

技術開発成果報告書

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 事業名 住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発 | 課題名 戸建住宅・小規模建築用地中熱ヒートポンプシステムの開発 |
|------------------------------------|------------------------------------|

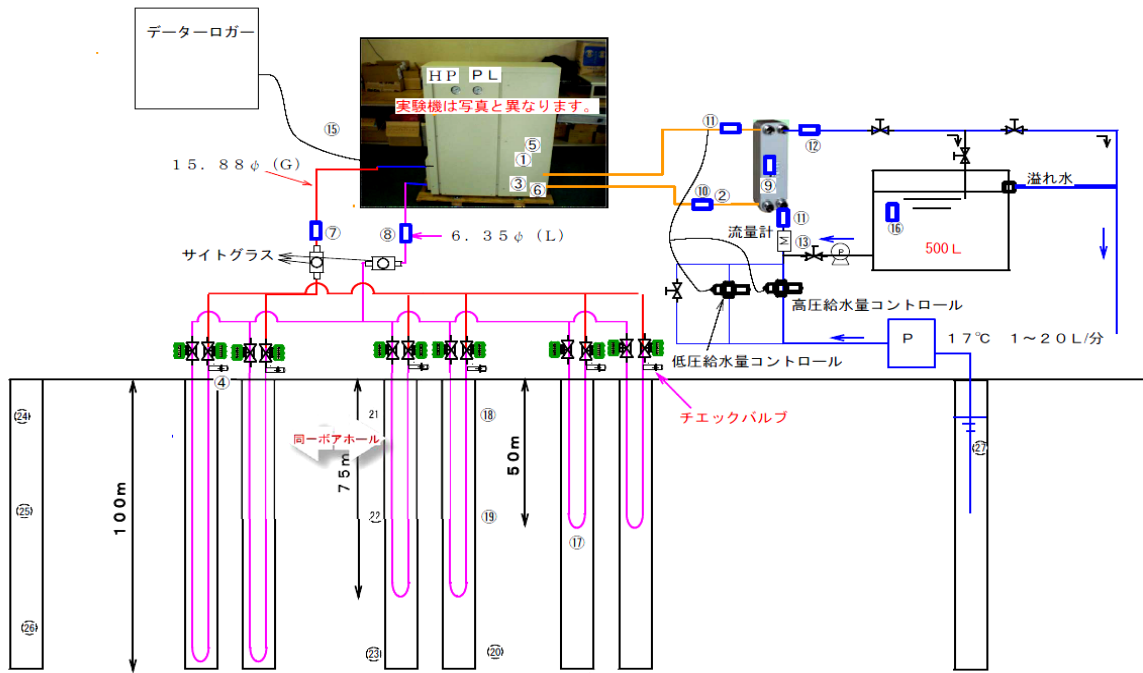
1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

(1) -1 技術開発の内容

直膨方式地中熱ヒートポンプシステム（以下HPS）は、ヒートポンプの冷媒を直接地中に循環させ採熱する方式であり、ボアホール内に冷媒循環の銅管を配置し、凝縮・膨張のサイクルを行う。機器内の熱交換が省略でき、又、銅管（冷媒循環）を地中に配置することにより、既存の方式（Uチューブ不凍液循環方式）と比較して、①熱交換ロスが最小化される、②構造がシンプルとなり、循環ポンプや配管継手工事が不要となる。等のメリットが生じる。

本開発では、直膨方式地中熱HPSの実用化のために、地中深度①50m、②75m、③100mの3システムを構築し、新たに計測方法を試作してモニタリング・比較評価した。従来、直膨方式地中熱HPSでは、地中深度最大30～40m程度の実績であり、ボアホール工事の効率性のためにも、地中深度50～100mでの運転が確認出来れば、普及へのブレークスルーとなり得る。



(1) -2 技術開発の成果（実験結果）

- ・50mボアホールでは、暖房 COP 5.42、冷房 COP 5.03 と非常に高いパフォーマンスを示し、暖房・冷房ともに、実用性に優れた高効率のシステム構築が確認出来た。
- ・75mボアホールでは、暖房 COP は 5.14 と高く、一方、冷房 COP は 4.15 と平均的な値を示し、実用性に優れた暖房・給湯効率の高いシステム構築が確認出来た。
- ・100mボアホールでは、暖房 COP は 5.21 と高いが、一方、冷房では運転条件を確立出来ず、データを得られなかった。

戸建住宅用直膨方式 HPS において、ボアホール深度 50～75mまで、高効率システムの構築が確認出来、実用化の目処をつけることができた。さらに、暖房（加温）サイクルに限定すると、100m深度まで高効率運転が確認出来、直膨方式の更なる可能性を示すことが出来た。

戸建住宅用直膨方式 HPS 実験結果 (期間平均 COP)

※圧力比=高圧/低圧を示す。 COP/圧力比の回帰式は本実験データから求めた。

| ボアホール | サイクル | 測定期間 | 平均 COP | COP/圧力比 回帰式 (y:COP x:圧力比) | 予測 COP (圧力比 2.0 の場合) |
|-------|------|---|--------|------------------------------|----------------------------|
| 50m | 暖房 | 2012/1/29 15:00 ～ 2012/1/31 15:00 | 5.42 | $y = -2.7773x + 11.728$ | 6.17 |
| | 冷房 | 2012/1/27 22:00 ～2012/1/29 12:0 | 5.03 | $y = -4.3102x + 14.291$ | 5.67 |
| 75m | 暖房 | 2011/12/13 18:00 ～2011/12/15 11:00 | 5.14 | $y = -2.8888x + 12.138$ | 6.36 |
| | 冷房 | 2011/12/28 1:30: ～2011/12/28 9:30 | 4.15 | $y = -0.8586x + 6.1903$ | 4.47 |
| 100m | 暖房 | 2012/1/21 18:30～ 2012/1/23 14:30 | 5.21 | $y = -2.5759x + 11.301$ | 6.15 |

<暖房サイクル高効率の原因>

暖房 HP サイクルは、圧縮→凝縮（加温）→膨張→蒸発（地中で採熱）→圧縮となる。従って、地中では蒸発サイクルとなり、75～100m深度でも、気化した冷媒の上昇力により、配管抵抗や位置エネルギーロスを相殺して、直膨方式本来の高効率な結果となっていると考察される。

<冷房サイクル効率の比較低下の原因と対策成果>

一方、冷房 HP サイクルは、圧縮→凝縮（地中で放熱）→膨張→蒸発（冷却）→圧縮となる。従って、地中では凝縮サイクルとなり、放熱して液化した冷媒及び潤滑剤の底部への滞留等、位置エネルギーロスにより、効率低下となる。本開発では、新考案の2相流混合方式により、75m深度でも冷房 COP4.15 と実用上十分な好結果を得ることができた。一方 100m深度では、運転条件が確立できず今後の課題となった。※2相流混合方式：地中で冷却され液化された冷媒を、地底で減圧装置で絞り減圧し、気体と液体の2相流にさせ、気体の浮力、冷媒の流速を増大させ、上昇させて、冷媒液管底部にかかる重量を消す新方式。

(2) 実施期間

平成23年度（単年度）

平成23年8月19日～平成24年3月2日

(3) 技術開発に係った経費

技術開発に係った経費 39,460 千円 補助金の額 19,400 千円

(4) 技術開発の構成員

- ・株式会社萩原ボーリング 技術部長 鈴木克利
- ・株式会社萩原ボーリング 技術副部長 中沢俊也
- ・株式会社萩原ボーリング 技術主任 石黒修平
- ・A-MEC株式会社 代表取締役 秋山高広
- ・A-MEC株式会社 技術部マネージャ 抽那安則
- ・株式会社東亜利根ボーリング 製販本部長 今井隆
- ・高橋豊 (株式会社萩原ボーリング 技術顧問)

(5) 取得した特許及び発表した論文等

該当無し

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

従来、直膨方式地中熱HPSでは、地中深度最大30～40m程度の実績であり、ボアホール工事の効率性のためにも、地中深度50～100mでの運転が確認出来れば、普及へのブレークスルーとなり得る。本実験において、ボアホール深度50～75mまで、高効率システムの構築が確認出来、実用化の目処をつけることができた。さらに、暖房（加温）サイクルに限定すると、100m深度まで高効率運転が確認出来、直膨方式の更なる可能性を示すことが出来た。

(2) 技術開発の効率性

本開発においては、その効率性を高めるために、次の取組みを実施した。

- ①設計・試作・実験・評価の各プロセスにおけるリードタイムを徹底短縮し、開発期間の長期化によるコスト増を排除した。
- ②試作等の手配においては、詳細コストを十分検討して、最善の手段で実施した。
- ③定期的な開発会議の実施により、フォローを強化して、開発進捗に応じた機敏な対策を実施した。

(3) 実用化・市場化の状況

技術開発の構成員及び協力企業は、直膨方式地中熱HPSの、営業展開を進めており、特に暖房需要の大きい北海道地域では、今後、施工実績が期待できる場所である。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

HPS エネルギー通年需要は、暖房+給湯が70～80%以上、冷房が30%以下と言われている。従って、暖房（加温）運転での高効率化は、省エネを実現する最大のポイントであり、その意味で、本実験は、大いに成果があったと評価できる。

本実験においては、ボアホール深度50～75mまで、高効率システムの構築が確認出来、実用化の目処をつけることができた。さらに、暖房（加温）サイクルに限定すると、100m深度まで高効率運転が確認出来、直膨方式の更なる可能性を示すことが出来た。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

本開発では、新考案の2相流混合方式により、75m深度でも冷房COP4.15と実用上十分な好結果を得ることができた。2相流混合方式とは、地中で冷却され液化された冷媒を、地底で減圧装置で絞り減圧し、気体と液体の2相流にさせ、気体の浮力、冷媒の流速を増大させ、上昇させて、冷媒液管底部にかかる重量を消す方法である。

・残された課題

100mボアホールでは、暖房COPは5.21と高いが、一方、冷房では運転条件を確立出来ず、データを得られなかった。

3. 対応方針

今後の見通し

今後、機器及び施工の標準化/量産化によるコストダウンを実現し、省エネ型住宅用等冷暖房システムの選択肢として、市場化を進めることが可能と考える。

又、「2相流混合方式」について構造及び設計条件の最適化を進め、完成度を高めることにより、冷房運転において、70～100mボアホールでも十分な効率が確保出来るシステム構築を目指すところである。