

「管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用導入ガイドライン(案)」の概要

本編

第1章 総則

- 目的
- 適用範囲
- ガイドラインの構成
- 用語の定義

- ◆ 本ガイドラインは、革新的技術導入を検討するため、実証研究の成果（資料編）を踏まえ、技術の概要と評価（第2章）、導入検討（第3章）、計画・設計（第4章）、維持管理（第5章）についてとりまとめたものである。
- ◆ 本ガイドラインは、革新的技術の下水熱利用システム全体を導入する場合に適用でき、地方公共団体等の下水道事業者および関連する民間企業等に利用されることを想定している。

技術の概要・特徴の把握

第2章 技術の概要と評価

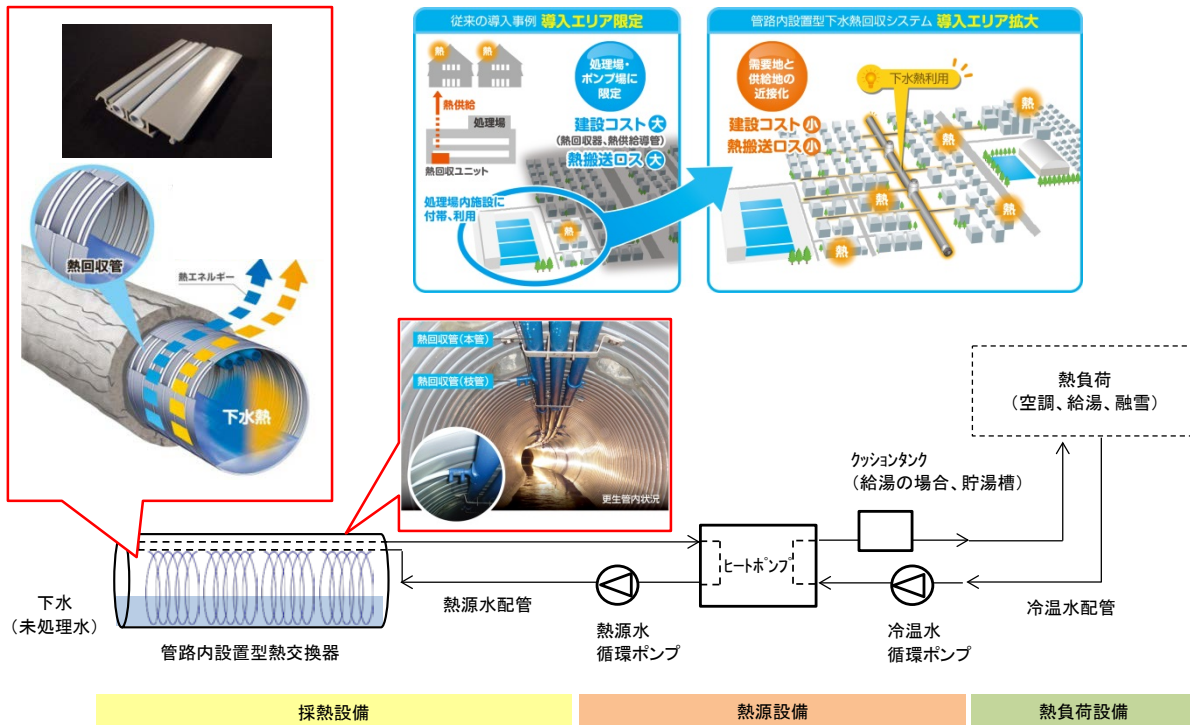
- 技術の概要
- 技術の適用条件
- 実証研究に基づく技術の評価

<技術の目的、概要・特徴> (§5~7)

- 下水管路内に(製管工法による)更生工事と同時に熱交換器を設置し、回収した下水熱を空調、給湯、融雪等に有効利用することにより、これまでの下水熱利用技術と比較して、コスト、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量の削減が可能。
- これまでの下水熱利用技術と比較して、**広範囲に導入**が可能。

<採熱設備の特徴> (§8)

- 未処理下水と熱回収管が直接触れる構造により、**効率的な熱回収**が可能。
- **耐摩耗性**や**耐薬品性**に優れている。
- 流下性能への影響、汚れ等による熱交換性能への影響が小さい。
- ユニット構造化により、**任意の延長への適用**と**均一な熱交換**が可能。



本技術(下水熱利用システム)の模式図・特徴

<導入の前提条件(基本条件)> (§9)

- 下水管路**周辺で開発・設備更新計画があり、下水管路の耐震化/老朽化対策が検討**されている
- 管径: $\phi 1,000 \sim 2,200 \text{mm}$
- 断面: 円形、矩形※、馬蹄形※(※管路状況等について別途検討が必要)

<導入が効果的な条件と期待される効果> (§9)

熱需要地と下水管路が近接している	導入可能エリア拡大 熱輸送ロス低減
下水管路が十分な熱ポテンシャルを有している ・下水温度と外気温度の差が大きい ・下水流量が大きい	エネルギーコスト削減(省エネ効果) 建設費削減(設置延長縮小)
年間を通じた熱需要が見込まれる	ライフサイクルコスト回収年短縮

<導入シナリオ例> (§10)

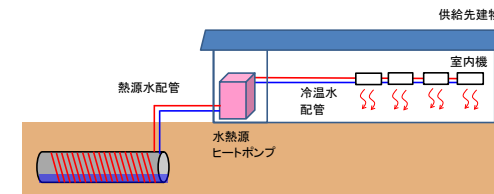
- 下水管路の耐震化対策あるいは老朽化対策の必要性が高く、かつ熱回収が可能で下水条件(下水温度、水深、流速)を有する管路の周辺地域
- 再開発等によるまとまった熱需要が見込まれる地域

本技術の導入により、従来の空気熱源方式の空調、ボイラー方式の給湯および電熱方式の融雪と比較して、**維持管理費、エネルギー消費量等の削減が可能**となる。

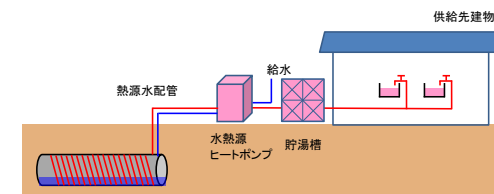
<実証研究に基づく技術の評価> (§11~12、資料編I)

- 1年間の実証研究では、**熱回収管の腐食や摩耗による破損は無く**、厚さ2mm程度の堆積物があったが、これによる**熱交換性能の顕著な低下は無かった**。
- 革新的技術の利用規模あたりのコスト、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量の試算結果を以下に示す。

評価モデル(1): 空調100kW、500kW



評価モデル(2): 給湯100kW、500kW



コスト・エネルギー消費量・温室効果ガス排出量の評価結果 (利用規模1kWあたり)

	空調		給湯	
	100kW	500kW	100kW	500kW
ライフサイクルコスト (千円/kW・年)	25.2	24.1	49.5	45.5
建設費 (千円/kW・年)	12.6	12.2	18.9	16.2
維持管理費 (千円/kW・年)	11.3	10.6	29.4	27.7
解体・廃棄費 (千円/kW・年)	1.26	1.22	1.89	1.62
エネルギー消費量 (kWh/kW・年)	787.4	730.5	2,333	2,198
温室効果ガス排出量 (tonCO ₂ /kW・年)	0.54	0.50	1.60	1.51

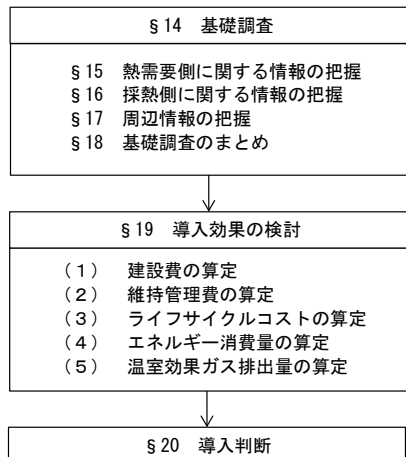
導入効果の把握

第3章 導入検討

- 導入検討手法
- 導入効果の検討例

<導入検討の手順> (§ 13)

- 導入の目的を明確にした後、検討に必要な情報の収集、導入効果の概略試算、導入範囲及び事業形態を含めた導入判断を行う。
- **導入検討段階では、現地調査は伴わず**、下水道管理者等から情報を収集し、不足する情報は推計する。

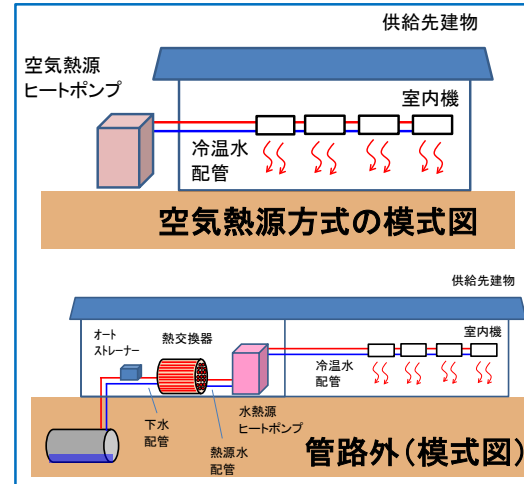


<導入の判断> (§ 20)

- コスト、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量等について、他の熱利用方式(空気熱源方式、管路外設置方式、ボイラー給湯方式等)との比較により、導入を判断する。
- 導入効果が見込めないと判断された場合は、利用規模や検討モデルを見直し、再度導入検討を行う。

<基礎調査(§ 14)での把握項目と導入効果検討(§ 19)での利用用途>

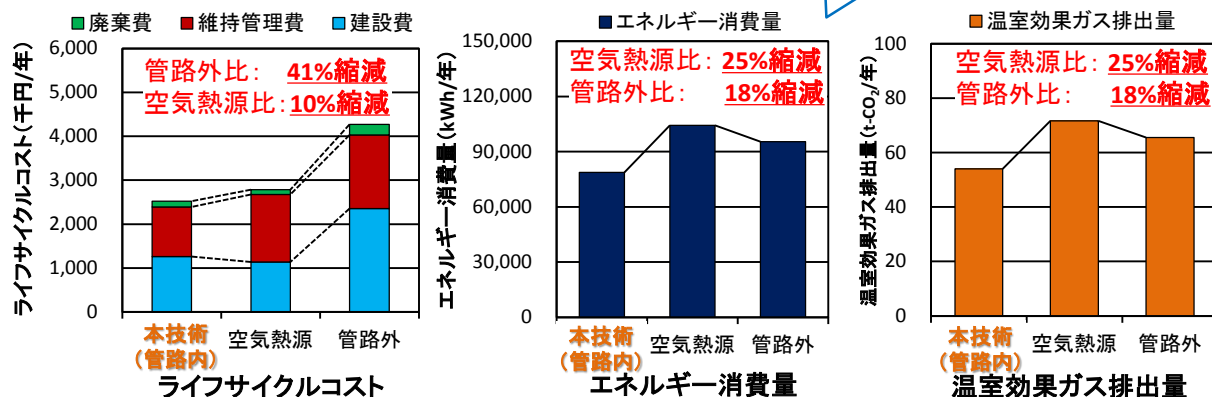
§ 15	最大熱負荷(推計) 年間熱負荷(推計) ヒートポンプ容量・設置スペース 下水流量、温度(推計)	§ 16 必要回収熱量、熱交換器設置延長、建設費の概算
§ 16	下水管路状況 設置延長(概算)	§ 19 エネルギー消費量の概算 - 設置場所の仮設定、施工可否判断 導入が効果的であるかの確認
§ 17	熱源水配管ルート 関連法令・計画との整合性	§ 9 適用条件を満足するかの確認 採熱設備規模の仮設定 - 設置場所の仮設定、施工可否判断 - 導入にむけた合意形成



<導入効果の試算条件(空調用途の例)> (§ 21)

- 地域: 東京
- 下水水深: 管径比15%
- 下水流速: 0.4m/sec
- 下水温度: 東京都データ
- 温度差: 5°C
- 利用規模: 最大100kW
- 比較対象: 空気熱源方式
管路外設置方式

<導入効果の試算例(空調用途の例)> (§ 22)

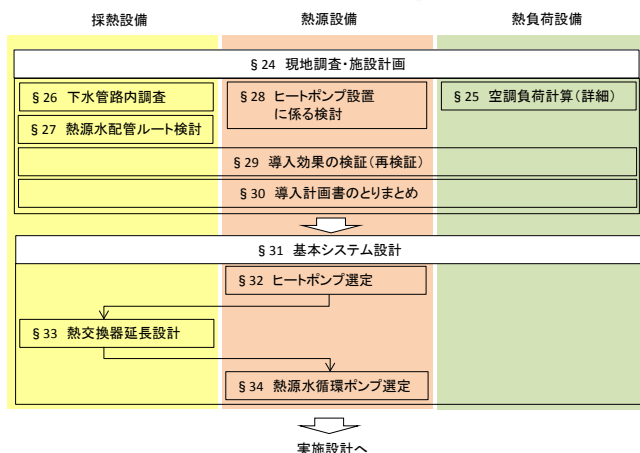


導入効果を確認し、導入にむけた具体的な検討に進む

第4章 計画・設計

- 計画・設計の手順
- 現地調査・施設計画
- 基本システム設計

<計画・設計の手順> (§ 23)



<現地調査・施設計画(§ 24)での把握項目と基本システム設計(§ 31)での利用用途>

§ 25	空調負荷計算ソフト等を利用し、空調負荷をより詳細に把握	§ 29 導入効果の再検証
§ 26	下水管路の現地調査を行い、冷暖房ピーク月の下水流量、温度と管路状況をより詳細に把握	§ 32 ヒートポンプ選定
§ 27	熱源水配管の設置ルートを詳細に検討	§ 33 熱交換器延長設計、施工方法検討
§ 28	ヒートポンプの設置、構造および適用法令の確認	§ 34 熱源水循環ポンプ選定、施工方法検討
§ 29	§ 25～§ 28を踏まえ、導入効果を再検証	§ 32 ヒートポンプ選定、施工方法検討
§ 30	施設計画として導入計画書のとりまとめ	- 必要に応じて条件等の見直しを行う

第5章 維持管理

- システムの管理

<システムの運転管理> (§ 36)

- ヒートポンプの制御盤にて集約して運転を管理する。
- 熱源水・冷温水のヒートポンプ出入口温度から熱交換性能を算出し、設定通り運転できていることを確認する。

<システムの保守管理> (§ 37)

- 運転管理とともに点検を行い、システムを保守管理する。
- 実証研究の1年間連続運転では、**通常の下水管路以上の保守管理は不要と考えられるが、長期的な影響については更なる検討が必要**。

運転管理における測定項目

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理基準
熱源水	出入口温度	測温抵抗体 (Pt100Ω)	連続	設定値通り制御できていること
	流量	電磁流量計		設定流量以上
冷温水	出入口温度	測温抵抗体 (Pt100Ω)		設定値通りに制御できていること
	流量	電磁流量計		設定流量以上

保守管理における点検項目

対象	点検項目	点検頻度			
		日	月	年	
ヒートポンプ	ヒートポンプ年次点検			○	
	圧力	冷媒圧力	○		
		冷温水圧力(出入口)	○		
温度	冷媒温度		○		
	冷温水温度(出入口)	○			
熱源水循環ポンプ	ポンプ出入口圧力	○			
冷温水循環ポンプ	電流値	○			
	ポンプ出入口圧力	○			
電流値	電流値	○			
	電流値	○			

<実証研究概要>

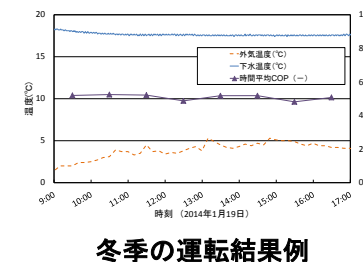
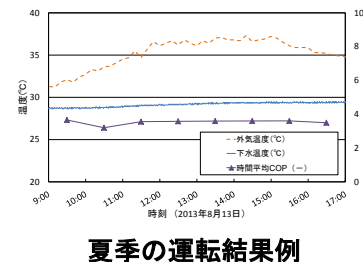
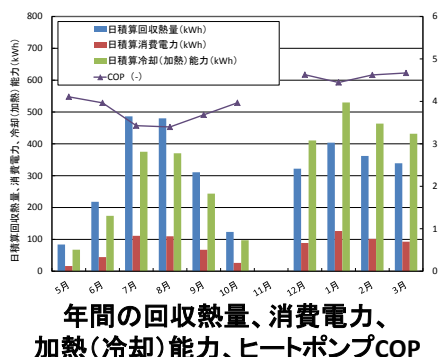
- 実証研究名：管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用に関する実証研究
- 実施者：積水化学・大阪市・東亜グラウト共同研究体
- 研究期間：平成24年6月～平成26年3月(施設整備期間含む)
- 実施場所：大阪市海老江下水処理場、下水道科学館
- 実証目的：(製管工法による)更生工事と同時に施工可能な管路内設置型熱回収技術により、コストやエネルギー消費量の縮減効果を実証する。

<実証施設概要>

- 更生管径：φ810mm(実験用管路(FRPM管、φ900mm)を処理場内に設置し、更生)
- 設置延長：82m
- 汚水量：暖房時 0.01m³/sec(φ900mm管の大阪市日平均下水量)
冷房時 0.05m³/sec
- 空調負荷：暖房ピーク54kW、冷房ピーク99kW
- 延床面積：512m²(下水道科学館地下1階フロア)

<年間の運転結果>

- ヒートポンプCOP：冷房期間平均COP3.8、暖房期間平均COP4.6、**年間平均COP4.1**
年間平均COP4以上とした目標を達成
- 外気温度の日間変動に対して**下水温度の変動は小さく、安定している。**



<下水熱利用が下水温度へ与える影響>

- 下水熱を利用することによる下水温度変化とその後の下水処理への影響が懸念される。
- 実証研究においては、**暖房運転時(最大回収熱量42kW、下水流量0.01m³/sec)における下水温度低下は1℃以下にとどまった。**
- 本技術が適用できる管径(φ1,000mm以上)は流量が大きいと想定されることから、**本技術による下水熱利用が下水温度(特に下水処理)へ与える影響は小さい**と考えられる。

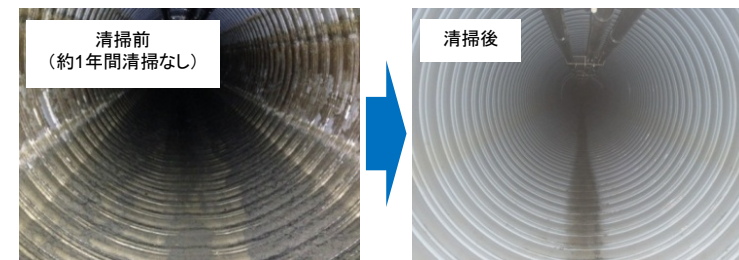
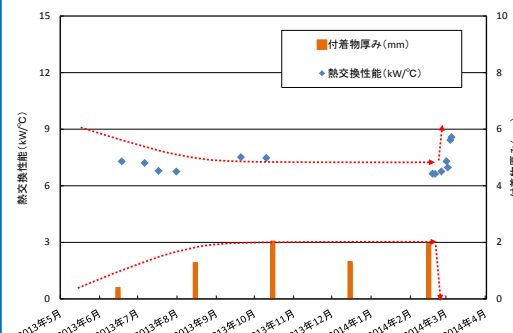
<熱回収管の埋め込みが流下性能へ与える影響>

- 実証施設の直線区間(自然流下、延長約30m)において、流量を変化させ粗度係数を調査したところ、**0.0074～0.0111となり、従来の製管工法と同等の粗度係数**であることから、**熱回収管の埋め込みによる流下性能への影響は小さい**と考えられる。

<汚れ・付着物が熱交換性能へ与える影響>

- 1年間の長期運転による表面への**付着物厚みは最大2mm程度※**であり、それに伴う**熱交換性能低下は約13%(COP約0.1低下)**と小さい。
- 汚れ・付着物による熱交換性能への**より長期的な影響については更なる調査検討が必要。**

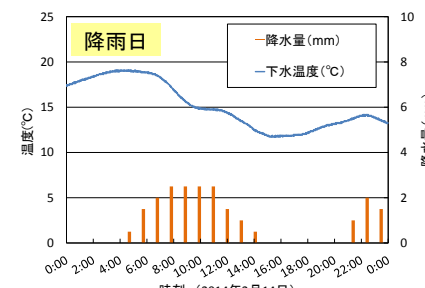
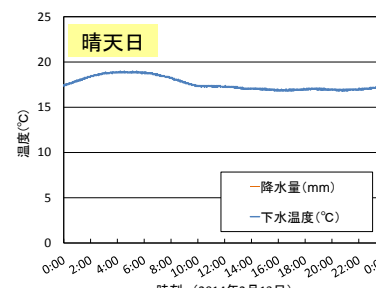
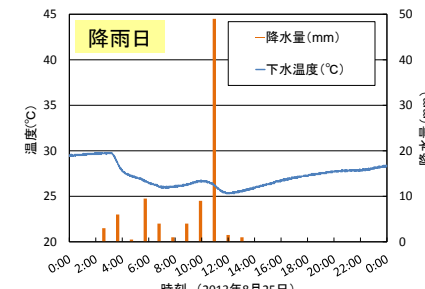
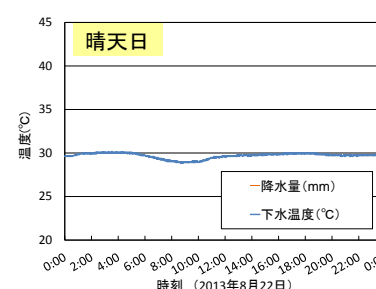
※付着物厚みは、浸漬させたサンプルの2箇所の厚みをノギスにて計測し、その平均値とした。



清掃前後の管路内状況写真

<降雨が熱交換性能へ与える影響>

- 夏季：降雨(最大50mm/h)に伴い、下水温度が約4℃低下(晴天日同時刻比)
→ 熱源水温度が4℃低下 → **日平均COPが0.4上昇**(3.3→3.7)
- 冬季：降雨(最大2.5mm/h)に伴い、下水温度が約5℃低下(晴天日同時刻比)
→ 熱源水温度が3℃低下 → **日平均COPが0.1低下**(5.0→4.9)



- **水深の増加**により、下水と熱回収管の接触面積が増加
→ 熱源水温度が低下(夏季)
→ **日平均COPが上昇**

水深変動とヒートポンプ日平均COP(夏季の例)

	水深30% (2013年8月11日)	水深65% (2013年8月13日)
下水温度	29.2℃	29.1℃
日平均COP	3.3	3.5

- 最低下水水深、最低下水温度を用いたシステム設計が必要。