

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

T O 4 K 7 0 5 J 宮本啓太
指導教官 赤林伸一教授

1 研究目的

近年のエネルギー価格の高騰や地球温暖化対策の視点から、省エネルギーが強く求められている。家庭においても、環境負荷の低減、エネルギー利用効率の向上を図り、エネルギー消費量を抑制することが重要である。

一方、家庭用小型コジェネレーションシステム(CGS)の開発が進み、実用化の段階を迎え、普及に向けて試験的運用が始められている。CGS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。

本研究では、全国の住宅を対象とした詳細なエネルギー消費量調査結果を元に、CGSを導入した際の一次エネルギー消費量及び炭酸ガス排出量の抑制効果を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析住宅：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戸の内、エネルギー消費量が給湯や暖房など用途別に比較的正確に分離されており、データ欠損の少ない33戸の住宅を対象に解析を行う。

2.2 解析方法：対象住宅に家庭用CGS(ガスエンジン、燃料電池)を導入した際の排熱給湯量及び発電量の検討を行う。表1に代表的な住宅12件の概要を示す。表2に一次エネルギー換算値とCO₂排出係数を示す。

ガスエンジンの仕様と解析方法を表3に示す。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場合と、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停止する場合の両方を解析する。

燃料電池の仕様と解析方法を表4に示す。燃料電池が起動する際には820Wの電力を消費する。

ガスエンジン、燃料電池ともに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。

表1 代表的な対象住宅の概要

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]	電気CO ₂ 排出係数 [kg-CO ₂ /kWh]
				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04	2000	134.57	木造	2.10	1.08	灯油	-	灯油	ガス	3	46.05	0.502
北海道戸建06	2000	128.28	木造	1.69	0.60	灯油	電気	灯油	電気	2		
東北戸建02	1999	153.44	2×4造	1.79	1.06	電気	電気	電気	電気	4		
東北集合01	2000	72.33	SRC造	2.47	1.74	電気	電気	ガス	ガス	3	20.90	0.510
北陸戸建05	1995	148.57	木造	2.66	4.41	灯油	電気	灯油	電気	4	41.86	
北陸戸建06	1999	176.37	木造	2.33	2.38	灯油	電気	電気	電気	2	43.10	
関東戸建01	2002	92.73	木造	3.32	-	電気	電気	電気	電気	3		0.368
関東戸建03	2002	105.68	木造	2.93	1.40	電気	電気	ガス	電気	4		
関西戸建01	2001	158.75	木造	1.49	2.51	電気	電気	電気	電気	5	46.05	0.358
関西戸建03	2000	117.99	S造	2.41	4.83	電気+灯油	電気	電気	電気	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		0.368
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		

表2 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
ガス	表1参照	0.051kg-CO ₂ /MJ (東北集合01 : 0.113kg-CO ₂ /MJ) (関東戸建01,03 : 0.050kg-CO ₂ /MJ)
灯油	37.3MJ/l	2.51kg-CO ₂ /l

表3 ガスエンジンの仕様と解析方法

仕様	発電出力	1.0kW(0.4kW以上の時、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	150 ^l
効率	発電20% (低位発熱量基準) 排熱65% 補助ボイラー 80%	ガス消費量	5.54kW (4760kcal/h)	
解析方法	消費電力 400W以上	発電930W(補機動力分を控除) 排熱給湯3.25kW	消費電力 930W未満	余剰電力で水の加熱を行う

表4 燃料電池の仕様と解析方法

仕様	発電出力	0.3~1.0kW(出力調整)	ガス消費量	0.24m ³ /h (13A)
	排熱出力	0.33kW (高位発熱量基準)	消費電力	820W(起動時)
効率	排熱45% 補助ボイラー 80%	貯湯タンク容量	200 ^l	
解析方法	消費電力 0.3kW以上1.0kW未満の場合	発電量は出力調整される	消費電力 1.0kW以上の場合	発電量は定格

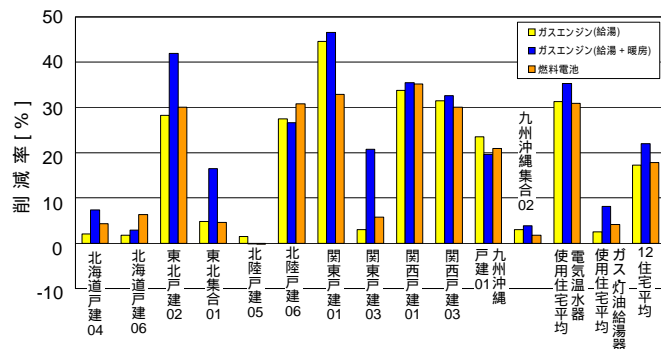


図1 一次エネルギー消費量の削減率

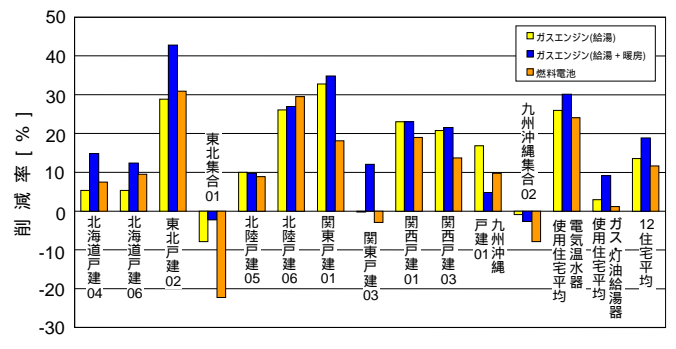


図2 CO₂排出量の削減率

3 解析結果

図1にCGSを導入した際の一次エネルギー消費量の削減率を、図2にCO₂排出量の削減率を示す。住宅間で削減率にばらつきはあるものの、12件の平均で一次エネルギー消費量の削減率は20%前後、CO₂排出量の削減率は15%前後となっている。ガスエンジン、燃料電池ともにガス・灯油給湯器使用住宅に比べ、電気温水器使用住宅における削減率が大きい。

図3に北海道戸建06の解析結果を示す。北海道戸建06は冬季の暖房エネルギー消費量が多いため、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発電を停止する条件のガスエンジンで削減率が大きい。ガスエンジンと燃料電池は発電・排熱の効率が異なるため、北海道戸建06では、ガスエンジンが給湯エネルギー消費量を満足して停止した場合に比べ燃料電池の方が削減率が大きくなる。

図4に一次エネルギー削減率とCGS動作時間の関係を、図5にCO₂排出量の削減率とCGS動作時間の関係を示す。燃料電池はガスエンジンに比べ、動作時間が相対的に長く、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。ガスエンジン、燃料電池ともに住宅によって動作時間が大きく異なり、同程度の動作時間における削減率は、ガス・灯油給湯器使用住宅に比べ電気温水器使用住宅で大きい。

表5にヒートポンプ式(HP)給湯器を導入した場合の一次エネルギー消費量とCO₂排出量の削減率を示す。HP給湯器もCGSと同様に、ガス・灯油給湯器使用住宅よりも電気温水器使用住宅における削減率が大きい。COPが平均で3以上の場合、HP給湯器はCGSと同等の削減率となる。

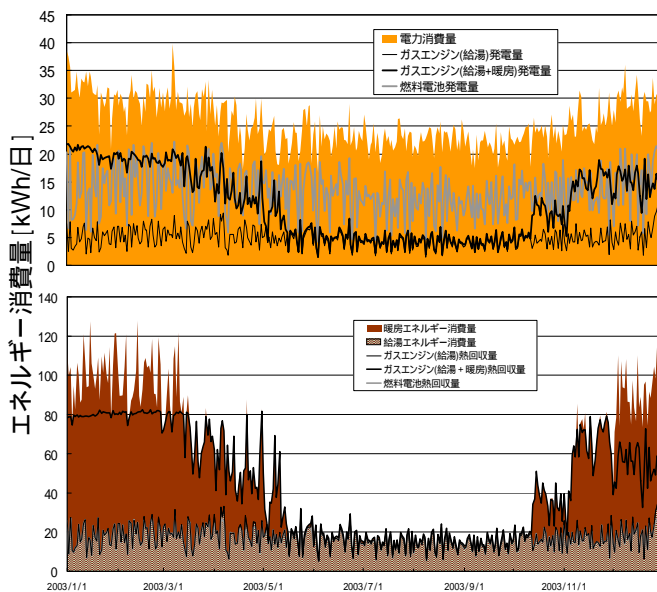


図3 北海道戸建06のエネルギー消費量の日変化

4 まとめ

CGSを導入した際の削減率は住宅によるばらつきが大きく、ガスエンジン、燃料電池ともに電気温水器を用いた住宅で削減率が大きい。

燃料電池はガスエンジンに比べ、動作時間が長い。また、削減率は動作時間が長くなるにつれて大きくなる傾向がある。

ガスエンジンは給湯を満足して停止した場合よりも、給湯と暖房を満たして停止した場合で削減率が大きくなる。

HP給湯器はCOPによって削減率が異なるが、COPが平均で3以上になるとCGSと同程度の削減効果が見込める。

*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。

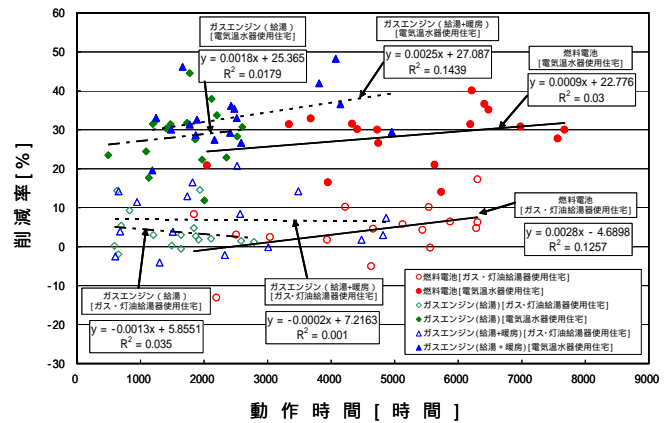


図4 一次エネルギー消費量の削減率とCGS動作時間の関係

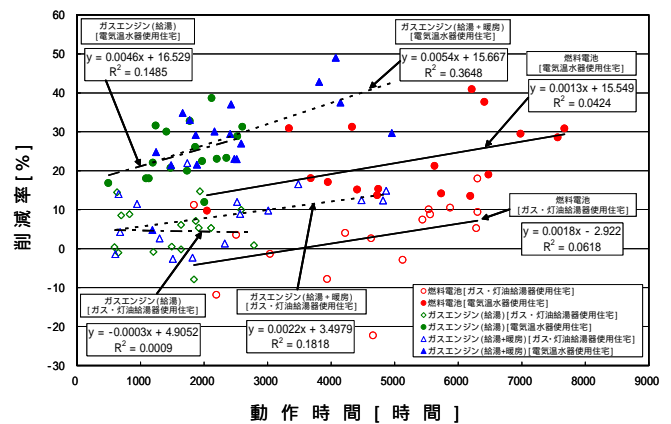


図5 CO₂排出量の削減率とCGS動作時間の関係

表5 HP給湯器を導入した場合の削減率

住宅	一次エネルギー消費量削減率					CO ₂ 排出量削減率				
	ガスエンジン 給湯	ガスエンジン 給湯+暖房	燃料電池 給湯	HP給湯器 COP=3.0	HP給湯器 COP=3.5	ガスエンジン 給湯	ガスエンジン 給湯+暖房	燃料電池 給湯	HP給湯器 COP=3.0	HP給湯器 COP=3.5
北海道戸建04	2.0	7.4	4.3	0.3	2.0	5.3	14.9	7.5	3.6	5.1
北海道戸建06	1.2	3.0	6.3	-0.3	1.6	5.3	12.4	9.5	3.3	5.0
東北集合01	28.3	41.9	30.0	27.7	29.7	29.8	42.8	30.9	27.7	29.7
東北集合02	4.2	16.5	4.6	2.6	6.2	7.9	-2.3	-22.9	24.8	27.3
北陸戸建05	1.5	-0.1	-0.3	2.7	6.8	10.0	9.8	8.8	10.1	13.6
北陸戸建06	27.5	26.7	30.8	28.3	30.3	26.1	27.0	29.5	26.2	28.1
関東戸建01	44.5	46.6	32.9	43.2	46.2	32.8	34.8	18.1	43.2	46.2
関東戸建03	3.0	20.7	5.8	11.5	13.7	-0.2	12.0	-2.9	18.6	20.6
関西戸建01	33.7	35.4	35.2	32.0	34.3	23.1	23.1	19.0	32.0	34.3
関西戸建03	31.5	32.6	30.1	30.4	32.6	20.7	21.6	13.7	29.7	31.8
九州沖縄戸建01	23.5	19.6	20.9	23.0	24.6	16.9	4.8	9.8	23.0	24.6
九州沖縄集合02	3.0	3.8	1.8	2.0	4.6	-0.8	-2.6	-7.8	8.5	11.0
電気温水器使用住宅平均	31.3	35.3	30.9	30.8	33.0	26.0	30.1	24.1	30.3	32.5
ガス・灯油給湯器使用住宅平均	2.5	8.2	4.1	3.2	5.8	2.9	9.2	1.1	11.5	13.8
12住宅平均	17.2	22.0	17.8	17.0	19.4	13.5	18.8	11.7	20.9	23.1