

水蒸気移動を考慮した地中熱ヒートポンプの採熱効率の数値シミュレーション手法

研究のポイント

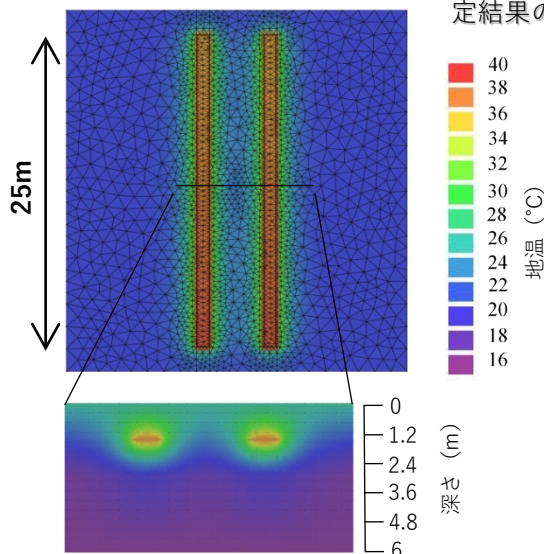
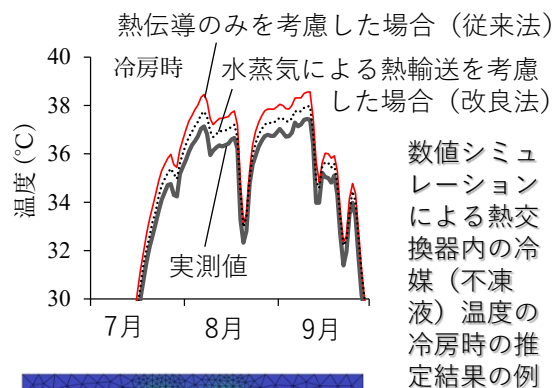
カーボンニュートラルを実現するために農業分野への導入が期待されている水平型地中熱ヒートポンプについて、計算負荷が少なく、かつ精度良く熱交換器の採熱効率を評価するための数値シミュレーション手法を開発しました。

研究の背景

- 農業分野で温室効果ガスの排出量の割合が高い温室の冷暖房に使われるエネルギーの節約が求められています。
- 日本では深さ50～100 m 程度まで掘削して熱交換器を埋設する鉛直型地中熱ヒートポンプが都市部を中心に普及していますが、初期費用が高すぎて農業での利用が困難です。
- そこで、より導入コストが安い深さ1.5 m 程度に熱交換器を埋設する水平型地中熱ヒートポンプの利用が期待されていますが、空気・水・土が入り混じる浅層における熱交換器周囲の熱移動プロセスは不明な点が多く、ヒートポンプ導入時にどれくらいのエネルギー削減効果が期待できるかを正確に推定することができませんでした。

評価法の特徴

- これまでの地中熱ヒートポンプの数値解析では考慮されてこなかった、温度勾配下での土壌中の気相を移動する水蒸気による潜熱輸送量を考慮することで、土壌中の熱の移動量を高精度に推定できます。
- 水蒸気移動による潜熱輸送量を考慮した見かけの熱伝導率を地温のパラメータとして計算することで、土壌水分移動を考慮する必要がなく、計算負荷が少なく、安定した3次元の熱移動の計算が可能です。
- 本手法を使わずに、水蒸気移動を含む土壌水分移動を計算した場合、水平型ヒートポンプの熱交換器を埋設した場合に必要な3次元の熱・水同時移動の計算を従来の方法で実施すると、スーパーコンピュータクラスの計算リソースが必要ですが、今回開発した手法により、同程度の熱輸送の計算がパソコンレベルの計算能力で実現可能です。



本手法を用いた地温の3次元解析結果の例（冷房時）

期待される活用例

土壌の熱的な性質や気象条件が異なる様々な農地に水平型地中熱ヒートポンプを導入するためのポテンシャルマップの作製や、水平型地中熱ヒートポンプ導入を検討する際に採熱効率を評価してエネルギーコスト削減効果を試算することなどに活用できます。