

# 管路更生と組み合わせた下水熱利用システムの開発

中 井 健 司

東日本大震災の発生以後、省エネルギー・創エネルギー対策は、社会的に大きな課題となっており、再生可能エネルギーの利活用がより一層求められている。下水熱利用はこうしたエネルギー対策の一つと考えられており、下水道管路から直接熱を回収して有効に活用する技術を確認することで大きな効果が期待できる。

また、下水道管路は、敷設後 50 年を経過したものが近年増加しており、老朽化による陥没事故や破損事故が増加している。下水道事業においては、ストックマネジメントの実践により、維持管理・改築・修繕の一体的な最適化を図り、計画的に改築（更新・長寿命化対策）を実施していくことが求められている。

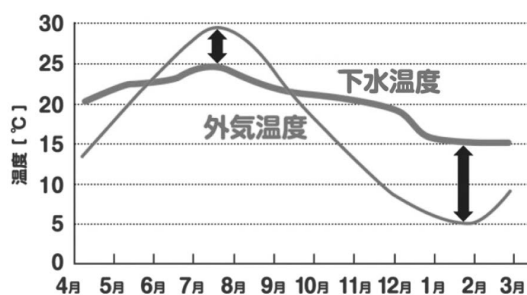
この度、管路更生の技術に熱回収の機能を付加したシステムを開発した。管路更生用部材に集熱用配管を組合せることで、安定した熱源である下水から直接熱を採取する。採取された熱は、ヒートポンプを組合せ、冷暖房、給湯等の熱源として高効率で利用することができる。

本稿では、上記下水熱利用システムを用い、仙台市との共同研究事業として平成 25 年度より行っている実証研究について紹介する。

キーワード：再生可能エネルギー、下水熱、熱回収、ヒートポンプ、エネルギー効率、ストックマネジメント、下水管路、管路更生

## 1. はじめに

東日本大震災の発生以後、省エネルギー・創エネルギー対策は、社会的に大きな課題となっており、再生可能エネルギーの利活用がより一層求められている。下水熱利用はこうしたエネルギー対策の一つと考えられており、下水管路からの直接熱を回収して有効に活用する技術を確認することで大きな効果が期待できる。



図一 1 下水温度と外気温度の例

## 2. 下水熱の利用状況と課題

下水温度は、年間を通して安定しており、夏場は外気温度より低く、冬場は高いという特性があり、都市内に豊富に存在している（図一 1）。ヒートポンプを組み合わせることにより、回収された下水熱は、室内冷暖房等の熱源として高効率で利用することができる（表一 1）。

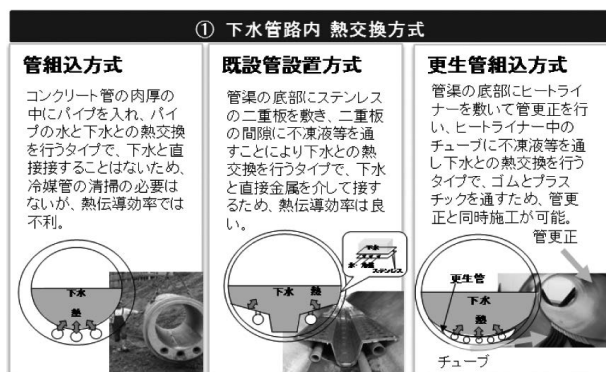
具体的な事例として、幕張新都心や名古屋市などで処理水を熱源とした熱利用が行われている他、東京の後楽 1 丁目や盛岡西口地区などでは、未処理下水を熱源とし特殊な熱交換機を用いた下水熱利用が行われて

表一 1 下水熱利用事例（国内）

|                     | 下水種類 | 熱供給対象       | 延床面積     | 供給開始     |
|---------------------|------|-------------|----------|----------|
| 幕張新都心<br>ハイテクビジネス地区 | 処理水  | オフィスビル、ホテル  | 932,000㎡ | 平成2年4月   |
| 後楽一丁目地区             | 未処理水 | 娯楽・業務施設、ホテル | 242,000㎡ | 平成6年11月  |
| 盛岡駅西口               | 未処理水 | 複合ビル、テレビ局   | 56,000㎡  | 平成9年11月  |
| 江東区<br>新砂三丁目地区      | 処理水  | 病院、オフィス     | 62,000㎡  | 平成14年4月  |
| 芝浦<br>ソーニャー         | 処理水  | オフィス、会議室、店舗 | 163,000㎡ | 平成18年10月 |

いる。しかしまだ活用実績は少なく、今後の利用拡大が期待されている。

一方、海外の下水熱の利用動向を見てみると、処理水を熱源とするものは、大型のものがドイツ・スイスの他ノルウェー・カナダで採用されている。未処理下



図—2 海外における下水熱交換方式の事例

水を熱源とするものは、ドイツ・スイスで導入されており、下水道管路に熱回収パネルを設置するもの（既設管設置方式）や管自体に熱回収管を組み込んだもの（管組込方式）などのシステムにより熱を回収するのが多数採用され、導入実績が増えている（図—2）。

熱回収技術の進んだ海外と比較すると我が国の下水熱利用は、いずれも下水処理施設・ポンプ場敷地内建築物内とその周辺に限られた熱利用であることから、下水道管路で熱を回収するシステムを一般化し、下水処理施設・ポンプ場の周辺以外の場所でも下水熱利用を可能にするなど、汎用性を高める必要がある（図—3）。

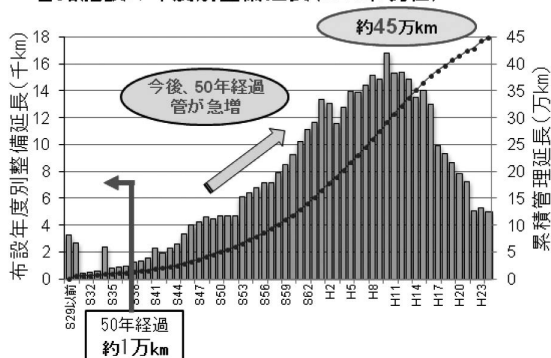


図—3 下水熱利用の導入エリア拡大イメージ

### 3. 管路更生に合わせた熱回収技術の開発

我が国の下水道管は、戦後都市部を中心に整備が進

■ 管路施設の年度別整備延長 (H24末現在)



図—4 年度別下水管整備延長

んできた。現在敷設後50年以上経過した管路が11,000 km、30年以上が84,000 kmとなっており、その老朽化が深刻な問題となっている（図—4）。

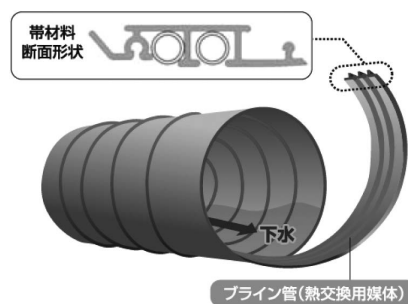
老朽化した下水道管路をリニューアルする工法は、管路条件に合わせていくつかある。その一例を以下に示す（図—5）。この工法は、製管工法のひとつで、既存の管路を開削することなく、その内側に新たに管路を構成するものである。施工は、マンホールからプロファイルと呼ばれる塩ビ帯状部材をスパイラル状に製管し、既設管路と更生管（製管した管）の間に特殊裏込め材を充填し、既設管路と一体化した強固な複合管としてリニューアルするものである。



図—5 製管工法の一例

近年の下水熱利用ニーズの高まりに対応すべく、この度、管路更生と同時に熱回収の機能を付与できるシステムを開発した（図—6）。管路更生部材に集熱用配管を組合せることで、通常の製管工事と同時に集熱用配管を敷設できる。その集熱用配管に熱交換用媒体としてブライン（不凍液）を使用し、ブラインを循環させることで、下水から直接熱を採取する。この熱回収技術の特徴としては、以下があげられる。

- ① 更生工事と同時に熱交換器の設置が可能で建設コストの低減を図れる。
- ② 熱回収管が下水と直接接触する構造で熱回収性能が



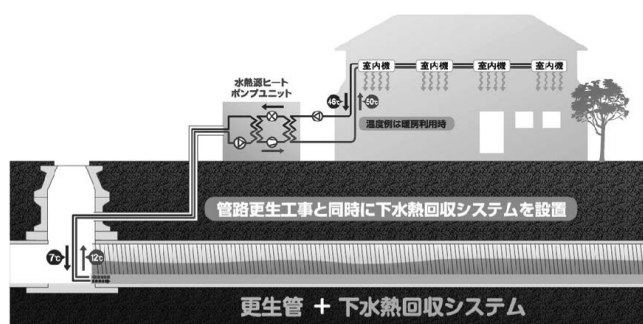
らせん更生管内部にブライン管を配置

図—6 集熱器組込型更生管

高い。

- ③熱回収管が樹脂製であるため耐食性、耐久性に優れる。

採取した熱は、ヒートポンプの熱源として利用され、空調や給湯、融雪などに使用される。この熱回収技術を用いた下水熱利用システムは、専用の取水設備などを必要とせず、管路外方式と比較して建設費や維持管理費などのコスト縮減を期待できる（図－7）。



図－7 下水熱利用システムの概念図

#### 4. 仙台市における下水熱利用実証研究事業

次に仙台市との共同研究事業として平成 25 年度に行った実証研究について紹介する。今回仙台市での下水熱利用システム導入にあたり、下記関係者に協力いただいた。

- ・仙台市（共同研究パートナー、対象管路提供）
- ・地権者
- ・スーパーマーケット（店舗内給湯利用）

本事業は、震災後の平成 23 年度に国土交通省により立ち上げられた「下水道地震・津波対策技術検討委員会 復興支援スキーム検討分科会」の中で「管路の下水熱利用システム」を仙台市に提案し、国土交通省

下水道部の業務として事業可能性検討を実施したものがベースとなっている。下水管渠からの下水熱利用の実用化は本件が本邦初となる。

##### (1) 共同研究の概要

本事業は、仙台駅から車で 10 分程の、広瀬川沿いにある工場跡地開発区域（ゼライスタウン）内に建設されたスーパーマーケットを熱需要家として給湯利用を行うものである（図－8）。

開発区域の北側には、既存合流式下水道管の南小泉幹線（φ 1,200 mm）が埋設されており、そのうち 45 m の 1 スパンに対して管路更生および熱回収管を設置した。また、下水から取り出した熱をヒートポンプまで運ぶブラインを循環させるための配管を、民間敷地内の緑地帯に約 95 m 埋設し、店舗脇にヒートポンプを設置した。

利用用途は、スーパーの惣菜、精肉、鮮魚コーナーのバックヤードでの使用とし、1 日の給湯量を 4,600 リットルとした。

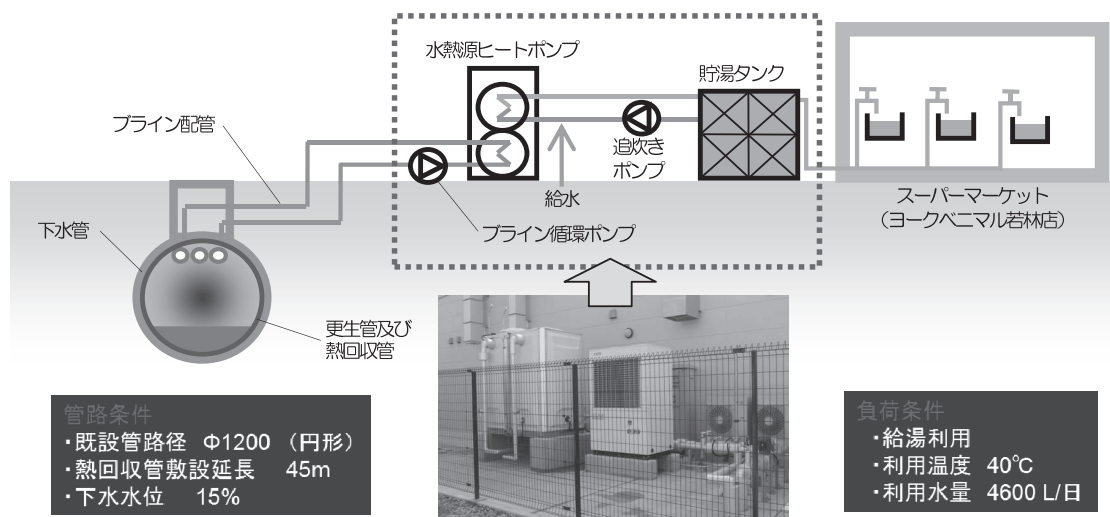
##### (2) 施設施工時における実証

施設の区分は、公道下を下水道事業とし、民間敷地内を民間熱利用事業として実施した。

##### (a) 下水道事業

公道下部分の施工は、下水管内の更生工事と熱回収機器設置及び民間敷地までのブライン配管埋設が対象となる。

対象管路延長は 45 m で、熱回収配管は全 45 m の管路において 3 ～ 4 m のユニットに分割しており、それぞれのユニットにブラインを投入－返還するための熱回収本管に接続される。すなわち熱回収本管は、

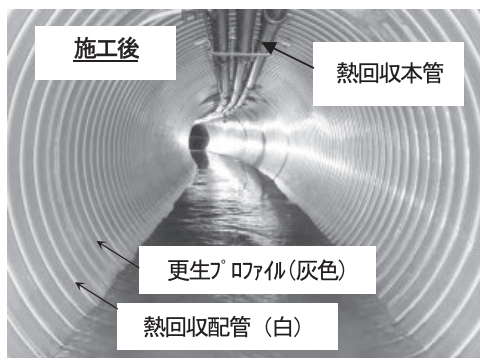


図－8 システム概略図





写真—1 製管状況



写真—2 施工前後状況

各ユニットのヘッダー管として機能する。

製管完了後、熱回収本管を設置し、個々のユニットの熱回収配管と熱回収本管を接続する。すべてのユニットを熱回収本管に接続し、ブラインを投入して循環確認を実施した。接続部からのブライン漏れなどがないことを確認して管路内作業は完了となる（写真—1, 2）。

#### (b) 民間熱利用事業

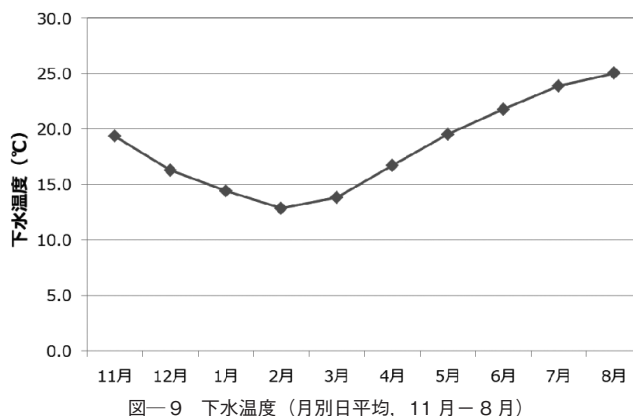
民間熱利用事業については、民間敷地内の配管埋設、ヒートポンプ及び付帯設備機器設置、データ計測器設置が対象となる。

すべての機器を設置、接続後ヒートポンプの運転チェックを実施しスーパーマーケットへの給湯を開始した。

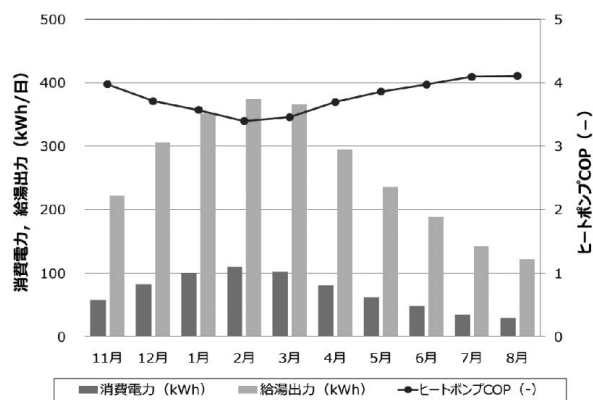
### (3) 施設施工時における実証

本システムは、工事期間約3ヶ月（2013年8月～10月）で、11月より下水熱利用にて給湯運転を稼働している。共同研究は平成27年3月までとしており、その中で実使用下での環境性能評価、維持管理上の課題整理、季節や天候の影響評価などを実施していくこととしている。

運転状況の参考として、平成25年11月から平成26年8月までの下水温度の測定結果を図—9に、ヒートポンプの消費電力、給湯出力、エネルギー効率（COP）の結果を図—10に示す。冬季の2月に下水温度が最も低下しており、エネルギー効率（COP）も2月で最も低くなっている。期間中のエネルギー効率（COP）は3.5～4.1であった。



図—9 下水温度（月別日平均、11月～8月）

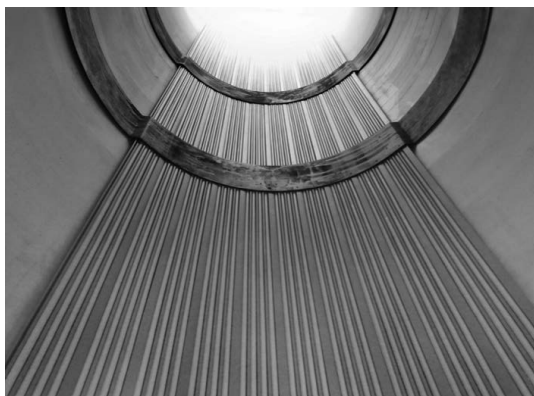


図—10 下水温度（月別日平均、11月～8月）

### 5. 今後の普及に向けて

今回紹介した老朽化した下水道管路の更生工事と、下水熱回収システムの設置工事を同時に行う下水熱利用システム「エスロヒート下水熱—らせん型」の事業を2013年に開始した。

また更生工事が必要のない下水道管路における熱回収のニーズも高いことから、昨年「エスロヒート下水熱—管底設置型」をラインナップに加え、更生工事が



写真—3 管底設置型の設置例

不要もしくは更生後の下水道管路にも幅広く対応できる体制が整った。

## 6. おわりに

今後の下水熱利用の普及に向けては、多様な下水管の現地条件に対応して設置・熱回収が可能なシステム

の拡充、機器類の低コスト化による経済性の更なる向上への取り組みなどが求められる。下水熱の普及拡大に向けて、更なる商品開発・ランナップ拡充に取り組み、導入促進に尽力していきたいと考えている。

## 謝 辞

今回の下水道管路から直接熱を回収して有効に活用する技術の開発にあたり、共同研究のパートナーとして管路提供を頂いた仙台市、地権者のゼライス(株)、店舗内の給湯利用を頂いたスーパーマーケットの(株)ヨークベニマルの各社には、この場を借りて謝辞を申し上げます。

J C M A

### 【筆者紹介】

中井 健司（なかい けんじ）  
積水化学工業(株)  
環境・ライフラインカンパニー  
熱エネルギープロジェクト  
担当部長

