

平成22年 5月31日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19560593
 研究課題名（和文） ヒートポンプ省エネルギー技術の寒冷地への導入効果に関する研究
 研究課題名（英文） Energy Conservation Performance of CO2 Heat Pump in Cold Climate
 研究代表者
 堀 祐治（HORI YUJI）
 富山大学・芸術文化学部・准教授
 研究者番号：70432119

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、寒冷地の気象条件が住宅用ヒートポンプ設備のエネルギー消費効率に与える影響について実証試験を行った。

実験の結果、低温多湿時の除霜によるエネルギー損失は5～10%程度生じており、特に外気温 -5°C ～ $+5^{\circ}\text{C}$ の範囲かつ高湿度状態で著しいことが明らかとなった。この結果から、各地の気候における上記条件の出現頻度から、ヒートポンプ効率の低下を予測することを可能とした。

研究成果の概要（英文）：In this research, the proof examination of the influence that the climate in the cold district gave to the energy consumption efficiency of the heat pump equipment was done. As a result of the experiment, the energy loss by defrosting at the low temperature humidity was about 5-10%. Moreover, the loss remarkable within the range of outside temperature -5°C · $+5^{\circ}\text{C}$ and high humidity became clear. Forecasting the decrease in the heat pump efficiency as a result according to the appearance frequency of the above-mentioned condition in climates of various places became possible.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：環境設計，省エネルギー，ヒートポンプ，寒冷地，降雪地，除霜

1. 研究開始当初の背景

自然冷媒を用いたヒートポンプ給湯機は、その省エネルギー性能に大きく期待がかけられているが、使用時の外界条件、運用方法によってエネルギー効率は大きく異なる。特

に寒冷地における効率の低下、除霜運転や凍結防止によるエネルギー消費量の増加は明らかになっていない。今後の住宅におけるエネルギー消費削減に向け、またより省エネルギーな給湯方式の選択のためには、ヒートポ

ンプ給湯機の寒冷地における消費性能の把握が必要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、寒冷かつ高湿度な冬期の特徴を持つ北陸地域において、ヒートポンプ給湯機を実際に運用し、気候、運用の諸条件が、凍結防止、除霜運転、ヒートポンプ効率に与える影響について検討するものである。

3. 研究の方法

本研究では、低温高湿度時のヒートポンプの運転効率を測定するため、寒冷地における実証実験を実施した。

実証実験は、富山県南砺市の岐阜県との県境（建築省エネルギー区分Ⅱ地域とⅢ地域が接する地）の実住宅で行った。表1に給湯機の諸元および計測の概要を示す。実験住宅では、3世代6人が生活している。給湯機は湯の供給のみに使用され、暖房、浴槽保温への使用は行われていない。計測は、電力消費量、外気温湿度、給湯給水流量、温度、ヒートポンプ効率などを、データロガーを用い1分間隔で計測した。温度の測定にはT型熱電対を用い、給水、給湯、ヒートポンプへの循環湯温は、シース管にて接続して計測を行った。

表1 実験条件、実験・計測装置概要

CO2ヒートポンプ給湯システム	
貯湯容量	460L
電源	単相交流200V
定格消費電力(ヒートポンプユニット)	1.240kW
沸上げ温度	約65°C~90°C
年間給湯効率	3.0(運転モード:節約)

ヒートポンプユニット		
加熱能力	中間期	6.0kW
	夏期	6.0kW
	冬期高温	6.0kW
消費電力	中間期	1.240kW
	夏期	1.160kW
	冬期高温	1.770kW
COP	中間期	4.8

*社団法人日本冷凍空調工業会標準規格JRA4050の中間期加熱条件、夏期加熱条件、冬期高温加熱条件での消費電力

表2 計測概要

試験室	: 富山県 南砺市 3世代6人家族
電力	: クランプ電力計,50A レンジ測定 (電力計精度[±0.3% rdg, ±0.2% f.s.]+[±0.5% rdg, ±0.2%])
流量	: 接線流羽根車方式, (精度 ±2%RS)
温度	: JIS T型 熱電対 (水温はシース管にて測定), 測定精度±0.05% × 400°C ± 1°C
湿度	: 測定精度 ±6~10 % rh
測定間隔	: 1分

4. 研究成果

表3に、実験期間中の給湯量、給水温度、給湯温度、消費電力量の日平均値を示す。一日の給湯量(給湯機から使用された湯量)は427.4L/日、実験期間における平均給湯熱量は76.4MJ/日であった。また実験期間中の平均外気温、相対湿度は3.3°C-89.3%、内ヒートポンプ運転時の平均外気温、相対湿度は

1.0°C、94.5%であった。

表3 実験期間中(01/01~04/10)の日平均消費量

給湯量[L]	給水温度[°C]	給湯温度[°C]	給湯熱量[MJ]	消費電力量[kWh]
427.39	6.37	45.78	76.38	15.03

表4に、凍結防止、および除霜運転の運転時間、エネルギー消費の割合を示す。実験期間中、凍結防止のための運転が、貯湯槽の湯をヒートポンプに循環させて行われており、全体の17%と頻繁に動作していた。凍結防止に費やされたエネルギー量は、貯湯槽の温度低下分は参入していないが、電力消費量の0.2%程度であった。次に除霜運転への消費では、実験期間中の2.6%、ヒートポンプ運転中の約10%が除霜に当てられており、消費電力では、全電力消費量の6%程度を占めていた。

表4 凍結防止および除霜運転時のエネルギー消費

	待機時	出湯	凍結防止	HP稼働時	除霜時	合計
稼働分数(分)	65,969	10,817	24,528	38,949	3,737	144,000
稼働割合(%)	45.8%	7.5%	17.0%	27.0%	2.6%	100.0%
消費電力量(wh)	8,177	1,655	3,739	1,399,807	90,078	1,503,456
消費割合(%)	0.5%	0.1%	0.2%	93.1%	6.0%	100.0%

図1は、実験期間中の外気温湿度を月ごと、除霜運転発生時に分けて示している。実験期間中は約70%が相対湿度90%を超える環境であり、特に夜間のヒートポンプ稼働時にあつては約85%で相対湿度90%を超えていた。除霜運転に関しては、外気温度-2°C~3°C、湿度90%以上の条件がほとんどであった。

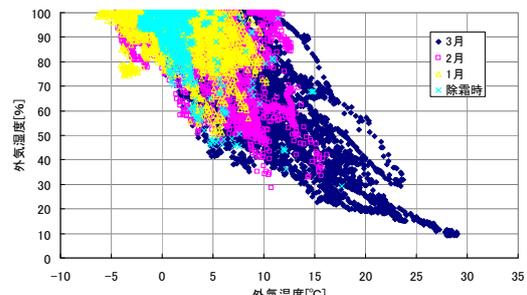


図1 実験時の外気温湿度

図2に実験期間中、最も除霜運転の消費の割合が大きかった日('09/02/25~26)の、電力消費量および各部温度変化を示す。除霜運転時の電力消費は1.5kW程度であり約50分間隔で、7分程度の除霜が行われていた。この運転により、除霜が行われる前-10°C程度まで低下していたヒートポンプのフィンの温度は、5°C程度まで上昇し、加熱運転に切り替わる。ヒートポンプのエネルギー効率は、運転の経過によって変化するが、約2.0~3.0であり、除霜運転開始前でもあまり低

下はしておらず、効率が低下する前に除霜によって効率を維持している。

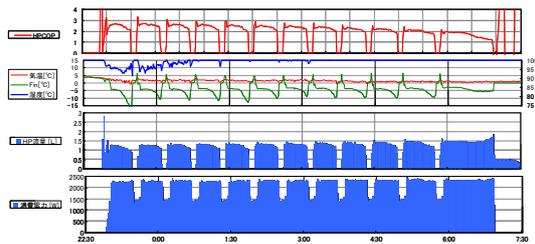


図2 除霜運転時のエネルギー消費と各部温度変化

図3にヒートポンプ稼働時の平均外気温と、除霜に費やされるエネルギーの割合の関係を示す。除霜運転は平均外気温が10℃程度から発生し、温度が低くなるに従って割合が大きくなっていくが、0℃以下では温度の低下によって若干割合が低くなる傾向にあり、除霜に費やされるエネルギーの割合は0~2℃程度で顕著であった。また外気湿度では、高湿度の場合、除霜に消費される割合が大きくなっていく。

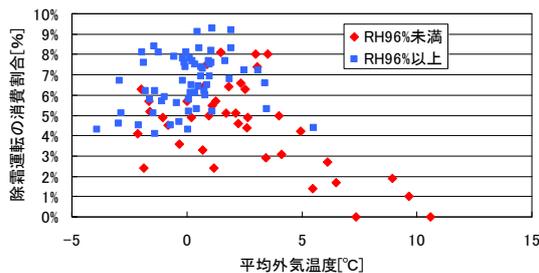


図3 外気温と除霜運転への消費割合

図4に、除霜の割合とヒートポンプの効率の関係を示す。除霜運転に消費されるエネルギーの割合が増加するに伴い、ヒートポンプの効率が低下する傾向にあるが、その傾向は除霜への消費の割合が5%程度までで、それ以降は割合が増加してもエネルギー効率に低下はみられなかった。

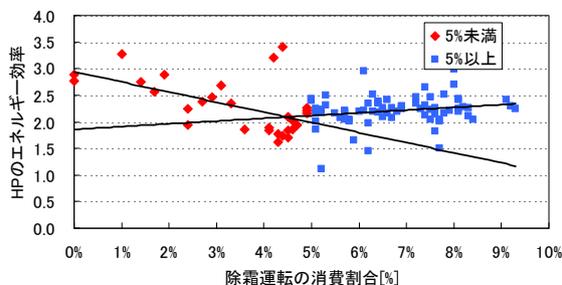


図4 除霜運転の消費比率とヒートポンプエネルギー効率

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計3件)

①堀祐治, 桑沢保夫:「高効率機器への代替によるエネルギー消費量削減効果に関する研究」, 日本建築学会, 大会梗概集, 2010年, 掲載予定

②堀祐治, 桑沢保夫:「寒冷地における自然冷媒ヒートポンプの省エネルギー性能に関する研究」, 日本建築学会, 大会梗概集, 2009年, D-1分冊, p. 609-610

③Yuji Hori: Energy Efficiency of Heat Pump Water Heater in Cold Climates, 5th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, 2008

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀 祐治 (HORI YUJI)

富山大学・芸術文化学部・准教授

研究者番号: 70432119

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

桑沢 保夫 (KUWASAWA YASUO)

独立行政法人建築研究所・上席研究員

研究者番号: 30251341