

地中熱ヒートポンプの省エネルギー性能評価手法の拡充

環境研究グループ 主任研究員 西澤 繁毅

I はじめに

地中熱ヒートポンプを利用した空調システムについては、平成28年から非住宅建築物の省エネルギー基準において評価が可能となっている。地中熱ヒートポンプシステムの一次エネルギー消費量算定法は、地中熱ヒートポンプならびにポンプ等補機の機器特性のモデル化と、地中熱交換器から戻ってくる熱源水温度(地中熱ヒートポンプの性能を左右する)を予測するモデルから成るが、対象となる地中熱交換器が、小口径ボアホールに埋設したUチューブ(シングル、ダブル)と地表近くを掘削したトレンチに設置する水平埋設型であり、比較的小規模な熱交換器に限られていた。

地中熱交換器には、他に、鋼管杭やコンクリート杭、孔径の大きなボアホールを利用したものもあり、それらを利用した地中熱ヒートポンプシステムについても一次エネルギー消

費量を評価できることが望まれていた。本報は、対象となる地中熱交換器のモデル化の概要と、検証結果について示すものである。

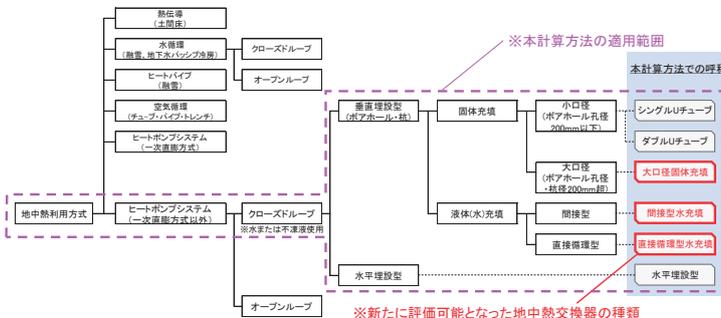


図1 地中熱利用システムの分類と適用範囲

※新たに評価可能となった地中熱交換器

本計算方法における地中熱交換器の分類	シングルUチューブ	ダブルUチューブ	大口徑固体充填	間接型水充填	直接循環型水充填
充填材	---	---	珪砂、豆砂利、コンクリート等(固形)	水等(液体)	---
第一級交換器中のUパイプ径	114mm	114mm以上	114mm以上	---	熱交換器中の交換水と直接交換
ボアホール径長比	200mm以下	---	200mm超	---	---

地中熱交換器の分類	シングルUチューブ	ダブルUチューブ	スバウルチューブ	U字状チューブ	鋼管コンクリート杭	鋼管杭	埋設型杭	埋設型コンクリート杭	鋼管杭	二重管
名称	ボアホール	ボアホール	ボアホール	ボアホール	埋設型杭	埋設型杭	埋設型杭	埋設型杭	埋設型杭	ボアホール
水質制限(有)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直埋設断面(有)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
材料	高密度ポリエチレンUチューブ	高密度ポリエチレンUチューブ	高密度ポリエチレンUチューブ	高密度ポリエチレンUチューブ	鋼管	鋼管	鋼管	鋼管	鋼管	鋼管
孔径(縦径)	孔長約100~200mm	孔長約100~200mm	孔長約100mm以上	孔長約300mm以上	径約100mm以上	径約100mm以上	径約100mm以上	径約100mm以上	径約100mm以上	径約100mm以上
充填	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂	珪砂	珪砂	珪砂	珪砂	水
掘削	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水不浸透	水

※114mm一つの地中熱交換器の中の数を過ぎ経路数をここでは「1本数」と呼ぶ。例えばシングルUチューブでは、地上から地中熱交換器に入浴する配管は1本経路であることから「1本」となる。このときに水平断面では2つの配管断面が得られることになる。

図2 クローズドループ・垂直埋設型の分類

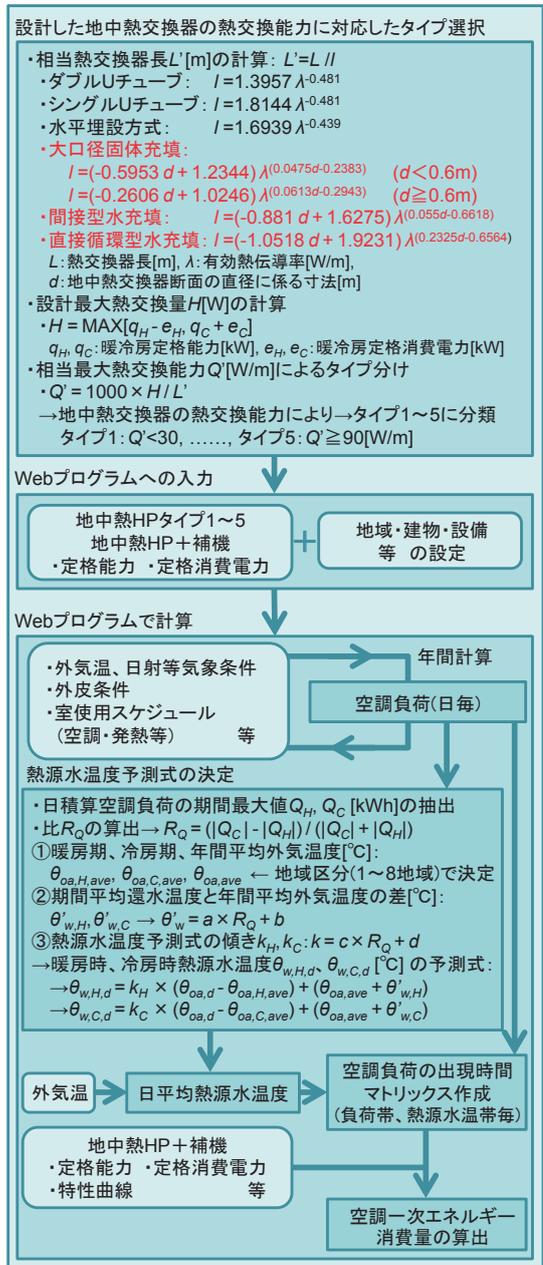


図3 地中熱 HP システムの評価フロー

II 地中熱ヒートポンプシステム評価の拡充

図1に地中熱利用システムの種類と本評価手法の適用範囲を示す。この度の拡充により垂直埋設型の熱交換器のうち「大口径固体充填」「間接型水充填」「直接循環型水充填」の3分類が評価対象に追加され、クローズドループの地中熱交換器をもつ地中熱ヒートポンプシステムのすべてを評価可能となった。この3分類には、基礎杭を利用した熱交換器、大口径ボアホールに埋設した熱交換器の多様な方法が含まれており(図2)、熱的な特性の違い及び審査時の確認の簡便さを考慮してグルーピングされている。

3分類の熱交換器を含めた評価フローを図3に示す。熱交換器3分類に対応して追加した相当熱交換器長換算係数 l の計算式を適用することで、それぞれの熱交換性能を反映することが可能となっており、以降の熱交換器の長さ(L)を有効熱伝導率 $\lambda=2.0[W/(mK)]$ の地盤に設置したダブルUチューブに相当する長さ(相当熱交換器長 L')に変換して熱源水温度を予測するモデルを適用するのはこれまでと変わっていない。

図4に有効熱伝導率と相当熱交換器長換算係数の逆数($\lambda=2.0[W/(mK)]$)におけるダブルUチューブの熱交換能力を1とした時の倍率を意味する)の関係を示す。追加された3分類の熱交換器については、直径 d の値にもよるが、ほぼダブルUチューブより大きな熱交換能力をもつモデル化がなされており、 $d=600mm$ での「大口径固体充填」ではダブルUチューブの1.2~2倍程度の熱交換能力を有すると評価される。

III 熱源水温度予測モデルの検証

図3の熱交換器3分類に対応して追加した相当熱交換器長換算係数 l の計算式を適用した熱源水温度予測モデルの妥当性を検証するために、実測データと比較検証を行った。ただし、実測と予測モデル構築に想定した状況に乖離がある場合には、その状況自体により熱源水温度の算定値が乖離することが容易に予想されることから、予測モデル構築に使用した「地中熱源ヒートポンプシステム性能予測プログラム」Ground Clubを介して、①実測状況下にあわせたGround Clubでの計算値と実測値の比較、②実測に近い空調使用パターン・気象条件下でGround Clubでの計算値と熱源水モデル予測値の比較と二段階での検証とした。

PHC杭(内部に水充填。間接熱交換)の検討を図5に示す。測定された熱源水温度の空調稼働時の日平均値はGround Clubの計算によりよく再現されており(図5 ①)、予測モデルによる算定もGround Clubでの推移とほぼ合致しており、一次エネ

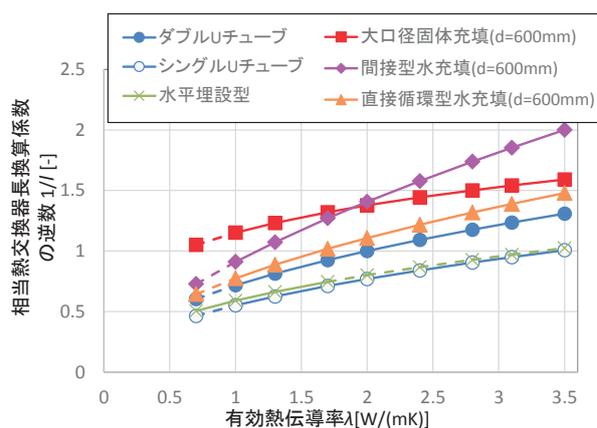


図4 地中熱交換器6分類の熱交換能力

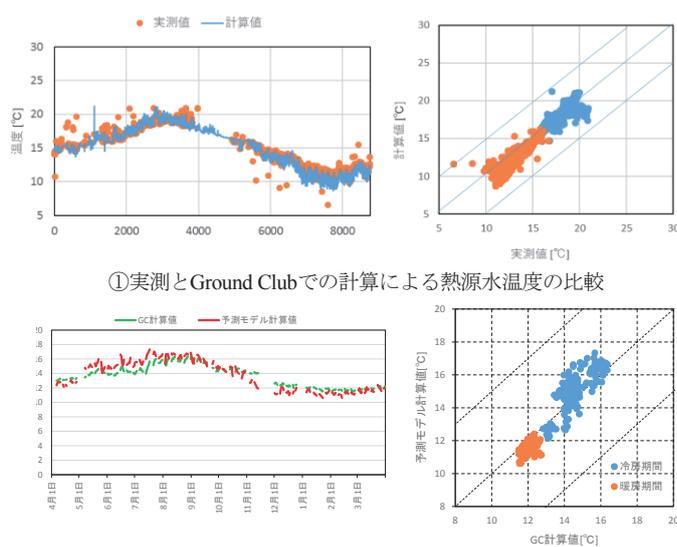


図5 PHC杭における熱源水温度予測モデルの検証

ルギー消費量計算における熱源水予測モデルとしては妥当なモデルとなっていることが分かる(図5 ②)。

IV まとめ

対象とする地中熱交換器の範囲を拡大した地中熱ヒートポンプシステムの省エネルギー性能評価手法について示した。

本報で示した地中熱ヒートポンプシステムの評価方法は、平成29年10月より建築物省エネルギー基準における一次エネルギー消費表計算法において利用可能となっている。

参考文献

- ・ 地中熱ヒートポンプの評価方法(タイプの判別方法), http://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Definitions/GroundSourceHP_20171010.zip (「建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報」サイト内, 2018年2月現在)