

## 地中熱ヒートポンプシステムによる地温変化

### Subsurface temperature change caused by ground source heat pump

○森谷慈宙<sup>1,2</sup>・斎藤広隆<sup>1,2</sup>・武藤啓<sup>1,2</sup>・向後雄二<sup>1,2</sup>

Shigeoki Moritani, Hirotaka Saito, Hiromu Muto, Yuji Kohgo

#### 1. はじめに

近年、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガス排出が少ない自然エネルギー利用の関心が高まっている。その中でも地中熱ヒートポンプシステム(GSHP)は、熱交換井を介して年中安定した地中の温度を空調に利用する。このため空気を熱源とするヒートポンプに比べ、高い成績係数(COP)を示す。また冷房時には排熱が大気中に放出しないため、ヒートアイランド現象の抑制が期待できる。日本におけるGSHPの導入は、施工コスト、特に高い掘削費用などの理由により、欧米に比べてあまり進んでいない。武蔵野台地にあたる東京都府中市では、豊富な地下水が賦存している。地下水の存在は、熱交換の効率およびCOPをさらに高めるため、GSHPの設置環境として適している。GSHPの省エネ効果により、普及することは望ましい反面、地下への採排熱によって地中温度など地盤環境への影響が懸念される。本研究では地中熱利用によって生じる地中温度の変化について検討を行う。

#### 2. 実験方法

GSHPの施工は、2011年の春季に東京農工大学府中キャンパス内で行われた。50m深の熱交換井に埋設したUチューブは2ヶ所設けられ、観測井はその近辺に設置した(図1)。実験フィールドにおける物理特性は、深度50mまでオールコアボーリングを行い、コアサンプル試料を用いて飽和透水係数、熱伝導率などの測定を行った。観測井には土中温度を測定するために、5m深度ごとに白金測温抵抗体を設置した。地下水位計は被圧帯水層に位置する深度32mと44mに設置した。熱交換井周囲の有効熱伝導率を求めるために、12月20日にサーマルレスポンステスト(TRT)を行った。TRTは電気ヒータにより熱負荷を与えた熱媒体を48時間循環ポンプによりUチューブ内に循環させ地中へ放熱



図1 実験フィールド概要  
Outline of test field

させた。有効熱伝導率は、熱交換井の出入口における熱媒体の行きおよび還り温度の経時変化などから求めた。TRT時における土中の熱移動シミュレーションは、HYDRUS-2Dを用いて行った。土中温度の初期条件は実測値を用い、境界条件は図1に示すように2点から熱源を与えた。熱源温度は、TRT時の行きおよび還り温度の平均に近い値を用い、実験

1 東京農工大学, 2 科学技術振興機構; 1 Tokyo University of Agriculture and Technology, 2 Japan Science and Technology Agency

キーワード: 地中熱ヒートポンプ, サーマルレスポンステスト, 地中温度

条件になるべく則した。観測点は U-tube から 1.0m, 2.0m および観測井の 3 カ所とした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 地盤環境

ボーリングコアは、5.1 m まで関東ローム、11.5 m まで砂礫の立川礫層が堆積している(図 2)。深度 32m 付近では砂および礫層があり、上下に透水性の小さな砂質シルトで挟まれており、約 6m の被圧帯水層を成している。また、深度 44 m 付近にある厚さ約 2.4 m の砂礫層は、60 cm ほどの砂質シルト層の直下にあり、被圧帯水層であると考えられる。熱伝導率は、礫および砂において含水率が小さいにも関わらず高く、ロームおよびシルト層では小さい値を示す傾向が見られた。

#### 3.2 解析結果

TRT 時における熱媒体の行きおよび還りの温度は 2 時間後までに急激に増加し、その後、両温度差 4.5℃を保ちながら緩やかに増加した。この温度差は、熱媒体が地中へ放熱し、還りの温度が低下したためである。また熱媒体の平均温度は 24℃であった。TRT の結果から求めた有効熱伝導率は 2.2W/m/K であり、ボーリングコアにより実測した熱伝導率に比べて高い値を示した。これは、地下水の熱移流効果によるものと考えられる(藤井, 2006)。図 3 に有効熱伝導率を用いて地温のシミュレーションを行った結果を示す。各観測点における地温は、経過日数に伴い、増加した。U-tube から 1.0m, 2.0m 離れた地点における地温のピークは、それぞれ TRT 開始 4, 7 日後であり、熱負荷を与えた続けた 2 日間よりも遅かった。また観測井では、地温増加がほとんど見られなかったが、これは実測値と同様の傾向を示した。

#### おわりに

48 時間 U チューブに熱源を与え続けた TRT の結果では、観測井における地中温度に変化は見られなかった。GSHP を稼働する場合、長期間にわたり地中の採排熱が行われる。今後、熱移動シミュレーションの精度を高める場合、地下水の熱移流効果を考慮する必要があると思われる。

#### 参考文献

- 1) 藤井光(2006)日本地熱学会誌 28, 245-257

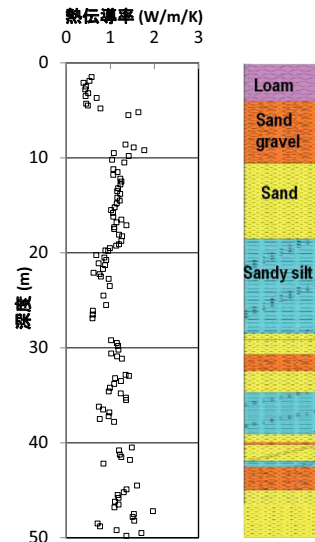


図 2 柱状図とコアサンプルにおける熱伝導率

Columnar section and thermal conductivity of core sample

Columnar section

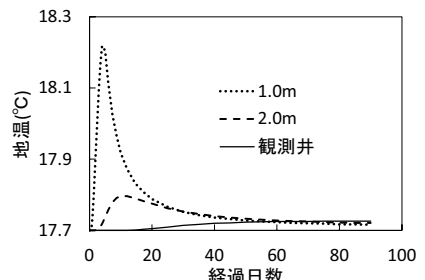


図 3 各観測点における地温のシミュレーション結果

Simulation result of soil temperature at each observation