

技術紹介

埋蔵エネルギーの取り出し方

～地中熱交換器の基本性能の観測（第一報）～

Observation of basic performance of ground source heat exchange devices

畠中 真一*1

越後 滋*2

佐藤 義則*3

Shinichi HATAKENAKA Shigeru ECHIGO

Yoshinori SATO

はじめに

年間を通じて一定している地中の温度と外気の温度差を利用し、少ない電気エネルギーで冷暖房を行う地中熱利用技術は、CO₂排出削減やヒートアイランドを抑制する効果が期待される事から、世界中から注目されています。国内では、冬期の暖房に使用するための熱源として地中熱の導入が、北海道や東北地方を中心に徐々に普及しています。また、夏期の冷熱源としても地中熱が活用できることから、ようやく全国に普及しはじめた段階にあります。地中数十メートルに埋設した熱交換器を介して、地中熱を地上に取り出せば、温・冷熱源として安全で安定的に利用できる資源ですが、地下に埋設するための工事費用が高く、普及への1つのハードルとなっていると言われていました。そこで川田工業では、熱交換器を地中に埋設する技術の開発と、地中熱汲上げの効率化により、設備や工事の規模を小型化し、地中熱システムの導入コストを抑える研究を行っています。

1. 熱交換器の種類

地中熱交換器は、図1に示すように長い管の中央をU字に曲げて地中に埋めた構造となっていて、夏場であれば、この管に冷房時の排熱を含んだ温水を通じることで、地中に熱を拡散させます。通常使われている空冷式の室外機では、夏の暑い外気で冷却していますが、地中では、15℃前後の地下水や地盤が冷却しますので、効率よく冷却することができます。

地中熱システムだけを設置する場合には直接地盤に井戸を掘り、U字管を施工しますが、建築物の新設時に地中熱システムを併設するのであれば、建築物の基礎杭に熱交換器の機能を持たせることが考えられます。基礎杭は、U字管に比べて表面積が大きいため、浅い杭でも比較的高い熱交換性能が期待されます。そこで表1に示す3種類の熱交換器（杭）をそれぞれ3本、図2のような配置に施工し、地下温度の状態や周辺地盤の地下水の状況を観測するとともに、それぞれの杭での熱交換性能を把握する実験を計画しました。

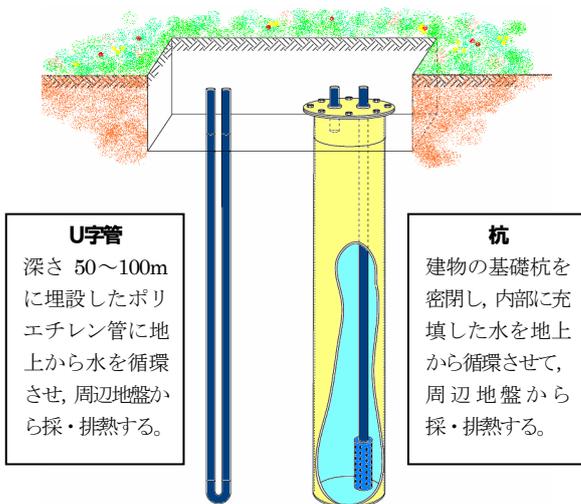


図1 地中熱交換器概念図

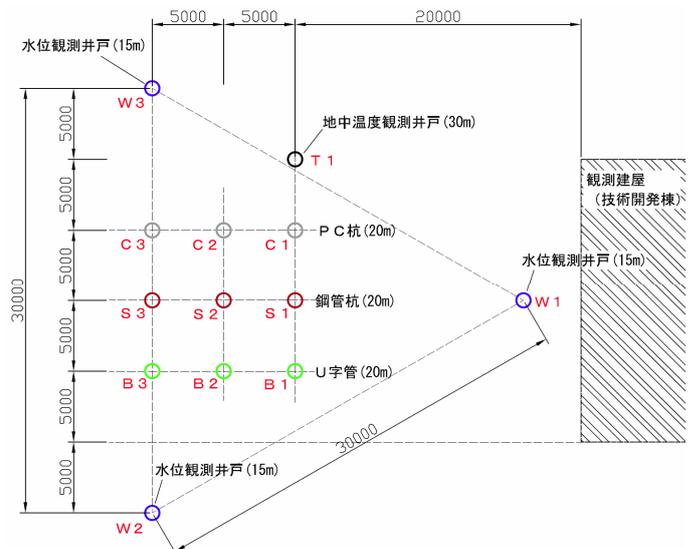


図2 地中熱試験フィールド平面図

*1 川田工業(株) 技術研究所 係長
 *2 川田工業(株) 技術研究所 所長
 *3 川田工業(株) 技術研究所

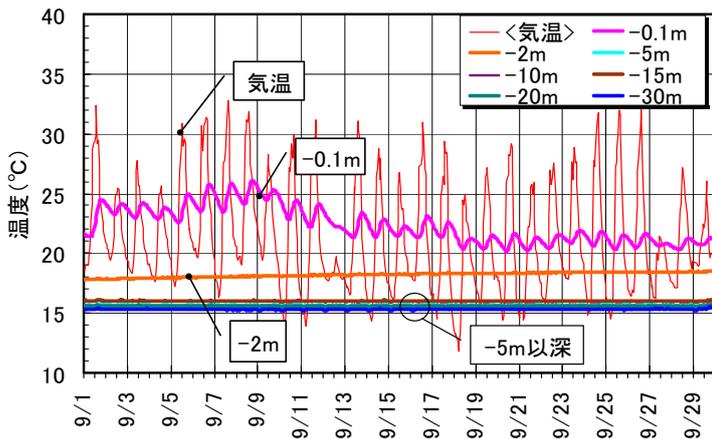


図3 地中温度測定(2009年9月)

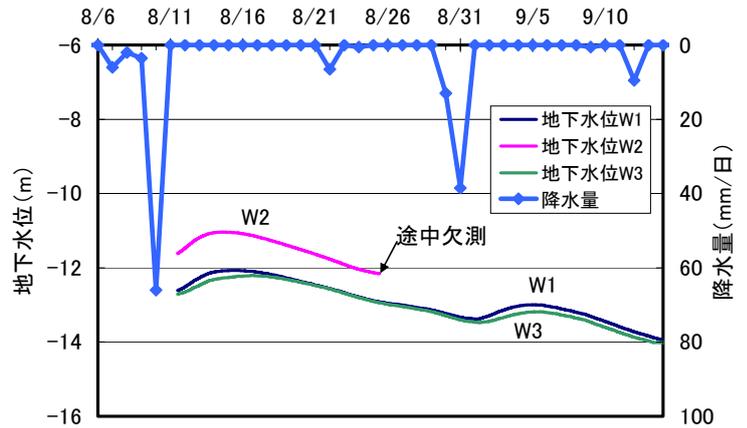


図4 地下水位変動(2009年9月)

表1 熱交換器の諸元(3種類)

	U字管	鋼管杭	PC杭
外径	$\phi 34 \text{ mm}$	$\phi 406.4 \text{ mm}$	$\phi 400 \text{ mm}$
肉厚	t 3.5 mm	t 6.4 mm	t 65 mm
内径	$\phi 27 \text{ mm}$	$\phi 393.6 \text{ mm}$	$\phi 270 \text{ mm}$
深さ	20.0 m	20.0 m	20.0 m
種別	GUP-25A20	STK400	PHC-A種

2. 地中温度観測

温度測定井戸(T1, 深さ 30m)で観測した深さ-30m, -20m, -15m, -10m, -5m, -2m, -0.1m, 及び気温(日射の影響を若干含む)の測定結果を図3に示します。2009年9月の観測結果では、夜間や日中の温度変化によって気温は12~34°C(変動幅は22°C)の範囲で変動しているのに対し、深さ-0.1mの地表付近では気温の変動ピークより数時間遅れた温度上昇と下降を繰り返しており、変動範囲も20~26°C(変動幅は6°C)とが狭まっていることが分かります。深さ-2mでは気温や地表の温度変化に連動した日単位の規則的な変動が見られなくなり、地表の温度変化が1ヶ月間でやや低下する傾向を示す状況にありながら、逆に1°C弱のゆるやかな温度上昇が観測されています。さらに深く、-5m以深の地中になると15~16°C程度の一定温度を保っていて、気温や日射の影響をほとんど受けていないか、または、地表の影響が極めて緩慢なことが分かります。今後も、温度観測を継続し、通年の温度変化を把握行く予定です。

3. 地下水位変動観測

水位観測井戸(W1~W3, 深さ 15m)で観測した地下水位変動と降水量と併せて図4に示します。3つの地下水位観測井戸は熱交換器を取り囲むように、一辺が30mの正

三角形の頂点に位置しています。観測結果から、W2の水位が他に比べて常に1m程度高くなっているのが特徴的です。また、比較的長引いた梅雨の後の時期であったため、長期的な傾向としては地下水位が徐々に低下していることが分かります。降水の影響に着目すると、降雨のあった翌日から地下水位の上昇が見られますが、ピークに達するまでには5日程度かかっていることから、この地域の地盤の透水性はあまり高くないものと考えられます。実際に近隣の土質を調査したデータを参考にすると、試験地一帯は表層の20m程度までロームを主体とする土層が堆積しています。ロームの透水性は粘土の性質に近く、地下水の水平流動は極めて小さいと判断されるため、地下水流による熱交換性能の向上は、あまり期待できないものと推測されます。

今後の予定

U字管と鋼管杭、PC杭の3種類の熱交換器を用いた熱応答試験を行い、この地域の地盤にそれぞれの熱交換器を使用した場合の熱交換性能や熱抵抗の測定を行いました。熱応答試験では熱交換器に対して、ブラインとなる水に一定の熱量を与えながら数日間循環させ、地中で排熱して還ってくるブラインの温度変化を測定することから地中での熱収支を推定します。

これらの結果については、次号以降、ご報告申しあげる予定です。

参考文献

- 1) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム, オーム社, H19.9.25
- 2) 笹田政克, 高杉真司, 舘野正之：都心のオフィスビルでの地中熱利用, 笹田ビル見学会資料, 2009.9