

技術紹介

夏の暑さを冬までローム層に保存

～土壌を利用した地中蓄熱の可能性～

Storing Summer Heat for Winter with Underground Soil Layer

畠中 真一 *1
Shinichii HATAKENAKA

勝俣 盛 *2
Mori KATSUMATA

甲木 里沙 *3
Lisa KATSUKI

1. はじめに

よりよい地球環境を未来へ継承するために、再生可能エネルギーへの切り替えが求められています。しかしながら、化石燃料に比べてエネルギー密度の小さい再生可能エネルギーを有効に利用するには、水力発電やソーラーパネル、風車などに見られるように、大きな面積や大きな施設が必要となります。このような課題に対し、池や井戸水、地盤といった自然物をそのまま蓄熱体として活用する試みも行われています。地下水への蓄熱を試みた過去の実験¹⁾では、水平方向のみならず鉛直方向の地下水流動を正確に把握することが肝要であることを学びました。今回は流動の影響の小さい、地表から地下水面の間の深さにある土壌に着目した蓄熱実験を行いましたので、実験結果を報告します。

2. 実験方法

実験場所は、栃木県芳賀郡芳賀町の川田工業(株)の敷地内を利用しました。この場所は地表から深さ 20m まで厚いローム層に覆われていて、地下水面は 17~19m 程度で季節変動しています。地下水流動の影響の小さい深さで、かつ地表から放出される熱も抑えたいという意図から、蓄熱する土壌を 15m より浅い範囲をターゲットとして、注水井の深さを 4m としました。この注水井に温水を注入し、底の部分から土壌に温水を浸透させて、温水の移流と土壌内での熱伝導で地中に蓄熱

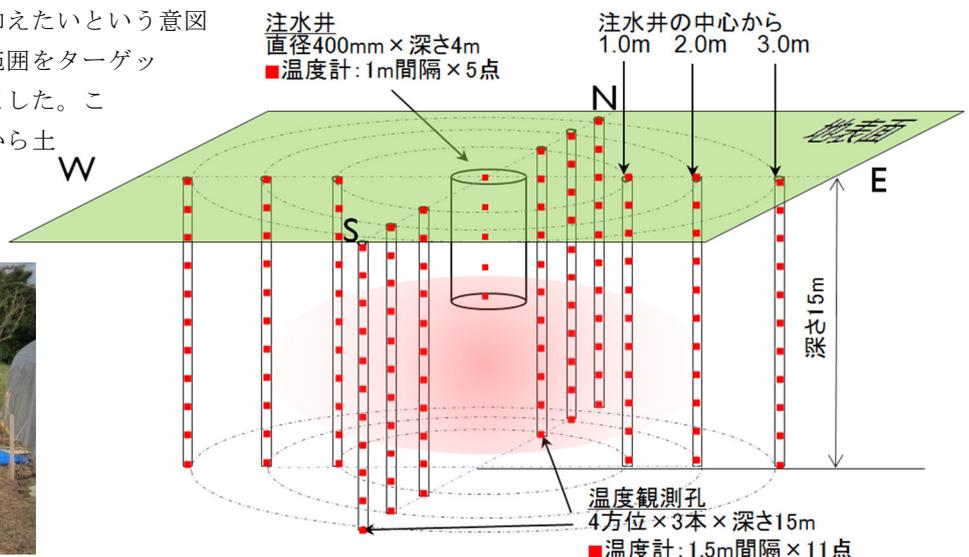
します。

地中の温度変化を測るために、下図のように注水井を中心に NSWE の 4 方向に 1m, 2m, 3m 離れた地点に温度観測孔を設け、それぞれ深さ 1.5m 毎に 15m までの温度が測れるように温度計を設置しました。中心の注水井から温水を浸透させるので、注水井の直下の温度も測りたいと考えましたが、温度計を設置するためには掘削しなければなりません。ところが、一度掘削した土壌は埋め戻しても温水の通り道となってしまう、温水が地中深く流れ去ってしまうことが心配されたので、温度計の設置は深さ 4m までとしました。下の写真は、測定エリアの地表に断熱マットを敷き詰め、さらに雨避けのブルーシート(7m×7m)で覆った実験設備の様子です。

写真中央のタンクが注水用の保温タンクです。設備に隣接した太陽熱蓄熱システム²⁾で予熱した温水を、保温タンクに 100ℓほど引き込み、保温タンクの中で 60℃に調整します。温度を 60℃に決めた理由は、注水井の内壁が崩れないように、直径 400mm の VP 管(塩ビパイプ)で保護してありますが、このパイプは周辺からの土圧を受けていて、60℃を越えると素材が徐々に柔らかくなり



養生状況

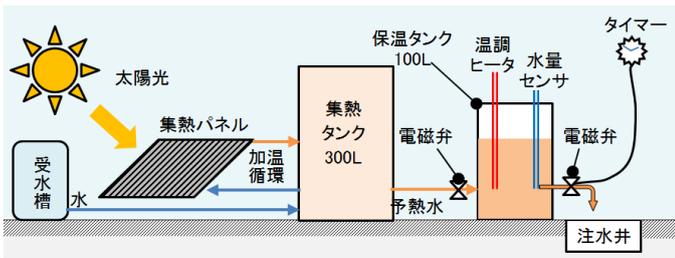


注水井と温度計(137箇所)の位置関係(紙面の都合、深さを圧縮しています)

*1 川田工業㈱鋼構造事業部橋梁企画部開発室 主幹

*2 川田テクノロジー㈱技術研究所 次長

*3 川田工業㈱鋼構造事業部技術部大阪技術課



地上の温水注入設備

先端が閉塞してしまうおそれがあったためです。実験では、保温タンクで 60℃に調整した 100%の温水を 4 時間毎に注水井に投入する操作を 43 日間連続で行い、その後も約 100 日間の地中温度を観測しました。

3. 実験結果と考察

保温タンクから注水井へは、4m の高低差による自然流下(φ15×4m 架橋ポリ管)を利用し、100%の流下に約 5 分かかります。また、一旦注水井に溜まった温水は、約 30 分かけて周辺土壤に浸透していました。

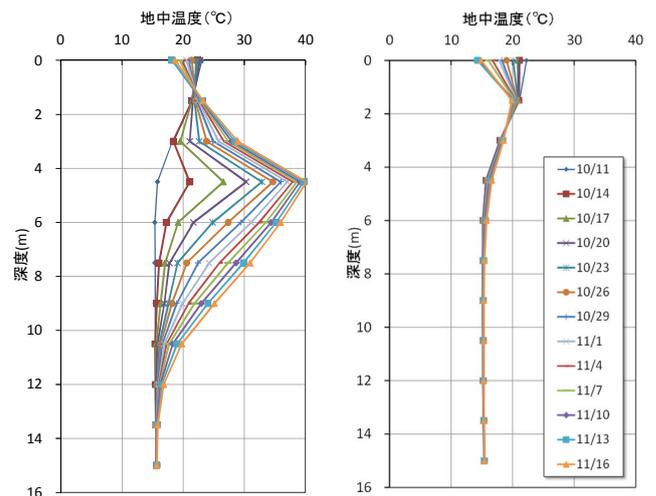
温水注入直後の温度変化は、N 方向に偏った温度分布となりました。温水注入の直後から N 方向の深さ 4.5m の温度計が敏感に上昇する事から、注水井の底部から N 方向にかけて自然の水みちが形成されているものと思われます。以下では、4 方位の温度の平均値で整理します。

注水井から 1m と、3m の地点での深さ方向の温度プロファイルを示しました。地表の温度は気温に左右されるので、日によってばらつきがあります。温水投入直前の 10/11(●印)には地表が 23℃程度で深度 6.0m にかけて緩やかに 15℃程度に低下していて、夏の暑さの影響がまだ浅層土壤に残っている秋口特有の温度勾配となっています。6m 以深は不易層に入っていて、井戸水の温度と同様に、年間を通じて温度変化の小さい領域になります。

温度プロファイルは、温水投入開始から約 1 ヶ月間の地中温度を示していますが、注水井から 1m の地点では注水井の深度に近い、深度 4.5m での温度が 16℃から 40℃へと上昇しており、深くなるほど温度の変化幅が小さくなっています。温水の浸透距離とともに温水温度が低下している様子がよく分かります。一方、注水井から 3m の地点での地中温度の変化は極めて小さく、最大でも深度 4.5m で温度変化が 1℃生じた程度です。

一般的な地中熱利用では、熱交換器を複数配置する場合は、互いに熱影響を及ぼさない 5~6m 以上の間隔を設けると言われていますが、今回の結果もこの距離の妥当性を再確認する結果となっています。

温水注入による蓄熱では、注入温度より高くはなりませんので、熱量を増やすためには温熱塊をより大きくすることが望まれます。実験結果から想像するに、注水井の底部に故意に水みちを設けるなどして、温水を水平方向に拡散させるとより大きな温熱塊が作れそうです。



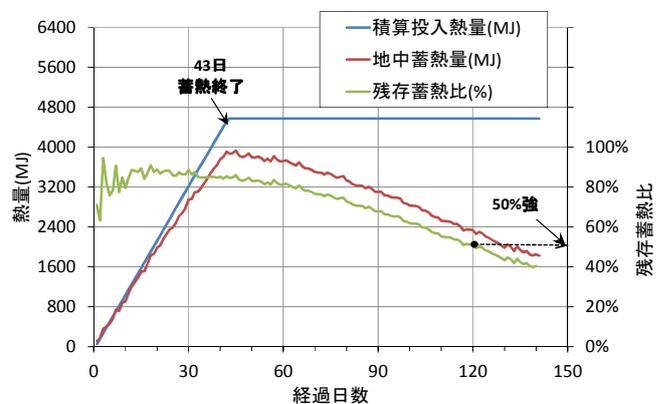
注水井から 1m

注水井から 3m

深さ方向の温度プロファイル(3 日毎)

観測エリア全体の平均的な初期温度(16.6℃)を基準とすると、注入した 60℃の温水は 43.4℃ほど高く、100%の温水注入は、1 回につき 18.15MJ の熱量投入に相当します。43 日間分を積算すると約 4 600MJ となり、投入した熱量が半径 3m の土壤にどのくらい残っているか(残存蓄熱比)を測定した地中温度から算定し、経時的な変化を表したのが下のグラフ(緑ライン)です。

投入された熱量は 120 日(4 ヶ月)経過後も 50%以上が半径 3m の範囲内に留まっていることが確認できました。



投入熱量と残存比率の変化

4. おわりに

太陽熱やその他の排熱を温水として建築物の地下土壤へ浸透させることができれば、土壤への蓄熱はコストの安い手法として有望であることが判りました。クローズドループタイプの地中熱空調設備と組み合わせて利用すれば、暖房効率のアップが期待されます。

参考文献

- 1) 畠中,勝俣,甲木,越後:夏の暑さを冬まで保存~帯水層を利用した地中蓄熱の可能性を探る~,川田技報 Vol.36,2017.1.
- 2) 畠中,越後,甲木,勝俣:太陽熱と地中熱のハイブリッド空調,川田技報 Vol.33,2014.1.