

# 下水熱利用マニュアル（案）

---

平成27年7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加えられてきている。また、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も資する可能性がある。

下水の水温は一年を通して比較的安定しており、大気のと比較して夏は低く、冬は高い長を有している。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CO<sub>2</sub>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限られていた。

そのようななか、下水熱の地域における利用の促進に向けて、都市再生特別措置法の改正(平成23年4月)や都市の低炭素化の促進に関する法律の制定(平成24年8月)によって、下水熱を利用するために民間事業者が下水道管理者から許可を得て暗渠から下水を取水することが可能となった。また、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。加えて、下水から熱を回収する低コスト・高効率な技術の開発などにより、幅広い民間事業者からの需要に応えられるようになった。これらにより、下水熱利用の可能性が広がってきている。

国土交通省では平成24年度には、産官学連携により「下水熱利用推進協議会」を設置し、下水熱利用システムの事業採算性の向上等に向けた情報・意見交換、各種課題の整理等を行うことにより、下水熱利用推進に向けて取り組むべき施策の方向性についてのコンセンサスを形成するとともに、下水熱利用に向けた機運の醸成を図ってきた。

本マニュアルは、「下水熱利用推進協議会」の活動を踏まえ、下水熱利用に関心を持つ各主体(地方公共団体の下水道部局、都市計画部局、環境部局等や都市開発事業者等)に対し、下水熱利用事業の構想段階で必要となる基礎情報や、事業化段階における関係者間の調整に資する情報、実施設計段階における必要な手続きに関する情報を提供するものである。本マニュアルが活用されることによって、地方公共団体における経営改善と低炭素社会実現が進展することを大いに期待する。

## 目次

<b>1. 本マニュアルの目的と概要</b> .....	<b>1</b>
1.1 本マニュアルの目的 .....	1
1.1.1 本マニュアルの目的 .....	1
1.2 本マニュアルの構成 .....	2
1.2.1 本マニュアルの構成 .....	2
<b>2. 下水熱の特長・導入効果</b> .....	<b>3</b>
2.1 再生可能エネルギー熱の特長 .....	3
2.1.1 再生可能エネルギー熱の特長 .....	3
2.2 下水熱の特長 .....	6
2.2.1 下水熱の特長 .....	6
2.3 下水熱利用の導入効果 .....	7
2.3.1 下水熱利用の導入効果 .....	7
<b>3. 主なシステム構成</b> .....	<b>9</b>
3.1 システム構成 .....	9
3.1.1 システム形態 .....	9
3.1.2 要素技術 .....	10
3.2 熱回収技術 .....	11
3.2.1 管路内設置型熱回収技術 .....	11
3.2.2 管路外設置型熱回収技術 .....	17
3.3 ヒートポンプ .....	22
3.3.1 ヒートポンプ .....	22
3.4 下水熱利用の用途 .....	23
3.4.1 下水熱利用の用途 .....	23
<b>4. 導入事例</b> .....	<b>24</b>
4.1 下水熱利用事業の類型 .....	24
4.1.1 下水熱利用事業の類型 .....	24
4.2 下水熱利用事業事例 .....	25
4.2.1 「後楽一丁目地区」における熱供給事業での下水熱利用（未処理下水） .....	25
4.2.2 「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用 .....	26
4.2.3 「ささしまライブ24地区」におけるまちづくりと下水熱利用のパッケージ化 .....	27
4.2.4 「堺市の大型商業施設」における下水熱利用・再生水利用のパッケージ化 .....	29
4.2.5 「仙台市のスーパーマーケット」における給湯向け下水熱利用 .....	30
4.2.6 「ドイツ：ボーフム市」における管路内熱回収による公営温水プールへの下水熱供給 .....	31
<b>5. 下水熱利用の検討手順</b> .....	<b>33</b>
5.1 導入の検討手順 .....	33

5.2	構想段階の検討手順の例	37
5.2.1	「推進役」としての熱利用者が検討する際の手順	37
5.2.2	「推進役」として地方公共団体の下水道部局が検討する際の手順	40
5.2.3	「支援・コーディネート役」としての地方公共団体の都市計画部局・環境部局等の役割	44
5.3	技術・システムの検討	46
5.3.1	データ・考え方の整理	46
5.3.2	下水熱利用の導入効果（採算性）の考え方	52
5.4	モデルケースにおける導入効果のケーススタディ	56
5.4.1	導入効果評価のモデルケース	56
5.4.2	モデルケースにおける熱需要量と下水熱利用量の設定	59
5.4.3	モデルケースにおけるコストデータの設定	63
5.4.4	モデルスタディにおける環境性評価結果	66
5.4.5	モデルスタディにおける採算性評価結果	71
5.4.6	ケーススタディ結果のまとめ	83
5.5	FS調査の準備・運用方針の検討	84
5.5.1	下水に関する詳細な現地調査	84
5.5.2	システム構成の検討	85
5.5.3	維持管理等における留意点	88
5.6	事業スキームの検討	91
5.6.1	関係者の連携体制の構築	91
5.6.2	関係者の責任分界の検討	94
5.6.3	契約内容の検討	99
<b>6.</b>	<b>事業実施に必要な手続</b>	<b>107</b>
6.1	手続の明確化の意義	107
6.1.1	手続の明確化の意義	107
6.2	下水道管理者による許可手続きの全体像	108
6.2.1	熱回収方式と必要な制度整備	108
6.2.2	下水道管理者による許可手続の流れ	111
6.3	事前手続	113
6.3.1	下水道管理者による情報提供・事前調査許可	113
6.3.2	利用申請の公表、複数の利用申請者の調整方法	114
6.4	下水熱利用許可申請	116
6.4.1	下水道管理者への申請	116
6.5	許可基準	122
6.5.1	設備の設置位置	122
6.5.2	占有断面積	123
6.5.3	設備の構造	123
6.5.4	工事及び維持管理方法	126
6.5.5	熱交換器等の設置者の要件	128
6.5.6	他の占用許可の取得	130

6.6 設備設置の許可 .....	131
6.6.1 許可の手続 .....	131
6.6.2 軽微な変更 .....	131
6.6.3 許可の条件 .....	132
6.6.4 設置期間及び更新 .....	134
6.7 許可の取消し .....	134
6.7.1 許可の取消し .....	134
6.8 その他必要な許認可手続等の実施 .....	136
6.8.1 必要な許認可手続等 .....	136
6.9 事業化段階のスケジュール .....	138
6.9.1 事業化段階のスケジュール .....	138

**参考資料 1 先行事例調査の結果の概要**

**参考資料 2-1 モデルスタディ結果詳細（処理水活用大規模熱供給利用方式）**

**参考資料 2-2 モデルスタディ結果詳細（処理水活用大規模熱供給利用方式）**

**参考資料 2-3 モデルスタディ結果詳細（管底設置方式（樹脂））**

**参考資料 2-4 モデルスタディ結果詳細（管底設置方式（金属））**

**参考資料 2-5 モデルスタディ結果詳細（マンホール取水管路外流下液膜方式）**

## 目次

図 1-1	本マニュアルの目的	1
図 2-1	下水水温と気温との比較（イメージ）	3
図 2-2	下水熱利用の効果	5
図 2-3	地域における下水熱利用の事例（平成 27 年 7 月時点）	6
図 2-4	資源の相互利用による導入効果の向上事例	8
図 3-1	下水熱利用の主なシステム形態	9
図 3-2	システムを構成する主要要素技術	10
図 3-3	ヒートポンプの基本原理	22
図 4-1	「後楽一丁目地区」における下水熱回収フロー図	25
図 4-2	「後楽一丁目地区」における下水熱利用の対象地域	26
図 4-3	「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱回収フロー図	27
図 4-4	「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用の対象施設	27
図 4-5	「ささしまライブ 24 地区」における下水熱回収フロー図	28
図 4-6	「ささしまライブ 24 地区」における下水熱利用の対象地域	28
図 4-7	「堺市の大型商業施設」における下水熱回収フロー図	29
図 4-8	「堺市の大型商業施設」における下水熱利用の対象施設	30
図 4-9	「仙台市の食品スーパー」における下水熱回収フロー図	31
図 4-10	「仙台市」における下水熱利用システムの機器配置	31
図 4-11	ドイツ：ボーフム市の公営温水プールにおける熱回収フロー図	32
図 4-12	ボーフム市事例平面図	32
図 5-1	下水熱利用の検討フロー	34
図 5-2	各主体における下水熱利用の契機と関係性	35
図 5-3	PR の企画の進め方の例	36
図 5-4	熱利用者が「推進役」となるケースの検討手順（例）	37
図 5-5	地方公共団体の下水道部局が「推進役」となる際の検討手順（例）	40
図 5-6	下水流量の推定イメージ	50
図 5-7	検討フロー	52
図 5-8	各検討ケースにおけるシステム構成	57
図 5-9	水熱源ヒートポンプの効率	58
図 5-10	空気熱源ヒートポンプの効率	58
図 5-11	各月における時刻別の熱需要パターン（東京・ホテル（30,000m <sup>2</sup> ）の場合） （処理水活用大規模熱供給利用方式）	59
図 5-12	各月における時刻別の熱需要パターン（札幌・ホテル 30,000m <sup>2</sup> ）の場合）（処 理水活用大規模熱供給利用方式）	60
図 5-13	各月における時刻別の熱需要パターン（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合） （処理水活用大規模熱供給利用方式以外）	60
図 5-14	各月における時刻別の熱需要パターン（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合） （処理水活用大規模熱供給利用方式以外）	61
図 5-15	処理水活用大規模熱供給利用方式の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果 の評価結果（東京・ホテル（30,000m <sup>2</sup> ）の場合）	66

図 5-16	処理水活用大規模熱供給利用方式の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（札幌・ホテル（30,000m <sup>2</sup> ）の場合）	66
図 5-17	管路内設置型らせん方式の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果	67
図 5-18	管路内設置型らせん方式の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果	67
図 5-19	管底設置方式（樹脂）の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	68
図 5-20	管底設置方式（樹脂）の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	68
図 5-21	管底設置方式（金属）の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	69
図 5-22	管底設置方式（金属）の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	69
図 5-23	マンホール取水管路外流下液膜方式の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	70
図 5-24	マンホール取水管路外流下液膜方式の省エネルギー効果・CO <sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	70
図 5-25	処理水活用大規模熱供給利用方式の年間経費の評価結果（東京・ホテル（30,000m <sup>2</sup> ）の場合）	71
図 5-26	処理水活用大規模熱供給利用方式の年間経費の評価結果（札幌・ホテル（30,000m <sup>2</sup> ）の場合）	72
図 5-27	管路内設置型らせん方式の年間経費の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	72
図 5-28	管路内設置型らせん方式の年間経費の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	73
図 5-29	管底設置方式（樹脂）の年間経費の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	73
図 5-30	管底設置方式（樹脂）の年間経費の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	74
図 5-31	管底設置方式（金属）の年間経費の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	74
図 5-32	管底設置方式（金属）の年間経費の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	75
図 5-33	管底設置方式（金属）の年間経費の評価結果	75
図 5-34	マンホール取水管路外流下液膜方式の年間経費の評価結果（東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	76
図 5-35	マンホール取水管路外流下液膜方式の年間経費の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）の場合）	76
図 5-36	処理水活用大規模熱供給利用方式における感度分析結果（東京、需要地までの距離 100m の場合）	78
図 5-37	管路内設置型らせん方式における感度分析結果	79
図 5-38	管底設置型（樹脂）における感度分析結果（東京、熱交換器長さ 100m の場合）	79

図 5-39 管底設置方式（金属）における感度分析結果（東京、熱交換器長さ 100m の場合） .....	80
図 5-40 マンホール取水管路外流下液膜方式における感度分析結果（東京、取水能力 14L/s の場合） .....	80
図 5-41 処理水熱供給ケースにおける冷却水利用や再生水利用の効果の評価結果（東京モデル・需要地までの距離 400m の場合） .....	82
図 5-42 管路仕様に基づく下水流量の推計（円形断面水路の流量の求め方） .....	84
図 5-43 小規模街区における下水熱利用事業：システム概念図 .....	86
図 5-44 個別施設における下水熱利用事業：システム概念 .....	87
図 5-45 バイオフィルムの傾向（イメージ） .....	90
図 5-46 2 者体制と 3 者体制の連携体制の例 .....	91
図 5-47 ドイツにおける下水熱利用に関する連携体制 .....	93
図 5-48 官民敷地境界線が施設の保有・管理区分となるケースの例 .....	94
図 5-49 官側の敷地内に民が管理する設備を置くケースの例 .....	95
図 5-50 管路内設置型熱回収技術を用いるケースの例 .....	96
図 5-51 下水熱利用に係る料金の設定のイメージ .....	100
図 6-1 下水熱利用に係る手続の流れ（例） .....	112
図 6-2 事業化段階のスケジュール（熱供給事業法適用の場合） .....	138
図 6-3 事業化段階のスケジュール（熱供給事業法適用外の場合） .....	139

## 表目次

表 2-1	下水熱を利用した熱供給事業事例	4
表 2-2	再生可能エネルギー熱を利用した熱供給事業事例（下水熱以外）	4
表 3-1	主な要素技術の概要	10
表 3-2	下水熱利用の用途と特徴	23
表 4-1	下水熱利用事業の類型化	24
表 4-2	「後楽一丁目地区」における下水熱利用の概要	25
表 4-3	「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用の概要	26
表 4-4	「ささしまライブ 24 地区」における下水熱利用の概要	28
表 4-5	「堺市の大型商業施設」における下水熱利用の概要	29
表 4-6	「仙台市のスーパーマーケット」における下水熱利用の概要	30
表 4-7	ボーフム市下水熱利用事例における各種仕様	32
表 5-1	建物用途別最大熱負荷原単位の設定例	47
表 5-2	建物用途別年間熱負荷原単位の設定例	47
表 5-3	冷(暖)房用年間熱負荷地域補正係数の設定例	48
表 5-4	融雪の時間当たり負荷原単位の設定例	48
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	51
表 5-6	CO <sub>2</sub> 排出量原単位	54
表 5-7	検討ケースの概要	56
表 5-8	暖房・給湯の最大熱需要及び年間熱需要（処理水活用大規模熱供給利用方式）	59
表 5-9	暖房・給湯の最大熱需要及び年間熱需要（処理水活用大規模熱供給利用方式以外）	60
表 5-10	下水熱利用水熱源ヒートポンプの加熱容量の想定	61
表 5-11	下水熱利用水熱源ヒートポンプの加熱容量の想定	62
表 5-12	処理水活用大規模熱供給利用方式の建設費の想定	63
表 5-13	管路内設置型らせん方式の建設費の想定	63
表 5-14	管底設置型（樹脂）方式の建設費の想定	64
表 5-15	管底設置方式（金属）方式の建設費の想定	64
表 5-16	マンホール取水管路外流下液膜方式（スクリーン取水能力 14L/s の場合）の建設費の想定	64
表 5-17	マンホール取水管路外流下液膜方式（スクリーン取水能力 40L/s の場合）の建設費の想定	65
表 5-18	各検討ケースの年間経費削減額	77
表 5-19	各検討ケースの単位床面積当たりの年間経費削減額	77
表 5-20	再生水需要原単位（トイレ用水の場合）	82
表 5-21	熱源設備費と採熱設備費として考慮すべき設備例	85
表 5-22	温度による処理状況調査結果（処理水質）	89
表 5-23	2者体制と3者体制のメリット・デメリット	92
表 5-24	下水熱利用事業におけるリスク（例）	102
表 6-1	下水熱利用に関する規制緩和の動向	109

表 6-2 熱回収技術・設置主体ごとの法律上の取扱いの整理.....	110
------------------------------------	-----

## 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	熱需要家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（昭和34年11月18日厚生省衛発第1108号・建設省計発第441号）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。

用語	定義
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。
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。
ヒートアイランド現象	都市部において、人工排熱が増加し、また、地面の大部分がコンクリートやアスファルトで覆われているために水分の蒸発による気温の低下が妨げられて、郊外部よりも気温が高くなっている現象。
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。

用語	定義
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。
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。
ロードヒーティング	地中に埋め込んだ熱源で地面を温める施設。

# 1. 本マニュアルの目的と概要

## 1.1 本マニュアルの目的

### 1.1.1 本マニュアルの目的

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都市開発事業者等に対し、下水熱利用事業の構想段階で必要な下水熱利用に関する基礎情報（意義、利用形態、計画の進め方等）や、事業化段階における関係者間の調整に資する情報、実施設計段階における必要な手続に関する情報を提供することを目的とする。

#### 【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）や熱利用者（都市開発事業者等）に対し、下水熱利用に関する基礎情報（意義、利用形態、計画の進め方等）や、事業化段階における関係者間の調整に資する情報、実施設計段階における必要な手続に関する情報を提供することを目的とする。（図 1-1）

なお、本マニュアルは下水熱を都市開発事業者等が下水道施設以外で利用することを推進することに主眼を置くが、下水熱の特長やシステム構成など基礎情報については、下水熱を下水道施設で利用する際にも参考となる。



図 1-1 本マニュアルの目的

## 1.2 本マニュアルの構成

### 1.2.1 本マニュアルの構成

本マニュアルは、「下水熱の特長・導入効果」、「主なシステム形態」、「導入事例」、「下水熱利用の検討手順」から構成される。

#### 【解説】

1.1.1 の目的を踏まえ、次章以降本マニュアル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・導入効果
  - ✓ 再生可能エネルギー熱全般の特長とともに、他のエネルギーと比較して下水熱が特に優れる点について説明する。
- 3. 主なシステム構成
  - ✓ 下水熱利用におけるシステム形態と、要素技術である熱回収技術、需要側の利用形態等について説明する。
- 4. 導入事例
  - ✓ 既存の下水熱利用の事例について、類型化して紹介する。
- 5. 下水熱利用の検討手順
  - ✓ 構想段階の検討手順の例、技術・システムの検討、モデルケースにおける導入効果のケーススタディ、事業スキームの検討について紹介・解説する。
- 6. 事業実施に必要な手続
  - ✓ 実施設計段階に必要な、下水道管理者から熱利用者への許可その他の手続について解説する。

## 2. 下水熱の特長・導入効果

### 2.1 再生可能エネルギー熱の特長

#### 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CO<sub>2</sub>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。表 2-1、表 2-2 の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<sup>1</sup>は高く、ほとんどの場合で平均以上になり<sup>2</sup>、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CO<sub>2</sub>排出量の削減に貢献できる（図 2-2）。

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、河川水を用いる場合は河川沿いに、大規模都市開発等の需要が存在することが望まれる。

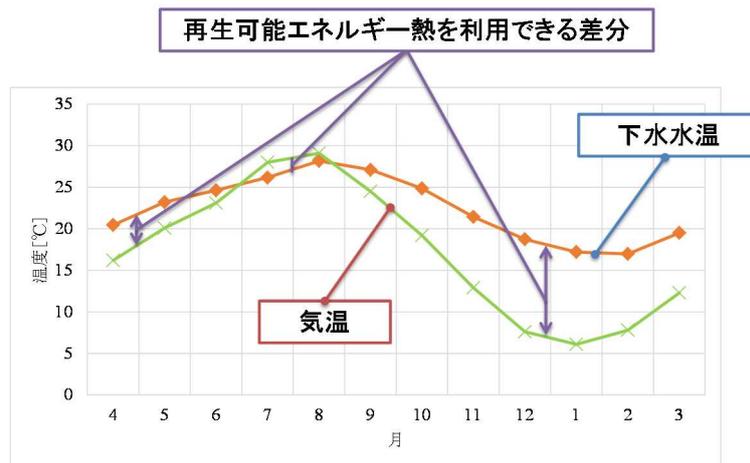


図 2-1 下水水温と気温との比較（イメージ）

<sup>1</sup> 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（電力使用量については熱供給事業便覧に掲載の数値 (1kWh=3.6MJ 換算) を 1kWh=9.76MJ としして一次エネルギー換算）。

<sup>2</sup> 熱供給事業便覧掲載の「温度差エネルギー以外を含めた熱供給事業」の平均エネルギー利用効率は 0.74。

表 2-1 下水熱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
岩手	盛岡駅西口	東北電力(株)	未処理下水	0.76
東京	後楽一丁目	東京下水道エネルギー(株)	未処理下水	0.93
千葉	幕張新都心ハイテク・ビジネス	東京都市サービス(株)	処理水	1.21

出所)「熱供給事業便覧 平成 26 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を利用した熱供給事業事例 (下水熱以外)

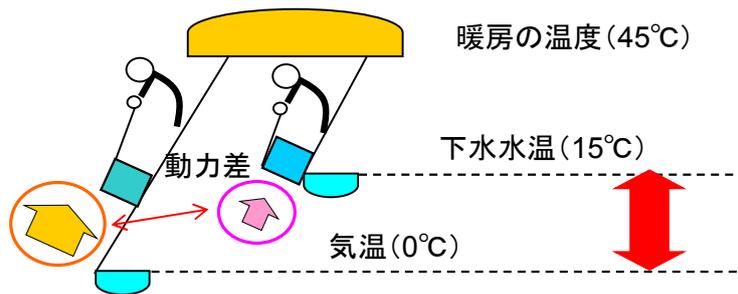
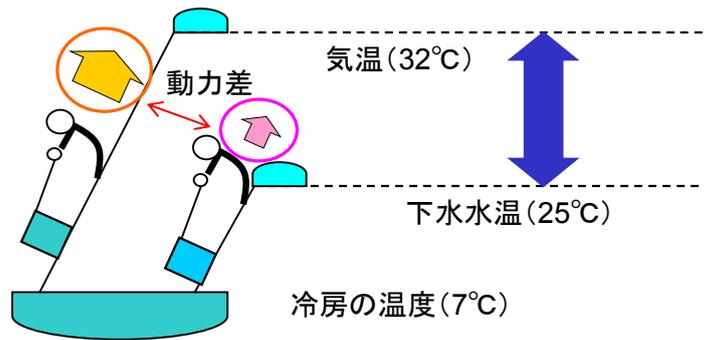
地域	地区名	事業者名	エネルギーの種類	エネルギー効率
千葉	千葉問屋町	千葉熱供給(株)	中水	0.71
東京	箱崎	東京都市サービス(株)	河川水	0.98
群馬	高崎市中央・城址	東京都市サービス(株)	地下水	1.27
東京	東京スカイツリー	(株)東武エネルギーマネジメント	地中熱	1.36
愛知	中部国際空港島	中部国際空港エネルギー供給(株)	海水	-
富山	富山駅北	北電産業(株)	河川水	0.78
大阪	中之島二・三丁目	関電エネルギー開発(株)	河川水	1.21
大阪	天満橋一丁目	オー・エー・ピー熱供給(株)	河川水	0.85
大阪	大阪南港コスモスクエア	大阪臨海熱供給(株)	海水	0.64
高知	サンポート高松	四国電力(株)	海水	1.09
香川	高松市番町	四国電力(株)	地下水	0.70
福岡	シーサイドももち	(株)福岡エネルギーサービス	海水	0.85
福岡	下川端再開発	(株)福岡エネルギーサービス	中水	0.64

出所)「熱供給事業便覧 平成 26 年版」に掲載の事例より作成

東京スカイツリーの事例のみ東武鉄道株式会社のニュースリリースの数値を引用

<http://www.tobu.co.jp/file/pdf/40e34b08078a956eb1560989c7651c6f/130827-2.pdf?date=20130827114925>

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



下水の温度は夏は外気温に比べて低く、冬は高くなるため、これを熱源とすることで温度差が小さくなり必要な動力が少なくて済む。

図 2-2 下水熱利用の効果

## 2.2 下水熱の特長

### 2.2.1 下水熱の特長

下水熱には他の再生可能エネルギー熱と比べて、都市域における熱需要家との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、今後の利用拡大が望まれる。

#### 【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メリットが挙げられる。

- 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需要家との需給のマッチングの可能性が高い。
- 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。
- 再生水の水資源としての利用と下水熱利用をパッケージ化することで、省エネ、省CO<sub>2</sub>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。
- 下水道施設のストックを活用して社会に貢献できる。

このように下水熱利用は再生可能エネルギー熱利用の中でも特に多くのメリットを有する。日本では、下水道施設での利用が35箇所（平成24年度）行われていることに加え、下水道施設以外での地域における利用も進んでおり、14件程度（図2-3）実施されている。ポテンシャルは大きいいため、下水熱利用の更なる普及が望まれる。

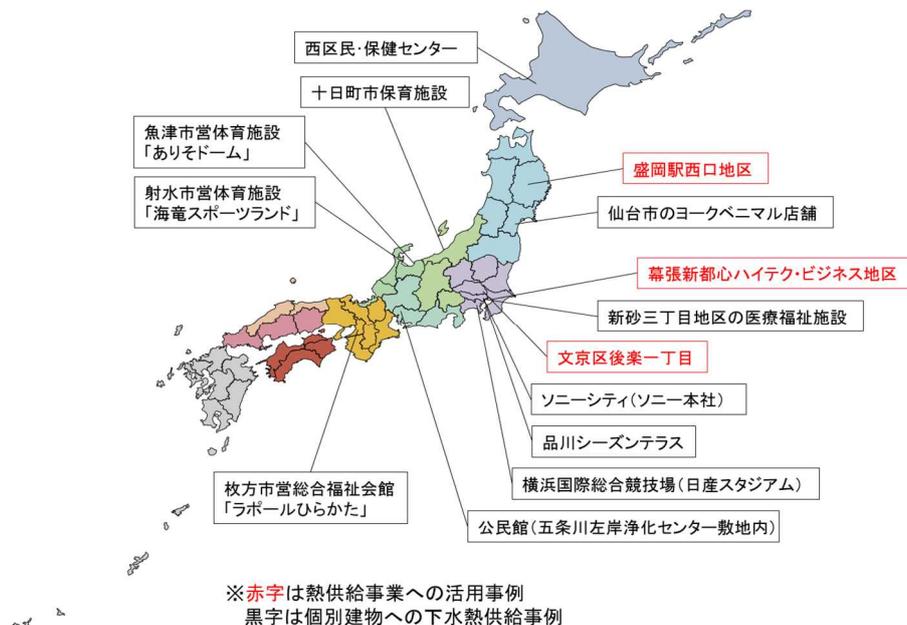


図 2-3 地域における下水熱利用の事例（平成27年7月時点）

## 2.3 下水熱利用の導入効果

### 2.3.1 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など、各主体に有益な効果をもたらす。

#### 【解説】

#### (1) 熱利用者の導入効果

下水熱利用により、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、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<sup>3</sup>ため、水利用の観点からも防災対策となる。

加えて、下水熱利用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）として位置づけることができる。

#### (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利用の導入効果は、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<sup>4</sup>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・更新や下水管路の更生に当たり、設備・事業に付加価値を与えることは、

<sup>3</sup> 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。

<sup>4</sup> 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。

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) 地域社会の導入効果

下水熱利用により、CO<sub>2</sub>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。

#### (参考) 資源の相互利用による導入効果の向上事例

処理水の利用事例では、下水処理場に隣接する清掃工場に対して処理水を供給する代わりに、清掃工場の排熱発電による余剰電力を下水処理場に供給するケースがある。

本事例では、下水処理場を管轄する下水道部局、清掃工場を管轄する環境部局がそれぞれ相互に対して電力供給、処理水供給に係る料金を支払っている。下水道部局が支払う電力料金については、清掃工場が電力会社へ売電する料金と同額に設定されているが、下水処理場にとっては電力会社から購入する料金よりも低く抑えられるため、電力料金の削減につながっている。また、環境部局が支払う処理水料金についても通常の水道料金より単価が低く設定されているため、清掃工場においても水道料金の削減につながっている。

このように、互いが有する資源を有効利用することで、双方にとってのメリットにつながっている。



図 2-4 資源の相互利用による導入効果の向上事例

なお、下水熱利用に当たってはいくつかの留意点もある。事業のリスクについては「5.6.3 契約スキームの検討」を、下水道施設への影響については「6.5 許可基準」を参照されたい。

### 3. 主なシステム構成

#### 3.1 システム構成

##### 3.1.1 システム形態

下水熱利用のシステム形態は、利用する下水の種類、利用方法に応じて3タイプに分類される。

##### 【解説】

下水熱利用のシステム形態は、利用する下水の種類（処理水、未処理下水）、利用方法（間接利用、直接利用）に応じて、図 3-1 の3タイプに大別される。

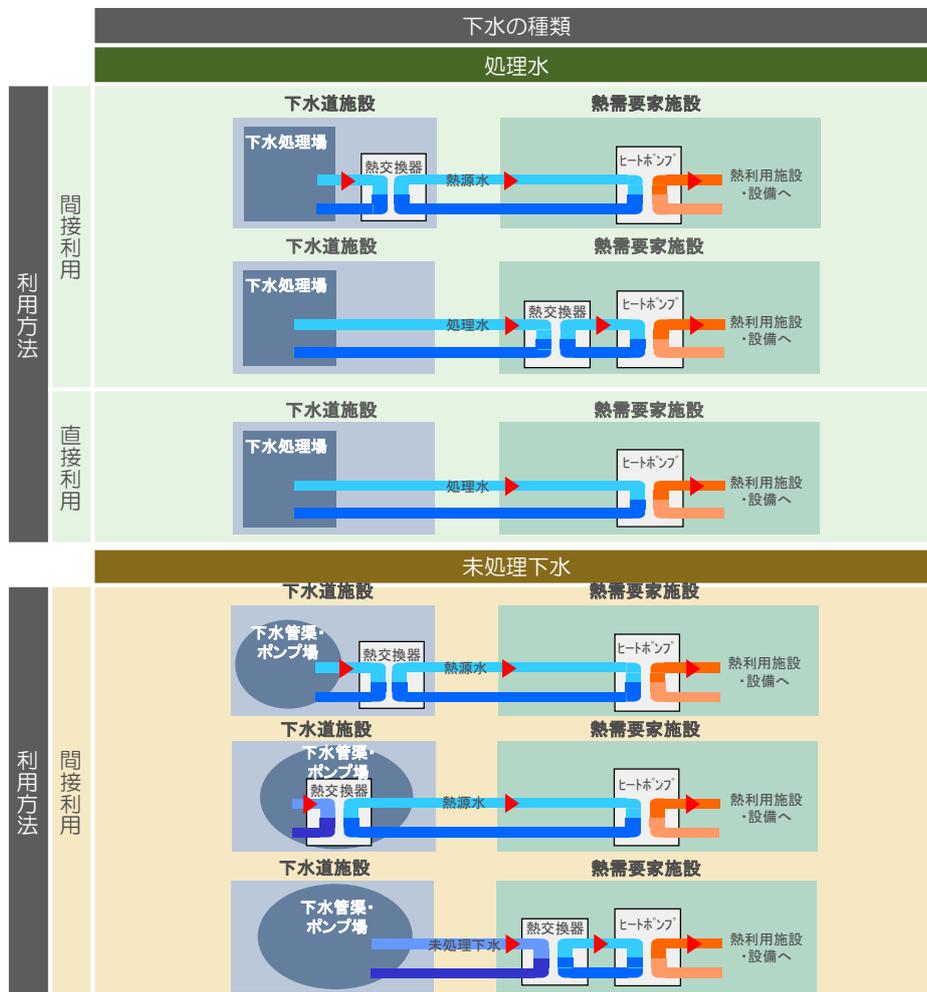


図 3-1 下水熱利用の主なシステム形態

注釈) 民間事業者による暗渠からの未処理下水の取水は、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、未処理下水を利用することが可能となった（6.2 参照）。

### 3.1.2 要素技術

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】

システムを構成する主な要素技術としては、図 3-2 に示すとおりである。

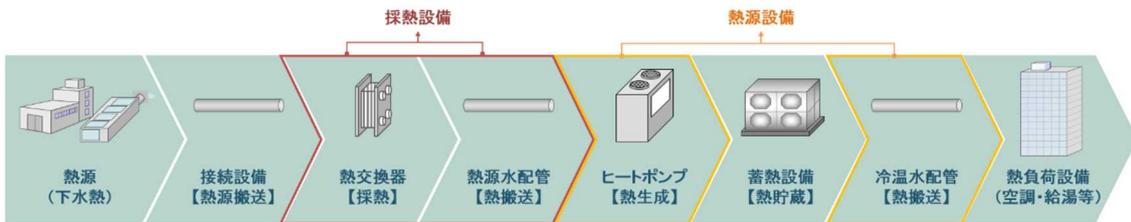


図 3-2 システムを構成する主な要素技術

表 3-1 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。
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。
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。

## 3.2 熱回収技術

### 3.2.1 管路内設置型熱回収技術

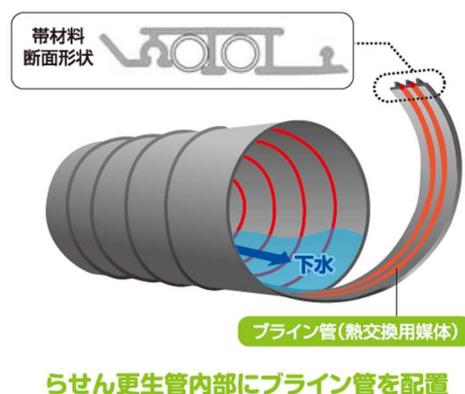
管路内設置型熱回収技術には、らせん方式、熱交換マット方式、管路内ヒートパイプ方式、管底設置方式（金属）・管更生併用型、管底設置方式（樹脂）、管路一体型（樹脂）がある。

#### 【解説】

管路内設置型による熱回収の主要な技術としては、らせん方式、熱交換マット方式、管路内ヒートパイプ方式、管底設置方式（金属）・管更生併用型、管底設置方式（樹脂）、管路一体型（樹脂）がある。

#### (1) らせん方式

- らせん更生管内部に熱媒管を配置し、下水熱との熱交換を行う方式。
- 管更生工事と同時施工可能で工事費を抑制でき、下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であるメリット。
- 既設管径φ1000mm～2200mm・円形<sup>5</sup>・管の屈曲角10度以下の管渠で施工可能（平成26年2月時点）。



出所) 第1回下水熱利用推進協議会 資料

#### 1) 導入動向

我が国では、平成24年度に大阪市においてB-DASHプロジェクト<sup>6</sup>にて実証事業を実施。その後、仙台市における実管路・実負荷による研究、実証事業を実施中。開発メーカーにて発売中。

#### 2) 下水道への影響

- 管渠に対する占有断面積は、8.8%以下（占有面積比率最大となる最小更生径φ910mmの場合8.8%）
- 既設管がコンクリート系の場合は、粗度係数が向上するために設置後最大流下能力は既設管能力を確保できる。
- 下水熱利用による下水の温度低下は、※0.2～0.5℃（敷設距離50mによる試算）。

<sup>5</sup> 自由断面については管路状況による

<sup>6</sup> 国土交通省が実施する下水道革新的技術実証事業

※ただし、管路条件やシステム設計条件により異なる。

- 下水供用下施工可能。(管路更生工法と同条件)

### 3) 維持管理性

- 性能維持のための特別な作業は不要。(B-DASH プロジェクト実証結果による)

#### (2) 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。
- 管更生と同時に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

### 1) 導入動向

我が国では、新潟県十日町市における実管路・実負荷による研究、実証事業を実施中。

### 2) 下水道への影響

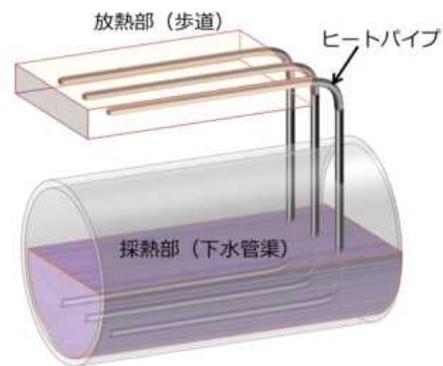
- 管渠に対する占有断面積は、更生材の他に熱交換マット及び表面を保護するライナーの厚さ 15mm 程度が増加するが、下水を流下させるための通水断面積は確保できる。
- 流下阻害については、通常の管更生と外観が変わらないため影響はない。
- 下水熱利用による下水の温度低下は、B-DASH プロジェクト実証結果からも下水温の大幅な低下はないため、本方式も同等と考えられる。
- 施工性は、通常の管更生を行う作業に新たに熱交換マット及び表面を保護するライナー材の設置を行う工程 (1日増加程度) が増える。

### 3) 維持管理性

- 通常の管更生と外観が変わらず、性能維持のための管路内浚渫や清掃作業が不要である。

### (3) 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 $\phi 1000\text{mm}$ 。



出所) 株式会社興和 資料

#### 1) 導入動向

- 我が国で実証事業を実施中の事例あり。

#### 2) 下水道への影響

- 設置本数によって若干変わるが、 $\phi 1000\text{mm}$  ( $0.785 \text{ m}^2$ ) に対し、地上部までの立ち上がり部分が占める面積も含め、占有断面積は概ね 5%程度。
- 流下阻害への影響については若干見られるが、経過年数と比例するような大幅な流下阻害は今のところ確認されていない（設置後 1 年程度と 3 ヶ月程度で夾雑物の付着量に大きな差が見られない）。
- 採熱量が 300W/箇所程度であるため、明らかな下水温度低下は今のところ確認されていない。
- 施工性の良いヒートパイプを開発済みであり、管壁との密着性は良い。
- システム上、放熱部で凝縮した熱源水がスムーズに採熱部に戻る管勾配を確保することが必要である。そのため、放熱部と下水管の平面距離が離れる場合は、中間の熱伝達部分のパイプ勾配を十分に確保する工夫が必要である。

#### 3) 維持管理性

- パイプを直入れしていることで夾雑物の付着等が認められることから、採熱パイプ上流側の養生（モルタルによる擦付けなど）は必要になる可能性がある。

#### (4) 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。



##### 1) 導入動向

我が国では NEDO<sup>7</sup>のプロジェクト<sup>8</sup>にて熱通過率等が実証された。

出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

##### 2) 下水道への影響

- NEDO のプロジェクトに用いた実験施設では、更生後断面φ900の底部に外形φ27のステンレス管13本を半分埋め込んでいる。更生後の断面積  $A=0.636\text{m}^2$  に対して、熱交換器の面積は  $a=0.004\text{m}^2$  であり、断面積  $A$  に対する割合は0.6%とごく小さいものである。ただし、管渠の断面に余裕が無い場合は、流下能力照査を行うことが望ましい。
- 熱交換器は流水方向と平行に設置されるため、流況に与える影響は殆どないと考えられる。NEDO のプロジェクトに用いた実験施設では、熱交換器を軸方向に接続する金具の一部が流積部分を占用したため、夾雑物の捕捉等、多少の流下阻害を与えたものと考えられる。普及段階においては、阻害要因とならない構造となるよう改良が必要である。
- NEDO のプロジェクトに用いた実験施設による採熱実験結果では、約  $0.5^{\circ}\text{C}$  の水温低下がみられた。
- 供用中の下水管路に後付方式で設置する場合は、水替え工やバイパス管による施工区間のドライ化が不可欠である。

##### 3) 維持管理性

- 熱交換器本体は下水本管に固定されているため、個別の特別な管理は必要ない。下水本管からの離脱等構造的な管理は、下水本管の日常点検と同時に行うことが可能である。

<sup>7</sup> 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

<sup>8</sup> 次世代型ヒートポンプシステム研究開発：都市域における下水管路網を活用した下水熱利用・熱融通技術

### (5) 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  $\phi 800\text{mm}\sim 2400\text{mm}$  (円形)、幅  $800\text{ mm}\sim 2400\text{ mm}$  (矩形、馬蹄形)



出所) 積水化学工業株式会社 資料

#### 1) 導入動向

開発メーカーにて発売中。

#### 2) 下水道への影響

- 管渠に対する占有断面積は 3.1%以下（占有面積比率最大となる最小口径  $\phi 800\text{mm}$  での試算）
- 占有面積以外の流下阻害影響は確認されていない。
- 下水熱利用による下水の温度低下は、※ $0.2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ （敷設距離 50m による試算）。  
※ ただし、管路条件やシステム設計条件により異なる。
- 下水供用下設置可能（ただし水深、流速に条件あり）

#### 3) 維持管理性

- 管路状況により異なるが、性能維持のための管路内浚渫が必要な場合あり。

## (6) 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。



### 1) 導入動向

我が国では NEDO のプロジェクトにて熱通過率等が実証された。

出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

### 2) 下水道への影響

- 熱交換機部分が管路の外側に付帯した一体構造となるため、管渠に対して熱交換器が占有する断面積はない。
- 管路と熱交換器が一体となっており、下水が流下する管渠の外部に熱交換部がらせん状に設置されているため、流下阻害は起こさない。
- NEDO のプロジェクトに用いた実験施設による採熱実験結果では、熱交換器の出入口間で約 0.7℃の水温低下がみられた。
- 下水管路を新設施工と同様の方法で設置が可能であり、既存技術の活用が可能である。

### 3) 維持管理性

- 熱交換器本体と下水管が一体となっているため、熱交換器として個別の維持管理は必要ない。下水本管の日常点検が維持管理となる。

### 3.2.2 管路外設置型熱回収技術

管路外設置型熱回収技術には、プレート方式、シェルチューブ方式、二重管方式、流下液膜式がある。また、熱交換器への夾雑物流入を防止するためのスクリーン、オートストレーナが付属設備として必要な場合がある。

#### 【解説】

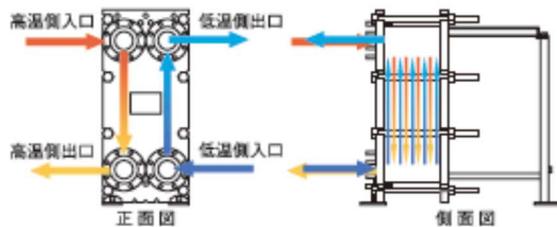
管路外設置型による熱回収の主要な技術としては、プレート方式、シェルチューブ方式、二重管方式、流下液膜式がある。

#### (1) プレート方式

- 複数枚のプレートを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。
- 熱源と熱源水は対向するように流れるため、熱交換効率が高い
- 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。

#### 1) 導入動向

我が国では、処理場における処理水利用において事業実績あり。



出所) 日阪製作所 プレート熱交換器カタログ

#### 2) 下水道への影響

- 下水管路とは縁が切れた場所に設置することが可能であるため、施工上の制約が少なく、熱交換器自体が下水道へ及ぼす影響はない。
- ストレーナー等の夾雑物除去装置と共に、用いることが一般的である。

#### 3) 維持管理性

- 汎用品であるため使いやすい熱交換器であるが、非常に狭いプレート間を液体が通るため、未処理下水での使用は夾雑物が詰まる懸念が大きく難しい。
- 処理水利用の場合においても、どの段階の処理水を用いるかによりストレーナーが必要になる場合がある。
- 定期的に解体、または逆洗にて、洗浄を行う必要がある。解体する場合には、専門業者に外注するケースも多い。
- プレート部分の金属腐食だけでなく、パッキンが劣化することによるパッキン交換も生じることはある点に留意が必要である。

## (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、複数の管渠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。

### 1) 導入動向

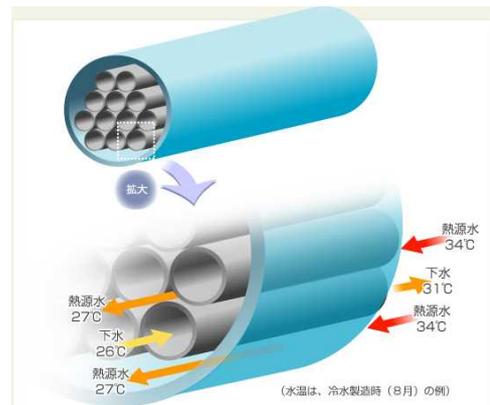
我が国では、ポンプ場にて商用の事業実績あり。

### 2) 下水道への影響

- 熱交換器は、ストレーナー等の夾雑物除去装置と共に、機械室内に設置を行うことが一般的である。
- 下水管路とは縁が切れた機械室等の場所に設置することが可能であるため、施工上の制約が少なく、熱交換器自体が下水道へ及ぼす影響はない。

### 3) 維持管理性

- 熱交換を行うパイプ部分に、バイオフィルムや夾雑物の付着による詰まり等が発生しやすいため、洗浄等のメンテナンス頻度が多く必要である。
- 熱交換器自体は、機械室内であるため、メンテナンスは比較的容易である。
- 安定的なシステムの運用のために、熱交換器への往管、還管を含め、送水用ポンプ、ストレーナー等の夾雑物除去装置などシステム全体での洗浄等のメンテナンスが必要となる。



出所) 東京下水道エネルギー株式会社  
ウェブサイト

### (3) 二重管方式

- 二重管の内管側を取水した下水、外管側を熱源水を通して熱交換を行う方式。
- 管路の繋ぎをコンパクトにして省スペースを実現させる方式も存在する。



出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

#### 1) 導入動向

我が国では、NEDO のプロジェクトにて熱通過率等の実証研究を実施。

#### 2) 下水道への影響

- 管路外で熱交換する方式であるため、管路内から下水の取水が必要となる。そのため、取水用マンホール内に、下水取水装置（スクリーンと取水ポンプ）を設置する必要がある。
- 管渠内を占有する機器等がなく、流下阻害等流下機能への影響はない。
- NEDO のプロジェクトに用いた実験施設による採熱実験結果では、下水の取水量によるが、熱交換器の出入口温度差で3～7℃であった。ただし、熱交換後の下水が本管へ合流し、かつ下水本管の流量に対し取水流量は小さいため、下水本管を流れる下水の温度低下は最大でも1℃未満であった。
- 熱交換配管と端部の接続を現場で組み立てることができ、施工が用意である。また、端部が円管であるため、下水取水管、熱源水配管との接続も容易に行える。



出所) NEDO 資料

#### 3) 維持管理性

- 流体の流速を上昇させ、圧送することで二重管内の付着物をフラッシュすることができ維持管理が用意である。また、熱交換器の配管端部は分解清掃が可能でありメンテナンス性に優れる。

#### (4) 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、表面を伝わら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) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

##### 1) 導入動向

我が国では NEDO のプロジェクトにて熱通過率等が実証された。

##### 2) 下水道への影響

- 管路外で熱交換する方式であるため、管路内から下水の取水が必要となる。そのため、取水用マンホール内に、下水取水装置（スクリーンと取水ポンプ）を設置する必要がある。
- 管渠内を占用する機器等がなく、流下阻害等流下機能への影響はない。
- NEDO のプロジェクトに用いた実験施設による採熱実験結果では、下水の取水量によるが、熱交換器の出入口温度差で 1~3℃であった。ただし、熱交換後の下水が本管へ合流し、かつ下水本管の流量に対し取水流量は小さいため、下水本管を流れる下水の温度低下は最大でも 1℃未満であった。
- 地上または、室内にケースを設置し、工場製作した熱交換部分と下水流下部分（落とし口）を設置するのみであるため、現場での施工性は良い。設置後、下水取水管と接続を行う。

##### 3) 維持管理性

- 熱交換器表面を膜状下水が流下するため、熱交換と同時に熱交換面の自浄作業が得られる。また、開放型のため、洗浄等のメンテナンスが容易である。

#### (5) 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。



#### 1) 導入動向

- 我が国では NEDO のプロジェクトにて取水能力や洗浄効果等が実証された。



#### 2) 下水道への影響

- マンホール内底部のインバート部分にスクリーンを、側部インバート肩部に取水ポンプや洗浄機構を収納するため管渠断面相当の空間を確保できる。
- 流下機能に影響を与えないシステムであるが、合流式下水道の洪水による設備の破損や流失等については、検討する必要がある。
- スクリーンシステムはユニット化されており、 $\phi 600\text{mm}$  のマンホールから搬入可能で設置のために特殊な技術を必要としない。
- 既設マンホールに設置する場合は、インバート底部及び肩部に、洗浄機構や送水ポンプ等の格納スペースが確保できるかどうかは構造的な課題である。また、供用中でもあることから、水替え工やバイパス管対応など、ドライ化施工が可能なスペースを確保する必要がある。

出所) 第6回下水熱利用推進協議会 資料

#### 3) 維持管理性

- 日常点検においてもマンホール蓋を開けての作業になるため、マンホールが車道にある場合は車線占有等何らかの通行規制が生じる。また、下水水質の変動によっては、スクリーンの洗浄機能に対応困難になる場合も考えられ、スクリーンの人力洗浄等、長時間にわたる維持管理作業が必要になる。

### 3.3 ヒートポンプ

#### 3.3.1 ヒートポンプ

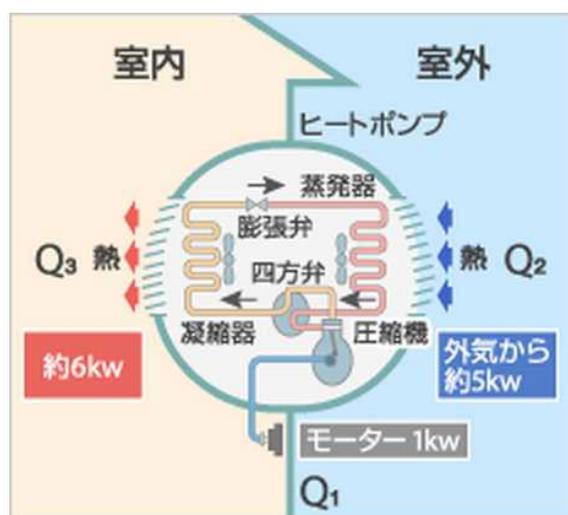
ヒートポンプとは、電気等のエネルギーにより低温部分から高温部分へと熱を移動させる装置であり、一般に消費電力の約3～6倍の熱を移動することができるため、省エネルギーにつながる。

#### 【解説】

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。

図3-3に示すとおり、圧縮機、蒸発器、凝縮器、膨張弁の四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 3-3 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

### 3.4 下水熱利用の用途

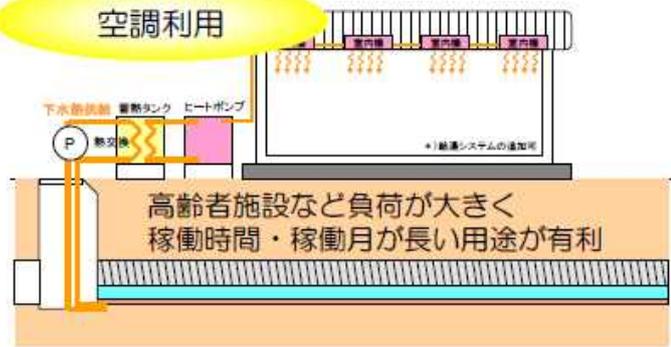
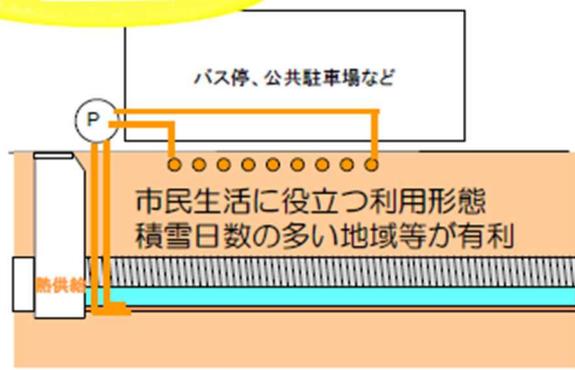
#### 3.4.1 下水熱利用の用途

下水熱利用の用途は給湯利用、空調利用、融雪利用等がある。

**【解説】**

下水熱利用の用途は給湯利用、空調利用、融雪利用等がある。各々の特徴は表 3-2 のとおりである。

表 3-2 下水熱利用の用途と特徴

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">給湯利用</p>	<p style="text-align: center;"><b>給湯利用</b></p>  <p style="text-align: center;">お湯の利用量が多い施設 飲食店、介護施設、温水プール等が有利</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">空調利用</p>	<p style="text-align: center;"><b>空調利用</b></p>  <p style="text-align: center;">高齢者施設など負荷が大きく 稼働時間・稼働月が長い用途が有利</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">融雪利用</p>	<p style="text-align: center;"><b>融雪利用</b></p> <p style="text-align: right;">※ヒートポンプ利用による更なる 昇温の場合あり</p>  <p style="text-align: center;">バス停、公共駐車場など</p> <p style="text-align: center;">市民生活に役立つ利用形態 積雪日数の多い地域等が有利</p>

出所) 第4回下水熱利用推進協議会 資料

## 4. 導入事例

### 4.1 下水熱利用事業の類型

#### 4.1.1 下水熱利用事業の類型

国内外における下水熱利用の既存事例は「下水熱供給元」、「下水熱利用規模」、「再生水利用とのパッケージ化の有無」によって類型化される。

#### 【解説】

国内外における下水熱利用の既存事例は「下水熱供給元（下水処理場及びポンプ場、下水管路）」、「下水熱利用規模（熱供給事業プラントへの熱源供給、個別施設への熱供給）」、「再生水利用とのパッケージ化の有無」によって類型化される。以下に既存事業の例を整理する。

表 4-1 下水熱利用事業の類型化

		下水熱利用規模		
		熱供給事業プラントへの熱源供給	個別施設での熱利用	
下水熱供給元	下水処理場 又は ポンプ場	再生水利用なし	4.2.1「後楽一丁目地区」における熱供給事業への下水熱利用（未処理下水）	4.2.2「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用
		再生水利用あり	4.2.3「ささしまライブ 24 地区」におけるまちづくりと下水熱利用のパッケージ化※ <sup>1</sup>	4.2.4「堺市の大型商業施設」における下水熱利用、再生水利用のパッケージ化※ <sup>1</sup>
	下水管路	国内での実施例はない※ <sup>2</sup> が、今後導入の可能性		4.2.5「仙台市の食品スーパー」における給湯向け下水熱利用  4.2.6「ドイツ：ボーフム市」における管路内熱回収による公営温水プールへの下水熱供給

注釈) 各事例に付した番号は以降本章で各事例を紹介する際の節番号

※1：今後実施予定（平成27年7月末時点）

※2：海外においては、ドイツ（ブレッテン市）、カナダ（バンクーバ市）等の実施例がある

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。

## 4.2 下水熱利用事業事例

### 4.2.1 「後楽一丁目地区」における熱供給事業での下水熱利用（未処理下水）

東京都文京区後楽一丁目地区では、ポンプ場を下水熱供給元に、熱供給事業プラントへ利用されている。

#### 【解説】

東京都文京区後楽一丁目地区の熱供給事業においては、後楽ポンプ所の未処理下水を活用して、熱供給事業プラントで冷温水を製造し、ビル等に供給している。

東京都下水道局では、気温と下水温度の温度差を活用した下水の熱利用システム「アーバンヒート」を開発し、昭和62年1月、落合水再生センターに導入した。

このアーバンヒートの実施経験を活かし、大気汚染物質の削減など環境保全効果と省エネルギーを進めるために、下水の持つ熱エネルギーの利用対象を下水道施設以外にも広げ、東京都文京区にある後楽ポンプ所を含む周辺ビルを対象として、平成6年7月にわが国初の未処理下水を利用した熱供給事業をスタートさせた。

導入効果として、個別熱源システムと比較して一次エネルギー消費量を24.5%削減（平成26年3月末現在）できる。

表 4-2 「後楽一丁目地区」における下水熱利用の概要

概要	
供給開始	平成6年7月
供給先	熱供給事業プラント（東京下水道エネルギー株式会社）
熱需要家	ホテル、業務ビル、娯楽施設 計7施設
利用用途	空調用熱源
計画供給面積	216 千㎡（平成25年3月末時点）
延床面積	242 千㎡（平成25年3月末時点）
熱需要量	冷熱 58,583GJ/年、温熱 21,718GJ/年（平成24年度）

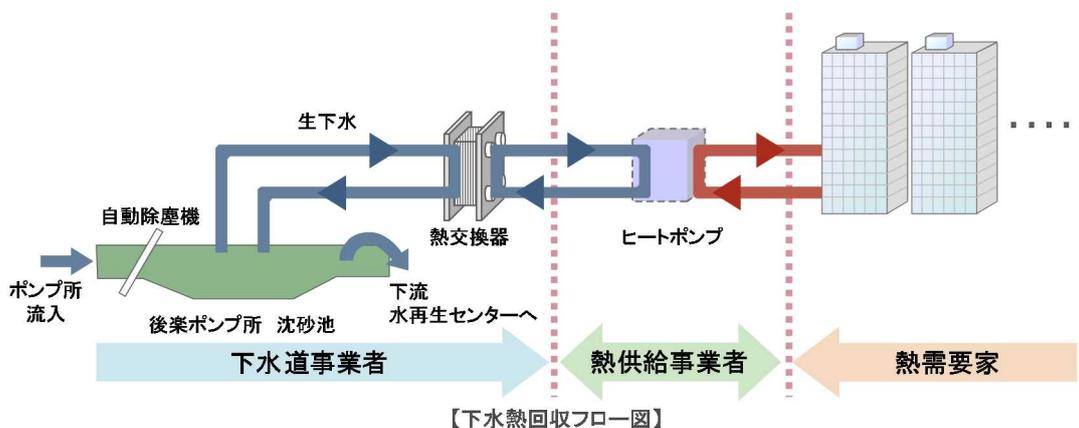


図 4-1 「後楽一丁目地区」における下水熱回収フロー図

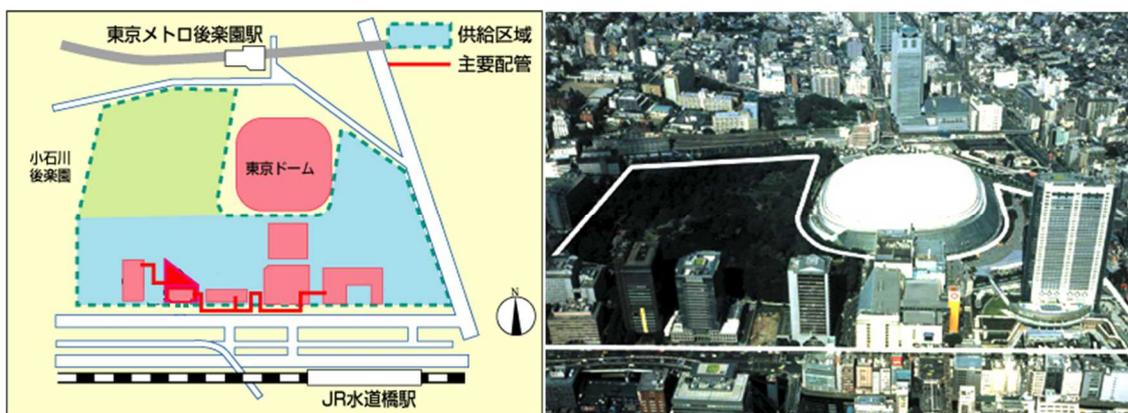


図 4-2 「後楽一丁目地区」における下水熱利用の対象地域

#### 4.2.2 「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用

東京都下水道局芝浦水再生センターでは、下水熱を隣接するソニーシティ（ソニー本社）の空調用として利用している。

##### 【解説】

芝浦水再生センターの処理水を隣接するソニーシティ（ソニー本社）の空調用の熱源として利用している。空調利用された処理水は水再生センターに返水される。民間単独ビルとしては初の下水熱利用事例である。

この事例は下水熱を新たな空調用熱源として利用する可能性について検討したことをきっかけにスタートした。

導入効果として、年間約 22 トン（計画値）の CO<sub>2</sub> 排出量を削減できる。（東京ドーム約 1.3 倍（約 6ha）の森林が吸収する量に相当）

表 4-3 「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用の概要

概要	
供給開始	平成 18 年 10 月
供給先	ソニーシティ（ソニー本社）
利用用途	空調用熱源
延床面積	162,888 m <sup>2</sup> （階数：地上 20 階、地下 2 階、塔屋 2 階）
熱源供給量	処理水最大約 6 万 m <sup>3</sup> /日

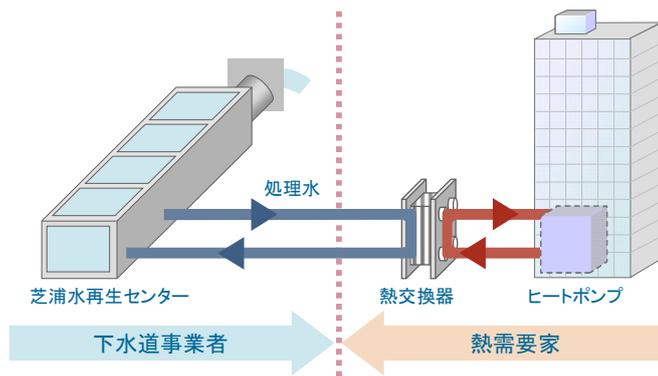


図 4-3 「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱回収フロー図



図 4-4 「ソニーシティ（ソニー本社）」における下水熱利用の対象施設

#### 4.2.3 「ささしまライブ 24 地区」におけるまちづくりと下水熱利用のパッケージ化

名古屋市「ささしまライブ 24 地区」では、再生水を民間事業者による熱利用に活用するとともに、運河の水質改善用水や修景用水としても利用することが計画されている。

##### 【解説】

高度処理を導入する予定の露橋水処理センターから、都市開発を進めている「ささしまライブ 24 地区」に再生水を送水し、その再生水を民間事業者による熱利用に活用するとともに、運河の水質改善用水や修景用水としても利用することが計画されている。この計画は「ささしまライブ 24 地区」における既存の熱供給事業を、同地区へ送水する再生水の熱利用により効率化させ、CO<sub>2</sub>排出量削減へ貢献するとともに、潤いのある水空間の創出にも寄与するものである。

表 4-4 「ささしまライブ 24 地区」における下水熱利用の概要

概要	
供給開始	露橋水処理センター稼働後 (ガス・電気を利用した熱供給事業は平成 24 年 4 月稼働)
供給先	熱供給事業プラント (名古屋都市エネルギー株式会社)
熱需要家	事務所・商業・ホテル・コンベンション、大学、放送局の 3 事業者を予定
利用用途	空調用熱源
延床面積	約 28 万 m <sup>2</sup> を予定 (上記 3 事業者の延床面積)
熱源供給量	約 3 万 m <sup>3</sup> /日を予定 (熱供給事業熱源用水として)

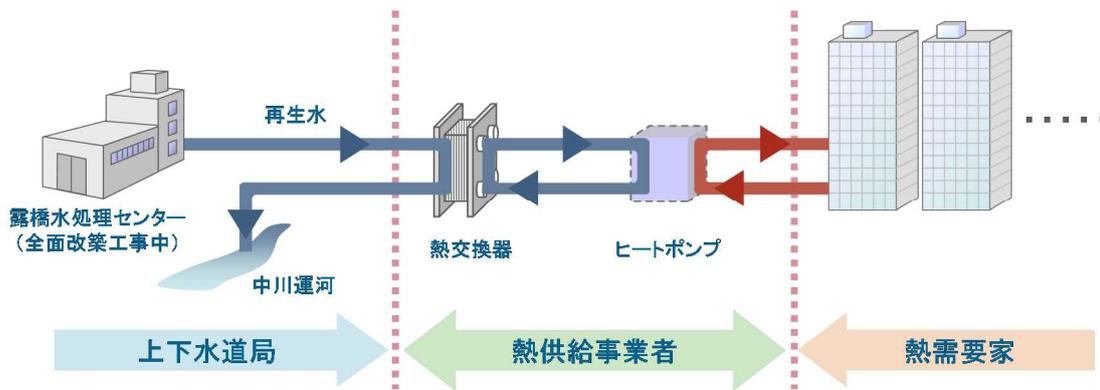


図 4-5 「ささしまライブ 24 地区」における下水熱回収フロー図



図 4-6 「ささしまライブ 24 地区」における下水熱利用の対象地域

#### 4.2.4 「堺市の大型商業施設」における下水熱利用・再生水利用のパッケージ化

堺市鉄砲町では、「内川せせらぎ」へ親水用の再生水の導入とともに、市内の工場跡地での開発が計画されている大型商業施設での下水熱利用が計画されている。

##### 【解説】

既に三宝下水処理場から敷設済みの再生水放流管を延伸し、堺市の「仁徳陵・内川水環境・再生プラン」に基づき「内川せせらぎ」へ再生水を導入し、水環境改善を行うとともに、市内の工場跡地での開発が計画されている大型商業施設で給湯用途、空調用途での下水熱利用が計画されている。この計画は、再生水利用計画とイオンモール株式会社の商業施設開発に伴う熱需要の発生のタイミングが合致したことをきっかけにスタートした。

再生水の熱利用と水環境改善を合わせて実施すること及び給湯用途で温熱利用し、その後空調用途で冷熱利用する「カスケード利用方式」は日本初の取組である。この取組によって年間で約7.2%の省エネルギー効果と、約14トンのCO<sub>2</sub>排出量削減効果が見込まれている。

表 4-5 「堺市の大型商業施設」における下水熱利用の概要

概要	
供給開始	商業施設のオープン時を予定
供給先	工場跡地に建設の大型商業施設（イオンモール株式会社）
利用用途	給湯利用、空調利用（カスケード利用）
延床面積	135,000m <sup>2</sup> を予定
熱源供給量	約1500t/日を予定（内川せせらぎと商業施設への供給量）

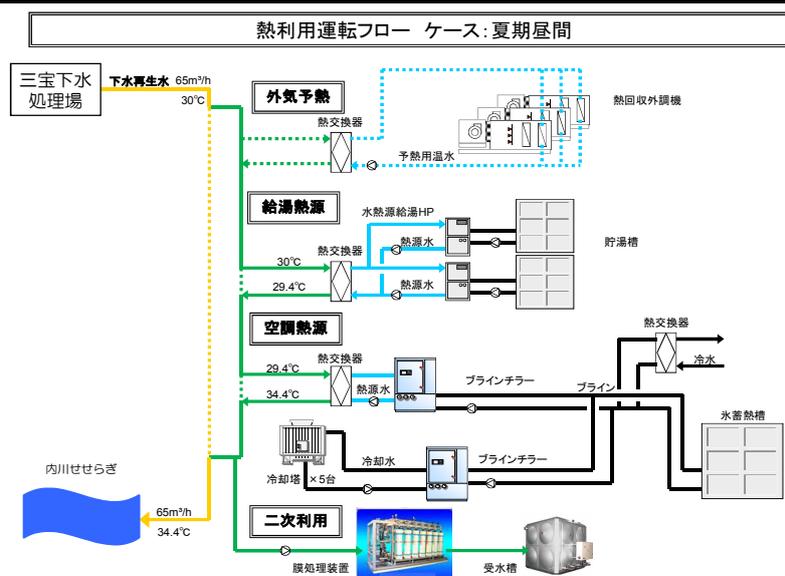


図 4-7 「堺市の大型商業施設」における下水熱回収フロー図

出所) 第5回下水熱利用推進協議会資料



図 4-8 「堺市の大型商業施設」における下水熱利用の対象施設  
出所) 第 5 回下水熱利用推進協議会資料

#### 4.2.5 「仙台市のスーパーマーケット」における給湯向け下水熱利用

仙台市では、らせん型熱回収更生管から回収した下水熱を、スーパーマーケット内の給湯に利用している。

##### 【解説】

平成 26 年 2 月現在、仙台市と積水化学工業株式会社は、管路内熱回収システムの実使用下における評価検討、及び下水熱利用事業の普及促進に向けた課題整理のため、スーパーマーケット内での給湯を対象に、らせん型熱回収更生管による下水熱利用実証事業の共同研究を実施している。

この事例は、東日本大震災直後、国土交通省が設置した「下水道地震・津波対策技術検討委員会」による未来型志向の復旧提言に基づき、積水化学工業から仙台市に対して下水道の耐震化補強工事に合わせた熱回収技術の提案があったことをきっかけに開始した。耐震化工事にあわせて管渠の中に熱回収管を巻くことで、熱利用設備導入のコスト低減を図っている。

表 4-6 「仙台市のスーパーマーケット」における下水熱利用の概要

概要	
供給開始	平成 25 年 11 月 (実証開始)
供給先	商業店舗 (株式会社ヨークベニマル若林店)
利用用途	給湯利用
負荷条件	利用温度 40℃、利用水量 4,600L/日
管路条件	合流管、既設管路徑 φ1200mm (円形)、熱回収管敷設延長 45m 下水水位 15%

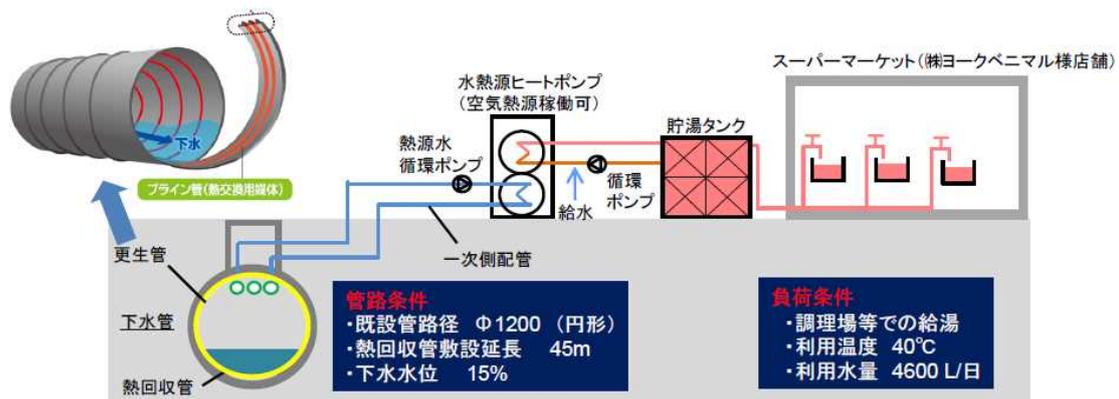


図 4-9 「仙台市の食品スーパー」における下水熱回収フロー図

出所) 第 4 回下水熱利用推進協議会資料



図 4-10 「仙台市」における下水熱利用システムの機器配置

出所) 第 4 回下水熱利用推進協議会資料

#### 4.2.6 「ドイツ：ボーフム市」における管路内熱回収による公営温水プールへの下水熱供給

ドイツのボーフム市では、公営温水プールに下水熱を供給している。

##### 【解説】

ドイツのボーフム市では、ボーフム市都市公社が事業主体となり、ボーフム市が所有する公営温水プールに下水熱を供給し、熱需要の 73%を賅っている。

地下 12m に位置する下水管路内に熱交換器を設置し、150kW の熱を回収している。ヒートポンプから 190kW の熱、コジェネからは熱を 90kW とヒートポンプ用の電力を 50kW 供給している。また、旧式のボイラもバックアップとして設置している。

表 4-7 ボーフム市下水熱利用事例における各種仕様

項目	値	単位
下水最少流量	300	m <sup>3</sup> /時
最低下水温度	12	°C
下水のからの最低熱容量	800	kW
温水プールの年間熱需要	2,450	MWh/年
下水熱利用システム		
下水熱交換器の延長	19 及び 28 (2 ユニット設置)	m
下水熱交換器から建物への導管の距離	150	M
下水熱ヒートポンプ熱供給量	約 190	kW
下水熱ヒートポンプの年間利用時間	6,500	時間/年

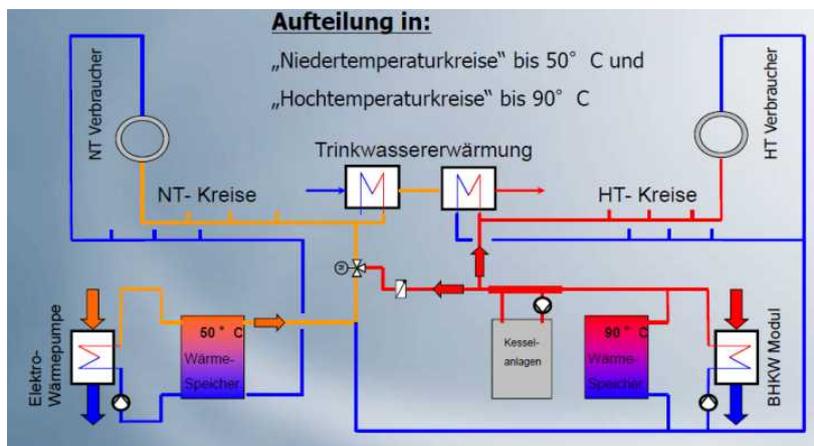


図 4-11 ドイツ：ボーフム市の公営温水プールにおける熱回収フロー図  
出所) 第 3 回下水熱利用推進協議会資料



下水熱導管

熱交換器 (19m, 28mの2ユニット)

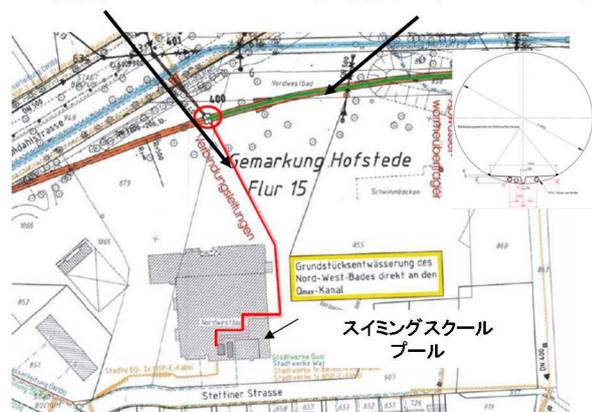


図 4-12 ボーフム市事例平面図

出所) 第 3 回下水熱利用推進協議会資料

## 5. 下水熱利用の検討手順

### 5.1 導入の検討手順

下水熱利用の導入は、需給マッチング、連携体制の構築等を行う構想段階、設備の種類等の設定・導入効果を概算する企画段階、FS 調査及び事業スキームの検討を行う事業化段階での検討を踏まえ、具体的な実施設計段階に繋げていく。

#### 【解説】

下水熱利用の導入検討の初期である構想段階においては、下水熱利用の適地の選定及び需要家探し（需給マッチング）、関係者間における情報共有や連携の実現などの検討を行う。また、地方公共団体の都市計画部局・環境部局等においては、これらを支援する情報提供等の役割が期待される。

次の企画段階では、熱需要施設・下水に関する基本条件を整理し、設備の種類等の設定・下水熱利用の導入効果を概算することで、下水熱利用の可能性があるか検討する。

下水熱利用の導入可能性が見込まれた際には、FS 調査（実現可能性調査）により、熱需要施設・下水の詳細な現地調査と導入効果の評価を行う。あわせて、事業スキーム（具体的な連携体制、責任分界、契約スキーム等）について検討する。その後、具体的な実施設計を行う段階となる。

導入検討のフローは図 5-1 のとおりである。以下に、下水熱の導入に当たって検討すべき事項について解説する。

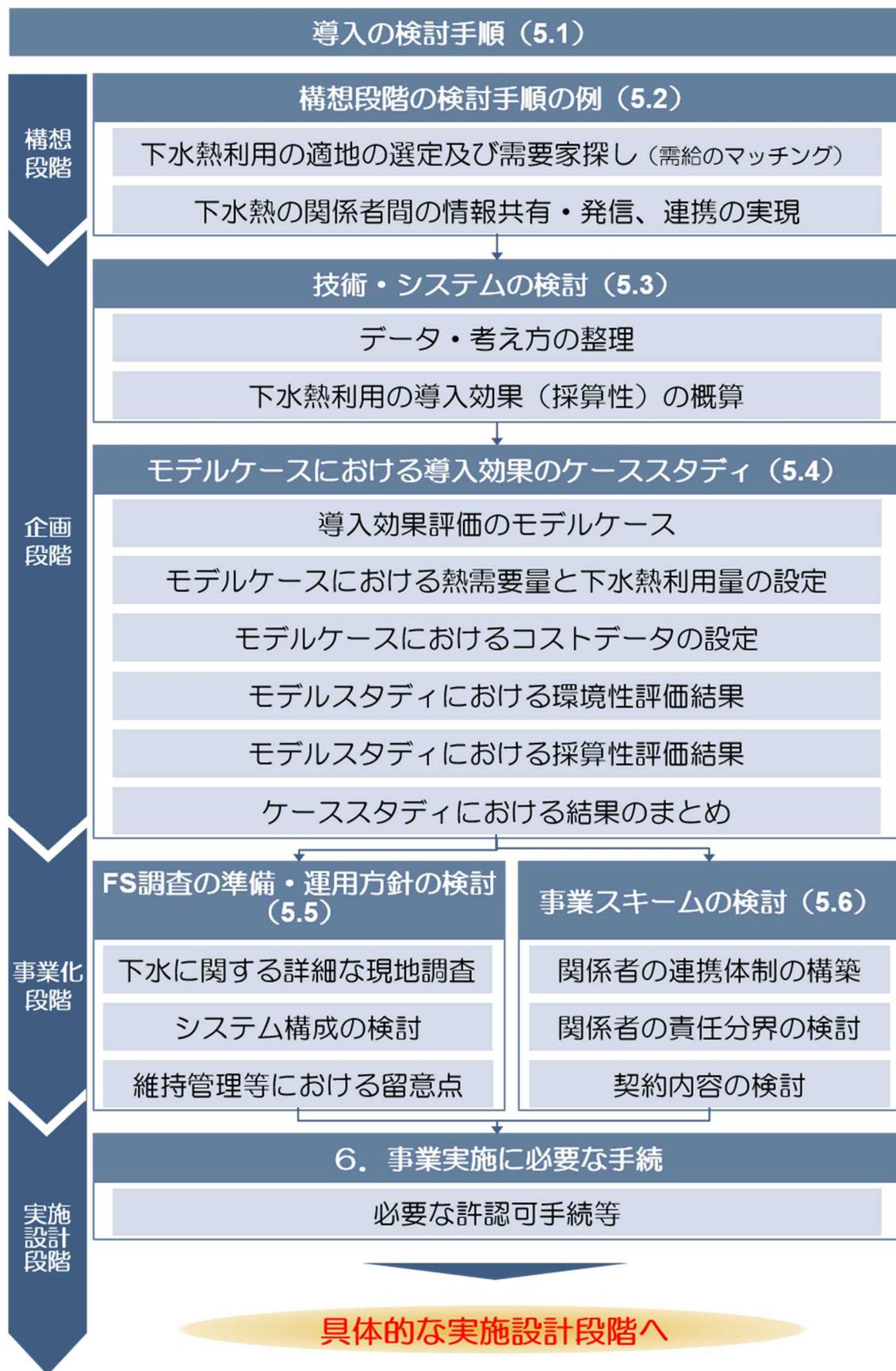


図 5-1 下水熱利用の検討フロー

注釈) 図中の括弧内の番号は以降本章で解説する節番号を表す。

下水熱利用事業の構想段階における検討に当たっては、下水熱利用の事業化に向けて、主体的に取り組む「推進役」と、「推進役」を行政計画等における下水熱利用の位置づけの明確化や各種情報の提供などにより支援するとともに、必要に応じ関係者の調整を行う「支援・コーディネート役」の役割が重要である。本章においては、先行事例における下水熱利用に至った経緯をもとに、それぞれの役割を担う主体を3つに整理した。

- 1) 「推進役」として熱利用者が検討する際の手順
- 2) 「推進役」として地方公共団体の下水道部局が検討する際の手順
- 3) 「支援・コーディネート役」としての地方公共団体の都市計画部局や環境部局等の役割

特に、案件形成に当たっては需給のスケジュール調整が重要である。熱利用者の立場からは、一般に給湯・空調等の設備検討は施設の設計全体の中でも後段に行われることが多いが、下水熱利用に当たっては配管敷設の土木工事など比較的大規模な工事が必要であること、また各主体間の調整に時間を要することなどから、検討のスケジュールが合致しない懸念がある。そのため、各主体間の連携体制を早期に構築することが肝要である。

なお、検討手順は個々の状況によって異なり、本章は下水熱利用事業を推進するための参考資料という位置づけであるため、本章における手順に必ずしも従う必要はない。

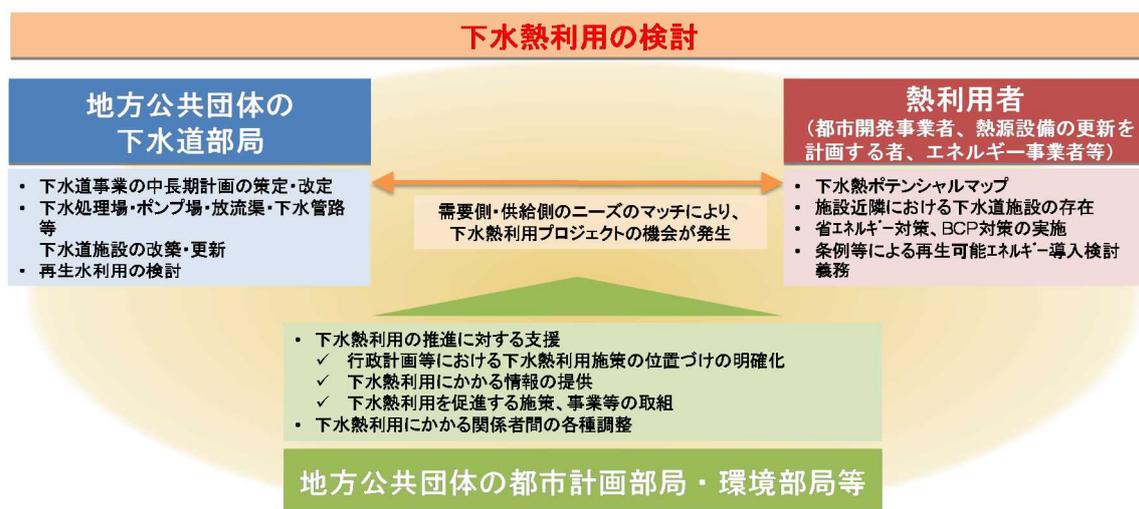


図 5-2 各主体における下水熱利用の契機と関係性

(参考) PR (パブリック・リレーションズ) の重要性と企画の進め方の例

「2.3.1 下水熱利用の導入効果」で示したように、下水熱利用による各主体の導入効果として、熱利用者によっては、CSR 活動としての位置づけ、下水道管理者にとっては、下水道資源の有効活用による地域社会への貢献などが挙げられる。これらの導入効果を高めることが円滑な事業の推進に有用である。また前述のように、下水熱利用事業では需給マッチングをはじめとした関係者間の連携が重要である。これらに資するのが PR (パブリック・リレーションズ) である。

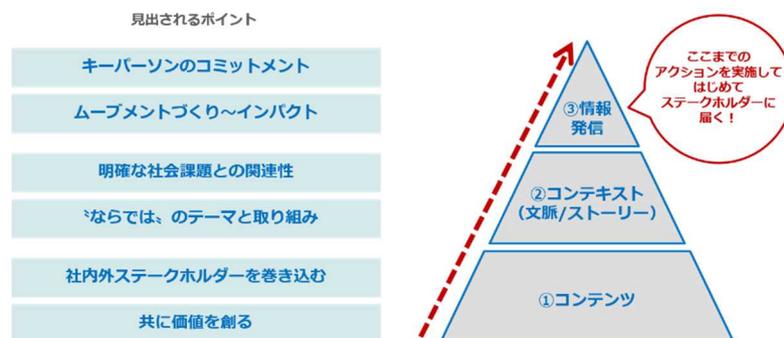
PR とは、メディアを通じた情報発信のみならず、企業や行政、団体が公衆 (パブリック) との間に、双方向のコミュニケーション活動を通じて、良好なリレーション (関係) を構築していくことである。下水熱利用事業においては、例えば、下水熱を利用する民間事業者と消費者との関係や、地方公共団体の下水道部局と下水の排出者たる住民との関係を構築することが挙げられる。

PR の企画には3段階が考えられる。第1にコンテンツ (情報発信の内容) の検討である。ここでは関係する主体の巻き込みが重要である。例えば、地球温暖化等社会的課題に敏感な NPO 等と協力することが考えられる。また、下水熱利用事業単体で考えるのではなく、「まちづくり」等面的な広がり、「再生可能エネルギー導入」「下水道資源」等テーマ、社会的課題としての広がりといった大きな枠組みの中で事業を考えると、関係する主体を含め事業への関心層のすそ野を広げやすい。

第2にコンテキスト (文脈/ストーリー) 化である。下水熱利用事業は“手段”であり、何が社会的課題であり下水熱利用がどのように課題解決につながるのか等をストーリーとして構成し、“伝わるコンテンツ”を創っていくことが重要である。

そのうえで、第3の情報発信である。事業のポイントとなる要素を抽出、キーマッセージやキーワードを検討して、キャッチコピー等含めステークホルダーに対して伝わりやすい基盤をつくっていくことが有用である。この検討プロセスに当たっては、既成概念にとらわれない意外性等インパクトをもった伝え方、“場”の創出につながる情報媒体の選択等が有用である。

(参考：第2回下水熱利用事業スキーム検討分科会電通 PR プレゼンテーション資料、第7回下水道政策研究委員会大屋委員資料)



出所) 第2回 下水熱利用事業スキーム検討分科会 電通 PR プレゼンテーション資料

図 5-3 PR の企画の進め方の例

## 5.2 構想段階の検討手順の例

### 5.2.1 「推進役」としての熱利用者が検討する際の手順

都市開発事業者、熱源設備を更新しようとする者、エネルギーサービス事業者などの熱利用者が「推進役」となる場合、「下水熱ポテンシャルマップ」等により下水熱利用の可能性を把握した場合等を契機に下水熱利用の検討を開始し、関係者との連携体制の構築などを進めていく。

#### 【解説】

熱利用者が「推進役」となる際の検討手順（例）を図 5-4 に示す。

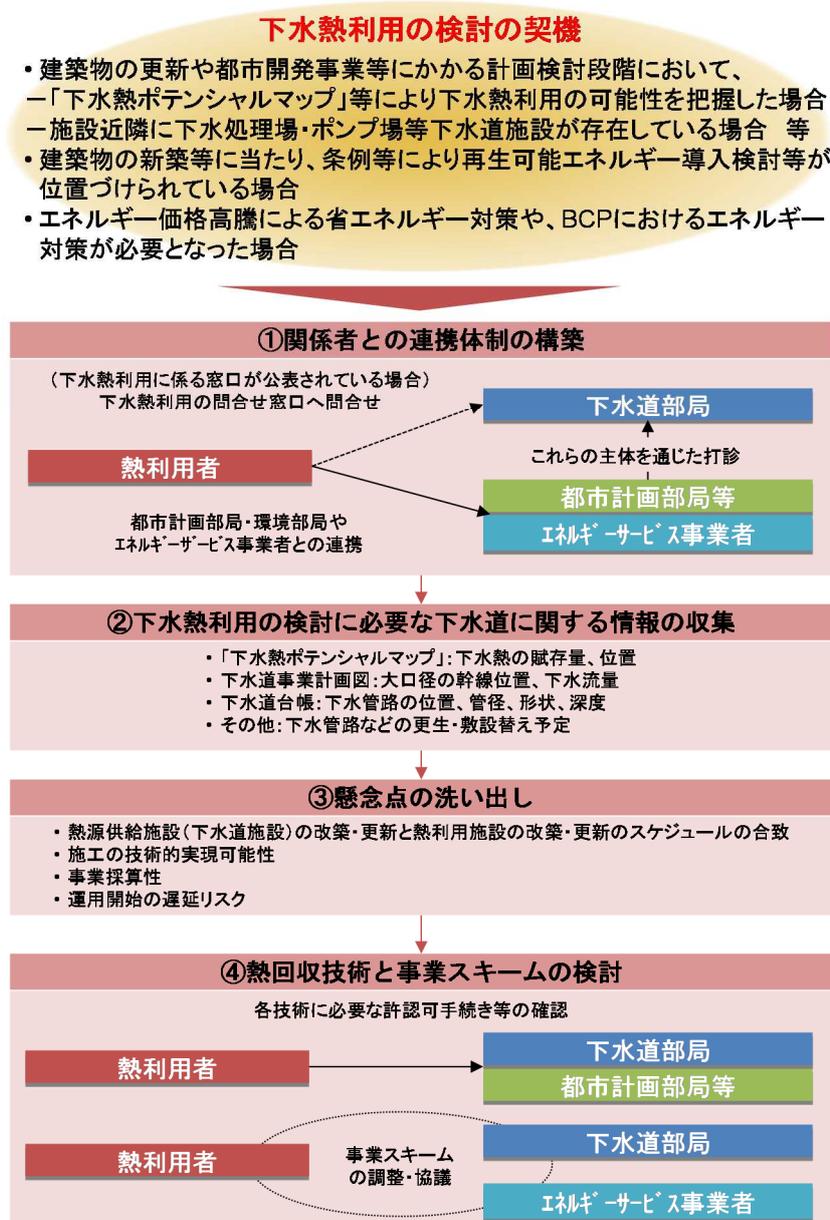


図 5-4 熱利用者が「推進役」となるケースの検討手順（例）

## (1) 検討する契機

熱利用者が、下水熱利用を検討する契機としては、例えば以下が挙げられる。

- ① 建築物の更新や都市開発事業等にかかる計画検討段階において、
  - －「下水熱ポテンシャルマップ」<sup>9</sup>等により下水熱利用の可能性を把握した場合
  - －施設近隣に下水処理場・ポンプ場等下水道施設が存在している場合 等
- ② 建築物の新築等に当たり、条例等により再生可能エネルギー導入検討等が位置づけられている場合
- ③ エネルギー価格高騰による省エネルギー対策や、BCPにおけるエネルギー対策が必要となった場合

### (参考) 熱利用者が「推進役」となるケースの事例

- 業務核都市地区における下水熱利用事例 【上記の①】
  - 当該地区において熱供給事業の実施を希望するエネルギーサービス事業者より、県知事に対して下水処理排熱供給に関する依頼文書が提出された。
  - これに対し、県は熱供給事業の熱源として下水処理水を活用することを了承し、下水処理水を利用するための施設（送水施設、送水管等）の建設に関する具体的な検討を行い、実施に至った。
- 魚津市営体育施設における下水熱利用事例 【上記の①】
  - 当該地区は、自然環境と共生し、賑わいのある都市拠点の形成を目指しており、当該施設はその主要な施設として、市の産業建設部局において建設が計画された。
  - 当該施設の計画地が下水処理施設に隣接していたことから、下水処理水を冷暖房の熱源として活用することで環境負荷低減を図る方針とし、実施に至った。

## (2) 関係者との連携体制の構築

下水熱利用を検討するためには、熱源の供給側である地方公共団体の下水道部局と調整が必要であるが、熱利用者と下水道部局との連携体制が必ずしも構築されているとは限らない。直接的に連携体制を構築することが困難な場合には、例えば以下のようなアプローチが挙げられる。

- 地方公共団体の下水道部局が、下水熱利用の問合せに係る窓口・連絡先等を公表している場合には、問合せを行う。

<sup>9</sup>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。

- 都市開発事業者等が熱利用者であり、地方公共団体の都市計画部局・環境部局等と連携体制が構築されている場合には、これらの部局を通じ下水道部局に打診する。
- 後述のように、エネルギーサービス事業者が調整のノウハウを有していることもあるため、エネルギーサービス事業者以外の熱利用者であれば、エネルギーサービス事業者と連携し、下水道部局に打診する。

### (3) 下水熱利用の検討に必要な下水道に関する情報の収集

地方公共団体の下水道部局と連携体制が構築されたら、下水熱利用の検討に必要な下水道に関する情報提供を依頼するなどの情報収集を行う。構想段階で必要な情報として、例えば以下のようなものが挙げられる。

- 「下水熱ポテンシャルマップ」により、下水熱の賦存量や存在位置を把握する
- 下水道事業計画図などにより、大口径の幹線位置を把握するとともに、下水処理場の流入水量と集水区域面積から大まかな下水流量を把握する
- 下水道台帳により、下水管路の位置、管径、形状、深度などを把握する
- 下水処理場における下水温度の測定データを把握する
- 下水管路などの更生・敷設替え予定を把握する

### (4) 懸念点の洗い出し

下水熱利用事業について一定の理解が深まったら、事業の実現に向けて各主体の懸念点を洗い出し、解決を図っていく。主な懸念点としては以下のものが挙げられる。

- 熱源供給施設（下水道施設）の改築・更新と熱利用施設の改築・更新のスケジュールの合致
- 施工の技術的実現可能性
- 事業採算性
- 運用開始の遅延リスク

### (5) 熱回収技術と事業スキームの検討

熱需要場所と下水熱利用が可能な下水道の状況の合致の見込みがあれば、事業採算性の検討とともに、熱回収技術の選定や事業スキームの検討を行う。

- 熱回収技術によって必要となる許認可手続きや地方公共団体において策定が必要な計画等が異なり、場合によってはこれら許認可や計画の策定等に時間を要するため、熱回収技術の候補とともに地方公共団体の各部局と事前の協議を行うことが円滑な事業の進捗につながる。
- 下水熱利用設備の設置・管理、費用負担等の役割分担（事業スキーム）については、地方公共団体にどのような役割を期待するかを調整する必要がある。事業スキームの検討については、「5.6 事業スキームの検討」に詳述する。

## 5.2.2 「推進役」として地方公共団体の下水道部局が検討する際の手順

地方公共団体の下水道部局が「推進役」となる場合、下水道事業の中長期計画の策定や下水処理場等の改築・更新を契機に下水熱利用の検討を開始し、関係者との連携体制の構築などを進めていく。

### 【解説】

地方公共団体の下水道部局が「推進役」となる際の検討手順（例）を図 5-5 に示す。



図 5-5 地方公共団体の下水道部局が「推進役」となる際の検討手順（例）

## (1) 検討する契機

地方公共団体の下水道部局が、下水熱利用を検討する契機としては、例えば以下が挙げられる。

- ① 下水道事業の中長期計画の策定・改定を行う場合
- ② 下水処理場・ポンプ場・放流渠・下水管路等下水道施設の改築・更新を行う場合
- ③ 再生水利用の検討を行う場合

### (参考) 地方公共団体の下水道部局が「推進役」となるケースの事例

- 某市福祉施設における下水熱利用事例 【上記の①】
  - 平成5年に策定された県の下水道資源リサイクル計画において、下水汚泥・下水処理水の有効活用の推進が掲げられた。
  - 某市の福祉関連部局では当該施設の建設に当たり、同計画に基づき、下水処理場で処理された処理水の熱を活用し、空調・プールの加温に利用することとした。
- 仙台市のスーパーマーケットにおける下水熱利用事例 【上記の②】
  - 国土交通省の下水道地震・津波対策技術検討委員会では、下水道施設の復旧に当たっての基本方針として、「地域の復興のシンボルとして、将来に希望を描けるような拠点として、また地域の活性化に寄与する施設として次世代の技術を取り込む」ことを基本方針として掲げた。
  - 同委員会において、復興支援スキームを検討する過程において、メーカーより「管路内設置型下水熱利用システム」が提案され、FS調査を実施した。
  - その結果を踏まえ、事業化に向けた検討、関係者間での調整を行い、メーカーとの共同研究として実証事業を実施するに至った。
- 名古屋市「ささしまライブ24地区」における下水熱利用事例 【上記の②、③】
  - 当該地区は土地区画整理事業として都市開発が進められていたが、その同時期に隣接する下水処理場の全面改築に伴い、高度処理を導入することとなった。
  - そこで、土地区画整理事業主体である市の都市計画部局と処理場の改築を計画する下水道部局にて、当該地区における処理場再生水の有効利用について検討を行うこととなった。

## (2) 下水熱供給可能箇所に関する情報の整理

具体的な下水熱利用事業の実施個所を選定するに当たり、まずは下水道部局内で有する情報から、下水熱供給可能箇所を選定する。下水熱供給可能箇所の選定に当たっては、

以下のような方法が挙げられる。

- 下水処理場・ポンプ場・放流渠・下水管路等下水道施設の改築・更新を予定していたり、再生水利用を検討していたりする場合には、その予定・検討箇所の周辺を中心に検討する。
- 特に、下水流量が多い下水処理場・ポンプ場・放流渠のほか、下水管路のうちでも大口径の幹線が有力である。
- ただし、小口径の下水管路であっても、下水熱を採熱することは可能であり、また必ずしも管径が大きいほど流量が多いわけではない。下水流量の把握に当たっては、下水熱ポテンシャルマップの策定も有用である。
- 所有する下水道施設においてどのような下水熱利用事業が可能であるかについては、先行事例を有する他の地方公共団体への問合せや、下水熱利用に関する技術を有するメーカー等へのヒアリングを実施することも有効である。

### (3) 熱需要箇所に関する情報の収集

下水熱利用事業は、需給マッチングが必要であることから、熱需要箇所に関する情報を収集する。そのためには、地方公共団体内の関係他部局との連携が必要である。熱需要箇所に関する情報の収集に当たっては、以下のような方法が挙げられる。

- 下水熱を利用する施設として公共施設は民間施設に比べ情報収集や調整が容易であることが多いため、地方公共団体内の営繕部局等から、公共施設の改築や、給湯・空調設備の更新等の情報を収集する。対象施設としては、熱需要量が大いほど事業採算性がよい可能性が高いため、スポーツ施設、病院、福祉施設、温浴施設等が有力である。
- 都市計画部局・都市整備部局等有している民間都市開発事業に係る情報を収集することも有効である。

### (4) 情報発信

下水熱利用事業の導入に当たっては、下水道部局が自ら実施箇所を選定する場合に限らず、熱利用者からの申請を促す情報発信も一つの手段である。情報発信として以下のような方法が挙げられる。

- 下水熱利用の問合せに係る窓口・連絡先等をホームページへの掲載等により、公表する。
- 下水熱の賦存量や存在位置を容易に把握できる「広域版下水熱ポテンシャルマップ」を作成し、公表する。
- 下水道事業計画図など、大口径の幹線が容易に把握できる資料を公開する。
- 下水道台帳の閲覧窓口において、下水熱利用に関するパンフレット等を配布する。
- これらとあわせ、下水管路の能力不足や劣化に対処するための具体的な改築・修繕

計画があるものや、他事業や下水道管理者自らの事情により下水管路を移設する計画があるものであって、5年以内に施工が予定されている管路について、公表あるいは下水熱利用の問合せに係る窓口での応答を行う。

#### (5) 関係者間の連携体制の構築

熱利用者、地方公共団体内の関係他部局から下水熱利用に関する関心が芽生えてきたら、合同勉強会を開催することも考えられる。下水熱利用は今後の普及が期待されるが現状では導入事例が多くはないため必ずしも広く認知・理解されていないことから、パンフレット等により基礎情報から共有することも肝要である。この際、先行事例を有する他の地方公共団体の職員や、学識者、下水熱利用に関する技術を有するメーカー等を招くことも有用である。

#### (6) 懸念点の洗い出し

下水熱利用事業について一定の理解が深まったら、事業の実現に向けて各主体の懸念点を洗い出し、解決を図っていく。主な懸念点としては以下のものが挙げられる。

- 熱供給施設（下水道施設）の改築・更新と熱利用施設の改築・更新のスケジュールの合致
- 施工の技術的実現可能性
- 事業採算性
- 下水道施設・下水処理への影響

#### (7) 熱回収技術と事業スキームの検討

熱需要場所と下水熱利用が可能な下水道の状況の合致の見込みがあれば、事業採算性の検討とともに、熱回収技術の選定や事業スキームの検討を行う。

- 熱回収技術によって地方公共団体において策定が必要な計画等が異なり、場合によってはこの計画の策定等に時間を要する。
- 下水熱利用設備の設置・管理、費用負担等の役割分担（事業スキーム）については、熱利用者とのどのような役割分担を行うか協議する必要がある。事業スキームの検討については、「5.6 事業スキームの検討」に詳述する。

### 5.2.3 「支援・コーディネート役」としての地方公共団体の都市計画部局・環境部局等の役割

下水熱利用の「推進役」となる熱利用者や下水道部局に対し、地方公共団体の都市計画部局・環境部局等は、各種の支援を行うほか、必要に応じて関係者間の調整の場を設けるなど、「支援・コーディネート役」としての役割が期待される。

#### 【解説】

下水熱利用は、都市活動に関連するCO<sub>2</sub>排出量・エネルギー使用量の削減や建築物や地区のBCP機能の向上等の効果が期待されるなど、低炭素まちづくりなどの都市政策、地球温暖化防止等の環境政策に寄与する施策であり、地方公共団体の都市計画部局・環境部局等においても、これら施策の推進に当たり、下水熱利用事業の「支援・コーディネート役」として積極的な役割を担うことが期待される。

「支援・コーディネート役」として都市計画部局・環境部局等に期待される役割を以下に示す。これらの役割を果たすためには、地方公共団体の都市計画部局・環境部局等と下水道部局が日ごろから連携体制を構築することが肝要である。

#### (1) 下水熱利用の推進に対する支援

##### 1) 行政計画等における下水熱利用施策の位置づけの明確化

- 低炭素まちづくり法に基づく低炭素まちづくり計画、地球温暖化対策推進法に基づく地方公共団体実行計画（区域施策編）等における下水熱利用の位置づけ 等

##### 2) 下水熱利用に関する情報の提供

- 下水道部局との連携による下水熱の賦存量や存在位置を容易に把握できる「広域版下水熱ポテンシャルマップ」の作成、公表
- ホームページへの掲載、窓口設置等を通じた都市開発事業者等に対する下水熱利用に関するパンフレット等の配布
- 中心市街地等の枢要な地区における熱需要密度にかかるデータの整備・公表

##### 3) 下水熱利用を促進する施策、事業等の取組

- 公共施設の整備や公有地を活用した民間開発の導入を行う場合等における下水熱利用導入の促進
- 下水熱利用の導入促進を図る制度、施策の推進  
例えば、一定規模以上の特定の建築物の新築等を行おうとする者に対し、再生可能エネルギーを利用するための設備の導入に係る措置の検討等を行うことを義務づける条例の制定 等

(2) 下水熱利用に関する関係者間の各種調整

- 都市開発事業者等からの相談等に応じた下水道部局との連絡・調全体制の構築
- 民間都市開発等の都市開発プロジェクトを契機とした下水熱利用の検討における都市開発事業者、エネルギーサービス事業者、下水道部局等の関係者による勉強会、協議組織の構築など協議の場の設置 等

## 5.3 技術・システムの検討

### 5.3.1 データ・考え方の整理

下水熱供給先の熱需要及び利用可能な下水熱量について、既存データ等を活用して推計する。

#### 【解説】

#### (1) 熱需要に関する考え方の整理

下水熱供給先の熱需要を把握するため、対象施設の最大熱負荷及び年間総負荷を整理する。

既設の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、負荷を推計することにより精緻に熱負荷を算出することができる。

冷暖房、給湯については、対象施設の詳細が未定な構想段階では、施設の延床面積と単位床面積当たりの熱負荷(熱負荷原単位)から最大熱負荷と年間の熱負荷を想定する。最大熱負荷と年間熱負荷は以下の式により算出される。

<最大熱負荷の算定>

最大熱負荷[kJ/h]

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

<年間熱負荷の算定>

年間熱負荷[MJ/年]

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

※「冷(暖)房用最大熱負荷地域補正係数」、「冷(暖)房用年間熱負荷地域補正係数」は熱負荷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表 5-1 がある。

また、冷(暖)房用年間熱負荷地域補正係数の設定例を表 5-3 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。

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 m<sup>2</sup>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[MJ/年・m<sup>2</sup>] × 2,000[m<sup>2</sup>] × 0.5 = 439,500[MJ/年]
- 暖房：129.6[MJ/年・m<sup>2</sup>] × 2,000[m<sup>2</sup>] × 2.4 = 622,080[MJ/年]
- 給湯：9.4[MJ/年・m<sup>2</sup>] × 2,000[m<sup>2</sup>] = 18,800[MJ/年]

表 5-1 建物用途別最大熱負荷原単位の設定例

用途	最大負荷 (W/m <sup>2</sup> )		
	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 <sup>※</sup>
住宅	46.5	34.9	18.6

※1W=3.6kJ/h

※スポーツセンターの給湯負荷は建物規模[m<sup>2</sup>]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 建物用途別年間熱負荷原単位の設定例

用途	年間負荷 (MJ/年・m <sup>2</sup> )			
	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

※本表の数値はコージェネ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、熱負荷は実際よりも大きい値を示す可能性がある。

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 1Mcal/m<sup>2</sup>=4.186MJ/m<sup>2</sup>で換算)

表 5-3 冷(暖)房用年間熱負荷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		
九州	1.2	0.7
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)

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、必要に応じ、FS 調査において調査する。

融雪については、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負荷（熱負荷原単位）、稼働時間数から、時間当たり最大熱負荷と年間の熱負荷を想定する。時間当たり熱負荷と年間熱負荷は以下の式により算出される。

<時間当たり最大熱負荷の算定>

$$\text{時間当たり熱負荷[W]} = \{\text{熱負荷原単位[W/m}^2\} \times \text{延床面積[m}^2\}$$

<年間熱負荷の算定>

$$\text{年間熱負荷[MJ/年]} = \{\text{熱負荷原単位[W/m}^2\} \times \text{延床面積[m}^2\} \times \text{稼働時間[h]} \times 0.0036$$

※1kWh=3.6MJ

このとき、融雪の時間当たり負荷原単位の設定例として表 5-4 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。

表 5-4 融雪の時間当たり負荷原単位の設定例

熱負荷原単位 (W/m <sup>2</sup> )
100~300 程度

出所) メーカー情報より設定

## (2) 熱源に関する考え方の整理

### 1) 下水流量

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。

#### a. 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ことがある。

#### b. 既存の流量データに基づく流量推計

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推計する方法である<sup>10</sup>。

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図 5-6 のとおりである。

---

<sup>10</sup> 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。

<各マンホールにおける流量の推計式>

$$G_m = G_1 \times \frac{\sum_{m=1}^m F_m}{\sum_{m=1}^L F_m}$$

$G_m$  : マンホール  $M_m$  における推定下水流量 [ $\text{m}^3/\text{日}$ ]

$G_1$  : 下水処理施設等における既知の実測下水流量 [ $\text{m}^3/\text{日}$ ]

$F_m$  : マンホール  $M_m$  が受け持つ集水域内延床面積 [ $\text{m}^2$ ]

$L$  : 実測集水域内のマンホール数

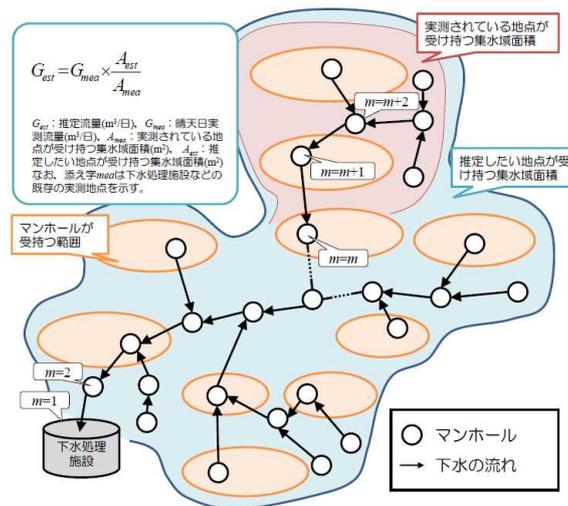


図 5-6 下水流量の推定イメージ

## 2) 下水温度

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。

### 3) その他確認すべき事項

施工の可否等を検討するため、周辺環境等を確認する。

#### a. すべての熱回収技術に関わる事項

- 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进行调查する。ルートの対象箇所の、既設管路（電気、ガス）や支障物の有無进行调查する。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、所管自治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、所管自治体からの提供を受ける。

#### b. 管路内設置型熱回収技術において確認すべき事項

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、所管自治体からの提供を受ける。
布設後年数	
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、所管自治体からの提供を受ける。

### 5.3.2 下水熱利用の導入効果（採算性）の考え方

下水熱利用システム導入時の採算性評価は、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実施する。

#### 【解説】

#### (1) 設備の種類等の設定

整理した熱需要・熱源の情報から、設備の規模を設定するフローを図 5-7 に示す。

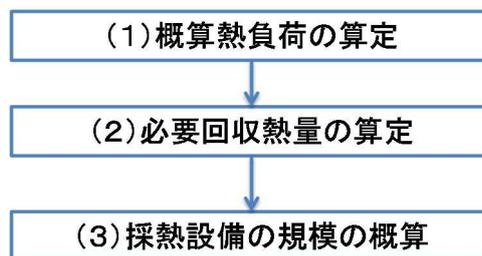


図 5-7 検討フロー

#### 1) 概算熱負荷の算定

5.3.1(1) で整理した熱需要に関する情報の整理から、下水熱で賄う熱量を概算する。このとき、熱負荷に対してどの程度下水熱で賄うかについては、

- 最大熱負荷を下水熱で賄う
- 下水熱利用設備の利用率を保つため、年間熱負荷から平均的な熱負荷量を算定して下水熱で賄うものとし、熱負荷が大きいときには空気熱源等他の熱源を利用するなどといった考え方があり、環境性や採算性等を考慮して設定する。

#### 2) 必要熱回収量の算定

ヒートポンプを介して下水熱を利用する場合、1) 概算熱負荷の算定で決定した下水熱で賄う熱負荷から、以下の式により、必要な下水からの熱回収量、下水への放熱量を算定する。

<温熱利用時>

$$\text{下水からの必要熱回収量} = \text{下水熱で賄う熱負荷} \times (\text{加熱 COP} - 1) / \text{加熱 COP}$$

<冷熱利用時>

$$\text{下水への必要放熱量} = \text{下水熱で賄う熱負荷} \times (\text{冷却 COP} + 1) / \text{冷却 COP}$$

### 3) 採熱設備の規模の概算

下水熱利用における代表的な熱回収技術は、3.2 に示したように、管路内設置型熱回収技術として、らせん方式、熱交換マット方式、管路内ヒートパイプ方式、管底設置方式（金属）・管更生併用型、管底設置方式（樹脂）、管路一体型（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、二重管方式、流下液膜式がある。

周辺環境等に応じて熱回収技術を選択し、2) で算定した必要な下水からの熱回収量、下水への放熱量に基づき、以下の式により、採熱設備の規模を概算する。

<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) 採算性・環境性の概略試算

### 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。

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消費エネルギーと循環ポンプ等補機の消費エネルギーからなる。

ヒートポンプの消費エネルギーは、以下の式から算出する。

$$\text{ヒートポンプの消費電力} = \text{下水熱で賄う熱負荷} / \text{COP}$$

補機の消費エネルギーについては、熱源と熱需要の距離等にもよるが、ヒートポンプの消費エネルギーの5%程度である事例がある。

### 2) CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

下水熱利用システム導入による CO<sub>2</sub> 排出量削減効果は、下水熱利用システムの CO<sub>2</sub> 排出量と従来システムの CO<sub>2</sub> 排出量の差分に基づき以下のように算出できる。

<下水熱利用システムの CO<sub>2</sub> 排出量<sup>11</sup>>

$$\text{CO}_2\text{排出量}[\text{kg}] = \text{年間電力消費量}[\text{kWh}] \times \text{電力CO}_2\text{排出量原単位}[\text{kg/kWh}]$$

<従来システムの CO<sub>2</sub> 排出量<sup>12</sup>>

$$\text{CO}_2\text{排出量}[\text{kg}] = \text{年間電力消費量}[\text{kWh}] \times \text{電力CO}_2\text{排出量原単位}[\text{kg/kWh}] \\ + \text{年間ガス使用量}[\text{N m}^3] \times \text{ガスCO}_2\text{排出量原単位}[\text{kg/N m}^3]$$

<下水熱利用システム導入による CO<sub>2</sub> 排出量削減効果>

CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub> 排出量原単位は表 5-6 のとおりである。

表 5-6 CO<sub>2</sub> 排出量原単位

エネルギー種	CO <sub>2</sub> 排出量原単位
電力	毎年度公表される電気事業者別の係数を採用 (例: 東京電力(株)の2012年度実排出係数 0.000525[t-CO <sub>2</sub> /kWh])
都市ガス	2.23[t-CO <sub>2</sub> /N m <sup>3</sup> ] (発熱量として 44.8GJ/1,000 Nm <sup>3</sup> を用いた場合の値。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してもよい。)
灯油	2.49[t-CO <sub>2</sub> /kl]
A 重油	2.71[t-CO <sub>2</sub> /kl]

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

### 3) 導入効果の概略試算 (採算性)

下水熱利用システム導入時の採算性評価は、下水熱利用システムと従来システムの建設費(イニシャルコスト)と維持管理費(ランニングコスト)の比較に基づき実施する。

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。採算性の観点からは投資回収年数が短いことが望ましい。

<sup>11</sup> 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量原単位により CO<sub>2</sub> 排出量を算出する。

<sup>12</sup> 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量原単位により CO<sub>2</sub> 排出量を算出する。

<sup>13</sup> 以下 URL を参照。

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

[http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/h26\\_coefficient.pdf](http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/h26_coefficient.pdf)

$$\text{投資回収年数[年]} = \frac{\text{下水熱利用システムの建設費[円]} - \text{従来システムの建設費[円]}}{\text{従来システムの運転費[円]} - \text{下水熱利用システムの運転費[円]}}$$

- 建設費には、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が含まれる。
- 維持管理費には、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（熱源使用料）等が含まれる。

## 5.4 モデルケースにおける導入効果のケーススタディ

### 5.4.1 導入効果評価のモデルケース

下水熱利用事業の採算性・環境性に関する目安を把握するため、5つの熱回収技術を基にモデルケースを設定し分析している。

#### 【解説】

下水熱利用事業の事業採算性・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 5-7 に示すとおり、計5パターンを設定した。

表 5-7 検討ケースの概要

熱回収システム	地域	対象建物	熱利用用途	熱利用システム	下水熱量	需要地までの距離
a 処理水活用大規模熱供給方式	・東京 ・札幌	・東京：ホテル 30,000m <sup>2</sup> ・札幌：ホテル 30,000m <sup>2</sup>	・暖房 ・給湯	・水熱源 HP ・ボイラ（給湯追い焚き用）	熱源水全量を下水でカバー	100～500m
b 管路内設置型らせん方式	・東京 ・札幌	・東京：福祉施設 10,000m <sup>2</sup> ・札幌：福祉施設 10,000m <sup>2</sup>	・暖房 ・給湯	・水熱源 HP ・ボイラ（給湯追い焚き用）	管路内熱交換器の長さ： 100m/200m	50m
c 管底設置方式型（樹脂）	・東京 ・札幌	・東京：福祉施設 10,000m <sup>2</sup> ・札幌：福祉施設 10,000m <sup>2</sup>	・暖房 ・給湯	・水熱源 HP ・ボイラ（給湯追い焚き用）	管路内熱交換器の長さ： 100m/200m	50m
d 管底設置方式（金属）	・東京 ・札幌	・東京：福祉施設 10,000m <sup>2</sup> ・札幌：福祉施設 10,000m <sup>2</sup>	・暖房 ・給湯	・水熱源 HP ・ボイラ（給湯追い焚き用）	管路内熱交換器の長さ： 100m/200m	50m
e マンホール取水管路外流下液膜方式	・東京 ・札幌	・東京：福祉施設 10,000m <sup>2</sup> ・札幌：福祉施設 10,000m <sup>2</sup>	・暖房 ・給湯	・水熱源 HP ・空気熱源 HP ・ボイラ（給湯追い焚き用）	スクリーン取水能力： 14L/s/40L/s	100m

各検討ケースにおけるシステム構成及び比較を行う基準システム（空気熱源ヒートポンプ及びボイラ）を図 5-8 に示す。

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。

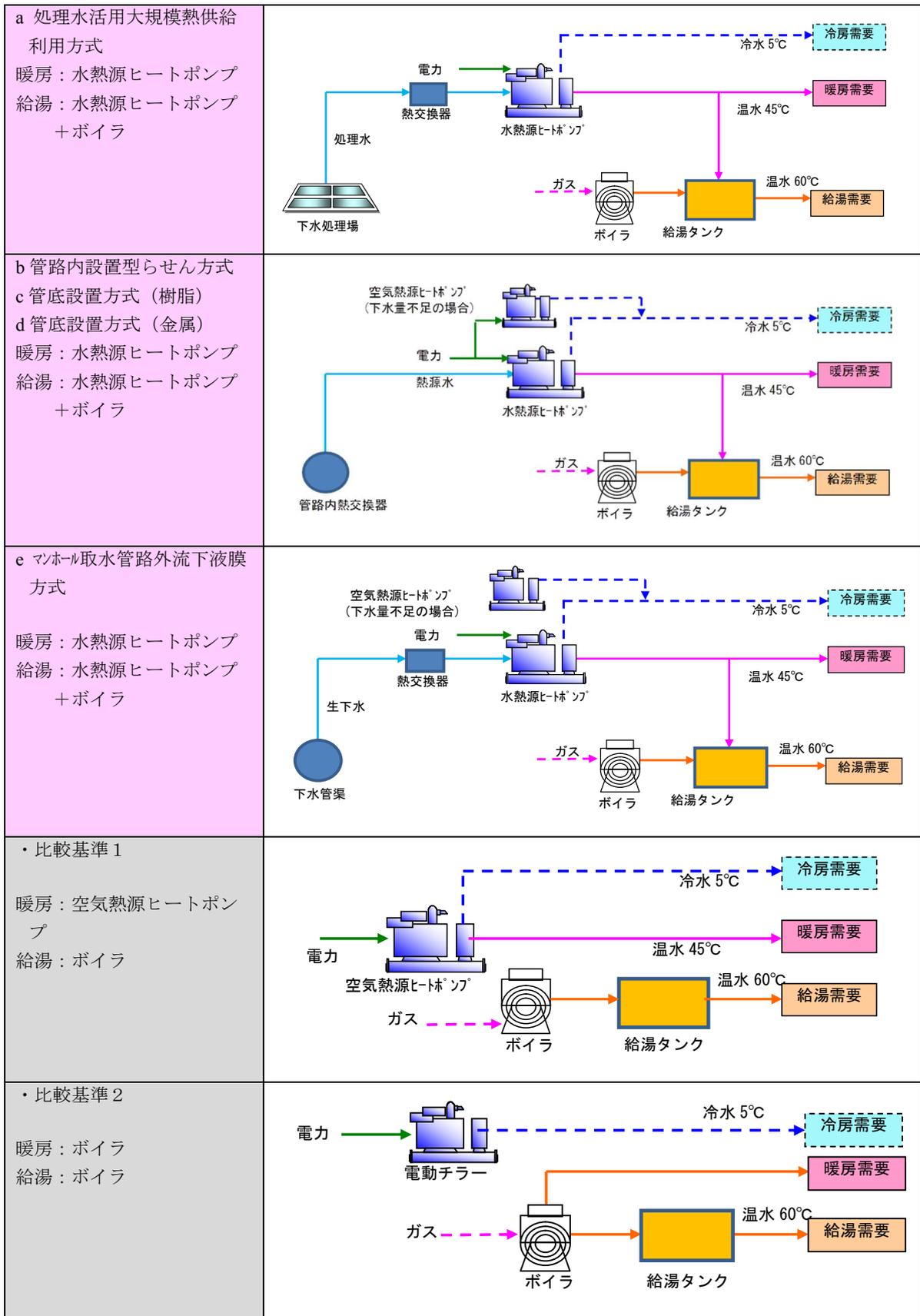
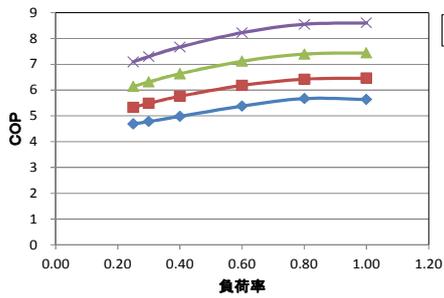


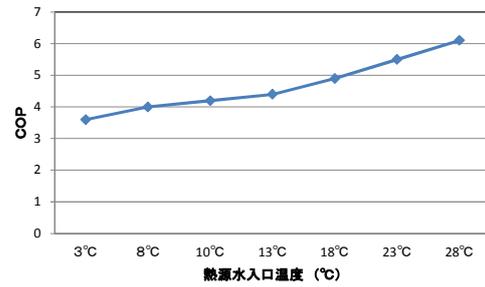
図 5-8 各検討ケースにおけるシステム構成

また、検討ケースにおける水熱源ヒートポンプ及び比較基準ケースにおける空気熱源ヒートポンプの効率については、それぞれ図 5-9、図 5-10 に示すとおり想定した。



大規模需要の場合

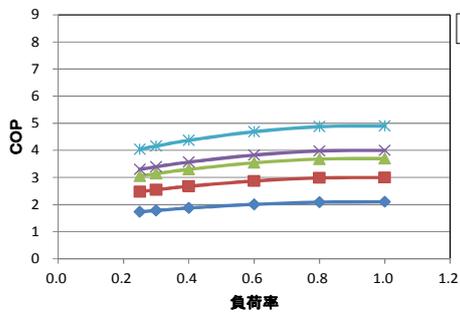
(処理水活用とマンホール取水 40L/s)



小規模需要の場合

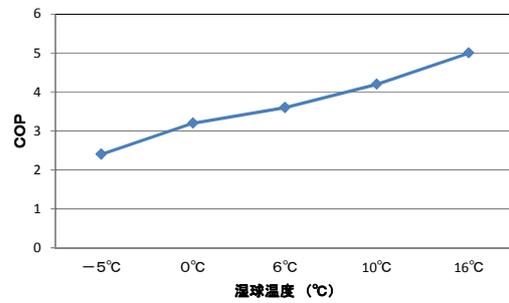
(左記以外)

図 5-9 水熱源ヒートポンプの効率



大規模需要の場合

(処理水活用とマンホール取水 40L/s)



小規模需要の場合

(左記以外)

図 5-10 空気熱源ヒートポンプの効率

## 5.4.2 モデルケースにおける熱需要量と下水熱利用量の設定

設定した5つのモデルケースについて、文献等から熱需要量を設定し、また採熱設備の条件等から熱需要量に対する下水熱利用量を設定する。

### 【解説】

#### (1) 熱需要量の想定

##### 1) 処理水活用大規模熱供給利用方式

処理水活用大規模熱供給利用方式における、暖房・給湯の最大熱需要、年間熱需要、及びヒートポンプ、ボイラの年間熱負荷の想定を表 5-8 に示す。

また、各月における時刻別の熱需要パターンを図 5-11 及び図 5-12 に示す。

表 5-8 暖房・給湯の最大熱需要及び年間熱需要（処理水活用大規模熱供給利用方式）

	東京・ホテル (30,000m <sup>2</sup> )		札幌・ホテル (30,000m <sup>2</sup> )	
	最大 [kW]	年間 [MWh/年]	最大 [kW]	年間 [MWh/年]
暖房需要	2,337	2,790	3,506	6,696
給湯需要	3,489	2,790	4,187	3,348
ヒートポンプ熱負荷	—	4,613	—	9,095
ボイラ熱負荷	—	967	—	949

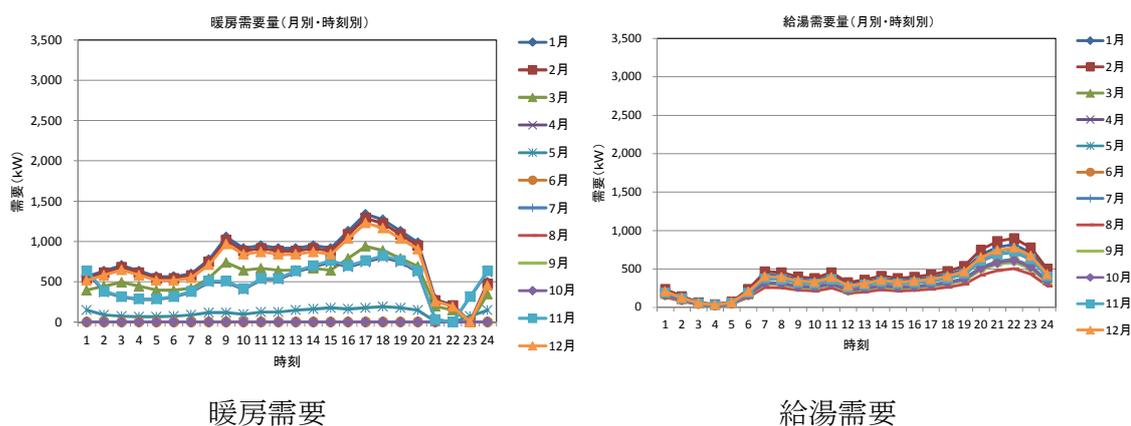


図 5-11 各月における時刻別の熱需要パターン（東京・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) の場合）  
（処理水活用大規模熱供給利用方式）

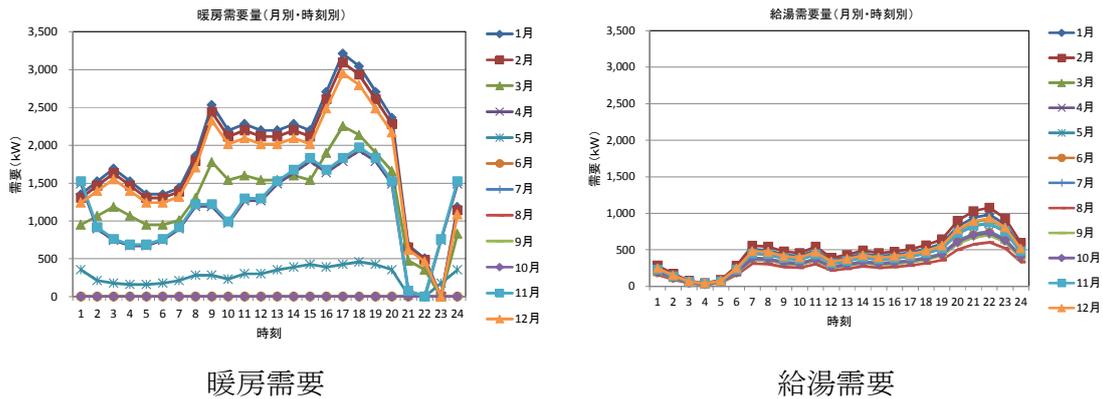


図 5-12 各月における時刻別の熱需要パターン（札幌・ホテル 30,000m<sup>2</sup>）の場合  
（処理水活用大規模熱供給利用方式）

## 2) 処理水活用大規模熱供給利用方式以外

処理水活用大規模熱供給利用方式以外の管路内設置型らせん方式、管底設置方式（樹脂）、管底設置方式（金属）、マンホール取水管路外流下液膜方式における、暖房・給湯の最大熱需要、年間熱需要、及びヒートポンプ、ボイラの年間熱負荷の想定を表 5-9 に示す。

また、各月における時刻別の熱需要パターンを図 5-13 及び図 5-14 に示す。

表 5-9 暖房・給湯の最大熱需要及び年間熱需要  
（処理水活用大規模熱供給利用方式以外）

	東京・福祉施設（10,000m <sup>2</sup> ）		札幌福祉施設（10,000 m <sup>2</sup> ）	
	最大 [kW]	年間 [MWh/年]	最大 [kW]	年間 [MWh/年]
暖房需要	953	860	1,430	2,064
給湯需要	465	930	558	1,116
ヒートポンプ熱負荷	—	1,469	—	2,486
ボイラ熱負荷	—	321	—	316

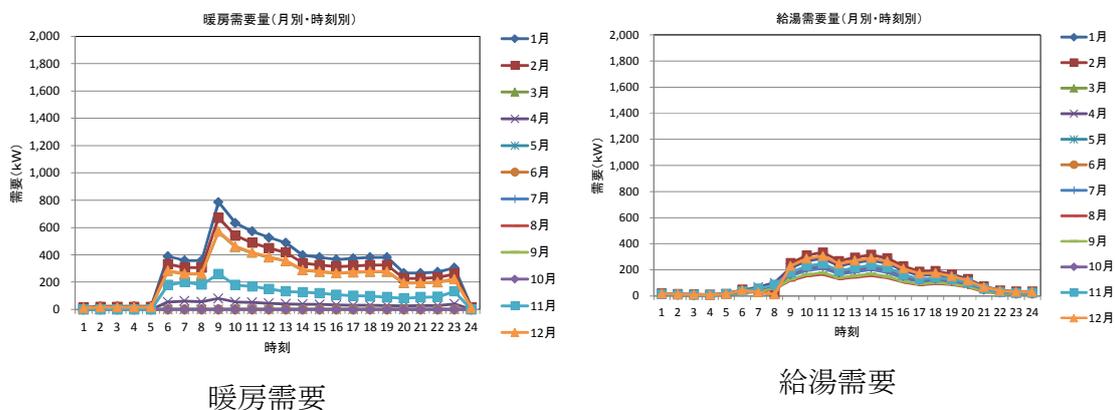


図 5-13 各月における時刻別の熱需要パターン（東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>））の場合  
（処理水活用大規模熱供給利用方式以外）

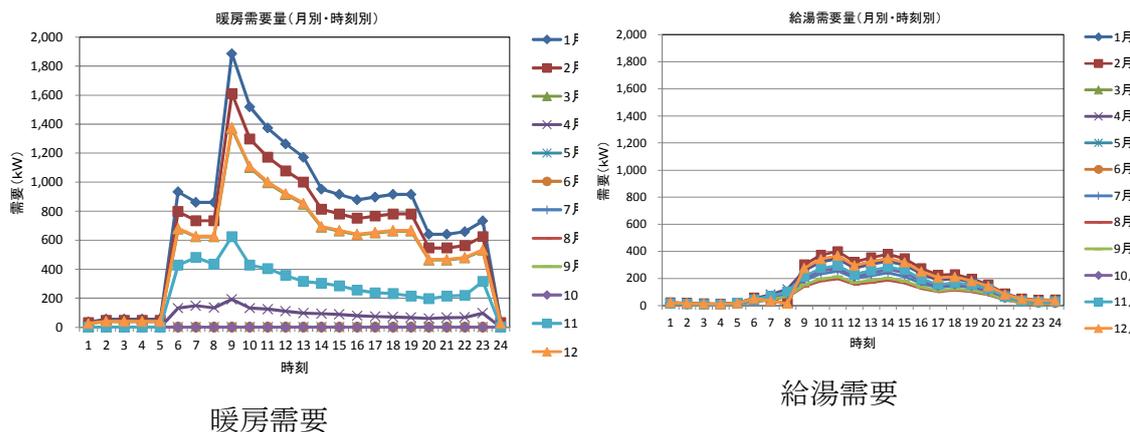


図 5-14 各月における時刻別の熱需要パターン（札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）（処理水活用大規模熱供給利用方式以外）

(2) 各検討ケースにおける熱源機容量及び下水熱依存率の想定

上述の年間熱需要及び最大熱需要の想定を踏まえ、検討ケースにおけるヒートポンプの加熱容量については表 5-10 に示すとおり想定した。

表 5-10 下水熱利用水熱源ヒートポンプの加熱容量の想定

		水熱源ヒートポンプの加熱容量[kW]	
		東京	札幌
a. 処理水活用大規模熱供給方式	距離によらず、同一の容量を想定	2,571	3,856
b. 管路内設置型らせん方式	熱交換器長さ 100m	90	90
	熱交換器長さ 200m	180	180
c. 管底設置方式（樹脂）	熱交換器長さ 100m	90	90
	熱交換器長さ 200m	180	180
d. 管底設置方式（金属）	熱交換器長さ 100m	113	113
	熱交換器長さ 200m	225	225
e. マンホール取水管路外流下液膜方式	取水能力 14L/s	293	293
	取水能力 40L/s	837	837

このとき下水熱依存率（暖房・給湯の年間熱需要のうち、下水熱利用水熱源ヒートポンプで賄う割合）は表 5-11 に示すとおりとなる。

表 5-11 下水熱利用水熱源ヒートポンプの加熱容量の想定

		下水熱依存率	
		東京	札幌
a. 処理水活用大規模熱供給方式	距離によらず、同一の容量を想定	100%	100%
b. 管路内設置型らせん方式	熱交換器長さ 100m	32.5%	20.1%
	熱交換器長さ 200m	48.4%	29.7%
c. 管底設置方式（樹脂）	熱交換器長さ 100m	34.4%	21.2%
	熱交換器長さ 200m	52.6%	32.9%
d. 管底設置方式（金属）	熱交換器長さ 100m	40.3%	22.7%
	熱交換器長さ 200m	61.1%	40.0%
e. マンホール取水管路外流下液膜方式	取水能力 14L/s	71.8%	47.8%
	取水能力 40L/s	82.1%	88.4%

### 5.4.3 モデルケースにおけるコストデータの設定

設定した5つのモデルケースの事業採算性評価のため、市場情報等から各設備のコストデータを設定する。

#### 【解説】

#### (1) 建設費

各検討ケースにおける建設費の想定を以下に示す。

なお、特に土木工事費は工事状況によって変動があることに留意が必要である。また、下水管路内工事については水替え工事費を含んでいない。

#### 1) 処理水活用大規模熱供給利用方式

処理水活用大規模熱供給利用方式の建設費については表 5-12 に示すとおり想定した。

表 5-12 処理水活用大規模熱供給利用方式の建設費の想定

水熱源HP	30千円/kW(冷暖)、機器単体
電動チラー	20千円/kW(冷専チラー)、機器単体
空冷HP	25千円/kW(冷暖)、機器単体
ボイラ(貫流)	8千円/kW、機器単体
下水熱交換器	10千円/kW
オートストレーナー	8千円/(m <sup>3</sup> /h)、機器単体
熱源水ポンプ	30千円/kW、機器単体
処理水配管工事(配管)	3,000千円/t(配管重量)
処理水配管工事(土木)	1,500千円/m

#### 2) 管路内設置型らせん方式

管路内設置型らせん方式の建設費については表 5-13 に示すとおり想定した。

表 5-13 管路内設置型らせん方式の建設費の想定

水熱源HP	108千円/kW(暖)、機器単体
電動チラー	25千円/kW(冷専チラー)、機器単体
空冷HP	30千円/kW(冷暖)、機器単体
ボイラ(貫流)	10千円/kW、機器単体
蓄熱タンク(HP温水)	200千円/m <sup>3</sup> (工事費込)
管路内熱交換器	120千円/m
熱源水ポンプ	30千円/kW
熱源水配管	100千円×50m(敷地内埋設)

### 3) 管底設置方式（樹脂）

管底設置方式（樹脂）の建設費については表 5-14 に示すとおり想定した。

表 5-14 管底設置型（樹脂）方式の建設費の想定

水熱源 H P	108千円/kW(暖)、機器単体
電動チラー	25千円/kW(冷専チラー)、機器単体
空冷 H P	30千円/kW(冷暖)、機器単体
ボイラ(貫流)	10千円/kW、機器単体
貯湯槽	200千円/m <sup>3</sup> (工事費込)
管路内熱回収設備	120千円/m
熱源水ホップ	30千円/kW
熱源水配管	100千円×50m(敷地内埋設)

### 4) 管底設置方式（金属）

管底設置方式（金属）の建設費については表 5-15 に示すとおり想定した。

表 5-15 管底設置方式（金属）方式の建設費の想定

水熱源 H P	108千円/kW(暖)、機器単体
電動チラー	25千円/kW(冷専チラー)、機器単体
空冷 H P	30千円/kW(冷暖)、機器単体
ボイラ(貫流)	10千円/kW、機器単体
蓄熱タンク(HP温水)	200千円/m <sup>3</sup> (工事費込)
管路内熱交換器	400千円/m
熱源水ホップ	30千円/kW
熱源水配管	100千円×50m(敷地内埋設)

### 5) マンホール取水管路外流下液膜方式

マンホール取水管路外流下液膜方式に関しては、スクリーン取水能力が 14L/s の場合と 40L/s の場合の建設費について、それぞれ表 5-16、表 5-17 に示すとおり想定した。

表 5-16 マンホール取水管路外流下液膜方式（スクリーン取水能力 14L/s の場合）の建設費の想定

水熱源 H P	108千円/kW(暖)、機器単体
電動チラー	25千円/kW(冷専チラー)、機器単体
空冷 H P	30千円/kW(冷暖)、機器単体
ボイラ(貫流)	10千円/kW、機器単体
貯湯タンク	150千円/m <sup>3</sup> (工事費込)
熱交換器(流下液膜式)	100千円/kW
下水取水設備	スクリーン等(50m <sup>3</sup> /h)
熱源水ホップ	15kW×30千円/kW
熱源水配管	100千円×100m(敷地内埋設)
下水管渠内配管工事	百万円と想定

表 5-17 マンホール取水管路外流下液膜方式（スクリーン取水能力 40L/s の場合）  
の建設費の想定

水熱源HP	35千円/kW(冷暖)、機器単体
電動チラー	25千円/kW(冷専チラー)、機器単体
空冷HP	30千円/kW(冷暖)、機器単体
ボイラ(貫流)	10千円/kW、機器単体
貯湯タンク	150千円/m <sup>3</sup> (工事費込)
熱交換器(流下液膜式)	100千円/kW
下水取水設備	スクリーン等(150m <sup>3</sup> /h)
熱源水ポンプ	15kW×30千円/kW
熱源水配管	100千円×100m(敷地内埋設)
下水管渠内配管工事	百万円と想定

## (2) 国庫補助

モデルケースにおいては、上述の建設費に対し、国庫補助（補助率 1/2）の適用を仮定して採算性を評価した。補助対象設備は以下のとおりと仮定する。

- 処理水活用大規模熱供給利用方式：  
処理水導管（土木工事含む）、下水熱交換器、オートストレーナ、水熱源ヒートポンプ
- 管路内設置型らせん方式・管底設置方式（樹脂）・管底設置方式（金属）：  
下水熱交換器、水熱源ヒートポンプ
- マンホール取水管路外流下液膜方式：  
下水取水設備、下水熱交換器、水熱源ヒートポンプ

## (3) 運転費

運転費（エネルギー料金、水道料金、設備維持管理費）については、以下のとおり想定した。

- 電気料金については東京電力料金（契約は業務用又は業務用季節別時間帯別の安い方）、ガス料金については東京ガス料金（契約は業務用季節別）を利用した。なお、電力料金については基本料金については含まず、従量料金のみを計上した。また、燃料調整費はいずれも平成 26 年 10 月時点の値とした。
- 水道料金については蒸気ボイラ補給水分を計上した。
- 年間の設備維持管理費については建設費の 2%を計上した。ただし、管路内熱交換器に関しては、熱交換効率について洗浄を行わず汚れが付着した状態での効率を想定したため、維持管理費については計上しないものとした。流下液膜の維持管理費は 30 万円/年とした。

#### 5.4.4 モデルスタディにおける環境性評価結果

検討したモデルケースにおいては、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても、すべてのケースで下水熱利用の方が省エネルギー・省CO<sub>2</sub>であり、最大で全ボイラ方式に対して約45%のCO<sub>2</sub>排出量が削減できるという結果となった。

#### 【解説】

##### (1) 処理水活用大規模熱供給利用方式

処理水活用大規模熱供給利用方式の省エネルギー効果及びCO<sub>2</sub>排出量削減効果について評価した結果を図5-15、図5-16に示す。

下水熱利用により、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても省エネルギー・省CO<sub>2</sub>であるという結果となった。

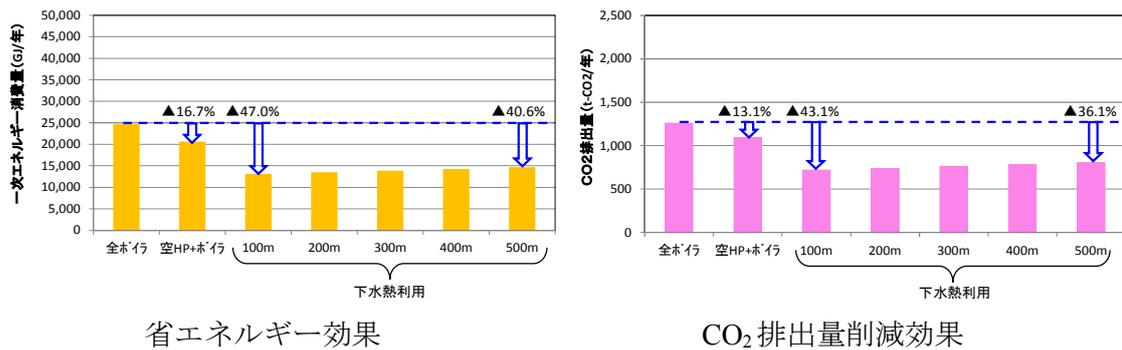


図 5-15 処理水活用大規模熱供給利用方式の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub>排出量削減効果の評価結果 (東京・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) の場合)

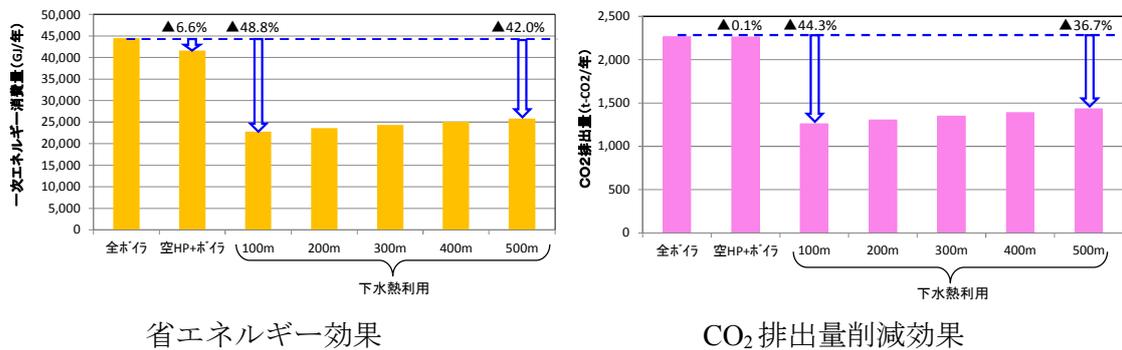


図 5-16 処理水活用大規模熱供給利用方式の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub>排出量削減効果の評価結果 (札幌・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) の場合)

## (2) 管路内設置型らせん方式

管路内設置型らせん方式の省エネルギー効果及び CO<sub>2</sub> 排出量削減効果について評価した結果を図 5-17、図 5-18 に示す。

下水熱利用により、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても省エネルギー・省 CO<sub>2</sub> であるという結果となった。なお、熱交換器の長さが 200m の場合のほうが 100m の場合よりも効果が小さいのは、熱媒搬送量の増大によるポンプ動力の増加が影響しているものと考えられる。

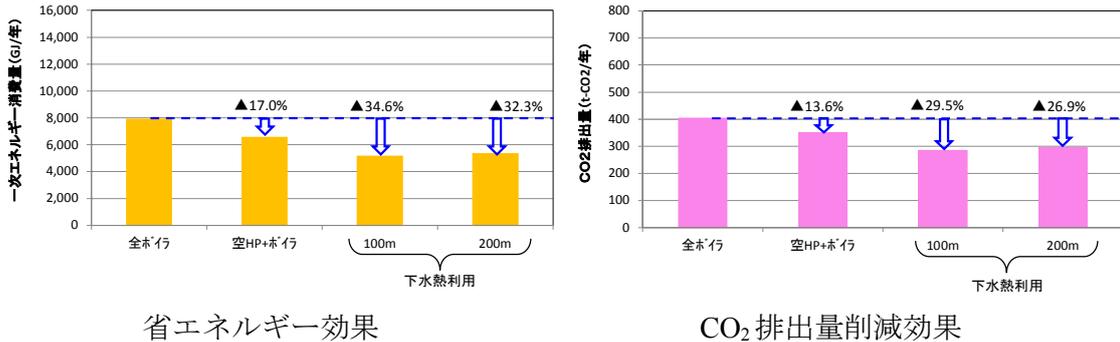


図 5-17 管路内設置型らせん方式の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果 (東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)

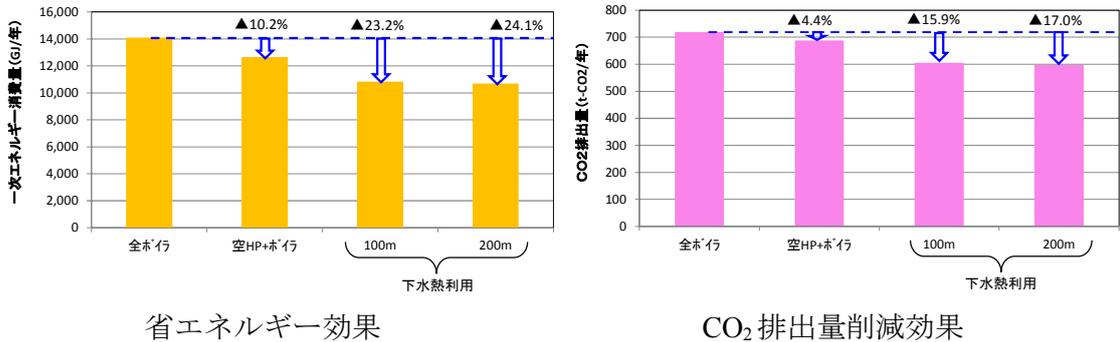


図 5-18 管路内設置型らせん方式の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果 (札幌・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)

### (3) 管底設置方式（樹脂）

管底設置方式（樹脂）の省エネルギー効果及びCO<sub>2</sub>排出量削減効果について評価した結果を図 5-19、図 5-20 に示す。

下水熱利用により、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても省エネルギー・省CO<sub>2</sub>であるという結果となった。なお、熱交換器の長さが200mの場合のほうが100mの場合よりも効果が小さいのは、熱媒搬送量の増大によるポンプ動力の増加が影響しているものと考えられる。

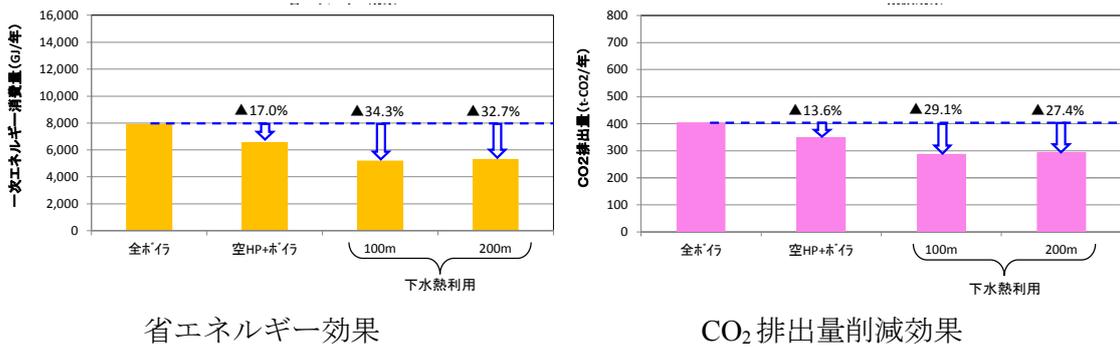


図 5-19 管底設置方式（樹脂）の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）

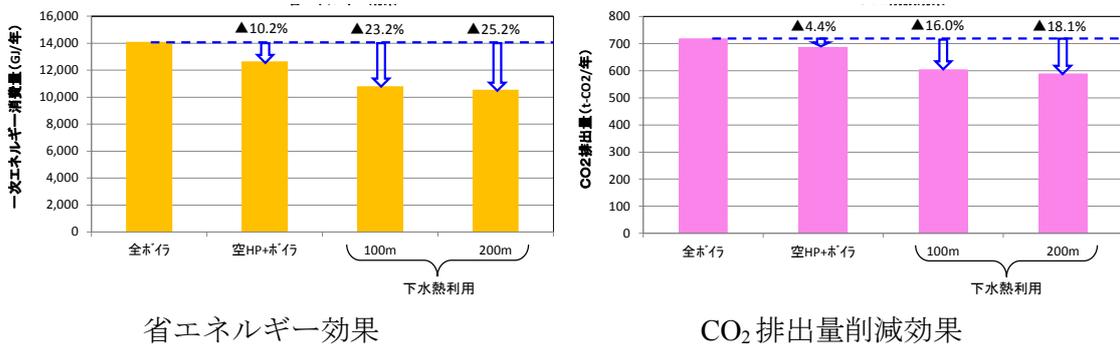
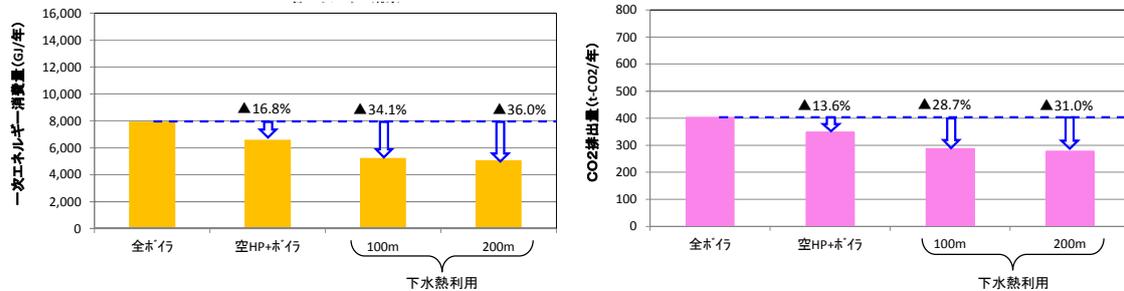


図 5-20 管底設置方式（樹脂）の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）

#### (4) 管底設置方式（金属）

管底設置方式（金属）の省エネルギー効果及びCO<sub>2</sub>排出量削減効果について評価した結果を図 5-21、図 5-22 に示す。

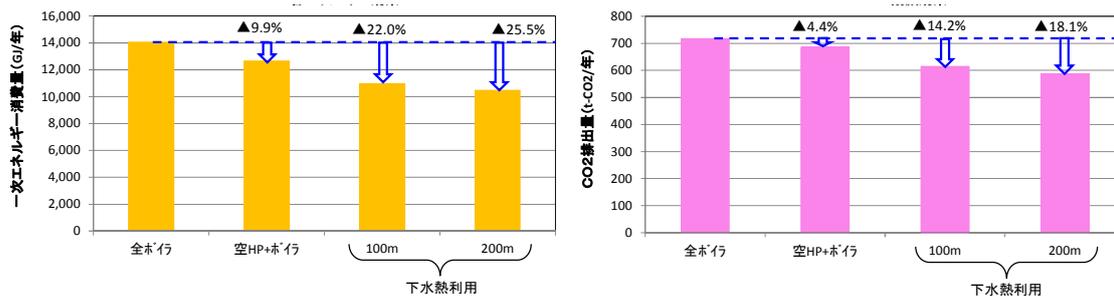
下水熱利用により、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても省エネルギー・省CO<sub>2</sub>であるという結果となった。



省エネルギー効果

CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

図 5-21 管底設置方式（金属）の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）



省エネルギー効果

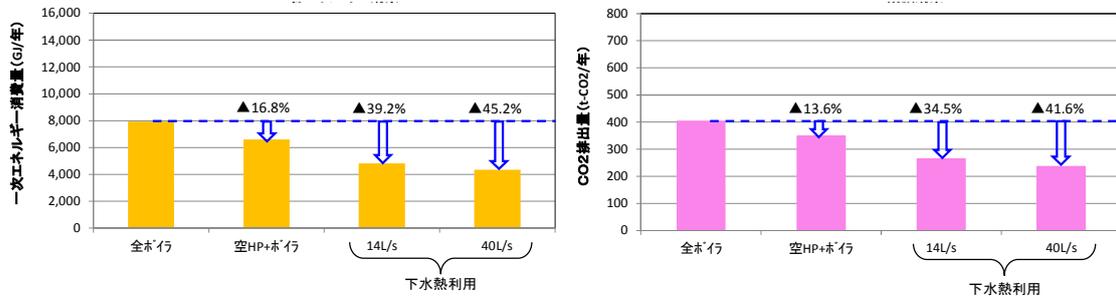
CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

図 5-22 管底設置方式（金属）の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）

(5) マンホール取水管路外流下液膜方式

マンホール取水管路外流下液膜方式の省エネルギー効果及び CO<sub>2</sub> 排出量削減効果について評価した結果を図 5-23、図 5-24 に示す。

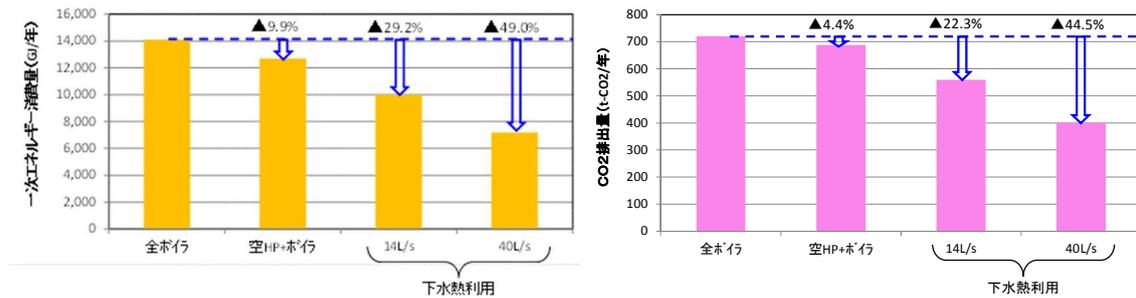
下水熱利用により、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても省エネルギー・省 CO<sub>2</sub> であるという結果となった。



省エネルギー効果

CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

図 5-23 マンホール取水管路外流下液膜方式の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果 (東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)



省エネルギー効果

CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

図 5-24 マンホール取水管路外流下液膜方式の省エネルギー効果・CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の評価結果 (札幌・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)

#### 5.4.5 モデルスタディにおける採算性評価結果

検討したモデルケース（ホテル 30,000 m<sup>2</sup> 又は福祉施設 10,000 m<sup>2</sup>）においては、適正な設備規模を設定することで、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても、採算性が優れ、最大で全ボイラ方式に対して約 49%の年間経費が削減できるという結果となった。

#### 【解説】

#### (1) 採算性評価結果

##### 1) 処理水活用大規模熱供給利用方式

処理水活用大規模熱供給利用方式の採算性の評価結果を図 5-25、図 5-26 に示す。

東京・ホテル（30,000m<sup>2</sup>）の場合は、全ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式は採算性に優れる。空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式との比較においては、熱源と需要地との距離が 300m までは下水熱利用方式の方が採算性に優れるものの、その距離がさらに離れた場合には採算性は悪くなる。

札幌・ホテル（30,000m<sup>2</sup>）の場合は、全ボイラ方式や空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式と比べて、検討したいずれのケース（熱源と需要地との距離）下水熱利用方式の方が採算性に優れる。ただし、東京・ホテル（30,000m<sup>2</sup>）の場合と同様、熱源と需要地との距離が離れるほどその優位性は小さくなる。

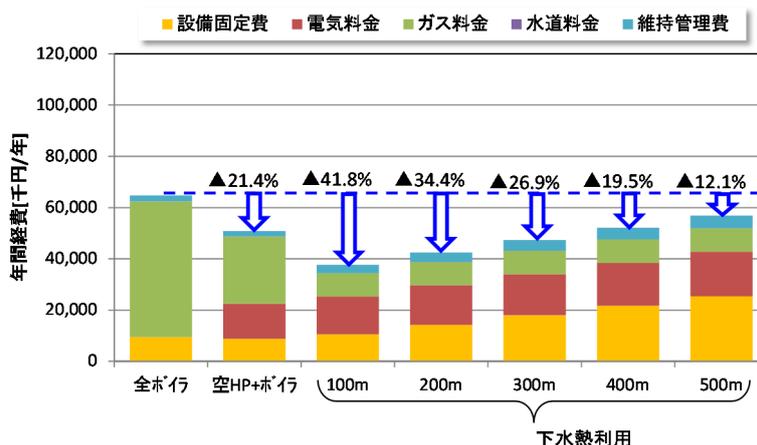


図 5-25 処理水活用大規模熱供給利用方式の年間経費の評価結果（東京・ホテル（30,000m<sup>2</sup>）の場合）

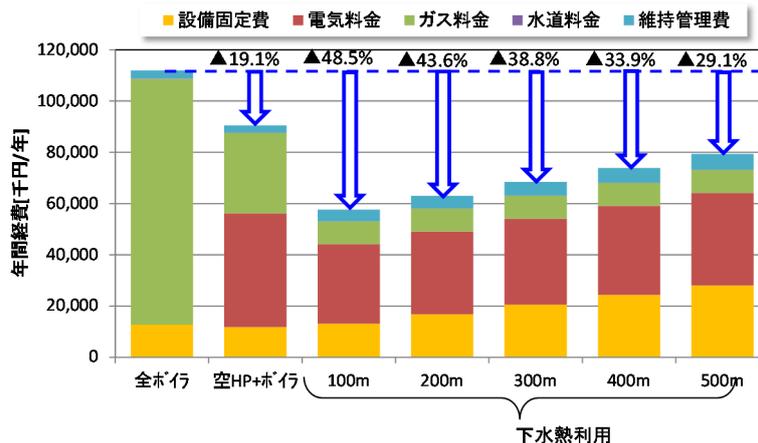


図 5-26 処理水活用大規模熱供給利用方式の年間経費の評価結果  
(札幌・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) の場合)

## 2) 管路内設置型らせん方式

管路内設置型らせん方式の採算性について評価した結果を図 5-27、図 5-28 に示す。

東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合は、全ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式は採算性に優れる。空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式との比較においては、熱交換器の長さが 100m の場合は下水熱利用方式の方が採算性に優れるものの、長くなるほど採算性は悪くなり、200m の場合には優劣が逆転する。需要に対し設備が過剰になっているものと推測される。

札幌・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合は、全ボイラ方式や空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式の方が採算性に優れる。ただし、東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合と同様、熱交換器の長さが長くなるほどその優位性は小さくなる。

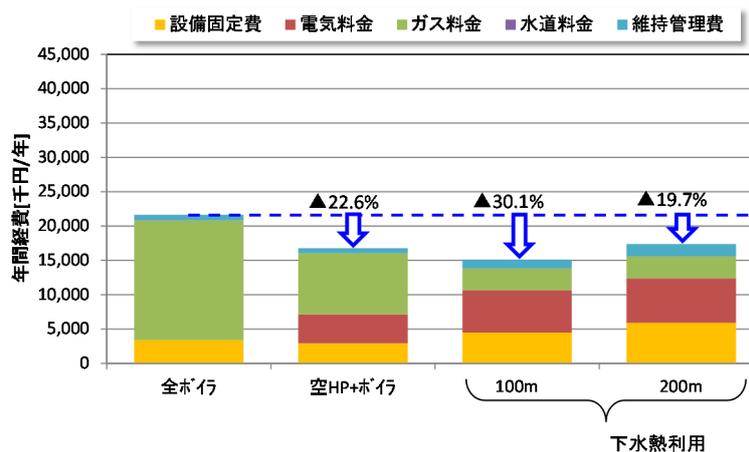


図 5-27 管路内設置型らせん方式の年間経費の評価結果  
(東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)

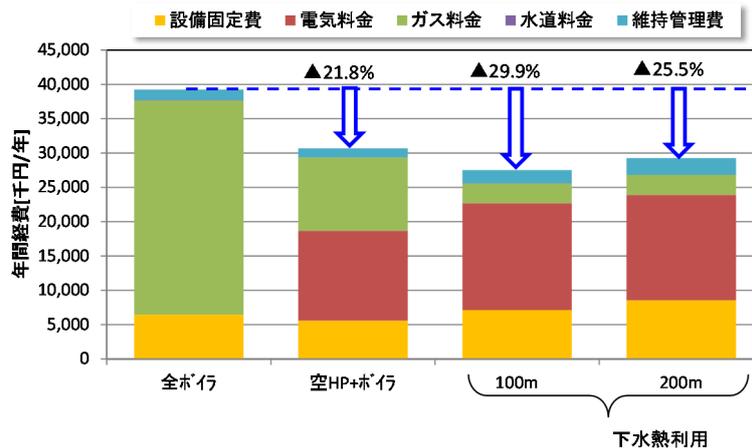


図 5-28 管路内設置型らせん方式の年間経費の評価結果 (札幌・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)

### 3) 管底設置方式 (樹脂)

管底設置方式 (樹脂) の採算性について評価した結果を図 5-29、図 5-30 に示す。

東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合は、全ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式は採算性に優れる。空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式との比較においては、管路内熱交換器の長さが 100m の場合は下水熱利用方式の方が経済性に優れるものの、長くなるほど採算性は悪くなり、200m の場合には優劣が逆転する。需要に対し設備が過剰になっているものと推測される。

札幌・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合は、全ボイラ方式や空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式の方が経済性に優れる。ただし、東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合と同様、管路内熱交換器の長さが長くなるほどその優位性は小さくなる。

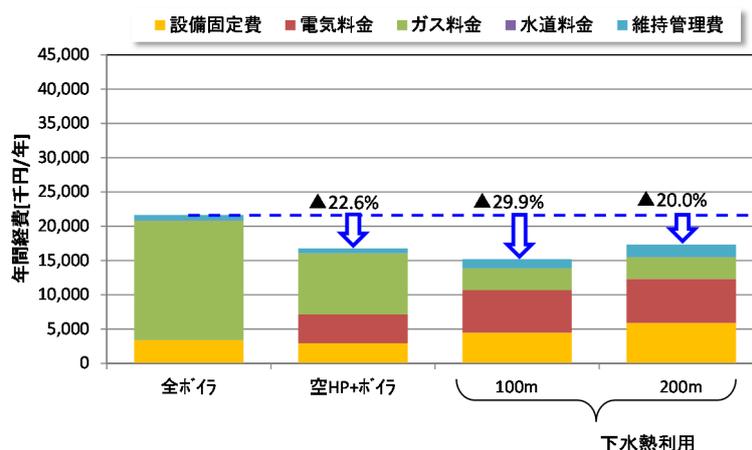


図 5-29 管底設置方式 (樹脂) の年間経費の評価結果 (東京・福祉施設 (10,000m<sup>2</sup>) の場合)

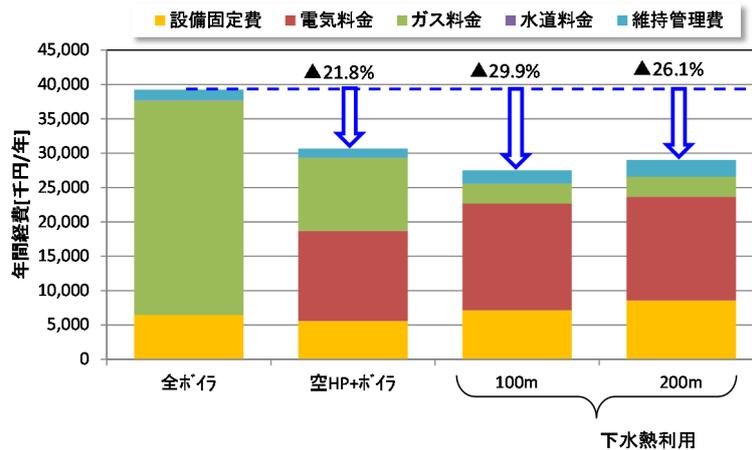


図 5-30 管底設置方式（樹脂）の年間経費の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）

#### 4) 管底設置方式（金属）

管底設置方式（金属）の採算性について評価した結果を図 5-31、図 5-32 に示す。

東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合は、全ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式は採算性に優れる。空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式との比較においては、管路内熱交換器の長さが 100m の場合は下水熱利用方式の方が経済性に優れるものの、長くなるほど採算性は悪くなり、200m の場合には優劣が逆転する。需要に対し設備が過剰になっているものと推測される。参考として熱交換器の長さ 200m の条件で東京・福祉施設（30,000m<sup>2</sup>）での熱利用を検討したところ、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式と比較しても採算性が優れる結果となった。

札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）についても、東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合と同様の結果となった。

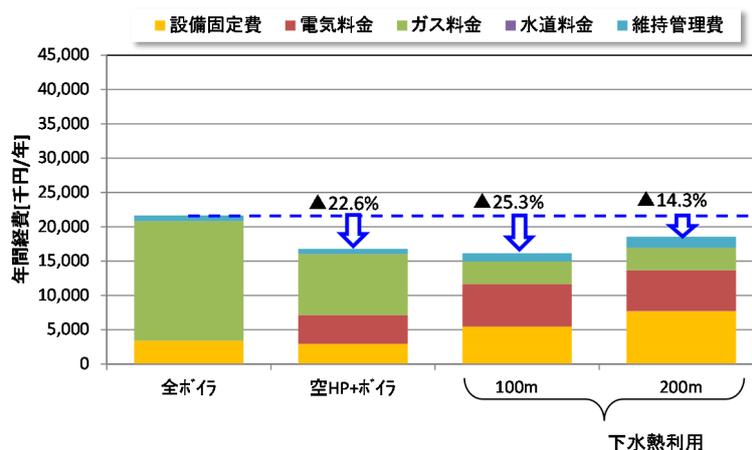


図 5-31 管底設置方式（金属）の年間経費の評価結果（東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）

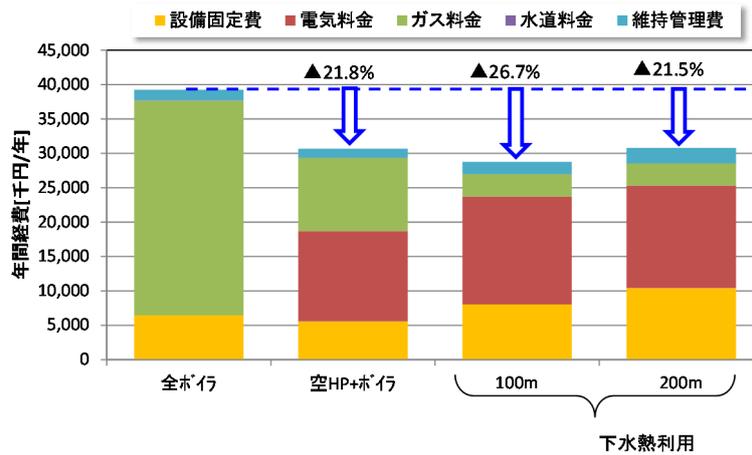


図 5-32 管底設置方式（金属）の年間経費の評価結果（札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合）

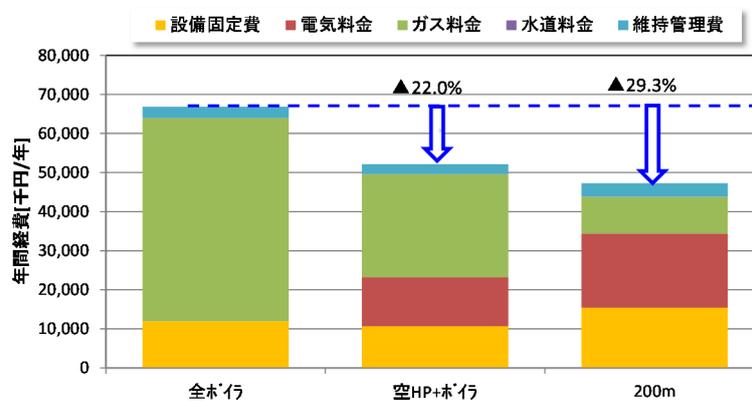


図 5-33 管底設置方式（金属）の年間経費の評価結果（東京・福祉施設（30,000m<sup>2</sup>）・熱交換器長さ 200m の場合）

### 5) マンホール取水管路外流下液膜方式

マンホール取水管路外流下液膜方式の採算性について評価した結果を図 5-34、図 5-35 に示す。

東京・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合は、全ボイラ方式と比べて、下水熱利用方式は採算性に優れる。空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式との比較においては、スクリーンの取水能力が 40L/s の場合は下水熱利用方式の方が採算性に優れるものの、14L/S の場合には劣る。

札幌・福祉施設（10,000m<sup>2</sup>）の場合は、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれと比べて、下水熱利用方式の方が採算性に優れる。スクリーン取水能力が大きくなるにつれ、その優位性は高まる。

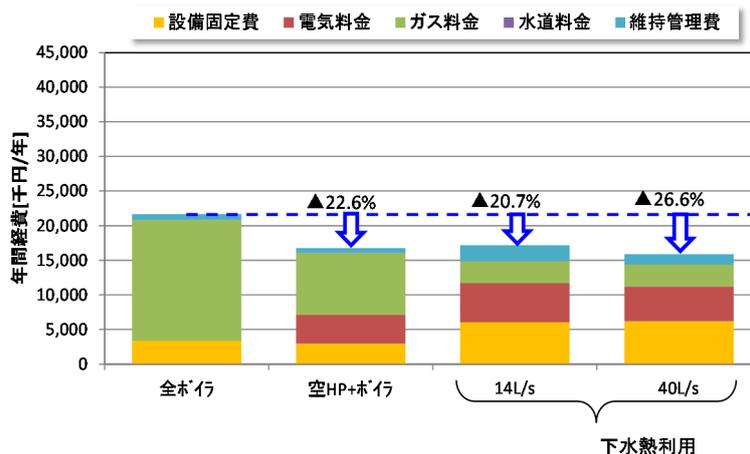


図 5-34 マンホール取水管路外流下液膜方式の年間経費の評価結果 (東京・福祉施設 (10,000m²) の場合)

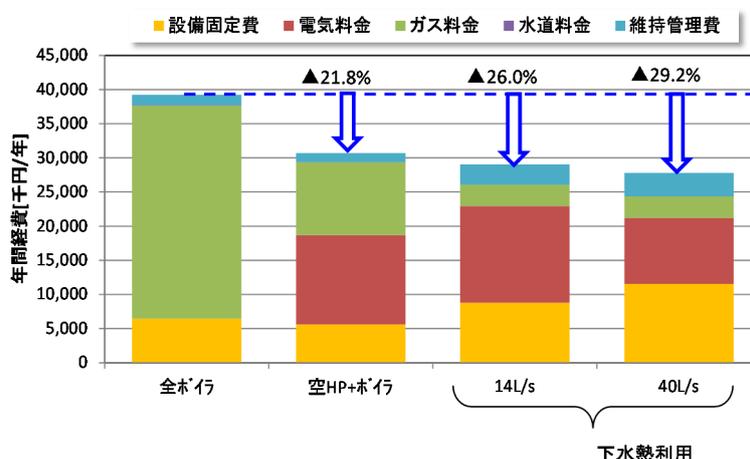


図 5-35 マンホール取水管路外流下液膜方式の年間経費の評価結果 (札幌・福祉施設 (10,000m²) の場合)

## (2) 下水熱利用に係る料金等を想定した事業採算性

熱利用者の立場から採算性を評価する際には、下水熱利用に係る料金等を考慮するがある。

下水熱利用に係る料金は、熱利用者が得られる経済的メリットを踏まえた上で、総合的な経営判断の下、金額を決定することが望ましい。そこで、熱利用者が得られる経済的メリット (比較システムとの年間経費の差額) が、下水熱利用に係る料金の上限の目安になるもの想定して、その金額を表 5-18 に整理した。

また、あわせてこれを単位床面積あたりに換算した金額を表 5-19 に示す。ただし、これらの値は熱利用施設の規模や用途により変動する点に留意が必要である。

表 5-18 各検討ケースの年間経費削減額

		全ボイラ方式に対する 年間経費削減額 [千円/年]		空気熱源ヒートポンプ+ ボイラ方式に対する年間 経費削減額[千円/年]	
		東京	札幌	東京	札幌
a. 処理水活用大規模 熱供給方式	100m <sup>※</sup>	27,047	54,247	13,189	32,870
	200m <sup>※</sup>	22,244	63,053	8,386	27,433
	300m <sup>※</sup>	17,440	43,374	3,582	21,977
	400m <sup>※</sup>	12,637	37,937	▲1,221	16,560
	500m <sup>※</sup>	7,833	32,500	▲6,025	11,123
b. 管路内設置型ら せん方式	100m <sup>※</sup>	6,521	11,726	1,627	3,171
	200m <sup>※</sup>	4,272	9,996	▲622	1,441
c. 管底設置型(樹種) 方式	100m <sup>※</sup>	6,475	11,729	1,581	3,174
	200m <sup>※</sup>	4,329	10,231	▲565	1,676
d. 管底設置方式(金 属)方式	100m <sup>※</sup>	5,489	11,692	595	2,392
	200m <sup>※</sup>	3,105	8,452	▲1,789	▲103
e. マンホール取水管 路外流下液膜方式	14L/s <sup>※</sup>	4,566	10,296	▲388	1,741
	40L/s <sup>※</sup>	5,765	11,461	871	2,906

※処理水活用大規模熱供給方式：熱源と需要地との距離  
 管路内設置型らせん方式・管底設置型(樹脂)方式・管底設置方式(金属)方式：熱交換器長さ  
 マンホール取水管路外流下液膜方式：取水能力

表 5-19 各検討ケースの単位床面積当たりの年間経費削減額

		全ボイラ方式に対する 年間経費削減額 [千円/年・m <sup>2</sup> ]		空気熱源ヒートポンプ+ ボイラ方式に対する年間 経費削減額[千円/年・m <sup>2</sup> ]	
		東京	札幌	東京	札幌
a. 処理水活用大規模 熱供給方式	100m <sup>※</sup>	902	1,808	440	1,096
	200m <sup>※</sup>	741	2,102	280	914
	300m <sup>※</sup>	581	1,446	119	733
	400m <sup>※</sup>	421	1,265	▲41	552
	500m <sup>※</sup>	261	1,083	▲201	371
b. 管路内設置型ら せん方式	100m <sup>※</sup>	652	1,173	163	317
	200m <sup>※</sup>	427	1,000	▲62	144
c. 管底設置型(樹種) 方式	100m <sup>※</sup>	648	1,173	158	317
	200m <sup>※</sup>	433	1,023	▲57	168
d. 管底設置方式(金 属)方式	100m <sup>※</sup>	549	1,169	60	239
	200m <sup>※</sup>	311	845	▲179	▲10
e. マンホール取水管 路外流下液膜方式	14L/s <sup>※</sup>	457	1,030	▲39	174
	40L/s <sup>※</sup>	577	1,146	87	291

※処理水活用大規模熱供給方式：熱源と需要地との距離  
 管路内設置型らせん方式・管底設置型(樹脂)方式・管底設置方式(金属)方式：熱交換器長さ  
 マンホール取水管路外流下液膜方式：取水能力

### (3) エネルギーコストの変動による採算性への影響

#### 1) 処理水活用大規模熱供給利用方式

処理水活用大規模熱供給利用方式（東京、需要地までの距離 100m の場合）において、エネルギーコスト（電気・ガス料金）単価の変動による採算性への影響について感度分析を実施した結果を図 5-36 に示す。

エネルギーコスト（電気・ガス料金）単価が上昇するほど、下水熱利用、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式のいずれのケースも全ボイラ方式よりもコスト削減率は大きくなるが、その感度は下水熱利用の方が大きい。

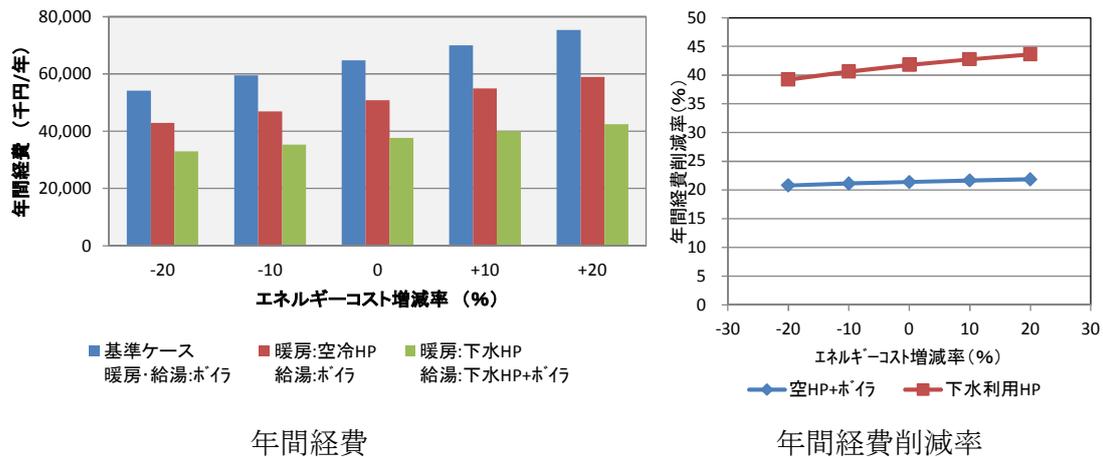


図 5-36 処理水活用大規模熱供給利用方式における感度分析結果  
（東京、需要地までの距離 100m の場合）

#### 2) 管路内設置型らせん方式

管路内設置型らせん方式（東京、熱交換器長さ 100m の場合）において、エネルギーコスト（電気・ガス料金）単価の変動による採算性への影響について感度分析を実施した結果を図 5-37 に示す。

エネルギーコスト（電気・ガス料金）単価が上昇するほど、下水熱利用、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式のいずれのケースも全ボイラ方式よりもコスト削減率は大きくなるが、その感度は下水熱利用の方が大きい。

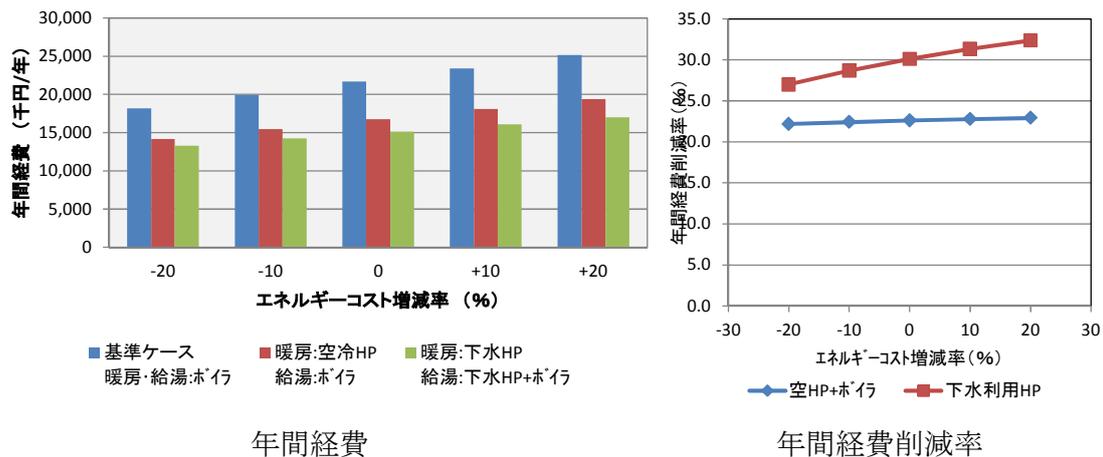


図 5-37 管路内設置型らせん方式における感度分析結果 (東京、熱交換器長さ 100m の場合)

### 3) 管底設置方式 (樹脂)

管底設置型方式 (樹脂) (東京、熱交換器長さ 100m の場合) において、エネルギーコスト (電気・ガス料金) 単価の変動による採算性への影響について感度分析を実施した結果を図 5-38 に示す。

エネルギーコスト (電気・ガス料金) 単価が上昇するほど、下水熱利用ヒートポンプ、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式のいずれのケースも全ボイラ方式よりもコスト削減率は大きくなるが、その感度は下水熱利用の方が大きい。

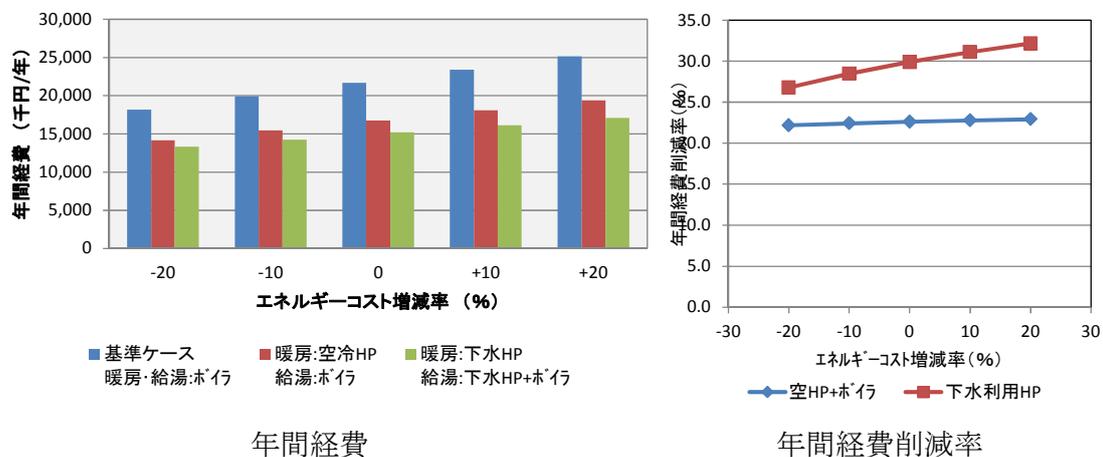


図 5-38 管底設置型 (樹脂) における感度分析結果 (東京、熱交換器長さ 100m の場合)

### 4) 管底設置方式 (金属)

管底設置方式 (金属) (東京、熱交換器長さ 100m の場合) において、エネルギーコスト (電気・ガス料金) 単価の変動による採算性への影響について感度分析を実施した結果を図 5-38 に示す。

エネルギーコスト (電気・ガス料金) 単価が上昇するほど、下水熱利用、空気熱源ヒ

ートポンプ+ボイラ方式のいずれのケースも全ボイラ方式よりもコスト削減率は大きくなるが、その感度は下水熱利用の方が大きい。

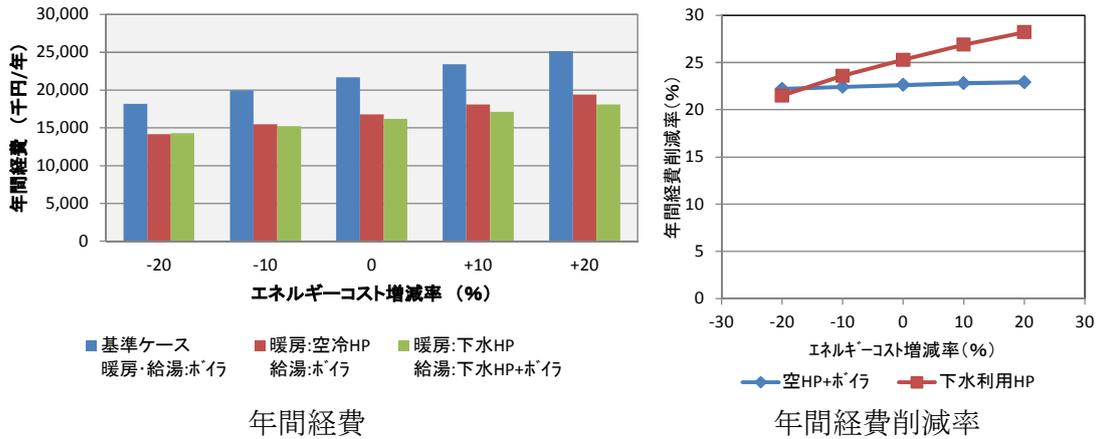


図 5-39 管底設置方式（金属）における感度分析結果（東京、熱交換器長さ 100m の場合）

### 5) マンホール取水管路外流下液膜方式

マンホール取水管路外流下液膜方式（東京、スクリーン取水能力 14L/s の場合）において、エネルギーコスト（電気・ガス料金）単価の変動による採算性への影響について感度分析を実施した結果を図 5-40 に示す。

エネルギーコスト（電気・ガス料金）単価が上昇するほど、下水熱利用、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式のいずれのケースも全ボイラ方式よりもコスト削減率は大きくなるが、その感度は下水熱利用の方が大きく、エネルギーコストが 10%増加すると、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式に比べても採算性が優れる。

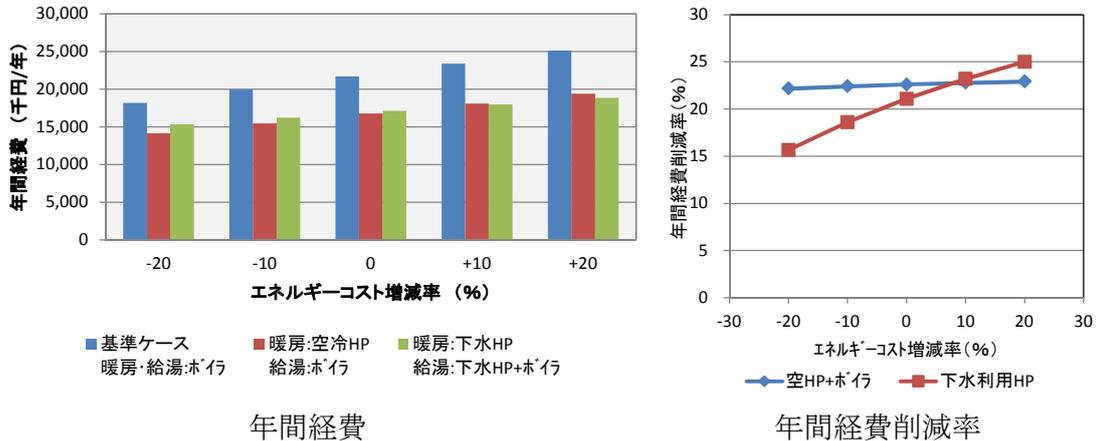


図 5-40 マンホール取水管路外流下液膜方式における感度分析結果（東京、取水能力 14L/s の場合）

#### (4) その他の効果の評価

##### 1) 冷却水補給水の削減効果

下水温度は、冬期については外気温度や湿球温度と比較して高く、温熱需要に対するヒートポンプの熱源として有効であるが、夏期については外気温度や湿球温度とほとんど温度差がないため、冷凍機の COP の向上には大きな効果はない。一方で、冷凍機の冷却水代替によって節水につながるため、水道料金削減というメリットにつながる。

そこで、東京・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) のケースを例に、冷却水補給水の削減による経済的メリットについて、以下の式 1 により試算した。

$$\begin{aligned} & \text{冷却水補給水削減によるメリット[円/年]} \\ & = \text{冷却水補給水量[m}^3\text{/年]} \times \text{上水道料金単価[円/m}^3\text{]} \end{aligned} \quad \text{—式 1}$$

ここで、冷却水補給水量については冷却水循環水量の 2%<sup>14</sup>であるとし、水道料金単価については 400 円/m<sup>3</sup>と想定した。冷却水循環水量については、冷房需要を 300 万 Mcal (東京・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) の冷房需要は 5.4.1 (1) に記載のとおり 3,489MWh/年)、冷却水温度差を 5K とし、以下の式 2 により算出した。

$$\begin{aligned} & \text{冷却水循環水量[m}^3\text{/年]} \\ & = \text{冷房需要[Mcal/年]} \times \text{排熱係数 (1.2)} \div \text{冷却水温度差[K]} \end{aligned} \quad \text{—式 2}$$

以上の想定に基づき、冷却水補給水削減による経済的メリットを算出すると約 580 万円/年となった。

なお、冷却水を利用しない空気熱源ヒートポンプに対しては、水道料金削減のメリットはないが、空気熱源ヒートポンプは水冷式の冷凍機 (ターボ冷凍機等) と比べ、冷房 COP が低いため、その部分の効果の差を考慮する必要がある。

##### 2) 再生水との併用効果

再生水を熱利用だけでなく、冷却水・熱源水として利用後に、トイレ用水等として活用することで、水道料金の削減につながる。

そこで、東京・ホテル (30,000m<sup>2</sup>) のケースを例に、再生水をトイレ用水に併用することを想定し、以下の式 3 によりその経済的メリットを試算した。

$$\begin{aligned} & \text{再生水との併用によるメリット[円/年]} \\ & = \text{再生水需要原単位[L/m}^2 \cdot \text{年]} \times \text{建物延床面積[m}^2\text{]} \\ & \quad \times (\text{上水道料金単価[円/m}^3\text{]} - \text{再生水料金単価[円/m}^3\text{]}) \end{aligned} \quad \text{—式 3}$$

<sup>14</sup> 蒸発損失量が循環水量の約 1.1%、飛散損失量が循環水量の約 0.05~0.2%、強制ブロー量が循環水量の約 0.3~0.5%であることから、冷却水補給水量は冷却水循環水量の 1.5~2.0%程度となる。

ここで、再生水需要原単位については、表 5-20 におけるホテルの値を用いて、 $1.68\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ とした。また、水道料金単価は 400 円/ $\text{m}^3$ 、再生水料金単価は 260 円/ $\text{m}^3$ と想定した。

表 5-20 再生水需要原単位（トイレ用水の場合）

建物用途	①日平均給水 需要原単位 [ $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ ]	②トイレ 洗浄水 割合[-]	③日平均再生水 需要原単位[ $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ ] (①×②)	④年平均再生水 需要原単位[ $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ] (③×365 日/年÷1000 $\text{L}/\text{m}^3$ )
業務	7	33%	2.3	0.84
商業	22	41%	9.0	3.29
住宅	9	19%	1.7	0.62
ホテル	20	23%	4.6	1.68
その他	7	33%	2.3	0.84

出所）（公益社団法人）雨水貯留浸透協議会「雨水利用ハンドブック」（平成 10 年 8 月）等を参考に算定。

以上の想定に基づき、再生水利用の経済的メリットを算出すると約 700 万円/年となった。

(2)にて示した処理水活用大規模熱供給利用方式（東京・ホテル（ $30,000\text{m}^2$ ）、需要地までの距離 400m とした場合）の採算性評価において、上記の冷却水利用及び再生水利用を考慮した場合の効果を図 5-41 に示す。

冷却水利用や再生水利用を行わない場合、下水熱利用では空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式よりも年間経費は高いが、冷却水利用を合わせて行った場合は、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式よりも約 4,500 千円/年、再生水利用を合わせて行った場合は、約 5,800 千円/年、年間経費は安くなる。

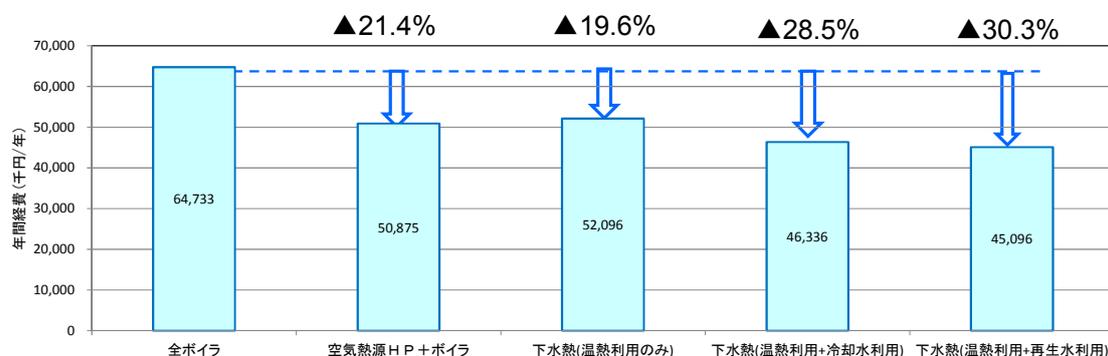


図 5-41 処理水熱供給ケースにおける冷却水利用や再生水利用の効果の評価結果（東京モデル・需要地までの距離 400m の場合）

#### 5.4.6 ケーススタディ結果のまとめ

検討したモデルケースにおいては、全ボイラ方式、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式いずれに対しても、すべてのケースで下水熱利用の方が省エネルギー・省CO<sub>2</sub>であり、また適正な設備規模を設定することで、採算性にも優れる結果となった。

#### 【解説】

以上のケーススタディから得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- 下水熱利用は、全ボイラ方式・空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式に対して、省エネルギー効果、省CO<sub>2</sub>効果がある。最大で全ボイラ方式に対して約45%のCO<sub>2</sub>排出量が削減できるという結果となった。
- 処理水活用大規模熱供給では、取水地点から需要地までの距離により、処理水配管施工費が異なり、採算性に大きく影響する。東京地区では、300m以下では、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式よりも採算性に優れている。札幌地区では、空気熱源ヒートポンプの効率が低いこともあり、500mでも十分に採算性に優位性がある。最大で全ボイラ方式に対して約49%の年間経費が削減できるという結果となった。
- 冷却水補給水削減効果、再生水との併用効果を加味すれば、東京地区において400mでも採算性に優位性がある。
- 管路内設置型らせん方式、管底設置型（樹脂）方式、管底設置方式（金属）方式は、需要に対して適正な設備規模を設定すれば、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式よりも採算性が優れている。最大で全ボイラ方式に対して約30%の年間経費が削減できるという結果となった。
- マンホール取水管路外流下液膜方式は、需要に対して適正な設備規模を設定することに加え、大規模に熱回収が行えることから大規模高効率な水熱源ヒートポンプが使えることもあり、下水熱利用の規模が大きいほど空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式よりも採算性が優れている。
- 下水を利用する水熱源ヒートポンプは規模により、効率・価格（容量単位価格）が異なり、空気熱源ヒートポンプ+ボイラ方式と比較してスケールメリットの影響が大きい。現状では、小規模水熱源ヒートポンプの一層の効率向上・価格低下が望まれる。
- エネルギー単価が増加するほど、下水熱利用の採算性優位性は大きくなる。

なお、今回の採算性評価においては、各ケースで、下水熱依存率が異なり、熱需要の全てを下水熱で賄うことを前提としたスタディでないことに留意する必要がある。

## 5.5 FS 調査の準備・運用方針の検討

### 5.5.1 下水に関する詳細な現地調査

FS 調査の準備のための下水状況を把握するための方法として、「水位計測による推計」、「下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）の作成」等がある。

#### 【解説】

FS 調査段階においては、時刻別の下水流量・温度変化が必要になることが考えられる。下水流量・温度を把握するに当たっては、実際に下水流量・温度を計測するのが最も正確な方法であり、以下のような方法がある。

#### (1) 水位計測による推計

採熱地点における水位計測データ及び管路仕様（勾配、管径等）に基づき下水流量を推計する方法である。円形管路における下水流量と管路仕様の関係の一例を図 5-42 に示す。なお、図の粗度係数とは水路底や壁の「荒さ」を示す指標であり、管路の材質に応じて決められた値を設定する（例えば、鉄筋コンクリート管渠の粗度係数は 0.01～0.02 である<sup>15)</sup>。

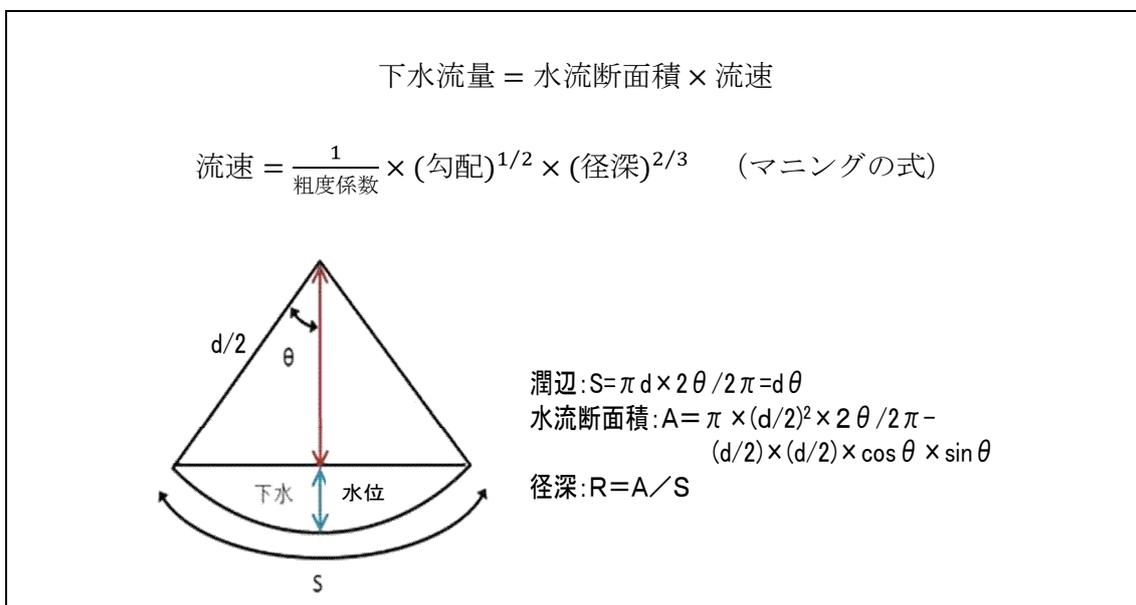


図 5-42 管路仕様に基づく下水流量の推計（円形断面水路の流量の求め方）

#### (2) 下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）

事業化が検討される地区を対象として、管路上の任意地点における時刻変動を考慮し

<sup>15)</sup> 水理公式集 平成 11 年版 p.89（土木学会）より

た詳細な下水熱ポテンシャルを算出する<sup>16</sup>。

### (3) 降雨・大規模温浴施設等の影響

大規模温浴施設等高温・多量の排水が想定される施設が採熱地点の近傍に存在する場合、あるいは合流式の下水道において降雨・融雪による影響が見込まれる場合は、特異的に採熱地点の下水温度が変動する可能性がある。このため、採熱地点において下水温度を計測することが望ましい。

#### 5.5.2 システム構成の検討

下水熱利用システムの構築を検討する際は、採熱量の目安とともに、建物内の熱源設備、採熱設備の種類と熱供給先の組み合わせ、設備規模について検討する。

#### 【解説】

下水熱利用システムの構築を検討する場合は、上記の採熱量の目安とともに、建物内の熱源設備、採熱設備の種類（考慮すべき設備の例は表 5-21 参照）と熱供給先（暖房、給湯、冷房）の組み合わせ、設備規模（下水熱利用設備と補助熱源機との規模バランス等）について検討する必要がある。

表 5-21 熱源設備費と採熱設備費として考慮すべき設備例

	考慮すべき設備
熱源設備費	<ul style="list-style-type: none"><li>● 熱源機器設備費</li><li>● 洗浄システム</li><li>● ポンプ付属設備費</li><li>● 配管設備費</li><li>● 蓄熱槽設備費</li><li>● 電気計装</li><li>● 受変電設備費</li><li>● 補助熱源機</li><li>● 補機</li></ul>
採熱設備費	<ul style="list-style-type: none"><li>● 取水ポンプ設備費</li><li>● 熱源水配管設備費</li><li>● ストレーナ設備費</li><li>● 熱交換器設備費</li></ul>

<sup>16</sup>詳細については「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」（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。

(参考) 蓄熱槽について

現在再生可能エネルギー熱を導入している事業では、蓄熱槽を併設しているケースが多い。利点として以下が挙げられる。

- 熱負荷が発生しない時間帯においても、蓄熱槽をバッファ的に利用できるため、再生可能エネルギー熱の活用拡大につながる。
- 放熱をコントロールすることで設備容量を低減できる。
- 常に变化する熱負荷に影響されずに熱源を高効率ポイントで運転できる。
- 昼間のピーク時間帯に使われる電力を夜間へ移行するため、電力の負荷平準化ができる。

以下に検討事例におけるシステム構成例を示す。

<事例 1> 小規模街区における下水熱利用事業

下水配管から未処理下水を取水し、小規模業務系街区の空調・ロードヒーティング用熱供給プラントの熱源として利用する。未処理下水を利用するため、オートストレーナを設置している。

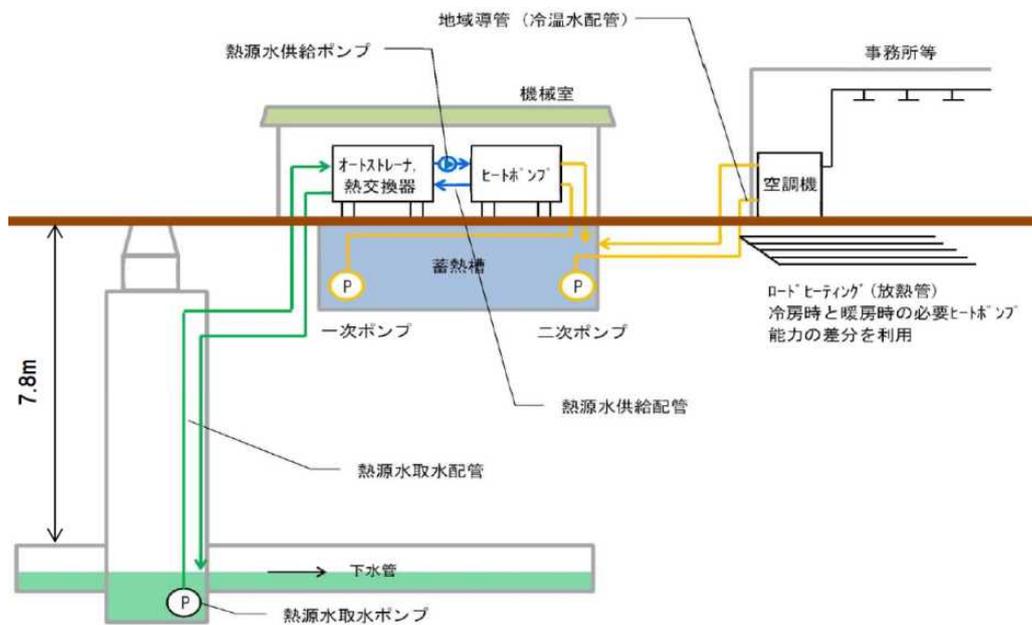


図 5-43 小規模街区における下水熱利用事業：システム概念図

## <事例2> 個別施設における下水熱利用事業

下水配管内にて未処理下水を熱交換し、小規模施設（飲食店）の給湯用熱源として利用する。バックアップとしてブースターボイラを設置している。

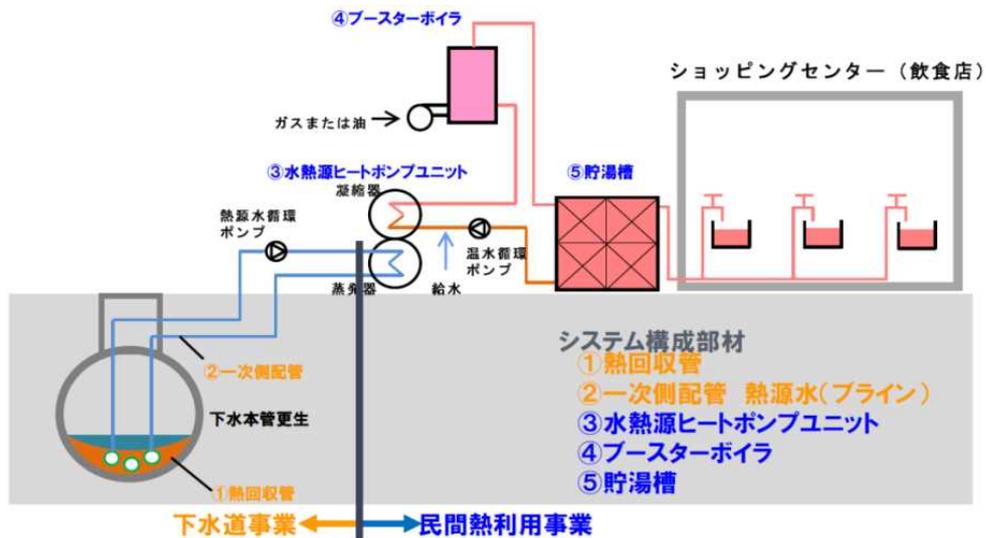


図 5-44 個別施設における下水熱利用事業：システム概念

### 5.5.3 維持管理等における留意点

下水熱利用システムを運用していくに当たり、腐食・破損対策、未処理下水中の夾雑物対策、下水の流量変動対策といった維持管理等における留意点が想定される。

#### 【解説】

下水熱利用システムを運用していくに当たり、技術的な課題を含めた維持管理等における留意点がいくつか想定される。具体的には、下水の流量変動対策、未処理下水中の夾雑物対策、腐食・破損対策といった項目が挙げられる。運用に際し、システムの安定的な運用に向けて留意する必要がある主な事項について、システム形態ごとに以下のとおり整理した。

#### (1) 下水熱利用を行う際の共通的な留意点

##### 1) 腐食・破損対策

耐久性、耐衝撃性等を考慮して最適な配管材を選定する。特に、未処理下水を取り扱う場合は、より耐久性、耐衝撃性等を考慮する必要がある。

##### 2) 硫化水素対策

エアレーション等の採用、最適な貯量部の容量算定等を実施する。

##### 3) 停電時の急停止防止対策

蓄電池やフライホイール等の設置により、急停止を防止することが考えられる。

#### (2) 未処理下水を利用する際の留意点

##### 1) 未処理下水中の夾雑物対策

搬送用としてカタ付きのグラインダポンプを採用し、異物を粉砕搬送させることが考えられる。

##### 2) 下水流量の変動対策

合流管等から下水熱を利用する場合、ゲリラ豪雨の発生等に備え、緊急時の地下貯留部を設置することが考えられる。

### 3) 未処理下水の飛散の防止、臭気対策等

#### 4) 採熱による温度低下

未処理下水から大量の採熱を行う場合、下水の温度がわずかに低下する可能性があり、下水の生物処理に影響を及ぼす可能性については留意が必要である。

#### (参考) 流入下水温の低下による生物処理への影響

下水処理場へ流入する下水の水温は、①下水処理場直近での下水熱利用、②大規模な下水熱利用、③下水流量が少ない箇所（時間帯）での下水熱利用等が行われる際に留意が必要である。

下水を融雪（雪を直接管渠に投入する施設を設置）に利用している札幌市では、室内実験プラントにおいて、水温の低下による下水処理（標準活性汚泥法）への影響を調査している。調査結果によれば、水温が7℃以上（一時的には5℃以上でも可）であれば処理は可能であるとされている。

表 5-22 温度による処理状況調査結果（処理水質）

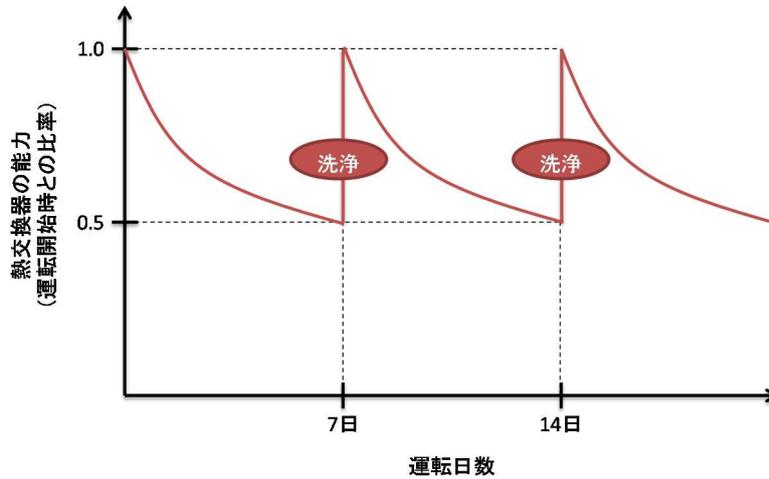
設定温度	10.0℃			6.0℃			5.5℃			5.0℃		
	処1	処2	処3	処1	処2	処3	処1	処2	処3	処1	処2	処3
T-BOD (mg/l)	9.5	7.7	15.9	17.5	18.3	11.9	16.8	16.1	10.8	16.2	13.6	14.6
C-BOD (mg/l)	7.1	4.2	5.0	7.3	7.0	4.7	6.8	7.1	6.2	14.0	12.0	9.6
D-T-BOD (mg/l)	8.8	7.7	7.3	4.0	3.2	3.2	5.0	4.7	5.3	8.2	8.8	8.1
D-C-BOD (mg/l)	5.6	4.1	4.9	3.3	2.8	2.4	4.2	4.5	4.5	6.8	8.4	6.0
SS (mg/l)	5	2	5	12	9	7	14	7	6	14	7	6
Coli. (個/ml)	250	150	120	80	1050	140	1420	430	430	2600	650	420

注釈) 実験は3系列で行われており、「処1」「処2」が標準活性汚泥法である。実験では水温が6℃未満となると、T-BODが15mg/L以上となるため処理困難との結果であるが、余裕を持たせて7℃以上で処理が可能と結論付けられている。

出所) 「低水温による下水処理方法について」(平成5年度札幌市下水道技術報告集)

#### 5) バイオフィルム

未処理下水から採熱する場合、バイオフィルムの付着により熱交換器の熱交換能力は低下する。下水熱利用システムの運転日数とバイオフィルム付着による熱交換器の能力低下の関係のイメージを下図に示す。



※熱交換器の能力の0.5倍を最低値とし、これを基準に機器の設計を行う場合

図 5-45 バイオフィルムの傾向 (イメージ)

上図のイメージについて補足すると、以下のとおり。

- バイオフィルムの付着により、熱交換器の能力は徐々に低下していくが、定期的な洗浄により概ね運転開始時の能力を取り戻す。以上の特性を踏まえ、導入する熱交換器の規模の決定に際しては、必要な熱交換量と洗浄の頻度を考慮する必要がある。
- 洗浄の頻度を少なくする場合は、能力が低下した状態での運転が多くなることを想定して熱交換器を導入する必要がある。この場合、相対的にインシヤルコストは大きくなるが、ランニングコストは小さくなる。
- 一方、洗浄の頻度を多く想定する場合は、常に上限値に近い熱交換能力を見込むことができる。この場合、相対的にインシヤルコストは小さくなるが、ランニングコストは大きくなる。
- また、上記の洗浄頻度と熱交換器の性能との関係も踏まえ、バックアップ用の熱源の要否についても検討する必要がある。

## 5.6 事業スキームの検討

### 5.6.1 関係者の連携体制の構築

下水熱利用の事業を進めていく体制は、エネルギーサービス事業者を含めるか否かにより、2者体制・3者体制に大別される。

#### 【解説】

下水熱利用の事業を進めていく体制として、2者体制と3者体制が考えられる。

2者体制とは、下水熱源の供給者である下水道管理者（地方公共団体の下水道部局）と熱利用者が直接契約関係にあることをいう。

3者体制とは、下水道管理者と熱利用者との仲介にエネルギーサービス事業者（熱供給事業法に基づく熱供給事業者のほか、ESCO事業等を実施する民間事業者を含む）が連携し、熱の売買に係る契約関係を締結したり、関連する設備を設置・運営したりすることをいう。

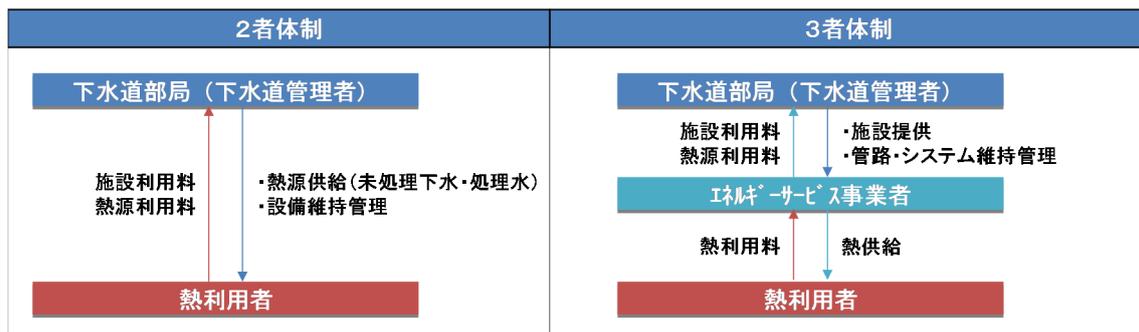


図 5-46 2者体制と3者体制の連携体制の例

2者体制と3者体制のメリット・デメリットとして、下表の点が挙げられる。これらを踏まえ、下水熱利用に係る連携体制を構築することが肝要である。

表 5-23 2者体制と3者体制のメリット・デメリット

	2者体制	3者体制
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各主体が享受する経済的メリットが大きくなる（同量の経済的メリットであれば、経済的メリットを2者で分割することができ、3者と比べて各者が相対的に大きな経済的メリットを得られる）</li> <li>● 下水道管理者と熱利用者の直接的な契約となり、料金設定や契約手続き等が簡素化される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水道管理者と熱利用者間での協議・交渉や補助金申請の事務手続き等に当たって、エネルギーサービス事業者のノウハウを活用することにより、円滑に進められる</li> <li>● 下水道管理者・熱利用者にとっては、契約内容によってはエネルギーサービス事業者にリスクを負ってもらうことにより、リスク負担を軽減できる</li> <li>● エネルギーサービス事業者が介入することにより、契約内容によっては、維持管理を下水道管理者・熱利用者が負担する必要がない</li> <li>● 熱利用者のエネルギーマネジメントを一括してエネルギーサービス事業者に委託することで、エネルギーコスト全体の効率化を図ることができる場合がある</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水熱利用事業に伴うリスクを下水道管理者と熱利用者で負担する必要がある（下水熱利用により精通している必要がある）</li> <li>● 採用する技術によっては、技術力を要する維持管理を下水道管理者が負担する必要がある（下水道管理者が維持管理を実施することは、実態として困難な場合がある）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● エネルギーサービス事業者が介入することにより、各主体が享受する経済的メリットが小さくなる（同量の経済的メリットであれば、経済的メリットを3者で分割することとなり、2者と比べて各者が得る経済的メリットは相対的に小さくなる） その結果、事業採算性が悪化することも考えられる</li> <li>● 3者間での契約、料金設定等が必要となるため、各種の手続きが煩雑化する可能性がある</li> </ul>

(参考) 海外における下水熱利用に関する連携体制

下水熱利用が進んでいるドイツでは、熱供給事業は都市公社が実施するケースが多い。都市公社は一般的に、電力・熱・水等の供給を行う自治体 100%出資の公社である。このため、下水熱利用事業についても、都市公社が熱供給事業の事業主体となり、需要家の調整、州政府の補助金申請、下水道管理者との調整、他の熱源との併用などを行い、下水熱を活用している。

このような状況から、下水熱利用の推進には、関係者を調整する「推進役」が存在すること、電力・熱・水等の都市インフラ全体の中で下水熱利用が位置づけられることが重要であると示唆される。

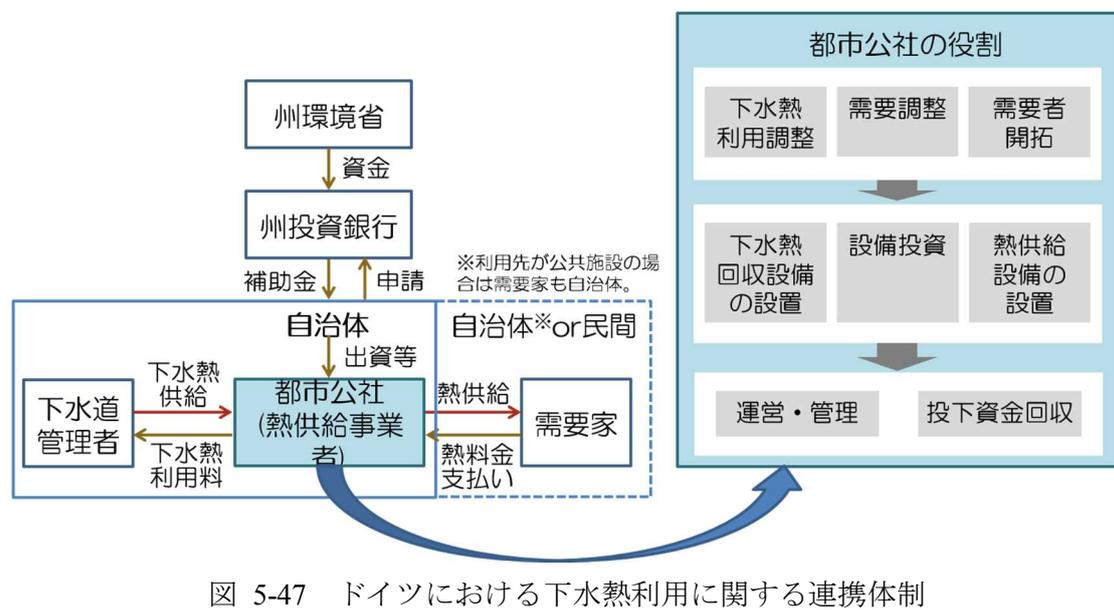


図 5-47 ドイツにおける下水熱利用に関する連携体制

## 5.6.2 関係者の責任分界の検討

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。費用についても、保有・管理の区分に応じて負担するのが一般的である。

### 【解説】

#### (1) 管路外設置型熱回収技術

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、敷地の官民境界付近の継手・フランジ等を分界点にして、下水道管理者と熱利用者の保有・管理施設を区分する）ことが一般的な考え方である。官側の敷地には官（下水道管理者）が保有・管理する設備が置かれ、民側の敷地には民（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のが一般的である。

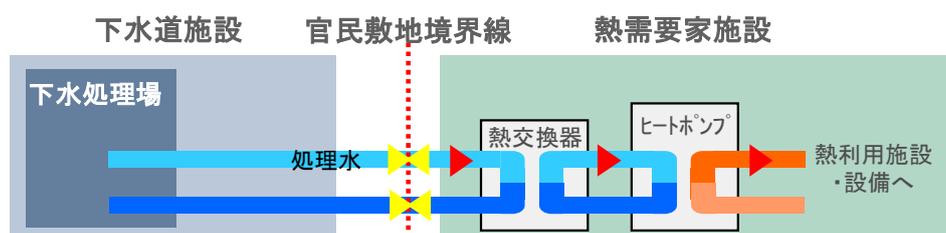


図 5-48 官民敷地境界線が施設の保有・管理区分となるケースの例

しかし、このようなケースに当てはまらないものも考えられる。先行事例の調査結果では、以下のケースがある。

#### 1) 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

- 下水熱利用設備を、下水道施設として設置する場合である。
- 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（熱利用者）が工事の承認の受け初期投資を負担して当該設備を設置し、さらに維持承認により当該設備の維持管理も行うこととなる。
- ポンプ場で未処理下水から採熱を行う場合に事例がある

#### 2) 占用許可により官側の敷地に民が設備を設置する場合

- 下水熱利用設備を、下水道施設の敷地内に民（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設備を設置する場合である。

- 民（熱利用者もしくはエネルギーサービス事業者）は官（下水道管理者）に対して占用料を支払うことが一般的である。
- 下水熱利用事業には事例がないが、再生水利用事業に事例がある。

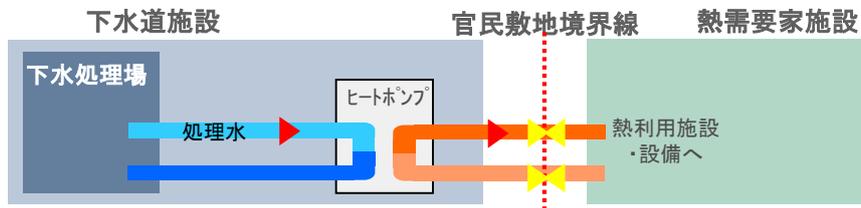


図 5-49 官側の敷地内に民が管理する設備を置くケースの例

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

下水熱利用事業を検討する段階で、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。

(2) 管路内設置型熱回収技術

平成 27 年 5 月に下水道法（昭和 33 年法律第 79 号）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。このため、今後は占用許可により官側の敷地（下水道の暗渠内等）に設置する設備を含め、民（熱利用者）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増加すると見込まれる。

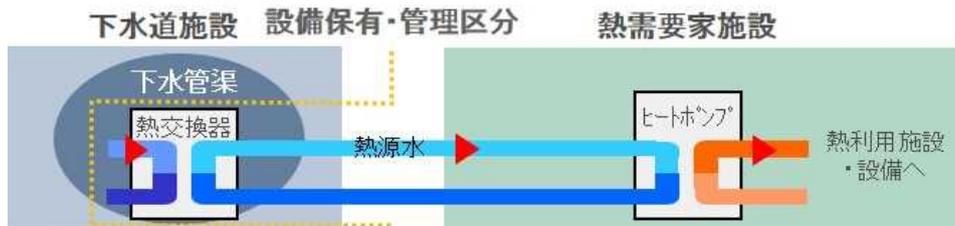


図 5-50 管路内設置型熱回収技術を用いるケースの例

ただし、維持管理について、管路内に設置された下水熱利用設備は民が維持管理し、下水熱利用設備が設置された下水管路を下水道管理者が維持管理することが原則的であるが、この場合以下の事項に留意する必要がある。

1) 管路内に設置された下水熱利用設備を民が維持管理し、当該設備が設置された下水管路を下水道管理者が維持管理する場合

- 上述のとおり、原則的な考え方であり、責任分界が明確である。
- 下水道管理者が行う管路の維持管理作業時に下水熱利用設備を破損した場合等について取決めを行っておくことが望ましい。(通常下水管路の維持作業は下水道管理者が他者に委託するケースが多いが、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取決めを行っておくことが望ましい)
- また、下水熱利用設備の維持管理作業により下水管路を破損した場合等についても取決めを行っておくことが望ましい。
- 下水熱利用設備の維持管理と下水管路の維持管理を別々に行うことで、非効率になる可能性がある。

このほか、維持管理については、以下のような責任分界の設定が考えられる。

2) 管路内に設置された下水熱利用設備の維持管理について官民で協定を締結し、官が当該設備を維持管理する場合

- 官（下水道管理者）と民（熱利用者）で協定を締結し、本来民（熱利用者）が行うべき下水熱利用設備の維持管理を実質的に官（下水道管理者）が行う場合である。
- 下水熱利用設備が設置された下水管路と、下水熱利用設備の維持管理を一体的に行うことで、合理的に作業が行える可能性がある。
- この際、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、5.6.3 で示すように非常時における措置等について、できるだけあいまいさを避け、具体的かつ明確に取り決めておくことに留意する必要がある。
- また、下水道管理者における維持管理費用の増嵩分は、熱利用者から徴収することとなる。

### 3) 維持承認により民が下水熱利用設備の設置された下水管路を含めて維持管理する場合

- 官（下水道管理者）と民（熱利用者）で協定を締結し、本来官（下水道管理者）が行うべき下水管路の維持管理を含め、下水熱利用設備の維持管理を民（熱利用者）が行う場合である。
- 下水熱利用設備が設置された下水管渠と、下水熱利用設備の維持管理を一体的に行うことで、合理的に作業が行える可能性がある。
- この際、熱利用者の下水管路の維持管理に関する技術的能力が十分であるか等を確認する必要がある。
- また、5.6.3 で示すように非常時における措置等について、できるだけあいまいさを避け、具体的かつ明確に取り決めておくことに留意する必要がある。
- 熱利用者における下水管路の維持管理費用は、下水道管理者が負担することとなる。

さらに、管路外熱回収技術と同じく、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。

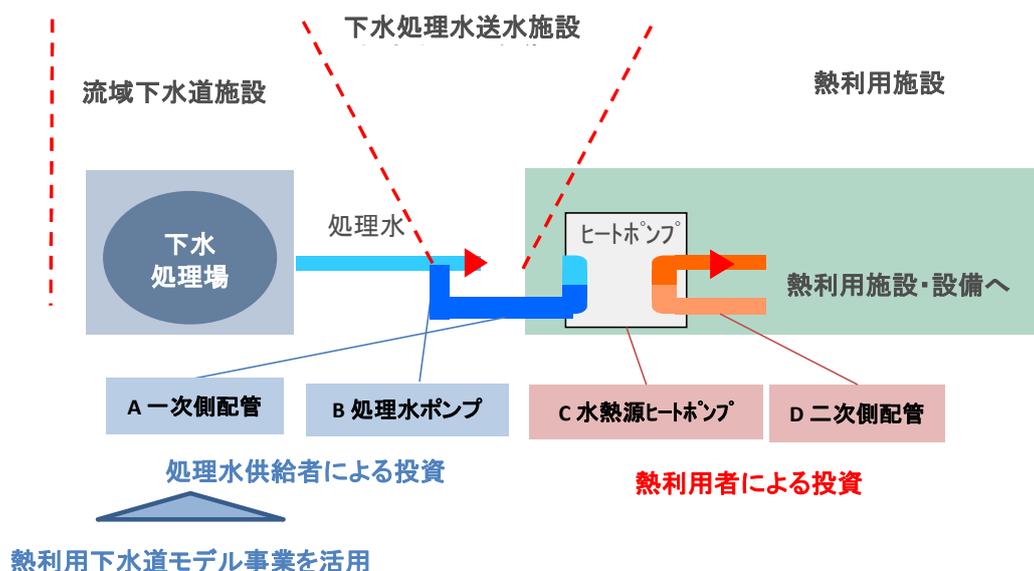
関係者の責任分界を設定するに当たっては、これらの状況を勘案し、最適な設定を行うことが肝要である。

(参考) 流域下水道における下水熱利用設備の責任分界の事例

流域下水道における下水熱利用設備の責任分界として、以下のケースがあった。本事例では、流域下水道施設の処理水の放流管マンホールに、公共下水道管理者（市町村）が処理水送水施設（ポンプ及び一次側配管）を設置し、熱利用者側（市町村が設置する福祉施設）に処理水を供給している。

下水処理水の供給（送水）を行うためのポンプ及び熱利用施設への供給管（一次側配管）は、市町村の下水道部局が保有し、初期投資及び維持管理に関する費用を負担している。（ただし、これらの施設は熱利用専用の施設ではなく、他の用途にも使用している。）

一方、熱利用施設（ヒートポンプ及び二次側配管）は熱利用者側（市町村の福祉部局）が保有し、初期投資及び維持管理に関する費用を負担している。両者の境界は熱利用施設の敷地境界となっており、下水道部局側が道路部分を含む保有・維持管理を行っている。



### 5.6.3 契約内容の検討

下水熱利用事業に係る熱源供給契約は、当事者間の協議の上決定することが望ましい。下水熱利用に係る料金・費用負担の設定に当たっては、初期投資・維持管理費を考慮することが一般的である。契約期間については、設備の耐用年数を考慮した期間とするのが一般的である。また、契約に当たっては、事業リスクの分担を取り決める必要がある。

#### 【解説】

下水熱利用事業を開始するに当たっては、下水道管理者と熱利用者（又はエネルギーサービス事業者）が熱源供給契約を締結することとなる。その際に定めることが必要な、料金設定、契約期間、リスク分担については、当事者間の協議の上決定することが望ましい。その際の参考となる先行事例調査結果等を以下に示す。

#### (1) 料金・費用負担の設定

熱源供給契約に基づく下水熱利用に係る料金<sup>17</sup>については、熱利用者が得られた経済的価値、熱利用者による省エネルギー・温室効果ガス削減効果・下水道施策の啓発効果等の公益性も踏まえた減額要因も加味した下水道管理者の総合的経営判断のもと、決定することが望ましい。

先行事例の調査結果では、金額の設定に当たっては、初期投資（国庫補助額を除く実質負担分）及び維持管理費（設備の消費電力料金等を含む）を基に設定するのが一般的である。また、エネルギーサービス事業者が関わる場合は、熱利用者はエネルギーサービス事業者の経費も負担することとなる。初期投資部分については、設備の耐用年数で回収ができる水準が目安となっている。

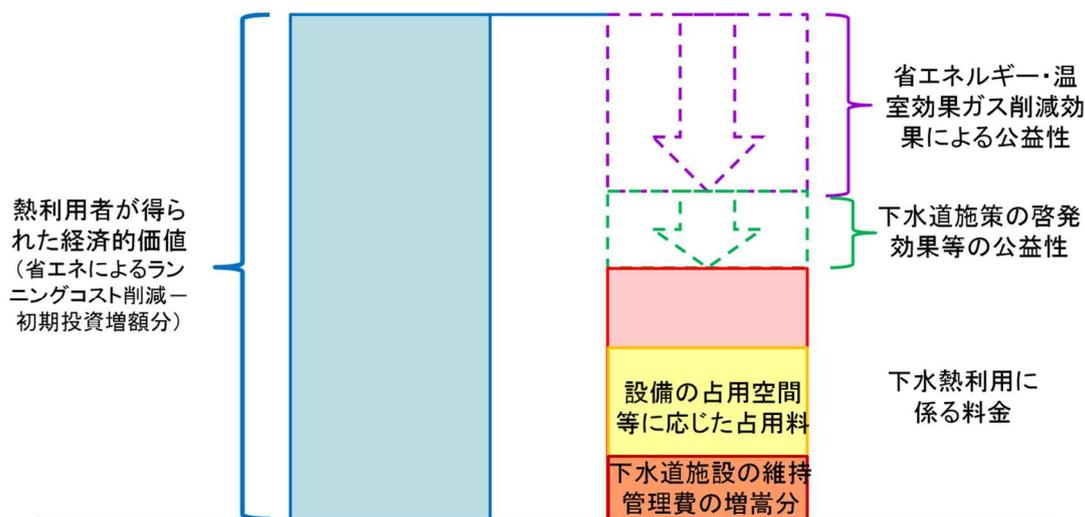
一方、占用許可により官側の敷地に民（熱利用者）が設備を設置する事例では、下水道管理者が設備の設置者から占用料を徴取していることから、設備の占用空間等に応じ、占用料等を考慮して金額を設定することも考えられる。なお、道路等に埋設された接続設備又は熱交換器等に対しては、土地の使用の対価として別に道路占用料等が徴収されることとなるので、下水道管理者が徴収する下水熱利用に係る料金の設定に当たっては、土地の使用の対価を含まない。

また、下水熱利用設備の設置により下水道施設の維持管理費に増嵩分が生じた場合、また後述のように下水熱利用設備の維持管理について官民で協定を締結し、官が下水熱利用設備を維持管理する場合に要した費用についても、下水熱利用に係る料金に含める。

料金の名目については、先行事例の調査結果では、「熱利用料」「冷温熱購入費」といった熱供給に関する名目のほか、「施設維持管理費用」などが挙げられる。

<sup>17</sup> 標準下水道条例においては、下水道の暗渠内に熱交換器等を設置して下水熱を利用する場合には「暗渠使用料」と定義しているが、本マニュアルにおいてはこれを含め「下水熱利用に係る料金」という。

なお、熱利用者が下水道管理者と同じ地方公共団体の場合、利用料金を徴収しないのが一般的である。ただしその場合であっても、施設の維持管理費については、施設の保有・管理区分に応じて、各部局が負担する（各部局で予算を確保する）のが一般的であり、経営の透明化の観点からは、取り決めることが望ましい。



※グラフはイメージであり、グラフの大きさと実際の金額は関係ない

図 5-51 下水熱利用に係る料金の設定のイメージ

(参考) 社会資本整備総合交付金新世代下水道支援事業制度の取り扱い

国土交通省が地方公共団体に交付する社会資本整備総合交付金においては、新世代下水道支援事業制度として、下水熱を利用することが、経済性、環境への負荷低減効果、省エネ効果等の観点から総合的に判断して有利と認められる地域において、下水及び下水処理水の熱の利用施設を整備するものを「リサイクル推進事業」として支援している。この制度を適用して整備した下水熱利用設備により、下水道管理者が下水熱利用に係る料金により収入を得る場合、財産処分の承認申請が必要である。ただし、収入については維持管理費等に充当してよいことから、この範囲内において国庫返納を要しない。

(2) 契約期間の設定

先行事例の調査結果では、熱源供給契約の契約期間は、下水道管理者の投資回収の観点から、投資した下水熱利用設備の耐用年数とするのが一般的である。

なお、熱利用者が下水道管理者と同じ地方公共団体等の公共施設の場合、契約は締結しないのが一般的であるが、経営の透明化の観点からは、期間についても取り決めることが望ましい。

(3) リスク分担の取り決め

熱源供給契約の締結に当たっては、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、できる限りあいまいさを避け、具体的かつ明確に規定することに留意する必要がある。先行事例の調査結果から、下水熱利用事業における主なリスクとその

対処方法の例を以下に挙げる。

### 1) 調査リスク

下水熱利用の事業化検討においては、FS 調査等を行うため下水流量・温度を実測調査する必要がある場合がある。特に、下水管路から採熱する場合、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、事業化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。対処方法の例としては、実測調査結果を用いない「下水熱ポテンシャルマップ」を活用することがある。

### 2) 運用開始の遅延リスク

下水熱利用事業の開始に当たっては、後述のように各種許認可が必要であったり、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たり、場合によっては関係者との調整により予定が変更となったりすることにより、運用開始が遅延するリスクがある。対処方法の例としては、契約に至る事前の構想段階で、関係者との綿密な連携体制を構築することがある。

### 3) 物価の変動リスク

下水熱利用事業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ため、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。対処方法の例としては、下水熱利用に係る料金の改定がある。

### 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、下水熱利用事業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、あるいはかなりの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上昇などが考えられる。対処方法の例としては、熱源供給契約について、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、そのような契約を締結する場合には、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事業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、その対応を熱源供給

契約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、熱製造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、これについては表 5-24 下水熱利用事業におけるリスク（例）表 5-24 を参照されたい。

表 5-24 下水熱利用事業におけるリスク（例）<sup>18</sup>

段階	リスクの種類	リスクの内容（例）
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の費用が発生したり、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

<sup>18</sup> 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）

段階	リスクの種類	リスクの内容（例）	
	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
	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"> <li>- 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</li> <li>- 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</li> </ul>
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"> <li>- 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</li> </ul>
	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

段階	リスクの種類	リスクの内容（例）
	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 － 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
	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

段階	リスクの種類	リスクの内容（例）
		- 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) 下水熱利用設備の維持管理に関する取決め

5.6.2 で示したように、特に暗渠内に熱交換器等を設置する場合には、暗渠が地下に埋設されており維持管理が困難なことから、下水道管理者と熱利用者の間で熱交換器等の維持管理に関しできるだけあいまいさを避け、具体的かつ明確に取り決めておくことに留意する必要がある。取り決めておくべき主な事項と対処方法の例を以下に挙げる。

##### 1) 目視等による点検

熱交換器等の劣化状況や土砂等の堆積の状況等を確認するため、目視等による点検を行う。下水管渠の点検と一体的に行うことで、合理的に作業が行える可能性があるため、下水道管理者と熱利用者の間で維持管理協定を締結し実質的に下水道管理者が行うことが考えられるが、この場合熱交換器等の劣化状況の判断基準等を取り決めておく必要がある。また点検頻度は、熱交換器等の施工状況を確認するため設置初期は点検が必要と想定されるが、点検結果に応じ頻度を低減されることもありうる。

##### 2) 油脂等の洗浄

熱交換器等の性能を維持するため、付着した油脂等を洗浄する。ただし、熱交換器等の性能・設計や下水の水質によっては不要となる場合もある。下水道管理者と熱利用者の間で維持管理協定を締結し実質的に下水道管理者が行う場合には、洗浄作業の手順や熱交換器等を破損した際の追加的支出の負担を含めた取決めが必要である。

##### 3) 土砂の清掃等

暗渠内に設置する熱交換器等は、砂、土、汚泥その他の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おそれがないものでなければならないが(6.5.3 参照)、目視等による点検の結果、流下阻害を防止するため清掃が必要となる可能性は排除できない。また、合流管における多量の降雨等、想定外の事由により熱交換器等の破損を含めた流下阻害が生じることもありうる。このように管路の閉塞、下水の溢水が生じる又は生じるおそれがある場合は、下水道の適切な管理のため緊急に対処する必要があり、下水道管理者と熱利用者の間で連絡体制を整備しておくことが重要である。また、例えば、臨時の対応として、下水道管理者が対処し、熱交換器等の設置に起因した対処については、追加的支出を熱利用者が負担する等の対処が考えられる。

#### 4) 熱交換器等の修繕等

熱交換器等の劣化、又は合流管における多量の降雨等想定外の事由により、熱交換器等が破損し修繕等が必要となる可能性がある。この場合、熱交換器を流れる熱源水が下水に混入することを防ぐため、熱利用者は直ちに下水熱利用設備の運用を停止する必要がある。また、熱交換器等の修繕は、一般的には熱交換器等を設置した熱利用者が行うことが考えられる。またこの修繕及び下水熱利用設備の停止により生じた追加的支出については、熱交換器の破損が多量の降雨等不可抗力に起因するものか、熱交換器等の施工不良等熱交換器等の設置者に起因するものか、下水管路の維持管理時の事故等下水道管理者に起因するものかといった瑕疵を分類し、その負担について取り決めておくことが望ましい。

#### 5) 物価変動等

5.6.2 で示したように、下水熱利用設備の維持管理については、官民で協定を締結し、官が下水熱利用設備を維持管理する場合や、維持承認により民が下水熱利用設備を設置した下水管路を含めて維持管理する場合が考えられ、これらの場合においては追加的支出についての支払い契約を取り交わすこととなる。この際、維持管理作業は一定程度の期間に渡ることが想定されるため、物価変動その他の事由の変化により追加的支出の額が変動することが予想される。この際の契約額変更についてあらかじめ取り決めておくことが望ましい。

## 6. 事業実施に必要な手続

### 6.1 手続の明確化の意義

#### 6.1.1 手続の明確化の意義

民間事業者の事業見通しの向上に資するため、下水道管理者は、下水熱利用に係る事前協議や手続に要する時間をあらかじめ定めておくことが望ましい。

#### 【解説】

下水熱利用については、以前は、許可手続、設備の技術的要件等についての規定が設けられておらず、民間事業者からは、利用に係る事前協議や手続に時間を要する等の懸念が指摘されてきたところであり、民間事業者の事業見通しの向上に資する対応が求められてきた。

こうしたなか、平成 23 年 4 月に「下水熱を利用した熱供給を行う際に必要となる手続やルールを明確化・簡素化する」との方針が閣議決定されたことを受け、経済産業省の「まちづくりと一体となった熱エネルギーの有効利用に関する研究会」や国土交通省下水道部の「官民連携による下水道資源有効利用促進制度検討委員会」における議論を踏まえ、平成 24 年 3 月に「民間事業者による下水放流水熱利用手続ガイドライン」を策定するとともに、標準下水道条例（昭和 34 年 11 月 18 日厚生省衛発第 1108 号・建設省計発第 441 号）を改正し、地方公共団体に周知してきたところである。

平成 23 年 4 月に都市再生特別措置法（平成 14 年法律第 22 号）が改正され、平成 24 年 8 月に都市の低炭素化の促進に関する法律（平成 24 年法律第 84 号。以下「低炭素まちづくり法」という。）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。また、下水道管理者は、これらの法律に基づく民間事業者の下水熱利用に当たっては、政令で定める基準を参酌して条例で定める技術上の基準に基づき、許可の判断を行うこととされている。これらの状況を踏まえ、新たに未処理下水の熱利用も対象に加え、平成 24 年 12 月に「民間事業者による下水熱利用手続ガイドライン」として取りまとめた。

さらに、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。これを踏まえ、上記ガイドラインの内容に、暗渠内に熱交換器を設置して熱回収を行う熱利用も対象に加え、本章に示す。

なお、本章は、各地方公共団体が、各種関係法令等と整合的な形で下水熱利用手続・ルールを策定するに当たっての参考であり、各地方公共団体が、これまでの下水熱利用の取組状況、民間事業者のニーズ等を踏まえ、独自の対応をすることを妨げるものではないことに留意されたい。

## 6.2 下水道管理者による許可手続きの全体像

### 6.2.1 熱回収方式と必要な制度整備

下水熱利用に係る熱回収方式は、処理水を取水することによる熱回収、ポンプ場等から未処理下水を取水することによる熱回収、暗渠から未処理下水を取水することによる熱回収、暗渠内に熱交換器を設置することによる熱回収の4種類があり、熱回収の方式により、関係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。

#### 【解説】

下水から熱を回収する方式は、以下の4種類がある。

- 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により、関係する法令が異なる。以下に関係法令を示す。

#### (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 6-1 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 <sup>19</sup> 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。

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<sup>20</sup>を参照されたい。

下水道法と都市再生特別措置法・低炭素まちづくり法の規定を含め、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。

<sup>19</sup> 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、横浜都心・臨海地域、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、福岡都心地域の 11 地域 (平成 27 年 2 月現在)

<sup>20</sup> [http://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/machi/index.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/machi/index.html)

<sup>21</sup> [http://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/eco-machi.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/eco-machi.html)

表 6-2 熱回収技術・設置主体ごとの法律上の取扱いの整理

設置箇所	放流渠	ポンプ場等	下水管路（暗渠）	
			未処理下水を取水	暗渠内に熱交換器を設置
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（6.5.5 参照）
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。

※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。

## 6.2.2 下水道管理者による許可手続の流れ

下水道管理者による許可手続の例としては、窓口の公表・民間事業者への情報提供や調査協力・利用申請の公表・利用者の選定・申請内容の審査及び許可・熱源供給契約締結という流れとなる。

### 【解説】

民間事業者による下水熱利用については、

- ・熱利用のための下水熱利用設備の下水道施設への設置については、自治体の許可対象であること
- ・また、下水道管理者と民間事業者との間で熱源供給に係る契約を締結することが想定されるが、この契約の内容によっては、下水道管理者は、許可を受けた事業者が下水を熱源として利用できるよう、必要流量を当該事業者に供給することになること

に留意する必要がある。

その際、下水熱は、限られた公的資源であることにかんがみ、利用者選定に当たっては、地方公共団体の低炭素まちづくりへの有効活用、手続の公平性・透明性の確保等の観点に留意する必要がある。そのため、例えば、許可手続・熱源供給契約手続の事前手続を設ける等の対応が望ましい。その場合の手続の流れについて以下に例示する。

- ①下水道管理者は、予め、下水熱利用の手続に係る窓口・連絡先等をホームページへの掲載等により、公表する。
- ②民間事業者から、下水熱利用に係る情報提供依頼があった場合、民間事業者への情報提供及び民間事業者による調査への協力を行う。
- ③その後、民間事業者から利用申請があった場合には、下水道管理者は、その旨を公表し、他の民間事業者の申請を受け付ける。
- ④他の民間事業者からの申請があった場合には、複数候補者間の協議を行い、協議が整わなかった場合には、下水道管理者が公平性及び透明性を確保した手続によって事業者を選定する。
- ⑤選定された事業者からの許可申請について、許可基準及び許可条件に基づきその内容を審査し、下水道施設への下水熱利用設備の設置の許可を行う。
- ⑥下水熱利用の開始に当たって、下水道管理者と民間事業者間で熱源供給契約を締結する。

### 《暗渠取水熱回収を行う場合》

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場合には、整備計画

又は低炭素まちづくり計画に当該事業の内容及び実施主体について記載されていることが必要である。また、整備計画又は低炭素まちづくり計画の作成主体が、これらの計画に事業の内容及び実施主体を記載するに当たっては、下水道管理者の同意が必要である。

このため、整備計画又は低炭素まちづくり計画の作成のための協議等が開始し、下水熱利用に係る事項の記載について検討することとなった場合には、下水道管理者はそれらの計画の作成担当部局等と連携するとともに、都市再生緊急整備協議会の協議等に参加するなど、計画の作成に協力することが望ましい。また、下水道管理者は民間事業者から未処理下水熱利用についての情報提供依頼等があった場合には、情報提供を行うとともに、その旨を速やかに計画作成担当部局等と情報共有等することが望ましい。<sup>22</sup>

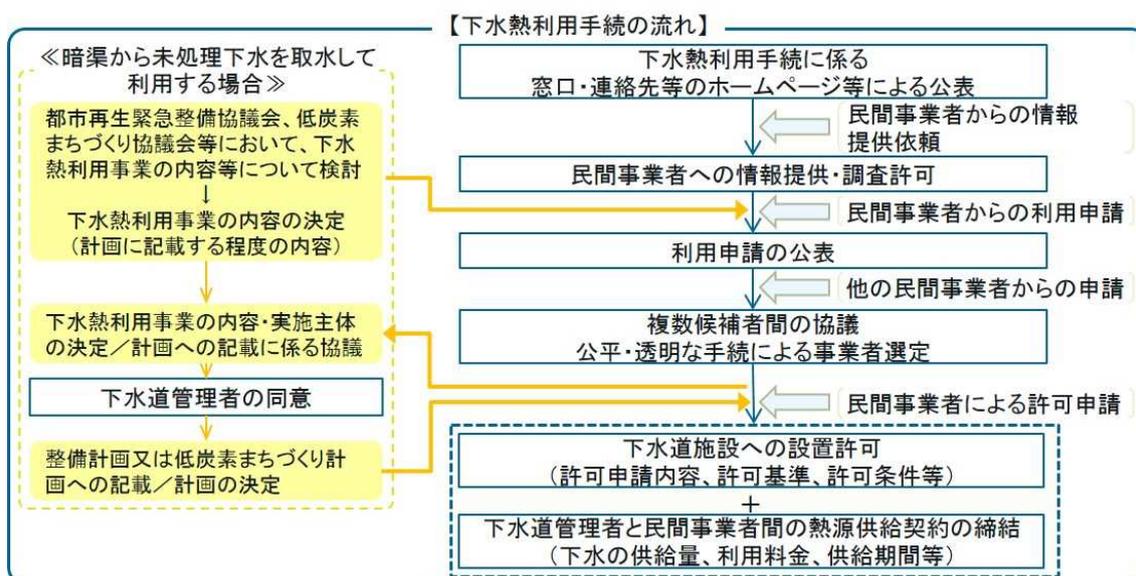


図 6-1 下水熱利用に係る手続の流れ（例）

<sup>22</sup> 都市再生特別措置法の改正の趣旨、同法の施行にあたっての留意点等については、「都市再生特別措置法の一部を改正する法律の施行について」（平成 23 年 7 月 25 日閣副第 230 号、国都まち第 8 号、国都計第 8 号、国都制第 9 号、国水下企第 3 号）を、低炭素法の制定の趣旨、同法に基づく低炭素まちづくり計画の作成にあたっての留意点等については、「都市の低炭素化の促進に関する法律に基づく低炭素まちづくり計画の作成マニュアルについて」（平成 24 年 12 月 4 日国都計第 105 号、環政計発第 121204301 号、20121203 資庁第 1 号）を参照。

## 6.3 事前手続

### 6.3.1 下水道管理者による情報提供・事前調査許可

民間事業者から下水道管理者に対し、情報等の照会があったときは、下水道施設の管理上支障のない範囲において、情報提供や事前調査許可を行うことが望ましい。

#### 【解説】

民間事業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。申請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。

### 6.3.2 利用申請の公表、複数の利用申請者の調整方法

下水熱利用の申請があった場合には、他者の参入の機会を確保し、複数の事業計画が両立困難な場合には、公益性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事業者を選定することが望ましい。

#### 【解説】

複数の利用申請が競合した場合の調整方法として、例えば、以下の手続が考えられる。また、調整方法等を策定した場合は、事前に公表することが望ましい。

- ① 民間事業者から利用申請があった場合、下水道管理者は、その旨をインターネットの利用その他適切な方法により公表し、原則として、一定の期間中（〇週間等）、他の民間事業者の利用申請を受け付けることにより、参入の機会を確保する。
- ② その際、民間事業者から、同一の下水管渠又はポンプ場で複数の事業計画が申請され、利用申請熱量が供給可能熱量を超える場合等、両立が困難な場合が想定される。この場合、下水道管理者は、事業者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。
- ③ 下水道管理者は、事業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事業者を選定する。

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、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。そのため、下水道管理者は、事業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。

## 6.4 下水熱利用許可申請

### 6.4.1 下水道管理者への申請

下水熱を利用しようとする者は、利用許可の判断ができる申請書等をもって下水道管理者に許可申請を行う。

#### 【解説】

6.5 から 6.7 は、民間事業者の下水熱を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。

下水道管理者は、下水熱利用事業者から各号列記事項を記載した申請書を受けて、許可の判断をすることになる。これは、6.6.2 に示す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。

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一日当たりの最大量」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想定される熱需要を踏まえ、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。その上で、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（6.5.4 参照）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（6.5 参照）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（6.5.5 参照）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  
平成 年 月 日  
〇市（町村）長 殿 千  
住所  
氏名 印  
担当者  
電話番号

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	平成 年 月 日から平成 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	平成 年 月 日から平成 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

## 6.5 許可基準

### 6.5.1 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。

#### 【解説】

#### (1) 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。

#### (2) 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。

### 6.5.2 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。

#### 【解説】

##### 《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。

### 6.5.3 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。

#### 【解説】

##### (1) 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少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。

## (2) 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。

## (3) 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。

## (4) 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。

## (5) 腐食防止

(暗渠内熱回収を行う場合については(1)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っては、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。

## (6) 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。

#### (7) 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。

#### (8) 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。

#### (9) 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。

#### (10) 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。

#### (11) 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って、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。

#### (12) 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。

#### (13) 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。

#### (14) 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。

### 6.5.4 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。

#### 【解説】

##### (1) 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。

## (2) 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、まず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。

## (3) 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。

## (4) 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。

## (5) 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。

## (6) 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。

## (7) 下水の温度差による支障の防止

(1)～(6)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。

## (8) 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。

### 6.5.5 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。

#### 【解説】

##### 《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。

#### (1) 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6.4.1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。

## (2) 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、6.4.1で示したように、申請者から提出される

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、6.4.1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、経理的基礎は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。

## (3) 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が強い場合には、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、6.7.1を参照されたい。

#### 6.5.6 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。

#### 【解説】

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（昭和27年法律第180号）第32条の規定の適用を受ける場合にあつては、申請者は、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。

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つては、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。

## 6.6 設備設置の許可

### 6.6.1 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手続を明確にする必要がある。

#### 【解説】

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。

#### (1) 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月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。

#### (2) 可否が決定できない場合の通知

下水道管理者は、(1)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。

#### (3) 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。

### 6.6.2 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、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。

#### 【解説】

《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。

### 6.6.3 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。

#### 【解説】

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。

#### (1) 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(2)及び(3)も同様である。

#### (2) 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。

#### (3) 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、6.7.1 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。

#### (4) 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、6.4.1 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。

#### (5) 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。

#### (6) 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、(4)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。

#### 6.6.4 設置期間及び更新

下水道管理者は、接続設備又は熱交換器等の設置を許可する際は、設置期間を定めて許可する。

##### 【解説】

下水道管理者は、申請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（昭和 27 年政令第 479 号）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（6.5 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。

#### 6.7 許可の取消し

##### 6.7.1 許可の取消し

設備の構造の技術的基準を満たさなくなった場合等においては、下水道管理者は、設備設置の許可を取り消すことができる。

##### 【解説】

次のいずれかに該当する場合、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。

##### (1) 基準不適合

6.5.3 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。

#### (2) 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。

#### (3) 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。

#### (4) 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。

#### (5) 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。

#### (6) 許可条件違反

熱利用者が 6.6.3 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。

#### (7) 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。

## 6.8 その他必要な許認可手続等の実施

### 6.8.1 必要な許認可手続等

下水熱利用事業を実施するに当たっては、各種法令等に基づき必要な許認可手続き等を行う。

#### 【解説】

前項までに示した、下水道管理者による許可手続以外で、下水熱利用事業の実施に当たって、必要となる主な許認可等手続きは、以下のとおりである。

#### (1) 熱供給事業法の手続き

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<sup>23</sup>は、熱供給事業法（昭和 47 年法律第 88 号）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、所定の手続きを行う必要がある。

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<sup>24</sup>を参照されたい。

#### (2) 道路法の手続き（道路占用許可）

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用許可が必要となる。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、原則として占用許可を与えるとされている。

なお、道路法における道路占用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<sup>25</sup>。

<sup>23</sup> 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）

<sup>24</sup> [http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/other/effective\\_use/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/other/effective_use/)

<sup>25</sup> <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/senyo/senyo.html>

### (3) 承認工事・維持承認の手続き

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。「5.5.2 関係者の責任分界の検討」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、これらの手続きが必要となる。

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。

### (4) その他

先行事例の調査結果では、主要な手続きとして、都市計画決定、補助金に関する手続き、行政財産使用許可等が挙げられている。個別事例については参考資料を参照されたい。

## 6.9 事業化段階のスケジュール

### 6.9.1 事業化段階のスケジュール

下水熱利用の事業化段階においては、熱供給事業法の適用対象となる熱供給事業プラントでの利用と、適用対象とならない個別施設での利用でスケジュールが異なる。

#### 【解説】

下水熱利用の事業化段階においては、熱供給事業法の適用対象となる熱供給事業プラントでの利用と、適用対象とならない個別施設での利用でスケジュールが異なる。

熱供給事業法の適用対象となる場合は、6.8.1にて記載したとおり、熱供給事業許可申請手続等が必要となる。また、下水道管理者と熱利用者との仲介に熱供給事業者が入ってくるため、関係者間での事業スキームの調整・協議においてもより時間を要することとなる。先行事例の調査結果では、最長で5年程度を要する。

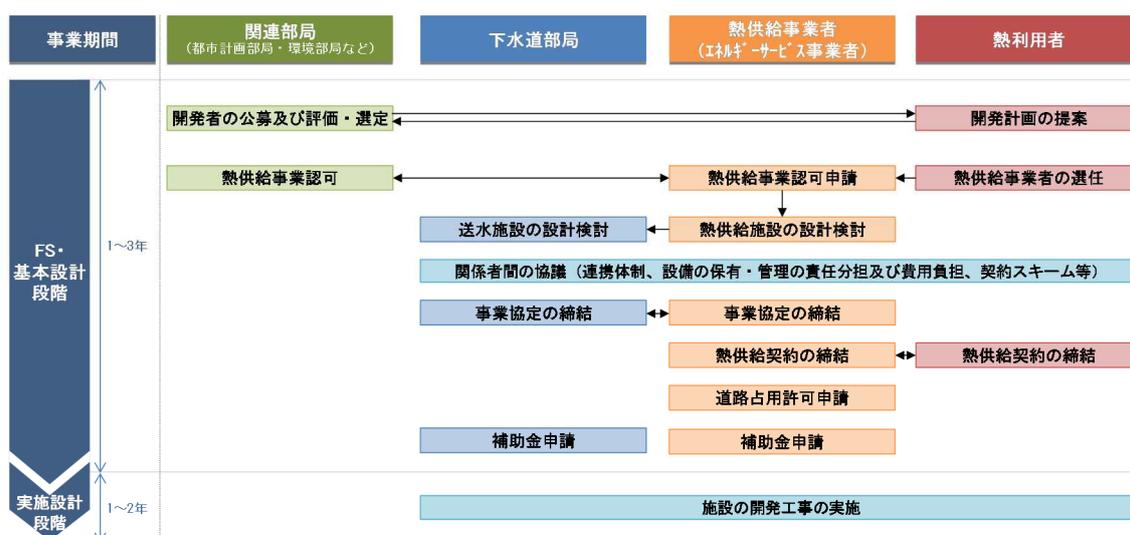


図 6-2 事業化段階のスケジュール (熱供給事業法適用の場合)

一方、熱供給事業法の適用対象とならない個別施設において下水熱を利用する場合は、上記の熱供給事業法に係る法手続が不要となる。また、個別施設の場合は下水道管理者と熱利用者の2者体制で実施するケースが多いため、事業スキームの調整・協議も比較的短時間となる。先行事例の調査結果では、最長で3年程度を要する。特に、公共施設の場合は民間施設に比べ、調整が容易であり、より事業化に至るまでの時間が短い傾向にある。



図 6-3 事業化段階のスケジュール (熱供給事業法適用外の場合)