

下水熱利用マニュアル（案）

令和3年4月

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部

はじめに

平成 26 年 8 月にとりまとめられた「新下水道ビジョン」(下水道政策研究委員会報告書)においては、下水道の使命として、「水・資源・エネルギーを量的・質的に健全に循環させる社会の構築に貢献する」ことが掲げられている。地球温暖化の進行、エネルギー需給のひっ迫といった社会情勢の変化から、下水道の役割は、排除・処理という基本的役割を持続しつつも、低炭素社会への貢献が求められ、更に、下水道の有するエネルギーポテンシャルを最大限活用することで、地方公共団体の経営に資することも期待されている。

下水の水温は一年を通して比較的安定しており、我が国では通常、大気の温度と比べ夏は低く、冬は高い特長を有している。このため、この再生可能エネルギー熱(下水熱)を冷暖房や給湯等に利用することによって、大幅な省エネ・省 CO₂を図ることができる。しかしながら、その大きなポテンシャルが存在する一方、その利用はほとんどが下水道施設における内部利用に限られていた。

国土交通省では、平成 27 年 5 月に法改正を行い、民間事業者による下水道管内への熱交換器の設置に関する規制緩和を行うとともに、「民間事業者による下水熱利用手続ガイドライン(平成 24 年 12 月)」、「下水熱マニュアル(案)(平成 27 年 7 月)」を整備し、行政・民間事業者による下水熱の活用拡大を推進してきた。近年国内外では SDGs の達成への貢献、脱炭素社会の実現が求められている。脱炭素社会の実現に向けて令和 2 年 12 月にとりまとめられた「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においても下水熱の活用拡大を推進することとしている。

今後、国内外のカーボンニュートラルの実現及び持続可能な開発を進めていくうえで、下水熱利用は熱需要の多い都市空間内で採熱することが可能であり、低炭素なまちづくりへの貢献が期待される。

本マニュアル(案)は、より実践的な検討が容易になるよう記載内容の充実を図るため、令和 2 年度に学識者及び熱利用を進める下水道管理者から構成される「下水熱マニュアル改訂に向けた意見交換会」を設け、民間事業者からの意見聴取を進めるなどの検討を行い策定したものである。具体的には、これまでのマニュアル(案)と手続きガイドラインを統合するとともに、下水道管理者、エネルギー供給事業者、熱利用事業者のそれぞれ関係者が構想・企画段階で必要となる基礎情報の整理、関係者間での協議事項、システムの基本設計に関する技術情報、事業採算性の評価方法、その他必要な制度上の手続きに関する情報を、最新の知見や事例を踏まえまとめたものである。さらに、新たに本マニュアル使用の前段階において、地域内での下水熱利用可能性を簡便に検討する簡易検討ツール、下水熱利用事業の事例集を付属した。

本マニュアルの活用より下水熱利用の導入拡大が促進され、国民生活に不可欠なインフラである下水道が脱炭素社会実現に貢献することを大いに期待するものである。

目次

| | |
|--|-----------|
| 1. マニュアルの目的と概要 | 1 |
| 1.1 マニュアルの目的 | 1 |
| 1.2 マニュアルの概要 | 2 |
| 1.3 下水熱利用マニュアル（案）—平成 27 年度版—からの変更点 | 3 |
| 2. 下水熱の特長・メリット | 4 |
| 2.1 下水熱の概要・特長 | 4 |
| 2.1.1 再生可能エネルギー熱の特長 | 4 |
| 2.1.2 下水熱の特長 | 6 |
| 2.1.3 下水熱利用の導入効果 | 7 |
| 2.2 下水熱の用途と類型 | 9 |
| 2.2.1 下水熱の用途 | 9 |
| 2.2.2 下水熱利用システムの類型 | 11 |
| 2.2.3 下水熱利用の事例 | 13 |
| 2.3 下水熱の主な要素技術 | 16 |
| 2.3.1 熱回収の仕組み | 16 |
| 2.3.2 主な要素技術 | 18 |
| 2.3.3 熱回収技術 | 20 |
| 3. 下水熱利用の検討手順 | 26 |
| 3.1 下水熱利用の検討体制と検討項目 | 26 |
| 3.1.1 下水熱利用の検討体制 | 26 |
| 3.1.2 下水熱利用の検討項目 | 27 |
| 3.2 検討手順の例 | 28 |
| 3.2.1 熱利用者が民間事業者のケース | 28 |
| 3.2.2 熱利用者が地方公共団体のケース | 29 |
| 4. 事業スキームの検討 | 31 |
| 4.1 責任分界の検討 | 31 |
| 4.1.1 管路内設置型熱回収技術を用いるケース | 31 |
| 4.1.2 管路外設置型熱回収技術を用いるケース | 33 |
| 4.2 協定・契約内容の検討 | 35 |
| 4.2.1 協議事項 | 35 |
| 4.2.2 設置工事 | 36 |
| 4.2.3 維持管理 | 36 |
| 4.2.4 期間 | 36 |
| 4.2.5 料金 | 37 |
| 4.2.6 リスク | 40 |
| 4.2.7 協定書の例 | 45 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 5. システムの基本設計と事業採算性の確認 | 46 |
| 5.1 下水熱利用システムの基本設計 | 46 |
| 5.1.1 システム基本設計の流れ | 46 |
| 5.1.2 熱需要量の算定 | 47 |
| 5.1.3 下水熱利用可能量の算定 | 51 |
| 5.1.4 熱需給バランスの確認 | 55 |
| 5.1.5 熱回収技術の選定 | 56 |
| 5.2 下水熱利用システムの導入効果の算定 | 59 |
| 5.2.1 採算性に関する整理 | 59 |
| 5.2.2 環境性に関する整理 | 61 |
| 5.2.3 地域に応じた導入効果の整理 | 64 |
| 5.3 モデルケースにおける導入効果のケーススタディ | 65 |
| 5.3.1 下水熱利用システムの前提条件設定 | 65 |
| 5.3.2 熱需要量の試算例 | 67 |
| 5.3.3 下水熱利用可能量の試算例 | 69 |
| 5.3.4 熱需給バランスの試算例 | 71 |
| 5.3.5 採算性の試算例 | 72 |
| 5.3.6 環境性の試算例 | 74 |
| 6. 下水熱利用に必要な諸手続き | 76 |
| 6.1 手続きの全体像と事前整備 | 76 |
| 6.1.1 下水熱利用に必要な諸手続きの全体像 | 76 |
| 6.1.2 手続きに関連する法令の整理 | 77 |
| 6.1.3 下水熱利用に向けた事前準備 | 80 |
| 6.2 諸手続き | 83 |
| 6.2.1 下水熱利用の利用申請手続き | 83 |
| 6.2.2 下水熱利用の許可申請手続き | 85 |
| 6.2.3 下水熱利用に必要なその他手続き | 103 |
| 7. 参考 | 105 |
| 7.1 リンク集 | 105 |
| 7.2 下水熱利用可能性簡易検討ツール | 106 |

用語の一覧

本マニュアルで用いる用語の定義は以下のとおり。

| 用語 | 定義 |
|--------------|--|
| 暗渠 | 地下に設けられた下水路をいう。 |
| 一次エネルギー | 石油・石炭・天然ガス等の化石燃料、原子力の燃料であるウラン、水力・太陽・地熱等の自然エネルギー等自然から直接得られるエネルギー（電気・ガソリン・都市ガス等、一次エネルギーを変換や加工して得られるエネルギーのことを二次エネルギーという）。 |
| エネルギーサービス事業者 | 熱利用者に対して熱を供給するサービス事業者をいう。熱供給事業法に基づく熱供給事業者のほか、ESCO事業（省エネルギーに関する包括的なサービスを提供する事業）等を実施する民間事業者を含む。 |
| カスケード利用 | 熱利用の場合、一度発生させた高温の熱を、より低い温度でも利用できる用途に段階的に利用する方法。 |
| 管渠 | 下水を収集し、排除するための施設。その設置方法により、暗渠と開渠（蓋で覆われていない一般の水路）に区分される。 |
| 管路 | 管渠、マンホール、雨水吐き室、吐き口、ます、取り付け管等の総称。 |
| コージェネ | 一種類の一次エネルギー（例えば燃料）から連続的に二種類以上の二次エネルギー（例えば電力又は動力と温度レベルの異なる熱）を同時に発生させる設備。 |
| 下水熱利用設備 | 下水熱を利用するための設備の総体をいう。 |
| 再生水 | 高度処理（通常の有機物除去を主とした二次処理で得られる処理水質以上の水質を得る目的で行う処理）等によって、種々の再利用に適するようになった下水をいう。 |
| 採熱設備 | 下水から熱を回収する設備で、熱交換器と熱源水配管からなる。 |
| 取水式下水熱利用設備 | 下水道から取水した下水を熱源とする熱を利用するための設備であって、下水が通水するものをいう。例えば、地上に設置する熱交換器や直接利用のためのヒートポンプである。標準下水道条例において「下水熱利用設備」と定義されているものと同様である。 |
| 処理水 | 下水のうち、下水処理場において処理したものをいう。 |
| 接続設備 | 下水道の管路等と取水式下水熱利用設備とを接続する配管等をいう。 |

| 用語 | 定義 |
|--------|--|
| 蓄熱 | 熱エネルギーを蓄え、必要な時に放熱するシステム。冷房、冷蔵用などの冷熱蓄熱と暖房や給湯用の温熱蓄熱がある。 |
| 熱供給事業 | 熱供給事業法に基づく許可を受け、一定地域内の建物群に対して蒸気・温水・冷水等の熱媒を熱源プラント（熱源設備の加熱能力 21 ギガジュール/時以上）から導管を通じて供給する事業。 |
| 熱源水 | 熱回収を行う媒体をいう。具体的には、水もしくは不凍液（ブライン）である。 |
| 熱源水配管 | 熱交換器とヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）の間に配置される管をいう。熱源水配管内を熱源水が循環する。 |
| 熱源設備 | 採熱設備で回収した熱を熱負荷に適したより高い温度に、又は低い温度にする設備をいう。ヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）、循環ポンプ及び冷温水配管からなる。 |
| 熱交換器 | 高温の流体の熱を低温の流体へ伝えて、低温の流体を加熱する又は高温の流体を冷却するための装置。 |
| 熱交換器等 | 熱交換器又は下水道法施行令第 17 条の 2 第 3 号に規定する工作物（下水熱の効率的な利用のために必要な温度計その他の測定器並びに熱交換器及び当該測定器を支持し、又は保護するための工作物であって、下水道管理者が下水の排除又は下水道の管理上著しい支障を及ぼすおそれのない構造であると認めたもの）をいう。 |
| 熱負荷設備 | 給湯負荷、空調負荷及び融雪負荷等の熱負荷を消費する設備をいう。具体的には空調でのファンコイルユニット、給湯での出湯機器、融雪での融雪パネル等をいう。 |
| 熱利用者 | 熱源設備を設置・運用する者をいう。具体的には、都市開発事業者、熱源設備の更新をしようとする者、エネルギーサービス事業者等を想定している。 |
| ヒートポンプ | 電気などのエネルギーにより、温度の低い部分から温度の高い部分に熱を移動させる装置。冷媒の圧縮・膨張による潜熱（気化熱）の移動を応用した装置。 |
| COP | Coefficient of performance（成績係数）の略。ヒートポンプのエネルギー消費効率の目安として使われる係数をいう。ヒートポンプでのエネルギー消費量 1kW 当たりの冷却・加熱能力を表した値である。 |
| ボイラ | 火気、高温ガス又は電気を熱源とし、水又は熱媒を加熱して蒸気又は温水を作り、他に供給する装置。 |
| 未処理下水 | 下水のうち、処理水以外のものをいう。 |

| 用語 | 定義 |
|-------|---|
| 冷温水 | ヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）と熱負荷の間を循環する媒体をいう。具体的には、水が用いられる。 |
| 冷温水配管 | ヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）と熱負荷の間に配置される管をいう。冷温水配管内を冷温水が循環する。 |

1. マニュアルの目的と概要

1.1 マニュアルの目的

本マニュアルは、下水熱利用に関心を持つ地方公共団体やエネルギーサービス事業者、熱利用者等に対し、構想段階及び企画段階に必要な基礎情報（意義、体制、計画の進め方等）、関係者間での協議事項、基本設計に必要な技術情報、事業採算性の確認方法、ならびに下水熱利用に必要な諸手続きに関する情報を提供することを目的とする。なお、事業化段階については、本マニュアルでは言及しない。

【解説】

本マニュアルでは下水を熱源とする熱、すなわち下水熱の利用について地方公共団体やエネルギーサービス事業者、熱利用者等に対し、下水熱利用に資する情報を紹介・解説する。下水熱は、未処理下水あるいは処理水から採熱可能な再生可能エネルギー熱である。下水熱はこれまで設備導入における初期費用の高さや、法規制等の課題があった。しかしながら、近年は熱回収のための技術開発とともに平成 27 年の下水道法改正による規制緩和が行われ、下水熱の需要に対して、より近い位置から供給する環境が整えられつつある。

本マニュアルでは、下水熱利用に関心を持つ地方公共団体（下水道部局、都市計画部局、環境部局等）やエネルギーサービス事業者、熱利用者に対し、構想段階及び企画段階における、下水熱利用に関する基礎情報（意義、体制、計画の進め方等）、関係者間での協議事項、基本設計に必要な技術情報、事業採算性の確認方法、ならびに下水熱利用に必要な諸手続きに関する情報を提供することを目的とする（図 1-1）。なお、実施設計、建設、維持管理などの事業化段階については、本マニュアルでは言及しない。



図 1-1 本マニュアルの目的と構成

1.2 マニュアルの概要

本マニュアルの本編は、「下水熱の特長・メリット」、「下水熱利用の検討手順」、「事業スキームの検討」、「システムの基本設計と事業採算性の確認」「下水熱利用に必要な諸手続き」から構成される。また、本マニュアルの参考として、「下水熱利用事例集等のリンク集」及び「下水熱利用可能性簡易検討ツール」を合わせてパッケージ化している。

【解説】

次章以降は、以下のように構成される。

＜本マニュアルの構成＞

2. 下水熱の特長・メリット

- ✓ 下水熱利用の概要・特長・メリットとともに、用途別・利用規模別の技術類型や主なシステム構成について解説する。また、下水熱利用の主な技術要素についても概要を紹介する。

3. 下水熱利用の検討手順

- ✓ 下水熱利用の検討手順と第4章から第6章の関係性を紹介する。また、民間あるいは地方公共団体内が利用した場合の検討手順の例を紹介する。

4. 事業スキームの検討

- ✓ 熱利用者が事業スキームを検討するために必要な、事業実施体制の構築、責任分界の検討、協定・契約内容の検討等について紹介・解説する。

5. システムの基本設計と事業採算性の確認

- ✓ 下水熱利用システムの導入に当たり必要となる熱需給バランスの考え方や熱回収技術の選定、導入効果の算定方法について紹介する。また、モデルケースにおける導入効果のケーススタディについて紹介する。

6. 下水熱利用に必要な諸手続

- ✓ 下水道管理者及び熱利用者が行う、下水熱の利用に必要な事前準備や利用申請・許可申請の手続き、その他の手続について解説する。

7. 参考

- ✓ 本マニュアルと併せて活用されることが望まれる情報として、「下水熱利用事例集等のリンク集」と「下水熱利用可能性簡易検討ツール」について紹介する。

1.3 下水熱利用マニュアル（案）—平成 27 年度版—からの変更点

本マニュアルは、国土交通省が平成 24 年度に示した「民間事業者による下水熱利用
手続ガイドライン」及び平成 27 年度に示した「下水熱利用マニュアル（案）」の内容を
統合・更新し、構成を再整理したものである。また、本マニュアルは、本編とともに「下
水熱利用事例集等のリンク集」及び「下水熱利用可能性簡易検討ツール」をパッケージ
化して提供するものである。

【解説】

既存のガイドライン及びマニュアル（案）を作成した時期から具体的な事例が増加し
たことや、下水熱利用の具体的な導入ニーズが高まっていることを踏まえて、下水熱利
用の構想段階及び企画段階に検討すべき「事業スキーム」、「システムの基本設計」、「事
業採算性の確認」、「下水熱利用に必要な手続き」に重点を置いて改訂を実施した。なお、
情報の更新は、下水熱利用を検討する地方公共団体の取組状況や最新の技術動向も踏ま
えて行っている。

改訂に当たっては、特に以下の点を重視してマニュアルの記載方針を決定した。

- 実施主体の明確化
- 具体事例に基づく情報の更新
- 下水熱利用可能性簡易検討ツールの追加
- 下水熱利用時の行政手続き体系の更新

2. 下水熱の特長・メリット

2.1 下水熱の概要・特長

2.1.1 再生可能エネルギー熱の特長

下水熱を含めた再生可能エネルギー熱利用の取組は日本全国で行われている。再生可能エネルギー熱の利用により、高効率のエネルギーシステムを構築することで、一次エネルギーの消費量やCO₂排出量の削減に貢献できる。

【解説】

下水、河川水、地下水の温度は、夏は外気温に比べて低く、冬は高くなる（図 2-1）。また、地中の温度は季節による変動が小さく、常に外気との温度差がある。これらの温度差は高効率のヒートポンプや熱交換器により給湯・空調等のエネルギー源として安定的に利用することができる。

下水熱を含め、このような再生可能エネルギー熱を用いた熱供給事業は日本全国で行われている。次頁以降で示す例のように、再生可能エネルギー熱による熱供給事業のエネルギー効率¹は高く、投入した燃料以上のエネルギー供給が得られやすい。

このような再生可能エネルギー熱の利用により、都市内で高効率のエネルギーシステムが構築でき、一次エネルギーの消費量やCO₂排出量の削減に貢献できる。

一方、再生可能エネルギー熱を利用するためには、近くに需要が存在することが必要という制約もある。例えば、下水熱を用いる場合は都市域に配置された下水管や下水処理場等の近くに、熱需要施設が存在することが望まれる。

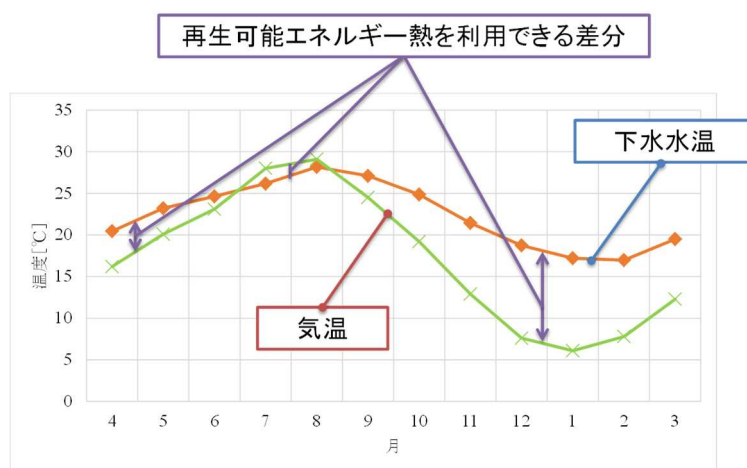


図 2-1 下水水温と気温との比較（イメージ）

¹ エネルギー利用効率は「販売熱量 (GJ) / 原・燃料使用量 (GJ)」として算出（発熱量は、建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項（平成 28 年 1 月 29 日国土交通省告示第 265 号）、別表第一より引用）。

表 2-1 下水熱を利用した地域熱供給事業事例

| 地域 | 地区名 | 事業者名 | エネルギーの種類 | エネルギー効率 |
|----|----------------|---------------|----------|---------|
| 岩手 | 盛岡駅西口 | 東北電力(株) | 未処理下水 | 0.63 |
| 東京 | 後楽一丁目 | 東京下水道エネルギー(株) | 未処理下水 | 1.18 |
| 千葉 | 幕張新都心ハイテク・ビジネス | 東京都市サービス(株) | 下水処理水 | 1.50 |
| 愛知 | ささしまライブ24 | 名古屋都市エネルギー(株) | 下水処理水 | 1.10 |

出所)「熱供給事業便覧 令和元年版」に掲載の事例より作成

表 2-2 再生可能エネルギー熱(下水熱以外)を利用した熱供給事業事例

| 地域 | 地区名 | 事業者名 | エネルギーの種類 | エネルギー効率 |
|----|----------|-------------------|----------|---------|
| 群馬 | 高崎市中央・城址 | 東京都市サービス(株) | 地下水 | 1.23 |
| 東京 | 箱崎 | 東京都市サービス(株) | 河川水 | 1.19 |
| 富山 | 富山駅北 | 北電産業(株) | 河川水 | 0.79 |
| 愛知 | 中部国際空港島 | 中部国際空港エネルギー供給(株) | 海水 | - |
| 大阪 | 天満橋一丁目 | オー・エー・ピー熱供給(株) | 河川水 | 1.00 |
| 大阪 | 中之島二・三丁目 | (株)関電エネルギーソリューション | 河川水 | 1.28 |
| 香川 | サンポート高松 | 四国電力(株) | 海水 | 1.05 |
| 福岡 | シーサイドももち | (株)福岡エネルギーサービス | 海水 | 0.82 |

注釈)「中部国際空港島」については、ガス使用量のうち熱供給用と電力販売用との切り分けができず、エネルギー効率が算出不可であるため未記載

出所)「熱供給事業便覧 令和元年版」に掲載の事例より作成

2.1.2 下水熱の特長

下水熱は、河川水や地下水等の他の再生可能エネルギー熱と比べて、都市域での熱利用者との熱需給マッチングの可能性が高く、また採熱による環境影響が小さいなど、複数のメリットがあり、今後の利用拡大が期待される。

【解説】

下水熱は再生可能エネルギー熱の1つであるが、他の再生可能エネルギー熱の利用と比べて以下のような特長が挙げられる。

- 下水熱は都市内に安定的かつ豊富に存在していることから、都市域で発生する熱利用者との需給のマッチングの可能性が高い
- 再生可能エネルギー熱は、移動に伴うエネルギーロスが高く、効率的に活用するためにはエネルギーの熱源近くに熱利用者が存在する必要があることから、都市部での熱源が多い下水熱は、都市部での熱利用者に対して効率的なエネルギー利用に向いている
- 都市に存在する下水熱等の温度差エネルギーをヒートポンプ等で活用することにより、省エネ、省CO₂以外の観点からも環境面での貢献性の高い取組が可能となる
- 河川水、地下水は環境影響の観点から取水制限について考慮する必要があるが、下水の取水による環境影響は小さい
- 下水道施設のストックを活用して社会に貢献できる
- 現時点では導入に多くのコストがかかるため、採算が確保できるよう大規模かつ複合的なシステム構築や、下水再生水の利活用と下水熱利用をパッケージ化することで、事業性を高めることが期待される
- 下水熱は全国で約90万世帯の熱利用量に相当する大きなポテンシャルを有している

2.1.3 下水熱利用の導入効果

下水熱利用は、熱利用者にとっては省エネ効果、下水道管理者にとっては下水道資源の有効利用による下水道のプレゼンス向上、地域社会にとっては地球温暖化防止、SDGs、カーボンニュートラルへの貢献など、各主体に有益な効果をもたらす。

【解説】

令和2年12月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」では、下水熱の活用推進が位置づけられており、インフラを通じたカーボンニュートラルが必要とされており、都市空間内の熱利用効率化が必要不可欠であるとされている。また、平成28年5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」では、エネルギー多消費型の事業である下水道での、省エネ化の推進が重要課題とされており、下水処理場における設備の運転改善、エネルギー効率の良い散気装置や汚泥脱水機等の導入などによる下水処理の省エネ化が推奨されている。以上のことから下水熱利用は、我が国の環境・エネルギー政策を進めるうえでも重要な対策の1つであり、同時に導入に係るステークホルダーにとっては、以下のような導入効果が期待できる。

(1) 熱利用者の導入効果

下水熱利用の導入により、熱利用者は、省エネ効果によるエネルギーコストの削減や冷却塔補給水が不要となることによる水道料金の削減が望める。また、給湯・空調等に必要なエネルギーを削減できることから、融雪についてはヒートポンプを介さずに利用できるポテンシャルも有すること、BCPにおけるエネルギー対策の観点からも、下水熱利用は有望である。さらに、処理水を用いて下水熱利用を行う場合には、熱利用後の中水や環境用水として利用できる。蓄熱システムを組み合わせる場合には、下水熱と建物熱需要の発生時間のギャップを埋めることが可能であり、加えて蓄熱槽に蓄えられた冷温水は非常災害時には消防用水・トイレ用水等にも使うことができる²ため、水利用の観点からも防災対策となる。

下水熱は地球温暖化防止や、下水熱が地域に賦存するエネルギーであることからエネルギーの地域循環にも貢献し、CSR活動（企業の社会的責任：Corporate Social Responsibility）や持続可能な開発目標（SDGs）の取組の一つとしても位置づけることができる。

² 蓄熱槽に蓄えられた冷却水を空調に用いる際には、その水質について、「冷凍空調機器用水質基準ガイドライン」（日本冷凍空調工業会ガイドライン JRA-GL 02-1994）なども参照されたい。

(2) 下水道管理者の導入効果

熱源供給者である下水道管理者にとって下水熱の導入効果は、下水道資源の有効活用による地域社会への貢献が挙げられる。特に、これまで下水道資源は下水汚泥や水資源としての処理水が中心であったため、下水処理場を有しない流域関連公共下水道³においては下水道資源の有効活用は限られていたが、下水熱は下水管路においても利用が可能であるため、下水処理場を有しない流域関連公共下水道においても有望な下水道資源である。このような下水道資源の有効活用を通じ、下水道の社会インフラとしてのプレゼンスの向上、下水道利用に関する住民への普及啓発等につながることを期待される。

特に、今後の下水道は既存ストックのマネジメントが中心となってくるため、下水処理場の改築・更新や管渠の更生に当たり、設備・事業に付加価値を与えることは、資産運用により下水熱利用に係る料金収入等経営状況を改善できる可能性がある。

(3) 地域社会への導入効果

下水熱の導入により、CO₂ 排出量が削減されることによる地域での地球温暖化の防止が図られる。また、冷房時には排熱を下水に排出することにより、室外機からの排熱抑制等、給湯・空調による大気への熱の放出が削減されることによるヒートアイランド対策が図られる。熱利用者において冷却塔の設置が不要になる場合には、美観上の利点もある。これらを通して、環境に配慮した地域づくりが可能となる。

³公共下水道（原則として市町村が設置）であるが、流域下水道（原則として都道府県が設置）の施設である管路・下水処理場に接続しているため、市町村では下水処理場を有していないもの。

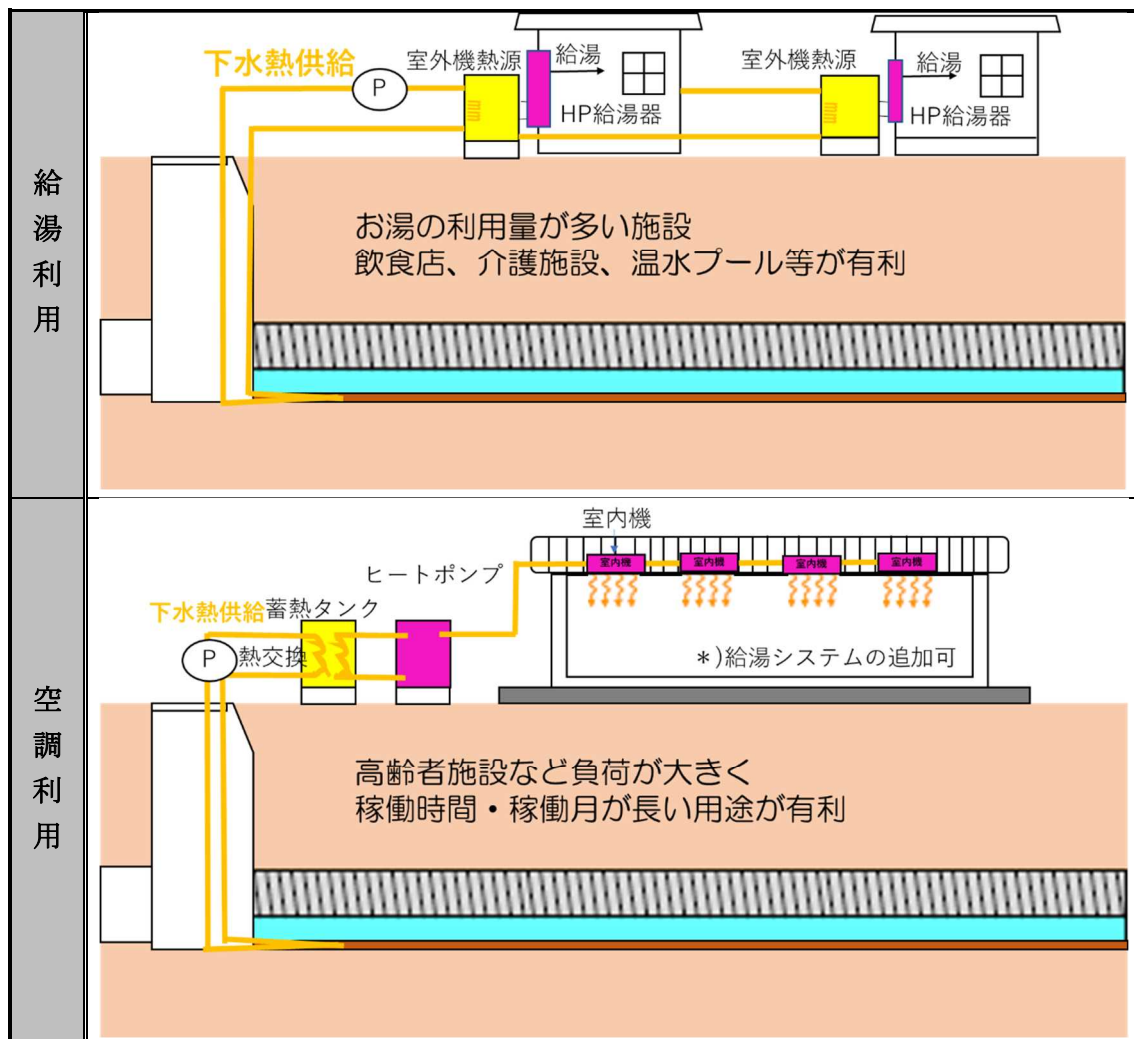
2.2 下水熱の用途と類型

2.2.1 下水熱の用途

下水熱の用途は給湯利用、空調利用、農業利用、融雪利用がある。

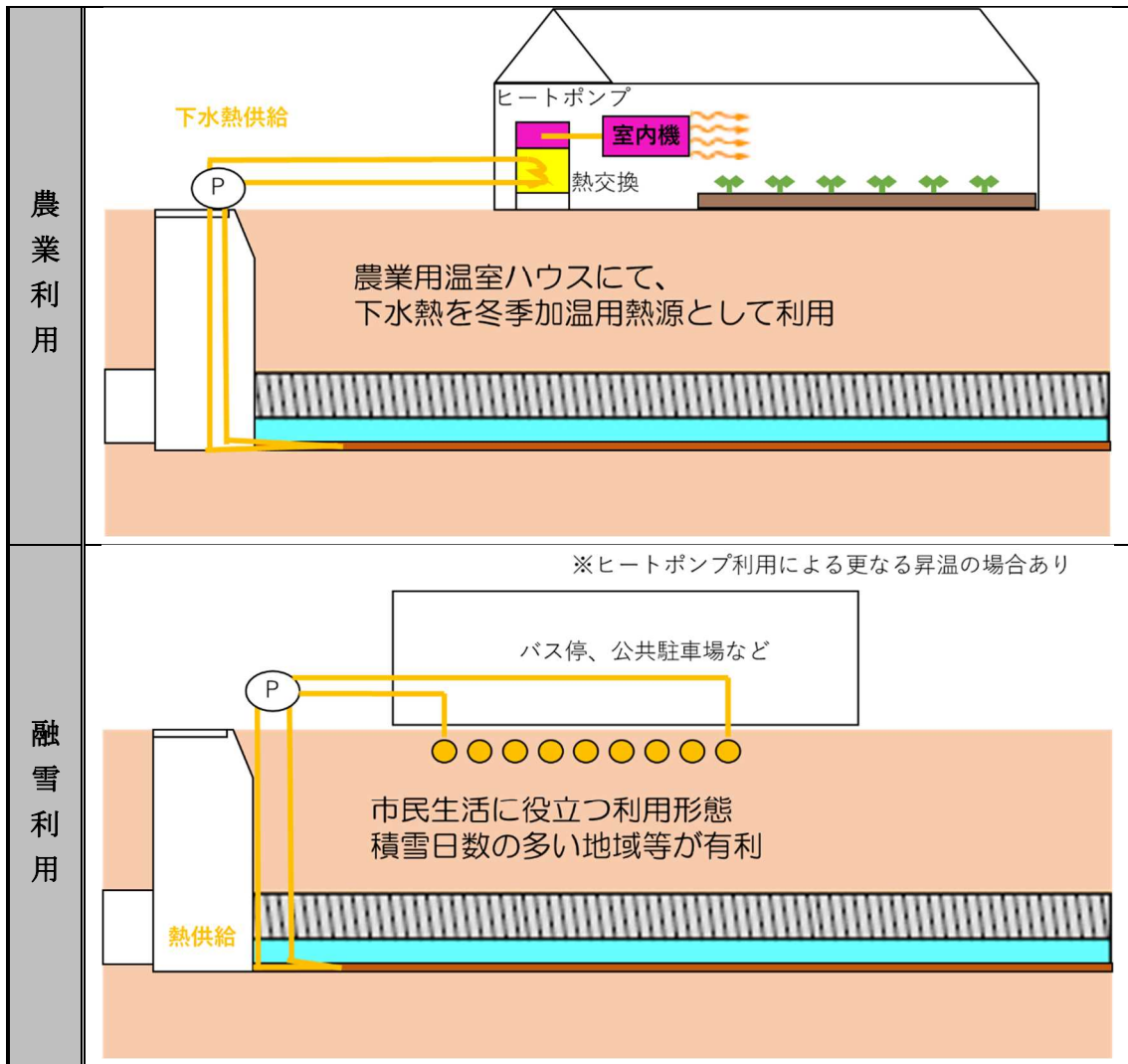
【解説】

下水熱の用途は給湯利用、空調利用、農業利用、融雪利用等がある。各々の特長は下図のとおりである。



出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料を参考に作成

図 2-2 下水熱の用途と特長



出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料を参考に作成

図 2-2 下水熱の用途と特長

2.2.2 下水熱利用システムの類型

国内外における下水熱利用システムの既存事例は「下水熱供給元（下水処理場及びポンプ場、管渠（下水管路）内外）」別にシステム構成が大別される。また、それらのシステム構成においても「下水熱利用規模（個別施設への熱供給、熱供給事業プラントへの熱源供給）」によって類型化される。

【解説】

(1) 主なシステム構成

下水熱利用システムの構成は、利用する下水（処理水及び未処理下水）、下水熱供給元（下水処理場、ポンプ場、管渠（下水管路）内外等）に応じて、下図の4タイプに大別される。

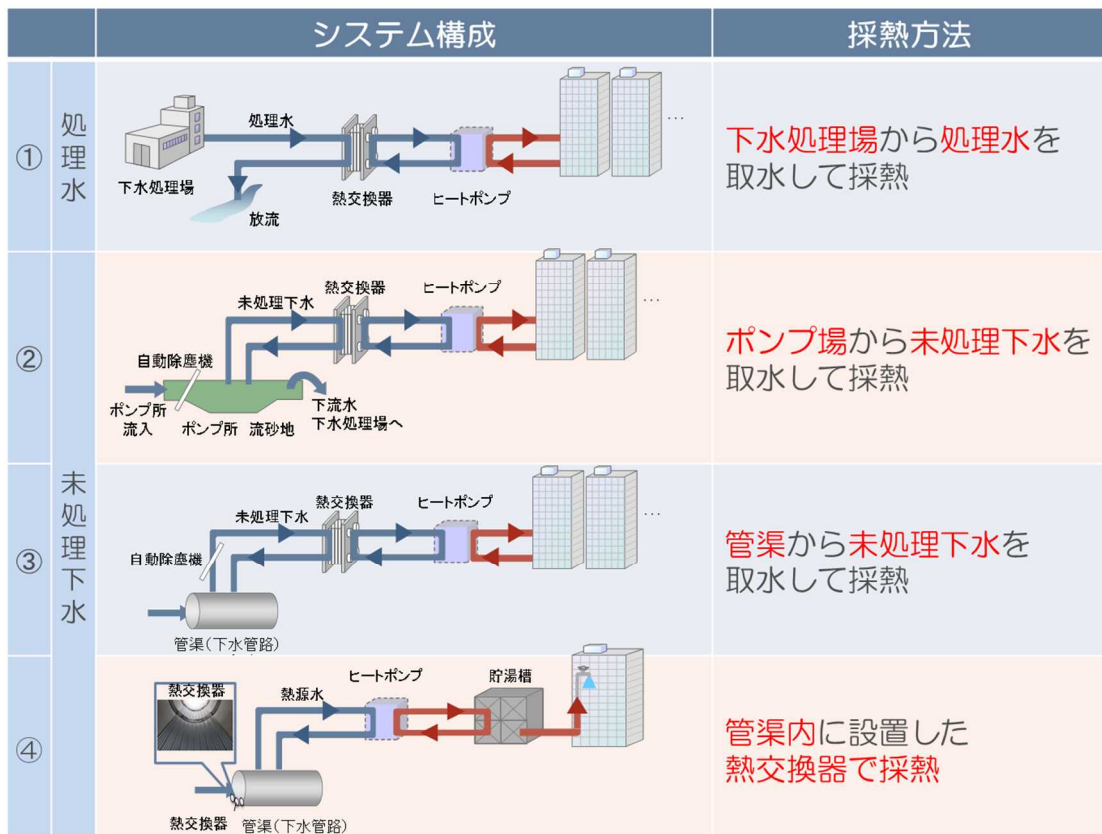


図 2-3 下水熱利用システムの主な構成

(2) 下水熱利用の類型化

国内外における下水熱利用の既存事例は「下水熱供給元によるシステム構成（下水処理場及びポンプ場、管渠内外）」、「下水熱利用規模（個別施設への熱供給、熱供給事業プラントへの熱源供給）」によって類型化される。下図に既存の特徴的な事例を整理する。

表 2-3 下水熱利用事例の類型化

| 類型 | | 下水熱利用規模 | | | |
|--------|-------|-----------|---|--|--|
| | | 個別施設での熱利用 | 熱供給事業プラントへの熱源供給 | | |
| 下水熱供給元 | 処理水 | ① 下水処理場 | <ul style="list-style-type: none"> 富山県射水市[*] 新湊大橋 愛知県豊橋市[*] 次世代施設園芸 堺市[*] 大型商業施設 東京都 品川シーズンテラス | <ul style="list-style-type: none"> 千葉県 幕張新都心ハイテク・ビジネス地区 名古屋市[*] ささしまライブ 24 地区 | |
| | 未処理下水 | ② ポンプ場 | | <ul style="list-style-type: none"> 東京都 後楽一丁目地区 盛岡市 盛岡駅西口地区 | |
| | | 管渠（下水管路） | ③ 管路外設置型熱回収技術 | <ul style="list-style-type: none"> 岡山県倉敷市[*] 屋内水泳センター | |
| | | | ④ 管路内設置型熱回収技術 | <ul style="list-style-type: none"> 新潟市[*] バスターミナル融雪 新潟市[*] 農業用温水ハウス 長野県小諸市[*] 医療センター 長野県諏訪市[*] 赤十字病院 愛知県豊田市[*] 高齢者施設 | |

注釈) 表内の事例は一例のため、上記以外にも類型化別の事例は存在する。各事業の詳細は、事例集を参照⁴されたい。

以降に各々の類型における既存事例の概要について示す。

⁴ 国土交通省「下水熱利用に係る取組事例集」 <<https://www.mlit.go.jp/common/001233624.pdf>>

2.2.3 下水熱利用の事例

国内の下水熱利用の事例を示す。事例は、4つの類型①下水処理場（処理水）、②ポンプ場（未処理下水）、③管路外設置型熱回収技術（未処理下水）、④管路内設置型熱回収技術（未処理下水）のシステム構成で類型できる。また、現状では、①下水処理場での（処理水）利用や④管路内設置型熱回収技術が多い。なお、各施設の詳細のうち、特徴的な事例については事例集⁴を参照すること。

【解説】

国内の下水熱利用の事例（令和2年8月時点）を下表に示す。事例は、4つの類型①下水処理場（処理水）、②ポンプ場（未処理下水）、③管路外設置型熱回収技術（未処理下水）、④管路内設置型熱回収技術（未処理下水）のシステム構成で類型化した。特徴としては、現状では①及び④の事例が多い一方で、③の事例は1件にとどまっている。また、②の事例については、近年での導入事例が少ない状況である。なお、各施設の詳細のうち、特徴的な事例（*）については、事例集を参照すること。

表 2-4 下水熱利用の事例

| 類型 | 用途 | 熱利用先 | 地域 | 供用開始時期 | 熱源供給下水道施設 |
|----|-------|--------------------------------------|------|--------|------------------------|
| ① | 空調 | 幕張新都心ハイテク・ビジネス地区（エム・ベイポイント幕張等14施設） | 千葉県 | 1990年 | 印旛沼流域 花見川終末処理場 |
| ① | 空調 | 横浜国際総合競技場（日産スタジアム） | 神奈川県 | 1997年 | 横浜市 港北水再生センター |
| ① | 空調 | 魚津市 体育施設「ありそドーム」 | 富山県 | 1998年 | 魚津市 魚津市浄化センター |
| ① | 空調 | 久屋大通庭園「フラリエ」 | 愛知県 | 1998年 | 堀留水処理センター |
| ① | 空調 | 枚方市営総合福祉会館「ラポールひらかた」 | 大阪府 | 1998年 | 淀川左岸流域 渚水みらいセンター |
| ① | 空調・給湯 | 射水市営体育施設「海竜スポーツランド」 | 富山県 | 1999年 | 神通川左岸流域 神通川左岸浄化センター |
| ① | 空調 | ソニーシティ（ソニー本社） | 東京都 | 2007年 | 東京都 芝浦水再生センター |
| ① | 空調 | 西区民・保健センター | 北海道 | 2008年 | 札幌市 新川水再生プラザ |
| ① | 空調 | 新砂三丁目地区の医療福祉施設 | 東京都 | 2009年 | 東京都 砂町水再生センター |
| ① | 融雪 | 新湊大橋* | 富山県 | 2012年 | 神通川左岸流域 神通川左岸浄化センター |
| ① | 空調 | 品川シーズンテラス | 東京都 | 2015年 | 東京都 芝浦水再生センター |
| ① | 温室 | 次世代施設園芸（イノチオみらい(株) 温室 ミニトマト栽培）* * | 愛知県 | 2016年 | 豊川浄化センター |
| ① | 空調・給湯 | 鉄砲町地区大型商業施設（イオンモール）* * | 大阪府 | 2016年 | 堺市 三宝水再生センター |

| 類型 | 用途 | 熱利用先 | 地域 | 供用開始時期 | 熱源供給下水道施設 |
|----|-------|------------------------|------|--------|---------------|
| ① | 空調 | ささしまライブ24地区（愛知大学等3施設）＊ | 愛知県 | 2017年 | 露橋水処理センター |
| ① | 空調・融雪 | 札幌市下水道科学館 | 北海道 | 2018年 | 札幌市創成川水再生プラザ |
| ① | 空調 | 長野原町役場庁舎 | 群馬県 | 2019年 | 長野原浄化センター |
| ① | 空調 | 横浜市庁舎 | 神奈川県 | 2020年 | 横浜市 中部水再生センター |
| ① | 空調 | 中野区立総合体育館 | 東京都 | 2020年 | 東京都中野水再生センター |
| ② | 空調 | 後楽一丁目地区（東京ドームホテル等7施設） | 東京都 | 1994年 | 東京都 後楽ポンプ所 |
| ② | 空調 | 盛岡駅西口地区（岩手朝日テレビビル等3施設） | 岩手県 | 1997年 | 北上川上流流域中川ポンプ場 |
| ③ | 給湯 | 倉敷市屋内水泳センター＊ | 岡山県 | 2018年 | 倉敷市内の下水管 |
| ④ | 融雪 | バス停（待合所） | 北海道 | 1994年 | 高栄地区の下水管 |
| ④ | 融雪 | 篠路駅前団地バス停 | 北海道 | 1997年 | 篠路地区の下水管 |
| ④ | 給湯 | 食品スーパー（ヨークベニマル若林店） | 宮城県 | 2013年 | 南小泉幹線 |
| ④ | 融雪 | 市役所前バスターミナル歩道部＊ | 新潟県 | 2015年 | 新潟市内の下水管 |
| ④ | 融雪 | 市役所前バス停歩道部 | 青森県 | 2019年 | 弘前市役所前の下水管 |
| ④ | 温室 | 農業用温室ハウス「花ステーション」＊ | 新潟県 | 2016年 | 新潟市内の下水管 |
| ④ | 空調 | 浅間南麓こもろ医療センター＊ | 長野県 | 2017年 | 小諸市内の下水管 |
| ④ | 空調 | 市立きらきら西保育園 | 新潟県 | 2017年 | 十日町駅付近の下水管 |
| ④ | 融雪 | 駅前地区歩道部 | 青森県 | 2018年 | 弘前駅前の下水管 |
| ④ | 空調 | 諏訪赤十字病院＊ | 長野県 | 2018年 | 諏訪湖流域下水道管渠 |
| ④ | 給湯 | 社会福祉法人 旭会＊ | 愛知県 | 2018年 | 流域関連公共下水道管渠 |

注釈) ①下水処理場（処理水）、②ポンプ場（未処理下水）、③管路外設置型熱回収技術（未処理下水）、④管路内設置型熱回収技術（未処理下水）、＊印は「下水熱利用に係る取組事例集」に記載がある10事例

出所) 国土交通省「下水熱による地域熱供給箇所」（令和2年8月末時点）

日本では、地域や下水道施設以外での民間事業における利用も進んでおり、32件（令和2年8月末時点）実施されている。また、国内の下水熱利用ポテンシャルは大きいと見込まれるため、今後は下水熱の更なる普及が見込まれる。

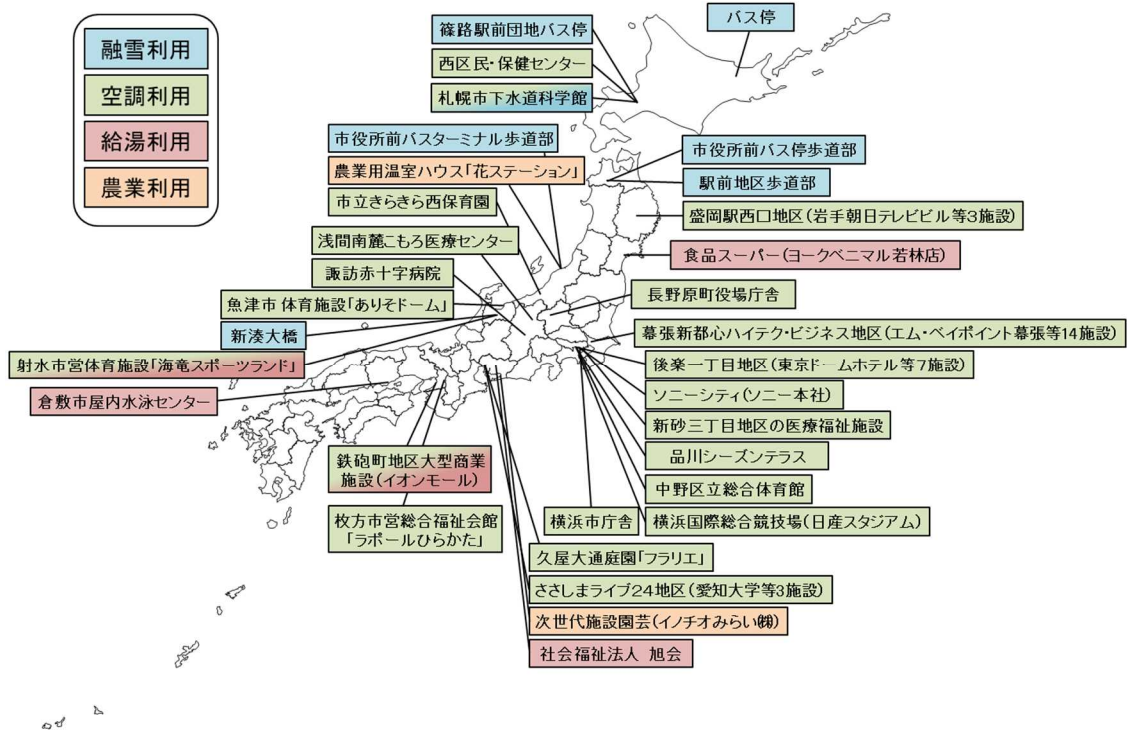


図 2-4 国内における下水熱利用の事例

2.3 下水熱の主な要素技術

2.3.1 熱回収の仕組み

下水熱利用システムを構成する主な要素技術としては、接続設備、採熱設備（熱交換器、熱源水配管）、熱源設備（ヒートポンプ又は吸収式冷凍機、冷温水配管）、蓄熱槽、熱負荷設備がある。

【解説】

下水熱利用システムを構成する主な要素技術としては、下図に示すとおりである。なお、熱源を下水熱のみではなくボイラや冷却水等と複合利用する場合、熱負荷設備等の需要側設備に追加的な要素技術が必要となるが、基本的なシステム構成は同じである。

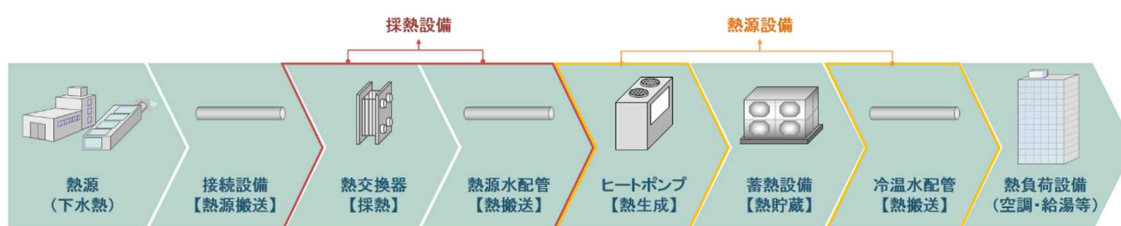


図 2-5 下水熱利用システムを構成する主な要素技術

表 2-5 主な要素技術の概要

| 要素技術 | 概要 |
|--------|---|
| 接続設備 | 下水道の管路等と下水熱利用設備とを接続する配管等をいう。管路内で直接採熱する場合は、接続設備は不要となる。 |
| 採熱設備 | 下水から熱を回収する設備で、熱交換器と熱源水配管からなる。 |
| 熱交換器 | 高温の流体の熱を低温の流体へ伝えて、低温の流体を加熱する又は高温の流体を冷却するための装置。 |
| 熱源水配管 | 熱交換器とヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）の間に配置される管をいう。熱源水配管内を熱源水が循環する。 |
| 熱源設備 | 採熱設備で回収した熱を熱負荷に適したより高い温度に、又は低い温度にする設備をいう。ヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）、循環ポンプ及び冷温水配管からなる。 |
| ヒートポンプ | 電気などのエネルギーにより、温度の低い部分から温度の高い部分に熱を移動させる装置。冷媒の圧縮・膨張による潜熱（気化熱）の移動を応用した装置。 |
| 冷温水配管 | ヒートポンプ（又は吸収式冷凍機）と熱負荷の間に配置される管をいう。冷温水配管内を冷温水が循環する。 |
| 蓄熱設備 | 熱エネルギーを蓄え、必要な時に放熱するシステム。冷房、冷蔵用などの冷熱蓄熱と暖房や給湯用の温熱蓄熱がある。 |

| 要素技術 | 概要 |
|-------|--|
| 熱負荷設備 | 給湯負荷、空調負荷及び融雪負荷等の熱負荷が発生する設備をいう。具体的には空調でのファンコイルユニット、給湯での出湯機器、融雪での融雪パネル等をいう。 |

2.3.2 主要要素技術

下水熱利用システムでは、熱交換器やヒートポンプ等の主要技術を用いている。いずれの設備も、高いエネルギー効率での利用が可能のため、省エネルギーに資する。

- ・ 熱交換器：高温度帯の流体から低温度帯の流体へ熱を移動させることで、効率的に加熱や冷却を行う設備
- ・ ヒートポンプ：電気等のエネルギーにより低温部分から高温部分へと効率的に熱を移動させる設備

【解説】

(1) 熱交換器

熱交換器とは、高温度帯の流体から低温度帯の流体へ熱を移動させる設備である。熱交換方法は、主に金属等を介して2種類の温度帯の流体を流すことで、高温度帯の流体から低温度帯の流体に熱エネルギーを移動させる隔壁方式と、直接流体を接触させて熱交換を行う直接接触方式がある。流体には、用途に応じて熱伝導率の異なる気体や液体を用いることが多く、下水熱の場合は熱源側に下水や処理水を用いる。

一般的な熱交換器と異なり、下水熱利用における熱交換技術の特徴として、未処理下水が流れる管路内への熱交換器の設置があげられる。これは、配管内等に流体を通す導線を設置し管路内で熱交換を行う技術で、市街に張り巡らされた管路網が熱源施設となるため、利用範囲が飛躍的に拡大することや、老朽化が進む下水管路のリニューアル(管更生工事)と同時に熱回収システム設置が可能になるといったメリットがある。

管路内設置型熱回収技術(管路内熱交換技術)には、下図のようなものがある。



図 2-6 管路内熱交換技術の種類

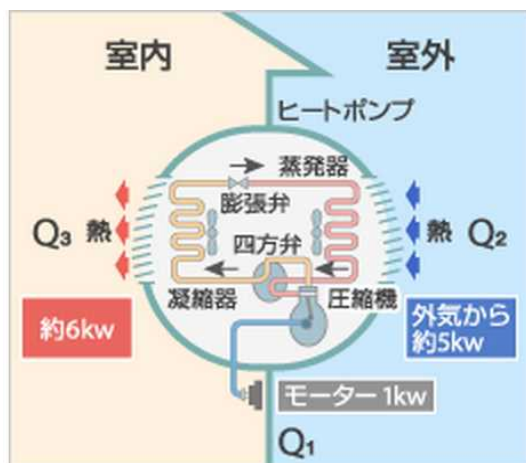
出所) 国土交通省「下水熱でスマートなエネルギー利用を～まちづくりにおける下水熱活用の提案～」

(2) ヒートポンプ

ヒートポンプとは、電気等のエネルギーにより低温部分から高温部分へと熱を移動させる装置である。多くは電動の圧縮機を利用したものだが、物質の化学変化を利用したものや、エンジンなど内燃機関と組み合わせたものもある。

下図に示すとおり、圧縮機、蒸発器、凝縮器、膨張弁の4つの基本要素とこれらを結ぶ配管から構成され、この配管の中を冷媒が循環する。冷媒は蒸発器で空気などの熱源から熱を吸収し、蒸発して圧縮機に吸い込まれ、高温・高圧のガスに圧縮されて凝縮器に送られる。ここで冷媒は熱を放出して液体になり、さらに膨張弁で減圧されて蒸発器に戻る。こうした冷媒ガスの圧縮・凝縮の繰り返しにより、熱の移動を行う装置である。

この際に使用する電気は、熱エネルギーとしてではなく、動力源としてのみ使用されるため、一般に消費電力の約3～6倍の熱を移動することが可能であり、省エネルギーにつながる。



圧縮機：

冷媒を圧縮し、高温高圧にして送り出す機械

膨張弁：

冷媒を急激に膨張させ、低温低圧にさせる装置

蒸発器：

外部から熱を吸収して冷媒を蒸発させる働きをする熱交換器

凝縮器：

冷媒を液化させて熱を外部へ放出する働きをする熱交換器

図 2-7 ヒートポンプの基本原理

出所) 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター

2.3.3 熱回収技術

下水熱利用システムでは、下水管路から採熱する技術として、管路内設置型熱回収技術と管路外設置型熱回収技術の大きく2つの技術が用いられる。

- ・ 管路内設置型熱回収技術
下水管路内に直接採熱設備を設置することで、熱を回収する技術
- ・ 管路外設置型熱回収技術
管路外まで接続設備を使って熱源を引用し、外部で採熱を行う回収技術

【解説】

(1) 管路内設置型熱回収技術

管路内設置型熱回収技術とは、下水管路内に直接採熱設備を設置することで、熱を回収する技術である。管路内設置型熱回収技術の主要な方式を下表に示す。

表 2-6 管路内設置型熱回収技術

| 方式 | 導入方式 | 採熱性 | 維持管理性 | 技術要素 |
|----------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|
| 1) 熱交換マット方式 | ○ 管更生と同時施工可能 | ○ 管底のため採熱変動が少ない | ○ 管路内浚渫や清掃作業は不要 | 管路の底部に熱交換マットを敷設し、ヒートライナー中のチューブに不凍液等を通して下水との熱交換を行う方式。 |
| 2) 管路内ヒートパイプ方式 | △ 放熱部と採熱部にヒートパイプ敷設が必要 | △～○ 放熱部と採熱部の平面距離等に依存 | △ 採熱パイプ上流側の養生が必要な場合あり | 管路にヒートパイプの一端を敷設し下水熱と熱交換を行う方式。 |
| 3) 管底設置方式(金属)・管更生併用型 | ○ 管更生時に適用が可能 | △～○ 採熱実験段階では約0.5℃の水温低下を確認 | ○ 特別な管理は不要。下水本管の日常点検と同時に実施 | 管路内の下水と管路内に設置した熱交換器とで熱交換を行う方式。 |
| 4) 管底設置方式(樹脂) | ○ 管更生時に適用が可能 | ○ 直接的な熱交換が可能 | △ 管路内浚渫が必要な場 | 管路内底部に樹脂製の熱交換器を後付で設置し、熱交換を行う |

| 方式 | 導入方式 | 採熱性 | 維持管理性 | 技術要素 |
|------------------|---------------------|--|--|---|
| | | | 合あり | 方式。 |
| 5) 管路一体型 (樹脂) | △ 新規管路敷 設時に設置 | △～○ 採熱実験段 階では約 0.7℃の水 温低下を確 認 | ○ 個別管理は 不要。下水 本管の日常 点検と同時 に実施 | 下水管路としての管 内側下水とリブ部分 の熱源水との間で熱 交換を行う方式。 |

1) 熱交換マット方式

- 管路の底部に熱交換マットを敷設し、マット中のチューブに不凍液等を通して下水との熱交換を行う方式。
- 管更生と同時施工可能で工事費を抑制でき、既存管径 800mm 以下の小径でも施工可能であるメリット。
- 下水は、常に水深が変動するが管底にマットを設置しているため採熱の変動が少ない。

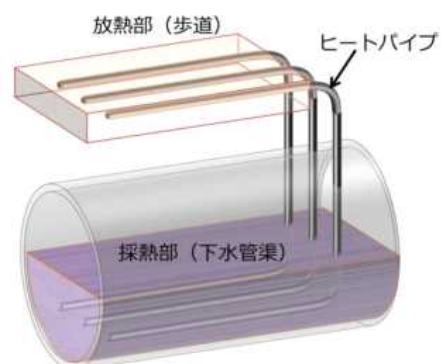


管口部の状況（新潟県十日町市） 内表面と保護層下部

出所) 東亜グラウト工業株式会社 資料

2) 管路内ヒートパイプ方式

- 管路にヒートパイプの一端を敷設し下水熱と熱交換を行う方式。融雪面に敷設したもう一端へと下水熱が自動的に伝わる仕組み。
- 簡易かつ動力不要な融雪システムであるメリット。
- パイプの固定が人による作業のため、最小下水管径はφ1000mm。



出所) 株式会社興和 資料

3) 管底設置方式（金属）・管更生併用型

- 管路内底部に金属製の熱交換器を後付方式で設置する。または、管更生時にも適用が可能である。



出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

4) 管底設置方式（樹脂）

- 管路内底部に樹脂製の熱交換器を後付方式で設置。または、管更生時に適用が可能。
- 水と熱交換管が直接接触れる構造による効率的な熱回収が可能。
- 樹脂製のため、耐蝕性が高い。
- 矩形や馬蹄形などの円形以外断面にも適用可能。
- 既設管径φ800mm～2400mm（円形）、幅800mm～2400mm（矩形、馬蹄形）での実施事例が多い。



出所) 積水化学工業株式会社 資料

5) 管路一体型（樹脂）

- 下水管路としての管内側下水とリブ部分の熱源水との間で熱交換を行う方式。
- 新規に管路を敷設する場合に熱交換機能をもたせる管路として適用可能。



出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

(2) 管路外設置型熱回収技術

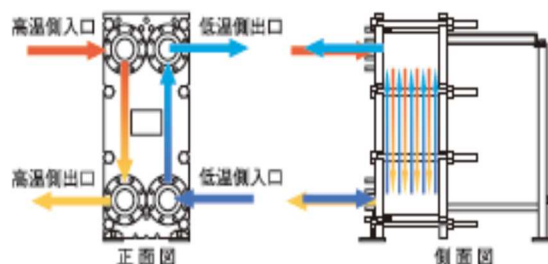
管路外設置型熱回収技術とは、管路外まで接続設備を使って熱源を引用し、外部で採熱を行う回収技術である。管路外設置型熱回収技術の主要な方式を下表に示す。

表 2-7 管路外設置型熱回収技術

| 方式 | 導入方式 | 採熱性 | 維持管理性 | 技術要素 |
|--------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1) プレート方式 | ○ 管路外に設置するため、施工上の制約は少ない | ○ 熱交換効率が低い | × 夾雑物が詰まる可能性あり。定期的な解体を含む補修が必要。 | 複数枚のプレートとパッキンを介して重ね合わせ、交互のプレート間に熱源（処理水を含む下水）と熱源水を流すことで熱交換を行う方式。 |
| 2) シェルチューブ方式 | △ 管路外に設置するが大規模となる場合が多いため、設置場所の確保が必要 | ○ 複数の熱源水と熱交換が可能のため、熱交換効率は高い | △ システム全体に対して洗浄等の定期的なメンテナンスが必要 | 数多くのチューブを胴状の容器（シェル）に収めた形状。パイプ部分の内側に下水を流し、その外側（胴内）に熱源水を流し、パイプを介して流体間で熱交換を行う方式。 |
| 3) 流下液膜式 | △ 取水用マンホール内に、下水取水装置の設置が必要 | △ 採熱実験段階では1℃未満の水温低下を確認 | ○ 圧送により維持管理が容易。配管端部は分解清掃が可能 | スクリーンを経由して取水した下水を熱交換器の上部より流下させ、表面を伝わらせることで熱交換を行う方式。 |

1) プレート方式

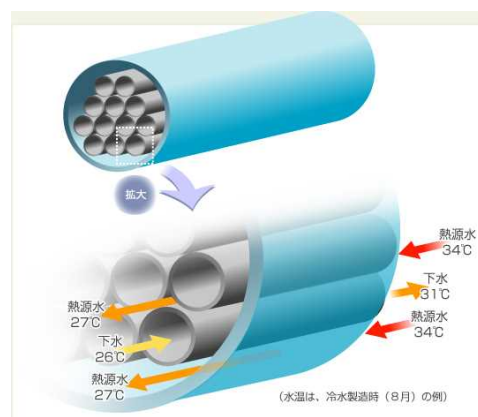
- 複数枚のプレートを、パッキンに介して重ね合わせ、交互のプレート間に熱源(処理水を含む下水)と熱源水を流すことで熱交換を行う方式。
- 熱源と熱源水は対向するように流れるため、熱交換効率が低い
- 処理水利用に適しており、規模に応じてプレートの大きさを変化させることが可能であり、価格も汎用品であるため他の熱交換器よりも比較的安価である。



出所) 日阪製作所 プレート熱交換器カタログ

2) シェルチューブ方式

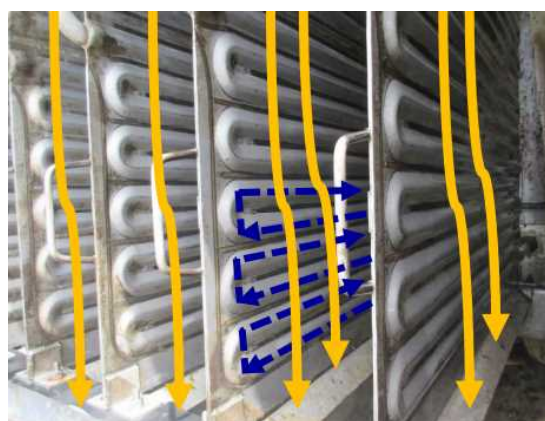
- 数多くのパイプ(チューブ)を胴状の容器(シェル)に収めた形状。パイプ部分の内側に下水を流し、その外側(胴内)に熱源水を流し、パイプを介して流体間で熱交換を行う方式。
- ポンプ場などでは、複数の管路から集積された下水を熱源として利用することができ、大規模に熱利用することが可能。



出所) 東京下水道エネルギー株式会社
ウェブサイト

3) 流下液膜式

- スクリーンを経由して取水した下水を熱交換器の上部より流下させ、表面を伝わせることで熱交換を行う方式。
- 常に下水を流下させることと、洗浄による適度なメンテナンスを行うことで、バイオフィルムの付着による影響を受けにくいメリット。
- 設置スペースが少し大きくなる可能性がある。



出所) 国土交通省「下水道熱利用推進協議会」
下水道熱利用促進ワークショップ
～地下に眠るエネルギーを活かした新たなまちづくり～ 資料 2-3

(3) 付属機器（マンホール取水用スクリーン）

- 管路外熱交換器に導水する下水に含まれる夾雑物を予め補足するための設備。スクリーン形状には、パンチングメタルやスリットが用いられる。
- スクリーン裏面から、取水下水を用いたポンプ洗浄や逆流洗浄機能を有する。



出所) 第6回下水熱利用推進協議会 資料

3. 下水熱利用の検討手順

3.1 下水熱利用の検討体制と検討項目

下水熱利用の検討体制には、下水道管理者と熱利用者にエネルギーサービス事業者が加わる場合と下水道管理者と熱利用者のみで検討する場合があります。下水熱利用の検討に当たっては、事業スキーム、システムの基本設計、事業採算性・導入効果について、それぞれ検討するとともに、下水熱利用に必要な諸手続きを実施する。

【解説】

3.1.1 下水熱利用の検討体制

下水熱利用の検討は、下水道管理者と熱利用者が協議しながら進めるが、特に、熱利用者が民間事業者の場合、エネルギーサービス事業者が下水道管理者との直接的な協議を熱利用者に代わって行うこと（3者体制）が多い。

また、熱利用者が地方公共団体の場合、地方公共団体内で協議をして進めること（2者体制）が一般的である。

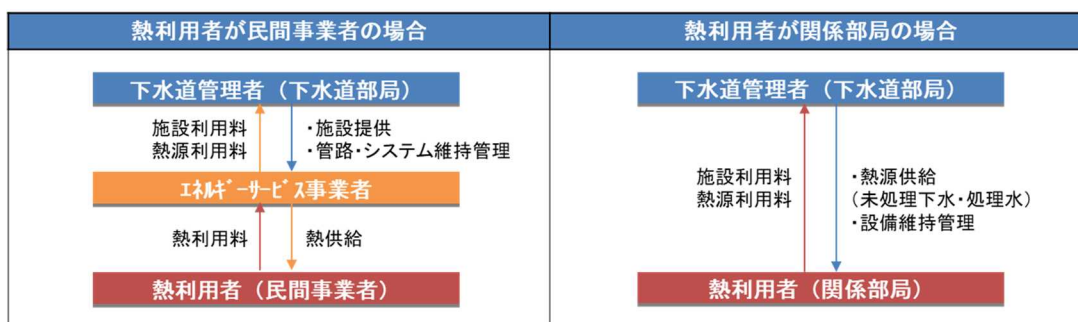


図 3-1 下水熱利用の検討体制

3.1.2 下水熱利用の検討項目

下水熱利用の検討に当たっては、事業スキーム、システムの基本設計、事業採算性・導入効果について、それぞれ検討する必要があるとともに、下水熱利用に必要な諸手続きを実施する必要がある。それぞれの検討項目及び手続き内容については下表のとおりである。それぞれの詳細は本マニュアルの4章、5章、6章を参照すること。

表 3-1 下水熱利用の検討項目と本マニュアルとの関係

| 検討項目 | | 該当する章 |
|------------|---------------|-------|
| 事業スキーム | 責任分界 | 4章 |
| | 協定・契約内容 | |
| システムの基本設計 | 熱需給バランスの確認 | 5章 |
| | 熱回収技術の選定 | |
| 事業採算性・導入効果 | 採算性に関する整理 | |
| | 環境性に関する整理 | |
| 利用に必要な諸手続き | 手続きの事前準備 | 6章 |
| | 下水熱利用の利用申請手続き | |
| | 下水熱利用の許可申請手続き | |
| | その他必要な手続き | |

3.2 検討手順の例

熱利用者が民間事業者のケースでは、エネルギーサービス事業者が熱利用者に代わって、下水道管理者と検討を進めていくことが多く、熱利用者が地方公共団体内のケースでは、下水道管理者が中心となって検討を進めていくことが多い。

【解説】

3.2.1 熱利用者が民間事業者のケース

熱利用者が民間事業者のケースでは、エネルギーサービス事業者（ES 事業者）が熱利用者に代わって、下水道管理者と検討を進めていくことが多い。



図 3-2 熱利用者が民間事業者の場合の検討手順の例

(1) 熱利用者（ES 事業者）の検討手順の例

熱利用者（ES 事業者）は、以下の手順で検討を進める。

- 下水道管理者に、下水熱利用の検討が可能か相談する
- 下水熱利用対象施設の候補が選定できていない場合、下水熱利用対象施設を検討し選定する
- 下水道管理者と事業スキームに係る協議を行い、協定等を締結する
- 下水熱利用対象施設を選定した後、下水熱利用の具体的な検討に入る。システムの基本設計を行い、導入効果を確認する
- 下水道管理者に、下水熱利用の利用申請及び許可申請を行う
- また、必要に応じて、下水道管理者以外の関係部局に、熱利用に必要なその他申請を行う

(2) 下水道管理者（下水道部局）の検討手順の例

下水道管理者（下水道部局）は、以下の手順で検討を進める。

- 熱利用者（ES事業者）が下水熱利用の検討や申請等を行えるように、下水熱利用に係る手続きをあらかじめ整備する
- 熱利用者（ES事業者）から下水熱利用に関する相談や下水熱利用対象施設の検討に関する打診があった場合は、必要に応じて協力する
- 熱利用者（ES事業者）と、事業スキームに関して協議し、協定等を締結する
- 熱利用者（ES事業者）から熱利用の利用申請や許可申請等があった場合、申請内容を審査し許可するか判断する

3.2.2 熱利用者が地方公共団体のケース

熱利用者が地方公共団体のケースでは、下水道管理者が中心となって下水熱利用の検討を進めていくことが多い。

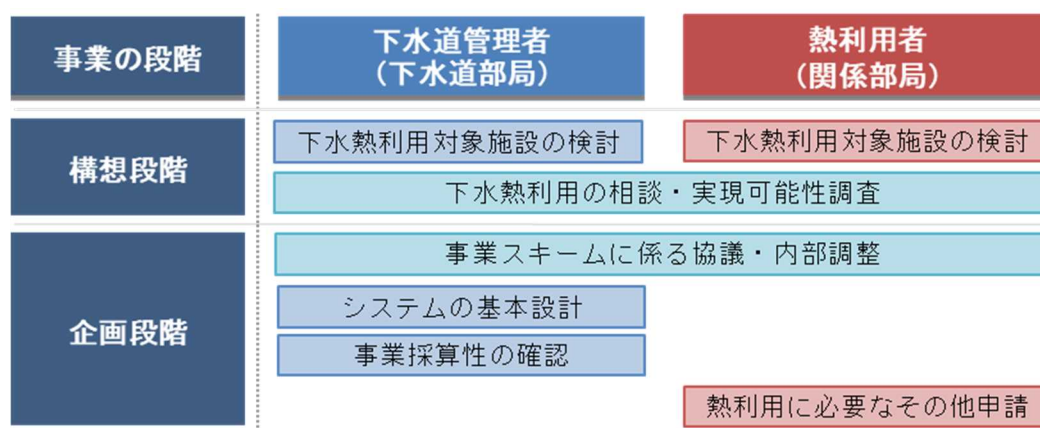


図 3-3 熱利用者が地方公共団体の場合の検討手順の例

(1) 熱利用者（関係部局）の検討手順の例

熱利用者（関係部局）は、以下の手順で検討を進める。

- 未利用熱の有効活用に関する社会的な要請や地方公共団体の推奨施策等を契機として、候補となる下水熱利用対象施設があるか検討する
- 下水道管理者（下水道部局）に、下水熱利用対象施設の候補について相談する。実現可能性調査を行い、下水熱利用の検討を行うか判断する
- 下水道管理者（下水道部局）と事業スキームに係る協議を行い調整する
- 必要に応じて、下水道管理者以外の関係部局に、熱利用に必要なその他申請を行う

(2) 下水道管理者（下水道部局）の検討手順の例

- 未利用熱の有効活用に関する社会的な要請や地方公共団体の推奨施策等を契機として、候補となる下水熱利用対象施設があるか検討する
- 熱利用者（関係部局）に、下水熱利用対象施設の候補について相談する。実現可能性調査を行い、下水熱利用の検討を行うか判断する
- 下水道管理者（下水道部局）と事業スキームに係る協議を行い内部で調整する。
- 下水熱利用対象施設を選定した後、下水熱利用の具体的な検討に入る。システムの基本設計を行い、導入効果を確認する

（参考）ポテンシャルマップを用いた、下水熱利用対象施設を選定

下水熱利用対象施設の候補が選定されていない場合、下水熱ポテンシャルマップを用いて検討することもできる。下水熱ポテンシャルマップによる選定手順は以下のとおりである。初めに、対象となる地域と下水熱の利用方法に関する条件を設定する。次に、それぞれのマンホールの熱利用可能量と下水熱利用対象施設と対象となるマンホール間の距離を点数化する。最後に、点数の高い下水熱利用対象施設及びマンホールを選定し、下水熱利用対象施設の候補とする。

ポテンシャルマップに関する詳細は、ポテンシャルマップガイドラインを参照されたい（7.1 リンク集に URL を記載）。

4. 事業スキームの検討

4.1 責任分界の検討

下水熱利用設備の保有・管理の責任分界点は、熱回収技術の選択や国庫補助制度の適用範囲等によって検討する。下水道管理者と熱利用者（ES事業者等）の費用についても、保有・管理の区分に応じた負担にするか協議する。

【解説】

4.1.1 管路内設置型熱回収技術を用いるケース

平成27年5月に下水道法が改正されたことにより、民間事業者が下水熱を利用するために下水道の管渠内に熱交換器等を設置することが可能となった。このようなケースでは、占用許可により下水道管理者側の敷地（下水道の管渠内等）に設置する設備を含め、下水熱利用を行う民間事業者（以下「民間の熱利用者」という。）が保有・管理し、費用負担についてもこの責任分界にあわせることが一般的である。

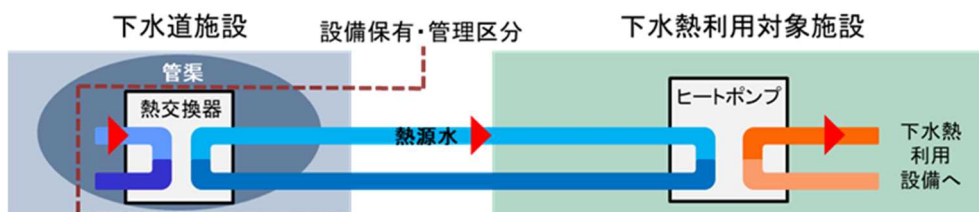


図 4-1 管路内設置型熱回収技術を用いるケースの例

なお、維持管理については、管渠内に設置された下水熱利用設備は民間の熱利用者が維持管理し、下水熱利用設備が設置された管渠を下水道管理者が維持管理することが原則的であるが、この場合は以下の事項に留意する必要がある。

(1) 管渠内に設置された下水熱利用設備を民間の熱利用者が維持管理し、当該設備が設置された管渠を下水道管理者が維持管理する場合

- 原則的な考え方であり、責任分界が明確
- 下水道管理者が行う管渠の維持管理作業時に下水熱利用設備を破損した場合の対応・措置（通常管渠の維持作業は下水道管理者から委託業者に委託される場合が多いが、その場合は下水道管理者と委託業者の契約条件において協議しておくことが望ましい）
- 下水熱利用設備の維持管理作業により管渠を破損した場合の対応・措置
- 下水熱利用設備の維持管理と管渠の維持管理の効率的な実施

このほか、維持管理については、下水熱利用設備が設置された管渠と下水熱利用設備の一体的な維持管理による作業の合理化を図るため、以下のような責任分界の設定が考えられる。

(2) 管渠内に設置された下水熱利用設備の維持管理について下水道管理者及び民間の熱利用者の間で協定を締結し、下水道管理者が当該設備を維持管理する場合

- 下水道管理者及び民間の熱利用者の間で協定を締結し、本来は民間の熱利用者が行うべき下水熱利用設備の維持管理を下水道管理者が実質的に実施
- 下水道管理者の下水熱利用設備の維持管理に関する技術的能力等を勘案した非常時における措置等の具体的かつ明確な取り決め
- 下水道管理者における維持管理費用の増嵩分を民間の熱利用者から徴収

(3) 維持承認により民間の熱利用者が下水熱利用設備の設置された管渠を含めて維持管理する場合

- 下水道管理者及び民間の熱利用者の間で協定を締結し、本来は下水道管理者が行うべき管渠の維持管理を含め、下水熱利用設備の維持管理を民間の熱利用者が実施
- 民間の熱利用者の管渠の維持管理に関する技術的能力を確認したうえでの非常時における措置等の具体的かつ明確な取り決め
- 民間の熱利用者における管渠の維持管理費用は、下水道管理者が負担

さらに、承認工事・維持承認により下水熱利用設備を設置する場合も考えられる。下水熱利用設備の保有・管理の責任分界点を敷地の保有・管理の分界点と合わせて設定する理由として以下の点が挙げられる。

① 国庫補助制度の適用範囲

例えば、下水熱利用設備が下水道施設か否かで国庫補助制度の対象となるか否かが異なるため、国庫補助制度の適用範囲を考慮して責任分界を設定する。

② 初期投資の削減

管路の改築等と一体的に下水熱利用設備を設置することで初期投資を削減できるような場合に、設備の保有・管理の責任分界点を敷地の保有・管理の分界点と合わせて設定する。

関係者の責任分界を設定するに当たっては、これらの状況を勘案し、最適な設定を行うことが肝要である。

4.1.2 管路外設置型熱回収技術を用いるケース

下水熱利用設備の保有・管理の責任分界点は、敷地の保有・管理の分界点と合わせて設定する（例えば、下水道管理者及び民間の熱利用者の敷地境界付近の継手・フランジ等を分界点とし、下水道管理者と民間の熱利用者の保有・管理施設を区分する）ことが一般的な考え方である。下水道管理者側の敷地には下水道管理者が保有・管理する設備が置かれ、民間の熱利用者側の敷地には民間の熱利用者が保有・管理する設備が置かれる。費用負担についても、この責任分界点に合わせる。

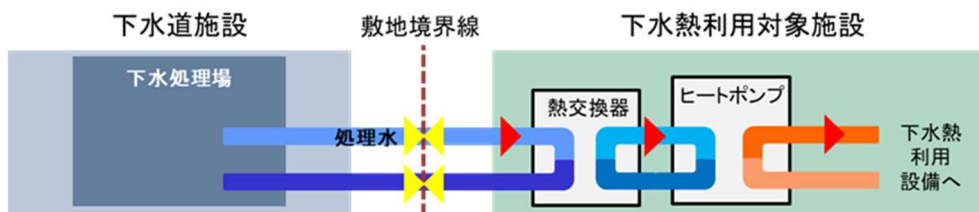


図 4-2 管路外設置型熱回収技術を用いるケースの例

しかし、このようなケースに当てはまらないものに以下のケースがある。

(1) 承認工事・維持承認により下水道管理者側の敷地に民間の熱利用者が設備を設置する場合

- 下水熱利用設備を、下水道施設として設置
- 下水熱利用設備の管理主体は下水道管理者になるものの、実質的には、民間の熱利用者が工事の承認を受け初期投資を負担して当該設備を設置・維持管理
- ポンプ場で未処理下水から採熱を行う場合に事例あり

(2) 占用許可により下水道管理者側の敷地に民間の熱利用者が設備を設置する場合

- 民間の熱利用者が設置・管理主体となり、初期投資・維持管理費を負担して、下水道施設の敷地内に下水熱利用設備を設置
- 民間の熱利用者は下水道管理者に対して管渠使用料を支払う
- 再生水利用事業等の処理水利用を行う場合に事例あり

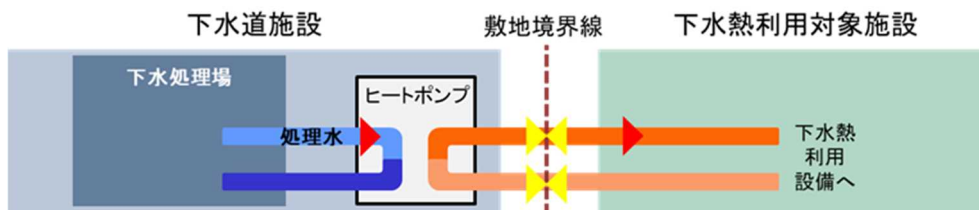


図 4-3 下水道管理者側の敷地内に民間の熱利用者が管理する設備を設置する例

これらの責任分界を設定する理由として以下の点が挙げられる。

① 国庫補助制度の適用範囲

例えば、下水熱利用設備が下水道施設か否かで国庫補助制度の対象となるか否かが異なるため、国庫補助制度の適用範囲を考慮して責任分界を設定する。

② 初期投資の削減

熱供給導管の設置に要する土木工事費は初期投資費用の中で大きなウエイトを占めており、下水熱利用設備を近接させることで初期投資を削減できるよう責任分界を設定する。

③ 維持管理性

一体的に維持管理を行った方が技術的・経済的に合理的な設備がある場合、これらを一体的に維持管理するため、敷地区分とは異なる保有・管理区分となることがある。

④ 敷地の有無

下水熱利用を検討する段階で、下水熱利用設備の設置場所が必ずしも確保されているとは限らない。そのような場合、施設を設置可能な場所を有するところに、設備を設置することがある。

4.2 協定・契約内容の検討⁵

下水熱利用に当たり、下水道管理者と熱利用者（ES事業者等）は、設置工事、維持管理、期間、料金、リスク等に関して協議を行い、協定書や覚書等の形で締結する。

【解説】

4.2.1 協議事項

下水熱利用に当たっては、熱利用者（ES事業者等）と下水道管理者は、下水道条例や関連規則等の細目では定められていない項目について、あらかじめ協議しておくことが望ましい。

下表のとおり、下水道管理者と熱利用者が協議すべき事項を以降の項に整理した。

表 4-1 下水道管理者と熱利用者の協議事項

| 分類 | 協議事項 | 該当する項 |
|------|---|-------|
| 設置工事 | 採熱設備*の設置工事 | 4.2.2 |
| 維持管理 | 採熱設備の点検・清掃・修繕 | 4.2.3 |
| 期間 | 管渠使用の期間、下水熱利用の期間 | 4.2.4 |
| 料金 | 管渠使用料、熱利用料、支払い方法、遅滞金、保証金 | 4.2.5 |
| リスク | リスク分担 | 4.2.6 |
| その他 | 相互協力（例、下水熱利用の効果の検証と報告）、暴力団員等からの不当介入を受けた場合における措置義務、管轄裁判所 等 | — |

* 採熱設備とは管渠内に設置する熱交換器や取水設備等を指す。

⁵ 本節の記載事項について、管路外設置（処理水利用を含む）の場合は、必要に応じて「管渠」を「処理場又はポンプ場施設」に読み替える。

4.2.2 設置工事

熱利用者（ES事業者等）が、下水道管理者の敷地内に採熱設備を設置することから、熱利用者が管渠内で設置工事を行う時期や内容、設置された採熱設備の現場確認の方法等について協議しておくことが望ましい。

4.2.3 維持管理

熱利用者（ES事業者等）が、下水道管理者の管理する管渠内に、採熱設備を設置する場合、管渠及び採熱設備の維持管理に関して協議しておく必要がある。具体的には、管渠及び採熱設備の点検、清掃、修繕が挙げられる。

(1) 点検

管渠内に設置された採熱設備の点検を熱利用者が行う場合、採熱設備を点検する主体、点検方法や頻度等を協議する。

基本的な分担は、下水道管理者が管渠の点検を行い、熱利用者が採熱設備の点検を行うのが一般的である。また、点検の頻度は年に1回以上など、点検の実施方法は目視などと両方で協議のうえ定めておくことが望ましい。

(2) 清掃

管渠内に設置された採熱設備の清掃を熱利用者が行う場合、採熱設備の清掃方法や頻度等を協議する。例えば、採熱設備の設置によって、管渠内に汚泥等の堆積により流下に支障が出ていた場合は、熱利用者が清掃を行うことになる。

(3) 修繕

点検や清掃によって、採熱設備もしくは管渠が破損した場合における、原状回復や費用分担についても協議する。点検や清掃により破損した場合は、当該設備を破損させた側が修繕費用を負担する。

なお、管渠内への多量の降雨等の流入や、震災等の想定外の事由により破損した場合には、それぞれの所有者が修繕費用を負担することが一般的である。

4.2.4 期間

下水熱利用の期間は、採熱設備の耐用年数（約15年）とするのが一般的である。一方で、管渠の使用（占有）期間は、下水道条例等で1年から5年の間と定められていることが多い。したがって、管渠の使用期間については、期間満了から予め定められた期日までに再度申請を行い、管渠の使用期間を更新する手続きを行う必要がある。実際には、下水熱利用の期間に合わせて管渠の使用期間を更新することが多い。なお、管渠の使用期間の更新方法が下水道条例等で定められていない場合は、下水道管理者と熱利用者（ES事業者）との間で協議しておく必要がある。

4.2.5 料金

下水熱利用に係る料金は、(1) 管渠使用料⁶と(2) 熱利用料⁷で構成される。それぞれの料金設定について、下水道管理者と熱利用者（ES事業者等）の間で、予め協議しておくことが望ましい。

(1) 管渠使用料

熱利用者が管渠内に採熱設備を設置する場合、下水道管理者は、採熱設備が管渠を占める割合などに応じて、管渠使用料を徴収することができる。採熱設備を管渠内に設置する場合における管渠使用料の徴収について下水道条例等で定められていなければ、下水道管理者と熱利用者で協議を行う。

参考) 管渠使用料の設定の例

長野県及び東京都の管渠使用料の算定式を一例として示す。

● 長野県

管渠使用料（熱交換器等設置使用料） [円/年]

$$= \{ \text{外径ごとに定められた金額} [\text{円}/\text{m} \cdot \text{年}] \times \text{使用延長} [\text{m}] \} \\ \times \text{管渠内の空間使用比率}$$

注釈) 工作物の財産価値に県との共用割合等を考慮してその都度定める額である。

出所) 第10回下水熱利用推進協議会（平成30年3月8日）「資料3-1 長野県における下水熱利用の手続について」

● 東京都

管渠使用料（暗きょ使用料） [円/年]

$$= \{ \text{熱交換器等の幅ごとに定められた金額} [\text{円}/\text{m} \cdot \text{年}] \times \text{使用延長} [\text{m}] \}$$

注釈) 熱交換器等の幅は、下水道暗きょ等の長さの方向に対して垂直な平面上における熱交換器等の輪郭が囲む領域の面積の正の平方根とする。

出所) 東京都下水道局暗きょ等の利用に関する規程

⁶ 熱交換器等設置使用料、暗きょ使用料、設備占用料、管渠占用料などとされる場合もある。

⁷ 下水熱利用料とする場合もある。

(2) 熱利用料

下水道管理者は、熱利用者から、熱利用料を徴収することができる。熱利用料の徴収方法は、以下の3つが挙げられる。

- 下水熱利用によるエネルギーコスト削減額の一部を徴収する方法
- 下水熱利用により得られた採熱量に予め定めた単価を乗じた料金を徴収する方法
- 下水熱利用に対して予め定めた一律の料金を徴収する方法

1) 下水熱利用によるエネルギーコスト削減額の一部を徴収する方法

下水熱利用によるエネルギーコスト削減額の一部を徴収する方法では、熱利用者から下水道管理者に対して支払われる下水熱利用料は毎年変動する。なお、熱利用者が事業採算性に見合わないリスクは低減される。

2) 下水熱利用により得られた採熱量に予め定めた単価を乗じた料金を徴収する方法

下水熱利用により得られた採熱量に予め定めた単価を乗じた額を徴収する方法においても、熱利用者から下水道管理者に対して支払われる下水熱利用料は毎年変動する。なお、設定する単価によっては、熱利用者が下水熱利用によって得られたメリットを上回る料金を支払う可能性があることに留意する必要がある。

3) 下水熱利用に対して予め定めた一律の料金を徴収する方法

下水熱利用に対して予め定めた一律の料金を徴収する方法は、下水道管理者が安定的に熱利用料を徴収することができる。一方で、熱利用者が下水熱利用によって得られたメリットを上回る料金を支払う可能性があることに留意する必要がある。

参考) 熱利用料の設定の例

長野県及び長野県小諸市の熱利用料の算定式を一例として示す。

- 下水熱利用によるエネルギーコスト削減額の一部を徴収する方法（長野県の例）

熱利用料(下水熱利用料)[円/年]

$$= \{ \text{エネルギーコスト削減額 (概算)} [\text{円}/\text{m} \cdot \text{年}] \} \times 2\%$$

注釈) 使用目的による効用に着目して類似用途の取引事例を参考にしてその都度定める額である。

出所) 第10回下水熱利用推進協議会(平成30年3月8日)「資料3-1 長野県における下水熱利用の手続について」

- 下水熱利用により得られた採熱量に予め定めた単価を乗じた額を徴収する方法(小諸市の例)

熱利用料(下水熱利用料)[円/年] = {採熱量[MJ/年] × 設定金額[120円/1000MJ]}

出所) 小諸市下水道条例

(3) その他の料金

その他の料金として、道路占用料や土地利用料を負担する場合がある。これらの料金は、関係部局が各種法令等に基づき必要に応じて徴収する。

4.2.6 リスク

下水熱利用の検討に当たっては、リスクが顕在化した場合の追加的支出の分担を含む措置について、下水道管理者と熱利用者（ES事業者等）の間で、協議のうえ、具体的かつ明確に分担しておく必要がある。

先行事例の調査結果から、下水熱利用における主なリスクを以下に挙げる。

(1) 調査リスク

下水熱利用は、実現可能性調査等を行うため下水流量・温度を実測調査する場合がある。特に、下水管渠から採熱する場合、一般に下水流量・温度は把握されていないため、現場での実測が必要となる可能性がある。ただし、実測調査には相応の費用を要するが、実測調査の結果、下水熱利用に必要な熱量を十分に満たす流量が確保できないリスクがある。

(2) 運用開始の遅延リスク

下水熱利用は、後述のように下水熱利用に係る各種許認可が必要な場合や、施工時に既存施設が障害となるなどの技術的課題が生じる場合等、関係者との調整により運用開始が遅延するリスクがある。

(3) 物価の変動リスク

下水熱利用の経済的メリットは、省エネルギーによる電力・ガス使用量の削減によるところが大きいと、原油価格や為替変動等による電力料金・ガス料金等の変動が、事業採算性へのリスクとなる。

(4) 下水熱の供給リスク

下水の流量・水温は下水道管理者により必ずしも制御できるものではなく、下水熱利用の検討を開始するに当たり想定していた下水の流量・水温が確保できなくなるリスクがある。例えば、採熱地点の上流で排水していた多量排水施設（大規模温浴施設等）の廃止による流量の減少・水温の低下、あるいは長期的なリスクとして、人口減少による流量の減少、気候変動による水温の変化などが考えられる。

対処方法の例としては、協定書等の取決めにおいて、不可抗力による下水流量・水温の変化については下水道管理者の責めに帰さない規定を設ける（いわゆる「なりゆき供給」とする）ことがある。なお、そのような協定等を取り決める場合には、熱利用者またはエネルギーサービス事業者は、下水熱利用システムが停止した際に稼働させるボイラなどバックアップシステムを設置する必要がある。

また、下水の流量・水温の低下の要因として、下水管路網の再構築や採熱地点の上流で新たに下水熱利用が行われることも考えられる。このような要因については、下水道管理者の許可の範囲内において一定程度制御できることから、その対応を協定書等の取

決めにおいて規定することが考えられる。

(5) 設備の維持管理・運用に係る事故リスク

下水熱利用に必要なヒートポンプ等の故障により、熱供給が停止するリスクがある。対処方法の例としては、下水熱利用システムが停止した際に稼働させるボイラなどバックアップシステムの設置がある。一方で、バックアップシステムの設置には初期投資を要し、事業採算性の悪化にもつながることから、実施設計段階での詳細な検討が必要である。

この他に官民連携で事業を実施することによる一般的なリスクも存在し、これについては下表を参照されたい。なお、甲の欄に丸印があるリスクは下水道管理者（下水道部局）の負担、乙の欄に丸印があるリスクは熱利用者（ES事業者等）の負担を想定する。甲乙両方の欄に丸印があるリスクは、協議のうえ定めるものとする。

表 4-2 下水熱利用事業におけるリスク（例）⁸

| 段階 | リスクの種類 | リスクの内容（例） | 甲 | 乙 |
|-------|------------------|--|---|---|
| | | | | |
| 全段階共通 | 1 法制度・法令変更リスク | 下水熱利用事業に影響を与える法制度・法令等の変更により追加費用の発生や、何らかの対応が求められるリスク | ○ | ○ |
| | 2 許認可リスク | 下水熱利用事業の実施に当たり、取得すべき許認可が得られず、事業開始が遅延するリスク - 下水熱利用事業実施に必要となる下水道法や都市再生特別措置法、低炭素まちづくり法、道路法、熱供給事業法に係る許認可が得られないケース 等 | | ○ |
| | 3 税制変更リスク | 法人税や消費税、その他の税に係る制度の変更によって、経費の支払額が増加するリスク | | ○ |
| | 4 政治リスク | 下水熱利用事業に影響を与える政策の変更リスク | | ○ |
| | 5 住民対応リスク | 下水熱利用事業に対する住民反対運動・訴訟・要望等が発生し、対応が求められるリスク | | ○ |
| | 6 環境問題リスク | 設計、建設、維持管理・運営等における汚染物質の排出・漏えい等のリスク - （未処理下水を利用する場合）下水熱利用設備の建設、維持管理・運営等において、未処理下水が外部に漏洩するケース 等 | | ○ |
| | 7 第三者賠償リスク | 下水熱利用設備の瑕疵や施設の劣化及び維持管理の不備、その他の事由により第三者に損害を与えるリスク | | ○ |
| | 8 物価変動リスク | 下水熱利用事業期間中のインフレ、デフレ等による物価変動リスク | ○ | ○ |
| | 9 金利リスク | 下水熱利用事業期間中の金利変動リスク | ○ | ○ |
| | 10 資金調達リスク | 初期投資及び更新投資に係る資金調達に関するリスク | | ○ |
| | 11 事業の中止・延期リスク | 地方公共団体における下水熱利用事業への施策方針の変更やその他の事由により下水熱利用事業が中止・延期となるリスク | | ○ |
| | 12 事業破綻リスク | 経営悪化等によるエネルギーサービス事業者の倒産により下水熱利用事業が破綻するリスク | | ○ |
| | 13 民間事業者債務不履行リスク | エネルギーサービス事業者の下水熱利用事業の放棄、サービス水準の低下、業務の重大な違反等のリスク | | ○ |
| | 14 公共債務不履行リスク | 下水道管理者がエネルギーサービス事業者又は熱利用者に対して負う債務の不履行とするリスク | ○ | |

⁸ 参考：「PFI 事業におけるリスク分担等に関するガイドライン」（内閣府、平成 13 年 1 月）、「官庁施設の PFI 事業手続き標準（第 1 版）」（国土交通省 大臣官房官庁営繕部、平成 15 年 10 月）「下水道事業における公共施設等運営事業等の実施に関するガイドライン（案）」（国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部、平成 26 年 3 月）、「流域下水道下水熱利用手続要領、別表（第 13 条関係）協定リスク分担表」（長野県、平成 29 年 6 月）

| 段階 | リスクの種類 | リスクの内容(例) | 甲 | 乙 |
|---------|---------------------------|--|---|---|
| | | | | |
| | 15 不可抗力リスク | 天災等、予見が困難な自然的又は人為的現象が発生し下水熱利用事業が中断するリスク <ul style="list-style-type: none"> - 地震等の大規模災害により下水管路や下水熱利用設備が損傷するケース - 下水流量・水温の変化により、想定どおりの熱源供給又は熱供給が行えなくなるケース 等 | | ○ |
| 計画・設計 | 16 測量・調査リスク | 現場での測量・調査等が必要となるリスク及び測量・調査の誤りにより損害や追加費用が発生するリスク | | ○ |
| | 17 設計変更リスク | 下水道管理者の提示条件、指示及び判断の不備・変更又はエネルギーサービス事業者又は熱利用者の判断の不備により、設計変更が生じるリスク | ○ | ○ |
| | 18 計画変更リスク (計画・設計段階) | 上位の全体計画の変更に伴い、下水熱利用事業条件に変更が生じ、追加費用が発生するリスク <ul style="list-style-type: none"> - 下水道計画や開発計画等の変更により、下水熱利用事業において追加的な設備が必要となるケース 等 | | ○ |
| | 19 設計完了遅延リスク | 下水道管理者、エネルギーサービス事業者又は熱利用者の計画変更等により、設計期間が延長するリスク | | ○ |
| | 20 設計費用増大リスク | 下水道管理者、エネルギーサービス事業者又は熱利用者の計画変更等により設計費が増大するリスク | | ○ |
| | 21 設計の成果物の瑕疵リスク | 下水熱利用設備の新設又は更新に関する瑕疵リスク | | ○ |
| 建設 | 22 工事完成遅延リスク | 下水道管理者の指示や意向による設計変更、エネルギーサービス事業者又は熱利用者の不適切な工程管理等により、工事の完成が遅延するリスク | | ○ |
| | 23 工事費用増大リスク | 下水道管理者の指示や意向による設計変更、エネルギーサービス事業者又は熱利用者の不適切な工程管理等により、工事費が増大するリスク | | ○ |
| | 24 工事施工リスク | 工事の施工に関連して工事目的物に損害を与えるリスク | | ○ |
| 維持管理・運営 | 25 計画変更リスク (維持管理・運営段階) | 下水道管理者、エネルギーサービス事業者又は熱利用者の意向による下水熱利用事業の内容・用途の変更により追加費用が発生するリスク | | ○ |
| | 26 運営開始の遅延リスク | 下水道管理者の指示や意向、エネルギーサービス事業者又は熱利用者の運営準備の遅延、関係者間での調整等により、運営開始時期が遅延することで損害や追加費用が発生するリスク | | ○ |
| | 27 性能リスク (維持管理・運営段階) | 維持管理に不備があり、契約条件に満たないリスク <ul style="list-style-type: none"> - 採熱設備が適切に維持管理なされていないために、夾雑物等の汚れが付着し、性能が低下するケース 等 | | ○ |

| 段階 | リスクの種類 | リスクの内容（例） | 甲 | 乙 |
|------|------------------|--|---|---|
| | 28 施設瑕疵リスク | 新設又は更新する設備及び既存設備の瑕疵に係るリスク - 新設した下水熱利用設備の瑕疵により稼働できないケース 等 | | ○ |
| | 29 維持管理費用増大リスク | 下水道管理者の指示や意向その他想定外の事由等により、維持管理費用が増大するリスク - 想定以上に夾雑物が多く、汚れの付着を防ぐために追加的な費用が必要となるケース 等 | | ○ |
| | 30 施設・備品の損傷リスク | 流入汚水の水質等に起因する設備・備品の損傷リスク | | ○ |
| | 31 需要変動リスク | 当初想定された熱利用者の離脱等により、収入が減少するリスク | | ○ |
| | 32 料金設定リスク | 料金水準の改定が認められない、熱利用者からの値下げ要求がなされる等の理由により当初想定よりも収入が減少するリスク ※熱利用者がエネルギーサービス事業者へ支払う料金、エネルギーサービス事業者が下水道管理者に支払う料金 | | ○ |
| | 33 料金未払いリスク | 料金を滞納によって、本来得られるべき収入が得られないリスク ※熱利用者がエネルギーサービス事業者へ支払う料金、エネルギーサービス事業者が下水道管理者に支払う料金 | | ○ |
| | 34 維持管理・運営の中断リスク | 下水道管理者の事由により、熱源供給ができなくなるリスク エネルギーサービス事業者の事由により、熱供給ができなくなるリスク | | ○ |
| | 35 技術革新リスク | 技術革新により当該技術の技術力が低下するリスク | | ○ |
| | 36 利用者対応リスク | (2者体制の場合) ・ 熱利用者から熱源供給に係る苦情が発生するリスク (3者体制の場合) ・ 熱利用者からエネルギーサービス事業者に対して熱供給に係る苦情が発生するリスク ・ エネルギーサービス事業者から下水道管理者に対して熱源供給に係る苦情が発生するリスク | ○ | ○ |
| 事業終了 | 37 移管手続きリスク | 下水熱利用事業の終了手続きや精算手続きにおいて、追加費用が発生するリスク - 承認工事や管更生と同時施工する熱回収技術等において追加費用が発生するケース 等 | | ○ |

4.2.7 協定書の例

下水道管理者と熱利用者（ES 事業者等）は、下水熱利用に当たり協議した事項を文書化して協定書や覚書等の形で締結しておく必要がある。

例えば、長野県の「下水熱利用に関する協定案」には、下表の 17 項目の締結事項がある。

表 4-3 協定書の締結事項の例

| 条例の項目 | 締結事項 |
|--------|------------------------------|
| 第 1 条 | ● 趣旨 |
| 第 2 条 | ● 熱交換器等の設置工事 |
| 第 3 条 | ● 熱交換器等の維持管理 |
| 第 4 条 | ● 管渠内の点検 |
| 第 5 条 | ● 管渠使用期間 |
| 第 6 条 | ● 管渠使用料の額 |
| 第 7 条 | ● 管渠使用料の支払い |
| 第 8 条 | ● 遅滞金 |
| 第 9 条 | ● 保証金 |
| 第 10 条 | ● 費用負担 |
| 第 11 条 | ● 協定の解除 |
| 第 12 条 | ● 下水熱利用事業の中止又は制限 |
| 第 13 条 | ● リスク分担 |
| 第 14 条 | ● 暴力団員等からの不当介入を受けた場合における措置義務 |
| 第 15 条 | ● 管轄裁判所 |
| 第 16 条 | ● 協定期間 |
| 第 17 条 | ● その他 |

出所) 長野県「下水熱利用に関する協定案」

5. システムの基本設計と事業採算性の確認

5.1 下水熱利用システムの基本設計

5.1.1 システム基本設計の流れ

下水熱利用システムの導入においては、採熱地点及び下水熱利用対象施設における熱需給バランスを確認する。熱需給バランスの確認では、導入を想定する施設の地域や建物用途、規模に応じた熱需要量や採熱地点の下水熱流量や温度を踏まえた下水熱利用可能量を元に、導入に必要な設備規模や熱回収技術について検討する。

【解説】

本マニュアルでは、熱需給バランスの算定方法や考え方、熱回収技術の検討までを下水熱利用システムの基本設計として解説する。

下水熱利用システムの導入を検討する際の検討フローを下図に示す。まずは、下水熱利用対象施設における、熱需要量を算定する。熱需要量は、下水熱利用対象施設での熱利用用途や導入地域に応じて最大熱需要量及び年間総負荷量を整理することで求められる。次に、熱需要量に対して、利用可能な下水熱の熱量（以下「下水熱利用可能量」という。）を確認する。下水熱利用可能量は、下水熱の持つポテンシャルと熱交換器の効率等から算定することが可能である。最後に、必要な下水熱利用可能量から想定される設備規模を把握し、採熱地点等の状況等を踏まえて、熱回収技術を選定する。なお、下水熱利用システムの検討に当たっては、国土交通省「下水熱利用可能性簡易検討ツール」を活用することで、概算値として熱需給バランスの確認や、採算性・環境性の評価を行うことが可能であるため、参考とされたい。なお、実際の導入に当たっては、下水流量や下水管路の状況に応じた判断が必要となるため、記載の検討フローに限らず、個別事例の状況を考慮しメーカーや設備関連のコンサルタント等に相談されたい。

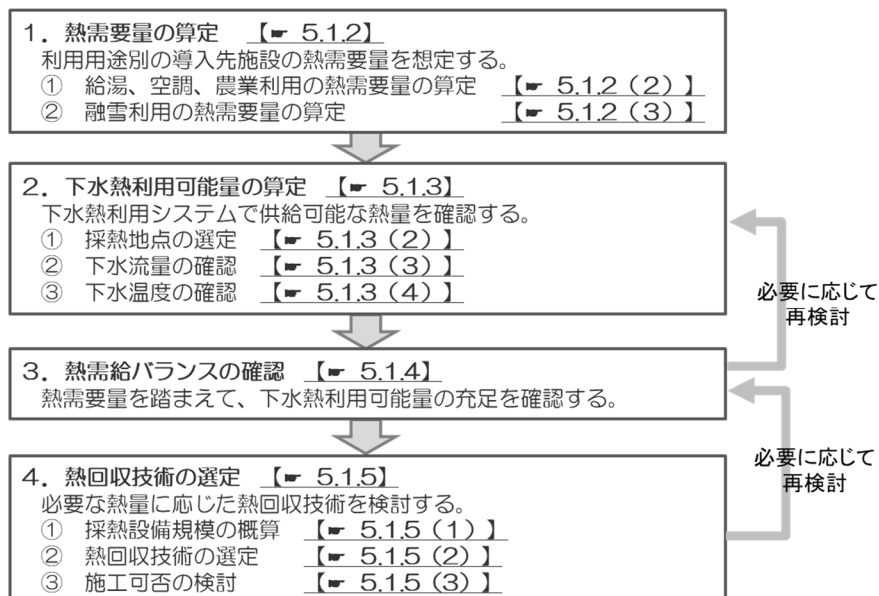


図 5-1 システム基本設計の検討フロー

5.1.2 熱需要量の算定

下水熱利用対象施設の最大熱需要量及び年間総負荷量を整理し、下水熱供給先の熱需要量を把握する。熱需要量は、下水熱利用対象施設の導入地域、建物用途、熱利用用途、設備規模等から算定する。

【解説】

(1) 熱需要量の算定の考え方

下水熱利用対象施設の最大熱需要量及び年間総負荷量を整理し、下水熱供給先の熱需要量を把握する。

新規施設に対しては、施設の延床面積等の熱需要量と相関の高い指標を設定し、導入地域、建物用途、熱利用用途別にその指標の平均的な値（原単位）を確認する。そのうえで、導入を検討している施設の規模に原単位を乗じることで目安となる熱需要量を算定する。一方で、既設施設に対して下水熱を供給する場合は、既に得られているエネルギー消費量と導入されている機器効率のデータに基づき、熱需要量を算定することでより精度の高い値を算出することができる。このとき、熱需要量に対してどの程度の熱量を下水熱利用システムで賄うかについては、最大の熱需要量を検討することが望ましい。また、平均的な熱需要量に対しては下水熱で賄うものとし、熱需要量が大きいときには空気熱等の他の熱源を利用するといった考え方があり、採算性や環境性を考慮して設定する必要がある。以下では、新規施設に対して、下水熱利用システムを導入する際の熱需要量の算定方法について紹介する。

(2) 給湯、空調、農業利用の熱需要量の算定

新規施設に対して、下水熱利用システムを導入する際、下水熱利用対象施設の詳細が未定な段階では、冷暖房、給湯について、施設の延床面積と単位床面積当たりの熱需要量（熱需要原単位）から最大熱需要量と年間の熱需要の総量を算定する。最大熱需要量と年間熱需要量は以下の式により算出される。

<最大熱需要量の算定>

最大熱需要量[kJ/h]

$$= \{ \text{最大熱需要原単位} [\text{kJ}/\text{h} \cdot \text{m}^2] \times \text{延床面積} [\text{m}^2] \} \\ \times \text{冷(暖)房用最大熱需要地域補正係数}$$

<年間熱需要量の算定>

年間熱需要量[MJ/年]

$$= \{ \text{年間冷(温)熱需要原単位} [\text{MJ}/\text{年} \cdot \text{m}^2] \times \text{延床面積} [\text{m}^2] \} \\ \times \text{冷(暖)房用年間熱需要地域補正係数}$$

※「冷(暖)房用最大熱需要地域補正係数」、「冷(暖)房用年間熱需要地域補正係数」は熱需要原単位の地域による違いを補正するための係数

※1MJ=1,000kJ

このとき、建物用途別の冷暖房、給湯の年間エネルギー負荷原単位の設定例として下表がある。

表 5-1 建物用途別最大熱需要原単位の設定例

| 用途 | 最大需要 (W/m ²) | | |
|------------|--------------------------|-------|--------------------|
| | 冷房 | 暖房 | 給湯 |
| 事務所 (標準型) | 104.7 | 58.1 | 16.3 |
| 事務所 (OA 型) | 123.3 | 34 | 16.3 |
| 病院 | 104.7 | 95.3 | 46.5 |
| ホテル | 87.2 | 77.9 | 116.3 |
| 店舗 | 139.5 | 93.0 | 23.3 |
| スポーツ施設 | 122.1 | 122.1 | 814.0 [※] |
| 住宅 | 46.5 | 34.9 | 18.6 |

注釈) 1W=3.6kJ/h

スポーツセンターの給湯負荷は建物規模[m²]の影響が少ないため実数値で示す (MWh/y)。

出所) 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008 (日本工業出版)

表 5-2 建物用途別年間熱需要原単位の設定例

| 用途 | 年間需要 (MJ/年・㎡) | | | |
|----|---------------|-------|-------|---------|
| | 冷房 | 暖房 | 給湯 | 熱量計 |
| 住宅 | 33.5 | 83.9 | 125.6 | 243.0 |
| 業務 | 293.0 | 129.6 | 9.4 | 432.0 |
| 商業 | 523.1 | 146.5 | 96.1 | 765.7 |
| 宿泊 | 418.7 | 334.8 | 334.8 | 1,088.3 |
| 医療 | 334.8 | 309.6 | 334.8 | 979.2 |

注釈) 本表の数値はコージェネレーションシステムを導入するような比較的規模の大きい建物に使用するものである。エネルギー負荷原単位は、建物床面積の規模が大きくなるにつれ高くなる傾向にあることから、比較的規模の小さい建物に本表の数値を使用すると、熱需要は実際よりも大きい値を示す点は留意が必要である。

出所) 都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価 (空気調和衛生工学会)
(原資料の原単位を 1kcal/㎡=4.186MJ/㎡で換算)

また、冷(暖)房用年間熱需要地域補正係数の設定例を下表に示す。標準的な原単位に以下の値を乗じて補正をかけることにより、地域毎の気候の特性を反映する。

表 5-3 冷(暖)房用年間熱需要地域補正係数の設定例

| | 冷房 | 暖房 |
|-----|-----|------|
| 北海道 | 0.5 | 2.4 |
| 東北 | 0.7 | 1.4 |
| 北陸 | 0.9 | |
| 関東 | 1.0 | 1.0 |
| 東海 | 1.1 | 0.9 |
| 近畿 | | |
| 中国 | | |
| 四国 | 1.2 | 0.7 |
| 九州 | | |
| 沖縄 | 1.5 | 0.07 |

出所) 地域冷暖房技術手引き書 ((社) 日本地域冷暖房協会)

上記の式と以下の表のデータに基づくと、例えば、北海道の延床面積 2,000 ㎡の業務用建物における年間負荷は以下のとおり算出される。

- 冷房 : $293.0[\text{MJ}/\text{年}\cdot\text{m}^2] \times 2,000[\text{m}^2] \times 0.5 = 439,500[\text{MJ}/\text{年}]$
- 暖房 : $129.6[\text{MJ}/\text{年}\cdot\text{m}^2] \times 2,000[\text{m}^2] \times 2.4 = 622,080[\text{MJ}/\text{年}]$
- 給湯 : $9.4[\text{MJ}/\text{年}\cdot\text{m}^2] \times 2,000[\text{m}^2] = 18,800[\text{MJ}/\text{年}]$

なお、時刻別の負荷については、構想段階の検討においては必ずしも考慮する必要はないが、FS 調査において必要に応じて調査する。

(3) 融雪利用の熱需要量の算定

融雪利用については、下水熱利用対象施設の詳細が未定な構想段階では、融雪対象面積と単位面積当たりの熱需要量（熱需要原単位）、稼働時間数から、時間当たり最大熱需要と年間の熱需要量を推計する。時間当たり熱需要量と年間熱需要量は、以下の式により算出される。

<時間当たり熱需要量の算定>

$$\text{時間当たり熱需要量[W]} = \{\text{熱需要原単位[W/m}^2\} \times \text{延床面積[m}^2\}\}$$

<年間熱需要の算定>

年間熱需要量[MJ/年]

$$= \{\text{熱需要原単位[W/m}^2\} \times \text{延床面積[m}^2\}\} \times \text{稼働時間[h]} \times 0.0036$$

※1kWh=3.6MJ

このとき、融雪の時間当たり熱需要原単位の設定例として下表がある。
また年間の稼働時間については、年間降雪日数等の気象条件等によって異なる点は留意が必要である。

表 5-4 融雪の時間当たり負荷原単位の設定例

| 熱需要原単位 (W/m ²) |
|----------------------------|
| 100～300 程度 |

出所) メーカーへのヒアリング調査により設定

5.1.3 下水熱利用可能量の算定⁹

下水熱利用可能量は、採熱地点の下水流量、下水熱利用温度差及び外気等の想定を元に把握した下水熱ポテンシャル量に対して、ヒートポンプや熱交換器を通して得られる熱量から把握する。

【解説】

(1) 下水熱利用可能量の算定の考え方

熱需要量を把握した後、推計した熱需要量に対して下水熱利用システムで賄う熱量を算定する。下水熱利用システムで賄う熱量は、主に採熱地点の下水熱ポテンシャル量をベースに、以下の式によりヒートポンプや熱交換器を通して得られる熱量から把握する。

加熱時の下水熱利用可能量

$$\text{下水熱利用可能量[MJ]} = \frac{COP[-]}{(COP - 1)[-]} \times \text{下水熱ポテンシャル[MJ]}$$

冷却時の下水熱利用可能量

$$\text{下水熱利用可能量[MJ]} = \frac{COP[-]}{(COP + 1)[-]} \times \text{下水熱ポテンシャル[MJ]}$$

下水熱ポテンシャル量は、下水流量、下水熱利用温度差及び外気によって推計することが可能である。具体的には、下水熱流量に対して、容積辺りの比熱を乗じることで下水熱自体が持つ熱量を算定し、そこに下水熱の利用温度差を乗じることで下水熱ポテンシャルを算定する。

下水流量及び下水熱利用温度差は、採熱地点や採熱地点からの下水熱利用対象施設との距離にも依存するため、採熱地点の状況を踏まえた確認が必要である。なお、下水熱ポテンシャルの確認は、採熱する下水管路（管渠）における変動を抑えて精度を確保するため、冬期2週間程度の実測により、最低水量及び水位の確認をすることが望ましい。

下水熱ポテンシャル[MJ]

$$= \text{比熱} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] \times \text{密度} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times \text{下水流量}[\text{m}^3] \times \text{下水熱利用温度差}[\text{°C}]$$

以下からは、実際の下水熱可能量の算定を行うための一般的な検討フローとして、採熱地点の選定し、その採熱地点における下水流量及び下水温度について紹介する。

⁹ 本節の記載事項については、管路外設置（処理水利用を含む）の場合は、必要に応じて「管渠」を「処理場又はポンプ場施設」に読み替える。

(2) 採熱地点の選定

下水熱で賄う想定熱量を把握する際、まずは下水熱による熱量を回収可能な採熱地点を把握する必要がある。

具体的には、下水熱の導入を検討している需要施設に対して、施設周辺から下水熱利用が可能な地点の候補を定める。次に、施工性や採算性を検討したうえで、実地調査により採熱量等を計測する。使用する熱回収技術や採熱の時季、採熱地点との距離（一般的には、100m～150m 範囲内とされる）によって、それぞれの採熱地点候補の検討結果は変動する可能性があることに留意し、採熱地点を選定する。なお、採算性の検討は、5. 2. 1 を参照されたい。また、特定の下水熱利用対象施設の設備システムとして導入する場合と、まちづくりや再開発等の大規模システムとして導入する場合とでは、下水熱の採熱地点の選定方法は異なるため、システム規模に応じた検討が必要である。

地方公共団体によっては、各地点における流量・採熱量等のポテンシャルを示した地図（下水熱ポテンシャルマップ）を策定している場合もあるため、各下水道管理者に問い合わせされたい。以下には、下水熱ポテンシャルマップを策定していない等で新しく下水流量や採熱量等を把握する場合の把握方法について示す。

(3) 下水流量の確認

下水熱利用システムで利用可能な下水熱量を把握するため、安定して利用できる下水流量を調査し、月別の平均水量と最低水量を整理する。この際、下水の排除方式が合流式の場合は、安定的に利用できる流量として晴天時の流量を用いる。

なお、時刻別の流量変化については、構想段階においては必ずしも把握する必要はないが、必要に応じ、FS 調査において調査するため、既存のデータがあれば可能な限り計画の早期の段階から活用することが効率的である。特に、冷熱負荷のピークとなる8月、温熱負荷のピークとなる2月については、代表日の時刻別水量を把握することが望ましい。

下水流量を把握するに当たっては、実際に採熱地点において下水流量を計測するのが最も正確な方法だが、実計測が不可能な場合、取得可能なデータに応じて以下の2つの方法がある。

1) 採熱地点近傍における既存の流量計測データの活用

放流水やポンプ場における揚水等、採熱地点近傍における流量データがある場合には、そのデータを活用する。

そのとき、留意点として、採熱地点とデータが得られている地点の間の距離が離れている場合、両者の間にある流入下水の影響により誤差が大きくなる可能性がある。

2) 既存の流量データに基づく流量算定

対象地域内の下水道施設（下水処理場、ポンプ場等）において計測されている下水流量から地域内のマンホールにおける流量を算定する方法である¹⁰。

各マンホールにおける下水流量は以下の式で表される。また、下水流量推定のイメージは下図のとおりである。

<各マンホールにおける流量の算定式>

$$\hat{G}_N = G_L \times \frac{\sum_{m=1}^N F_m}{\sum_{m=1}^L F_m}$$

\hat{G}_N : 推定点(マンホール M_N)における日平均推定下水流量[m³/日]

G_L : 流量既知点(下水処理場、ポンプ場等)における日平均実測下水流量[m³/日]

F_m : 各マンホール M_m が受け持つ建物延床面積[m²]

N : 推定点(マンホール M_m)の集水域内のマンホール数

L : 流量既知点(下水処理場、ポンプ場等)の集水域内のマンホール数

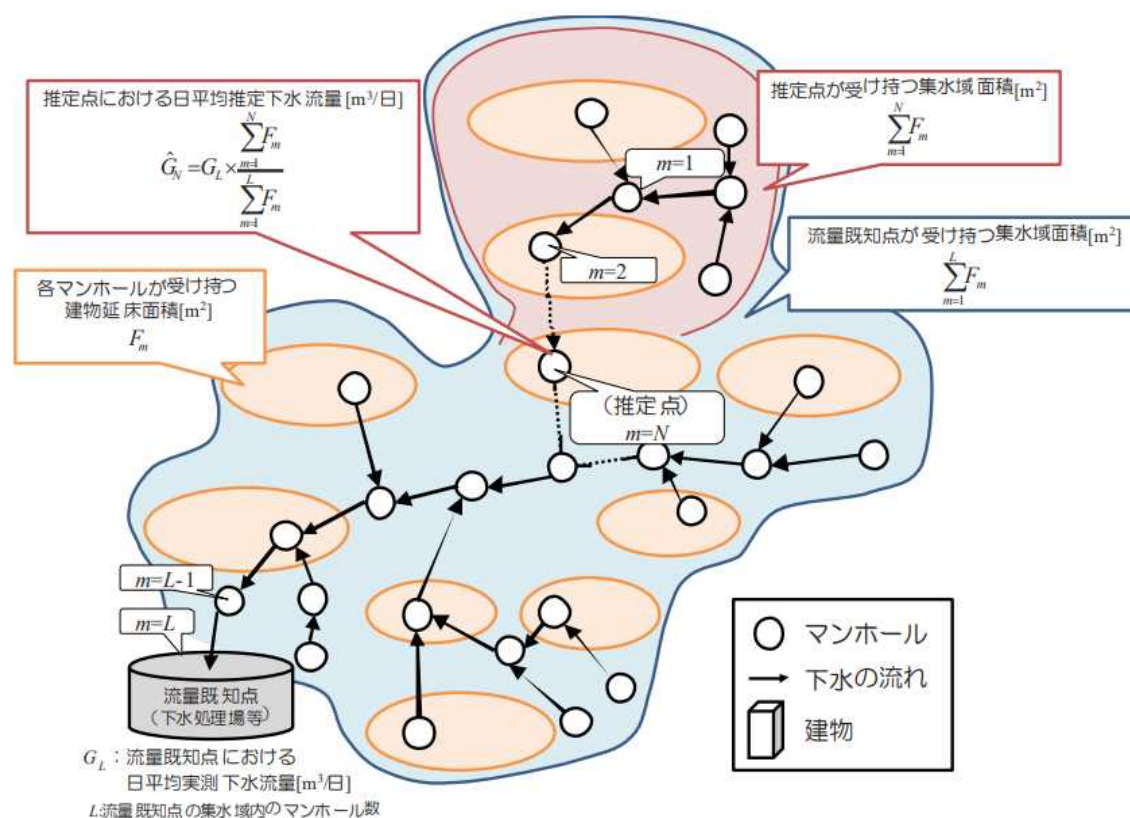


図 5-2 下水流量の推定イメージ

¹⁰ 詳細については「下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き」（平成 27 年 3 月環境省総合環境政策局、国土交通省水管理・国土保全局下水道部）を参照。

(4) 下水温度の確認

下水熱利用システムで利用可能な下水熱量を把握するためには、下水流量とともに下水温度を整理する必要がある。構想段階においては、月毎の平均水温を把握する必要がある。また、熱源設備の仕様を決定する段階においては、下水温度が変動した際の影響について検討するため、特に冬季の最低水温、夏季の最高水温を調査する必要がある。

下水温度を把握するに当たっては実際に採熱地点において下水温度を計測するのが最も正確な方法だが、実計測が不可能な場合、放流水やポンプ場における揚水等、採熱地点近傍における下水温度データがある場合には、そのデータを採熱地点の下水温度とする。

ただし、大規模温浴施設等高温・多量の排水が想定される下水熱利用対象施設が採熱地点の近傍に存在する場合、その影響により特異的に採熱地点の下水温度が上昇している可能性があるため、採熱地点において下水温度を計測することが望ましい。

5.1.4 熱需給バランスの確認

熱需要量及び下水熱利用可能量を把握した後、下水熱利用可能量が熱需要量に対して、どの程度賄うことが可能か比較し、熱需給バランスを確認する。

【解説】

熱需要量及び下水熱利用可能量を把握した後、下水熱利用可能量が熱需要量に対して、どの程度賄うことが可能か比較する。なお、年間合計量で下水熱利用可能量が熱需要を上回っている場合でも、月別(場合によっては日別)で見ると不足する場合があるため、各月で需要量に対して利用可能な熱量を算出し比較することが望ましい。なお、熱需給バランスの比較については、下水熱利用可能性簡易検討ツールを用いることで簡易的に把握することが可能である。

熱需要に対して下水熱利用可能量が不足する場合、より多くの熱利用可能量を取得できる採熱地点、採熱方式を改めて検討するか、複合システムとして別の熱利用設備の導入を検討する必要がある。

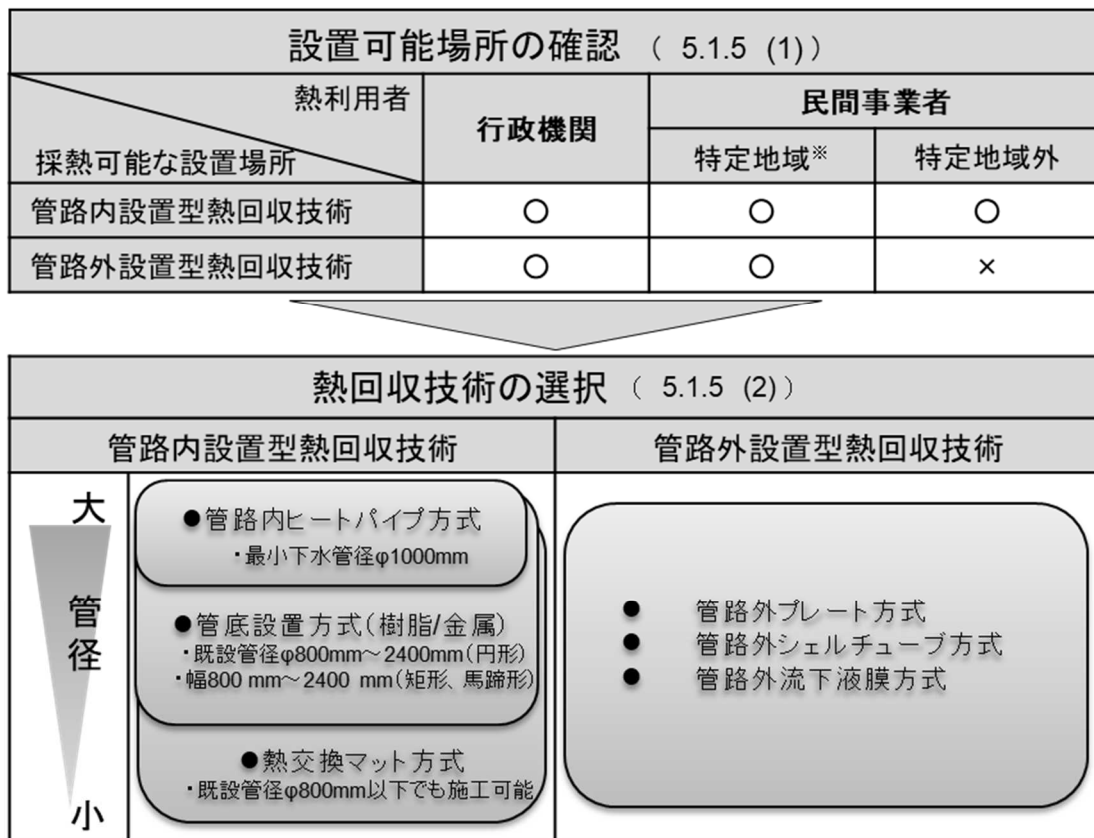
5.1.5 熱回収技術の選定

熱需給バランスの確認を踏まえて、導入する熱回収技術を検討する。まずは、熱利用者や導入地域によって導入が可能な設置可能場所（管路内外）を確認することで、導入可能な熱回収技術について把握する。次に、導入可能な熱回収技術の整理を元に、設備規模、施工可否、管更生の必要性等の観点から熱回収技術の選定を行う。

【解説】

熱回収技術は、熱利用者の状況、熱源となる下水熱管路等の状況、必要な設備の規模を踏まえて検討する必要があるため、個別に現場状況を踏まえた選定が重要となる。そのため、ここでは管路等の状況を踏まえた一般的な検討内容及び技術選定時の留意点について紹介する。熱回収技術選定の大きな検討フローを下図に示す。まず初めに導入する熱利用者や導入を検討する地域によって、採熱可能な設置場所（管路内外）を確認する。次に、設置可能場所を踏まえ、設備規模、施工可否、管更生の必要性等の観点から熱回収技術の選定を行う。

なお、実際の導入に当たっては、現場の状況や下記に記載した要素以外にも判断に必要な項目があることから、メーカーや設備関連のコンサルタント等に相談することを推奨する。



※特定地域とは、特定都市再生緊急整備地域11地域、市街化区域等を有する1,190市町村に該当する地域

図 5-3 熱回収技術の選定フロー

(1) 設置可能場所の確認

熱回収技術の選定においては、初めに熱回収技術の採熱可能な設置場所（管路内外）を確認する。基本的には、行政機関及び特定都市再生緊急整備地域 11 地域、市街化区域等を有する 1,190 市町村に該当する地域であれば、管路内、管路外のいずれからでも採熱することが可能であり、施工可否や採算性、周辺環境等を考慮のうえ、熱回収技術を検討する。一方、民間事業者が上記以外の地域において採熱設備を設置する場合は、管路外での採熱は導入できないため、管路内設置型熱回収技術の導入を検討する必要がある。

(2) 熱回収技術の選定

熱回収技術の設置可能場所（管路内外）を確認できた後、設備規模、施工可否、管更生の必要性等の観点から熱回収技術の選定を行う。

下水熱利用における代表的な熱回収技術は、管路内設置型熱回収技術として、管路内ヒートパイプ方式、熱交換マット方式、管底設置方式（金属）・管更生併用型、管底設置方式（樹脂）があり、管路外設置型熱回収技術として、プレート方式、シェルチューブ方式、流下液膜式がある。なお、各方式の詳細については、2.3.3 を参照されたい。

上記の 1 次選定の実施後、選定された熱交換器による FS 検討や採算性や熱効率等による最終選定（2 次選定）を実施し、導入する熱交換方式を採用する。

1) 採熱設備規模の確認

採熱技術の規模は、採熱地点の状況と導入を検討している地点の下水熱ポテンシャル、熱回収効率等から確認する。採熱技術は、ピーク時の熱需要量に対し、採熱下水管路からの熱供給量が十分に確保できる場合、必要熱量を確保する採熱技術を選定する。

選定に当たっては、熱需給バランス検討時に確認した熱ポテンシャルのうち下水熱利用対象設備で用いる必要熱回収量、及び下水への必要放熱量を元に、以下の式から採熱規模を算定する。

＜温熱利用時＞

採熱設備の規模＝下水からの必要熱回収量／採熱設備の単位規模当たり採熱量

＜冷熱利用時＞

採熱設備の規模＝下水への必要放熱量／採熱設備の単位規模当たり採熱量

2) 施工可否の確認

施工の可否等を検討するため、採用する熱回収技術を選定する際には、周辺環境等を確認する。

- 下水管路と熱源設備の間に配置される熱源水配管ルートを調査する。ルートの対象箇所の、既設管路（電気、ガス）や支障物の有無を調査する。民間事業者が調査を行う場合、施設管理者から提供を受ける。
- 施工の可否を判断するため、管路近傍のマンホールのサイズ、深さを確認する。下水道台帳を用いた調査であり、民間事業者が行う場合、所管する地方公共団体からの提供を受ける。
- 利用する下水が合流によるものか分流によるものか排除方式を確認する。下水道台帳を用いた調査であり、民間事業者が行う場合、所管する地方公共団体からの提供を受ける。

また、管路内設置型熱回収技術の場合は、上記の観点に追加して、以下の項目に応じて熱回収技術の選定を行う必要がある。特に、管径によって、採用可能な熱回収技術は異なるため、確実な確認が必要となる。

表 5-5 管路内設置型熱回収技術において確認すべき事項

| 項目 | 調査方法 |
|-----------------------------|--|
| 下水管径（管径）・管種 | 下水道台帳を用いた調査。民間事業者が調査を行う場合、所管する地方公共団体からの提供を受ける。 |
| 敷設後年数 | |
| その他（曲がり、取付管位置） | |
| 関連計画（下水道設備耐震化計画、下水道長寿命化計画等） | 民間事業者が調査を行う場合、所管する地方公共団体からの提供を受ける。 |

3) 管更生の必要性の確認

設備規模及び施工可否を踏まえて熱回収技術の候補が決まった場合、採熱下水管路の老朽管対策の要否や管更生を踏まえて、採算性等の観点から熱回収技術の選定を行う。

採算性の確保では、対象となる下水管路において管更生の有無を確認する。管更生が必要な場合、管更生も兼ねた熱回収技術を採用することで、通常の管更生と下水熱利用システムをそれぞれ導入するよりも費用を安く抑えられるケースが多い。また、管更生が不要な場合であっても中長期的に対象となる下水道管の管更生の必要時期を確認し、管更生と合わせて下水熱利用システムを導入することで、ライフサイクルコストを抑える検討も可能となる。

5.2 下水熱利用システムの導入効果の算定

5.2.1 採算性に関する整理

下水熱利用システムの採算性は、下水熱利用システムと従来システムの導入段階から運用段階における実エネルギーの削減効果を踏まえて確認する。採算性評価は、下水熱利用システムと従来システムの建設費と維持管理費の比較に基づき、年間の削減コスト及び投資回収年数等を確認する。

【解説】

(1) 年間削減コスト

年間削減コストは、下水熱利用システムの導入によって従来システムに比べて削減可能なエネルギーコスト及びその他のコストから推計する。

エネルギーコストは、電力料金、都市ガス料金等が含まれ、下水熱利用システム導入前後のエネルギー消費量の差分から算定する。その他のコストには、保守点検費、施設占用料、下水熱利用に係る料金（詳細は、4.2.5を参照されたい）等が含まれる。

$$\begin{aligned} \text{年間削減コスト} & \left[\frac{\text{円}}{\text{年}} \right] \\ & = \left(\text{従来システムのエネルギーコスト} \left[\frac{\text{円}}{\text{年}} \right] \right. \\ & \quad \left. - \text{下水熱利用システムのエネルギーコスト} \left[\frac{\text{円}}{\text{年}} \right] \right) \\ & + \left(\text{従来システムのその他のコスト} \left[\frac{\text{円}}{\text{年}} \right] - \text{下水熱利用システムのその他のコスト} \left[\frac{\text{円}}{\text{年}} \right] \right) \end{aligned}$$

(2) 投資回収年

建設費と維持管理費に基づく採算性評価の指標の 1 つとして以下の式で表される投資回収年数が挙げられる。一般的には、上記の年間削減コストを何年間継続することで、初期費用の増加分を賄うことができるのかを確認する。金融機関からの調達金利や補助金等が利用できる場合は、それらの費用も考慮して確認する。なお、実際の採算性評価を実施する場合は、事業の財務計画（貸借対照表、キャッシュフロー計算書）を作成し、より具体的な事業の採算性の評価を実施することが望ましい。

$$\begin{aligned} & \text{投資回収年数[年]} \\ & = \frac{\text{下水熱利用システムの建設費[円]} - \text{従来システムの建設費[円]}}{\text{従来システムの維持管理費[円]} - \text{下水熱利用システムの維持管理費[円]}} \end{aligned}$$

建設費 : 熱交換器、オートストレーナ、ヒートポンプ、補機及び関連工事費等

維持管理費 : エネルギー使用料（電力料金、都市ガス料金等）、保守点検費、施設占用料、下水熱利用に係る料金等

5.2.2 環境性に関する整理

下水熱利用システムの環境性の評価は、下水熱利用システムと従来システムの導入段階から運用段階における実エネルギーの削減効果を踏まえて確認する。環境性評価は、採算性評価と同様に、下水熱利用システムと従来システムの差分から算定したエネルギー削減量を元に、省エネルギー効果及びCO₂排出量の削減効果を確認する。

【解説】

(1) 省エネルギー効果

下水熱利用システム導入による省エネルギー効果は、下水熱利用システムの導入前後のエネルギー消費量の差分から算出する。

採算性評価で算出したエネルギー消費量の削減分を熱量換算し、それぞれ合算することで、全体の省エネルギー効果を把握することができる。熱量換算については、下表の発熱量を用いて換算する。

表 5-6 燃料種別の発熱量

| エネルギー種 | 値 | 単位 |
|--------------|-------|--------------------|
| 電気 | 9.76 | GJ/MWh |
| 都市ガス (13A) | 45.00 | GJ/km ³ |
| 灯油 | 37.00 | GJ/kL |
| 重油 | 41.00 | GJ/kL |
| 液化石油ガス (LPG) | 50.00 | GJ/t |
| 他人から供給された熱 | 1.36 | GJ/GJ |

注釈) 都市ガスについては、13Aの標準熱量(摂氏0度、圧力101.325キロパスカル)を示す。なお、実際の検討では、従来システムにて利用している都市ガスに応じた発熱量を用いて換算することが望ましい。

出所) 建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項(平成28年1月29日国土交通省告示第265号)、別表第一

下水熱利用システム導入後のエネルギー消費量は、主にヒートポンプのエネルギー消費量と循環ポンプ等補機のエネルギー消費量からなる。

ヒートポンプのエネルギー消費量は、以下の式から算出する。なお、「下水熱で賄う熱負荷」とは、下水熱利用システムの導入によって得られる熱需要量のことを示し、施設で利用する段階の熱量を用いる。

$$\text{ヒートポンプのエネルギー消費量} = \text{下水熱で賄う熱負荷} / \text{COP}$$

補機の消費エネルギーについては、熱源と熱需要施設の距離等にもよるが、ヒートポンプのエネルギー消費量の約5%程度である。

(2) CO₂ 排出量削減効果

下水熱利用システム導入による CO₂ 排出量削減効果は、下水熱利用システムの CO₂ 排出量と従来システムの CO₂ 排出量の差分に基づき以下のように算出できる。

| |
|--|
| <p><下水熱利用システムの CO₂ 排出量¹¹></p> $\text{CO}_2\text{排出量}[\text{kg}] = \text{年間電力消費量}[\text{kWh}] \times \text{電力CO}_2\text{排出原単位}[\text{kg/kWh}]$ |
| <p><従来システムの CO₂ 排出量¹²></p> $\text{CO}_2\text{排出量}[\text{kg}] = \text{年間電力消費量}[\text{kWh}] \times \text{電力CO}_2\text{排出原単位}[\text{kg/kWh}] \\ + \text{年間ガス使用量}[\text{N m}^3] \times \text{ガスCO}_2\text{排出原単位}[\text{kg/N m}^3]$ |
| <p><下水熱利用システム導入による CO₂ 排出量削減効果></p> $\text{CO}_2\text{排出量削減効果}[\%] \\ = \frac{\text{下水熱利用システムのCO}_2\text{排出量}[\text{kg}] - \text{従来システムのCO}_2\text{排出量}[\text{kg}]}{\text{従来システムのCO}_2\text{排出量}[\text{kg}]}$ |

主要なエネルギー種における CO₂ 排出原単位は下表のとおりである。

表 5-7 CO₂ 排出原単位

| エネルギー種 | 値 | 単位 | |
|--------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 電気 | 0.000488 | t-CO ₂ /kWh | |
| 都市ガス (13A) | 2.23 | t-CO ₂ /N m ³ | |
| 灯油 | 2.49 | t-CO ₂ /kl | |
| 重油 | 2.71 | t-CO ₂ /kl | |
| 液化石油ガス (LPG) | 3.00 | t-CO ₂ /t | |
| 他人から供給された熱 | 産業用蒸気 | 0.060 | t-CO ₂ /GJ |
| | 蒸気 (産業用のものは除く)、温水、冷水 | 0.057 | t-CO ₂ /GJ |

注釈) 電気については、東京電力エナジーパートナー (株) の 2018 年度基礎排出係数の例。実際に購入している先の小売電気事業者の排出係数を用いることが望ましい。都市ガスについては、従来システムにて利用している都市ガスの種類を確認して換算することが望ましい。

省エネ法の規定による定期報告にて用いた発熱量を採用することが望ましい。

出所) 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 ホームページ¹³

¹¹ 補助熱源としてガス利用設備等を用いる場合は、必要に応じてそれらのエネルギーの使用量と排出原単位により CO₂ 排出量を算出する。

¹² 従来システムで用いられるエネルギー種が電力、ガス以外の場合は、必要に応じてそれらのエネルギーの使用量と排出原単位により CO₂ 排出量を算出する。

¹³ 以下 URL を参照。

<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran.pdf>

<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>

(3) 環境性を評価した具体事例

環境性を定量的に評価した事例として、先行事例集⁴や国土交通省「下水熱利用推進協議会」¹⁴等において先行事例の環境評価結果を確認することができる。下水熱利用システムの導入においては、これらの事例のように事前に採熱量データ、熱需要量、既存設備について調査を行うことで、具体的な導入の検討を図ることが重要となる。また、下水熱利用に伴い、既存のエネルギー削減量から定量的なCO₂排出量の削減効果を示すことで、特に公共施設において下水熱利用の優位性を示すことが可能となる。

(事例1 堺市鉄砲町の下水熱利用システムにおけるCO₂削減見込量の事例)

堺市鉄砲町では、堺市の三宝下水処理場で処理された下水再生水を有効活用する「下水再生水複合利用事業」にて、下水再生水を近隣の商業施設での給湯や空調の熱源として活用している。下水再生水の温度は、外気と比べて安定しており、夏は冷たく、冬は暖かい熱源として活用ができる。この下水熱利用システムでは、従来の冷却塔や空気熱を利用した熱源から下水再生水の熱源に移行することで、年間約26.9～101.0[t-CO₂]の削減を見込んでおり、具体的な導入設備の設計においてそれぞれのCO₂削減効果の実証可能性を検討している¹⁵。

(事例2 諏訪市の複合システムにおける省エネ効果想定事例)

諏訪市では、地域災害拠点病院である諏訪赤十字病院の新棟増築に合わせて、複数の熱源を併せた熱供給システムを構築している。諏訪湖周辺における約590km²の工場や生活排水を集めた諏訪湖流域下水道（管径2000mm）が、病院の立地する諏訪湖畔周囲に敷設されており、この都市全体の排熱を活用して冷暖房に活用する。この下水熱利用システム及び複合システムとして地中熱利用システムを導入することで、排出量に換算すると約6,702GJのエネルギー消費量の削減効果が見込める。

(事例3 福岡市の下水熱利用システムにおけるCO₂削減見込事例)

福岡市では、地下鉄七隈線延伸事業での下水熱利用の導入を実施している。この事業では、比恵1号幹線の管底に熱交換器（L=78m）を設置・採熱し、ヒートポンプを介して熱利用を行う予定である。熱供給先は、福岡市地下鉄七隈線延伸事業によって新設される博多駅（仮称）を予定しており、駅舎電気室及び通信機器室等の空調（冷房、約130kW）のうち約100kW相当分について下水熱を利用するものである。環境性の評価としては、消費電力量が年間約53千kWh（一般家庭12世帯相当）削減、CO₂排出量が年間約18t削減の見込みが試算¹⁶されている（従来方式と比べ約30%削減）。

¹⁴ 国土交通省「下水熱利用推進協議会」

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000240.html

¹⁵ 国土交通省「実現可能性調査の結果（堺市）」

<https://www.mlit.go.jp/common/001282918.pdf>

¹⁶ 下水道協会誌 Vol. 57, No. 695 安藤航太「福岡市における下水熱利用の取組み」（2020年9月）

5.2.3 地域に応じた導入効果の整理

下水熱利用システムは、採算性や環境性以外にも地域内への経済波及効果や雇用創出等の効果も期待できる。また、エネルギーの地産地消にも貢献できることから、採算性や環境性のみならず地域全体に及ぼす影響を含めて総合的に評価することが望ましい。

【解説】

下水熱利用システムは、採算性や環境性以外にも地域内への経済波及効果や雇用創出等の効果も期待できる。特に、地方公共団体が熱利用者として実施する場合、設置時の地元事業者の起用や運用事業者への委託等を行うことで、域内における副次的な効果をはかることが可能となる。また、下水道から熱を採熱し、近隣の下水熱利用対象施設にて熱エネルギーを有効活用することから、地産地消にも貢献できる。以上のことから、下水熱利用システムの採算性や環境性のみならず、下水熱利用システム導入に伴う地域全体への影響を含めて総合的に評価することが望ましい。

5.3 モデルケースにおける導入効果のケーススタディ

下水熱利用システムの採算性・環境性に関する目安を把握するため、複数のパターンを想定し、下水熱利用可能性簡易検討ツールを基にモデルケースを試算した。結果として、下水熱利用は特に利用用途による投資回収年やCO₂削減量に影響が大きく、空調利用よりも給湯利用に用いる方が、採算性及び環境性の両方の観点で効果的であることがわかった。また、空調利用の場合においても空気熱などの他の再生可能エネルギー熱の利用による複合システムを活用することで、大幅に採算性及び環境性の改善を図ることが可能である。

【解説】

5.3.1 下水熱利用システムの前提条件設定

下水熱利用システムの事業における採算性・環境性の目安を把握するため、モデルケースを設定して採算性評価を行った。モデルケースとして、表 5-8 に示すとおり、計5パターンを設定した。ベースケースとしては、東京都の宿泊施設 (20,000 m²) における給湯利用を設定した。利用する下水流量は、年間 10 万 m³、下水温度は 21℃、採熱方式は管路内利用を設定した。採熱地点から熱需要地までの距離は 100m とする。また、ベースケースと比較し、地域、建物用途、熱利用用途、複合システムの利用によって、採算性及び環境性にどの程度の差が生じるのかを確認した。下表にそれぞれのパターンにおける基本設定を示す。

なお、本節におけるシステム構成は一般的に考えられるものを設定しているが、システム構成を変更することにより結果は変わりうる。

表 5-8 検討ケースの概要

| パターン | 地域 | 建物用途/ 規模 | 熱利用 用途 | 既存設備 | 下水熱量 | 需要地 までの 距離 | 複合システ ムの情報 |
|-----------------|-----|-------------------------------|-----------|------------------------|---|------------------|---------------|
| ① ベース ケース | 東京都 | 宿泊施設 10,000 m ² | 空調 | 燃焼方式 液化石油 ガス LPG | 下水流量 100,000 m ³ 下水温度 21.0℃ 熱利用方式 管路内 | 20m | 無し |
| ② | 北海道 | 宿泊施設 10,000 m ² | 空調 | 燃焼方式 液化石油 ガス LPG | 下水流量 100,000 m ³ 下水温度 19.0℃ 熱利用方式 管路内 | 20m | 無し |
| ③ | 東京都 | 医療施設 10,000 m ² | 空調 | 燃焼方式 液化石油 ガス LPG | 下水流量 100,000 m ³ 下水温度 21.0℃ 熱利用方式 管路内 | 20m | 無し |
| ④ | 東京都 | 宿泊施設 10,000 m ² | 給湯 | 燃焼方式 液化石油 ガス LPG | 下水流量 100,000 m ³ 下水温度 21.0℃ 熱利用方式 管路内 | 20m | 無し |
| ⑤ | 東京都 | 宿泊施設 10,000 m ² | 空調 | 燃焼方式 液化石油 ガス LPG | 下水流量 100,000 m ³ 下水温度 21.0℃ 熱利用方式 管路内 | 20m | 空気熱 |

5.3.2 熱需要量の試算例

(1) 給湯、空調の熱需要量

給湯、空調の熱需要量は、導入設備における導入地域、熱利用用途（給湯、空調、融雪）、建物用途・規模（主に、集合住宅、業務施設、商業施設、宿泊施設、医療施設等及び延床面積）によって熱需要量の目安が推計可能である。

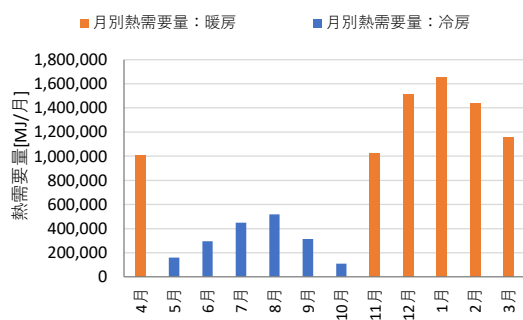
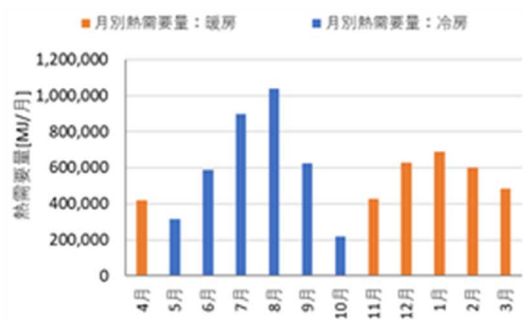
具体的には、検討中の建物用途別の平均熱負荷原単位に、延床面積を乗じることで平均的な年間の熱負荷を推計することが可能である。建物用途別の延床面積当たりの平均熱負荷を表 5-9 に示す。なお、建物用途別の平均熱負荷原単位は、地域や時期（夏季、冬季、中間期）によっても異なるため、それらの変動も考慮する必要がある。

表 5-9 建物用途別の平均熱負荷原単位

| 建物用途 | 冷房負荷 | | 暖房負荷 | | 給湯負荷 | | 電力負荷 | |
|------|--------|------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|------|-------------------------|
| | 値 | 単位 | 値 | 単位 | 値 | 単位 | 値 | 単位 |
| 集合住宅 | 33.49 | MJ/m ² 年 | 83.72 | MJ/m ² 年 | 125.58 | MJ/m ² 年 | 21 | kWh/m ² 年 |
| 業務施設 | 293.02 | MJ/m ² 年 | 129.77 | MJ/m ² 年 | 9.21 | MJ/m ² 年 | 156 | kWh/m ² 年 |
| 商業施設 | 523.25 | MJ/m ² 年 | 146.51 | MJ/m ² 年 | 96.28 | MJ/m ² 年 | 226 | kWh/m ² 年 |
| 宿泊施設 | 418.6 | MJ/m ² 年 | 334.88 | MJ/m ² 年 | 334.88 | MJ/m ² 年 | 200 | kWh/m ² 年 |
| 医療施設 | 334.88 | MJ/m ² 年 | 309.76 | MJ/m ² 年 | 334.88 | MJ/m ² 年 | 170 | kWh/m ² 年 |

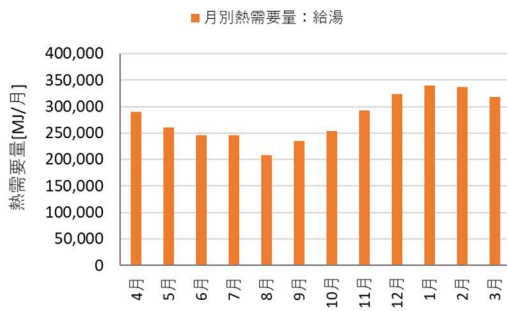
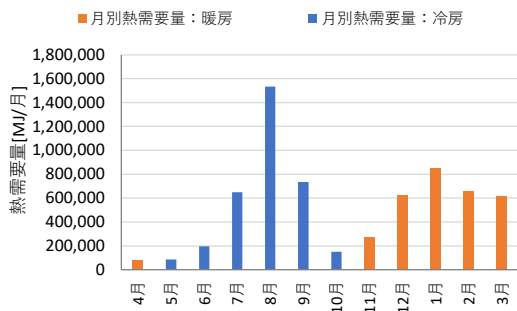
パターン①（東京都、宿泊施設、空調利用）、パターン②（北海道、宿泊施設、空調利用）、パターン③（東京都、医療施設、空調利用）、パターン④（東京都、宿泊施設、給湯利用）における月別の熱需要量の算定結果例を図 5-4 に示す。

表より熱需要は地域差が大きく、東京都と北海道では冷房の熱需要量と暖房の熱需要量が逆転している（パターン①、パターン②の比較）。また、同じ東京都でも宿泊施設と医療用施設では、月別の変動が大きく異なり、医療施設の場合は夏場における冷房の熱需要量の最大値が大きく生じている（パターン①、パターン③の比較）。さらに、熱利用用途を比較すると、同じ東京都の宿泊施設でも、毎月の熱需要の変動率や熱需要量が大きく異なる（パターン①、パターン④の比較）。以上のように実際に検討対象の下水熱利用対象施設の地域、建物用途、熱利用用途に応じて、月別の熱需要量は大きく異なるため、導入を検討する際には、より詳細な地域条件、建物用途別、熱利用用途別に熱需要を把握しておくことが望ましい。



パターン① (東京都、宿泊施設、空調利用)

パターン② (北海道、宿泊施設、空調利用)



パターン③ (東京都、医療施設、空調利用)

パターン④ (東京都、宿泊施設、給湯利用)

図 5-4 各パターンにおける月別の熱需要量

(2) 融雪の熱需要量

給湯、空調の熱需要量は、導入設備における導入地域、月あたりの積雪日数、融雪対象面積によって熱需要量の目安を推計することが可能である。

具体的には、熱利用対象地域における積雪日数及び対象面積に、融雪に必要な設計発熱量を乗じることで熱需要量を算定する。各地域における設計発熱量を下表に示す。

表 5-10 地域別の融雪に必要な設計発熱量

| 該当地域 | 設計発熱量[W/m ²] |
|------------|--------------------------|
| 関東以南の地方 | 200 |
| 東北、北陸、道南地方 | 250 |
| 東北山間部、道央地方 | 300 |
| 道東、道北地方 | 350 |

出所) 国土交通省 北海道開発局「北海道開発局道路設計要領 第5集 電気通信施設 第4章ロードヒーティング設備¹⁷⁾」

¹⁷⁾ 地中に埋め込んだ熱源で地面を温める設備。

5.3.3 下水熱利用可能量の試算例

(1) 下水熱利用可能量の算定

下水熱ポテンシャル量は、下水流量、下水熱利用温度差及び外気によって推計することが可能である。

具体的には、下水熱流量に対して、容積辺りの比熱を乗じることで下水熱自体が持つ熱量を算定し、そこに下水熱の利用温度差を乗じることで下水熱ポテンシャルを算定する。

下水熱ポテンシャル[MJ]

$$= \text{比熱} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] \times \text{密度} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times \text{下水流量}[\text{m}^3] \times \text{下水熱利用温度差}[\text{C}]$$

次に上記の下水熱ポテンシャルを元に、ヒートポンプ等の設備を用いて実際に施設において利用することができる熱量（下水熱利用可能量）を算定する。下水熱利用可能量の算定は、加熱、冷却それぞれの場合において、下水熱ポテンシャルとヒートポンプの COP から以下の式により算定する。

加熱時の下水熱利用可能量

$$\text{下水熱利用可能量}[\text{MJ}] = \frac{\text{COP}[-]}{(\text{COP} - 1)[-]} \times \text{下水熱ポテンシャル}[\text{MJ}]$$

冷却時の下水熱利用可能量

$$\text{下水熱利用可能量}[\text{MJ}] = \frac{\text{COP}[-]}{(\text{COP} + 1)[-]} \times \text{下水熱ポテンシャル}[\text{MJ}]$$

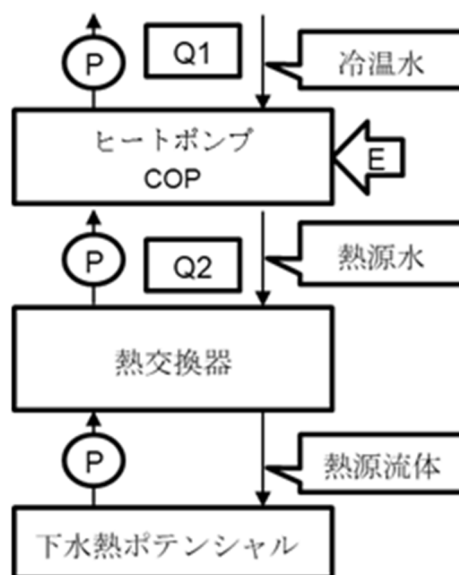


図 5-5 下水熱ポテンシャルから下水熱利用可能量の採熱イメージ

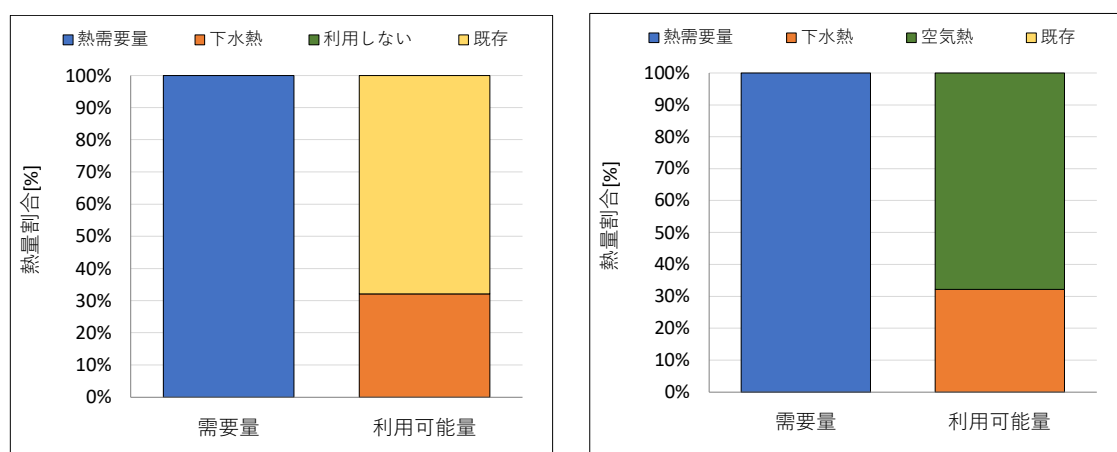
(2) 複合システムの検討

想定される熱需要量に対して下水熱利用可能量が充足しないと考えられる場合、別途、再生可能エネルギー等を活用する複合システムとして熱供給量を賄うことも考えられる。複合システムとして活用が考えられる再生可能エネルギー熱としては、空気熱、太陽熱、地中熱、バイオマス熱等がある。なお、下水熱利用可能性簡易検討ツールにおいては、それぞれ下表の項目を設定することで、一般的な熱供給量を設定することが可能である。

表 5-11 下水熱利用可能性簡易検討ツールにおける複合システムの設定項目

| 熱利用技術 | 項目 | 入力値 |
|-------|--------------|-----------------|
| 空気熱 | ツール上ではデフォルト値 | |
| 太陽熱 | 設置面積 | 太陽熱集熱パネルを設置する面積 |
| 地中熱 | ツール上ではデフォルト値 | |
| バイオマス | バイオマス燃料種別 | 木質ペレット/木質チップ |
| | バイオマス燃料発熱量 | MJ/kg |
| | バイオマス燃料燃料価格 | 円/kg |
| | バイオマス燃料供給量 | t/年 |

パターン⑤（東京都、宿泊施設、空調利用、下水熱流量 10 万 m³/年）における月別の熱需給要量の算定結果例を下図に示す。図では、下水熱による供給可能量が 30%しかない場合、別途、空気熱による供給を考慮することで、供給可能量を大幅に向上させている。このように、熱需要量に対して不足する年間の熱量を算定し、その分を補うために再生可能エネルギー熱等を導入することでより多くの熱需要を賄うことが可能となる。なお、下水熱利用可能性簡易検討ツールでは、年間の熱需給バランスを算定することが可能となるが、実際はより詳細な時間単位で熱需要の把握が必要である。



パターン①（東京都、宿泊施設、空調利用、下水流量 10 万 m³） パターン⑤（北海道、宿泊施設、給湯利用、下水流量 10 万 m³、空気熱併用）

図 5-6 複合システムの熱需給バランス

5.3.4 熱需給バランスの試算例

次に、熱需要量及び下水熱供給可能量から熱需給のマッチングを図る。マッチングにおいては、需給バランスを確認し、熱需要に対して供給量が充足しているかを把握する。なお、下水熱利用可能性簡易検討ツールにおいては、月別でみると熱需要量に対して下水熱供給可能熱量が不足する場合もあるが、各月で需要量に対して供給可能な熱量を算出し年間で合計した供給可能な熱量としている。熱需要量の見えやすいパターン④（東京都、宿泊施設、給湯利用）における熱需要量と下水熱供給可能量の比較結果を下図に示す。

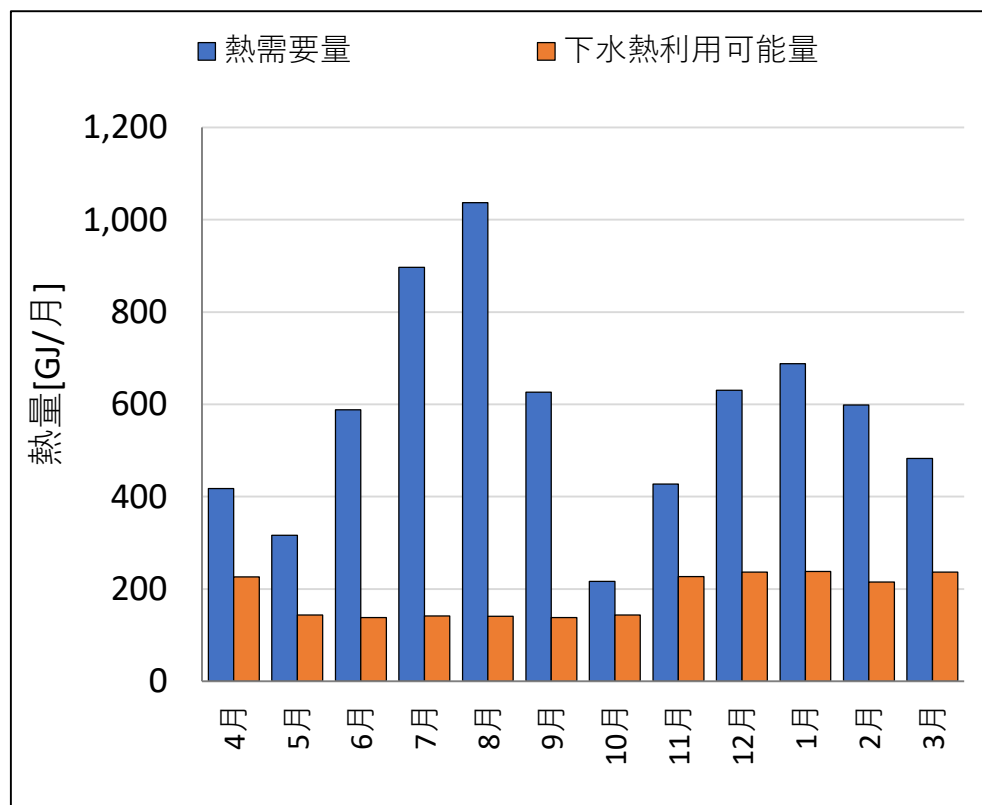


図 5-7 熱需要量と下水熱供給可能量の比較結果

5.3.5 採算性の試算例

下水熱利用システムの採算性評価は、既存システムと検討対象の下水熱利用システム及び複合施設の建設費（イニシャルコスト）と維持管理費（ランニングコスト）とをそれぞれ比較して、その差分から算定する。下水熱利用可能性簡易検討ツールでは、一般的な設備価格に基づき検討対象の下水熱利用システムの建設費（イニシャルコスト）、維持管理費（ランニングコスト）及びライフサイクルコストを試算することができる。

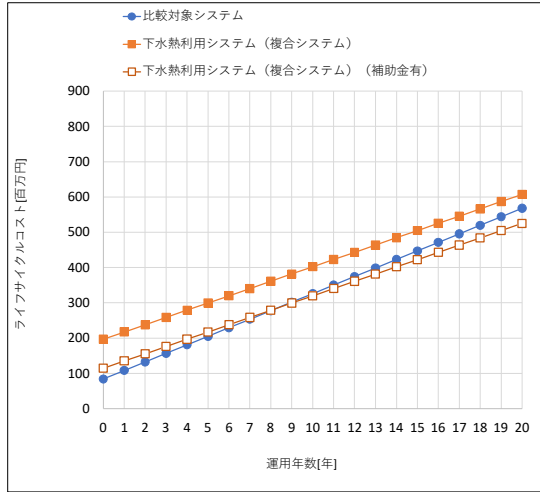
モデルケースとして、表 5-12 の条件で試算したパターン①（東京都、宿泊施設、空調利用）、パターン②（北海道、宿泊施設、空調利用）、パターン③（東京都、医療施設、空調利用）、パターン④（東京都、宿泊施設、給湯利用）、パターン⑤（東京都、宿泊施設、空調利用、空気熱利用）のそれぞれの採算性を評価した。評価結果を表 5-13、図 5-8 に示す。結果として、今回のケースにおいては熱利用用途では給湯利用のほうが、投資回収年が短い。これは、空調設備と給湯設備の下水熱利用に伴うランニングコスト削減額に対して、初期投資額の空調設備と給湯設備の差分が相対的に大きいためである。また、空調利用の場合でも空気熱などの複合システムを併せて検討することで、大幅に投資回収年を改善することが可能である。

表 5-12 評価における前提条件

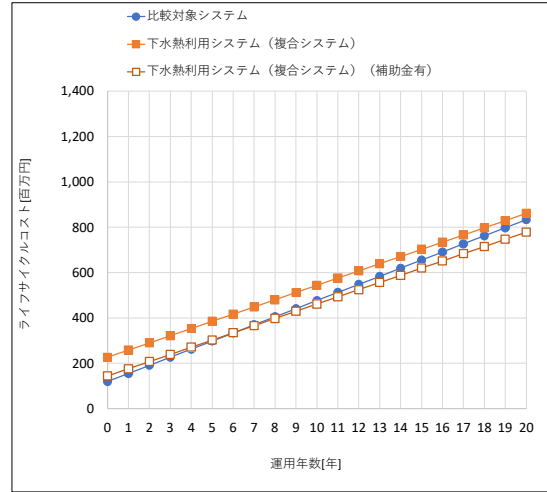
| | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|------------|-----|------------|-------|-------|-------|------|
| 地域 | | 東京都 | 北海道 | 東京都 | 東京都 | 東京都 |
| 熱利用用途 | | 空調 | 空調 | 空調 | 給湯 | 空調 |
| 建物用途 | | 宿泊施設 | 宿泊施設 | 医療施設 | 宿泊施設 | 宿泊施設 |
| 下水熱利用システム | | 管路内 | 管路内 | 管路内 | 管路内 | 管路内 |
| 複合システムのエネ種 | | 利用しない | 利用しない | 利用しない | 利用しない | 空気熱 |
| エネルギー単価 | 電気 | 14.0 円/kWh | | | | |
| | LPG | 159.4 円/kg | | | | |

表 5-13 パターン④の試算結果

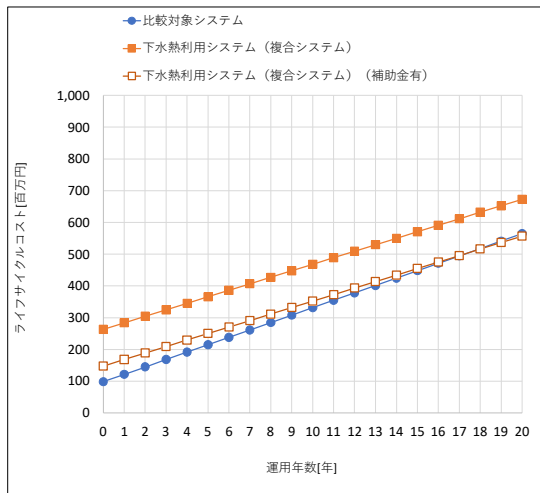
| 項目 | 単位 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|-------------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
| 投資回収年数 | 年 | 31 | 27 | 58 | 14 | 9 |
| (補助金利用) | 年 | 8 | 6 | 17 | 5 | 3 |
| CO2 削減量 | tCO2/年 | 52.9 | 60.0 | 52.9 | 80.0 | 202.0 |
| 初期投資額 | 千円 | 196,912 | 226,597 | 263,427 | 93,269 | 213,645 |
| (補助金利用) | 千円 | 114,685 | 143,892 | 147,656 | 32,654 | 131,418 |
| ランニングコスト削減額 | 千円/年 | 3,673 | 3946 | 2842 | 6,115 | 14,288 |



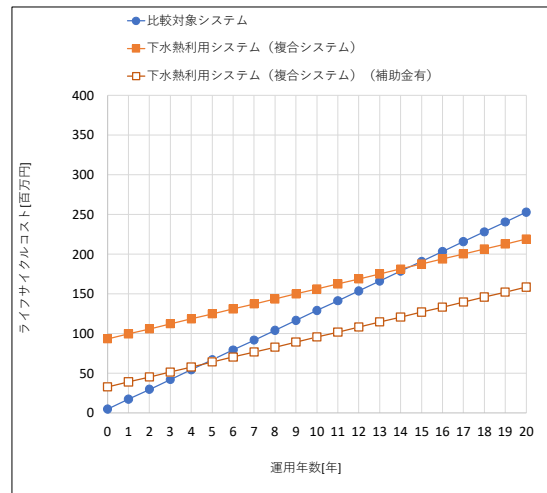
パターン①（東京都、宿泊施設、空調利用）のライフサイクルコスト



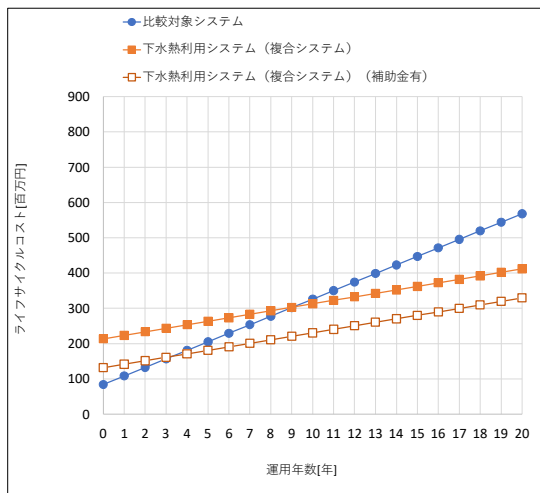
パターン②（北海道、宿泊施設、空調利用）のライフサイクルコスト



パターン③（東京都、医療施設、空調利用）のライフサイクルコスト



パターン④（東京都、宿泊施設、給湯利用）のライフサイクルコスト



パターン⑤（東京都、宿泊施設、空調利用、空気熱）のライフサイクルコスト

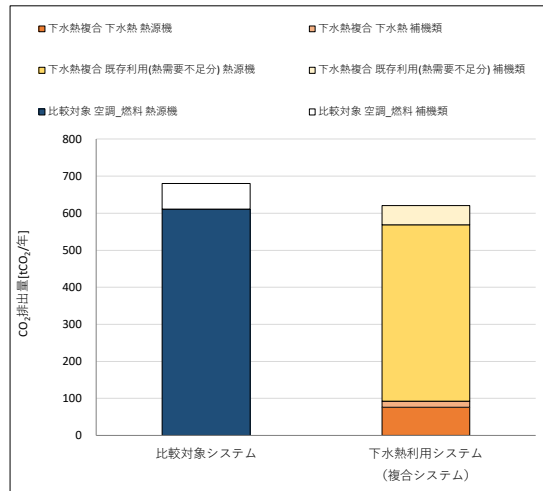
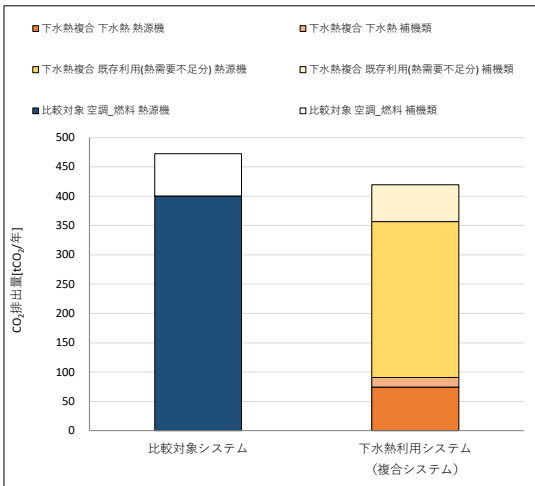
図 5-8 採算性評価の試算結果（例）

5.3.6 環境性の試算例

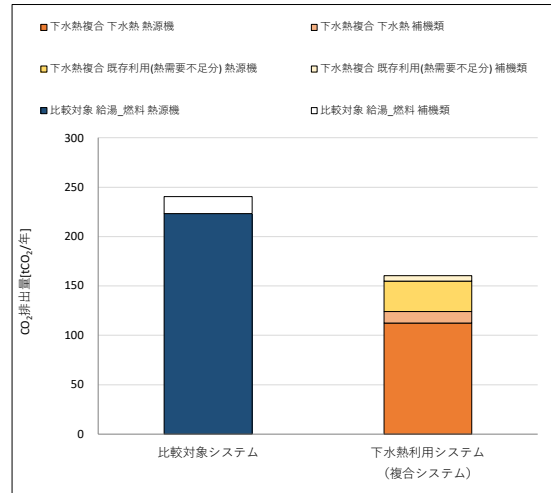
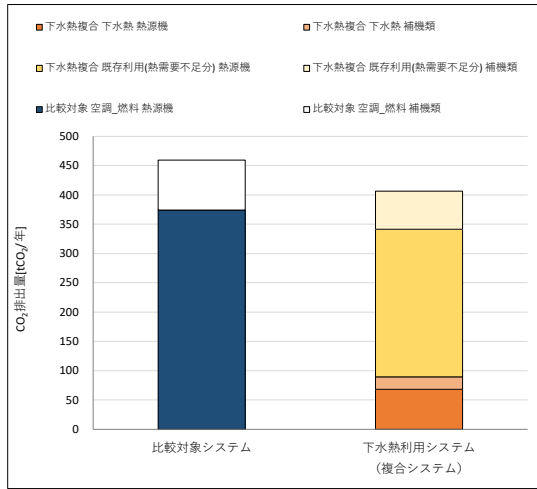
下水熱利用システムを導入することで、コスト削減の他にCO₂排出量を削減することができる。モデルケースとして、下表の条件で試算したパターン①（東京都、宿泊施設、空調利用）、パターン②（北海道、宿泊施設、空調利用）、パターン③（東京都、医療施設、空調利用）、パターン④（東京都、宿泊施設、給湯利用）、パターン⑤（東京都、宿泊施設、空調利用、空気熱利用）のそれぞれのCO₂排出量の削減効果を試算した。結果として、今回のケースにおいては熱利用用途では給湯利用のほうが、CO₂削減効果も高い。また、空調利用の場合でも空気熱などの複合システムを併せて検討することで、大幅にCO₂削減量を改善することが可能である。

表 5-14 評価における前提条件

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|------------|-------|-------|-------|-------|------|
| 地域 | 東京都 | 北海道 | 東京都 | 東京都 | 東京都 |
| 熱利用用途 | 空調 | 空調 | 空調 | 給湯 | 空調 |
| 建物用途 | 宿泊施設 | 宿泊施設 | 医療施設 | 宿泊施設 | 宿泊施設 |
| 下水熱利用システム | 管路内 | 管路内 | 管路内 | 管路内 | 管路内 |
| 複合システムのエネ種 | 利用しない | 利用しない | 利用しない | 利用しない | 空気熱 |

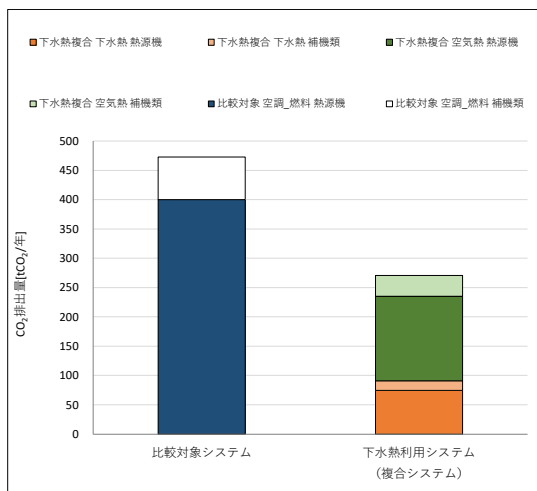


パターン①（東京都、宿泊施設、空調利用） パターン②（北海道、宿泊施設、空調利用）



パターン③ (東京都、医療施設、空調利用)

パターン④ (東京都、宿泊施設、給湯利用)



パターン⑤ (東京都、宿泊施設、空調利用、空気熱)

図 5-9 既存システムと下水熱利用システムの CO₂ 排出量の比較

6. 下水熱利用に必要な諸手続き

6.1 手続きの全体像と事前整備

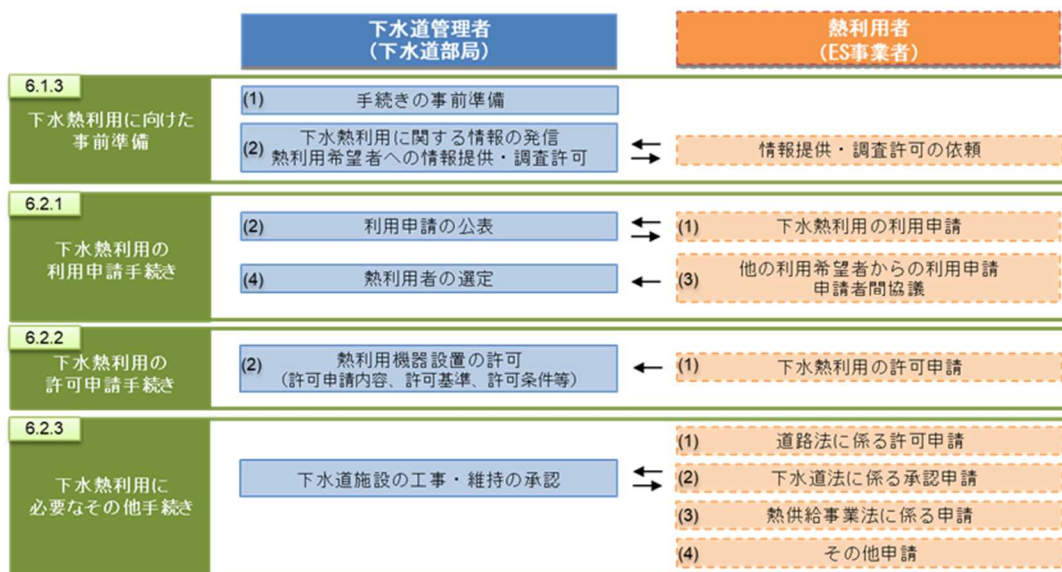
6.1.1 下水熱利用に必要な諸手続きの全体像

民間の熱利用者（ES事業者等）が下水熱を利用するには、下水熱利用の利用申請手続き、許可申請手続き、必要なその他手続きを行う。下水道管理者は、民間の熱利用者からの申請に対応できるように、事前に法令や許可・承認体制を整備する。

【解説】

熱利用者が民間の場合における、下水熱利用に係る手続きの流れを下図に示す。熱利用者は、下水熱利用の利用申請手続き、許可申請手続きに加え、その他必要な手続きについてそれぞれ行う必要がある。また、下水道管理者は、熱利用者からの下水熱利用の申請に対して許可の判断ができるように、手続きの事前準備や情報の発信等に対応できるよう、予め準備しておく必要がある。

以上を踏まえて、下水道管理者及び熱利用者が検討すべき内容を以降に整理した。



注釈) 括弧で示された数字は、それぞれの項に対応している。

図 6-1 下水熱利用に係る手続きの流れ（熱利用者が民間の例）

6.1.2 手続きに関連する法令の整理

下水道管理者及び関係部局は、下水熱利用に係る4種類の熱回収方式の違いにより、法令等の取り扱いが異なることを念頭に置き、必要に応じて条例・要領等の整備を行う必要がある。

【解説】

下水熱利用に係る熱回収方式には4種類あり、熱回収の方式により、関連法令とそれに基づき下水道管理者が整備する制度が異なる。

- ① 処理水を取水することによる熱回収（以下「処理水取水熱回収」という。）
- ② ポンプ場等（開渠や前処理施設等の、暗渠又は放流渠以外の下水道施設）から未処理下水を取水することによる熱回収（以下「ポンプ場等取水熱回収」という。）
- ③ 暗渠から未処理下水を取水することによる熱回収（以下「暗渠取水熱回収」という。）
- ④ 暗渠内に熱交換器を設置することによる熱回収（以下「暗渠内熱回収」という。）

これらの熱回収方式・設置主体ごとに法律上の取扱いを整理すると以下のようになる。各地方公共団体は、これを踏まえ、条例等の制度整備を行う必要がある。

表 6-1 熱回収方式・設置主体ごとの法律上の取り扱いの整理

| 項目 | 設置箇所 | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------|---|-----------------------------------|
| | 放流渠 | ポンプ場等 | 下水管路（管渠） | |
| 熱回収方式 | 処理水を取水 | 未処理下水を取水 | 未処理下水を取水 | 暗渠内に熱交換器を設置 |
| 設置主体 [※] | 民間事業者 | | 整備計画又は低炭素まちづくり計画に位置付けられた民間事業者 | 熱供給事業者等 |
| 法律上の取扱い | 下水道法の規定はなく、占用許可等により民間事業者でも利用が可能。 | | 都市再生特別措置法・低炭素まちづくり法による特例措置で、各計画に基づき、下水道管理者の許可で可能。 | 下水道法第24条第3項及び第25条の17第3号に基づき利用が可能。 |
| 下水道条例 | 占用規定等で許可を与えて差し支えない。 | | 都市再生特別措置法第19条の7・低炭素まちづくり法第47条の規定に基づく条例の整備が必要。 | 占用規定等で許可を与えて差し支えない。 |

注釈）下水道管理者が下水道施設に下水熱を利用するための設備を設置する場合（例えば、暗渠内に下水道管理者が熱交換器を設置して熱を回収し、回収した熱のみを民間事業者に提供する場合）は、設備の設置は下水道施設の管理行為の範囲内であり、設置の可否は下水道管理者の判断に委ねられる。

下水道法と都市再生特別措置法・低炭素まちづくり法の内容は、以下のとおりである。

(1) 下水道法（下水道条例）

下水道法第 25 条では、「公共下水道の設置その他の管理に関し必要な事項は、公共下水道管理者である地方公共団体の条例で定める」と規定している。したがって、下水道管理者以外の者が下水道施設に下水熱利用設備を設ける場合には、原則として地方公共団体が定めた条例に基づき許可を受けなければならない。

しかし、具体的な条例の内容については、地方公共団体の裁量に委ねられることとなるため、標準下水道条例¹⁸に規定する占用規定（第 21 条）と同様の趣旨の規定により下水熱利用設備を下水道施設に設ける許可を与えることは、差し支えない。

なお、下水熱利用に関する条例が未制定である状況において、協定等に基づき小規模な物件その他下水道施設の管理に支障を及ぼすことが見込まれないものを設置することが必ずしも否定されるものではない。

ただし、下水熱利用を行うために、下水道の排水施設に接続設備を設け、下水を取水・流入する場合には、都市再生特別措置法第 19 条の 7 及び都市の低炭素化の促進に関する法律第 47 条において、条例で定めるところにより、下水道管理者の許可を受けなければならないとされていることから、地方公共団体においてはこれらの規定に基づく条例を定める必要がある。

また、平成 27 年 5 月の改正により、下水道法第 24 条第 3 項及び第 25 条の 17 第 3 号に基づき、熱供給事業者等は、下水熱を利用するため下水道の暗渠内に熱交換器等を設置することが可能となった。

(2) 都市再生特別措置法・低炭素まちづくり法

平成 23 年 4 月に 都市再生特別措置法が改正され、平成 24 年 8 月に低炭素まちづくり法が制定されたことにより、民間事業者による下水熱を利用するための暗渠からの未処理下水の取水が可能となる特例が設けられた。民間事業者は都市再生緊急整備協議会、低炭素まちづくり協議会等にて整備計画や低炭素まちづくり計画の策定や検討を経て、下水道管理者の許可を受けることにより、下水道の暗渠に接続設備を設け、未処理下水を取水・流入することが可能となる。

表 6-2 下水熱利用に関する規制緩和の動向

| 法律の改正・成立 | 概要 |
|----------------------------------|--|
| 都市再生特別措置法 (平成 23 年 4 月改正) | 特定都市再生緊急整備地域 ¹⁹ で民間事業者による未処理下水を取水しての下水熱活用が可能。 |
| 都市の低炭素化の促進に関する法律 (平成 24 年 8 月成立) | 低炭素まちづくり計画区域で民間事業者による未処理下水を取水しての下水熱活用が可能。 |

¹⁸ https://www.mlit.go.jp/river/suibou/pdf/zyourei_gesuidou.pdf (令和 3 年 1 月 8 日取得)

¹⁹ 札幌都心地域、東京都心・臨海地域、品川駅・田町駅周辺地域、新宿駅周辺地域、渋谷駅周辺地域、池袋駅周辺地域、横浜都心・臨海地域、羽田空港南・川崎殿町・大師河原地域、名古屋駅周辺・伏見・栄地域、大阪駅周辺・中之島・御堂筋周辺地域、大阪コスモスクエア駅周辺地域、神戸三宮益主変・臨海地域、福岡都心地域の 13 地域 (平成 31 年 3 月 31 日時点)

なお、都市再生特別措置法及び低炭素まちづくり法の詳細については、国土交通省ホームページ^{20,21}を参照されたい。

²⁰ https://www.mlit.go.jp/en/toshi/city_plan/compactcity_network.html (令和2年10月28日取得)

²¹ http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/eco-machi.html (令和2年10月28日取得)

6.1.3 下水熱利用に向けた事前準備

下水道管理者は、民間の熱利用者が下水熱を利用するのに必要な手続きについて予め準備する必要がある。また、下水道管理者は、熱利用者から下水熱利用に関する情報等の照会を受けたとき、下水道施設の管理上支障のない範囲において、情報の公開・提供に努める。

【解説】

(1) 下水道管理者による下水熱利用に係る手続きの事前準備

民間の熱利用者が下水道施設に下水熱利用設備を設置する場合、下水道管理者は地方公共団体が定めた条例、標準下水道条例に規定する占用規定（第 21 条）と同様の趣旨の規定、あるいは協定等に基づき、審査して許可を判断する必要がある。

下水熱利用設備の設置に係る手続きを含め、下水熱を利用するために必要な手続きと標準下水道条例の関係を下表に示す。下水道管理者は、調査、申請内容、許可基準、許可条件、使用料、使用許可期間、使用許可の取消し、原状回復等に係る手続きを整理しておく必要がある。

自ら適用している下水道条例が平成 27 年度に改正された標準下水道条例に準拠した条例であれば、暗渠の使用に係る調査、暗渠の使用、許可基準、熱交換器等の設置に係る許可の基準、許可の条件、使用許可期間等、使用許可の取消し、原状回復に関して規定されていると考えられる。なお、適用している下水道条例において記載がない手続きについては、①条例の改正、②条例に準ずる規定等の策定、③熱利用者間での個別の協定等の締結のいずれかによって補うことができる。

表 6-3 下水熱利用に係る手続き項目と標準下水道条例との関係

| 下水熱利用に係る手続き項目 | 平成 27 年度改正の標準下水道条例 |
|---------------|-----------------------------|
| 調査 | 暗渠の使用に係る調査（第 21 条の 2） |
| 申請内容 | 暗渠の使用（第 21 条の 3） |
| 許可基準 | 熱交換器等の設置に係る許可の基準（第 21 条の 6） |
| 許可条件 | 許可の条件（第 21 条の 7） |
| 使用料 | 記載なし |
| 使用許可期間 | 使用許可期間等（第 21 条の 9） |
| 使用許可の取消し | 使用許可の取消し（第 21 条の 10） |
| 原状回復 | 原状回復（第 22 条） |

(参考) 諏訪赤十字病院における下水熱利用に係る手続き²²

長野県では、ES 事業者からの下水熱利用に係る申請を受けるに当たり、下水熱利用に係る手続要領を作成することにより対応した。諏訪赤十字病院は諏訪湖流域下水道が整備された地域に位置している。長野県流域下水道条例では、占用規定に関する条文がないため、民間の熱利用者に対する下水熱利用を許可するためには、下水熱利用の許可基準等の手続きについて規定する必要がある。

このため、長野県財務規則に規定される行政財産目的外使用許可に係る手続きをもとに標準下水道条例の関連条文の内容を踏まえた「流域下水道下水熱利用手続要領²³」を策定することで、下水熱利用設備の設置許可の判断を行うこととした。また、設置工事や点検、その他必要な事項は協定を締結することとしている。「流域下水道下水熱利用手続要領」と標準下水道条例、長野県財務規則との関係は下表のとおりである。

表 「流域下水道下水熱利用手続要領」と関連する条例・規則との関係

| 手続要領 | (長野県財務規則) | (標準下水道条例) |
|------------------|-----------------------|------------------|
| 管渠の使用に係る調査 | | 暗渠の使用に係る調査 |
| 管渠の使用 (申請内容) | 行政財産の使用許可申請書等 | 暗渠の使用 |
| 熱交換器等の設置に係る許可の基準 | 行政財産の使用許可 使用許可の手続き | 熱交換器等の設置に係る許可の基準 |
| 許可の条件 | 使用許可に付する条件 | 許可の条件 |
| 管渠使用料 | 使用料 | |
| 使用許可期間等 | 行政財産の使用許可期間 | 使用期間等 |
| 使用許可の取り消し | 使用許可の取消し又は変更 | 使用許可の取消し |
| 原状回復 | | 原状回復 |
| 協定 | | |
| 熱交換器等の設置工事 | | |

出所) 第 10 回下水熱利用推進協議会 (平成 30 年 3 月 8 日)「資料 3-1 長野県における下水熱利用の手続きについて」

²² <https://www.mlit.go.jp/common/001229329.pdf> (令和 3 年 1 月 8 日取得)

²³ <https://www.pref.nagano.lg.jp/suwakoryuiki/documents/2tetsuzukiyouryou.pdf> (令和 3 年 1 月 8 日取得)

(2) 下水道管理者による情報発信及び調査の許可

熱利用者から下水道管理者に対し、下水熱利用の判断に資する以下に掲げる情報等について照会があったときは、下水道管理者は、下水道施設の管理上支障のない範囲において、情報提供することが望ましい。

- 流量関係
 - 利用可能流量（月別の日平均値、1 時間平均値の日変動・日最低値・日最高値。また、利用できない時間帯。）
- 温度関係
 - 利用可能温度差
 - 下水温度（月別の平均値・最低値・最高値（晴天時・雨天時別。また、その割合）、夏季及び冬季の時間別平均値）
 - 処理場へ流入する下水温度の限界値
 - 河川等へ放流する下水温度の限界値
- 水質関係
 - 下水の水質
- 構造関係
 - 接続設備又は熱交換器等を設置する箇所の管路の構造（ヒューム管、鉄管、カルバート等）及び材質（耐圧）、流下方式（圧送又は自然流下）、埋設深さ
- その他
 - 下水管路又はポンプ場の設置時期、改築状況、将来的な整備（更生、敷設替え、取付管の設置）計画
 - 官民の境界条件（施設・維持管理の境界）
 - 土砂の堆積、油脂の付着等の状況、清掃頻度
 - 接続設備又は熱交換器等の腐食に影響すると考えられる事項（硫化水素ガスによる腐食状況及びその対策のための補修状況等）

また、既存の情報の提供に加え、事前に調査を行えるようにすることが望ましい。事前調査は、申請者である熱利用者側で行うケース、下水道管理者側で行うケースの双方がある。地方公共団体によって状況が異なることから、その詳細については下水道管理者の判断によって定める。熱利用者が事前調査を行う場合には、下水道管理者は、下水の排除及び下水道施設の管理上支障が生じないように、調査方法について必要な指示を行う。なお、調査のため暗渠に温度計その他の測定器を設ける場合には、下水道法第 24 条第 3 号及び下水道法施行令第 17 条の 3 第 2 項に基づき、温度計その他の測定器を設ける者の要件を満たすことを確認する必要がある。ただし、事前調査の段階では、温度計その他の測定器を設けることについての要件を確認すれば十分であって、熱交換器を設置するための計画や能力を確認する必要はない。

6.2 諸手続き²⁴

6.2.1 下水熱利用の利用申請手続き

民間の熱利用者（ES事業者）は、下水道管理者が整備した手続きの手順に則って、下水熱利用の利用申請を行い、管渠利用の許可を得る必要がある。下水道管理者は、公平性・透明性を確保した上で利用申請に対して許可を行う。

【解説】

(1) 熱利用者による利用申請

民間事業者が管渠に熱交換器等を設け、継続して管渠を使用することを希望する場合は、次に掲げる事項を記載した書類を、下水道管理者または市長等に提出し利用の許可を受ける必要がある。

- 下水熱利用の事業概要または管渠の使用目的
- 管渠の使用の期間
- 管渠の使用の場所及び熱交換器等の設置箇所
- 熱交換器等の構造
- 工事实施の方法
- 工事の期間
- 管渠の復旧の方法

(2) 下水道管理者による利用申請の公表

下水道管理者は、下水熱利用の利用申請を受けた場合、他者の参入の機会を確保する必要がある。下水熱利用の申請を受けたことをホームページ等で公表し、他の利用希望者の有無を確認する。公表期間の目安はおおよそ1~2週間である。この際、下水道管理者があらかじめ調整方法等を策定している場合は、事前に公表することが望ましい。

他の利用希望者からの利用申請がない場合、(1)で下水熱利用の利用申請した下水熱利用者の申請内容を審査し承認するか否かを決定する。

(3) 他の利用希望者による利用申請及び申請者間協議

他の利用希望者は、下水熱利用を希望する場合には、(2)の情報を公表している期間に、(1)に掲げた事項を記載し書類を、下水道管理者または市長等に提出する。

複数の利用希望者がいた場合、利用希望者間での事業計画の見直し等による両立の可能性について協議するよう下水道管理者から要請を受けた後、利用希望者同士で協議する。

²⁴ 本節の記載事項においては、管路外設置（処理水利用を含む）の場合は、必要に応じて「管渠」を「処理場又はポンプ場施設」に読み替える。

(4) 下水道事業者による熱利用者の選定

下水道管理者は、複数の利用希望者による協議が調わなかった旨の報告を受けた場合においては、例えば、都市再生緊急整備地域内において行われる地域冷暖房事業、熱供給事業法に基づく事業、都市計画事業等低炭素まちづくりへの貢献等の公益性の高さ、省エネルギー・温室効果ガス削減効果等を総合的に勘案した、手続の公平性・透明性が確保された選定方式により熱利用者を選定する。

また、既に下水熱利用を行っている箇所の上流に当たる箇所について申請があった場合は、申請者から下水熱利用を実施している熱利用者の事業に及ぼす影響について確認し、必要に応じ、申請者と既に下水熱利用を実施している熱利用者との間で事業計画の見直し等による両立の可能性について協議するよう要請する。

《ポンプ場等取水熱回収、暗渠取水熱回収、暗渠内熱回収を行う場合》

下水熱を利用する箇所が流域関連公共下水道等であって、当該箇所でも下水熱を利用することによる下水の温度の変化等により、他の者が管理する下水道施設における下水熱の利用、下水の処理又は下水道施設の管理に影響を及ぼす可能性がある場合には、申請を受けた下水道管理者は、下水熱利用の許可について、影響を及ぼす可能性のある下水道施設の管理者と協議する。

《暗渠取水熱回収を行う場合》

前述のとおり、熱利用者が暗渠から未処理下水を取水して下水熱を利用するに当たっては、整備計画又は低炭素まちづくり計画に事業の内容及び実施主体が記載される必要がある。そのため、下水道管理者は、熱利用者の選定後は速やかにこれらの計画の作成担当部局に選定した事業者及びその事業の内容を知らせる。また、その後、計画作成担当部局等から前記計画への記載について協議があった場合は、記載内容を確認し、同意の判断を行う。

6.2.2 下水熱利用の許可申請手続き

下水熱利用の利用申請が許可された民間の熱利用者（ES事業者）は、利用許可の判断ができる申請書等を作成し、下水道管理者に下水熱利用の許可申請を行う。下水道管理者は、熱利用者からの申請を受けて、設備設置の許可基準に基づき、申請を許可するか判断する。

【解説】

(1) 熱利用者による下水熱利用の許可申請

下水熱利用の利用申請が許可された熱利用者は、利用許可の判断ができる申請書等を作成し下水道管理者に下水熱利用の許可申請を行う。

熱利用者は下水熱利用するための接続設備又は熱交換器等の設置許可について、標準下水道条例の該当条文の趣旨等を中心に以下に記載する。なお、標準下水道条例は、公共下水道を対象としたものであるが、以下の趣旨は、流域下水道にも適用可能である。

当該申請に係る手続の詳細や申請書の様式については、各市（町村）長が定める規則に委任することとしているが、参考までに当該申請書の様式案を次に示す。

申請書の記載事項の審査における留意点を以下に示す。

1) 下水熱利用の事業概要

申請書記載事項のうち、事業概要には、

- 下水熱利用の事業目的
- 下水熱利用に供する下水の1日当たりの最大量（冷房時・暖房時）
- 下水熱利用に供する下水の使用量の時間変動（冷房時・暖房時）
- 取水する下水の温度とこれを熱利用した後の温度との差の最大値（冷房時・暖房時）
- 設備の維持管理の方法
- 道路占用許可その他の公物の占用の許可等の取得の要否 等

を記述すること等が望ましい。

「下水熱利用の事業目的」については、下水熱の供給対象施設及び用途等、下水道施設を利用させることの適否の判断に必要な目的が具体的に記載されていることが望ましい。

「下水熱利用に供する下水の1日当たりの最大量」については、処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合、冷房時、暖房時それぞれについて、下水の温度の変化等による必要量の変化を考慮し、想定される利用量の最大量が示されていることが望ましい。

また、「下水熱利用に供する下水の使用量の時間変動」についても、処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合、冷房時、暖房時それぞれについて、想定される下水の使用量の時間変動が示されていることが望ましい。

「取水する下水の温度とこれを熱利用した後の温度との差の最大値」については、冷房時、暖房時それぞれについて、下水の温度の変化や熱需要量を踏まえ、熱利用前後の下水の温度（暗渠内熱回収の場合には、熱交換器の上流端における下水の温度とこれを熱源として利用した後の温度）の変化の最大値が記載されていることが望ましい。下水道管理者は、未処理下水の場合は、下水熱利用による温度変化によって終末処理場における下水の処理に著しい影響を及ぼすおそれがないかを、また、処理水の場合は、条例等における処理水の温度基準との整合性の確保の観点等から、下水熱利用によって河川等への放流地点における放流水の温度がどのように変化するか等について十分な審査を行うことが必要である。そのうえで、温度変化値の設定について、下水の流入箇所から終末処理場又は河川等への放流地点までの距離、季節区分等も踏まえ、民間事業者と柔軟に調整することが望ましい。また、その際、担当部局との連絡・調整を通じて手続を円滑化・簡素化し、民間事業者の負担軽減にも配慮することが望ましい。

「設備の維持管理の方法」については、取水式下水熱利用設備、接続設備及び熱交換器等の維持管理方法が許可基準に適合するかを判断できる程度に具体的に記載されることが望ましい。また、取水量、取水した下水及び流入させる下水の温度等を報告することを許可の条件とする場合、それらの測定方法等についても記載されることが望ましい。なお、暗渠内熱回収を行う場合等であって、直接的に熱源として利用する下水の温度を測定することが困難な場合には、例えば熱源水の流量及び温度を測定すること等により、下水熱利用前後の下水の温度変化の最大値を推定し、推定した値をもって届け出でも差支えない。

「道路占用許可その他の公物の占用の許可等の取得の要否」については、取水式下水熱利用設備、接続設備又は熱交換器等の設置が道路占用許可等の公物の占用の許可等の取得が必要となる場合に、必要となる許可等について記載されることが望ましい。

2) 設備の設置場所及び設置箇所・設備の構造・工事实施の方法

設備の設置場所及び設置箇所、設備の構造、工事实施の方法については、許可基準に適合するかどうかを判断できる程度に具体的に記載されることが望ましい。

3) 工事の期間

工事の期間については、下水の排除に支障が生じない期間であることが望ましい。

4) 公共下水道の復旧の方法

下水道の復旧の方法について、下水道管理者は、あらかじめ熱利用者との間で協議することが望ましい。

5) 根拠となる法令の条項

《暗渠取水熱回収を行う場合》

暗渠取水熱回収を行う場合、本条の許可は、都市再生特別措置法第19条の7第1項又は低炭素まちづくり法第47条第1項許可となるため、いずれの条項の許可の申請であるかが明らかにされることが望ましい。

6) 流入させる未処理下水に凝集剤又は洗浄剤を混入することとなる場合は、当該凝集剤又は洗浄剤の種類、混入量等

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

熱利用者が未処理下水を利用しようとする場合、取水式下水熱利用設備の管理上必要となる凝集剤又は洗浄剤であって下水道管理者が下水道の管理上著しい支障を及ぼすおそれがないと認めたものに限って、下水道に流入させる下水への混入が可能である。そのため、下水道管理者が下水道の管理上著しい支障を及ぼすおそれがないかどうかを判断できるよう、その種類、混入量等が記載されることが望ましい。

7) 暗渠内熱回収の場合は、熱交換器の内部を流れる熱源水の種類、流量等

《暗渠内熱回収を行う場合》

暗渠内熱回収を行う場合、暗渠内に設置する熱交換器の内部を流れる熱源水が下水道に流入した場合であっても、下水の処理及び下水道の管理上著しい支障を及ぼすおそれがないかどうかを判断できるよう、その種類、流量等が記載されることが望ましい。

8) 申請者の経理的基礎及び技術的能力を示す添付資料

《暗渠内熱回収を行う場合》

暗渠内に熱交換器を設置することによる熱回収を行う場合、下水道法施行令第17条の3第2項に基づき、下水熱の利用を行うのに必要な経理的基礎及び技術的能力を有する者であると下水道管理者が認めた者でなければ、熱交換器等を設置することができない。(ただし、国、地方公共団体(公営企業を含む)、熱供給事業法に基づく熱供給事業者は下水道管理者が個別に認めるまでもない。)そのため、申請者(熱利用者)の経理的基礎及び技術的能力を示す添付書類については、この基準に適合するかどうかを判断できる程度に具体的に記載されることが望ましい。具体的には、以下の書類が添付されていることが望ましい。

- ① 工事費概算書
- ② 所要資金の調達方法を記載した書類及び借入金の返済計画を記載した書類
- ③ 貸借対照表及び損益計算書
- ④ 下水熱利用について知識及び経験を有する者の確保の状況を記載した書類

下水熱利用に係る設備設置許可申請書

新規 (番号)
更新 年 月 日
変更 年 月 日
住所
氏名
担当者
電話番号

〇市（町村）長 殿

下水道条例第●条の規定により許可を申請します。

| | | |
|---------------------|----------------------|------|
| 下水熱利用の事業概要 | 下水熱利用の事業目的 | |
| | 使用下水の最大量（日量） | |
| | 下水熱利用に供する下水の使用量の時間変動 | |
| | 熱利用前後の下水の予定温度変化の最大値 | |
| | 設備の維持管理の方法 | |
| | 道路占用許可その他の許可等の取得の要否 | |
| | その他 | |
| 設備の設置期間 | 年 月 日から 年 月 日まで 間 | |
| 設備の設置場所及び設置箇所 | 場所 | |
| | 設置箇所 | |
| 設備の構造 | | |
| 工事実施の方法 | | |
| 工事の期間 | 年 月 日から 年 月 日まで 間 | |
| 公表下水道の施設の復旧の方法 | | 添付書類 |
| 未処理下水熱利用の場合の根拠法令の条項 | | |
| 凝集剤又は洗浄剤の種類、混入量等 | | |
| 熱源水の種類、流量等 | | |
| 備考 | | |

記載要領

- 1 新規、更新、変更については、該当するものを○で囲み、更新、変更の場合には、従前の許可書の番号及び年月日を記載すること。
- 2 申請者が法人である場合には、「住所」の欄に主たる事務所の所在地、「氏名」の欄に名称及び代表者の氏名を記載するとともに、「担当者」の欄に申請の担当者の所属、氏名を記載すること。
- 3 「道路占用許可その他の許可等の取得の要否」の欄には、下水熱利用設備、接続設備又は熱交換器等の設置が道路占用許可その他の公物の占用の許可等の取得が必要である場合、必要となる許可等を記載すること。
- 4 「場所」の欄には、地番まで記載すること。接続設備が2以上の地番にわたる場合には、起点と終点を記載すること。また、処理水を熱利用する場合は、接続設備を設ける終末処理場の名称を記載すること。
- 5 「設置箇所」の欄には、接続設備又は熱交換器等の公共下水道への設置箇所を記載すること。
- 6 「設備の構造」の欄には、当該設備の形状、材質、寸法等の構造について記載すること。
- 7 変更の許可申請にあつては、関係する欄の下部に変更後のものを記載し、上部に変更前のものを（ ）書きすること。
- 8 「添付書類」の欄には、接続設備又は熱交換器等の設置場所及び設置箇所、下水熱利用設備及び接続設備又は熱交換器等の構造、予定占用面積等を明らかにした図面その他必要な書類を添付した場合にその書類名を記載すること。
- 9 下水道の暗渠に熱交換器等を設置する場合には、以下の書類を添付すること。
 - ①工事費概算書
 - ②所要資金の調達方法を記載した書類及び借入金の返済計画を記載した書類
 - ③貸借対照表及び損益計算書
 - ④下水熱利用について知識及び経験を有する者の確保の状況を記載した書類
 - ⑤その他下水熱利用に関する計画、経理的基礎又は技術的能力を確認するために必要となる書類

(2) 下水道管理者による熱利用機器設置の許可

下水道管理者は、熱利用者から各号列記事項を記載した申請書を受けて、以下の許可基準に留意して許可の判断をすることになる。これは、軽微な変更を除いて、当該事項を変更しようとする場合も同様である。

なお、暗渠取水熱回収を行う場合についての本条の許可は、都市再生特別措置法第19条の7第1項又は低炭素まちづくり法第47条第1項の許可となることに留意されたい。

1) 許可基準

a. 設備の設置位置

接続設備又は熱交換器等の設置位置は、下水の排除又は処理若しくは暗渠の管理上支障を及ぼさないようにする。

ア) 接続設備・熱交換器等の設置位置

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

下水道から下水を取水するために設ける接続設備は、当該下水道の下水の排除又は処理に著しい支障を及ぼすおそれが少ない箇所に設けられていなければならない。具体的には、接続設備を排水施設の管渠の中心など下水の排除を妨げる箇所や、終末処理場における処理の過程にある設備など下水の処理に支障が生じる箇所には設けないようにする等が考えられる。

《暗渠内熱回収を行う場合》

下水熱利用のために暗渠内に設置する熱交換器等は、当該下水道の下水の排除及び暗渠の管理上著しい支障を及ぼすおそれが少ない箇所に設けられていなければならない。具体的には、過去の清掃の実績から土砂の堆積が多い箇所など下水の排水を妨げるおそれのある箇所や、暗渠の点検時に目視が必要な箇所の視界を妨げる箇所には設けないようにする等が考えられる。また、熱源水配管や温度計その他の測定器はマンホールに設置する場合もあるが、この際には、足掛け金物の中心など暗渠の維持管理の安全上著しい支障を及ぼす箇所には設けないようにする等が考えられる。

イ) 流入設備の設置位置

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

下水道に下水を流入させるために設ける接続設備は、流入する下水の水勢により当該下水道を損傷するおそれが少ない箇所に設けられなければならない。

b. 占有断面積

暗渠内に熱交換器等を設置する場合は、その占有断面積が、下水の排除及び暗渠の管理上支障がないようにする。

《暗渠内熱回収を行う場合》

下水熱利用のために暗渠内に設置する熱交換器等は、設置する管渠の断面積に占める当該熱交換器等の断面積（占有断面積）の割合が下水の排除及び暗渠の管理上著しい支障を及ぼさないものでなければならない。下水の排除に支障が生じないか判断する際には、単に熱交換器の占有断面積のみならず、熱交換器等を設置する暗渠の計画下水量やこう配のほか、暗渠の粗度係数と設置する熱交換器の粗度係数の違い等も勘案する必要がある。そのため、設置する熱交換器等の種類等も勘案し、個別に判断することが望ましい。

c. 設備の構造

取水式下水熱利用設備、接続設備及び熱交換器等の構造は、耐久性等を有するものとする。

ア) 耐久性等

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水式下水熱利用設備及び接続設備は、堅固で耐久力を有するとともに、下水道の施設又は他の施設若しくは工作物その他の物件の構造に支障を及ぼさないものでなければならない。具体的には、取水式下水熱利用設備及び接続設備にモルタル等による防護を行うこと等が考えられる。

また、取水式下水熱利用設備及び接続設備は、コンクリートその他の耐水性の材料で造り、かつ、漏水及び地下水の浸入を最小限度のものとする措置が講ぜられていなければならない。具体的には、取水式下水熱利用設備及び接続設備に防水モルタルや樹脂等による防護を行うこと等が考えられる。

《暗渠内熱回収を行う場合》

下水熱利用のために暗渠内に設置する熱交換器等は、構造が堅牢で、かつ、表面が平滑であって、耐久性、耐蝕性及び耐水性のあるものでなければならない。具体的には、表面を平滑にするため熱交換器には凹凸を避けること、耐久性をもたせるため熱交換器をモルタル等で固定すること、耐蝕性をもたせるため熱交換器の材質を塩化ビニルやステンレス鋼等とすること、耐水性をもたせるため熱交換器の継手に樹脂等による防護を行うこと等が考えられる。

イ) 未処理下水を利用する際の管渠

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水式下水熱利用設備のうち未処理下水を熱源とする熱を利用するためのもの及びその接続設備の管渠は、し尿を含む下水が通水するため、暗渠としなければならない。ただし、取水式下水熱利用設備を有する建築物内の管渠については、暗渠とする必要はない。

ウ) 立入り制限

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

屋外にある取水式下水熱利用設備及び接続設備のうち管渠でないものは、事故防止の観点から、人の立入りを制限する措置が講ぜられていなければならない。具体的には、取水式下水熱利用設備及び接続設備にカバーや柵等の設置等を行うことが考えられる。

エ) 未処理下水の飛散防止

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水式下水熱利用設備のうち未処理下水を熱源とする熱を利用するためのもの及びその接続設備のうち管渠でないものであって屋外にあるものは、人の立入りを制限する措置に加え、生活環境の保全の観点から、未処理下水の飛散を防止する措置が講ぜられていなければならない。

オ) 腐食防止

(暗渠内熱回収を行う場合については「ア) 耐久性等」を参照)

下水には、冷却水(水道水等)に比べ塩素やアンモニウムイオンなどの腐食性物質が多く含まれているため、取水式下水熱利用設備及び接続設備のうち、下水により腐食するおそれのある部分にあつては、ステンレス鋼その他の腐食しにくい材料で造り、又は腐食を防止する措置が講ぜられていなければならない。具体的には、取水式下水熱利用設備及び接続設備の当該部分を耐腐食性の材料(材質)を用いることを考慮するとともに、当該部分に換気設備等を設置すること等が考えられる。

カ) 地震対策

取水式下水熱利用設備、接続設備及び熱交換器等(暗渠内熱回収を行う場合の熱源水配管を含む)は、地震によって、下水道による下水の排除及び処理に支障が生じないよう可撓継手の設置その他の措置が講ぜられていなければならない。その他の措置としては、設備の耐震化等が考えられる。

キ) ます等の設置

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水式下水熱利用設備及び接続設備の管渠の清掃上必要な箇所にあつては、外部からの点検又は維持管理が容易となるようにます又はマンホールが設けられていなければならない。なお、ますの形状としては、どろためが備えられているます等とすることが考えられる。

ク) ます等への蓋の設置

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水式下水熱利用設備及び接続設備の管渠に設けたます又はマンホールには、事故防止の観点から蓋が設けられていなければならない。さらに、取水式下水熱利用設備のうち未処理下水を熱源とする熱を利用するためのもの及びその接続設備の場合は、雨水浸入防止の観点から密閉できる蓋でなければならない。

ケ) インバートの設置

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水式下水熱利用設備のうち未処理下水を熱源とする熱を利用するためのもの及びその接続設備の管渠の清掃のために設けたますの底には、取水した未処理下水に含まれる夾雑物による管の詰まりを避け、未処理下水の流れを円滑にするよう、接続する管渠の内径又は内のり幅に応じ相当の幅のインバートを設けなければならない。

コ) 臭気対策

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

未処理下水を一時的に貯留する場合、貯留した未処理下水の腐敗により臭気成分が生成され、排水施設に流入する際に臭気を発散するおそれがある。このため、上述のような臭気発散により、生活環境の保全上支障が生じないようにするための措置を講じなければならない。具体的には、貯留する水槽の有効容量について、槽内での未処理下水の滞留時間が過大とならないよう適切に滞留時間を定めることと等の措置が考えられる。

サ) 熱利用量の調整設備の設置

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

下水熱利用に供する下水の量又は下水からの熱回収量を調節するために取水式、下水熱利用設備又は接続設備には、排水施設等から取水する下水量（又は熱源水流量等を調整することによる下水からの熱回収量）及び当該排水施設等に流入させる下水の量を調節するための設備が設けられていなければならない。ただし、下水熱利用設備が小規模であつて、当該設備を最大限利用したとしても下水道施設の管理上著しい支障を及ぼさないと判断される場合には、この限りではない。

シ) 流下阻害の防止

《暗渠内熱回収を行う場合》

熱交換器等の設置により、砂、土、汚泥その他これらに類するものが堆積し、下水の排除に著しい支障が生じることがないものでなければならない。具体的には、熱交換器や測定器が著しく突出していないことや、熱交換器による段差を緩やかにするための傾斜部の設置等が考えられる。

ス) 電圧の禁止

《暗渠内熱回収を行う場合》

暗渠内に設置する温度計その他の測定器は、事故時の漏電の可能性を含め安全対策のため、原則として電圧のかからないものでなければならない。

セ) 過度の温度変化の防止

《暗渠内熱回収を行う場合》

暗渠内に設置する熱交換器（熱源水配管を含む）の温度は、一般には未処理下水との温度差は5℃程度であり、熱交換器の温度が過度に上昇したり低下したりすることは想定されにくい。仮に熱交換器の温度が過度に上昇したり低下したりする場合には、未処理下水の腐敗等による管路の腐食の防止や未処理下水の凍結による流下阻害の防止のため、耐熱材等を設けなければならない。なお、暗渠内に設置できる「熱交換器等」には、熱供給事業で用いられる熱供給導管は含まれない。

d. 工事及び維持管理方法

取水式下水熱利用設備、接続設備及び熱交換器等の設置工事及び維持管理は、下水道の管理上支障がないようにする。

ア) 管渠の閉塞時の対処

設備を設置する工事の際に、下水道の管渠を一時的に閉じ塞ぐ必要があるときは、下水が外にあふれ出るおそれがない時期及び方法を選ぶこと。具体的には、当該管路に接続設備や熱交換器を設置する工事の施工の際に、あらかじめバイパス管等を設ける方法等が考えられる。

イ) 流入設備の漏水防止等

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

下水道に下水を流入させるために設ける接続設備は、下水の排除を妨げないよう、ますその他の排水施設に突出させないで設けるとともに、その設けた箇所からの漏水を防止する措置を講ずること。

ウ) 下水道施設等への支障の防止

その他下水道の施設又は他の施設若しくは工作物その他の物件の構造又は機能に支障を及ぼすおそれがないこと。なお、下水道管理者は、これを担保するために、工事施工中に適宜施工状況を確認することが望ましい。

エ) 取水量の制限

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

取水する下水量が過大であれば、下水の排除又は処理を妨げるおそれがあることから、取水量は下水の排除又は処理に著しい支障を及ぼさないものでなければならない。

オ) 凝集剤等の添加等

《暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

暗渠取水熱回収又はポンプ場等取水熱回収を行う取水式下水熱利用設備の管理上、凝集剤又は洗浄剤を混入する必要がある場合、その混入により下水道の管理上に著しい支障を及ぼさないものでなければならない。そのため、下水道管理者は、凝集剤又は洗浄剤の種類、混入量等を確認し、混入を認めるかどうかを判断する必要がある。

カ) 熱源水の水質等

《暗渠内熱回収を行う場合》

暗渠内に設置する熱交換器が事故により破損等した場合に、熱交換器内を流れる熱源水が未処理下水に混入するおそれがある。そのため、熱源水の混入により、油脂等の固着、有毒ガスの発生、生物処理への悪影響、放流水質の悪化等下水道の管理上著しい支障を及ぼさないものでなければならない。下水道管理者は、例えば特定事業場の排水基準等を参考に、暗渠内に設置する熱交換器に流れる熱源水の水質や流量を確認する必要がある。

キ) 下水の温度差による支障の防止

「ア) 管渠の閉塞時の対処」から「カ) 熱源水の水質等」に示したもののほか、取水する下水の温度とこれを熱利用した後の温度（暗渠内熱回収の場合には、熱交換器の上流端における下水の温度とこれを熱源として利用した後の温度）との差の最大値が、下水処理場における下水の処理や河川等への放流地点における放流水の温度に支障を及ぼすおそれがないなど、申請内容が下水道の管理上支障とならないものでなければならない。

ク) その他

設備の設置に係る工事又は維持管理の方法が、下水道管理者の示すこれらに係る条件及び留意事項に適合していなければならない。これらの条件及び留意事項は、接続設備

又は熱交換器等を設置する管路の管理の実情を勘案し、地方公共団体の判断で定めることが適切である。

e. 熱交換器等の設置者の要件

暗渠から未処理下水を取水することによる熱回収又は暗渠内に熱交換器を設置することによる熱回収を行う場合には、設備を設置する者は、関係法令に基づき認められた者でなければならない。

《暗渠取水熱回収を行う場合》

前述のとおり、民間事業者が暗渠から未処理下水を取水して下水熱を利用するに当たっては、整備計画又は低炭素まちづくり計画に事業の内容及び実施主体が記載される必要がある。

《暗渠内熱回収を行う場合》

暗渠内熱回収を行う場合、暗渠が地下に埋設されておりその維持管理が困難なことから、暗渠内に熱交換器等を設置する者は、下水道法施行令第17条の3第2項に規定する要件を満たしていなければならないほか、標準下水道条例を参考に、過去に利用の許可の取消しを受けた者でないことが望ましい。これらの判断は、下水道管理者に委ねられている。

ア) 計画の適正性及び確実性

暗渠内に熱交換器等を設置する者は、下水道法施行令第17条の3第2項に基づき、下水熱の利用に関する適正かつ確実な計画を有している者であると下水道管理者が認めた者でなければならない。

ここでいう計画とは、実務的には6.2.2(1)で示した下水熱利用の許可申請の際の申請書と考えて差支えない。

計画が「適正」であるとは、熱交換器等の設置及び維持管理に関する事項が下水の排除及び暗渠の管理上著しい支障を及ぼすおそれのないこと、目的が下水熱の利用を逸し下水道管理者の監視外において暗渠の不正な使用により暗渠が破損するおそれがないこと等、不適正なものでないことを意味する。

計画が「確実」であるとは、下水熱の利用に関する計画が机上プランではなく、確実な資料に基づいて組立てられていることを意味する。例えば、熱交換器等の設置箇所・設置方法が確実であるとともに、熱交換器等の維持管理を含む下水熱の利用に関する計画の実施が確実なものであることを意味する。

なお、国、地方公共団体（公営企業を含む）、熱供給事業法に基づく熱供給事業者は、関係法令等に基づき、適正かつ確実な計画を有していると予想されるので、下水道法第24条第3号ハの規定により、下水道管理者が個別に認めるまでもない。

イ) 経理的基礎及び技術的能力

「経理的基礎」としては、下水熱の利用を行うのに必要な経理面すなわち設備資金、運転資金等の調達方法、借入金の返済方法等の確実性ばかりでなく経営の堅実性が要求される。これらについて、6.2.2 (1)で示したように、申請者（熱利用者）から提出される

- ① 工事費概算書
- ② 所要資金の調達方法を記載した書類及び借入金の返済計画を記載した書類
- ③ 貸借対照表及び損益計算書

を基に、下水道管理者が判断する。

「技術的能力」としては、技術スタッフの組織、個々の担当者の実務経験、経歴等によって判断する。これらについて、6.2.2 (1)で示したように、申請者から提出される、「下水熱利用について知識及び経験を有する者の確保の状況を記載した書類」を基に、下水道管理者が判断する。

この際、「経理的基礎及び技術的能力を有する」とは、現に資金その他を所有せず、又は技術者がいなくても下水熱利用を行うに至るまでにこれを確保し得る確実性を有していればよい。また、申請者が「経理的基礎及び技術的能力」を有するかどうかは、下水熱の利用を行うことについて判断すればよいのであって、例えば申請者が下水熱利用を行う事業以外の場所で行っている事業については、必ずしも勘案する必要はない。

なお、国、地方公共団体（公営企業を含む）、熱供給事業法に基づく熱供給事業者は、関係法令等に基づき、経理的基礎及び技術的能力は備わっていると予想されるので、下水道法第24条第3号ハの規定により、下水道管理者が個別に認めるまでもない。

ウ) 過去の許可の取消し

申請者がその責に帰すべき事由により暗渠の使用に係る許可の取消しを受けたことがある場合には、不許可とすることができる。これには、

- ① 許可の取消しを受けた法人において、当該取消しがあった日前 60 日以内に当該法人の役員であったこと
- ② 申請者が法人である場合、その役員のうち許可の取消しを受けた者がいること
- ③ 申請者が個人である場合、その支配人のうち許可の取消しを受けた者がいることを含む。

また、過去に暗渠の使用に係る許可の取消しを受けたことがない場合であっても、暗渠の使用条件に重大な不履行が発生するおそれ強い場合には、不許可とすることができる。暗渠の使用に係る許可の取消しについては、6.2.2 (2) 3)を参照されたい。

f. 他の占用許可の取得

許可する設備が道路法その他の公物管理に関する法令の規定の適用を受けるものの場合は、道路占用許可その他の公物の占用の許可等の取得が可能であると見込まれる必

要がある。

下水道管理者は、下水道管理者の処分と道路管理者の処分に齟齬をきたさないよう調整を行うという観点等から道路管理者と十分な調整を図られたい。また、下水道管理者においては、熱交換器等が設置される暗渠の道路占用許可に関する占用の目的の変更手続が必要である。

さらに、申請者の事務負担の軽減を図るため、下水熱利用設備を設置することによって道路法第 32 条の規定の適用を受ける場合にあっては、下水道管理者は道路管理者と協力して両管理者の一方を経由しての申請を可能とする等申請手続きの簡素化のために必要な措置を講ずることが望ましい。

2) 設備設置の許可

a. 許可の手続

行政運営における公正の確保と透明性の向上の観点から、下水道管理者は、下水熱利用の許可に係る以下の手続を明確にする必要がある。

ア) 可否決定の期間

下水道管理者は、下水熱利用許可申請者による下水熱利用許可申請があった日から〇日以内に下水熱利用の接続設備又は熱交換器等の設置の可否についての決定をしなければならない。なお、この決定までの期間については、下水道管理者が独自に定める²⁵。

イ) 可否が決定できない場合の通知

下水道管理者は、「ア) 可否決定の期間」に規定する期間内に下水熱利用の接続設備又は熱交換器等の設置についての決定ができない場合においては、その理由を付した書面をもって、申請者にその旨を通知しなければならない。

ウ) 設置不可の場合の通知

下水道管理者は、下水熱利用の接続設備又は熱交換器等の設置の許可をしない場合においては、その理由を付した書面をもって、申請者にその旨を通知しなければならない。

b. 軽微な変更

下水道の施設の機能を妨げ、又はその施設を損傷するおそれのない物件で、下水道管理者から許可を受けて設けた物件(地上に存する部分に限る。)に対する添加であって、

²⁵ 例えば、長野県の「流域下水道下水熱利用手続要領」では、40日と記載されている(第5条の2)。

熱利用者が当該物件の設置の目的に付随して行うものは、軽微な変更として申請が不要である。

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

下水熱利用許可申請に係る事項の変更のうち、新たに許可を取得する必要のないものは、次の①から③を全て満たすものである。

- ① 下水道の施設の機能を妨げるおそれのない物件かつ下水道の施設を損傷するおそれのない物件に対する添加であること
- ② 許可を受けた物件の地上に存する部分に対する添加であること
- ③ 熱利用者が接続設備の設置の目的に付随して添加する場合であること

これら①から③までの要件の趣旨は次のとおりである。まず、①については、下水道の管理上問題のある物件の設置は認められないという観点から規定している。また、②については、地下における物件の添加は、地下という性質上、当該物件の管理が困難であり、下水道管理者が事前に把握する必要があるため、軽微な変更となる対象物件から除外して規定している。最後に、③については、新たな物件の添加が、下水道管理者が把握している熱利用者以外の者によって行われたり、下水熱利用とは全く異なる観点に基づいて行われたりすることを防ぐという観点から規定している。

c. 許可の条件

地方公共団体は、接続設備又は熱交換器等の設置を許可するときは、原状回復等について、許可する際の条件を定める。

下水道管理者が許可をする際の条件として定めるべき事項を示す。なお、熱利用者が当該条件に違反した場合、下水道管理者は、当該許可を取り消すことができる。

ア) 中止する際の原状回復

熱利用者の責めに帰すべき事由により下水熱利用を中止する場合は、熱利用者自らの負担により接続設備又は熱交換器等を下水道から撤去し、原状回復をしなければならない。具体例としては、熱利用者の経営判断によって、下水熱利用事業から撤退する場合等が考えられる。ただし、暗渠内熱回収を行う際に管路更生技術を用いる場合など、熱交換器等を残置しても下水の排除及び下水道の管理上著しい支障を及ぼさないと判断できる場合には、下水道管理者の判断で、熱交換器等を下水道管理者に譲渡する等により原状回復を求めなくとも差支えない。以下「イ) 期間満了時の原状回復」及び「ウ) 許可取消し時の原状回復」も同様である。

イ) 期間満了時の原状回復

熱利用者が接続設備又は熱交換器等の設置期間を終えた後、更新の申請をしない場合には、熱利用者自らの負担により必要なくなった既存の接続設備又は熱交換器等を撤

去し、下水道の原状回復をしなければならない。

ウ) 許可取消し時の原状回復

熱利用者が許可を取り消される場合には、熱利用者自らの負担により接続設備又は熱交換器等を撤去し、下水道の原状回復をしなければならない。なお、許可の取消については、6.2.2 (2) 3)に示しており、具体的には接続設備又は熱交換器等の設置期間中に熱利用者による下水熱利用の実態がない場合等がある。

エ) 利用量減少時の届出

熱利用者が、下水熱利用に供する下水の量の最大値を継続的に減少しようとする場合、又は下水熱利用前後の下水の温度変化の最大値を継続的に減少しようとする場合は、事前に下水道管理者にその旨を届け出なければならない。なお、暗渠内熱回収を行う場合等であって、直接的に熱を利用する下水の温度を測定することが困難な場合には、例えば熱源水の流量及び温度を測定すること等により、下水熱利用前後の下水の温度変化の最大値を推定し、推定した値をもって届け出ても差し支えない。

これは、熱利用に供されていない下水を把握し、他の事業者による利用を可能とすることで、適切な下水の配分を担保するという目的がある。なおこの場合、熱利用者は、6.2.2 (1)で示した変更の申請をする必要はない。当該届出があった場合には、下水道管理者は、その旨を公表し、一定の期間中、他の民間事業者の参入の機会を確保することが望ましい。

オ) 流入させる下水の水質及び水量

《処理水取水熱回収、暗渠取水熱回収、ポンプ場等取水熱回収を行う場合》

下水熱を利用するために取水した下水と、下水熱利用後に下水道へ流入させる下水の水質（水温を除く。）及び水量は同程度でなければならない。なお、下水熱利用に係る維持管理において必要な洗浄等による一時的な水質の変化については、下水道の管理上支障が生じないように、下水道管理者と熱利用者の間で事前に協議することが望ましい。

カ) 利用量の報告

下水熱利用許可申請に係る申請内容を満たしていることを確認するため、熱利用者は下水道から取水する下水の量を計測する設備を設け、自ら、その取水量及び取水量の時間最大値を測定するとともに、取水した下水及び流入させる下水の温度を測定し、それらの結果を報告する必要がある。なお、取水量の時間最大値を報告するに当たっては、当該量の最大値が生じた時間についても報告する。報告の頻度は、少なくとも毎年1回とし、それ以上の頻度については、「エ) 利用量減少時の届出」で示した趣旨も踏まえ下水道管理者と下水熱利用熱利用者との協議で決定することが望ましい。

なお、暗渠内熱回収を行う場合等であって、直接的に熱を利用する下水の温度を測定することが困難な場合には、例えば熱源水の流量及び温度を測定すること等により、下

水熱利用前後の下水の温度変化を推定し、推定した値を報告しても差し支えない。

d. 設置期間及び更新

下水道管理者は、下水熱利用の申請者（熱利用者）に対して接続設備又は熱交換器等の設置を許可する際は、設置期間を定めて、これを許可する。具体的な期間は下水熱利用に係る事業期間等を勘案して定めることが望ましい。ただし、下水熱利用許可申請に係る下水熱利用設備を設置することによって道路法第 32 条の規定の適用を受ける場合にあつては、下水熱利用許可申請者は、道路管理者から道路法第 32 条第 1 項に規定する許可を受けなければならない、この占用許可期間は、道路法施行令第 9 条第 2 項により 5 年以内とされており、下水道管理者の処分と道路管理者の処分に齟齬をきたさないよう両管理者で調整して決定することが望ましい。

また、下水熱利用に係る予見可能性を担保するため、既存の熱利用者が接続設備又は熱交換器等の設置期間を満了する前に更新の申請をした場合、許可基準（6.2.2（2）1）参照）に当該申請が適合するときには、下水道管理者は、原則として当該更新の申請を許可するものとする。特に、下水熱を利用する設備は一般的に耐用年数が 15 年であり、熱利用者はこの程度の期間において下水熱利用を予定していることが見込まれるため、当初許可の際にも更新について配慮することが望ましい。ただし、更新の許可をしないことについて、合理的な理由がある場合はこの限りではない。

3) 許可の取消し

下水道管理者は、設備の構造の技術適宜基準を満たさなくなった場合等、次のいずれかに該当する場合は、設備設置の許可を取り消すことができる。

a. 基準不適合

6.2.2（2）1）c で示した許可の基準である取水式下水熱利用設備、接続設備及び熱交換器等の構造の技術的基準を満たさなくなった場合、下水道管理者は、熱利用者の許可を取り消すことができる。なお、下水道管理者は、下水熱利用事業開始後においても、取水式下水熱利用設備、接続設備及び熱交換器等の構造について、必要に応じ検査等をして、その技術的基準の適合性について確認することが望ましい。

b. 下水熱利用に係る料金の不払い

熱利用者が下水熱利用に係る料金を支払わなかった場合、下水道管理者は、熱利用者の許可を取り消すことができる。

c. 利用実態がない状況

接続設備又は熱交換器等の設置期間中に、下水熱利用の実態がない場合、下水道管理

者は、熱利用者の許可を取り消すことができる。

d. 虚偽申請

熱利用者が虚偽の下水熱利用許可申請をし、これに基づいて下水道管理者が許可をしている場合、有効な許可の前提である正確な申請がなされていないこととなるため、下水道管理者は、熱利用者の許可を取り消すことができる。

e. 申請と実態の過度な乖離

熱利用者の下水熱利用の実態が許可を受けている申請内容と過度に異なる場合、有効な許可の前提である実態を反映した正確な申請がなされていないこととなるため、下水道管理者は、熱利用者の許可を取り消すことができる。

f. 許可条件違反

熱利用者が 6.2.2 (2) 2) c で示した許可の条件に違反した場合、下水道管理者は、熱利用者の許可を取り消すことができる。これは、許可後の下水熱利用事業の適切性を担保するための規定として重要である。

g. 公益上の理由

下水道管理者が公益上やむを得ない理由により、接続設備又は熱交換器等の設置期間中に当該設備を撤去する必要があると判断した場合、熱利用者の許可を取り消すことができる。具体的には、災害等により緊急に当該下水道を復旧する必要がある場合等が考えられる。

また、下水道管理者は、設置された接続設備又は熱交換器等の撤去、移設を必要とする下水道施設の改築、修繕のうち、突発的な事故や自然災害に起因するものではなく、計画的な改築、修繕である場合には、熱利用者側で対応する期間がとれるよう、可能な限り早期に事前通知するよう努める。

6.2.3 下水熱利用に必要なその他手続き

民間の熱利用者（ES事業者等）は、下水熱利用に当たり、下水道管理者による手続き以外の手続きとして、各種法令等に基づき必要な手続き等を関係部局に対して行う。

【解説】

前項までに示した、下水道管理者による手続き以外で、下水熱利用に当たって、熱利用者が必要に応じて申請が必要な手続きは、以下のとおりである。

(1) 熱利用者による道路法に係る申請

下水熱利用設備を設置することによって道路法第32条の規定の適用を受ける場合にあっては、熱利用者は、道路法第32条第2項に規定する申請書を道路管理者に提出し、道路管理者から同条第1項に規定する許可を受ける等しなければならない。

熱供給導管は、道路法第32条の「水管、下水道管、ガス管その他これに類する物件」に位置づけられ、道路に敷設する場合には道路管理者からの占有許可が必要となる。関連通達において、熱供給導管はその公共性等にかんがみ、道路法第33条の規定に基づく政令で定める基準に適合するときは、原則として占有許可を与えるとされている。

なお、道路法における道路占有制度の詳細については、国土交通省ホームページを参照されたい²⁶。

(2) 熱利用者による下水道法に係る承認申請

下水道法では、下水道管理者以外が下水道施設に関する工事又は施設の維持を行う場合に、下水道管理者の承認が必要であると規定している。「4.2 責任分界の検討」で解説したように、承認工事・維持承認により官側の敷地に民が設備を設置する場合には、これらの申請が必要となる。

具体的な手続き・手順については、各地方公共団体の下水道部局に確認されたい。

(3) 熱利用者による熱供給事業法に係る許可申請

複数の建物に対して導管を通じた熱供給を行い、かつ熱源設備の加熱能力21ギガジュール/時以上の規模となる場合²⁷は、熱供給事業法における熱供給事業に該当する。熱供給事業を行うエネルギーサービス事業者（熱供給事業者）は、経済産業大臣の事業許可を得る必要があり、同法で定める事業成立要件を満たすとともに、所定の申請を行う必要がある。

²⁶ <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/senyo/senyo.html>（令和2年10月28日取得）

²⁷ 一定地域内の建物群に対して蒸気・温水・冷水等の熱媒を熱源プラント（ただし熱源設備の加熱能力21ギガジュール/時以上）から導管を通じて供給する場合（資源エネルギー庁ホームページ）

なお、熱供給事業の詳細については資源エネルギー庁ホームページ²⁸を参照されたい。

(4) 熱利用者によるその他申請

先行事例の調査結果では、主要なその他申請として、都市計画決定、補助金に関する手続き等が挙げられている。

²⁸ http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/other/effective_use/ (令和2年10月28日取得)

7. 参考

7.1 リンク集

国土交通省がインターネット上で公表していて、本マニュアルと併せて活用されることが望まれる情報を下表に示す。

表 7-1 下水熱利用に関連する情報の URL 及び概要

| No. | タイトル | 概要 | URL |
|-----|---------------------------------|---|---|
| 1 | 下水熱利用の推進に向けて | 下水熱利用に関連する最新情報を掲載 | https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000458.html |
| 2 | 下水熱利用に係る取組事例集 | 平成 30 年 3 月までの下水熱利用に係る取組事例を掲載 | https://www.mlit.go.jp/commom/001233624.pdf |
| 3 | 下水熱利用可能性活用簡易検討ツール | 地域内での下水熱利用可能性を簡便に検討する簡易検討ツール | https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000467.html |
| 4 | 下水熱利用に活用可能な支援制度 | 下水熱利用に活用可能な支援制度の一覧を掲載 | https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000458.html |
| 5 | 下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き | 構想段階及び企画段階で利用する下水熱の広域ポテンシャルマップの作成方法や活用事例を解説 | https://www.mlit.go.jp/commom/001088502.pdf |
| 6 | 下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き | 事業化段階で利用する下水熱の詳細ポテンシャルマップの作成方法や活用事例を解説 | https://www.mlit.go.jp/commom/001088503.pdf |
| 7 | B-DASH 事業における下水熱活用技術 | B-DASH 事業における下水熱活用技術ガイドラインを掲載 | http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm |

注釈) 本マニュアルに掲載している URL は令和 3 年 4 月 22 日現在のものである。

7.2 下水熱利用可能性簡易検討ツール

「下水熱利用可能性簡易検討ツール 取扱説明書」については、別添の通り。