石川県工業試験場に導入した
地中熱システムの性能評価

電子情報部　○嶋田一裕

１．目　的

地表約15m以下の地中は，一年を通し一定の温度（約15℃）が保持されている。この熱源は，温泉等の地熱と区別するため地中熱とよばれ，エアコンの熱源として利用できる。外気を熱源とした既存のエアコンに比べて地中熱システムでは熱源温度と吹出し温度を近づけることができるため，電力消費で約7割程度と大幅な節電効果が期待できる。霊峰白山を有する石川県では，地中で排熱や採熱を行っても熱を運んでくれる地下水の流れが活発なため，地中温度を一定に保つことが期待できる（図1）。

そこで，本研究では北陸地方特有の気象条件や地下水利用を考慮した地中熱利用システムの適正を明らかにすることを目的とし，地中熱システムを石川県工業試験場（石川県金沢市）に導入し，適正評価を実施した。

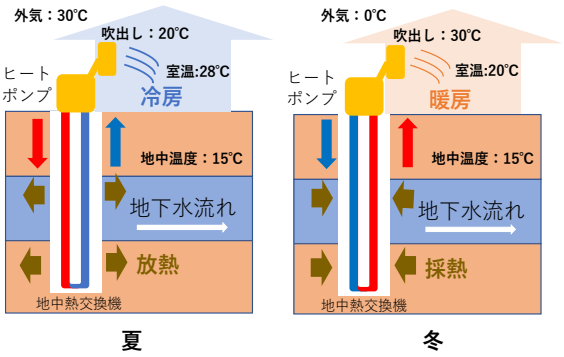

図１　地中熱システム模式図

２．内　容

2.1 導入した地中熱システムの概要

石川県工業試験では産業技術総合研究所再生可能エネルギー研究センターとの共同研究の一環として，本館一階にある「いしかわデジタル技術支援工房」に地中熱システムを導入した。ヒートポンプは冷房4kW／暖房5kW（コロナ社製）を用いた。地中熱交換器として，長さ100mのUチューブを地下に埋設した。また，埋設地からヒートポンプまでは約12mの配管で接続されており，地上に露出している配管部には断熱加工を施した。

2.2　実証実験

実証実験は2018年2月より開始した。これまでに年間を通して業務時間となる平日の日中のみ稼働した運転データを取得する実証実験を行った（以下，長期試験とよぶ）。また，2月の厳寒期（約14日間）と8月の厳暑期（約15日間）に，平日・休日や昼夜等の区別なく地中熱システムを終夜運転することで通常よりも高負荷の状態での運転性能を検証した（以下，集中試験とよぶ）。

2.3　長期試験の結果

図2は長期試験での外気温度と空調時の室内温度を示す。冷暖房ともに室内温度は設定温度内（暖房24℃・冷房25℃）を示しており，地中熱システムが設計どおり稼働している

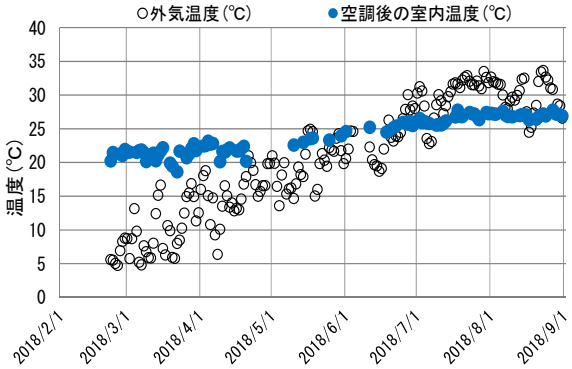

図２　外気温と室内温度（長期試験）

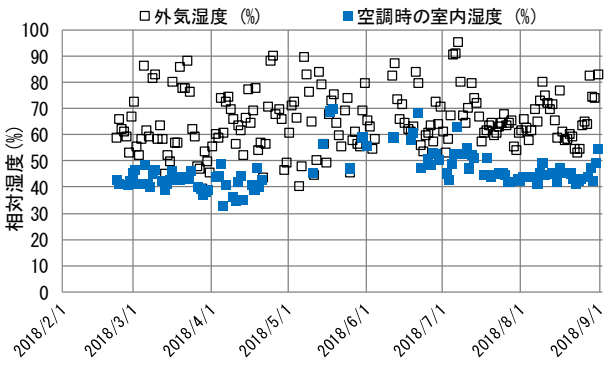

図３　外気湿度と室内湿度（長期試験）

ことが確認できた。図3に空調時の外気湿度と室内湿度を示す。冷暖房ともに空調時の室内湿度はおよそ30～60%の範囲で推移していた。

冷暖房時の空調の効率は，ヒートポンプ出力をシステム全体の消費電力で割った値で示され，システム成績係数（SCOP）と呼ぶ。長期試験で得られたSCOPは，暖房期間平均：約4.6，冷房期間平均：約5.5の値を示した(図4)。この値は，冷暖房ともに平均的な地中熱システムのそれより約2割高く，外気熱源のエアコンに比べ約4～5割も高い値であった。

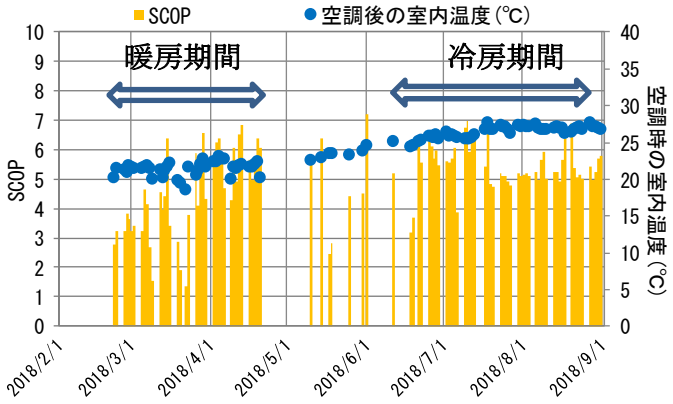

図4　長期試験のSCOP

2.4　集中試験の結果

空調時の室内温度は厳寒期・厳暑期ともにほぼ一定で維持された。図5は熱源水（不凍液）のヒートポンプ入口温度（地中と熱交換した後の熱源水温度）を示す。例えば，暖房時のヒートポンプ入口温度が徐々に低温となるのは，熱交換器周辺の地中温度が低下して効率よく熱交換ができていないために起きる現象である。集中試験開始前後における熱源水ヒートポンプ入口の温度差を見ると，厳寒期（暖房）では7.1℃（図5），厳暑期（冷房）では9.3℃（図6）になっていた。熱源水の温度ピークは，厳寒期・厳暑期ともに実験開始から10日以上経過した後に表れている。これは，過採熱・過放熱状態となることで，地中温度が徐々に降下・上昇したためと考えられる。また，ヒートポンプ入口温度は，集中実験終了後約１週間で通常の温度まで回復した。これは，一般的な過採熱・過放熱状態から通常状態の回復時間に比べ短く、地下水の流れにより熱移動が促進されたためと推察される。

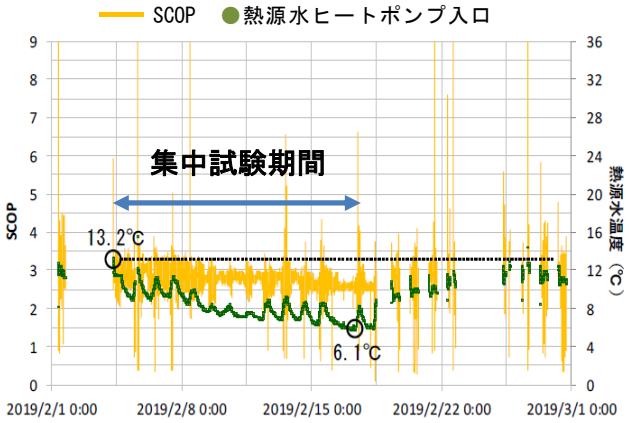

図5　集中試験のSCOPと水温（厳寒期）

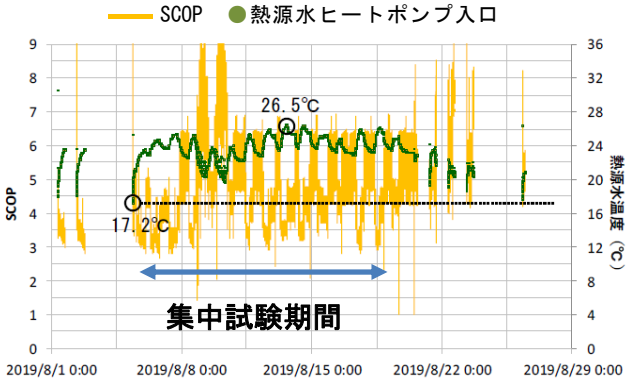

図6　集中試験のSCOPと水温（厳暑期）

３．結　果

石川県工業試験場に導入した地中熱システムについて実証実験を行った結果，以下のような成果が得られた。

・長期試験では冷暖房とともに良好な運転実績であり，SCOP の値も良好であった。
・集中実験では冷暖房とともに良好な運転実績であった。集中実験中の地中は過採熱・過放熱状態になるが，集中実験終了後約１週間で通常状態に戻った。

謝辞

多くのご助言を頂き，研究を伴に推進して頂いた産業技術総合研究所再生可能エネルギー研究センター地中熱チームの内田研究チーム長に深く感謝いたします。