]	灯油一次エネルギー消費量 [MJ/年]	住宅全体 [MJ/年]	
北海道戸建06	91888.52	-	61315.19	153203.72	73194.71	38292.43	38512.39	149999.53	2.1
北海道集合03	53585.95	40449.00	-	94034.95	31947.52	49917.95	-	89065.47	5.3
東北戸建04	110568.05	-	-	110568.05	31598.80	37891.23	-	69490.03	37.1
東北集合01	60156.27	29690.20	-	89846.47	43781.38	37162.30	-	80943.68	9.9
北陸戸建03	47984.61	11416.13	-	59400.73	41271.77	18075.92	-	57347.68	3.5
北陸戸建09	36929.89	27180.12	20253.90	84363.90	20583.95	37976.64	20253.90	78784.50	6.6
関東戸建03	87080.94	20167.41	-	107248.35	70406.41	31111.09	-	101517.50	5.3
関東集合04	47047.67	19573.29	-	66620.96	39157.97	27447.36	-	66605.33	0.0
関西戸建01	147259.61	-	-	147259.61	55697.88	44346.35	-	100044.23	32.1
関西集合03	47955.77	17688.60	-	65644.37	40115.23	22825.27	-	62940.50	5.1
九州沖縄戸建01	34514.76	-	-	34514.76	10564.81	11869.12	-	22423.93	35.0
九州沖縄集合02	50598.85	13912.90	-	64511.75	39572.38	20653.21	-	60225.59	6.6
平均	67963.41	22509.71	40784.55	89767.30	42087.73	31297.41	29383.15	78282.33	12.8

表6 CO₂ 排出量の削減率

住宅	実測値				ガスエンジン導入後				削減率 [%]
	電気CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /年]	ガスCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /年]	灯油CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /年]	住宅全体 [kg-CO ₂ /年]	電気CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /年]	ガスCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /年]	灯油CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /年]	住宅全体 [kg-CO ₂ /年]	
北海道戸建06	4726.23	-	4126.04	8852.27	3764.73	1952.91	2591.58	8309.23	6.1 (6.9)
北海道集合03	2756.16	2062.90	-	4819.06	2013.53	2545.82	-	4559.35	5.4 (6.6)
東北戸建04	5777.11	-	-	5777.11	1651.17	1932.45	-	3583.62	38.0 (40.7)
東北集合01	3143.41	3354.99	-	6498.40	2287.76	4199.34	-	6487.10	0.2 (1.3)
北陸戸建03	2507.39	582.22	-	3089.61	2156.62	819.87	-	2976.49	3.7 (4.4)
北陸戸建09	1929.74	1386.19	1362.93	4678.85	1074.03	1936.81	1362.93	4373.77	6.5 (7.8)
関東戸建03	3283.38	1622.51	-	4905.89	2654.67	2329.13	-	4983.80	1.8 (6.5)
関東集合04	1773.93	2076.22	-	3850.15	1476.45	2470.39	-	3946.84	-3.8 (1.3)
関西戸建01	5401.53	-	-	5401.53	2043.02	2261.66	-	4304.68	20.3 (35.2)
関西集合03	1759.03	902.12	-	2661.15	1471.44	1164.09	-	2635.53	1.0 (5.1)
九州沖縄戸建01	1301.38	-	-	1301.38	397.97	605.33	-	1003.29	22.9 (38.6)
九州沖縄集合02	1907.83	709.56	-	2617.38	1492.07	1063.31	-	2545.39	2.8 (7.9)
平均	3022.26	1587.09	2744.48	4537.73	1873.62	1939.26	1977.26	4142.42	8.7 (13.3)

*: 削減率の()内は電力CO₂排出原単位を0.555kg-CO₂/kWh(環境省のデフォルト値)を用いた場合

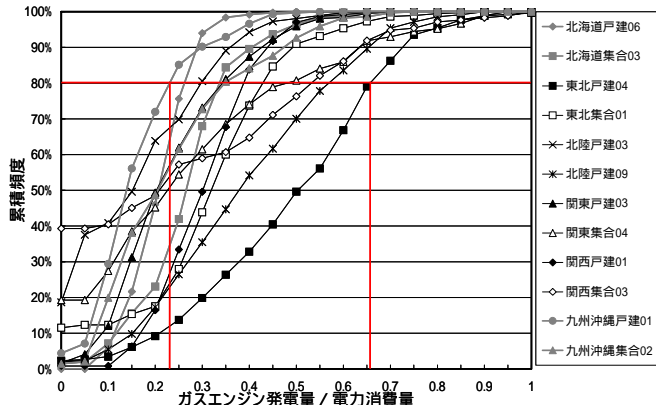


図1 日積算電力消費量に対するガスエンジン発電量の割合の累積頻度

結果から、ガスエンジンの排熱が全て有効に利用されたと仮定した場合のポテンシャルを検討した。

排熱給湯量に対する給湯エネルギー消費量の割合は平均88%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平均24%である。

給湯エネルギー消費量が同程度であっても、住宅により排熱給湯量や発電量のばらつきが大きい。

ガスエンジンを導入し、排熱が全て有効に利用されると仮定した場合、今回対象とした住宅の一次エネルギー消費量は平均12.8%、CO₂排出量は平均8.7%の削減が可能であるが、住戸によるばらつきが大きい。ガスエンジンによる発電で日積算電力消費量の23%から66%をまかなうことができる。

季節別に見ると、冬季や中間期で給湯エネルギー消費量の多くをまかなうことができるが、電力消費量に対する発電量の割合は少ない。

今後、燃料電池、自然冷媒ヒートポンプ給湯器を対象とした分析を行う予定である。

【謝辞】

本研究は国土交通省からの補助金、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)」の結果を元に独自に解析を行ったものである。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。調査やデータ集計では、多数の皆様(<http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/16inmeibo.htm>参照)に多大なる協力を得た。関係各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 第4回住宅エネルギーシナリオ 住宅用エネルギー消費と温暖化対策, 2005年6月
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 坂口淳, 村上周三, 坊垣和明他: 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1~その5, 日本建築学会学術講演梗概集, 2006年

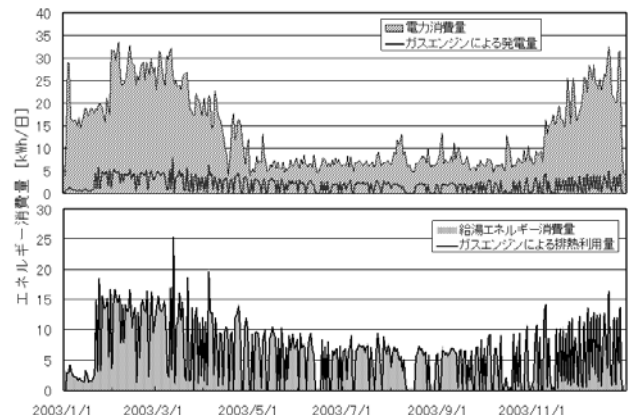


図2 ガスエンジン導入時の各エネルギー消費の年変化 (北陸戸建03)

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

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