

岩盤地域における地中熱利用空調システム稼働に伴う地温変化について

東邦地水(株) ○三輪 義博
奥村 建夫
武藤 高太郎

1. はじめに

地中熱利用空調システム(以下、GSHP システムと称する)は、地中温度が年間を通して一定であることを有効に利用し、高効率な運転が行われる。空調負荷に伴う採・放熱による地中の温度応答は、様々な影響因子が複雑に作用し、その挙動は不明な点が多い。

今回、筆者らは、濃尾平野北部の岩盤分布地域において、熱交換用パイプを地盤に埋設し、熱交換流体を利用して地盤と間接的に熱交換を行うクローズドループ方式GSHP システムを設置した。ここでは、GSHP システムの稼働状況をモニタリングし、地中熱交換井(以下、ボアホール: BH と称する)や敷地内に設置した温度計測井を用いて地温計測を行っている。

本書では、GSHP システムが本格的に稼働して1年以上が経過した中で、その稼働状況と地温測定結果について報告する。

2. GSHP システム設置箇所の地盤特性

本システム設置箇所は、岐阜県関市の長良川と武儀川の合流地点付近に位置する。周囲を標高100m 程度の山地に囲まれた谷地形の末端となり、集水地形となっている。

地質は、中・古生代美濃帯のチャート・砂岩・泥岩を基盤とし、その上位は亀裂の発達した風化部が30m 程度の層厚で分布している。岩盤の上位には、未固結の低位段丘堆積物が堆積し、最上位の5m 程度は、工場の造成時に形成された埋土がある。

岩盤の亀裂部に賦存する地下水は、被圧状態にあり、掘削時には、地表からの湧水が確認された。

また、BH1を利用して実施した熱応答試験結果から、地盤の有効熱伝導率 λ_s は、 $3.8\text{m}/(\text{W}\cdot\text{K})$ の比較的高い値(一般値として岩盤では $\lambda_s=1.4\sim 3.5\text{m}/(\text{W}\cdot\text{K})^{1)}$ が得られている。

3. GSHP システムの概要

(1) システム構成

本システムの概略系統図を図-1に示す。

本システムの熱源は、16A の架橋ポリエチレンパイプ等を1井あたり2組設置した深さ100m のBH 方式28井(8系統)と $5\times 10\text{m}$ の範囲で2m程度の深さにBHと同種同径のパイプを埋設した水平埋設方式の2系統によって構成されている。合計10系統の配管経路は、ヘッダーでまとめられ、ヘッダー部に設けられたバルブによって、利用する系統を選択することが可能なシステムとなっている。

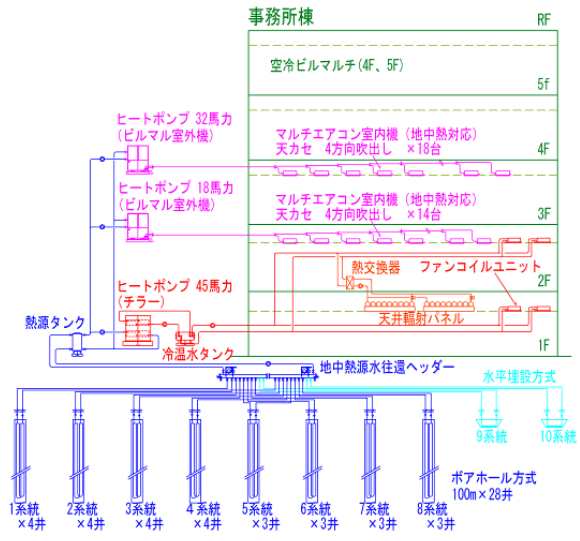


図-1 GSHP システム概略系統図 縮尺任意

(2) 地中熱源、温度計測井配置

本システムの地中熱源および温度計測井の配置平面図を図-2に示す。

BH は、5m 間隔で28井配置されている。温度計測井は、敷地端部の BH4から30m 離れた箇所に1箇所、BH10から約3.5m と1m 離れた箇所に2箇所、BH21と BH24 の中間箇所に1箇所、計4箇所に配置した。

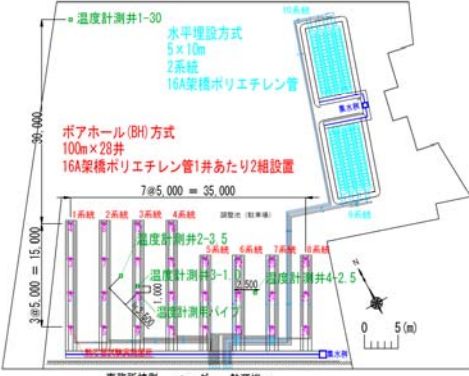


図-2 地中熱源配置平面図 縮尺図示

(3) BH、温度計測井構造

BH と温度計測井の構造図を図-3に示す。

本システムでの地中熱源は、BH 方式と水平埋設方式の2種類あるが、水平埋設方式の構造については、採・放熱量が少ないため、ここでは省略する。また、BH では、

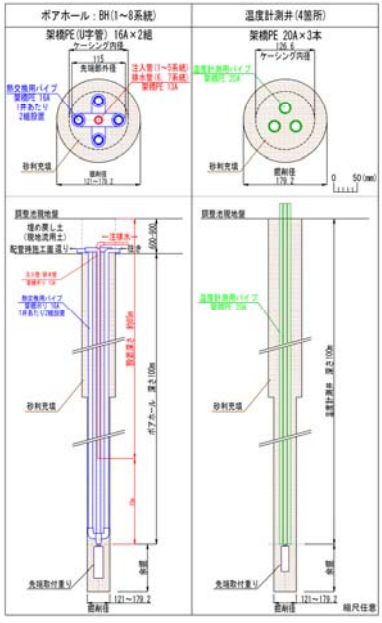


図-3 BH、温度計測井構造図 縮尺図示

28井の全箇所です恒常的に最上部からの湧水が確認され、この湧水を処理する砂利層と集水柵を設置した。

4. GSHP システム稼働状況

本システムの稼働状況を監視・記録し、データを解析することにより、今後のシステム改善に活用することを目的として、熱源機の運転状況、熱源水および二次側冷温水の流量や温度等のデータを、1分ごとにサンプリングしている。これらを整理し、本システムの2014年2月～2015年2月までの1年1ヶ月間の稼働状況を取りまとめた。

月間の熱源機の稼働時間を表-1、地中への処理熱量(採・放熱量)、熱源水の温度等を図-4に示す。

表-1 GSHP システムの稼働時間

年月	稼働時間[h]	稼働率*	年月	稼働時間[h]	稼働率*
2014年2月	326.3	49%	2014年9月	282.7	39%
2014年3月	304.7	41%	2014年10月	97.6	13%
2014年4月	58.0	8%	2014年11月	123.0	17%
2014年5月	92.5	12%	2014年12月	332.3	45%
2014年6月	279.7	39%	2015年1月	349.8	47%
2014年7月	350.2	47%	2015年2月	326.6	49%
2014年8月	284.4	38%			

※月間の総稼働時間に対する3台の熱源機のうち、何れかの熱源機が稼働した時間の比率

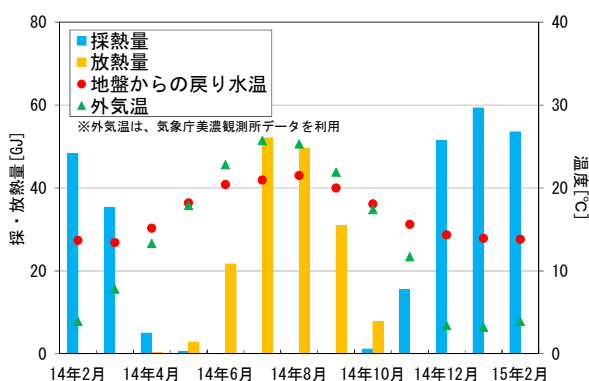


図-4 地中への処理熱量、熱源水温度等

GSHP システムを長期に安定した利用を行うためには、年間の地中への採・放熱量のバランスが取れていることが重要になる。

今回の算出結果から、2014年3月から2015年2月の1年間の合計採熱量は222.3GJ、放熱量は165.3GJとなり、35%程度、採熱量が大きい結果となった。しかし、地中への送水温をみれば、1年を経過したうえで温度の低下傾向は認められない。これは、利用する熱量に対して地盤の熱交換能力が高いことが想定される。

また、月間平均値での熱源水の利用温度と外気温を比較すると、熱交換流体となる熱源水の温度が冬季の採熱時には外気温より高く、夏季の放熱時には、外気温より低い温度条件により利用されていることが確認された。

5. 地中温度測定結果

本サイトでは、4箇所の温度計測井のうち、BH から約3.5m 離れた温度計測井2-3.5と1.0m 離れた温度計測井3-1.0を利用して、GL-15、25、50、75mの深度にT-CC型熱電対を設置し、30分間隔で温度データをサンプリングしている。2014年2月から2015年2月の期間で測定された結果から、GL-50mのデータを図-5に示す。

図-5より、GSHP システムの稼働に伴う冬季の採熱、夏季の放熱の影響は小さく、年間±1℃程度の温度変化の範囲に収まっていることが確認される。

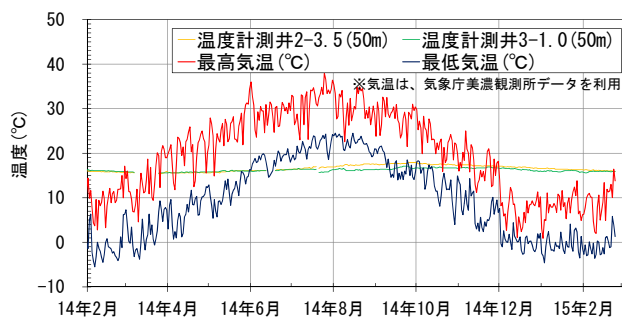


図-5 温度計測井2-3.5、3-1.0での地中温度(GL-50m)変化

さらに、深度方向における温度環境の変化を確認することを目的として、温度観測井において、深度1m ごとの温度測定を行った。測定日は、暖房採熱後の中間期、冷房放熱期、冷房放熱後の中間期、暖房採熱期の年間計4回、実施した。測定結果を図-6に示す。

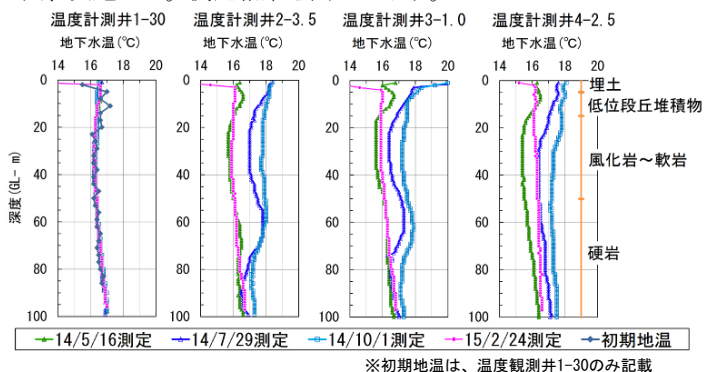


図-6 温度計測井での深度方向温度測定結果

図-6から、以下の知見が得られた。

- ①30m 離れた箇所では初期地温からの温度変化は認められない。
- ②中間期の温度測定結果から、徐々に周辺へ温度影響が拡がるのが想定される。
- ③GL-25m から GL-50m 間の風化岩～軟岩分布箇所は、発達した亀裂部に被圧水があり、その影響により熱交換が促進され、温度変化が抑制される傾向が認められる。
- ④全体的には、夏季の放熱時に18℃程度まで地中温度は上昇し、冬季の採熱時には、15～16℃まで低下している。

6. まとめと今後の展望

本サイトでは、地中熱利用に伴い、BH 周辺地盤で地中温度が年間を通して最大3℃程度変化していることが確認された。ただし、30m 離れた地点では温度の変化はなく、地中熱利用に伴った広域な地中温度変化は認められていない。

今後も継続した観測を実施して、長期的な地中温度の年間変化について検討を行っていく計画である。

《引用・参考文献》

- 1) 北海道大学地中熱利用システム工学講座編：地中熱ヒートポンプシステム, p.92, 2007.09.25