

家庭用コジェネレーションシステムの導入効果に関する研究

その2 給湯と暖房エネルギー消費量を対象とした場合のガスエンジン導入効果

Study on the Effectiveness of Co-Generation System in Houses
Part 2 The Effectiveness of Gas Engine in the case for Hot-Water Supply and Heating

正会員○久慈拓也¹⁾ 同 赤林伸一²⁾ 同 坂口 淳³⁾ 同 石山洋平⁴⁾ 同 宮本啓太⁵⁾

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

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、給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を満足して停止した場合のガスエンジン導入効果について報告する。給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を対象とした場合、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合（前報その1）よりも一次エネルギー消費量削減率、CO₂排出量削減率ともに向上する住宅が多い。

Hot-Water Supply, Heating, Energy Consumption, Gas Engine
 給湯, 暖房, エネルギー消費量, ガスエンジン

1 研究目的

前報（その1）では、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、住宅に家庭用ガスエンジンを導入し、1日の給湯エネルギー消費量を満足した時点で停止した場合の有効性について検討した。

本報では、1日の給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を満足した時点でガスエンジンが停止する場合について解析する。

2 研究概要

対象住宅は、前報（その1）と同様である。表1にガスエンジンの仕様を示す。ガスエンジンは家全体の消費電力が400W以上の時、定格出力の1.0kWから補機動力70W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。家全体の消費電力が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。1日の給湯エネルギー消費量を満足しない場合は、補助給湯器で給湯すると

仮定する。また、貯湯タンク容量や配管からの熱損失は無視し、排熱は全て利用可能と仮定する。暖房エネルギー消費量を満足しない場合は、既存の暖房設備で暖房すると仮定する。

エアコンを使用している住宅の場合、エアコンの電力消費量にCOP（3と仮定する）をかけて暖房用エネルギーとする。

本報では、給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を満足した時点でガスエンジンが停止する場合を対象とする。

3 解析結果

表2にガスエンジンを導入した場合の排熱量、発電量の解析結果を示す。代表的な対象住宅の熱電比

表1 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	150ℓ
効率	発電20% (低位発熱量基準)	ガス消費量	5.54kW (4760kcal/h)
	排熱65% 補助ボイラー:80%	補機動力	70W

*1：本研究では貯湯タンク容量は無視し、排熱は全て利用可能と仮定する。

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 准教授 博士(工学)
 4) 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生
 5) 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.
 5) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

((給湯+暖房)/電力)は1.0～4.4であり、平均熱電比は1.1である。給湯エネルギー消費量を満足した場合(前報その1)と比較して熱電比は大きい、ガスエンジンの定格値3.25とは大きく異なる住戸が多い。給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量の和に対する排熱給湯量は49～97%であり、平均で78%となる。一方、電力消費量に対する発電量は23～50%であり、平均で37%となり、前報に比べ1.76倍の発電量となるが、ガスエンジンの発電だけでは電力消費量をまかなうことはできない。電気温水器を使用している住宅の平均とガス、灯油給湯器を使用している住宅の平均との間で排熱給湯量、発電量、

ガスエンジン動作時間に大きな差は見られない。

表3にガスエンジンを導入した場合の一次エネルギー消費量の削減率を示す。一次エネルギー消費量の削減率は-0.1%～44.9%であり、平均削減率は22.6%である。給湯に電気温水器を使用している住宅における一次エネルギー消費量の平均削減率は35.3%であり、ガス、灯油給湯器を使用している住宅で平均削減率は9.6%である。前報(給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合)の平均削減率は17.8%であり、暖房を加えることにより平均削減率は上昇する。

表4にガスエンジンを導入した場合のCO₂排出量の

表2 ガスエンジンを導入した場合の排熱量、発電量の解析結果

住宅	給湯エネルギー消費量 [kWh/年]	暖房エネルギー消費量*1 [kWh/年]	電力消費量*2 [kWh/年]	熱電比 ((給湯+暖房)/電力)	ガスエンジンによる排熱量 [kWh/年]	ガスエンジンによる発電量 [kWh/年]	排熱量/(給湯エネルギー消費量+暖房エネルギー消費量)	発電量/電力消費量	ガスエンジン作動時間
北海道戸建04	6853.3	12263.3	12014.9	1.6	15880.4	4428.1	0.83	0.37	4865
北海道戸建06	6226.3	12063.4	8672.4	2.1	15752.5	4012.9	0.86	0.46	4816
東北戸建02	8562.4	7631.9	4571.1	3.5	13033.6	2549.0	0.80	0.56	3810
東北集合01	6608.4	4123.7	3410.5	3.1	6172.1	1345.9	0.58	0.39	1818
北陸戸建05	8946.7	7894.1	4247.5	4.0	10211.6	2140.2	0.61	0.50	3010
北陸戸建06	6471.8	11492.4	4129.5	4.4	8839.8	1739.1	0.49	0.42	2583
関東戸建01	6194.8	1178.6	2764.3	2.7	5105.9	1083.4	0.69	0.39	1518
関東戸建03	5577.2	3626.9	5516.7	1.7	8321.9	1781.7	0.90	0.32	2518
関西戸建01	7256.5	3294.6	6107.6	1.7	8308.7	1729.3	0.79	0.28	2476
関西戸建03	4814.0	1432.8	5058.1	1.2	6079.5	1497.1	0.97	0.30	1888
九州沖縄戸建01	1909.6	2940.2	2636.2	1.8	3981.3	677.9	0.83	0.26	1187
九州沖縄集合02	3978.3	1176.1	5258.9	1.0	4912.9	1222.6	0.95	0.23	1508
平均(電気温水器)	5868.2	4661.7	4211.1	1.4	7558.1	1546.0	0.76	0.37	2244
平均(ガス・灯油)	6365.0	6857.9	6520.2	1.0	10208.6	2488.6	0.79	0.38	3089
平均(12住宅)	6116.6	5759.8	5365.6	1.1	8883.3	2017.3	0.78	0.37	2666

* 1 エアコン使用住宅の場合、電力消費量×3 (COP)

* 2 暖房エネルギー消費量を除いた電力消費量

表3 ガスエンジンを導入した場合の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 住宅全体 [%]
	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04	121891.24	4490.00	65918.72	192299.97	78673.04	87570.00	11840.55	178083.59	7.4
北海道戸建06	91888.52	-	61315.19	153203.72	52722.32	86688.00	9263.50	148673.83	3.0
東北戸建02	201258.51	-	-	201258.51	46270.60	70568.88	-	116839.49	41.9
東北集合01	60156.22	28979.90	-	89136.12	30330.55	44078.46	-	74409.01	15.5
北陸戸建05	44312.55	-	57979.12	102291.67	23424.41	57246.36	21762.24	102433.02	-0.1
北陸戸建06	109117.21	-	39933.38	149050.59	28978.73	48740.71	31557.97	109277.41	26.7
関東戸建01	93381.24	-	-	93381.24	17065.32	33190.06	-	50255.38	44.9
関東戸建03	87080.94	31813.87	-	118894.81	38404.74	46595.29	-	85000.03	28.5
関西戸建01	147353.62	-	-	147353.62	48367.11	46764.06	-	95131.17	35.0
関西戸建03	99864.24	-	3067.77	102932.01	35091.66	34271.32	-	69362.98	32.6
九州沖縄戸建01	54049.46	-	-	54049.46	20785.49	22680.26	-	43465.75	18.7
九州沖縄集合02	55854.67	14321.82	-	70176.49	39932.71	27554.27	-	67486.98	4.1
平均(電気温水器)	117504.05	-	7166.86	124670.90	32759.82	42702.55	5259.66	80722.03	35.3
平均(ガス・灯油)	76864.02	13267.60	30868.84	121000.46	43914.63	58288.73	7144.38	109347.74	9.6
平均(12住宅)	97184.03	6633.80	19017.85	122835.68	38337.22	50495.64	6202.02	95034.88	22.6

削減率を示す。CO₂ 排出量の削減率の削減率は-2.6%～42.8%であり、平均削減率は19.4%である。電気温水器を使用している住宅におけるCO₂ 排出量の平均削減率は30.1%、ガス、灯油給湯器を使用している住宅で平均削減率は10.5%である。一次エネルギー消費量と同様に前報より平均削減率は上昇する。

図1に全対象住宅における一次エネルギー削減率とガスエンジン動作時間の関係を、図2にCO₂ 排出量削減率とガスエンジン動作時間の関係を示す。ガスエンジン動作時間は年間1200～4900時間であり、住宅によってばらつきがある。ガスエンジン動作時間の平均は前報の1.49倍、給湯に電気温水器を使用している住宅におけるガスエンジン動作時間の平均は前報の1.32倍、給湯にガス、灯油を使用している住宅の平均は前報の1.64倍である。電気温水器使用住宅は動作時間が長くなるにつれて前報より一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量ともに削減率が大きくなる傾向がある。一方、ガス、灯油給湯器使用住宅では、前報とは異なり、一次エネルギー消費量の削減率は動作時間に関わらず横ばいとなる傾向が、CO₂ 排出量の削減率は、動作時間が長くなるにつれて削減率が大きくなる傾向がある。動作時間長くなるにつれて、一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量の削減率ともに電気温水器使用住宅とガス、灯油給湯器使用住宅の差が大きくなる。

図3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。給湯エネルギー消費量は排熱で全てまかなえており、

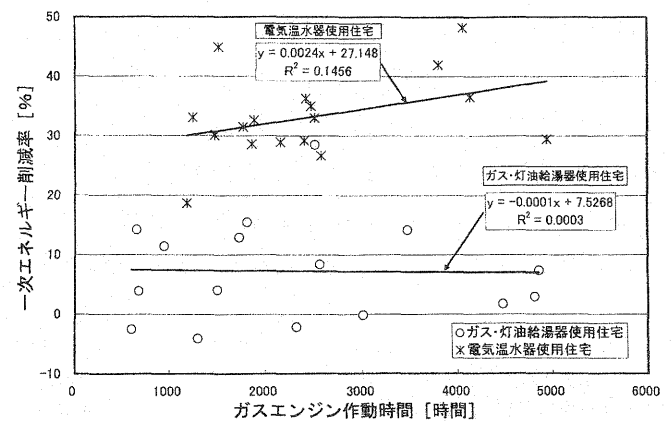


図1 一次エネルギー消費量削減率とガスエンジン動作時間の関係

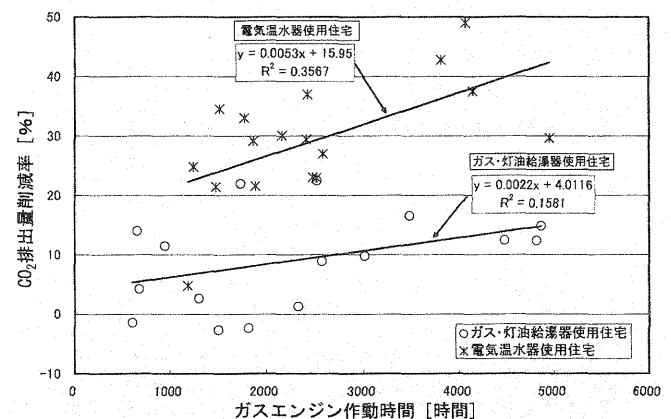


図2 CO₂ 排出量削減率とガスエンジン動作時間の関係

表4 ガスエンジンを導入した場合の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04	6269.41	228.99	4435.82	10934.21	4046.50	4466.07	796.78	9309.35	14.9 (16.0)
北海道戸建06	4726.23	-	4126.04	8852.27	2711.74	4421.09	623.36	7756.19	12.4 (14.0)
東北戸建02	10516.58	-	-	10516.58	2417.83	3599.01	-	6016.84	42.8 (45.6)
東北集合01	3143.41	3274.73	-	6418.14	1584.90	4980.87	-	6565.76	-2.3 (-1.1)
北陸戸建05	2315.51	-	3901.54	6217.06	1224.02	2919.56	1464.43	5608.02	9.8 (11.0)
北陸戸建06	5701.82	-	2687.21	8389.03	1514.26	2485.78	2123.61	6123.64	27.0 (29.6)
関東戸建01	3520.93	-	-	3520.93	643.45	1659.50	-	2302.95	34.6 (49.3)
関東戸建03	3283.38	1590.69	-	4874.07	1448.05	2329.76	-	3777.81	22.5 (31.0)
関西戸建01	5404.98	-	-	5404.98	1774.12	2384.97	-	4159.09	23.1 (38.3)
関西戸建03	3663.05	-	206.44	3869.49	1287.17	1747.84	-	3035.01	21.6 (36.4)
九州沖縄戸建01	2037.93	-	-	2037.93	783.72	1156.69	-	1940.41	4.8 (23.0)
九州沖縄集合02	2106.00	730.41	-	2836.41	1505.66	1405.27	-	2910.93	-2.6 (6.2)
平均(電気温水器)	5140.88	-	482.27	5623.16	1403.42	2172.30	353.93	3929.66	30.1 (37.4)
平均(ガス・灯油)	3640.66	970.80	2077.23	6688.69	2086.81	3420.44	480.76	5988.01	10.5 (12.4)
平均(12住宅)	4390.77	485.40	1279.75	6155.93	1745.12	2796.37	417.35	4958.83	19.4 (27.5)

* ()の数値は、電気CO₂ 排出係数に環境省のデフォルト値0.555[kg-CO₂/kWh]を用いて解析した場合の削減率を示す。

暖房エネルギー消費量も多くを排熱でまかなえている。ガスエンジンの発電量は冬季に多くなり、夏季に少なくなる。

図4に関東戸建01におけるガスエンジン導入時の年変化を示す。関東戸建01はガスエンジンによる排熱で給湯エネルギー消費量はまかなえているが、暖房エネルギー消費量をまかなえる日は少ない。発電量は、年間を通じてほぼ一定である。

図5に関西戸建03におけるガスエンジン導入時の

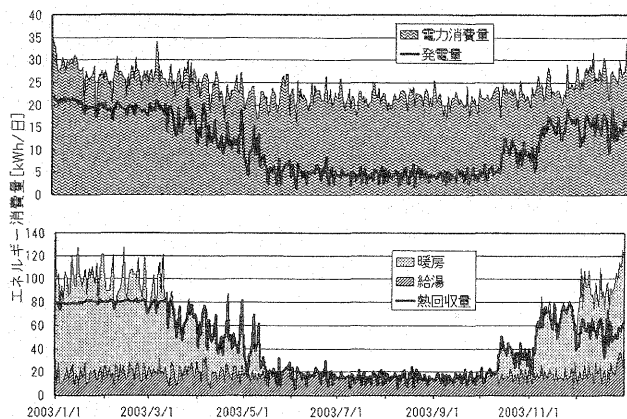


図6 ガスエンジン導入時の年変化
(北海道戸建06)

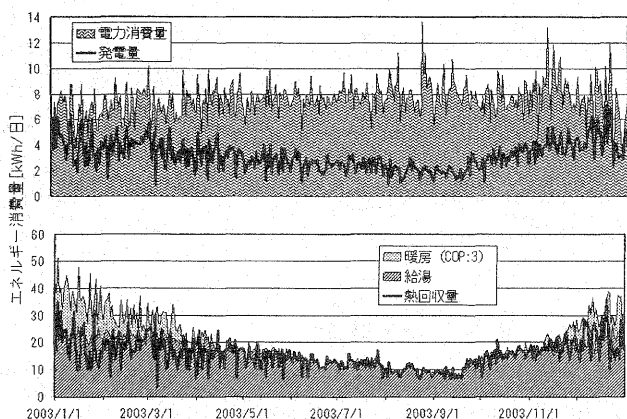


図7 ガスエンジン導入時の年変化
(関東戸建01)

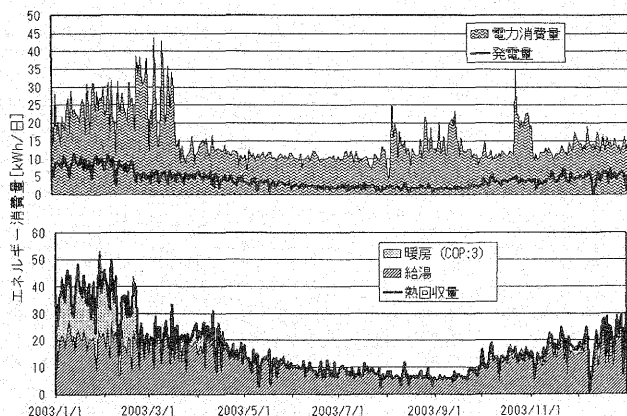


図8 ガスエンジン導入時の年変化
(関西戸建03)

年変化を示す。関西戸建03はガスエンジンの排熱で給湯と暖房エネルギー消費量をほぼまかなえている。発電量は、電力消費量の約30%程度である。

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を元に、給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を対象とした場合のガスエンジン導入効果について検討した。

①給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を対象とした場合、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合（前報その1）よりも一次エネルギー消費量削減率、CO₂排出量削減率ともに向上する住宅が多い。動作時間が長くなるほど前報との差が大きくなる傾向にある。

②給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量のとに対する排熱給湯量は平均で78%である。

③電力消費量に対する発電量は平均で37%となり、前報の1.76倍となる。

④給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を対象とした本報が前報よりも高い削減率を示す住宅が多い。

【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/16iinmeibo.htm>参照）に多大なる協力を得た。また、研究を進めるにあたり（財）内田エネルギー科学振興財団より研究助成を得た。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
- 6) 久慈拓也，赤林伸一，坂口淳，石山洋平：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，日本建築学会北陸支部報告集，2007年7月