

十日町市における下水熱利用の取組み

村山 一司

十日町市役所 建設部 上下水道局（〒948-0072 新潟県十日町市寅甲688番地）

平成25年から東亜グラウト工業株式会社、株式会社丸山工務所と取り組んでいる下水道の中小口径管路における下水熱を利用した空調及び融雪の実証効果および今後の取組みについて報告する。

1. はじめに

エネルギー資源の乏しい日本では、限りある資源の有効活用化を考えることが重要である。私たちの身近に存在する下水道は、水インフラとして既に管路が張り巡らされており、その管路からエネルギーが回収できれば新たな熱エネルギー供給源として期待できる。しかも、下水道の管路網は、人口密集地に集結しており多様化する人々のライフスタイルから下水の流下があるならば長時間にわたって採熱（排熱）することが可能である。採熱システムを構築すれば、従来ならば排出していたエネルギーを永続的に回収し続けることが可能となるのである。また、下水道管路は、敷設後 50 年を経過した物が増加しており、老朽化による陥没事故からインフラを守るためにも早急に管路更生にて延命するべきとの声が年々高まってきている。

共同研究者である東亜グラウト工業株式会社は、平成24年の「B-DASH プロジェクト：下水道革新的技術実証事業」にて大口径の下水熱利用の共同研究を行ってきた。本稿は、その後中小口径管路においても下水熱を活かした「空調」、「融雪」の実運用が有効であることを確認した報告である。また、この研究の目的は、中小口径管路内設置型下水熱利用システムの可能性として、実運用を通じて技術的課題や有効性を検証し、管路更生を行いながら下水熱を活用するシステムとして世の中に普及させることである。

2. 下水熱の活用

下水の温度は、図-1下水と外気の平均温度比較 に示すとおり、年間を通して温度の変動幅が小さく冬は暖かく夏は冷たい傾向にあり、生活に用いる温度域に近いのである。従来のエアコンや冷蔵庫に代表される空気式熱

交換器は、外気を利用しているため気温の変動幅が大きく、その分、熱交換器に負荷がかかるため消費電力が大きくなるのである。また、水（下水）は、空気との24倍と熱伝導的に優れるため水熱源式ヒートポンプを活用する下水熱の技術は合理的である。

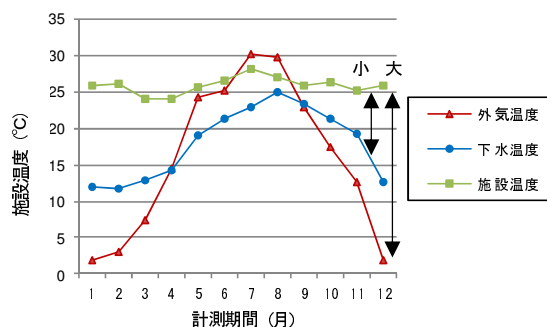


図-1 下水と外気の平均温度比較

下水熱を空調に利用する場合は、熱の移動が冬期と夏期によって異なり、冬期は下水から熱を採取し暖房として利用し、夏期には熱を下水に放出することで冷房として利用するのである。また、給湯に用いる場合は、夏期や冬期に関係なく熱を回収しつづけるのである。つまり、下水熱の活用技術とは、安定した温度である下水の特性を活かすことで、高効率にてヒートポンプの運転が可能となり消費電力を抑制することが可能となる省エネ技術と言える。

この様に、安定した温度の下水を利用する合理的な構想は、過去にも活用されることがあったのだが、下水処理場やポンプ場の近傍での利用が中心となり、離れた場所では送水管路などの施設が必要となることから、建設コスト等が増大するという懸念があった。また、処理水とはいえ、下水そのものを利用することから臭気等の対策が必要であった。

3. 中小口径管路内設置型の下水採熱技術

本技術は、以前から実績のあるΦ800mm以下の中小口径管路に設置する管路更生および下水熱の利用技術である。硬化する前の更生材料「ライナー材」は、手で触ると菱餅程度の弾力性を有する筒状の形状である。材質は、耐酸性ガラス繊維と光硬化性不飽和ポリエステル樹脂から構成されており、これを下水道管路内へ引き込むのである。既設管路内へ引き込んだ更生材の内部へ大量に空気を送り込み、空気圧にて風船の様に拡張させることで、既設管の内壁面に更生材を密着させるのである。そして、更生材内の空気圧を保ったまま光を照射する機械を管内部で走行させることにより、**図-2熱回収施設（管路更生および熱回収管）**に示すとおり、更生材を硬化させて既設管の内側に高強度の新設管を構築できる。

採熱部については、**図-3システム概要図**に示すとおり、熱回収用の熱交換マットを事前に管底部に設置しておくだけで、下水管路を流下する水深の変化に影響せず常に安定して管底から熱の採取（排出）が行える。

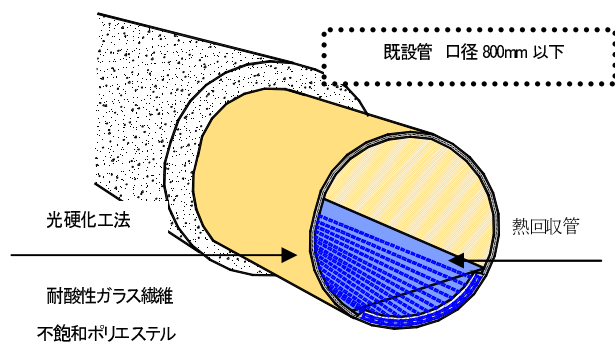


図-2 熱回収施設（更生技術および熱回収管）

3-1. 空調利用

このシステムの計画は、平成25年度に国土交通省から技術的な支援を受け「下水熱利用プロジェクト構想構築支援事業」として、東亜グラウト工業と十日町市の共同にて策定したのである。そして、この構想にもとづいて平成26年12月末に施設を建設した。

空調の実証は、汚水幹線沿いにあり流量が安定して確認できる十日町市立西保育園の事務室（約26m²）にて、下水熱を用いた空調として一年間の利用を継続した。施設の概要は、既設管径Φ800mmの人孔間距離56.7mから熱を回収し施設まで輸送させて利用したのである。具体

的には、①熱回収施設、②熱輸送施設、③計測機械室、④熱利用施設の4つの施設から構成されている。

結果は、冬期での利用が長く4.0mを超える積雪量の中で11時間/日（7:30～18:30）を稼働させ、合計2,000時間を超える運転となった。下水温度は、平均17℃（12～24℃）と安定しており、日中の天候変動にも問題なく対応できることが確認できた。また、計測の結果は、**図-4運転時間とCOP**に示すとおり、年間エネルギー効率（以下「COP」という。）は5.9であった。一般的な、低温環境での空気熱源式のCOPは3.0程度と言われているため、運転費用（ランニングコスト）を抑えることができる。

夏場のCOPが高かった一因としては、計測した室内の設定温度が28℃とやや高め環境で利用していたという点も結果的に高効率な運転に繋がった可能性がある。また、クッションタンク容量や設定温度、利用規模、ヒートポンプ能力、の設定が適切であったと考えられる。そのため、新たな設置環境によっては、今回計測した年間COPの値を下回る場合も想定されるが、年間をとおして問題なく運転できたのは大きな収穫と言える。また、これらの空調運転は、施設に勤務する方の手によって毎日操作され安全に管理できたことも確認できた。

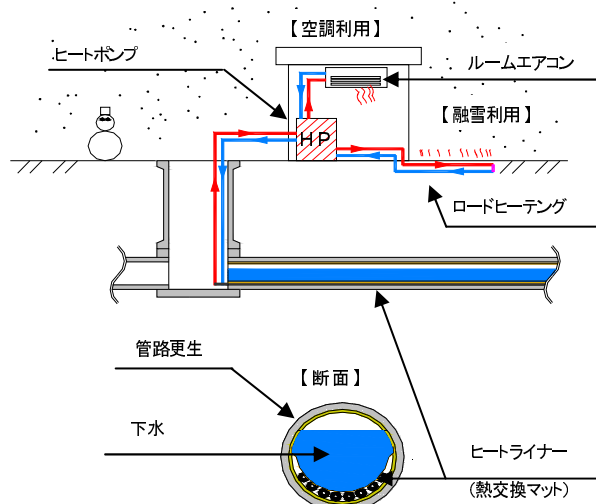


図-3 システム概要図

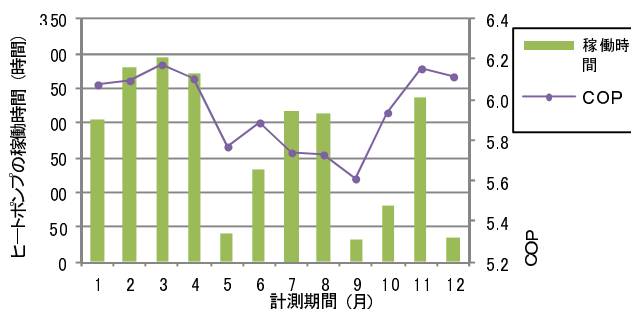


図-4 運転時間とCOP

3-2.融雪利用

融雪の実証は、空調施設に隣接する駐車場内（10.5 m²）に設置した。これは、空調機器から融雪施設へ熱の供給先を切り替えることで、最小限の費用にて、新たに融雪のデータ計測を行うためである。

一般に、ロードヒーティングは、融雪および凍結防止の施設として全国的に利用されている。代表的なものとしては電熱式と温水ボイラーを用いる方式がある。電熱式は、路面下の地中内に設置した通電線に電気を流し、その電気を熱に変換することで路面温度を上昇させ、雪を溶かし凍結を防止するシステムである。そのためランニングコスト（電気代）に多額の出費が伴うことが課題である。このような状況から電力会社では、融雪専用のための安価な電力プランが設定されている地域もある。一方、温水ボイラーを用いる方式では、地中内に通電線の代わりに放熱管を埋設し、その管内に、ガスや灯油などを燃料とした温水ボイラーで温めた不凍液等を循環させることで路面温度を上昇させる仕組みである。こちらもランニングコスト（燃料代）が課題となっている。この様なことから、融雪施設を設置したが電気代および燃料代に多額の経費がかかるため機能を停止させ、運転維持していない施設も数多く存在している。

本施設は、下水熱源とヒートポンプの組合せを活用して効率よく温めた不凍液等を循環させ、路面温度を上昇させる仕組みである。設置したセンサーにて、降雪を確認すると自動的に下水道管路より採熱が始まり、ヒートポンプと融雪施設が稼働し、駐車場の路面温度が高まるのである。

十日町市の平成27年度の降雪は、10年に1度という小雪であり、設定した3 cm/時間（72cm/日）の連続した降雪は発生していない状況であった。しかし、1月下旬には、短時間の降雪ではあったが設定値を超える6cm/時間の降雪に対し、**図-5施設の融雪状況** に示すとおり確実な融雪効果を確認している。



図-5 施設の融雪状況

4.おわりに

今回は、下水熱を活かした「空調利用」として冬期は採熱して暖房に、夏期は放熱して冷房に利用できることを1年間かけて実証した。その計測結果も、他地域での研究での管路内設置型による効率と同等程度であることが明らかになっており、下水熱の有効性が一段と期待できるものになったと言える。さらに、「融雪利用」としても運転が可能であることがわかってきたのである。

また、下水道法の一部改正により、民間事業者が下水道の管路内に熱交換器等を設置することが可能となった。

イニシャルコストの負担が大きいこと、ポテンシャルマップの作成が必要などの課題があるが官民連携しながら課題を解決して行かなければならない。

今年度は、B-DASH（下水熱を活用した融雪技術）に採択され融雪について従来システムとの詳細な比較を行うことにより現在のシステムを利用し道路融雪に転用ができるかの研究を行う。今後の研究によりすべての積雪地に対し、良好な結果が示めされればと考えている。