

実使用下でのハイブリッド給湯機の性能に関する実験的研究

- 実験概要と夏期の性能評価 -

(株)ポラス暮らし科学研究所 ○松本泰輔

(株)ポラス暮らし科学研究所 福代昇一

1 はじめに

1997年の京都議定書の採択によって、住宅給湯分野でも、省エネルギー技術の開発速度がはやめられたものと推察する。2000年には潜熱回収型給湯機の販売が開始し、ついで2001年にはヒートポンプ給湯機、2002年にはガスエンジン発電給湯機と、高効率給湯機といわれる商品の販売がづぎづぎと開始されている。2011年4月には、潜熱回収型給湯機にヒートポンプ給湯機が組み込まれた、ガスと電気のハイブリッド給湯機の販売が開始されている。

本論文は、新たに市場に投入されたハイブリッド給湯機について検討するものである。

2 既往の研究

前、三浦、羽原、堀、桑沢、秋元、宇梶、澤地の研究¹⁾では、屋外実験場に設置した従来のガス給湯機と潜熱回収型給湯機に、現実的な給湯使用形態を再現して性能評価をおこない、従来のガス給湯機の熱効率は0.73、潜熱回収型給湯機の熱効率は0.87、季節変動は全体に小さいとしている。久保田、浅野、高村の研究²⁾では、潜熱回収型給湯機とヒートポンプ給湯機を設置した実住宅1棟について、使用する給湯機を切り替えながら性能評価をおこない、潜熱回収型給湯機の熱効率は0.89、変動係数は8%とばらつきが小さいのに対し、ヒートポンプ給湯機の熱効率は1.83、変動係数は24%とばらつきが大きいとしている。

燃焼式給湯機の熱効率はおよそ安定するが、貯湯槽を備えたヒートポンプ給湯機の熱効率は室内外の条件によって変動する。このため、実使用下での性能評価は重要なものと考ええる。



写真1 調査住宅とハイブリッド給湯機

ハイブリッド給湯機にも、50Lの貯湯槽を備えたヒートポンプユニット(以下、HPユニット)が組み込まれている。

本論文は、ハイブリッド給湯機を設置した実住宅において、夏期の実使用下での性能について調査した結果を報告するものである。

3 本研究の範囲

本研究の範囲を、以下に示す。

- 1)本研究の調査対象とした住宅は、埼玉県北葛飾郡松伏町に所在する、2001年に引渡した木造枠組工法分譲戸建住宅とした。
- 2)ヒートポンプの性能は、冷媒によって、大きく異なるといわれている³⁾が、調査住宅に設置したハイブリッド給湯機のHPユニットには、R410A冷媒が使用されていた。
- 3)使用湯量は、世帯構成人数によって異なる⁴⁾が、調査住宅で生活する世帯の構成人数は4人であった。
- 4)ふろや給湯などの温度設定、使用については、特に制限せず、住まい手には通常どおりの生活をしてもらった。
- 5)実態調査は、2011年7月15日～2011年10月15日の期間でおこなった。

4 実験概要

実験は、写真1に示す木造枠組工法分譲戸建住宅でおこなった。ハイブリッド給湯機は、

PERFORMANCE EVALUATION OF HYBRID GAS-ELECTRIC WATER HEATER

- Experimental Outline and Result During Summer -

Taisuke MATSUMOTO Syouichi FUKUYO

潜熱回収型給湯機(以下、熱源機)、貯湯槽、HPユニットで構成されており、調査住宅には、熱源機と貯湯槽が一体のものを設置した。

貯湯槽一体型熱源機の仕様を、表 1 に示す。
貯湯槽一体型熱源機の給湯熱効率は0.95 となっており、貯湯槽の容量は 50L であった。
貯湯槽に接続されている HP ユニットの仕様を、表 2 に示す。

ヒートポンプの冷媒には R410A が使われており、熱効率は、夏期に 5.93、中間期に 4.94、冬期に 4.20 となっていた。
給湯系統と測器の設置箇所との関係を、図 1 に示す。

ハイブリッド給湯機に供給された水は、一度、貯湯槽にためられ、HP ユニットによって、45℃に沸き上がるように設定されていた。HP ユニットは、貯湯槽の湯の温度が 35℃を下回ったときに運転するようになっていた。なお、貯湯槽から送られる湯の温度がふろや給湯の設定温度より低い場合には、熱源機で加熱してから各給湯端末へ送られるようになっており、また、設定温度より高い場合には、混合配管から送られる水と混ぜて、直接、各給湯端末へと送られるようになっていた。

測定項目および測器を、表 3 に示す。
熱負荷を把握するために、熱源機の給水・給湯温度と水量、HP ユニットと暖房回路および追焚回路の行きと戻りの水温と循環水量、ふろの湯張湯量を 1 分間隔で測定した。熱効率を把握するために、熱源機の貫流電流、熱源機へ供給するガス流量、HP ユニットの貫流電流を 1 分間隔で測定した。また、短絡配管の前でも、給水温度と水量を測定した。

5 結果および考察

5-1 給湯使用状況

月別の日平均使用湯量を、図 2 に示す。
調査住宅の夏期日平均使用湯量は、475～675L となっている。前、高橋、鍋島、市川、飯尾、鎌田の研究⁴⁾では、4 人家族の日平均使用湯量は 446.9±161.3L としており、調査住宅の使用湯量は、平均よりも多くなっている。
ある 1 日の使用湯量の経時変動と、熱源機と HP ユニットに掛かる熱負荷の経時変動を、図 3 に示す。
湯の使用は、おおよそ 7:30 頃、9:00～9:45、11:30 頃、19:50～20:20 となっており、それぞれが、朝食・洗面、掃除、昼食、夕食・ふろに

表 1 貯湯槽一体型熱源機の仕様

貯湯槽容量【L】	50
貯湯槽沸上温度【℃】	約45℃(最高 約60℃)
最大ガス消費量【kW】	同時 57.8 給湯 44.2 暖房 13.7
ガス熱源機熱効率【%】	給湯：95 暖房：87
電源	AC100V 50-60Hz
消費電力【w】	最大：195 待機時：3.1 凍結予防ヒーター：303

表 2 ヒートポンプユニットの仕様

冷媒	冷媒 R410A	冷媒封入量 960g	
電源	単相AC200V	50-60Hz	
消費電力【W】	待機時：2.0	作動時最大：2600	
沸上温度45℃のときの	夏期	中間期	冬期
加熱能力【kW】	3.2	3.9	5.0
消費電力【W】	540	790	1190

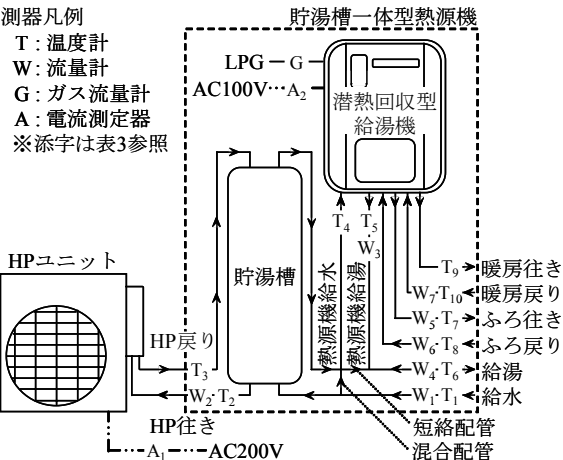


図 1 給湯系統図

表 3 測定項目および測器

測定項目	凡例	測器
給水温度	T ₁	
HP往き / 戻り温度	T ₂ /T ₃	
熱源機給水 / 給湯温度	T ₄ /T ₅	シースT熱電対
給湯温度	T ₆	
ふろ往き / 戻り温度	T ₇ /T ₈	
暖房往き / 戻り温度	T ₉ /T ₁₀	
給水量	W ₁	
HP循環水量	W ₂	
熱源機給湯量	W ₃	
給湯量	W ₄	液体流量計
湯張湯量	W ₅ +W ₆	
追焚循環量	W ₅	
暖房循環量	W ₇	
ガス流量	G	マスフローメーター
HP貫流電流	A ₁	小型クランプ式
熱源機貫流電流	A ₂	交流電流センサー

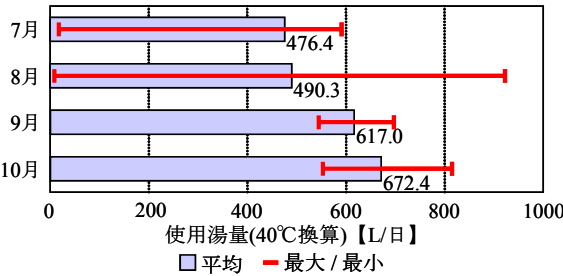


図 2 月別日平均使用湯量

湯が使用されているものと推測する。夏期の食事や洗面・掃除にともなう湯の使用には、調査住宅の給湯端末がシングルレバー型水栓であることも影響しているものと考ええる。鈴木、大塚の研究⁵⁾では、湯が混合されることを明確に理解しないで、シングルレバーを中央の位置で水栓を使用する住まい手が約 50% もおり、無意識に湯が使用されることが意外と多いことを指摘している。調査住宅でも、無意識の湯の使用があったものと考ええる。熱源機と HP ユニットの運転は、湯の使用時に発生しているが、11:30 頃の湯の使用時には、ともに運転していない。これは、10:00 頃に HP ユニットによって沸き上げられた湯が、貯湯槽から給湯端末へと、直接、送られたことによるものである。

5-2 熱負荷と消費エネルギー

調査住宅での月別の日平均熱負荷の内訳を、図 4 に示す。

調査住宅の夏期日平均熱負荷は 30～65MJ となっている。シャワーや台所、洗面などでの給湯負荷、ふろの湯張負荷は、ほぼ同程度で、全体の約 45% となっており、追焚負荷は、全体の約 10% となっている。

月別の日平均消費エネルギーを熱量換算したものを、図 5 に示す。

調査住宅の消費エネルギーは 25MJ～50MJ となっている。消費エネルギーの各月の対比は、平均熱負荷の各月の対比と異なっている。これは、各月ごとに、ハイブリッド給湯機の熱効率が異なっていることを示すものである。

月別の熱効率を、図 6 に示す。

熱源機の熱効率は、平均 0.83、変動係数 1% となっており、熱効率は定格よりも低くなっている。前、三浦、羽原、堀、桑沢、秋元、宇梶、澤地の研究¹⁾では、潜熱回収型給湯機は、出力が小さい領域では、熱効率が大幅に低くなるとしている。ハイブリッド給湯機の場合、熱源機への給水温度は HP ユニットによって 35℃ 以上となっているため、出力は通常の場合よりも小さい。このため、熱源機の熱効率が定格よりも低くなったものと考ええる。

HP ユニットの熱効率は、平均 5.19、変動係数 5% となっている。変動係数は、熱源機に比して、高くなっており、各月に異なる外気条件の影響を受けているものと推測する。

ハイブリッド給湯機の熱効率は、平均 1.34、変動係数 10% とばらつきが大きくなっている。

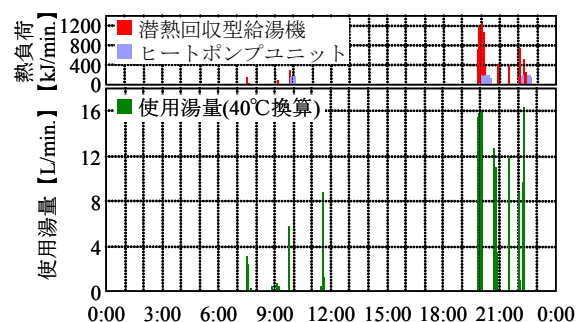


図 3 使用湯量および熱負荷の経時変動

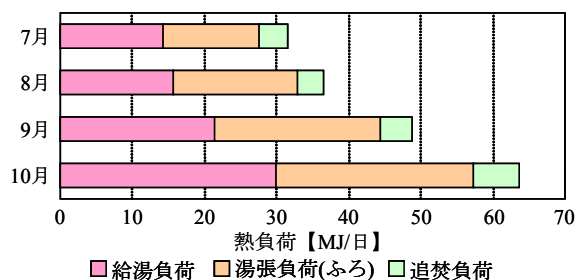


図 4 月別日平均熱負荷

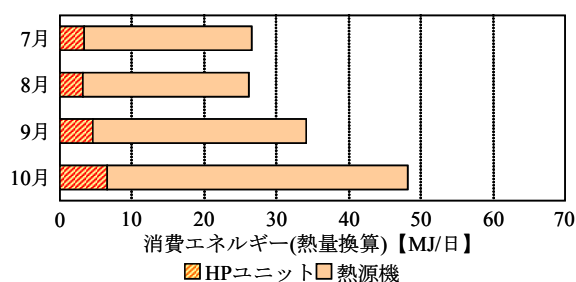


図 5 月別日平均消費エネルギー

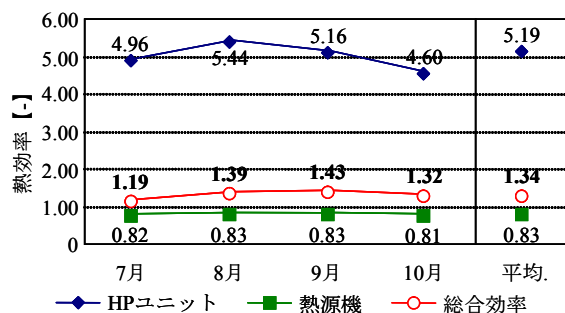


図 6 月別の熱効率

5-3 省エネルギー効果

実験期間中の調査住宅の負荷をもとに、各種給湯機の 1 次エネルギー消費量を試算した結果を、図 7 に示す。なお、ヒートポンプ給湯機の熱効率については、北山、村川、濱田、高田、鍋島、三村の研究⁶⁾の、2008 年モデルを採用し、おまかせモードで使用している関東所在の実住宅についておこなった実態調査の結果を参照している。また、電力の 1 次エネルギー消費量は、エネルギー使用の合理化に関する法律・施行規則第 4 条第 3 項にもとづ

き、9.97MJ/kWh(昼間)および 9.28MJ/kWh(夜間)として算出しており、ヒートポンプ給湯機の電力は、すべて夜間のみの消費としている。

潜熱回収型給湯機の 1 次エネルギー消費量削減率は 15.8%，ヒートポンプ給湯機の削減率は 19.3%と、同程度となっている。ハイブリッド給湯機の 1 次エネルギー消費量削減率は 35.3%，もっとも削減率が高くなっている。

各種給湯機の CO₂ 排出量を試算した結果を、図 8 に示す。なお、ガスの消費は都市ガスによるものとし、CO₂ 排出量は、地球温暖化対策推進に関する法律・施行令第 3 条にもとづき、0.050kg-CO₂/MJ とし、電力の消費による CO₂ 排出量は、東京電力が公表している実排出係数を参照し、0.384kg-CO₂/kWh として算出している。

潜熱回収型給湯機の CO₂ 排出量削減率は 15.8%，ヒートポンプ給湯機の削減率は 32.9%となっている。ハイブリッド給湯機の CO₂ 排出量削減率は 39.1%，CO₂ 排出量削減率でも、ハイブリッド給湯機の効果がもっとも高くなっている。

東日本大震災で被災した原子力発電所の被害によって、エネルギーの供給体制の見直しが求められている。電力の CO₂ 原単位も、見直されるものと推測する。しかし、熱源機/HP ユニットの消費エネルギー比率は 15/85 となっており、電力消費はガス消費に比して小さい。今後のハイブリッド給湯機の普及に注目したい。なお、本項の検討に用いたそのほかの条件は、表 4 に示すようになっている。

6 まとめ

本研究の結果を、以下に要約する。

- 1)HP ユニットの夏期熱効率は 4.60～5.44 で、外気条件によって変動する。
- 2)熱源機の夏期熱効率は 0.83 と安定するが、熱源機への給水温度が通常より高いため、効率は定格よりも低くなる。
- 3)調査住宅でのハイブリッド給湯機の夏期平均熱効率は 1.34、標準偏差は 0.13、変動係数は 10%となる。
- 4)ハイブリッド給湯機によって、1 次エネルギー消費量は、従来のガス給湯機に比して、約 35%削減される。
- 5)ハイブリッド給湯機によって、CO₂ 排出量は、従来のガス給湯機に比して、約 40%削減される。

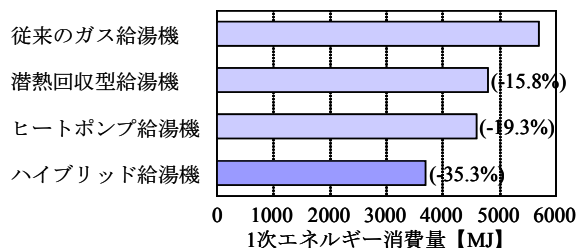


図 7 1 次エネルギー消費量試算結果

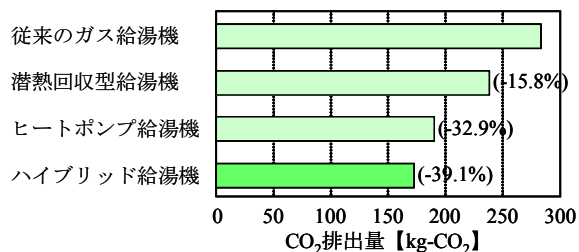


図 8 CO₂ 排出量試算結果

表 4 省エネルギー効果試算の諸条件

給湯機種	給湯負荷 [MJ]	熱効率 [-]	2次エネルギー 消費量 [MJ]
従来のガス給湯機		0.73 注1)	5588.8
潜熱回収型給湯機	4079.9	0.87 注1)	4689.5(-16.1%)
ヒートポンプ給湯機 (実験期間)	2.29 注2)		1781.6(-68.1%)
ハイブリッド給湯機		1.34	3009.4(-46.2%)

注1) 熱効率は文献1)を参照した。注2) 熱効率は文献6)を参照した。

【参考文献】

- 1)前真之，三浦尚志，羽原宏美，堀祐治，桑沢保夫，秋元孝之，宇梶正明，澤地孝男：日変動と短時間出湯を考慮した実験用給湯消費モード 修正 M1 の設定とガス瞬間式給湯機の効率評価に関する実験的検討 住宅のための省エネルギー手法の実験的評価に関する研究 その 3，日本建築学会環境系論文集，第 76 巻，第 659 号，pp.49～57，2011 年 1 月
- 2)久保田敏史，浅野良晴，高村秀紀：寒冷地における潜熱回収型ガス給湯器と CO₂ ヒートポンプ給湯機の年間効率に関する研究，日本建築学会技術報告集，第 16 巻，第 32 号，pp.201～204，2010 年 2 月
- 3)斎川路之：給湯用理想ヒートポンプサイクル及びその成績係数(COP)の導出と各冷媒の上限 COP の評価，日本機械学会論文集 B 編(流体工学，流体機械，熱工学，内燃機関，動力など)，第 74 巻，第 738 号，pp.255～260，2008 年 2 月
- 4)前真之，高須直子，鍋島美奈子，市川憲良，飯尾昭彦，鎌田元康：住宅における給湯日消費量の季節・短期変動，日本建築学会環境系論文集，第 622 号，pp.73～80，2007 年 12 月
- 5)鈴木一聡，大塚雅之：台所用シングルレバー型水栓の節水・節湯化手法に関する調査研究 -食器洗浄におけるレバー操作とその意識の実態-，日本建築学会環境系論文集，第 74 巻，第 637 号，pp.353～360，2009 年 3 月
- 6)北山広樹，村川三郎，濱田靖弘，高田宏，鍋島美奈子，三村拓矢：住宅における CO₂ ヒートポンプ式給湯機の稼働実態と性能評価に関する研究 第 1 報 - 実使用に基づく CO₂ ヒートポンプ式給湯機の性能評価，空気調和・衛生工学会論文集，No.169，pp.1～11，2011 年 4 月