

# 家庭用ヒートポンプ給湯機最適運転探索シミュレータの業務用への適用 最適運転により省エネ・コスト削減を実現

Commercial Business Application of the Simulator for Establishing Optimal Operation of Household Heat Pump Water Heaters  
Optimal Operation Allowing Energy Saving and Cost Reduction

(エネルギー応用研究所 お客さま技術G 業務電化T)

ヒートポンプ給湯機(以下、HP)はエネルギーの効率利用の観点から有用であるが、業務用は家庭用ほど導入が進んでいない。家庭用においては、従来、HPの電力量または料金を最小化する運転方法を導くシミュレータが開発されていたが、本研究において、当該シミュレータを業務用に改良し、その有効性を検証した。その結果、推定精度0.3%の確度で電力量11%、料金15%の削減が可能な最適運転方法を導けることを確認した。

(Commercial Equipment Electrification Team, Customer Technology Group, Energy Applications Research and Development Center)

Heat pump water heaters (hereafter, HP) are useful from the viewpoint of efficient energy consumption; however, unlike HP for the domestic market, very little equipment for business use has been introduced. Previously the simulator was developed to derive optimal operation methods to minimize domestic electricity consumption or charges for household HP. In this research, we have improved the domestic simulator to deal with business use, and verified its effectiveness. The results confirmed the simulator has a reliability of 0.3% estimation accuracy and is able to derive an optimal operation method that gives an 11% reduction of electricity and a 15% reduction of charges.

## 1 研究の背景と目的

従来の提案では、お客さまから、ピーク給湯量、日給湯量を聞き取り、簡易に機種を選定し、導入効果を算定してきた。

今後、業務用HPの導入を促進するためには、導入効果を事前評価でき、お客さまに適した機種選定や運転方法を提案することが有効であり、そのための最適運転探索シミュレータが望まれていた。

今回は電力中央研究所の協力のもと、家庭用の最適運転探索シミュレータを業務用に改良し、その有効性を検証することとした。

## 2 研究概要

### (1) 試験給湯機の性能把握

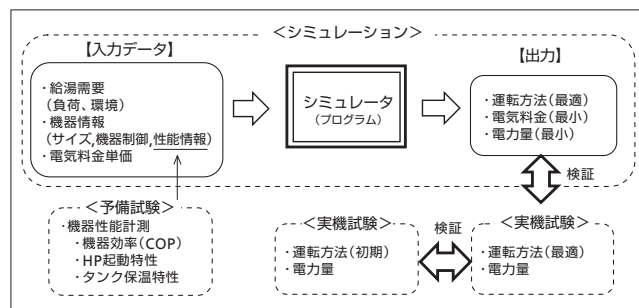
試験給湯機(第1表)の機器効率(COP)、タンク保温特性について、日本冷凍空調工業会の規格JRA4060に基づき性能試験を行った。また、起動特性についても把握した。

第1表 試験給湯機の仕様

給湯機の構成	ヒートポンプ	4.5kW×2台
	貯湯タンク	420L×1台
運転に関する機能	マニピュアル	
	定休日設定	なし/月曜日～日曜日
	運転時刻設定	24時間/開始時刻～停止時刻
	沸上温度設定	65℃～90℃(5℃刻み)
	沸上開始湯量設定	75L, 150L, 250L, 350L
学習機能	沸上湯量学習	

### (2) シミュレータの改良と検証の流れ

電力中央研究所が開発した電力量または料金が最小となる運転方法を導く家庭用の探索シミュレータを業務用に改良し、第1表の実機を用いて電力量を比較し削減効果や精度などを検証した(第1図)。



第1図 検証の流れ

### 【シミュレータの概要】

HPと貯湯タンクをモデル化し、4種類の運転パラメータ(第2表)について遺伝的アルゴリズムを用いて、電力量または電気料金が最小となる運転方法(パラメータの組み合わせ)を探索する業務用\*のプログラム。

※一般的な家庭用HPは過去1週間程度の給湯実績を使用し所定時刻までに沸き上げを行う。

第2表 運転方法のパラメータ

パラメータ	内容
運転休止曜日	HPが稼動しない曜日
運転時刻	HPが稼動可能な時間帯
沸上開始湯量	HPの再稼働を決定する湯温を計測する貯湯タンクの位置
沸上温度	HPで沸上させる湯の温度

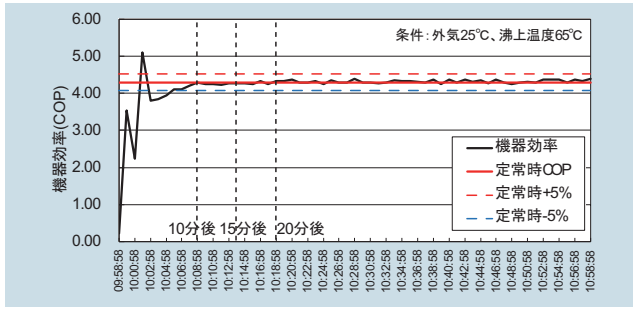
## 3 研究結果

### (1) 試験給湯機の性能

機器効率(COP)を第3表に、HP起動特性を第2図に示す。

第3表 試験給湯機のCOP

項目		沸上温度			
		65℃		90℃	
季節	気温	カタログ	実測	カタログ	実測
着霜期	2℃	3.08	2.64	2.60	2.29
冬期	7℃	3.63	3.67	2.86	2.85
中間期	16℃	4.05	3.87	3.28	2.88
夏期	25℃	4.45	4.31	3.68	2.78



第2図 HP起動特性

HP起動時の立ち上がり特性を見ると起動後10分程度は安定せず効率が悪い(起動後10分以降は定常時のCOP±5%以内)。消費電力を推定するうえで、HPの起動・停止が多い場合は起動時の影響は無視できない。

(2)シミュレーションと実機試験結果

ア 電力量削減効果と精度

シミュレーションで探索した結果、最適運転方法は第5表②のようになり、この運転方法で実機試験を行った結果、電力量が11.4%削減した(第5表③)。また、シミュレーションと実機試験の結果はほぼ一致(誤差0.3%)した。(第5表②)。以上から、作成したシミュレータは精度が高く、省エネ提案に有効であることが分かった。

第5表 運転方法・消費電力量

項目	①実機試験 (初期設定)	②シミュレーション (最適運転) 実測性能値	③実機試験 (最適運転)	④シミュレーション (最適運転) カタログ性能値
運転 方法	運転休止曜日 なし	なし	土日	土日
	運転時刻 24時間	なし	15~7時	15~7時
	沸上開始湯量 350L	150L	150L	150L
	沸上温度 65°C	65°C	65°C	65°C
消費電力量[kWh]	77.3	68.7[11.1% (0.3%)]	68.5[11.4%]	60.0[22.3%] (12.4%)

[ ]内の数字は①初期設定からの電力量削減率 ( )内の数字は③実機試験との電力量推定誤差

イ カタログ値使用時の比較

第3表のカタログ値の性能情報を設定して計算した場合、実機試験の電力量との推定誤差は12.4%となった(第5表④)。これは、カタログのCOPおよびHP起動効率などの性能情報が実際とは異なることによると推定される。

ウ 給湯需要データ計測単位の比較

第5表②の最適運転方法探索にあたっては、詳細な給湯需要データ(1分単位)を入手し計算した。そこで、簡略な給湯需要データ(1時間単位)を用いた場合の最適運転方法をシミュレートした。その結果は、実機試験の電力量との推定誤差8.3%(第6表)となり、精度の高いシミュレートを行うには詳細な給湯需要データ(1分単位)が必要であることが分かった。

エ 機器制御

実機試験(最適運転)ではシミュレーションの想定どおりにHPが起動せず、局所的に湯切れ(残湯量20L点で45°C以下)が生じたケースがあった。これは機器制御情報(制御条件やセンサ精度)が実機とシミュレータでズレが生じたためと推定される。情報の不確実性を考慮してシミュレーションを行う必要がある。

第6表 計測単位別電力量[kWh]

実機試験 (最適運転)	シミュレーション (1分単位)	シミュレーション (1時間単位)
68.5	68.7 (0.3%)	74.2 (8.3%)

第7表 料金単価[円/kWh]

7:00~23:00	夏期	12.95
	その他	11.77
23:00~7:00		9.33

第8表 運転方法・電気料金

項目	①シミュレーション (初期設定)	②シミュレーション (最適運転)
運転 方法	運転休止曜日 なし	土
	運転時刻 24時間	14~9時
	沸上開始湯量 350L	75L
	沸上温度 65°C	65°C
電気料金[円]	904.6	772.2[14.6%]

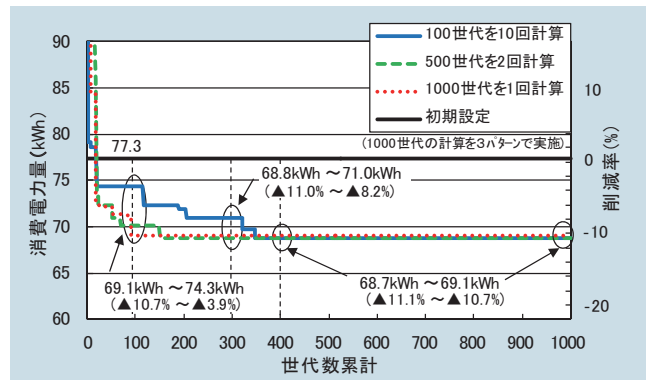
オ 電気料金削減効果

時間帯別料金(第7表)の下で電気料金最小化を目的に最適運転方法を探索したところ、電気料金は初期設定と比べ14.6%削減した(第8表)。これは深夜料金の方が安いいため夜に運転する方法を探索した結果である。

カ 計算時間(※汎用のパソコンで計算した場合)

シミュレーションでは計算回数(世代数)を重ねるほど電力量が少なくなる運転方法が求まる(第3図)。

何世代の計算とすべきかについては、要求する精度によるが、ほぼ最大となる11%の削減を求めるならば400世代程度(約4h)、10%程度(8~11%)であれば300世代程度(約3h)の計算が必要である。100世代(約1h)の計算では削減率が4~11%となり、ばれ幅が大きかった。



第3図 世代数と最小消費電力量

4 まとめ

本研究では、①試験機種の性能データを取得することができた。②電力量もしくは電気料金を最小化する家庭用シミュレータを業務用に改良し、一定の削減効果が得られることを確認した。③実測による機器情報(機器性能、機器制御)と実給湯需要データにより、最適運転方法を探索し、0.3%の精度で消費電力量を推定できることを確認した。

今後の展開として、機器開発時のシミュレーションやお客さまへのアフターフォロー等への活用が考えられる。更なるHPの普及促進に向け、得られた知見を有効に活用していきたい。



執筆者/宮崎博之