

北海道の住宅における石油給湯機の省エネルギー方策検討のための 運転実態調査

SURVEY ON METHODS OF ENERGY CONSERVATION USING OIL-FIRED HOT WATER HEATERS FOR RESIDENTIAL USE IN HOKKAIDO

藤原陽三*, 絵内正道**, 鈴木憲三***, 羽山広文****

*Yozo FUJIWARA, Masamichi ENAI, Kenzo SUZUKI
and Hirofumi HAYAMA*

In order to consider the energy saving methods of oil fired water heating in Hokkaido households, an actual condition investigation on conventional and latent heat recovery water heaters, was performed. The following results were obtained: 1) Latent heat recovery heaters heated water 10-12% more efficiently than conventional heaters. 2) The water heating requests lasting under 30 seconds had little influence on the daily efficiency of hot water heaters. 3) As a result of case study, lowering the hot water heating temperature by 2.0 degrees centigrade reduced energy use by 5.9%.

Keywords: oil-fired water heater, water heater efficiency, latent heat recovery water heater, energy conservation

石油給湯機, 給湯機効率, 潜熱回収給湯機, 省エネルギー

1. はじめに

近年の原油価格高騰による灯油価格の上昇は、灯油が暖房・給湯の主要なエネルギーである北海道民の暮らしに多大な影響を及ぼしており、家庭での暖房や給湯の省エネルギー化が急務となっている。北海道消費者協会・石油連盟北海道システムセンターの北海道消費者協会会員を対象とした調査¹⁾によると、戸建世帯の84%、集合世帯の26%、全体で75%の世帯が給湯熱源として灯油を使用している。北海道では、都市ガスの普及が、都市部の一部に限られているためである。

また、北海道では、凍結と積雪対策のため、給湯機は、一般に、暖房空間である屋内に設置される。これも、石油が主熱源であることに加え、北海道の家庭における給湯の特殊性といえる。

本調査では、このような特殊性を踏まえ、北海道の家庭における石油給湯の省エネルギー方策を検討するために、北海道で普及している従来型石油給湯機及び今後普及が期待される省エネルギー性の高い潜熱回収型石油給湯機の詳細なモニター調査を実施したので、その結果を報告する。

2. 実測調査

2.1 調査対象機器の選定

北海道では、直圧方式の風呂追焚付石油給湯機及び給湯専用石油給湯機が多く使われている。また、最近、石油給湯機においても、

燃焼排気から潜熱を回収する高効率石油給湯機が開発され、販売されている。

本調査では、調査対象機器として、北海道で使用例の多い従来型追焚付石油給湯機、従来型給湯専用石油給湯機、今後普及が期待される潜熱回収型追焚付石油給湯機、同じく潜熱回収型給湯専用石油給湯機の4機種を選定した。

2.2 調査世帯の概要と給湯機仕様

選定した調査対象世帯の家族構成と石油給湯機の仕様を、表1に示す。A邸は4人家族で、従来型追焚付給湯機を使用し、B邸は2人家族で潜熱回収型追焚付給湯機を、C邸は4人家族で、従来型給湯専用機を、D邸は7人家族で潜熱回収型給湯専用機を使用している。また、前述の通り、北海道の住宅では、冬期の凍結対策及び積雪への対処から、給湯機は、暖房空間である洗面所等に設置されるため、凍結防止処置は一般に行われない。長期間、家を空ける場合は、凍結しない温度になるように暖房をセットするか、水抜きがされる。したがって、本調査の対象住宅においても、凍結防止ヒーター等の使用はない。また、給湯機の給湯方式は、いずれも直圧瞬間式である。

給湯機の加熱フローを図1に示す。A邸で使用している従来型追焚付給湯機は、波線で示した潜熱回収回路を持たないもので、給湯用と風呂加熱用の2つの熱交換器を持ち、1缶2水路と呼ばれる型式のものである。

* 北海道大学大学院工学研究科 博士後期課程・修士(工学)

** 北海道大学大学院工学研究科 特任教授・工博

*** 北海道工業大学工学部建築学科 教授・工博

**** 北海道大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., M. Eng.

Prof. Emeritus, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Hokkaido Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.

表1 モニター世帯の概要と給湯機仕様

名称	A邸	B邸	C邸	D邸	
所在地	札幌市	札幌市	札幌市	小樽市	
家族人員	大人2+子供2 (中1・小1)	大人2人	大人2+子供2 (小1・幼1)	大人2+子供5 (高2・中2・小1)	
測定期間	2007/12~2009/3	2007/12~2009/3	2007/12~2009/3	2008/12~2009/4	
給湯機仕様	種類	屋内設置 従来型追焚付 給湯：直圧瞬間式	屋内設置 潜熱回収型追焚付 給湯：直圧瞬間式	屋内設置 従来型給湯専用 給湯：直圧瞬間式	屋内設置 潜熱回収型給湯専用 給湯：直圧瞬間式
	能力・燃料消費量 (カタログ値)	給湯 46.5kW 風呂 15.0kW 灯油消費量：54.1kW(5.3L/h) 電力量：給湯風呂同時 160W(燃焼時)	給湯 46.5kW 風呂 15.0kW 灯油消費量：48.9kW(4.75L/h) 電力量：給湯風呂同時 200W(点火時)/185W(燃焼時)	給湯 38.4kW 灯油消費量：44.2kW(4.3L/h) 電力量：110W(点火時) /90W(燃焼時)	給湯 46.5kW 灯油消費量：44.65kW(4.7L/h) 電力量：85W(燃焼時)
	型式	1缶2水路	1缶2水路	1缶1水路	1缶1水路
	設置年月	2005年11月	2007年11月	2007年7月	2008年12月

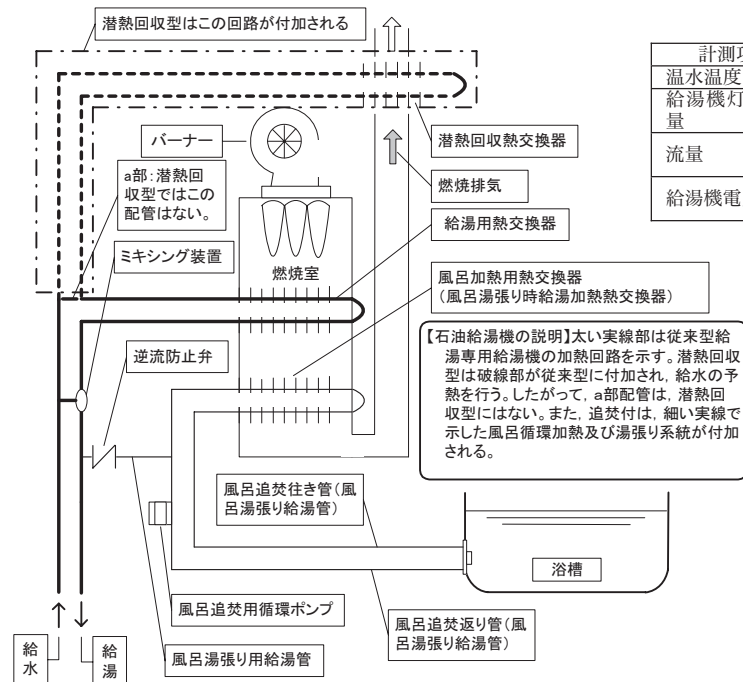


図1 石油給湯機の加熱フロー

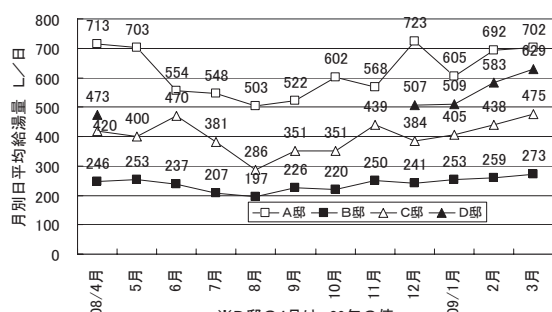


図3 月別日平均給湯量

この給湯機は、給湯、風呂の追焚、風呂湯張り機能があり、風呂湯張り時は、給湯熱交換器で加熱された温水が風呂循環回路の行き及び戻り管の両方から供給され、行き系統では風呂加熱用熱交換器によって温水を再度加熱し風呂に供給する。B邸の潜熱回収型追焚付給湯機は、A邸の従来型の給湯回路に潜熱回収熱交換回路が付加されたもので、給湯は潜熱回収熱交換器で予熱され、給湯用熱交換器に入り加熱される。C邸の従来型給湯専用機は、風呂加熱用回路と潜熱回収回路を持たない、給湯加熱回路のみのもので、1缶1水路と呼ばれる。また、D邸の潜熱回収型給湯専用機は、C邸の従来型給湯専用機に潜熱回収回路を付加したものである。

表2 計測項目と測定器, 測定間隔

計測項目	測定機器	測定間隔
温水温度	シート状熱電対(T-CC熱電対) ^{注1)}	2秒
給湯機灯油消費量	ダイヤ式灯油メーター(オーバル:LSN40)	2秒
流量	羽根車式流量計(愛知時計電機:ND20)	2秒
給湯機電力量	積算電力量計	A,B邸:5分 C,D邸:2秒

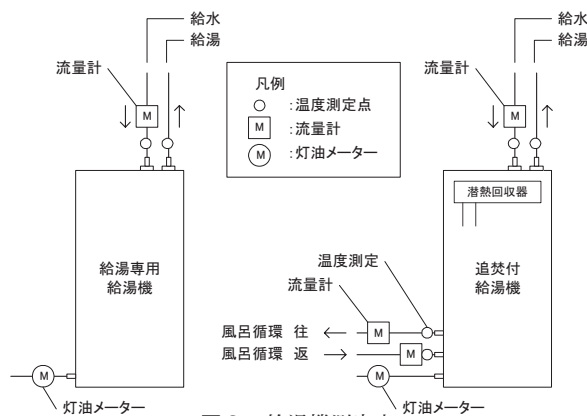


図2 給湯機測定点

2.3 測定方法

計測フローを図2に、計測項目と計測機器、計測間隔を表2に示す。給湯専用機は、給水温度と出湯温度、給水流量を計測した^{注1)}。また、追焚付給湯機は、給水温度、出湯温度、風呂循環行き、戻り温度を計測した。流量は、給水量に加え、風呂湯張り時に風呂循環配管からお湯が送られることから、湯張り時と風呂加熱循環時を区別して集計出来るように、給水・風呂循環行き・戻り流量、あるいは、給水・給湯・風呂行き流量のいずれか3点を計測した。

電力量は、10Wh/1パルス出力の電力量計を用いて計測した。

給水温度、出湯温度、給湯量、風呂循環流量等の計測は、日本ガス石油機器工業会の調査研究結果²⁾などをもとに、2秒間隔とした。給湯機の電力量は、温度・流量のような精度を必要としないため、ログのバース点数が不足したA邸とB邸のみ、別途パルスロガーを設置し、5分間隔でデータを収集した。

2.4 調査結果

(1) 日給湯量と出湯温度

A邸からD邸の測定期間中の月別日平均給湯量を図3に示す。

夏期、中間期の測定を行っていないD邸を除き、各モニター住宅とも、冬期に給湯量が多く、夏期に少なくなっている。

測定期間中の実測日給湯量と40℃換算した日給湯量の平均値、最大値、最小値、+標準偏差値、-標準偏差値を示した箱ひげ図を図

4に示す。実測日給湯量の平均値が最も多いのはA邸で619L/日となっている。次いで、D邸の582L/日、C邸の399L/日となっており、B邸が最も少なく240L/日であった。実測一人当たり日平均給湯量は、A邸155L/(人・日)、B邸120L/(人・日)、C邸100L/(人・日)、D邸83L/(人・日)であった。

一方、40°C換算の一人当たり日給湯量でみると、A邸は151L/(人・日)と実測値と変化はないが、B邸、C邸、D邸は100~110L/(人・日)とほぼ等しい給湯量となっている。

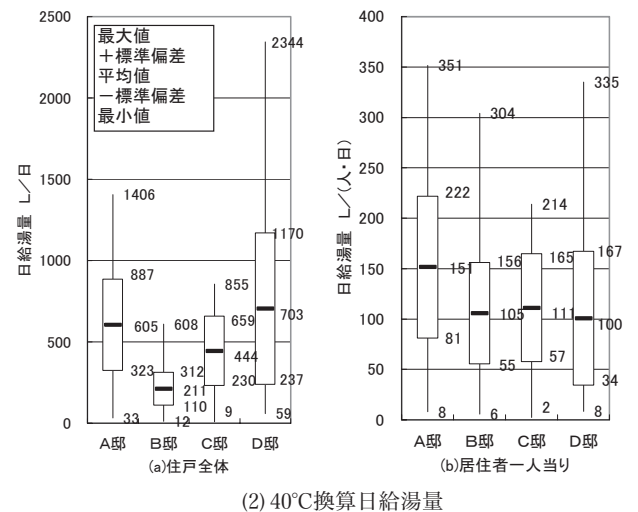
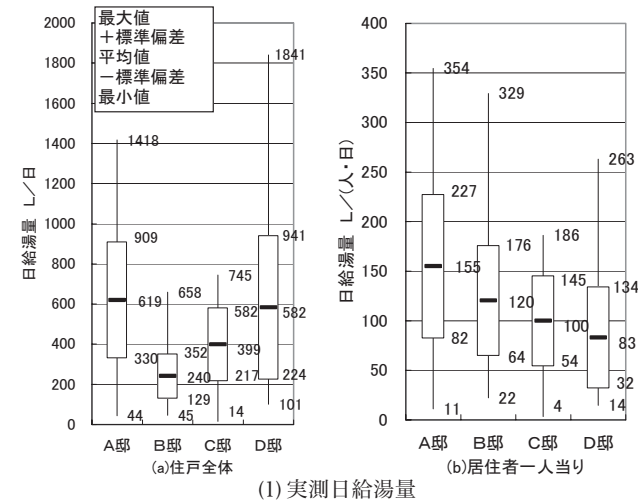


図4 日給湯量の平均値、最大値、最小値、+標準偏差、-標準偏差

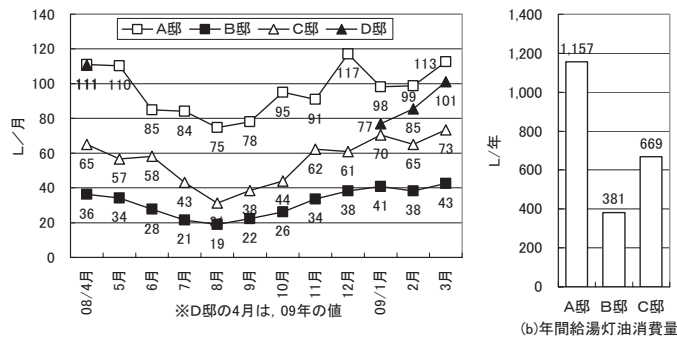


図5 月別及び年間給湯灯油消費量

給湯機出湯温度の設定は、A邸が48°Cで、B邸が42°Cであった。C邸は、日中は42°C程度に設定しているが、夜間は浴槽温度を保つ差し湯のため、52°C程度まで高くしている。また、D邸は52°Cとなっている。B邸以外の住宅で、出湯温度が高く設定されている。

(2) 日灯油消費量

モニター住宅の月別及び年間給湯灯油消費量を図5に示す。給湯灯油消費量は、給湯量に比例して、夏期に少なく、冬期に多くなっている。また、年間の灯油消費量は、給湯量の多いA邸で1,157L/年、最も少ないB邸で381L/年であった。

(3) 日平均給湯機効率

給湯機効率の算出において、分子側の熱量は、給湯、風呂追焚、湯はりの各系統の温度差と流量を用いて算出した。また、分母側は、灯油消費熱量と、日一次換算電力量を用途別熱量で案分した電力量との合計とした。灯油の発熱量は36.7MJ/L、電力の一次換算係数は9.76MJ/kWhとした。また、給湯機効率は、給湯量との関係がない風呂追焚加熱があることから、カタログ等に定格消費量が記載されており、使用状況が比較的把握しやすい灯油消費量との関係で表すこととする。

① 追焚付給湯機効率

追焚付給湯機を使用しているA邸(従来型)とB邸(潜熱回収型)の給湯使用時のみの日灯油消費量と給湯機効率(一次)の関係を図6に、風呂追焚使用時のみの関係を図7に、給湯追焚同時使用時の関係を図8に、風呂湯張り時(風呂循環配管からお湯が供給される)の関係を図9に示す。

給湯使用時のみの日灯油消費量と給湯機効率の関係をみると(図6)、A邸の従来型は、日灯油消費量が1L/日以上で65~70%前後の効率となっており、1L/日未満では日灯油消費量が少なくなるにつれて効率も低下している。省エネルギー機器として販売されているB邸の潜熱回収型給湯機は、日灯油消費量が1L/日以上で80~85%の効率となっており、また、1L/日未満においても70%以上の効率となっている。従来型機器より10%以上の効率向上がみられる。

風呂追焚使用時のみの日灯油消費量と給湯機効率(風呂追焚効率)の関係をみると(図7)、風呂追焚回路は、衛生上、給湯回路である潜熱回収回路を経由しないため、A邸(従来型追焚付)、B邸(潜熱回収型追焚付)ともに、風呂追焚効率は65~80%となっており、従来型と潜熱回収型の効率の差はみられない。A邸の風呂追焚日灯油消費量が多いのは、深夜においても入浴することの多い生活パターンによるものである。

給湯と風呂追焚同時使用時の日灯油消費量と給湯機効率の関係についてみると(図8(1),(2))、日灯油消費量0.2L/日以上で、A邸の従来型は60~80%の効率となっている。B邸の潜熱回収型は、給湯の潜熱回収により、従来機より効率が高くなっている。B邸の給湯追焚同時使用時の灯油消費量が少ないのは、同時に使われることが少なかったためである。また、B邸では、灯油消費量の少ないところで効率に大小の変動幅が見られるが、これは、風呂追焚時の給湯が、集中的に一定時間使用され潜熱回収が有効に機能している場合は効率が高く、給湯使用が断続的で使用間隔が長い場合、給湯の効率が低く、同時使用時の効率が低くなったためである。

従来型追焚付石油給湯機の風呂湯張り時の給湯の流れを図10に示す。湯張り時は、湯張り用の給水が、給湯回路の熱交換器で加熱

され風呂循環系統に送られる。風呂循環系統では、循環行き系統と
 返り系統の両方から浴槽に給湯が送られ、湯張りを行う。循環の往
 行き系統では、風呂循環加熱用熱交換器によって再度加熱され、給湯
 より高い温度となり浴槽に送られ、返り系統の給湯と混合し浴槽に
 供給される。

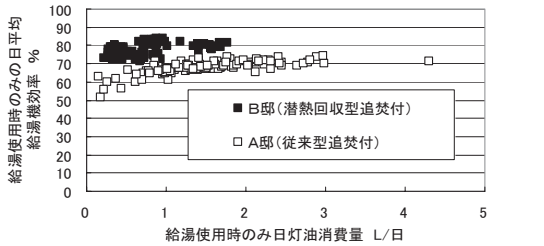


図6 追焚付給湯機 給湯使用時のみ日灯油消費量と日平均給湯機効率(電力量(1次換算)含む)

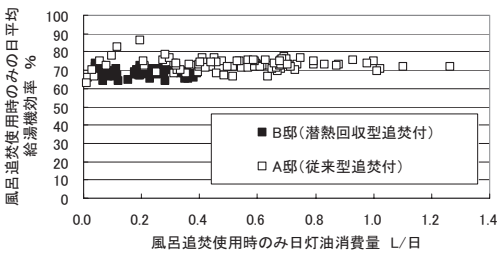
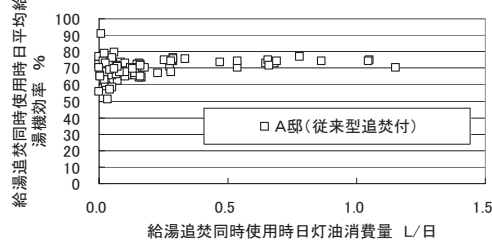
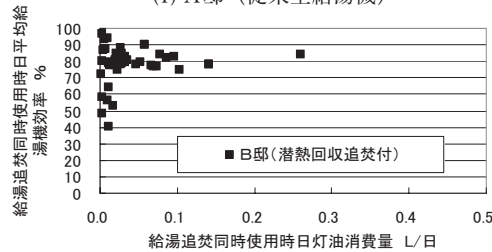


図7 追焚付給湯機 風呂追焚時のみ日灯油消費量と日平均給湯機効率(電力量(1次換算)含む)



(1) A邸(従来型給湯機)



(2) B邸(潜熱回収型給湯機)

図8 追焚付給湯機 給湯追焚同時使用時の日灯油消費量と日平均給湯機効率(電力量(1次換算)含む)

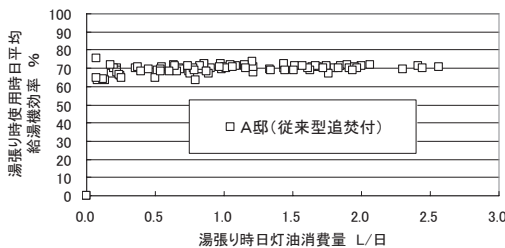


図9 追焚付給湯機 湯張り時の日灯油消費量と日平均給湯機効率(電力量(1次換算)含む)

湯張り時の熱量算出において、湯張り用の給水量と風呂循環行き
 及び返り系統の流量の合計は一致するはずであるが、実測結果は風
 呂循環行き・返り流量の合計の方が、給水量より少なくなっていた。
 風呂循環時の行きと返りの流量は一致しているのに、湯張り時に流
 れが逆となる返り系統の流量に誤差が生じたものと考えられたため、
 ここでは、給水量から風呂循環行き系統の流量を差し引いたものを
 返り系統の流量(図10の流量CをA-Bとする)として熱量を算出
 した。

その結果、風呂湯張り時の効率(図9)は70%前後となっており、
 給湯のみ及び風呂追焚のみの場合とほぼ同じ効率となった。また、
 湯張りは一定時間連続して行われるため、日灯油消費量の少ないと
 ころの効率は、給湯のみの場合より高くなっている。

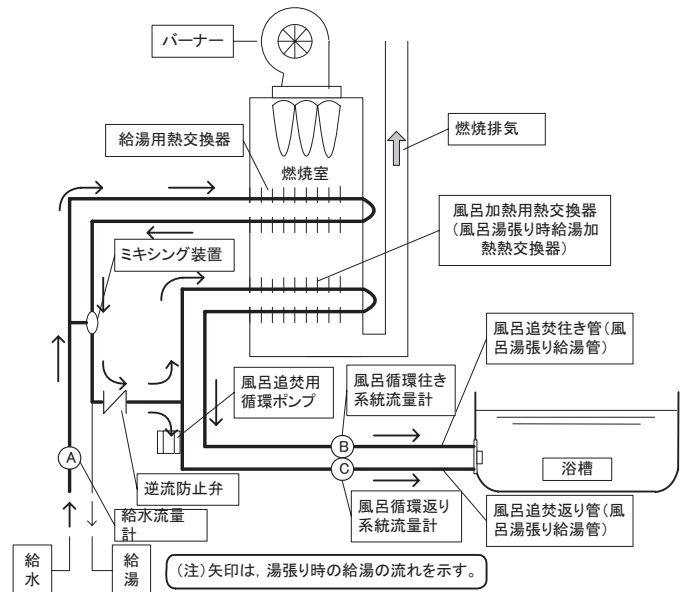


図10 従来型追焚付石油給湯機の風呂湯張り時加熱フロー

②給湯専用給湯機効率

C邸(従来型給湯専用機)とD邸(潜熱回収型給湯専用機)の日
 灯油消費量及び日給湯量と給湯機効率の関係を図11に示す。

C邸の従来型は、日灯油消費量1.5L/日(日給湯量150L/日)以上
 で75~80%前後の効率となっている。D邸の潜熱回収型は、同じく
 日灯油消費量1.5L/日(日給湯量150L/日)以上で概ね80~92%の
 効率となっている。年間日平均効率(算術平均)は、C邸の従来型
 が74.7%, D邸の潜熱回収型が87.0%となっており、潜熱回収型
 の方が従来型より12%高くなっている。

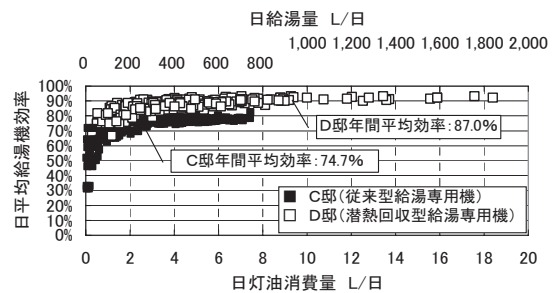


図11 従来型給湯専用機と潜熱型給湯専用機の日灯油消費量と日平均給湯機効率(電力量(1次換算)含む)

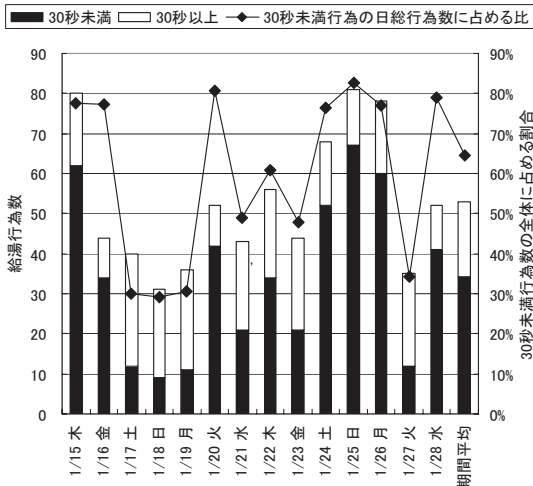


図 12 C邸 30 秒未満及び 30 秒以上給湯行為数と、30 秒未満の給湯行為数の日給湯行為数に占める割合

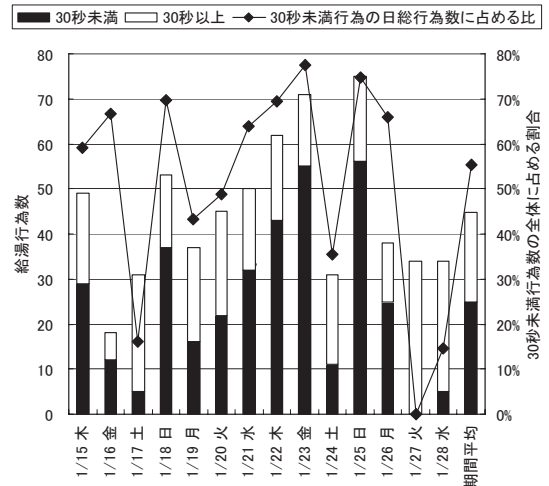


図 14 D邸 30 秒未満及び 30 秒以上給湯行為数と、30 秒未満の給湯行為数の日給湯行為数に占める割合

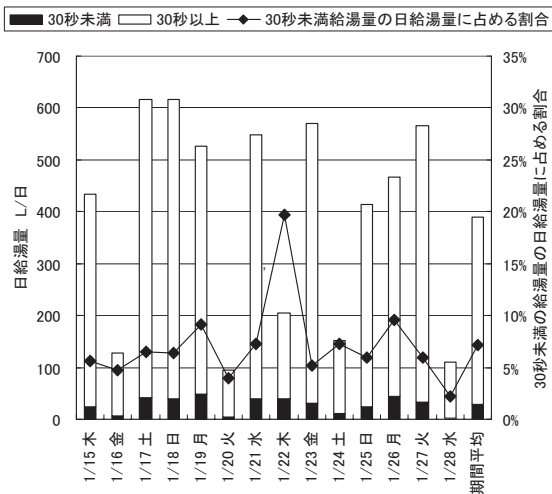


図 13 C邸 30 秒未満及び 30 秒以上給湯量と、30 秒未満の給湯量の日給湯量に占める割合

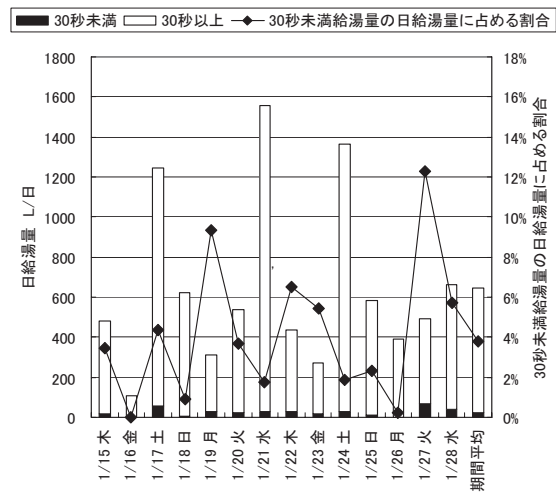


図 15 D邸 30 秒未満及び 30 秒以上給湯量と、30 秒未満の給湯量の日給湯量に占める割合

以上より、給湯の省エネルギー化を図るためには、このような効率の高い給湯機の普及を促進していくことが重要である。

また、日平均電力量は、C邸 0.177kWh/日、D邸が 0.239kWh/日であった。電力量を含まない効率は、C邸 77.0%、D邸 89.5%であり、電力量を含む効率との差はC邸 2.3%、D邸 2.5%であった。電力量が、電力を含む効率に与える影響は小さい。

③短時間給湯が日平均給湯機効率に及ぼす影響

前の報告³⁾では 30 秒以下の短時間給湯の行為数が全体の大部分を占め、かつ、給湯機効率が低いことが指摘されている。図 12 は、C邸の 2009 年 1 月 15 日から 28 日までの 14 日間の 30 秒未満及び 30 秒以上の給湯行為数と、30 秒未満の給湯行為数の日給湯行為数に占める割合を示したものである。なお、選定した期間は、D邸の測定が冬期間のみであったため、両住戸で通学や通勤が平常通り行われたとみられる冬期の期間を選定した。また、図には期間平均値も示している。30 秒未満の行為数は、最も多い日で日総行為数の 83% を占め、最も少ない日で 29% を、期間平均では 65% を占めている。

図 13 は、同じ期間のC邸の 30 秒未満及び 30 秒以上の給湯量と、30 秒未満の給湯量の日給湯行為数に占める割合を示したものである。

30 秒未満の給湯量が日給湯量に占める割合は、比較的に日給湯量の少ない 1 月 22 日で 20% となっているが、その他の日は、概ね、10% 以下と少なく、期間日平均では 7% と行為数に比べ小さな値となっている。

図 14、15 は、D邸について、C邸と同様に、30 秒未満及び 30 秒以上の給湯行為数と給湯量についてみたものである。D邸における 30 秒未満の行為数が日給湯行為数に占める割合は、期間平均で 55% となっており、30 秒未満の給湯量が日給湯量に占める割合は、期間平均で 4% となっている。30 秒未満の行為数割合、給湯量割合ともに、C邸より小さな値となっている。D邸では、シャワー等の比較的出湯時間の長い給湯が多かったため、短時間給湯の割合が小さくなったものと考えられる。

表 3 は、C邸とD邸について、30 秒未満の給湯行為による日給湯機効率（電力は含まない）の低下割合を算出したものである。30 秒以上の給湯行為における日給湯機効率は、C邸で 78.1%、D邸で 90.8% であり、30 秒未満の給湯行為による日給湯機効率は、C邸で 71.5%、D邸で 75.6% であった。日平均給湯機効率は、C邸で 77.8%、D邸で 90.4% となっており、30 秒以上の給湯行為の給湯機効率より若干低くなっている。30 秒以上の給湯機効率から日平均給湯機効率

への低下が、30秒未満の給湯機効率の影響と考えられることから、30秒以上の給湯機効率から日平均給湯機効率の低下割合を算出すると、C邸で0.4%、D邸で0.5%と小さく、30秒未満の給湯行為による日給湯効率の低下は僅かであった。

C邸、D邸では、北海道の一般的な住宅と同様に、暖房により室温が維持されており、冬期、給湯間隔が長い時間帯においても、給湯配管の残り湯の温度は20℃以上となっており、室内の給水配管内の温度も10℃以上となっている。特に、C邸は、給湯間隔が長く、かつ、単発で使用される短時間給湯の多くが、このような溜まり湯や室温で上昇した給水配管内の水で賄われている。

前らの報告⁹⁾では、ガス瞬間式給湯機の使用において、継続時間が短く流量の小さい行為の割合が高い住戸の給湯水栓使用時の効率低下が顕著であることを示しているが、ここでの調査結果からは、同じ傾向を把握することができなかった。調査件数が2件と少ないことや、石油熱源機との違いが考えられるが、今後、件数を増やすなど、さらに、調査研究を進める必要があると考える。しかしながら、30秒未満の給湯行為による灯油消費量は、C邸で期間の5%を占めており、これを削減することは、後述のケーススタディーによる検討(表6)における、年間の給湯量を5%削減するのとはほぼ同じ効果であることから、給湯の省エネルギーを図る上で、このような短時間給湯を削減することが重要であるといえる。

なお、上記の30秒未満及び30秒以上の行為数、日平均給湯量、日平均灯油消費量は、日毎の給湯継続時間別にそれぞれ集計したものを、30秒未満及び30秒以上で再集計して求めたものである。また、日平均給湯機効率は、給湯熱量と灯油消費熱量で算出したもので、電力量は含んでいない。電力量は、10Wh/パルスの計測であり、一定時間の累積値であるため、秒単位の給湯行為に反映させることが困難であったためである。しかし、前述のように電力量が効率に与える影響は小さい。

表3 30秒未満給湯行為による日平均効率低下割合の算出

モニター住宅と給湯機種類			C邸		D邸	
			従来型給湯専用()内は日総行為に対する割合)		潜熱回収型給湯専用()内は日総行為に対する割合)	
30秒未満行為	1) 日平均給湯量	L/日	27.9 (7.2%)	24.5 (3.4%)		
	2) 日平均給湯熱量	KWh/日	0.8 (4.3%)	0.7 (2.3%)		
	3) 日平均灯油消費熱量	KWh/日	1.1 (5.2%)	0.9 (2.7%)		
	4) 日平均給湯機効率	%	71.5	75.6		
30秒以上行為	5) 日平均給湯量	L/日	361.0	622.9		
	6) 日平均給湯熱量	KWh/日	15.7	29.1		
	7) 日平均灯油消費熱量	KWh/日	20.1	32.0		
	8) 日平均給湯機効率	%	78.1	90.8		
日総行為	9) 日平均給湯量	L/日	388.9	647.4		
	10) 日平均給湯熱量	KWh/日	16.5	29.8		
	11) 日平均灯油消費熱量	KWh/日	21.2	33.0		
	12) 日平均給湯機効率	%	77.8	90.4		
13) 30秒未満行為による日平均効率低下割合(=1- {12} ÷ 8))			%	0.4	0.5	

(4) 給湯灯油消費量の推計

モニター住宅における日給湯灯油消費量(K[L/日])は、日給湯量(W[L/日])、日平均出湯温度(Th[°C])、日平均給水温度(Tw[°C])に影響を受けると考えられるため、給湯専用機を使用しているC邸、D邸の実測値を用いて、これら3つの変数による給湯灯油消費量の回帰分析を行った。ただし、前述の通り、北海道の住宅では、一般に、冬期の凍結対策及び積雪への対処から、給湯機は、暖房空間である洗面所等に設置される。本調査のモニター住宅においても、全て給湯機は洗面所に設置されているため、ここでは、外気温度を説明変数として扱っていない。

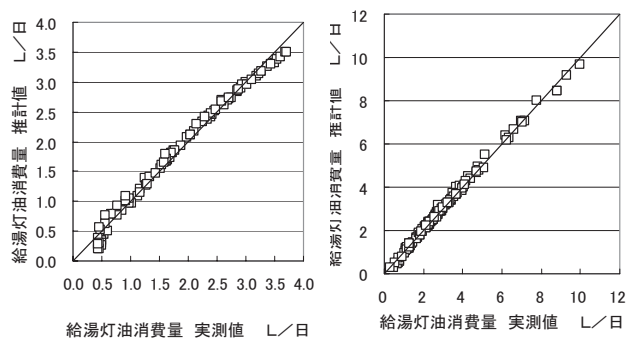
回帰式を(式1)に、分析結果を表4に示す。決定係数、係数のt値ともに有意となっており、推計精度は高いといえる。

$$K = a_0 + a_1 \cdot W + a_2 \cdot Th + a_3 \cdot Tw \quad (式1)$$

C邸とD邸の回帰分析で得られた近似式を用いて算出した、給湯灯油消費量の推計値と実測値の関係を図16に示す。C邸及びD邸ともに推計値と実測値は、ほぼ一致している。

表4 給湯灯油消費量回帰分析結果

モニター住宅と給湯機種別		従来型給湯専用(C邸)	潜熱回収給湯専用(D邸)
切片	a ₀ (t値)	-1.408 (-8.3)	-2.230 (-9.9)
給湯量(W)	a ₁ (t値)	0.0042 (45.1)	0.0052 (145.7)
日平均出湯温度(Th)	a ₂ (t値)	0.057 (11.7)	0.050 (10.0)
日平均給水温度(Tw)	a ₃ (t値)	-0.068 (-23.7)	-0.024 (-2.4)
決定係数 R ²		0.989	0.996
自由度調整済み決定係数 R ²		0.988	0.996
サンプル数 n		90	120



(1) 従来型給湯専用(C邸) (2) 潜熱回収型給湯専用(D邸)
図16 給湯灯油消費量 実測値と推計値

2.5 給湯の省エネルギー方法と効果の試算

給湯のエネルギー消費に係る前述の3つの要因のなかで、給水温度は人為的に操作することが困難であり、人為的に操作が可能な省エネルギー方法は、給湯量を少なくするか、出湯温度を低くするか2つである。

ここでは、省エネルギー行動(給湯量の削減、出湯温度の低下)とそれによる省エネルギー効果を把握するために、C邸の日平均給湯量(図4)と日平均給水・出湯温度差、2.4(4)で求めた従来型給湯専用機(C邸)と潜熱回収型給湯専用機(D邸)の給湯灯油消費量推計式を用いて、ケーススタディーによる試算を行った。試算に

用いた日給湯量と日平均給水・出湯温度差等を表5に示す。また、給水温度は、C邸の実測結果の各月15日の最低給水温度を用いた。設定した給水温度を図17に示す。

ケーススタディーは、現状の使用状況を基本とした①現状ケース、②日平均出湯温度を2.0℃下げたケース、③日給湯量を5%削減したケースの3ケースについて行った。結果を表6に示す。

日平均出湯温度を2.0℃下げた場合の省エネルギー効果は、現状ケースに対し従来型、潜熱回収型ともに5.9%となった。

日平均給湯量を5%削減した場合の効果は、従来型で4.3%、潜熱回収型で6.0%となった。潜熱回収型は、同じ給湯量を削減した場合、従来型より大きな省エネルギー効果を得ることができる。

近年の石油瞬間式給湯機は、リモコン等で設定した出湯温度が安定して供給されるようになっており、ミキシングの必要がなくなってきた。出湯温度を高く設定すると、低くした場合より、配管や給湯機内保有水などの残り湯による熱損失が大きくなるため、出湯温度をなるべく低く設定することが給湯の省エネルギーに有効である。

以前の石油瞬間式給湯機の最低出湯温度は38℃であったが、最近のものは32℃まで下げられている。風呂での使用など、用途によっては必要などでは温度を確保し、温度が低くても用の足るところでは出来るだけ温度を低くすることによって、省エネルギーが図れる。

給湯量を減らすことは、居住者のかなりの努力を必要とするが、出湯温度を低下させることは、給湯機の設定を変えることによって比較的容易に実施することができ、従来型、潜熱回収型ともに、省エネルギー効果が期待できる。

表5 省エネルギー効果試算条件（C邸実績値）

日平均給湯量	[L/日]	399
日平均出湯温度	[°C]	42.8
日平均給水・出湯温度差	[°C]	31.7

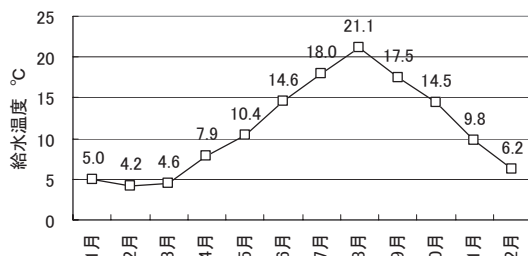


図17 試算に用いた給水温度（C邸の実測値の各月15日の最低給水温度）

表6 ケーススタディーによる給湯専用機の省エネルギー効果の試算

項目		従来型	潜熱回収型
①現状ケース	1) 灯油量 [L/年]	705.7	622.4
	2) 灯油量 [L/年]	664.0	585.7
②日平均出湯温度2.0℃下げたケース	3) 削減量 [L/年]	-41.7	-36.7
	4) 削減割合:(3)÷1) [%]	-5.9	-5.9
③日平均給湯量を5%削減したケース	5) 灯油量 [L/年]	675.5	584.8
	6) 削減量 [L/年]	-30.2	-37.5
	7) 削減割合:(6)÷1) [%]	-4.3	-6.0

3. まとめ

本調査では、北海道に普及している従来型石油給湯機2台及び近年開発販売された省エネルギー性の高い潜熱回収型石油給湯機2台、計4台の詳細なモニター調査を行い、以下の結果が得られた。

(1) 実測住宅の日給湯量

実測一人当たり日平均給湯量は、A邸155L/(人・日)、B邸120L/(人・日)、C邸100L/(人・日)、D邸83L/(人・日)であった。40℃換算の一人当たり日給湯量でみると、A邸は151L/(人・日)、B邸、C邸、D邸は100～110L/(人・日)とほぼ等しい給湯量となっている。また、年間給湯灯油消費量は、最も少ないモニターで381L/年、最も多いところで1,157L/年であった。

(2) 給湯機効率

従来型追焚付石油給湯機の給湯使用時のみの給湯機効率は60～70%程度で、省エネルギー機器として販売されている潜熱回収型給湯機は70～85%の効率となっており、従来型機器より10%以上の効率向上がみられた。風呂追焚は、潜熱回収回路を経由しないため、従来型と潜熱回収型の効率はほぼ同じであった。

給湯専用機においても、潜熱回収型の方が従来型より効率が12%高くなっていた。

したがって、給湯の省エネルギーを図るためには、一層の給湯量の削減は当然として、このような効率の高い給湯機を採用することも重要である。

(3) 短時間給湯が日平均給湯機効率に及ぼす影響

日給湯行為数に対する30秒未満の給湯行為数は、全体の6割程度を占めるが、30秒未満の給湯量は日給湯量の4～7%と少なく、日平均給湯機効率の低下に及ぼす影響は0.5%程度と小さい結果となった。これは、既存調査⁹⁾と異なる結果であり、調査件数を増やすなど、継続した調査研究を行う必要があると考える。しかし、30秒未満の給湯行為による灯油消費量は、C邸で期間の5%を占めており、これを削減することは、年間の給湯量を5%削減するのと同様効果であることから、このような短時間給湯を削減することが給湯の省エネルギーに重要である。

(4) 給湯灯油消費量の推計

モニター住宅における給湯灯油消費量は、給湯量、出湯温度、給水温度に影響を受けると考えられるため、給湯専用機の実測データを用いて、これら3つの変数の回帰分析を行った結果、決定係数、係数のt値ともに有意となり、精度の高い推計式を得ることができた。

(5) 給湯の省エネルギー方法と効果

推計式を用いて、日平均出湯温度を2.0℃下げた場合と、日給湯量を5%削減した場合の年間給湯灯油消費量を試算した。その結果、日平均出湯温度を低下させた場合は、従来型と潜熱回収型は同じ省エネルギー効果となったが、日平均給湯量を削減した場合は、潜熱回収型の方が従来型より大きな省エネルギー効果となった。

給湯機の出湯温度を低くすることは、配管や給湯機内部の保有水などの残り湯による熱損失が少なくなるため省エネルギーに有効である。

以前の石油瞬間式給湯機は、最低出湯温度が38℃であったが、最近のものは32℃まで下げられており、風呂での使用など、用途によって必要などでは温度を確保し、温度が低くても用の足るところ

ろでは出来るだけ出湯温度を低くすることによって、省エネルギーが期待できる。

謝辞

本調査は、(株)石油産業技術研究所の委託調査事業によって実施したものです。北海道の家庭における給湯の実態把握を行い、北海道民の生活に欠かせない重要なエネルギーである、灯油の省エネルギーの方向性を把握するための貴重な機会を与えて頂きました。ここに記して謝意を表します。

また、モニター調査においてお世話になりました関係各位に感謝の意を表します。

注

注1) 今回のモニター調査では、D邸を除く3邸が床置き型給湯機であり、流量計の設置工事など大変な作業を伴うものであったため、水温測定は配管表面に圧着したシート状熱電対を使用した。ここでは、図 a-1 に示す、水とお湯を瞬時に切り替えられる装置を作成し、シート状熱電対の応答性を検討した。比較した温度センサーは、①配管内挿入熱電対、②配管表面熱電対、③配管表面圧着シート状熱電対、④挿入型測温抵抗体(保護管径3mm)の4種類である。

各センサーによる温度変動を図 a-2 に示す。

配管挿入熱電対に対する配管表面圧着シート状熱電対の測定値は、0~10秒平均で66%、10~20秒で82%、20~30秒で91%となった。

配管表面圧着シート状熱電対による測定では、測定温度が低く出るため、本調査の短時間給湯の効率は実際より低くなっていると考えられるが、短時間給湯が日平均給湯機効率に及ぼす影響が小さいという結果は変わらない。

参考文献

- 1) (社)北海道消費者協会, 石油連盟北海道石油システムセンター:平成 19年度北海道家庭用エネルギー消費実態調査(2007 エコファミリー省エネアンケート) 報告書, 2008.3
- 2) (社)日本ガス石油機器工業会:運転モードによるガス石油給湯機のエネルギー消費効率測定方法の標準化調査研究 平成 17 年度成果報告書, 2006.3
- 3) 前真之:電気・ガス・灯油を熱源とする給湯機, IBEC2009.3月号, No.171 Vol.29-6, pp.8-15, 2009.3
- 4) 村川三郎, 北山広樹, 鍋島美奈子, 高田宏, 濱田靖弘, 山本直樹, 清水康成, 永廣健太郎:実使用を考慮した貯湯式給湯機の性能評価に関する研究-冬期給湯モードによる CO2 ヒートポンプ給湯機の評価-, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, {2007.9.12~14(仙台)}, pp.1661-1664
- 5) 坂本雄三:住宅における外皮と設備の総合的省エネルギー基準の動向について, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 {2007.9.12~14(仙台)}, pp.553-556
- 6) (財)建築環境・省エネルギー機構:自立循環型住宅への設計ガイドライン, 2006.12
- 7) 前真之, 澤地孝男, 堀祐治, 桑沢保夫, 細井昭憲, 秋元孝幸, 宇梶正明:自立循環型住宅システムに関する実証的研究(第九報)冬期における給湯機器の効率実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), pp.165-166, 2004.8
- 8) 王祥武, 前真之, 岩本静男, 鎌田元康:住宅用給湯システムの熱効率および熱損失の検討 住宅用給湯システムの効率評価方法に関する研究 第1報, 日本建築学会環境系論文集, No.580, pp.61-68, 2004.6
- 9) 前真之, 秋元孝之, 桑沢保夫, 住吉大輔:新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する調査・研究(第1報)潜熱回収型ガス給湯機の効率実測, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 {2009.9.15~17(熊本)}, pp.1563-1566

(2009年7月9日原稿受理, 2010年1月29日採用決定)

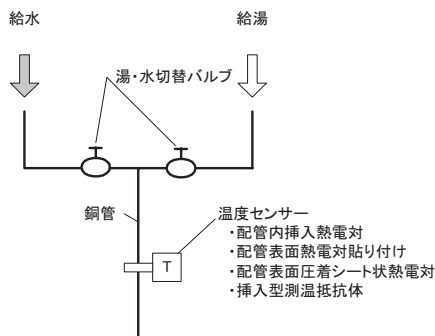


図 a-1 水温センサー精度検討用実験装置フロー

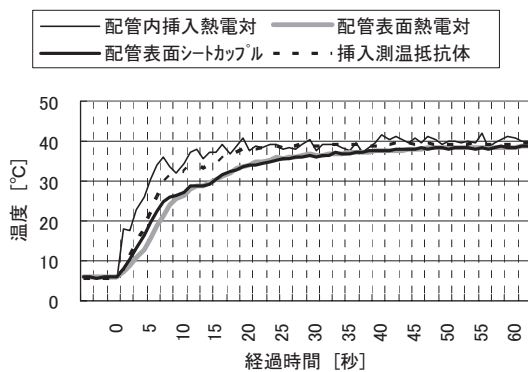


図 a-2 給湯切替時温度変動