

下水道の潜在能力に光を

倉敷市環境リサイクル局下水道部下水施設課技師

原田 裕里

1. 倉敷市の概要

倉敷市は、岡山県南部岡山平野のほぼ中央部に位置し、年間を通じて温暖・少雨の瀬戸内式気候に属している、面積は約356km²、人口約48万2,000人の中核市である(写真-1)。

本市の下水道事業は、昭和27年に着手以降、令和2年3月末までに下水処理場4カ所、ポンプ場24カ所を整備し、下水道人口普及率は80.6%となり、市街化区域における下水道整備は概成している。今後、下水道事業の経営を持続するためには、下水道の存在について地域住民の方に理解をより深めていただくことが重要であり、下水道事業のプレゼンスの向上が方策の一つだと考える。

2. 下水道の理解の促進とプレゼンス向上

(1) 広報活動

本市の下水道部では、若手職員による「広報プロジェクトチーム」があり、広報活動を行っている。主に、小学4年生を対象とした出前授業や下水処理場での親子探検隊、イベントではマンホールdeホットケーキ(写真-2)やマンホールdeアート(写真-3)…など、楽しみ、味わいながら下水道に関心を抱いてもらえるような活動をしている。

広報プロジェクトに入った当初、私自身下水道とは…?という状況であったので、この広報活動は下水道普及のためだけでなく、若手職員の下水道の理解が深まるものだと思う。残念ながら令和2年度はイベント開催ができない状況のため、令和3年度の活動に向けて出前授業等の改善をしている。普段は目にすることがない下水道の理解を得るために、今後も下水道を伝えるきっかけをつくり、環境学習に寄与したい。

(2) 低炭素化社会に向けての取り組み

本市では、太陽光発電システム、太陽熱利用システム、地中熱利用システム等、低炭素化社会に向けて積極的に取り組んでいる。下水道部においては、平成26年度、児島下水処理場に消化ガス発電設備を導入し、発電した電気を処理場内にて利用している。導入した際、市内の小学4年生を対象に愛称を募集し、「くら」しきの「げ」すいで、で「んき」をつくる」と意味を込めた「くらげんき」と名付けられた。そして、平成30年2月から倉敷市庁舎に隣接した「倉敷市屋内水泳センター」(以下、水泳センター)に、熱交換器を地上に設置した管路外設置型熱回収方式による下水熱利用システムを国内で初めて導入した。

本稿では、下水熱利用システムに関する導入の経緯、概要、導入後の成果について説明する。

3. 下水熱利用事業への取り組み

(1) 導入の経緯

① 下水熱とは

家庭や工場から排出される下水(汚水)は、外気温度に比べて、夏は低く、冬は高い、年間を通じて温度が安定しているという特徴がある。下水は人口集積部であるほど高いポテンシャルエネルギーを有しており、熱需要とのマッチングに優れた未利用エネルギーといえる。そのため、この温度差エネルギー(下水熱)を給湯や空調を目的としたヒートポンプ熱源として利用すると、省エネルギーや温室効果ガス排出量削減に貢献することになる。国内において現在30カ所程度で実施されるなど、近年積極的な導入が進められている。

② 導入に向けて

下水熱利用では、平成27年の下水道



写真-1 倉敷の観光名所である美観地区



写真-2 マンホールdeホットケーキ



写真-3 マンホールdeアート

法改正により、民間事業者が下水道管路内に熱交換器等を設置可能となったことから、利用促進に向けた動きが活発化している。本市でも下水道の付加価値の活用の一環として、下水熱利用に関する調査研究を進めていた。

そのような状況の中で、平成27年度に水泳センターの既設熱源が老朽化しており、温水プールの運用を継続するためには熱源改築が急務になっているという情報を入手した。水泳センターでは、隣接した環境センター（ごみ処理施設）の排気を蒸気ボイラに使用して温水プールの熱源としていたが、環境センターの施設老朽化により処理施設が解体となり、蒸気ボイラも老朽化により取り壊されることが決定していた。（水泳センターは、本市が所有する日本水泳連盟公認プールのうち、年間を通じて温水プールとして運用する唯一の施設で、毎年数多くの公式大会が開催され、年間約17万人が利用する重要な施設。）そして調査を始めたところ時期を同じくして、国土交通省の下水熱アドバイザー派遣等支援事業による支援を受けることができ、水泳センターにおける下水熱利用についてFS（実現可能性調査）が実施され、高い事業性が示された。

結果として、下水熱利用システムを新たな熱源として導入することを熱需要部署に提案し、正式に本事業の事業化が決定した。

③下水熱の効果的な利用と工夫

水泳センターの熱源は蒸気ボイラで、暖房とプール加温の熱要求すべてを賄っていた。FSでは高い事業性が示されたものの、熱源のみを改修する場合、下水熱源ヒートポンプで蒸気ボイラ同等の高温を供給する必要があるため、機器の運転効率が大幅に低下するという問題がある。そこで、下水熱利用システム採用のためには、環境性、経済性で最適なシステムを構築する必要があった。

まず、暖房とプールの加温への熱需要には時期的および要求温度に違いがあることに着目し、下水熱利用範囲をプール加温のみに限定した。高温要求のある暖房には、別途温水発生機を設置した。これにより、各機器を高効率で運転を可能とするシステムが確立され、システムの効率化（環境性向上）を図った。さらにプール自体が貯湯槽として、機器の運転負荷を平準化させる機能を有することから、貯湯槽を設けないシステム（経済性

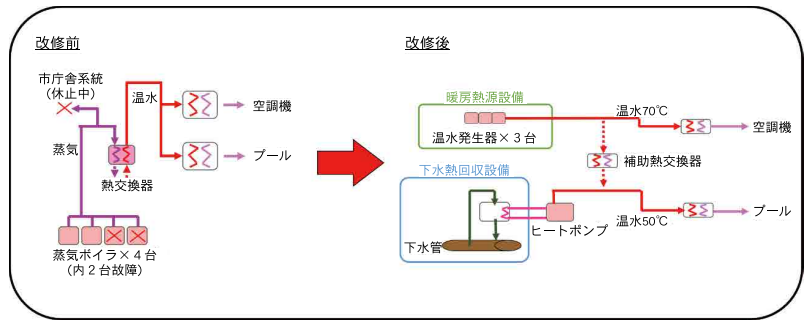


図-1 システム概略図(改修前、改修後)

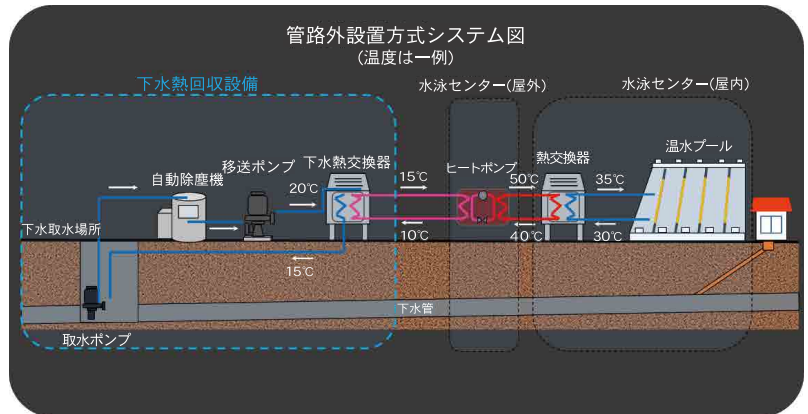


図-2 管路外設置方式システム図



写真-4 ①取水ポンプ内

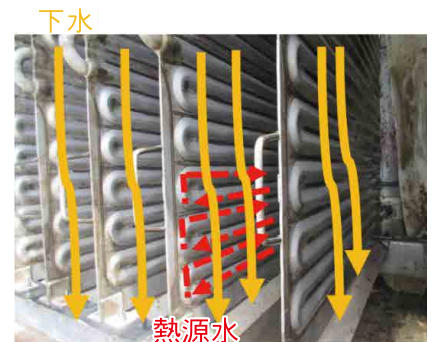


写真-5 ④伝熱プレート（流下液膜式熱交換器）

向上)とした(図-1)。

(2)熱回収技術

下水熱利用方式には、下水処理場から放流する下水処理水を利用する場合と、下水処理場に流入する前の下水を利用する場合がある。下水熱回収方式は、「管路内設置型」と「管路外設置型」に大別される。近年では、下水管路の老朽化対策に合わせて下水管路内に熱交換器を設置することで工事費を安価にできる管路内設置型回収方式の採用が多い。

一方、管路外設置型熱回収方式は、下水施設と熱需要家施設のマッチングで困難なケースが多く、下水管路から下水を取水する事例は国内でも非常に少ない方式だが、今回の下水熱利用では、付近にφ1,200mmの下水管路があることに加え、

熱回収可能なマンホールが市所有敷地にあるという好条件があった。また、下水管も健全で管路の修繕工事の計画もなかった。総合的に判断した結果、見える化による市民へのPR効果や国内初採用であることのトピック性を重視し、地上に熱交換器を設置する管路外設置型熱回収方式の採用に至った。

システム概要は(図-2)のとおり。

- ①熱源となる下水をマンホール内に設置した取水ポンプで揚水する(写真-4)。
- ②揚水した下水中のきょう雑物等を自動除じん機で除去したあと、付属のタンクに貯留する。
- ③きょう雑物等を取り除いた下水を、移送ポンプにより圧送することで熱交換器上部から流入させる。

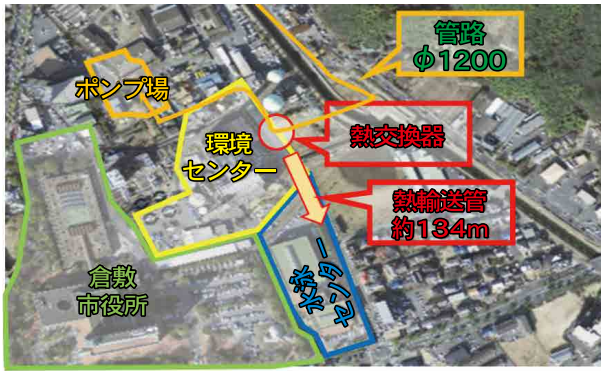


図-3 位置関係図

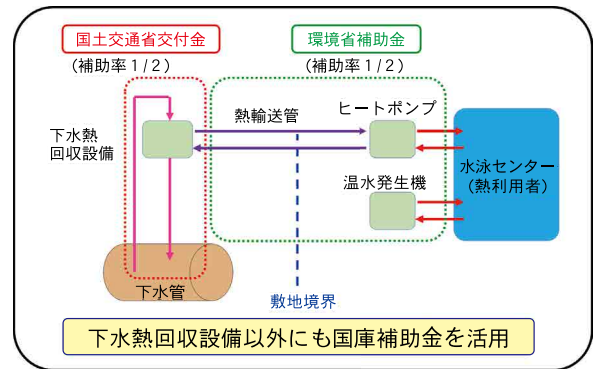


図-4 補助金の活用



写真-6 下水熱利用システム「くらげのゆ」

- ④熱交換器では、伝熱プレート外面に下水を流下させることで、内面のヒートポンプ熱源水と熱交換する(写真-5)。
- ⑤熱源水は熱交換器から134m離れた水熱源ヒートポンプ間を循環することでヒートポンプの低温熱源として利用される(図-3)。
- ⑥プール熱源となる温水と熱交換される。そしてその温水によりプールを加温する。

(3) 補助金の活用

下水熱利用システムは、熱源機器である下水熱源ヒートポンプに加え、下水熱回収設備や熱輸送管が必要であった。さらに、下水熱源ヒートポンプの普及が進んでいないことから、一般的なボイラや空気熱源ヒートポンプに比べ機器単価が高額であったため、事業全体に補助金制度の活用が必須であると考えられた。

しかし、下水道事業で交付対象となる「新世代下水道支援事業制度」を活用した場合、熱輸送管や熱源設備は交付対象外となるため、他の補助金の活用も検討すべきと考え、本事業に適用可能な補助金のうち、

- * 補助率が高いこと
- * 補助対象範囲が広い(機器だけでなく熱源改築工事全体が対象となる等)こと

* 採択可能性が高いこと

から、「二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金(地方公共団体カーボン・マネジメント強化事業)」を申請活用することとした。必要書類の作成や整理に苦慮したが、事業の独自性や先進性、二酸化炭素排出抑制効果をアピールすることで採択に至り、「新世代下水道支援事業制度」と「二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金(地方公共団体カーボン・マネジメント強化事業)」の両方を活用することで、事業全体への補助金制度の活用を実現することができた。

4. 本事業による効果

(1) 環境面

下水熱の導入前と比べ、計画では二酸化炭素30%(-212t/年)の削減を見込んでいたが、令和元年度は、41%(-286t/年)削減できた。また、電気や都市ガス等の使用エネルギー量も計画値34%(-4,888GJ/年)の削減に対し、44%(-6,387GJ/年)削減することができた。

また、プールの暖房は、熱供給システム制御に温水循環ポンプ電動機のインバータ制御等を採用し、省エネルギー性能を向上させたことや系統ごとの熱量を把握するための管理シートやグラフ作成を実施している。これにより、施設管理者は過去の熱利用傾向および適宜運転状況を把握し、暖房のON/OFF操作等の最適運転に繋げている。きめ細かい運転工夫が活かせるシステム構成となったこともあり、計画値の削減を上回る効果を得ることができたと考える。

(2) 広報面

熱交換器設置場所の隣接道は小学生の通学路で、向かいには倉敷商業高校の野球グラウンドがある。そこで、近くを通る児童・生徒に下水道を広くアピールす

るため、下水道部広報チームで「くら」しきの「げ」すいでプール「の」お「ゆ」をつくる」を略して「くらげのゆ」と愛称をつけ、クラゲのキャラクターを誕生させた。また、下水は地下を流れており、機器に看板がないと何なのかを理解してもらえないと考え、熱交換器にイラスト看板を設置した(写真-6)。見える化をすることで、下水道を身近に感じてもらい、環境学習のきっかけになることを期待している。また、平成30年度「循環のみち下水道賞」では、イノベーション部門を受賞することができた。

5. おわりに

本市の下水熱利用システムは、下水道ポテンシャルエネルギーの有効活用について検討していた際に、水泳センターの熱源改築時期とのマッチングや下水管路と水泳センターの立地条件、国土交通省の下水熱アドバイザー派遣等の支援があり実現することができた。

下水道は、普段の生活では恩恵を受けていると感じにくい、重要なライフラインのひとつである。今後、再生可能エネルギーの利活用という視点で、資源・エネルギー問題や温室効果ガスの削減等、地球環境問題の解決に大きく貢献できる下水熱が下水道のプレゼンス向上につながることを期待したい。