

調整池を熱源としたヒートポンプシステムの熱利用可能性に関する評価

Evaluation of heat utilization potential of a heat pump system using ponds as a heat source

○三木昂史*・後藤眞宏*・石井雅久*

MIKI Takashi, GOTO Masahiro and ISHI Masahisa

1. 序論

栃木県那須野ヶ原地区の水路を対象に熱利用可能性について評価したところ、水路はヒートポンプの熱源として利用でき、水路の周囲 50m 程度の範囲であれば、十分な熱供給量を水路から供給できると報告している¹⁾。一方、農業水利施設である調整池やため池の熱利用可能性については、明らかにされていない。そこで本稿では、栃木県那須野ヶ原地域の調整池を対象に、ヒートポンプ(以下、HP)システムによる熱利用可能性について水温や水量等の水利データをもとに評価する。

2. 熱利用の評価対象とした調整池

栃木県那須塩原市那須野ヶ原地区の2ヶ所の調整池(A調整池及びB調整池)において、熱利用可能性に関する評価を実施した。調整池の総貯水量は、A調整池で103.9万 m^3 、B調整池で120万 m^3 である。A調整池では、通年で導水及び下流へ放水しており、B調整池では、主に灌漑期間(4月11日～9月5日)のみ、導水及び放水している。

2ヶ所の調整池内に水深と深さ方向の水温を計測するため、サーミスタチェーンを製作して池の中央に設置し、水面から水底まで1.0m毎に水温を通年で計測した。さらに、調整池の流出入地点の水温をサーミスタで通年観測した。また、那須野ヶ原土地改良区連合より提供を受けた調整池の導水量と放水量とともに、気象庁が栃木県黒磯地点で観測する気温データを収集した。データをもとに調整池をHPの熱源とした際の熱利用可能性を評価した。

3. HPシステムと熱交換特性

本稿の熱利用で想定するHPシステムの構成をFig.1に示す。室内機に相当するシート状熱交換器(二次側)と室外機に相当するシート状熱交換器(一次側)を水路内に設置し、熱交換器とHPを塩ビ管で配管するシステムとした。室内機側のシート状熱交換器(ジオシステム株式会社、Gカーペット)は、幅0.3m、長さ3.8mで、径6.0mmのポリエチレン製の管39本である。熱交換器内をブラインが循環することで水中から採熱してHPで熱を輸送できる、水から水に熱を運ぶ

HPシステムである。このHPシステムでは、冷房時、室外機において熱交換器を介して熱源に排熱することで室内を冷却でき、反対に暖房時、熱源から熱交換器を介して採熱することで室内を加熱できる。したがって、HPによる熱利用では、熱源温度を変化させることに留意する必要がある。

4. 結果と考察

A調整池では、年中導水と放水があり、調整池における滞留時間は通年で5.8～9.1日であった。A調整池の流出入地点の水温は3月～11月で流出地点の方が約1～3℃高い値を示し、12月～2月では、調整池内の流出入の温度差はほとんどなかった。3月～11月では、滞留時間が数日程度でも

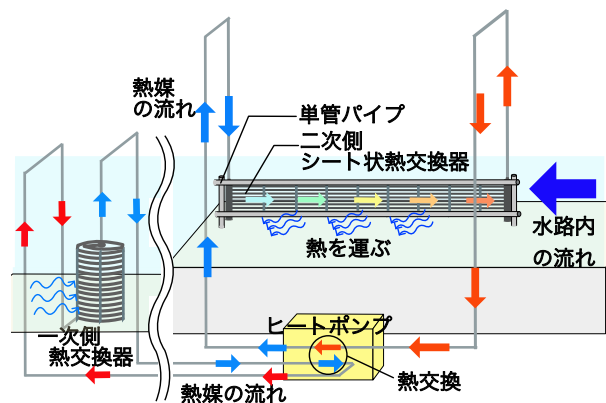


Fig. 1 HPシステム(冷房時、冷熱を運ぶ様子)

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：熱利用，農業用水，水熱源ヒートポンプ，再生可能エネルギー，調整池

調整池に流入することで水温を上昇させる効果があるといえる。3月～11月の気温は調整池の水温より高かったことや日射の影響により調整池内に滞留することで、貯留水が温まったと考えられる。B調整池では、灌漑期における滞留時間は24.1～34.9日で1日当たり32万～45万 m^3 の流出入があるものの、非灌漑期において流出入はなかった。A調整池の流出入地点の水温は4月～9月で流出地点の方が約3～7 $^{\circ}\text{C}$ 高い値を示した。

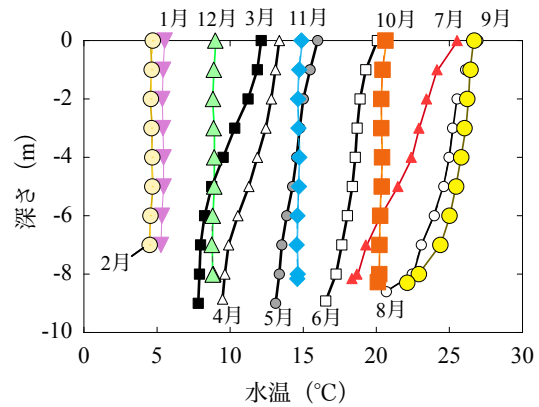


Fig. 2 B調整池の深さ方向の平均月水温

Fig. 2にB調整池における2023年3月～2024年2月までの深さ方向の月平均水温を示す。3月～9月において、水深が深い地点ほど水温が低くなることが確認された。水面と水底の水温差は2.9～7.2 $^{\circ}\text{C}$ であり、気温が高い時期ほど水温差が大きくなった。B調整池内への水の流出入はあるものの、貯水量に対して少なく、水面に近い箇所で取水されるため、水温躍層が破壊されずに形成されたと考えられる。一方、10月～翌年2月において、B調整池内の水温は深さ方向にほとんど変化がないことが確認された。しかし、調整池内で水温躍層は形成されないものの、調整池の水温は、気温に比べて3～6 $^{\circ}\text{C}$ 程度、高くなつた。A調整池でも同様の水温分布や変化の傾向が確認された。

HPで採熱（または排熱）する際、冷房時は熱源温度が低いほど、暖房時は熱源温度が高いほどHPシステムの効率が良くなる³⁾。したがって、調整池の水深が深い地点の水をHPシステムの冷熱源にできれば、6月～9月を中心とした夏期の冷房時の熱源として活用できる可能性が高いと考えられる。一方、冬期は気温に比べて調整池内の水温が高いことから、調整池全体を蓄熱体とみなして、HPシステムの熱源として活用できると考えられる。但し、1月や2月は水温が4～5 $^{\circ}\text{C}$ 程度と低い温度であるため、HPシステム内を循環させるラインに不凍液を使用することや熱利用後の水が凍結しないように池内で対流を生じさせるなどの対策が必要である。

調整池において、冬では、気温よりも水温は高く、夏では、気温よりも水温は低く、深い地点ほどより低い水温が確認された。調整池への流出入の有無にかかわらず、調整池は、蓄熱体としてHPシステムの熱源として活用できると考えられる。例えば、3節で示したHPシステムを調整池のような環境（非常に小さい流速の水中、流速0.02 m/s、水温21～25 $^{\circ}\text{C}$ ）で暖房運転させると、室内機に相当する熱交換器における熱交換特性は、採熱量4.29 kW、熱交換器の熱通過率（熱の取り出しやすさ）0.158 kW/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2$)で稼働でき、冷房運転では、排熱量2.38 kW、熱交換器の熱通過率0.127 kW/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2$)で稼働させることができる。例えば、7月のB調整池において、上記のHPシステム1台を冷房で用いると、1日で206 MJの排熱が熱交換器から生じる。そのHPシステムと熱交換器約2万枚（6畳用エアコン2万台分に相当）を1日冷房利用すると、熱交換による排熱で調整池の水全て（約988千 m^3 ）が1 $^{\circ}\text{C}$ 上昇すると算出された。

4. おわりに

本稿では、調整池を対象にHPシステムによる熱利用可能性の評価を実施したが、ため池もHPシステムの熱源として活用できると考えられる。しかし、調整池をはじめとした農業水利施設の周囲には住宅や商業施設等が少なく、熱の需要と供給のマッチングが課題である。今後、熱利用方法なども検討するとともに、地域の水利システム全体での熱利用ポテンシャルを評価する必要がある。

【謝辞】本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「NEDO先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/農村漁村地域のRE100に資するVEMSの開発」（JPNP14004）及び内閣府戦略的イノベーション創造プログラム第3期スマートエネルギーマネジメントシステムの構築「RE100を実現する農村型VPPの開発」受け実施した。また、那須野ヶ原土地改良区連合に多大な協力を頂いた。ここに付記し、感謝の意を示す。【参考文献】1)三木ら(2023): 栃木県那須塩原市青木地区を事例とした農業用水路を熱源とした熱需給ポテンシャルの評価, 農業環境工学関連学会 2023年度合同大会 2)一般社団法人都市環境エネルギー協会(2013): 地域冷暖房技術手引書改定第4版, 65-71. 3)北海道大学環境システム工学研究室(2020): 地中熱ヒートポンプシステム, オーム社, p.227