

補助事業番号 2019M-179
補助事業名 2019年度 浅層地中熱を利用する家庭用及び産業用直接膨張方式地中熱
ヒートポンプの空調給湯性能実証試験補助事業
補助事業者名 山梨大学大学院・教授・武田哲明

1 研究の概要

地中熱ヒートポンプは、夏は気温より低く、冬は気温より高い地中温度を利用することから、空気熱ヒートポンプよりも省エネ性に優れている。直接膨張方式地中熱ヒートポンプは、冷媒を直接地中で循環させることにより熱交換効率を向上させ、ボアホール深さを短縮することで設置コストを低減することが可能であり、従来型の間接方式よりも省エネ性、経済性に優れている。しかしながら、一部の施設に試験的に導入されてはいるものの、長期連続運転時の熱交換性能、地盤環境への影響、掘削コストの低減など、実用化に向けて明らかにすべき課題がある。

2 研究の目的と背景

直接膨張方式地中熱ヒートポンプの実用化に向けて残された課題は、水/冷媒熱交換器の高性能化によるシステム全体の性能向上、単位深さ当たりの採放熱量が増大することに伴う高負荷連続運転時の対応、採放熱量の増大に伴う浅層地中熱利用の限界条件等の把握、である。そこで、実用化への基準システムとなる3並列ボアホールを用いた場合、水平型地中熱交換器を用いた場合の冷暖房給湯性能、地盤への環境影響、等を明らかにして、且つ経済的には5年以下で初期投資コストの回収が可能な省エネシステムを構築することが目的である。

3 研究内容 (URL: <http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/takeda/research3.html>)

図1、2は前年度までに製作・設置、実験を行った3 - 1型地中熱交換器、直接膨張方式ヒートポンプと地中熱交換器である。図3は7時間運転における直径150mmの採熱管表面温度と水温との温度差、COPの変化である。図4は1週間の連続運転での採熱管表面温度とCOPの変化を示している。暖房が連続して行われている時の平均COPは5.9となった。10mの住宅用鋼管杭を用いて地中熱交換器を挿入する方法を用いた場合の冷暖房空調性能を求めた。図5は冷房運転を8時間実施した際のCOP、取得熱量、消費電力の時間変化を示している。図から運転開始1時間程度は取得熱量や消費電力が高くなるが、その後運転は安定し、運手安定後の平均COPは4.7、平均取得熱量は2.79kW、平均消費電力は0.59kWとなり、運転終了時ではそれぞれの値が4.4、2.76kW、0.62kWと推移した。この結果から、運転期間中、取得熱量は約2.8kWと安定して取得することができており、また、消費電力の増加もほとんどみられないことから、今回使用した10m×12本の地中熱交換器で十分安定した運転が可能であると考えられる。図6は水循環による水冷方式を併用した場合のCOPへの影響を示す。図に示すように、1分間3リットルでボアホール内に注水を行い、上部から溢水として排出するような構造となっている。この溢水は、排出時に1°Cの上昇で約1.26kWの熱量補助となっており、ボアホール内水温の定常状態時には全体出力の約4%に相当する。注水ポンプ稼働中には、ヒートポンプ動力とは別に注水ポンプ動力が加算されるため、SCOPが低下する。そのため、期間中の平均出力と消費電力から低下率を計算すると、冷房時には5.6%、暖房時には7.3%の性能低下が確認できた。

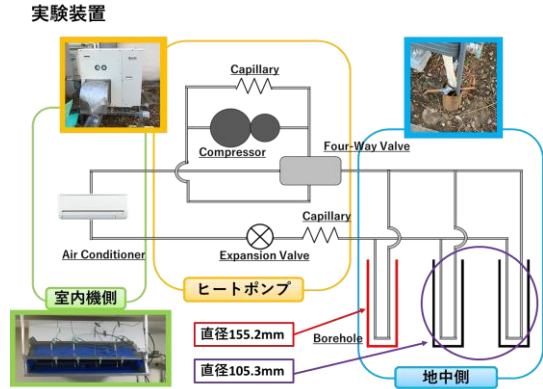
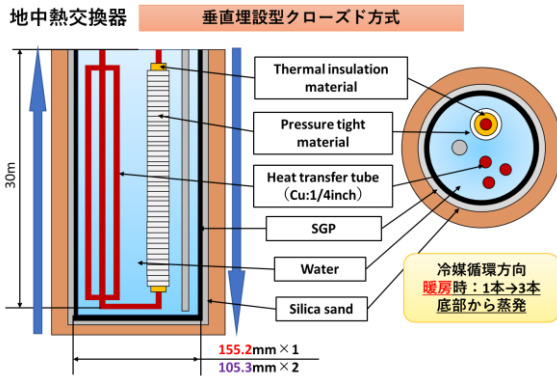
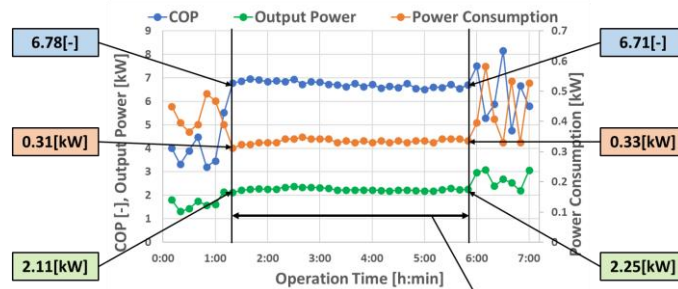


図1 地中熱交換器

図2 直接膨張方式地中熱ヒートポンプ

実験結果 (7時間暖房運転の性能評価)

平均COP	平均取得熱量	平均消費電力	運転時間中の総消費電力
6.19 [-]	2.23[kW]	0.37 [kW]	15.4[kW]

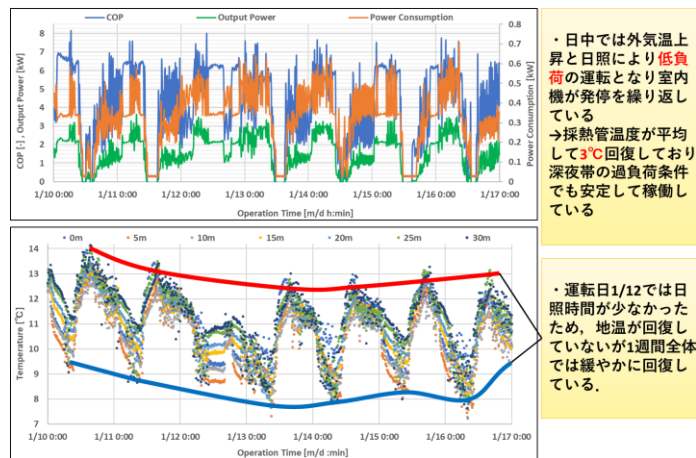


・ 定常状態の終了時点のCOPは定常状態の開始時点に比べて98.9%となった
→性能低下は見られない

定常状態 (AM1:20~AM5:50)

図3 採熱管表面温度と水温との温度差, COPの変化

実験結果 (1週間の連続暖房運転)



・ 日中では外気温上昇と日照により低負荷の運転となり室内機が発停を繰り返している
→採熱管温度が平均して3°C回復しており、深夜帯の過負荷条件でも安定して稼働している

・ 運転日1/12では日照時間が少なかったため、地温が回復していないが1週間全体では緩やかに回復している。

図4 採熱管表面温度とCOPの変化

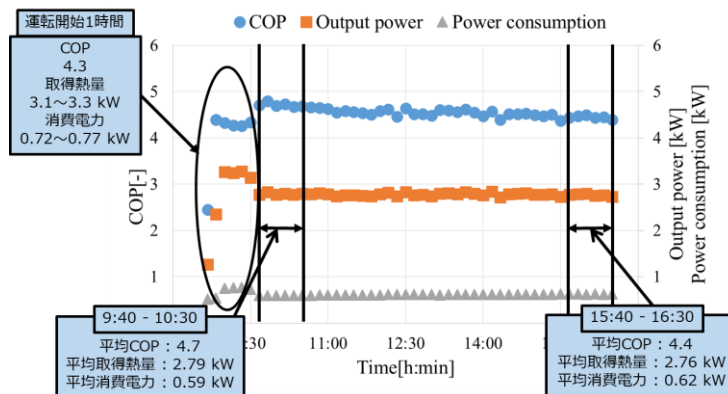


図5 冷房間欠運転結果の一例

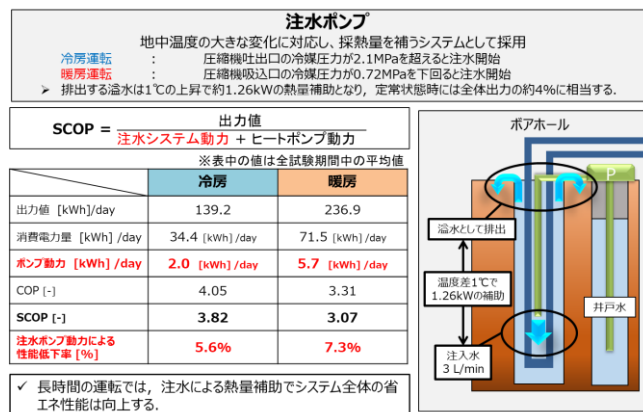


図6 水循環注水システムの効果

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

空気熱ヒートポンプは高音環境での冷房、低温環境での暖房時には性能が低下することから、気温に影響されない地中熱ヒートポンプは省エネ性能に優れている。しかしながら、従来型の間接方式では、約100m深さが基準となる採放熱用ボアホールの掘削やヒートポンプ本体、配管引き回し等の高い設置コストが問題となる。そこで、20mより浅い直接膨張方式地中熱ヒートポンプの開発実証により、設置・運転コストを低減できれば、特に出力の小さい家庭用の空調給湯設備のみならず、温浴施設等の給湯設備、農業用ハウスの空調設備等にも需要がある。浅層の地中熱を効果的に利用できる直接膨張方式地中熱ヒートポンプが実用化されれば、特に設備コストの削減、及び従来のエアコンに勝る優れた省エネ性能により、住宅用のみならず産業用としても、空気熱ヒートポンプやガス給湯機の代替機として、農業利用では、ハウス空調への適用、温浴施設では、ボイラによる加温システムの補助あるいは代替機として導入される可能性が高く、省エネシステムの構築はもちろん、脱化石燃料、二酸化炭素の排出削減により、エネルギーコスト削減が図れるシステムの開発に繋がることが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

現在、政府からの補助金等が認められている地中熱ヒートポンプは、ヒートポンプの室外機において代替フロン冷媒の熱を一旦、水や不凍液と熱交換させて、その熱を地中と採放熱させる間

接方式に限られている。したがって、冷媒を直接地中に導入して採放熱させる直接膨張方式は、優れた省エネ性能、設備コストの削減が期待されているが、補助金の対象として認められていない。そこで、実用化への取り組みとして、本研究開発を位置づけている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 日本機械学会熱工学コンファレンス2019講演論文集17F18、2019.10.12-13
- 日本機械学会関東支部山梨講演会2019講演論文集76、2019.10.19
- 日本機械学会関東支部第26期総会・講演会講演論文集17F18、2020.3.16-17
- 2020年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集A343、2020.9.11
- 2020年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集A344、2020.9.11
- 日本機械学会2020年度年次大会講演論文集、J05304、2020.9.13-16
- 日本機械学会山梨講演会2020年度講演論文集E32、2020.11.22
- 直接膨張方式地中熱ヒートポンプの性能評価ー3分岐型地中熱交換器を用いた場合ー、冷凍空調学会論文集2020年、Vol.37、No.3

7 補助事業に係る成果物

補助事業以外で当事業において作成したもの

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 山梨大学大学院総合研究部 (ヤマナシダイガク ソウゴウケンキュウブ)
住 所: 〒400-8511
山梨県甲府市武田四丁目3-11
担 当 者: 教授 武田哲明 (タケダテツアキ)
担 当 部 署: 工学域機械工学系 (コウガクイキ キカイコウガクケイ)
E - m a i l: ttakeda@yamanashi.ac.jp
U R L: <http://www.yamanashi.ac.jp/>