

## 家庭用コージェネレーションシステムの省エネルギー効果に関する研究

F07D065E 久慈拓也  
指導教員 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。特に民生部門のエネルギー消費量は年々増加し、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、ガスエンジン、燃料電池などの家庭用小型コー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、普及に向けて運用が開始されている。CGSは発電の際に発生する排熱を給湯・暖房に有効活用できるが、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、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、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 対象住宅

表1に対象住宅の概要と換算値を示す。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地域とする。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32戸の住宅を対象に解析を行う。

#### 2.2 解析方法

対象住宅にそれぞれのCGSを導入した際の排熱給湯量及び発電量の検討を行う。

ガスエンジンの仕様を表2に示す。本研究では、給湯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ガスエンジンが停止する場合の2つを解析対象とする。ガスエンジンは住宅全体の消費電力が400W以上の時、定格出力の1.0kWから

表1 対象住宅の概要と換算値

住戸名	建築年	床面積 [m <sup>2</sup> ]	構造・工法	断熱気密性能		用途別エネルギー源					家族人数 [人]	電気一次エネルギー換算値 [MJ/kWh]	ガス一次エネルギー換算値 [MJ/Nm <sup>3</sup> ]	灯油一次エネルギー換算値 [MJ/l]	電気CO <sub>2</sub> 排出係数 [kg-CO <sub>2</sub> /kWh]	ガスCO <sub>2</sub> 排出係数 [kg-CO <sub>2</sub> /MJ]	灯油CO <sub>2</sub> 排出係数 [kg-CO <sub>2</sub> /l]
				熱損失係数 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	隙間相当面積 [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	暖房	冷房	給湯 (風呂)	給湯 (台所)	調理							
北海道戸建01	1999	147.40	木造	1.40	0.50	電気	-	電気	電気	電気	6	46.05	37.3	0.502	0.051	2.51	
北海道戸建02	1999	118.92	木造	1.50	0.40	電気	-	電気	電気	電気	4						
北海道戸建04	2000	134.57	木造	2.10	1.08	灯油	-	灯油	灯油	ガス	3						
北海道戸建05	1997	115.71	2×4造	1.50	0.69	灯油	-	灯油	灯油	ガス	4						
北海道戸建06	2000	128.28	木造	1.69	0.60	灯油	電気	灯油	灯油	電気	2						
北海道戸建09	1984	185.90	木造 地下室RC	1.87	0.35	灯油	-	灯油	灯油	ガス	2						
東北戸建02	1999	153.44	2×4造	1.79	1.06	電気	電気	電気	電気	電気	4						
東北戸建03	1999	115.90	木造 バネ造	1.72	0.76	灯油	電気	灯油	ガス	ガス	3						
東北戸建04	2000	109.30	木造 バネ造	1.77	0.87	電気	電気	電気	電気	電気	3						
北陸戸建01	1996	150.00 (居住部分)	木造 (一部RC造)	1.40	0.77	電気	電気	電気	電気	電気	3						
北陸戸建02	2001	133.86 (居住部分)	木造 (一部RC造)	2.20	0.71	電気	電気	電気	電気	電気	3						
北陸戸建03	2002	117.49	木造	2.18	0.95	電気	電気	ガス	ガス	ガス	4						
北陸戸建04	2002	130.83	木造	2.24	0.39	灯油	電気	灯油	灯油	電気	4						
北陸戸建05	1995	148.57	木造	2.66	4.41	灯油	電気	灯油	灯油	電気	4						
北陸戸建06	1999	176.37	木造	2.33	2.38	灯油	電気	電気	電気	電気	2						
北陸戸建07	2001	187.75	木造	4.35	4.91	電気+灯油	電気	ガス	ガス	ガス	2						
北陸戸建08	2002	178.23	木造	2.61	0.91	電気	電気	電気	電気	電気	5						
北陸戸建09	1990	140.08	木造	3.19	2.85	灯油	電気	ガス	ガス	ガス	2						
北陸集合01	1964	101.60	RC造	6.21	8.50	灯油	電気	電気	電気	電気	4						
北陸集合02	1985	80.61	RC造	7.74	2.88	灯油	電気	電気	電気	電気	3						
北陸集合03	1995	70.35	RC造	3.52	1.25	ガス+灯油	電気	ガス	ガス	ガス	4						
北陸集合04	1989	81.67	SRC造	2.44	1.47	灯油	電気	ガス	ガス	ガス	4						
関東戸建01	2002	92.73	木造	3.32	-	電気	電気	電気	電気	電気	3						
関東戸建03	2002	105.68	木造	2.93	1.40	電気	電気	ガス	ガス	電気	4						
関東戸建06	2000	108.06	木造	3.08	5.60	電気+灯油	電気	ガス	ガス	ガス	6						
関東集合01	1994	82.00	RC造	3.89	1.10	電気+灯油	電気	電気	電気	電気	4						
関東集合03	2000	70.00	RC造	2.18	0.30	電気	電気	ガス	ガス	ガス	3						
関西戸建01	2001	158.75	木造	1.49	2.51	電気	電気	電気	電気	電気	5						
関西戸建03	2000	117.99	S造	2.41	4.83	電気+灯油	電気	電気	電気	電気	4						
関西戸建05	2000	97.00	木造	2.37	12.15	電気+灯油	電気	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	電気	2						
九州沖縄集合02	1996	72.60	RC造	3.50	2.40	電気	電気	ガス	ガス	電気	6						

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。住宅全体の消費電力が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時には補助給湯器で給湯すると仮定する。

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には、住宅全体の電力消費量から暖房、給湯用の電力消費量を除いた値を電力消費量とする。暖房エネルギー消費量をガスエンジンの排熱でまかなえない時には、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。

表3に燃料電池の仕様を示す。燃料電池は住宅全体で消費される電力が0.3kW以上1kW未満のとき、発電と排熱の出力調整が行われる。住宅全体で消費される電力が1kW以上の場合は、発電量と排熱給湯量は定格値(熱電比:1.36)で運転される。燃料電池を起動する際には、820Wの電力を消費する。燃料電池は、1日の給湯エネルギー消費量を満足した時点で停止する場合について解析する。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(ボイラーの効率:80%)で給湯すると仮定する。

表4に自然冷媒ヒートポンプ給湯器(HP給湯器)の仕様を示す。HP給湯器は、外気温によってCOPが変化する。外気温が高いほどCOPが高くなる。水温は5~

25の間ではCOPに影響を与えないため、パラメータに含めない。HP給湯器は、一日の給湯エネルギー消費量を満足した時点で停止する。

全てのCGSにおいて、貯湯タンク容量や配管からの熱損失は無視し、CGSからの排熱は全て利用可能と仮定する。また、燃料電池とHP給湯器の熱電比は、給湯エネルギー消費量のみを満足させた場合の熱電比と同様の値となる。

表2 ガスエンジンの仕様

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
効率	発電18% 排熱59% (高位発熱量基準)	ガス消費量	5.54kW (4760kcal/h)
	補助ボイラー: 80%	補機動力	70W

表3 燃料電池の仕様

発電出力	0.3~1.0kW(出力調整)	ガス消費量	0.24m <sup>3</sup> /h (13A)
効率	発電33% 排熱45% (高位発熱量基準)		
	補助ボイラー: 80%	貯湯タンク容量	200

表4 HP給湯器の仕様

	中間期	夏季	冬季
加熱能力	4.5kW	4.5kW	4.5kW
消費電力	0.935kW	0.930kW	1.500kW

表5 給湯エネルギー消費量のみを満足させた場合のガスエンジンの解析結果

住戸名	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 [%]	一次エネルギー削減率 [%]	CO <sub>2</sub> 削減率*1 [%]	ガスエンジン動作時間
北海道戸建01	6490.1	32564.1	0.2	6482.2	1843.5	99.9	5.7	10.8	10.9 (11.9)	2004
北海道戸建02	6642.4	13439.9	0.5	6368.5	1601.5	95.9	11.9	20.4	20.6 (22.5)	1969
北海道戸建04	6853.3	12488.9	0.5	6851.5	1960.5	100.0	15.7	-0.1	3.4 (4.1)	2110
北海道戸建05	6118.5	7937.3	0.8	6050.8	1673.7	98.9	21.1	-0.1	4.6 (5.5)	1868
北海道戸建06	6226.3	9414.8	0.7	6219.3	1777.4	99.9	18.9	-0.6	3.2 (4.0)	1915
北海道戸建09	2245.4	5154.2	0.4	2245.4	642.2	100.0	12.5	3.8	7.1 (7.4)	695
東北戸建02	8562.4	12058.3	0.7	8190.1	2095.3	95.7	17.4	25.9	26.5 (28.5)	2522
東北戸建03	2956.7	3545.3	0.8	2432.6	433.8	82.3	12.2	4.1	10.6 (10.7)	761
東北戸建04	8703.4	6616.9	1.3	6919.0	1879.2	79.5	28.4	35.2	36.0 (38.6)	2117
北陸戸建01	7670.4	16357.5	0.5	7649.7	2172.7	99.7	13.3	20.9	21.4 (23.0)	2351
北陸戸建02	4738.3	12909.5	0.4	3628.4	980.3	76.6	7.6	16.4	16.8 (18.1)	1130
北陸戸建03	2297.5	5407.5	0.4	1931.2	473.5	84.1	8.8	-1.6	-1.4 (-0.7)	589
北陸戸建04	6093.3	3545.4	1.7	5307.8	1141.8	87.1	32.2	-4.1	3.2 (4.0)	1638
北陸戸建05	8946.7	4540.2	2.0	8391.1	1906.0	93.8	42.0	-3.4	5.8 (7.0)	2584
北陸戸建06	6471.8	4708.3	1.4	6034.8	1362.7	93.2	28.9	25.1	23.9 (26.5)	1860
北陸戸建07	9484.8	9182.6	1.0	9054.7	2484.1	95.5	27.1	-2.1	-2.2 (-0.9)	2784
北陸戸建08	8693.9	11356.5	0.8	8445.9	2379.0	97.1	20.9	28.1	28.8 (30.9)	2602
北陸戸建09	5635.5	4357.7	1.3	4831.2	1028.1	85.7	23.6	-2.9	-2.5 (-1.5)	1490
北陸集合01	4873.5	4084.4	1.2	4551.2	1058.4	93.4	25.9	27.6	27.5 (30.1)	1406
北陸集合02	4440.9	3080.6	1.4	4027.9	899.7	90.7	29.2	29.6	29.1 (31.8)	1239
北陸集合03	6401.1	6680.8	1.0	6263.4	1644.3	97.8	24.6	11.2	11.4 (12.0)	1935
北陸集合04	3955.5	2186.1	1.8	2245.3	355.1	56.8	16.2	-4.3	-3.2 (-2.6)	651
関東戸建01	6194.8	3372.9	1.8	5810.9	1297.8	93.8	38.5	40.9	27.9 (45.6)	1773
関東戸建03	5577.2	8922.2	0.6	5298.9	1413.5	95.0	15.8	0.0	-3.9 (1.6)	1638
関東戸建06	2824.0	4429.8	0.6	2650.6	496.2	93.9	11.2	6.9	6.0 (7.2)	826
関東集合01	4011.5	4065.9	1.0	3824.4	869.9	95.3	21.4	28.6	18.3 (32.2)	1193
関東集合03	2747.9	2336.2	1.2	2036.6	318.6	74.1	13.6	11.4	11.1 (11.6)	630
関西戸建01	7256.5	7841.2	0.9	7111.0	1947.3	98.0	24.8	30.8	19.0 (34.0)	2200
関西戸建03	4814.0	5418.0	0.9	4720.7	1262.0	98.1	23.3	28.7	17.0 (31.5)	1472
関西戸建05	5768.9	5500.6	1.0	5580.0	1396.9	96.7	25.4	29.0	16.3 (31.6)	1732
九州沖縄戸建01	1909.6	3628.3	0.5	1556.0	430.3	81.5	11.9	21.7	14.5 (23.8)	491
九州沖縄集合02	3978.3	5722.8	0.7	3890.9	1032.6	97.8	18.0	-0.3	-5.0 (1.2)	1202
平均(電気温水器)	6077.6	9187.7	0.9	5681.3	1467.3	92.8	20.9	26.2	22.2 (28.8)	1754
平均(ガス・灯油)	5146.4	5990.7	1.0	4731.3	1173.8	90.2	19.6	1.1	3.0 (4.4)	1457
平均(全住宅)	5612.0	7589.2	0.9	5206.3	1320.6	91.5	20.3	13.7	12.6 (16.6)	1606

\* 1 ( )は、環境省のデフォルト値0.555[kg-CO<sub>2</sub>/kWh]を用いて解析した場合の削減率を示す。

### 3 解析結果

#### 3.1 排熱給湯量、発電量

##### 3.1.1 ガスエンジン（給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合）

表5に給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンの解析結果を示す。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値とは大きく異なる。また、給湯エネルギー消費量に対する排熱給湯量の割合は56.8～100%の範囲に入り、平均91.5%となりガスエンジンの排熱だけで給湯エネルギー消費量をほぼ満足させることができる。電力消費量に対する発電量の割合は5.7～42.0%の範囲に入り、平均20.3%となる。電力消費量を発電量だけでまかなうことはできない。

##### 3.1.2 ガスエンジン（給湯エネルギー消費量と暖房エネルギーを対象とした場合）

表6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解析結果を示す。対象住宅の平均熱電比（（給湯+暖房）/電力）は2.5である。給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合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22.2～100%の範囲に入り、平均で72.3%となる。一方、電力消費量に対する発電量は12.7～55.5%の範囲に入り、平均で34.4%となる。給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合に比べ1.4倍の発電量となるが、電力消費量を発電

量のみでまかなうことはできない。電気温水器使用住宅の平均とガス・灯油給湯器使用住宅の平均で排熱給湯量、発電量に大きな差は見られない。

##### 3.1.3 燃料電池

表7に燃料電池を導入した場合の解析結果を示す。給湯エネルギー消費量に対する排熱給湯量の割合は28.1～99.1%の範囲に入り、平均で72.8%となる。電気温水器使用住宅の平均は73.1%、ガス・灯油給湯器使用住宅では平均で72.5%である。電力消費量に対する発電量の割合は15.2～85.1%の範囲に入り、平均で52.6%である。電気温水器使用住宅の平均は52.0%であり、ガス・灯油給湯器使用住宅では平均で53.2%となる。

排熱給湯量は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、発電量は燃料電池が最も大きい。排熱給湯量、発電量ともに電気温水器使用住宅はガス・灯油給湯器使用住宅に比べ大きい。

#### 3.2 HP給湯器

表8にHP給湯器の解析結果を示す。COPは全住宅平均で3.87となり、電気温水器使用住宅とガス・灯油給湯器使用住宅との間に差は見られない。北海道地域は他の地域に比べてCOPが若干低い傾向にあり、北海道地域以外の地域のCOPは4.0前後となる。

#### 3.3 削減率

##### 3.3.1 一次エネルギー消費量削減率

図1にCGS導入時の一次エネルギー消費量削減率を示す。一次エネルギー消費量削減率は、全住宅平均で、

表6 給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を満足させた場合のガスエンジンの解析結果

住戸名	給湯エネルギー消費量 [kWh/年]	暖房エネルギー消費量 [kWh/年]	電力消費量 [kWh/年]	熱電比 ((給湯+暖房)/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[%]	一次エネルギー削減率 [%]	CO <sub>2</sub> 削減率*1 [%]	ガスエンジン動作時間
北海道戸建01	6490.1	13981.2	18582.9	1.1	16144.8	4496.5	78.9	24.2	27.0	27.2 (29.6)	4954
北海道戸建02	6642.4	9984.9	3455.0	4.8	8434.8	1412.4	50.7	40.9	26.8	27.1 (29.6)	2410
北海道戸建04	6853.3	12263.3	12014.9	1.6	15880.4	4428.1	83.1	36.9	2.5	10.4 (11.9)	4865
北海道戸建05	6118.5	8655.2	7575.1	2.0	14049.4	3492.6	95.1	46.1	-5.0	6.5 (8.5)	4477
北海道戸建06	6226.3	12063.4	8672.4	2.1	15752.5	4012.9	86.1	46.3	-3.2	7.0 (8.9)	4816
北海道戸建09	2245.4	3421.3	4680.3	1.2	5666.6	1622.2	100.0	34.7	8.9	18.4 (19.1)	1734
東北戸建02	8562.4	7631.9	4571.1	3.5	13033.6	2549.0	80.5	55.8	38.3	39.2 (42.3)	3810
東北戸建03	2956.7	5320.4	3545.3	1.3	5027.9	687.1	60.7	26.7	5.1	15.3 (15.5)	1397
東北戸建04	8703.4	7804.1	4023.2	4.1	8376.7	1685.5	50.7	41.9	33.0	33.9 (37.0)	2424
北陸戸建01	7670.4	10049.5	6743.6	2.6	13653.1	3176.3	77.0	47.1	44.9	45.7 (48.5)	4071
北陸戸建02	4738.3	8997.8	4012.5	3.4	6378.8	1406.3	46.8	35.0	26.5	27.1 (29.1)	1868
北陸戸建03	2297.5	8439.8	2315.3	4.6	2385.4	375.6	22.2	16.2	1.9	2.2 (3.5)	678
北陸戸建04	6093.3	9880.9	2824.7	5.7	4468.0	877.0	28.0	31.0	-6.9	0.3 (1.0)	1300
北陸戸建05	8946.7	7894.1	4247.5	4.0	10211.6	2140.2	60.6	50.4	-5.9	5.0 (6.3)	3010
北陸戸建06	6471.8	11492.4	4129.5	4.4	8839.8	1739.1	49.2	42.1	23.3	24.0 (26.8)	2583
北陸戸建07	9484.8	13422.3	7481.4	3.1	11625.3	2892.4	50.7	38.7	10.1	12.7 (14.1)	3482
北陸戸建08	8693.9	12574.8	5859.1	3.6	13954.9	3249.4	65.6	55.5	32.5	33.5 (36.9)	4147
北陸戸建09	5635.5	6349.7	3976.0	3.0	8047.7	1447.6	67.1	36.4	-7.2	-3.3 (-1.9)	2325
北陸集合01	4873.5	3858.5	3391.1	2.6	7340.1	1217.3	84.1	35.9	23.3	26.2 (29.0)	2163
北陸集合02	4440.9	4101.8	2768.3	3.1	6092.0	1147.9	71.3	41.5	27.4	29.4 (32.3)	1774
北陸集合03	6401.1	2366.3	6180.0	1.4	8370.4	2060.4	95.5	33.3	3.9	4.5 (5.8)	2567
北陸集合04	3955.5	3363.9	2124.3	3.4	2124.5	332.0	29.0	15.6	-4.7	-3.4 (-2.8)	603
関東戸建01	6194.8	1178.6	2764.3	2.7	5595.5	1157.0	75.9	41.9	43.1	30.2 (47.9)	1661
関東戸建03	5577.2	3626.9	5516.7	1.7	8321.9	1781.7	90.4	32.3	16.2	6.3 (20.2)	2518
関東戸建06	2824.0	409.6	4244.7	0.8	3039.3	538.1	94.0	12.7	8.7	8.3 (10.0)	945
関東集合01	4011.5	173.6	4007.4	1.0	3988.8	888.3	95.3	22.2	30.1	20.9 (34.1)	1245
関東集合03	2747.9	93.8	2305.0	1.2	2116.5	331.2	74.5	14.4	11.2	10.5 (11.5)	654
関西戸建01	7256.5	3294.6	6107.6	1.7	8308.7	1729.3	78.7	28.3	32.2	18.5 (35.8)	2476
関西戸建03	4814.0	1432.8	5058.1	1.2	6079.5	1497.1	97.3	29.6	29.0	16.7 (33.2)	1888
関西戸建05	5768.9	2698.4	5337.1	1.6	8142.4	2020.9	96.2	37.9	28.9	17.6 (34.3)	2514
九州沖縄戸建01	1909.6	2940.2	2636.2	1.8	3981.3	677.9	82.1	25.7	15.3	-1.0 (20.1)	1187
九州沖縄集合02	3978.3	1176.1	5258.9	1.0	4912.9	1222.6	95.3	23.2	-0.3	-7.9 (2.1)	1508
平均(電気温水器)	6077.6	6381.0	5215.45	2.7	8646.6	1878.1	73.8	37.8	30.1	26.0 (34.2)	2573
平均(ガス・灯油)	5146.4	6171.7	5185.16	2.4	7625.0	1765.1	70.8	30.9	2.2	5.8 (8.4)	2305
平均(全住宅)	5612.0	6276.3	5200.30	2.5	8135.8	1821.6	72.3	34.4	16.2	15.9 (21.3)	2439



給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは13.7%、給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量とを対象とした場合のガスエンジンで16.2%、燃料電池で16.3%、HP給湯器で18.5%となる。電気温水器使用住宅平均では、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは26.2%、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で30.1%、燃料電池で28.6%、HP給湯器で31.2%となる。ガス・灯油給湯器使用住宅では、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは1.1%、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のガスエンジンで2.2%、燃料電池で3.9%、HP給湯器で5.8%となる。

### 3.3.2 CO<sub>2</sub> 排出量削減率

図2にCO<sub>2</sub>排出量削減率を示す。全住宅平均で、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは12.6%、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で15.9%、燃料電池で15.2%、HP給湯器で20.2%となる。CO<sub>2</sub>排出量削減率は電気温水器使用住宅では、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは22.2%、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で26.0%、燃料電池で24.9%、HP給湯器で30.8%となる。ガス・灯油給湯器使用住宅では、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは3.0%、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で5.8%、燃料電池で5.6%、HP給湯器で9.7%となる。関東以南の地域は、北陸以北の地域に比べて電気CO<sub>2</sub>排出係数が低いため、給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を対象とした場合のガスエンジンの削減率が低くなり、HP給湯器の削減率が一番高い住宅が多くなる。

### 3.3.3 デフォルト値を用いた時のCO<sub>2</sub> 排出量削減率

図3に環境省のデフォルト値を用いた時のCO<sub>2</sub>排出量削減率を示す。環境省のデフォルト値を用いたCO<sub>2</sub>排出量削減率の全住宅平均は、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは16.6%、給湯

表7 燃料電池の解析結果

住戸名	燃料電池による 排熱給湯量 [kWh/年]	燃料電池による 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 [%]	一次エネル ギー削減率 [%]	CO <sub>2</sub> 削減率*1 [%]	燃料電池 動作時間
北海道戸建01	6428.7	4954.3	99.1	15.2	11.9	11.9 (12.8)	5731
北海道戸建02	4461.9	3626.8	67.2	27.0	22.3	22.5 (24.3)	5627
北海道戸建04	6249.6	4947.3	91.2	39.6	2.0	5.3 (5.9)	5437
北海道戸建05	5249.2	4353.1	85.8	54.8	2.7	7.1 (7.9)	5872
北海道戸建06	6058.5	4927.7	97.3	52.3	1.8	5.3 (6.1)	6303
北海道戸建09	2217.3	1701.6	98.8	33.0	5.4	8.5 (8.7)	1841
東北戸建02	5853.6	4886.2	68.4	40.5	28.3	28.9 (30.7)	7671
東北戸建03	2144.2	1905.2	73.0	54.0	-4.0	-1.8 (0.0)	3788
東北戸建04	4999.1	4077.3	57.4	61.6	37.9	38.7 (41.2)	6410
北陸戸建01	7117.0	6604.5	92.8	40.4	22.9	23.3 (24.7)	7564
北陸戸建02	3070.1	2847.6	64.8	22.1	17.7	18.0 (19.2)	3946
北陸戸建03	1888.7	1586.1	82.2	29.3	0.2	0.4 (1.0)	2504
北陸戸建04	3004.1	2800.3	49.3	79.0	-0.6	6.1 (6.8)	4628
北陸戸建05	4124.3	3628.8	46.1	79.9	1.5	10.0 (11.0)	5558
北陸戸建06	4520.5	4007.6	69.8	85.1	27.5	26.1 (28.6)	6980
北陸戸建07	5657.4	4420.2	59.6	48.1	1.2	0.9 (2.0)	5533
北陸戸建08	6622.1	5214.9	76.2	45.9	30.7	31.3 (33.2)	6212
北陸戸建09	3743.7	3300.6	66.4	75.7	0.3	0.5 (1.4)	6283
北陸集合01	3122.2	2682.5	64.1	65.7	30.3	30.0 (33.8)	4328
北陸集合02	2356.1	2063.8	53.1	67.0	32.3	31.6 (34.4)	3335
北陸集合03	5045.5	4332.7	78.8	64.9	14.6	14.7 (15.2)	6302
北陸集合04	1112.9	957.8	28.1	43.8	-1.9	-1.1 (-0.5)	2193
関東戸建01	2546.1	2180.3	41.1	64.6	44.2	32.6 (47.3)	3678
関東戸建03	5031.6	4051.7	90.2	45.4	12.5	11.8 (12.8)	5125
関東戸建06	2498.3	2221.2	88.5	50.1	9.3	8.8 (9.4)	4219
関東集合01	3055.9	2674.9	76.2	65.8	31.5	22.1 (34.7)	4408
関東集合03	1483.2	1284.2	54.0	55.0	14.4	14.3 (14.5)	3036
関西戸建01	5792.8	4728.9	79.8	60.3	33.7	23.1 (36.5)	6475
関西戸建03	3883.2	3260.7	80.7	60.2	31.5	20.7 (34.0)	4724
関西戸建05	4802.2	4049.7	83.2	73.6	31.8	20.0 (34.1)	6190
九州沖縄戸建01	1648.1	1359.0	86.3	37.5	23.5	16.9 (24.6)	2044
九州沖縄集合02	3204.5	2656.6	80.5	46.4	3.0	-0.8 (4.5)	3935
平均(電気温水器)	4392.5	3701.2	72.5	52.0	28.6	24.9 (30.9)	5.333
平均(ガス・灯油)	3669.6	3067.2	73.1	53.2	3.9	5.6 (6.7)	4.535
平均(全住宅)	4031.0	3384.2	72.8	52.6	16.3	15.2 (18.8)	4.934

表8 HP給湯器の解析結果

住戸名	一次エネル ギー削減率 [%]	CO <sub>2</sub> 削減率*1 [%]	COP	HP給湯器 動作時間
北海道戸建01	23.6	23.6 (23.6)	3.65	1628
北海道戸建02	23.2	23.2 (23.2)	3.36	1662
北海道戸建04	2.4	5.9 (4.6)	3.28	1712
北海道戸建05	3.7	7.8 (6.2)	3.65	1550
北海道戸建06	4.0	7.6 (6.3)	3.65	1575
北海道戸建09	2.6	5.2 (4.2)	3.59	680
東北戸建02	30.9	32.0 (30.9)	3.85	2066
東北戸建03	5.5	10.2 (8.0)	3.91	843
東北戸建04	38.0	39.0 (38.0)	3.84	2111
北陸戸建01	23.7	23.7 (23.7)	3.95	1887
北陸戸建02	19.9	19.9 (19.9)	3.86	1247
北陸戸建03	4.4	4.1 (3.0)	3.98	733
北陸戸建04	8.0	12.9 (11.3)	3.91	1543
北陸戸建05	10.3	16.7 (14.6)	3.95	2172
北陸戸建06	27.6	25.8 (26.4)	3.92	1627
北陸戸建07	5.9	5.6 (4.2)	3.87	2296
北陸戸建08	30.6	30.6 (30.6)	3.91	2104
北陸戸建09	7.1	6.2 (4.7)	3.93	1433
北陸集合01	35.2	33.9 (34.4)	3.96	1260
北陸集合02	29.0	27.9 (28.3)	3.92	1128
北陸集合03	1.3	7.3 (5.4)	3.91	1896
北陸集合04	3.4	7.1 (5.4)	3.92	1074
関東戸建01	49.4	49.4 (49.4)	3.94	1554
関東戸建03	15.5	22.8 (13.1)	4.06	1418
関東戸建06	4.7	8.9 (3.3)	3.94	771
関東集合01	37.3	36.0 (36.4)	4.02	1056
関東集合03	7.5	13.6 (5.3)	3.97	789
関西戸建01	35.4	35.4 (35.4)	3.80	1797
関西戸建03	34.5	33.7 (34.3)	4.10	1259
関西戸建05	34.8	32.7 (34.3)	3.96	1463
九州沖縄戸建01	26.0	26.0 (26.0)	4.06	559
九州沖縄集合02	7.1	13.3 (5.1)	4.15	1055
平均(電気温水器)	31.2	30.8 (30.9)	3.88	1526
平均(ガス・灯油)	5.8	9.7 (6.5)	3.85	1346
平均(全住宅)	18.5	20.2 (18.7)	3.87	1436

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で21.3%、燃料電池で18.8%、HP給湯器で18.7%となる。

一次エネルギー消費量削減率、CO<sub>2</sub> 排出量削減率ともに給湯エネルギー消費量のみを対象としたガスエンジンが最も小さく、HP 給湯器で最も大きくなる。ただし、環境省のデフォルト値を考慮すると、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のCO<sub>2</sub> 排出量削減率がHP 給湯器のCO<sub>2</sub> 排出量削減率を上回る。どのCGSも電気温水器使用住宅で一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub> 排出量の削減率が、ガス・灯油給湯器

使用住宅に比べて大きくなる。

2つのガスエンジンを比較すると一次エネルギー消費量削減率、CO<sub>2</sub> 排出量削減率とも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ガスエンジンの削減率が大きい住宅が多い。また、電力消費量、給湯・暖房エネルギー消費量が大きい全電化住宅は、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ガスエンジンの削減率が最も大きくなる傾向にある。

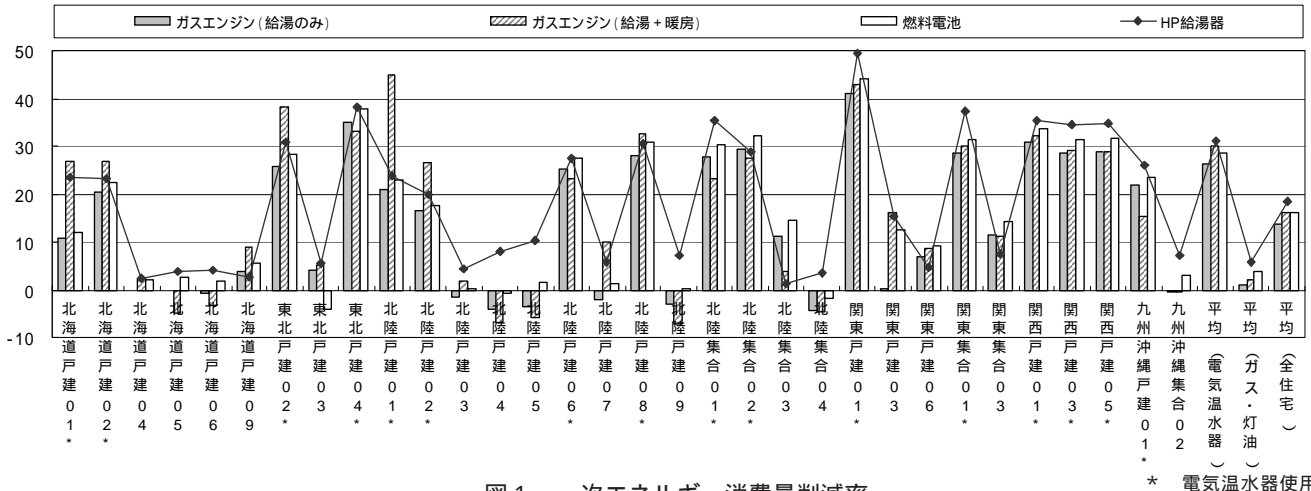


図1 一次エネルギー消費量削減率

\* 電気温水器使用住宅

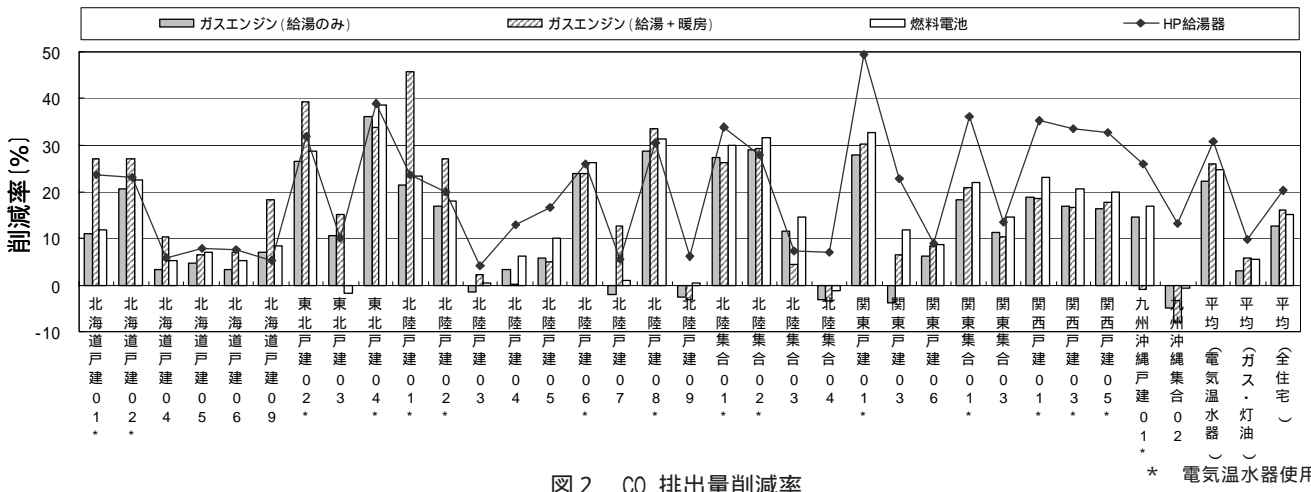


図2 CO<sub>2</sub> 排出量削減率

\* 電気温水器使用住宅

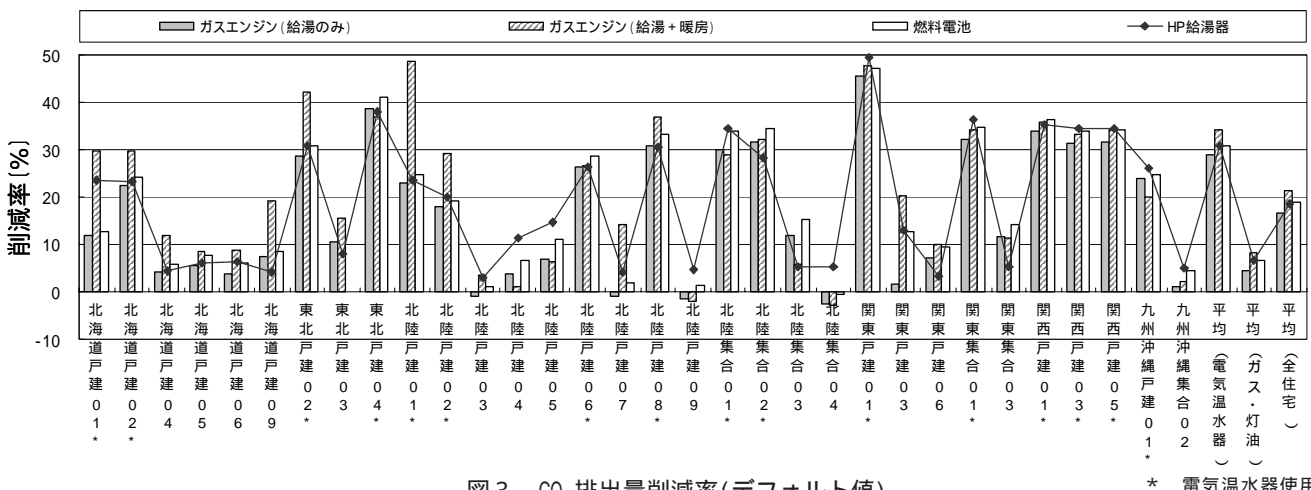


図3 CO<sub>2</sub> 排出量削減率(デフォルト値)

\* 電気温水器使用住宅

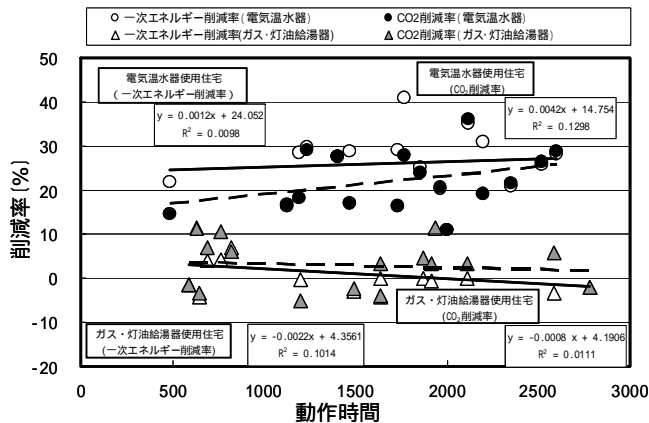


図4 給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンの削減率と動作時間の関係

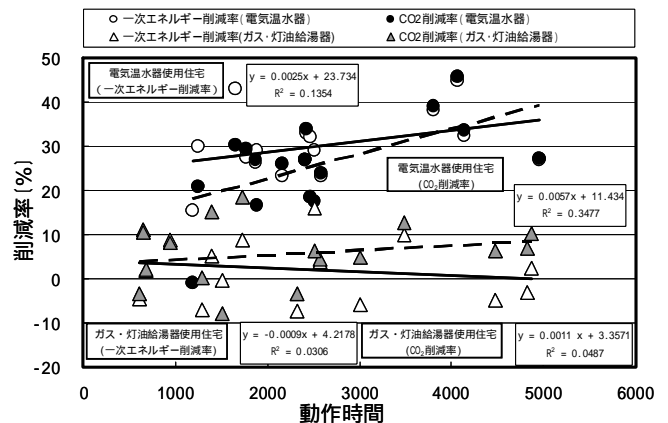


図5 給湯エネルギー消費量と暖房エネルギー消費量を対象とした場合のガスエンジンの削減率と動作時間の関係

### 3.4 削減率と動作時間の関係

動作時間は、全住宅平均で給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは1606時間、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で2439時間、燃料電池で4934時間、HP給湯器で1436時間となる。住宅によって差がみられ、電気温水器使用住宅とガス・灯油給湯器使用住宅との間で差は見られない。燃料電池の動作時間が最も長く、HP給湯器の動作時間が最も短い。

図4に給湯エネルギーのみを満足させた場合のガスエンジンの削減率と動作時間の関係を、図5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の削減率と動作時間の関係を、図6に燃料電池の削減率と動作時間の関係を示す。

2つのガスエンジンを比較すると、動作時間が長くなるにつれて削減率が上昇する傾向が見られる。しかし、ガス・灯油給湯器使用住宅の一次エネルギー消費量削減率では、動作時間が長くなるにつれて削減率が低下する傾向がある。また、CO<sub>2</sub>排出量削減率は、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は動作時間が長くなるにつれて上昇し、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは低下する。

燃料電池は一次エネルギー消費量削減率、CO<sub>2</sub>排出量削減率ともに動作時間との相関はほとんど見られず、横ばいの傾向にある。

同程度の動作時間における一次エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量の削減率はガス・灯油給湯器使用住宅よりも電気温水器使用住宅で大きい。

## 4 結論

給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンは、給湯エネルギー消費量に対する排熱給湯量が平均91%となり、ガスエンジンの排熱でほぼまかなうことができる。

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のガスエンジンは、電力消費量に対す

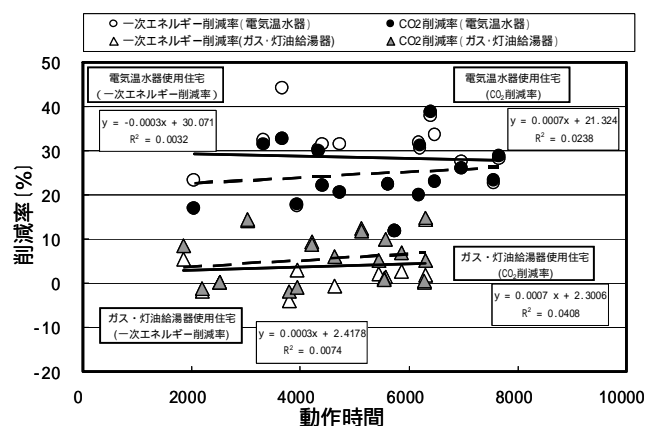


図6 燃料電池の削減率と動作時間の関係

る発電量が34%となり、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合の約1.38倍の発電量となる。また、給湯エネルギー消費量のみを対象とした場合のガスエンジンよりも排熱給湯量、発電量ともに向上する住宅が多く、一次エネルギー削減率、CO<sub>2</sub>排出量削減率の平均は向上する。

燃料電池の給湯エネルギー消費量に対する排熱給湯量は平均73%、電力消費量に対する発電量は53%となる。

排熱給湯量は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が一番大きく、発電量は燃料電池が一番大きい。

HP給湯器はCOPの平均は3.87となるが、北海道地域は他の地域に比べてCOPが低い傾向がある。北海道地域以外のCOPは4.0前後である。

全てのCGSで、電気温水器使用住宅の一次エネルギー消費量削減率、CO<sub>2</sub>排出量削減率がガス・灯油使用住宅の削減率を上回る。

一次エネルギー消費量削減率、CO<sub>2</sub>排出量削減率ともに給湯エネルギー消費量のみを対象としたガスエンジンが最も小さく、HP給湯器で最も大きくなる。CGSの動作時間は燃料電池で最も長く、HP給湯器で最も短い。