

補助事業番号 2021M-221

補助事業名 2021年度浅層地中熱利用型直接膨張方式地中熱ヒートポンプのコストダウン技術実証試験補助事業

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

本事業では、直接膨張方式地中熱ヒートポンプに対して3本のボアホールを用いて、複数の地中熱交換器を並列に接続し、連続冷暖房運転を行い、性能を調べた。また、連続運転時のボアホール内温度、熱交換器内の冷媒温度、圧力、流量を計測することにより、地中熱交換器からの採放熱による地盤温度変化を求め、夏季、冬季期間中の地盤温度に与える影響を調べた。さらに、給湯専用熱交換器を用いて夏季、冬季期間中の給湯性能を明らかにした。次に、住宅用鋼管杭を用いて地中熱交換器を挿入する方法、及び冷媒が流れる銅配管を水平に設置した地中熱交換器を用いた場合の冷暖房空調・給湯性能を求めた。また、既存の井戸等を利用した水冷方式の併用により、高負荷連続運転時において、地中からの採放熱量に加え、水循環による水冷方式を併用した場合の採放熱量を調べた。

2 研究の目的と背景

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、ボアホール深さの短縮や鋼管杭、水平型地中熱交換器利用により、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。そこで、更なるコストダウン技術の開発として、長期連続高負荷運転時の性能と地盤環境への影響、設計ツールの開発など、実用化に向けた課題がある。

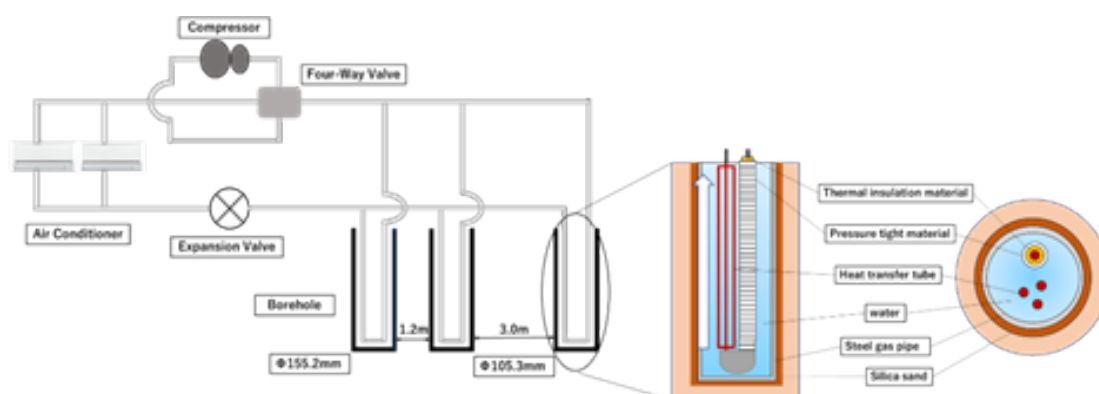
本事業によりこれまでに開発した地表から20m以内の浅層地中熱利用型の直接膨張方式ヒートポンプを改造し、特に長期間、高負荷で運転した場合の冷暖房空調・給湯性能を調べて、従来の間接方式地中熱ヒートポンプや空気熱ヒートポンプより優れた性能を実証することで、戸建てや集合住宅での空調・給湯設備を始め、温泉施設などの給湯設備、農業ハウスの暖房設備などに導入することができる。これにより、設備やランニングコストを低減し、一次エネルギー使用量及び二酸化炭素排出量の更なる削減が可能である省エネルギー機器の実用化を目指す。

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、地中熱交換器の施工設置に係るコストダウン、地中熱交換器の高性能化によるシステム全体の性能向上、長期連続運転、高負荷運転時の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、地中熱交換器の最適設計解析ツールの開発である。そこで、これまでに開発した浅層型地中熱ヒートポンプの改良と長期間の高負荷運転時の空調給湯性能、地盤環境への影響の把握、設計解析ツールの開発とそれに必要な浅層部地中熱利用ポテンシャルマップを併せて整備することが目的である。

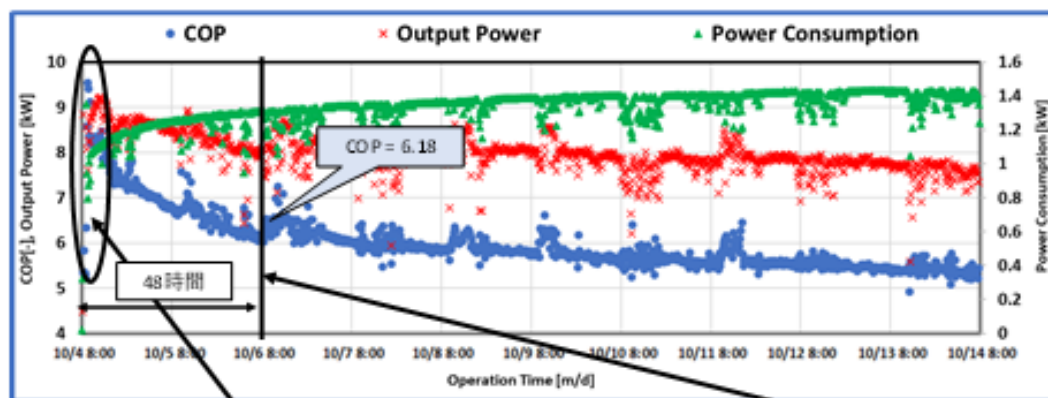
3 研究内容

初年度は(1)3本のボアホールを用いて、これまでに開発した複数の地中熱交換器を並列に接続し、浅層地中熱利用型直接膨張方式地中熱ヒートポンプを用いて高負荷連続運転を行い、運転性能を調べた。さらに、(2)冷媒配管内の冷媒流動解析コード作成し、解析を行うとともに実験値と比較した。さらに、(3)山梨県における浅層部地中熱ポテンシャルマップを作成し、引き続き埼玉県における浅層部地中熱ポテンシャルマップを作製した。最後に(4)水循環補助水冷設備の実証実験を行い、浅層部に地中熱交換器を埋設する際に採放熱負荷が増大しても、水冷方式を付与した場合の空調性能を調べた。

(1)高負荷連続運転性能



設定温度27°C，240時間の冷房運転（実験開始～48時間）



実験開始から1時間の平均

COP	出力	消費電力
8.78	8.3 kW	0.95 kW

実験開始から48時間経過

COP	出力	消費電力
6.18	8.1 kW	1.31 kW

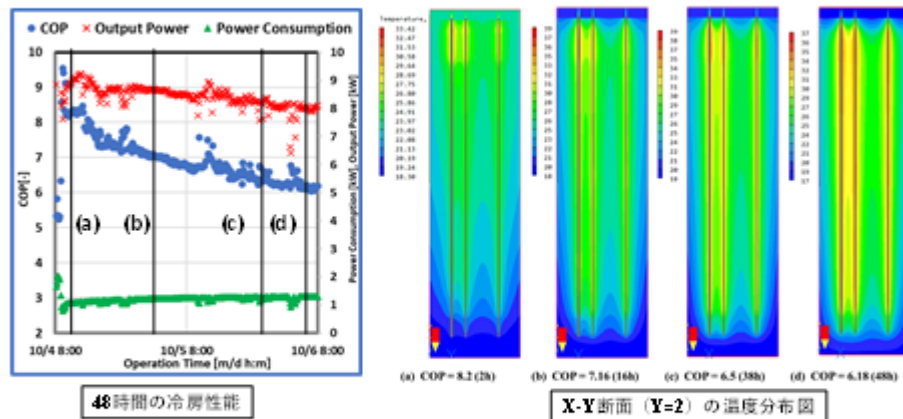
- ✓ 実験開始48時間で顕著に省エネ性が低下した
- ✓ 実験開始から1時間の平均COPは8.78，平均出力は8.3kW，平均消費電力は0.95kW
- ✓ 実験開始から48時間ではCOPが6.18，出力8.1kW，消費電力1.31kW

⇒ 出力が3%低下，消費電力が38%増加より
実験開始48時間では消費電力増加に起因して省エネ性が低下

(2) 冷媒配管内の冷媒流動解析

解析結果の一例（冷房運転時）

✓ 設定温度27℃の高負荷運転において実験開始から48時間の土壌温度を推定した

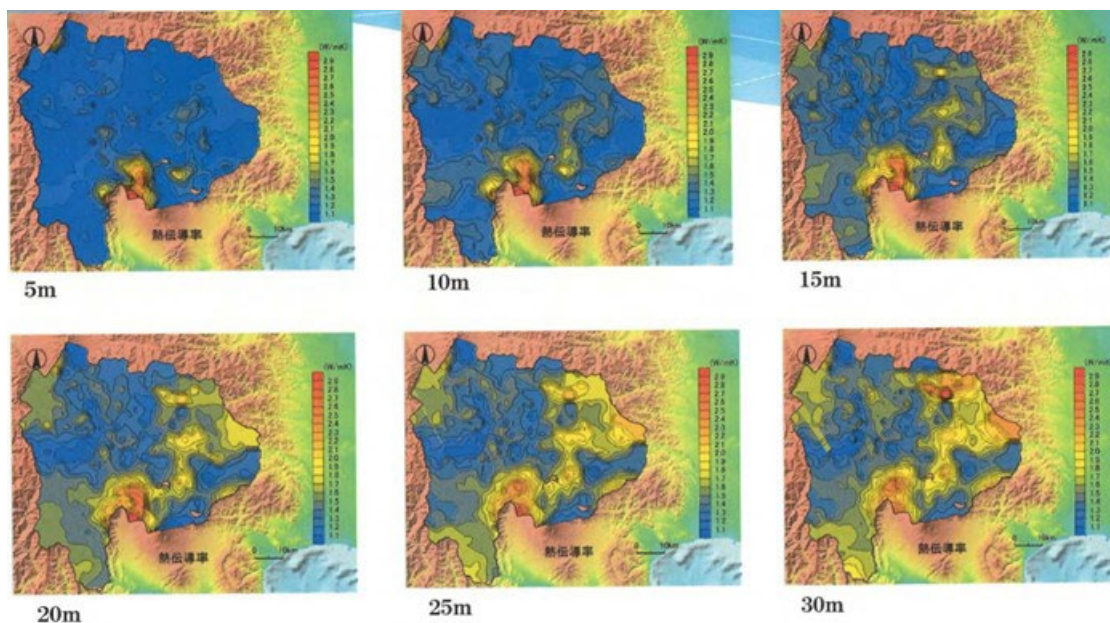


✓ 浅層から土壌温度が上昇する（放熱が上部から始まるため）

✓ 徐々に中層、底層でも温度が上昇（凝縮領域の拡大）

✓ ボアホール周りの温度が全体的に上昇（放熱量の減少）

(3) 山梨県における浅層部地中熱ポテンシャルマップ



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温環境での冷房、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。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2021講演論文集(2021. 10. 9-10, 佐賀大学)I135

第26回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集(2022.7. 13-14, 佐賀)E234

第26回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集(2022.7. 13-14, 佐賀)B233

2022年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集(2022.9. 7-9, 岡山)C122

2022年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集(2022.9. 7-9, 岡山)C124

2022年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集(2022.9. 7-9, 岡山)C123

日本機械学会熱工学コンファレンス2022講演論文集(2022. 10. 8-9, 東京大学)D233

日本機械学会熱工学コンファレンス2022講演論文集(2022. 10. 8-9, 東京大学)D234

日本機械学会2022年度関東支部講習会(2022. 12. 2, Online)

山梨講演会2022講演論文集(2022. 10. 29, オンライン)B41

7 補助事業に係る成果物

特になし。

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: 武田研究室

E - m a i l: ttakeda@yamanashi.ac.jp

U R L: <http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/takeda/index.html>