

冷暖房性能実験について

地下水利用 空調システム 熱源システム
 冷暖房実験 システム性能

正会員 南 有鎮*¹ 同 大岡 龍三*²
 同 柴 芳郎*³ 同 奥村 建夫*⁴

1. はじめに

年間を通しほぼ一定した温度の地下水を熱源とする地下水利用空調システムは、自然エネルギー有効利用の省エネ技術として注目を浴びている。しかし、都心部では井戸設置や揚水行為に対する厳しい規制の普及が進んでいない。また既存井戸であっても揚水可能量の制限により、地下水のみの熱源では通常の大規模建築の空調を全て賅うことは困難であるため、地中熱源と空気熱源を併用する技術に対し業界のニーズが高まっている。さらに、中間期の外気温度条件によっては、従来の空気熱源方式が地下水熱源よりシステム性能の面で有利な場合もある。そこで、本研究では、日本の気候および地盤・地下水条件に適した地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発を行った。前報では(その1~3)システムの概要および年間性能計算、井戸設計の検討等について述べた。本報では、2008年度に行った冷暖房性能実験について報告する。

2. 実験概要

2.1 実大実験装置

本実験は東京大学生産技術研究所千葉実験所(千葉県千葉市稲毛所在)に構築されている実大実験装置を用いて行った。実験サイトの地下水位は約-12m、地下水温度は約17℃で年間を通して安定している。図1は実験装置の配置および測定項目を示す。冷暖対象となる二つの実験室と7本の井戸(直径100mm、深さ-20m)で構成されている。各井戸は地上~-9.2mは塩ビ管、-9.2m~-20mは丸孔網巻きのスクリーンであり、地下水は揚水井戸内深さ-19mの水中ポンプから汲み上げられ熱交換後、還元井戸に注水される。一方、空水冷ヒートポンプ(冷媒R410A)は、水熱交換器及びファンが設置され地下水と空気、両方の熱源使用が可能である。また、室内ユニット(壁掛け型、冷却能力7.1kW、加熱能力8.0kW)は実験室に1台ずつ設置した。さらに、冷暖房模擬負荷としてルームエアコン(加熱能力:6.0kW、冷却能力:5.0kW)を設置した。図2は実験装置の系統図を示す。このシステムは、長期揚水・還元による目詰まりを防ぐため、揚水・還元井戸の切替による自動逆洗運転を可能とした装置であり、井戸1本方式(SCW)と2本方式の両方の検討ができる。本実験では、16m離れている2本の井戸を用いた。

2.2 実験概要

本研究では、実大実験装置を利用し本システムの夏季冷房・中間期冷房・冬季暖房性能について検討を行った。夏期実験では6月14日~6月24日に地下水熱源のみの運転、6月25日~7月2日に空気熱源のみの運転、7月4日~8月13日に地下水・

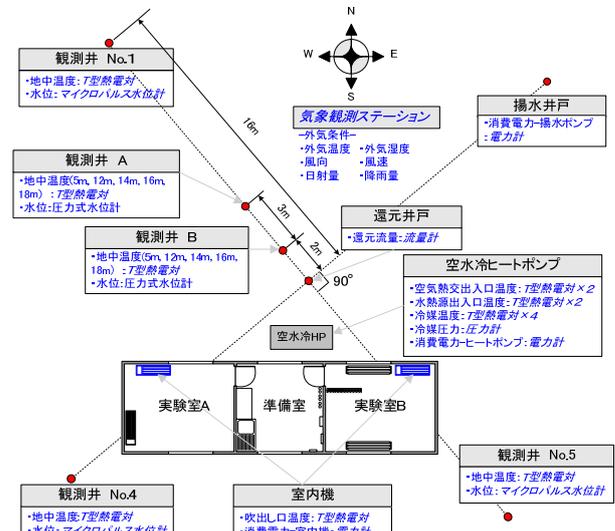


図1 実験装置の配置および測定項目

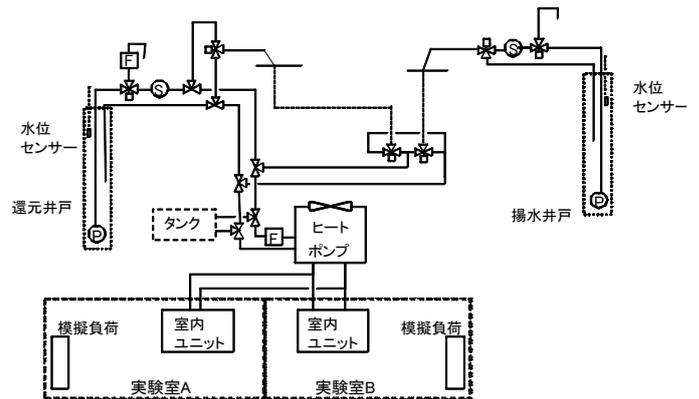


図2 実験装置の系統図

空気熱源併用運転を行った。地下水・空気熱源併用運転では、地下水と空気の温度を比較し、より効率的な熱源を選択する運転制御を設定した。本実験では、外気温が地下水温度より2℃低い場合、空気熱源を選択する。一方、中間期冷房運転は9月30日~10月30日とし、地下水・空気熱源併用運転を実施した。また冬季暖房実験は2009年1月8日~1月20日に、地下水・空気熱源併用運転を実施した。本実験では、システム性能検討のため、揚水量、揚水温度、還元温度、水冷ヒートポンプ・揚水ポンプの消費電力を測定した。また、地下環境に与える影響を検討するため、地中温度・地下水位などの測定を行った。

3. 実験結果

3.1 冷房実験結果

図3は6月14日~8月13日の冷房実験結果であり、地中への放熱量とS.COP^(注)を示す。放熱量の算出は、地下水熱源の場

合、ヒートポンプの出入口温度および流量から算出し、空気熱源の場合、冷媒温度および圧力、消費電力から算出を行った。地下水熱源のみの運転ではヒートポンプの単体 COP が 8.0、S.COP が 5.6 であった。一方、空気熱源のみの運転では S.COP が 3.0 と低かった。また地下水・空気熱源併用運転の実験では平均外気温度が 25.7、平均揚水温度が 18.3 であり、全期間において地下水熱源が有利な条件であったため、地下水熱源で運転が行われた。その期間の平均ヒートポンプ COP は 7.2、S.COP は 5.1 であり、優れたシステム性能が得られた。一方、中間期（9月30日～10月30日）に行った冷房実験結果では、外気温度が地下水温度より低い期間が多く、地下水・空気熱源併用運転でも空気熱源を選択する期間が夏期より多く現れた。図5、図6は中間期の実験結果であり、図5は地下水熱源の放熱量と S.COP を、図6は空気熱源の結果を示す。中間期における空気熱源の平均 S.COP は 3.3 で、地下水熱源のそれ（5.0）より低いものの夏期より優れた性能が見られた。

3.2 暖房実験結果

図6は冬季（2009年1月8日～1月20日）に行った暖房実験の結果を示す。この期間においては空水冷併用運転で実験を行ったが、外気温が地下水温度（約 17）より低かったため、地下水熱源みの運転となった。冬季暖房実験の平均ヒートポンプ COP は 5.7 で、S.COP は 4.9 であった。

3.3 地下環境への影響

本研究ではシステム性能検討と共に、地下環境に与える影響を検討するため、観測井戸 A、B において地下温度測定を行った。図7、8は夏期・中間期の地中温度の変化を示す。観測井内の地中温度は、水冷モードの還元井戸への放熱により徐々に上昇するものの、空冷モードになると回復する。これらの現象は、還元井戸の近い井戸 B においては顕著に見られたが、還元井戸から 5m 離れている井戸 A では大きな温度変化は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、地下水と空気、両方を熱源とする空水冷ヒートポンプシステムの冷暖房性能実験を行い、システム性能及び地下環境への影響評価を行った。今後は冬期および中間期の暖房性能実験を行う。また地下水と空気熱源の切替温度や適切揚水量の検討を行い、本システムにおける最適運転手法を検討する。

注)
$$S.COP = \frac{\text{冷暖房能力}(kW)}{\text{ヒートポンプ} + \text{ファン} + \text{ポンプの消費電力}(kW)}$$

【謝辞】本研究の一部は、平成 19、20 年度独立行政法人 新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)『エネルギー使用合理化技術 戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実用化開発/地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの研究開発』によった。

【参考文献】文 1) 南、大岡：地下水利用空調システムの冷暖房性能実験および建物負荷モデルを用いたフィジビリティスタディ、日本建築学会環境系論文集、第 74 巻、第 638 号、pp.473-479、2009

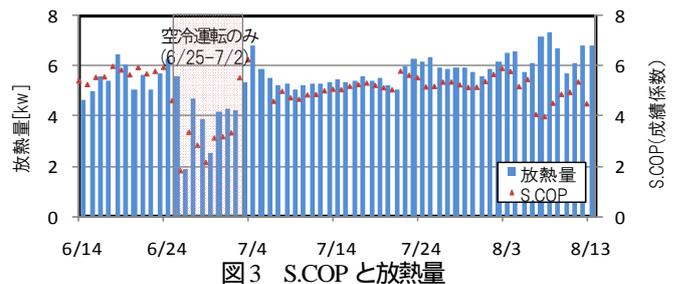


図3 S.COPと放熱量

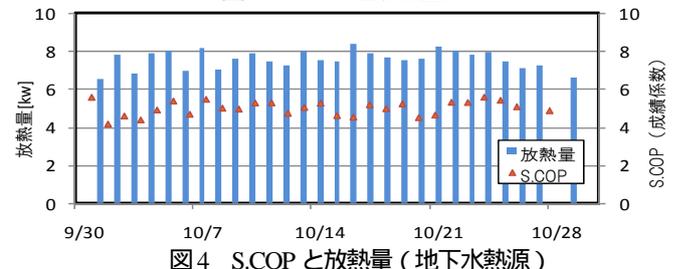


図4 S.COPと放熱量（地下水熱源）

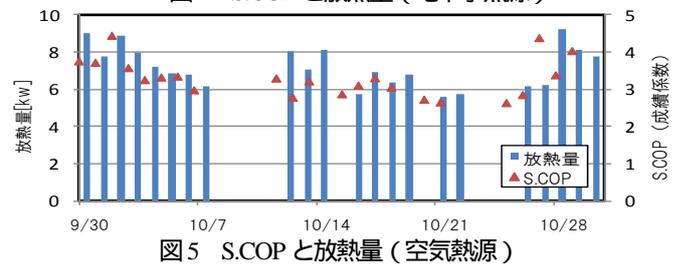


図5 S.COPと放熱量（空気熱源）

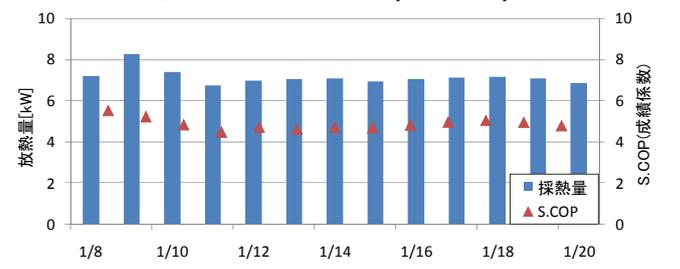


図6 S.COPと放熱量（暖房実験）

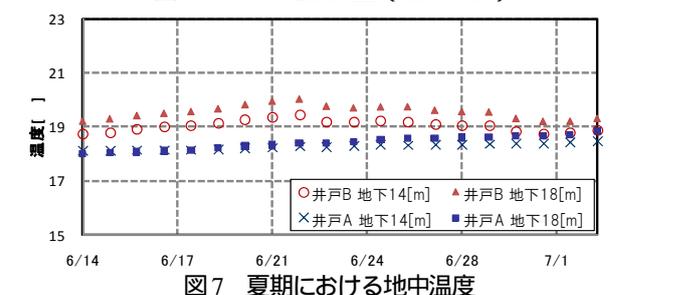


図7 夏期における地中温度

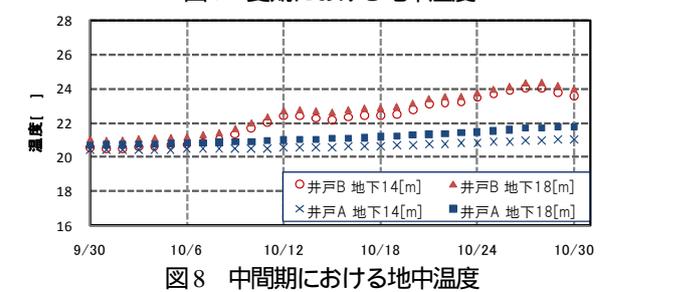


図8 中間期における地中温度

文 2) 南、他：地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発に関する研究（その1）SCW システム概要及び実験装置の構築、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp.1105-1106、2008

*1 東京大学大学院 日本学術振興会特別研究員 DC
 *2 東京大学生産技術研究所 准教授 工博
 *3 ゼネラルヒートポンプ工業(株) 工博
 *4 東邦地水(株)

*1 JSPS Research Fellow, Graduate School of Eng., Univ. of Tokyo
 *2 Asso.Prof., Dr. Eng., Institute of Industrial Science, University of Tokyo.
 *3 Zeneral Heatpump Industry Co.,Ltd., Dr. Eng.
 *4 Toho Chisui Industry Co.,Ltd.