

トヨタ市の下水熱

豊田市上下水道局 企画課



0.豊田市の紹介

豊田市の概要

- ・人口：423,084人、世帯数：182,623世帯
- ・愛知県の中央に位置し、面積は愛知県全体の18%
- ・製造品出荷額は、全国1位「クルマのまち」
- ・ラグビーワールドカップ2019開催都市
(令和2年10月現在)



下水道事業の概要

- ・処理区域面積：5,265ha、普及率：74.7%
- ・排除処理：分流式
(令和2年4月現在)



下水道施設

・管渠延長（污水）	1,526km
・管渠延長（雨水）	65km
・マンホール（污水・雨水）	47,500基
・マンホールポンプ	237箇所
・污水処理場	2施設
・汚水中継ポンプ場	6施設
・雨水ポンプ場	3施設
・農業集落排水施設	4施設
・コミュニティ・プラント等	3施設

(令和2年3月末)



污水处理施設**包括的**民間委託



管路施設**包括的**民間委託



設計・施工**一括発注**方式

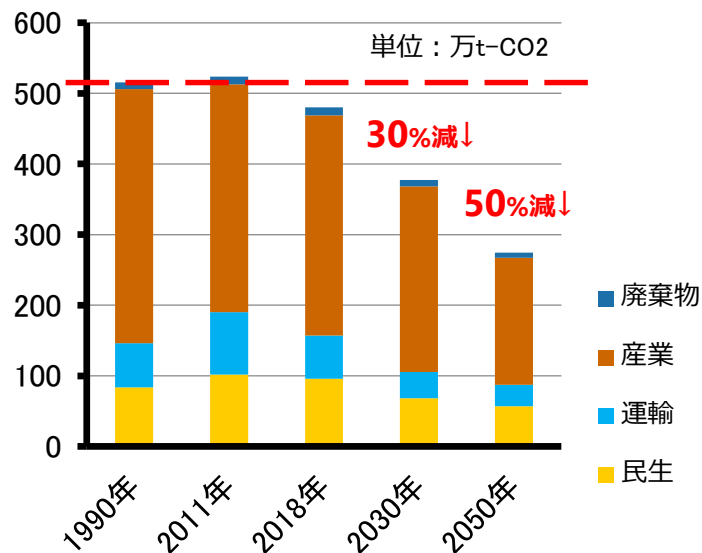
下水道事業に対するイメージアップ × 歩いて楽しい歩行空間の演出



22カ所



1. 下水熱利用の取組背景



■ 「環境モデル都市とよた」

- 環境モデル都市とは、先進的な取り組みにより温室効果ガス排出を大幅に削減し、低炭素社会の実現を目指す都市です。
- 平成21年5月に国から選定

環境モデル都市 豊田



■ 「ミライのフツー」を目指す

- 人間と環境が様々な方法で融合した社会。
- 心地よい毎日のために無駄を抑え、そして無理なく実行できること。

ミライのフツー



1.豊田市の2つの下水熱



■ らせん方式

用途：給湯システム

場所：再開発事業/高齢者福祉施設

熱源施設：管路



■ ピット型熱交換器

用途：空調システム

場所：足助下水処理場

熱源施設：処理場（処理水）

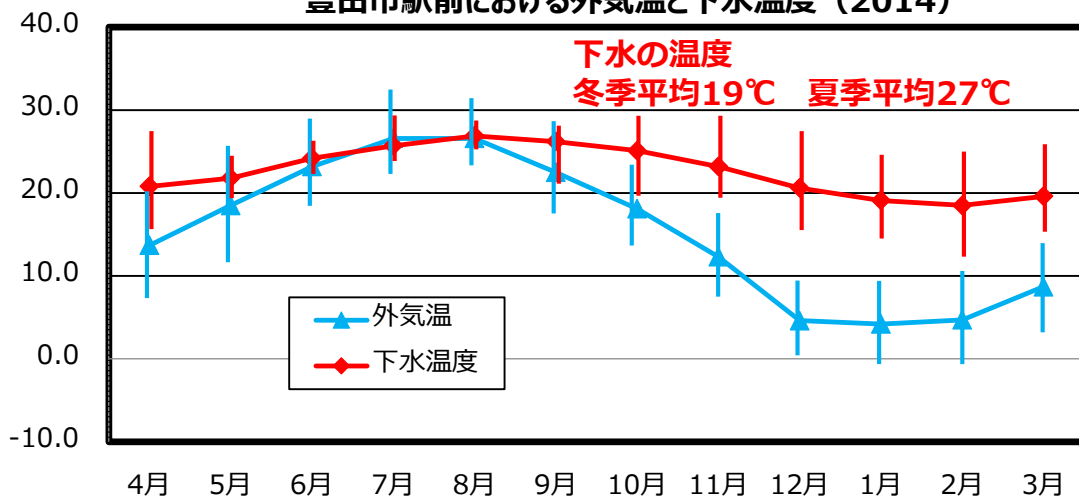
2. 下水熱利用の取組経緯

- H25.10 下水熱利用について検討開始
- H26.05 **再開発高齢者福祉施設に下水熱給湯システムの導入決定・公表**
- H27.03 下水熱利用マニュアル(案)の策定
- H27.05 下水道法の改定、民間企業による下水管内の熱交換器設置が可能に
- H27.08 積水化学工業と「ミライ・チャレンジ都市パートナーシップ協定」の締結
足助処理場にて下水熱実証事業を決定
- H27.11 再開発 下水熱利用事業スキーム合意(福祉施設管理者×積水化学工業×豊田市)
- H27.12 再開発 下水熱利用に関する協定締結(積水化学工業×豊田市)
※役割分担、費用負担、所有権等の明確化
- 下水熱広域ポテンシャルマップの公表**

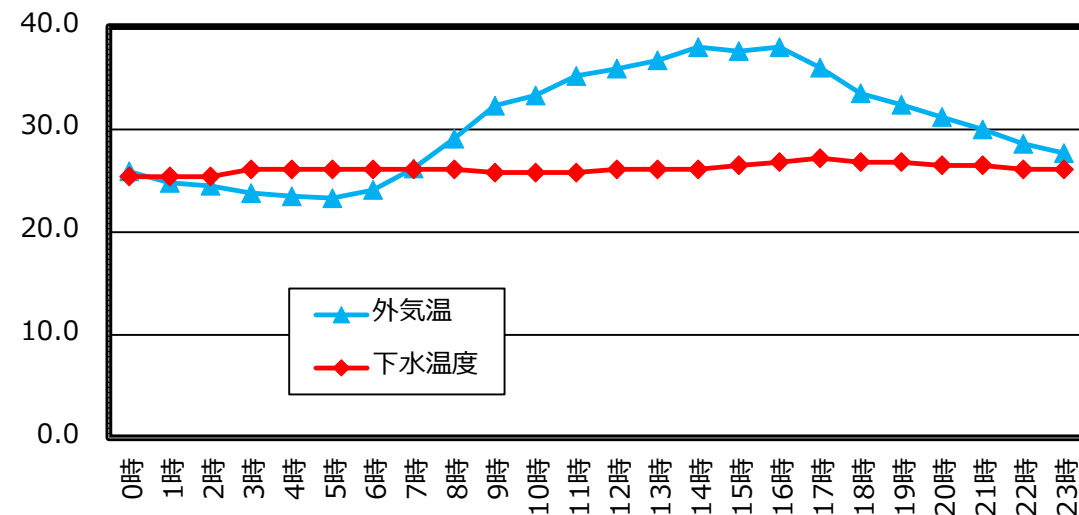
- H28.01 再開発 下水熱関連工事発注(豊田市)
管更生 56百万円(長寿命化支援制度)
熱回収管 5百万円(新世代下水道支援事業制度)
- H28.03 同工事完成
- H28.04 **足助処理場にて下水熱利用施設の実証事業開始**
- H29.01 再開発 下水熱利用工事発注(豊田市)
熱輸送管 19百万円(新世代下水道支援事業制度)
- H29.03 同工事完成
- H29.10 再開発 福祉施設側関連工事完了(積水)
- H29.11 再開発 下水熱関連施設等試運転開始
- H30.01 再開発 熱源供給契約の締結(福祉施設管理者×積水化学工業×豊田市)
- H30.02 **再開発 福祉施設供用開始**

3-1.下水熱の特徴

豊田市駅前における外気温と下水温度 (2014)



最高気温観測日における下水管路内温度測定データ (2014.7.25)

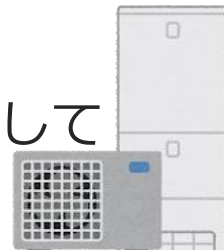


下水の水温は大気に比べ、

夏 冷たい
冬 暖かい



温度差エネルギーを
ヒートポンプ熱源として
空調や給湯等に活用



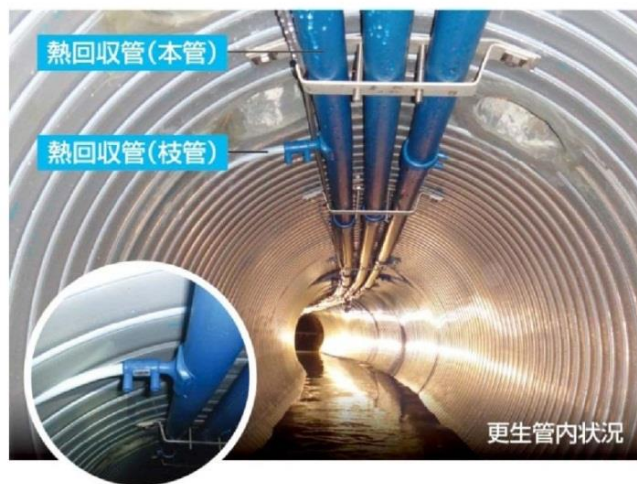
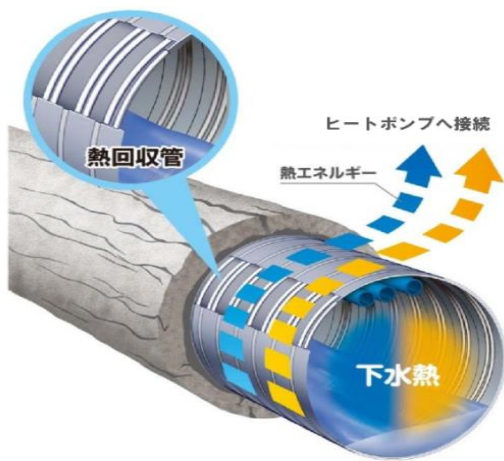
CO₂削減×省エネ効果



Q. 給湯の場合、夏場は
空気の方がいいのでは？

A. 液体の方が熱交換効率
が良く、年間を通して
温度が安定しているため、
下水熱の方が◎

3-2.らせん方式による下水熱回収



メリット

- ・管更生と同時に熱回収管を設置
- ・口径1,000mm以上
- ・通水面がフラット

デメリット

- ・利用可能な下水道管：
6km/1,420km（全体の0.4%）

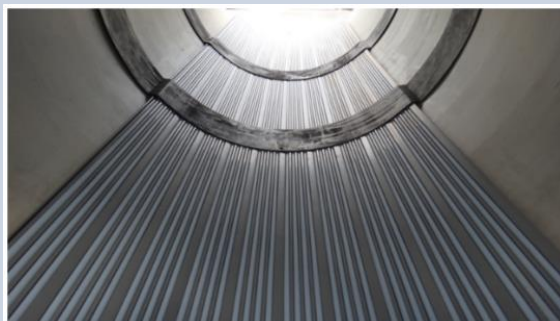
◆その他の「下水熱」回収技術

熱交換マット方式



Φ250~800mm

管底設置方式（樹脂）



Φ800mm以上

管路一体方式



4-1.再開発事業における下水熱利用



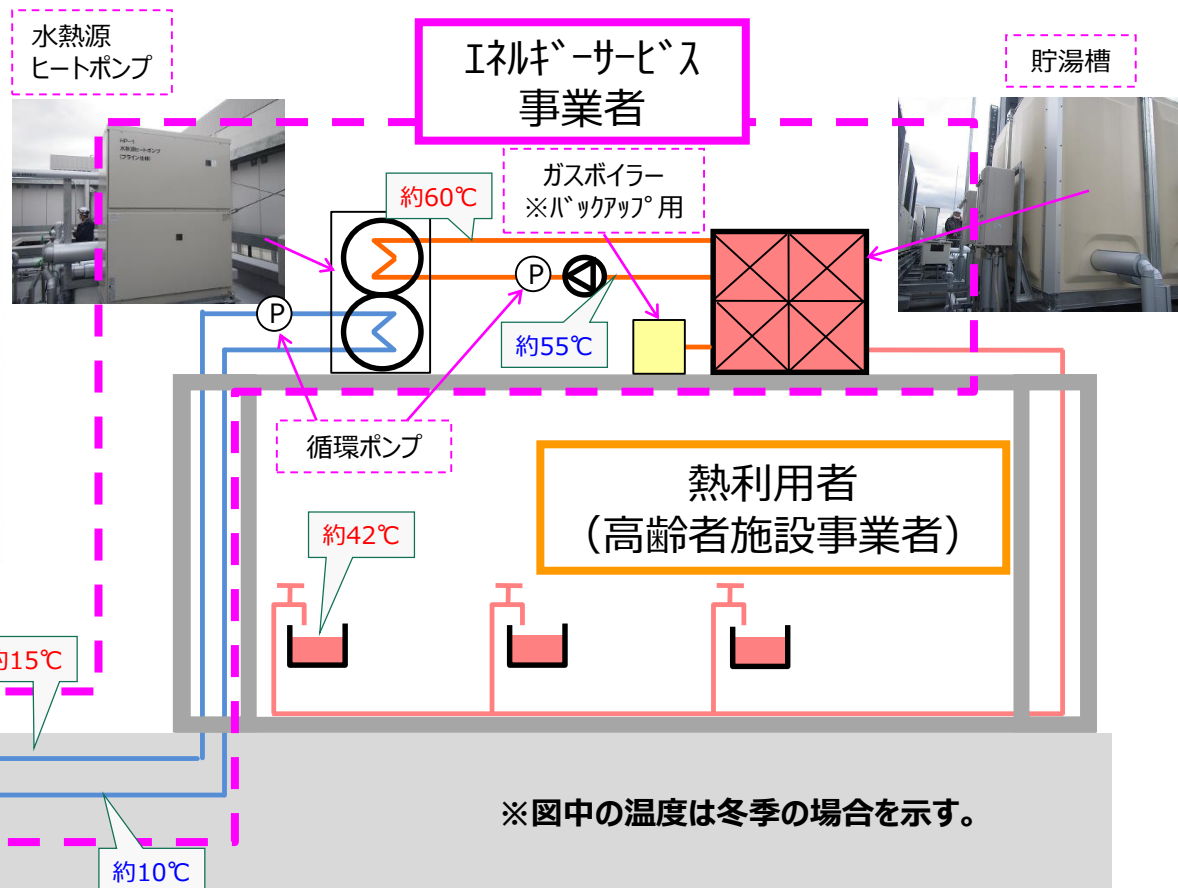
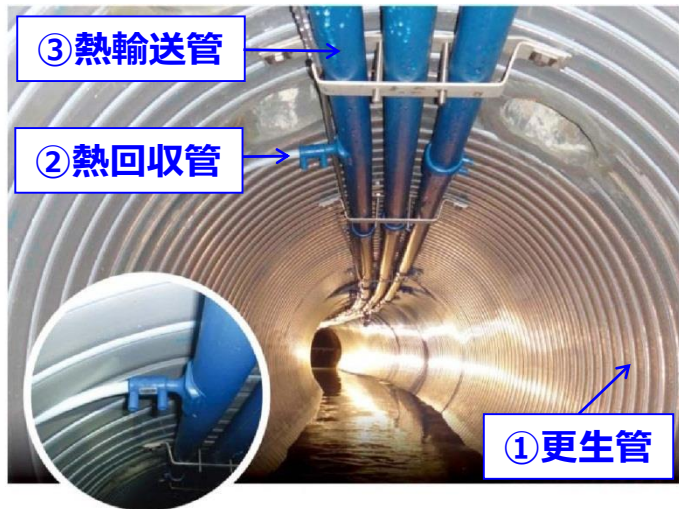
高齢者施設棟

- 地上8階（高さ約34m）／地下2階
- 延べ床面積：約7,800m²
- 特別養護老人ホーム：約90床
- 介護付き有料老人ホーム：約40床

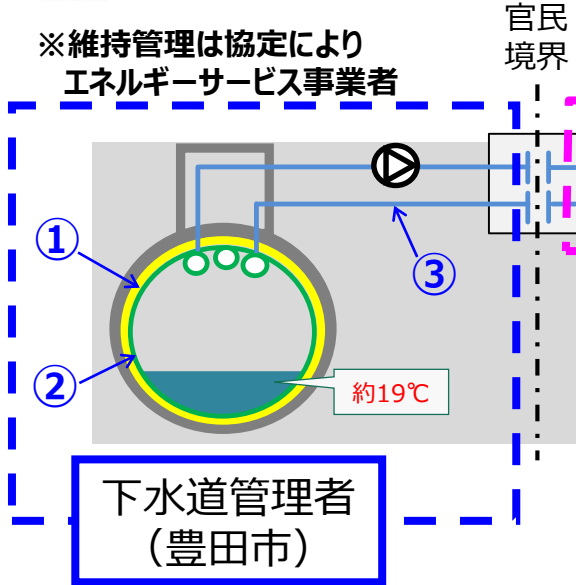
採熱概要

- 管種・管径：HPφ1000
- 延長：L=175m
- スパン数：2スパン
- 布設年度：昭和60年

4-2.事業スキーム



※図中の温度は冬季の場合を示す。



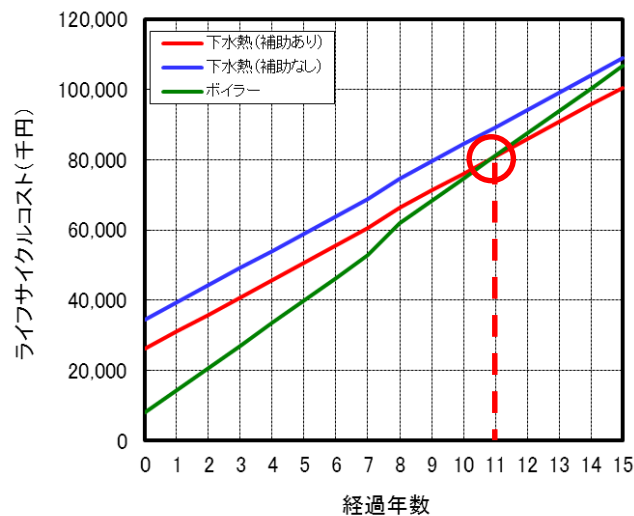
施設	事業費 (税込)	補助制度	裏負担
① 更生管	56,000 千円	長寿命化支援制度 (率: 1/2)	豊田市
② 熱回収管	5,000 千円	新世代下水道 支援事業制度 (率: 1/2)	豊田市 ※熱供給事業者 から回収
③ 熱輸送管	19,000 千円		

※モデル事業としたため官地内の熱回収管及び熱輸送管は豊田市で設置

4-3.設計段階における事業可能性の検討

◆15年間の経済比較

項目	単位	下水熱		ボイラー
		1/3補助あり	補助なし	補助なし
初期設置費	千円	16,700	25,000	8,000
熱回収・輸送管建設負担費	千円	9,500	9,500	0
機器更新費	千円	0	0	2,700
ランニングコスト	千円/年	4,900	4,900	6,400
回収年	年	10.9	—	
CO2排出量	t/年		94	126
削減率	%		25.4	



ガスボイラー vs 下水熱給湯システム

※計画給湯量は27,000 l/日

- イニシャルコストは**1,820万円**高価
- ランニングコストは**150万円**安価 (約23%)
- 約**11年**で投資回収 (補助ありの場合)
- **610万円** / 15年のトータルコスト削減
- **25%**のCO₂削減

4-4. 下水熱利用に活用可能な支援制度（平成27, 28年度）

	経済産業省 資源エネルギー庁	環境省		
	省エネルギー・新エネルギー対策部 新エネルギー対策課	総合環境政策局 環境計画課 低炭素地域づくり事業推進室	地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室	地球環境局 地球温暖化対策課 市場メカニズム室
27年度	再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金	先導的「低炭素・循環自然共生」地域創出事業のうち グリーン・リポート・トータル事業	/	/
	補助率：1/3	補助率：1/2		
	交付対象外	交付対象		
	下水熱交換器が主たる補助対象施設となるため	H27年度までの制度 H28年度は廃止		
28年度	再生可能エネルギー事業者支援事業費補助金	二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金		L2-TECH(先導的低炭素技術)導入拡大進事業
		再生可能エネルギー電気・熱 自立的普及促進事業	省CO2型社会の構築に向けた 社会ストック対策支援事業	
	補助率：1/3	補助率：1/2、2/3	補助率：1/2、1/3	補助率：1/2～2/3
	交付対象外	※ 要確認	交付対象	交付対象外
	主たる施設 である下水熱交換器（熱回収管）を 市が設置 するため交付対象外	交付対象は非営利団体 （高齢者福祉施設管理者は可） ⇒ 経産省×のため環境省も×	CO2削減に係る 費用対効果が基準点に達しないため不採択 。	・ 下水熱利用事業は対象外 ・CO2削減量のオーダーが〇万tの事業を対象のため、今後も小規模下水熱利用は対象外。
×	×	×	×	

4-5. 下水熱利用に活用可能な支援制度（令和2年度）

国土交通省			環境省		
下水道リノベーション推進総合事業	サステナブル建築物等先導事業	既存建築物省エネ化推進事業	熱・未利用熱・営農地等の効率的活用による脱炭素化推進事業	地域の防災・減災と低炭素化を同時実現する自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業	L2-Tech導入実証事業
熱利用に必要な施設のうち、下水又は下水処理水の流れる施設（熱交換施設、送水施設及びポンプ施設に限る。）及びその付帯施設の整備。	①住宅・建築物の新築、②既存の住宅・建築物の改修、③省CO2のマネジメントシステムの整備、④省CO2に関する技術の検証のいずれか、またはそれらの組み合わせによるプロジェクトのうち、省CO2の推進に向けたモデル性、先導性が高いものとして選定されたもの	既存のオフィスビル等の住宅以外の建築物の改修	①地域の効果的に活用されていない熱や湧水等資源の効果的利用及び効率的な配給システム等、地域単位の低炭素化を推進するモデル的な取組を対象とした、具体的な事業化に必要な設備導入を行う事業 ②下水排熱等を熱源とできる設備等を導入する事業 ③コスト効率的な地域熱供給実現に必要な設備を導入する事業	①公共施設に防災・減災に資する再生可能エネルギー設備、未利用エネルギー活用設備及びコージェネレーションシステム並びにそれらの付帯設備等を導入する事業 ②民間業務用施設に防災・減災に資する再生可能エネルギー設備、蓄電池等を導入する事業	L2-Tech（先導的低炭素技術）リストに拡充予定のある先導的な設備・機器や、商用化の初期段階にある設備・機器を用いた当該技術やシステムについて、導入実証を行う事業
1/2	1/2以内	1/3以内	必要と認められた額	1/2～3/4	1/2

下水熱 支援



4-5. 効果の確認

◆エネルギー消費効率（COP※）

設計 '19年実績

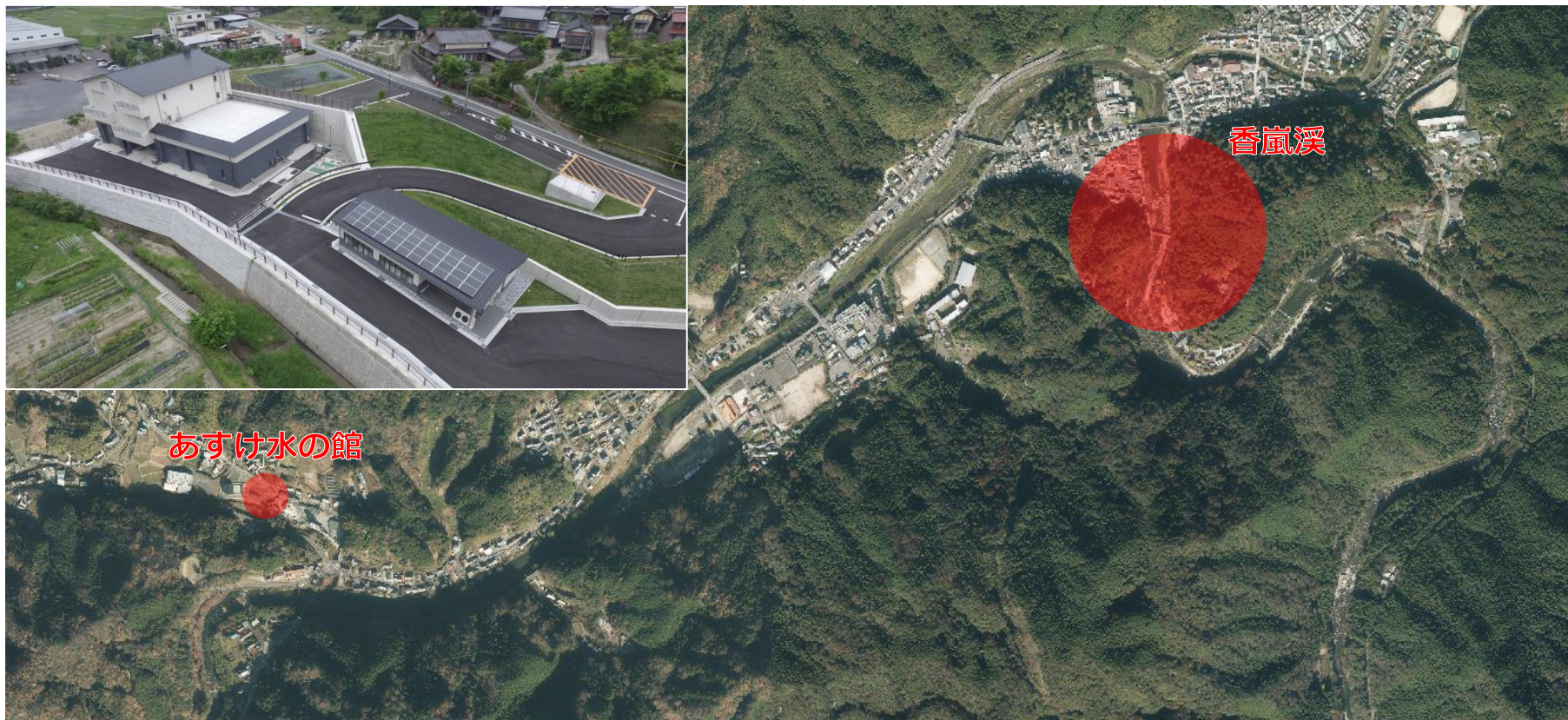
3.00 \div **3.01**

※COP：消費する電力量に対してどれだけの能力を発揮しているかを示す係数。値が大きいほど効率が良い。
冷房(暖房)能力(kw) \div 冷房(暖房)消費電力(kw)

◆ガスボイラー（COP0.8）との比較（2019年実績）

	ガスボイラー	下水熱	削減量
エネルギー量	20,042m ³	220,420kWh	
光熱費	¥2,715,576	¥1,137,678	¥1,577,898 (▲58.1%)
CO ₂ 排出量	50,476kg	35,417kg	15,942kg (▲31.6%)

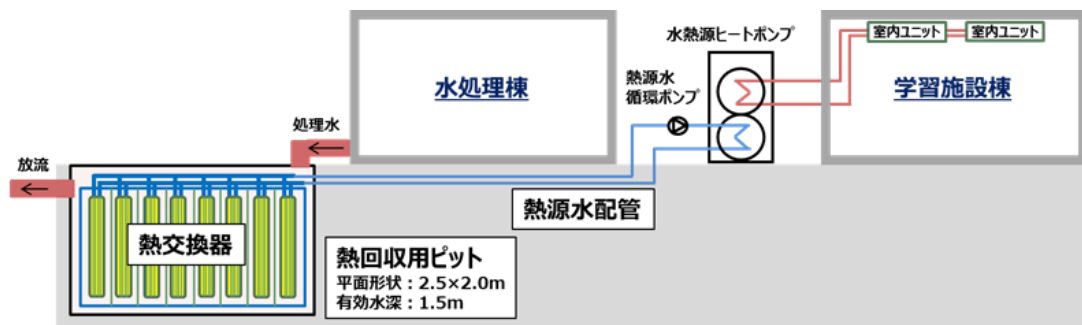
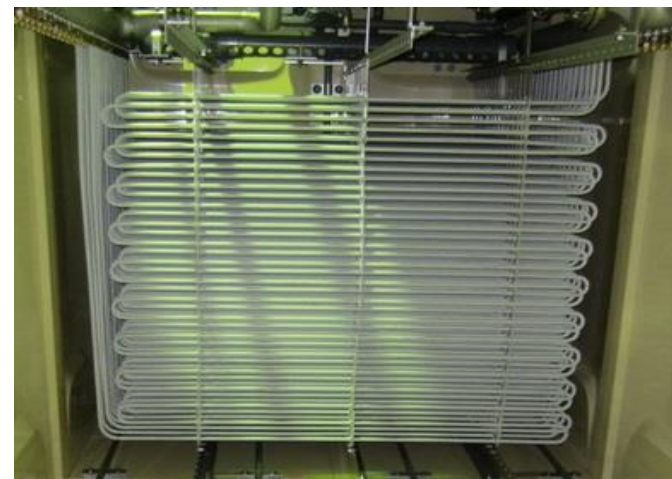
5-1. 足助下水処理場“あすけ水の館”における下水熱利用



あすけ水の館 施設概要

- ・ 供用開始：平成28年4月
- ・ 計画定住人口：2,300人
- ・ 計画観光人口：30,000人
- ・ 処理能力：1,800m³/日
- ・ 処理方式：循環式消化脱窒型膜分離活性汚泥法

5-1. “ピット型熱交換器”による下水熱空調システム



- ✓高採熱
 - ・アルミ複合の三層構造
- ✓高耐久性
 - ・ポリエチレン被覆

5-2. 効果の確認

◆エネルギー消費効率（COP※）

夏

設計

4.05

≒

4年間実績

5.62

※

冬

設計

4.88

≒

4年間実績

4.87

※ 夏季の使用状況が午前中が大多数であり、負荷が少ない時間帯での運転となり高効率となった。

◆空気熱源ヒートポンプ（COP3.5）との比較（4年間実績）

	空気熱源HP	下水熱HP	削減量
電気料金(/年)	¥542,000	¥325,000	¥217,000 (▲40.0%)
CO ₂ 排出量(/年)	4,800kg	3,100kg	1,700kg (▲35.4%)

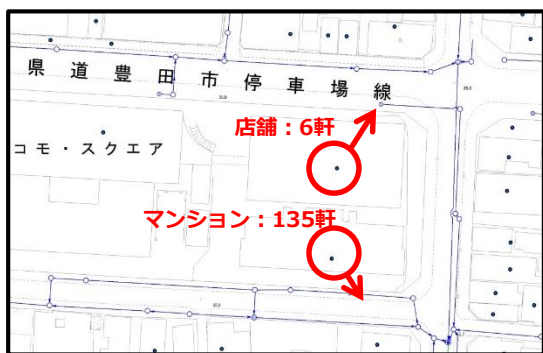
※ 稼働条件：5日/週、8時間/日

6-1.下水熱広域ポテンシャルマップ

■ 下水熱ポテンシャルマップ作成に必要なもの

- 下水熱ポテンシャル (MJ/日) = 容積比熱 × 下水利用温度差 × **流量**
※容積比熱 : 4.164 (MJ/m³K) 、 下水熱利用温度差 : 5 (K)
- 流量** ≡ 下水熱ポテンシャル ≡ **流量計算書**
- 管路台帳 : 管種・管径、経過年数

■ 工夫した点



- 各マンホールにおける下水流量の推計
水道メータデータの集計により算出
- マップの表示方法

	下水熱ポテンシャル				
	小				大
凡例					
給湯負荷 世帯数目安	~10	~100	~500	~1,000	1,000~

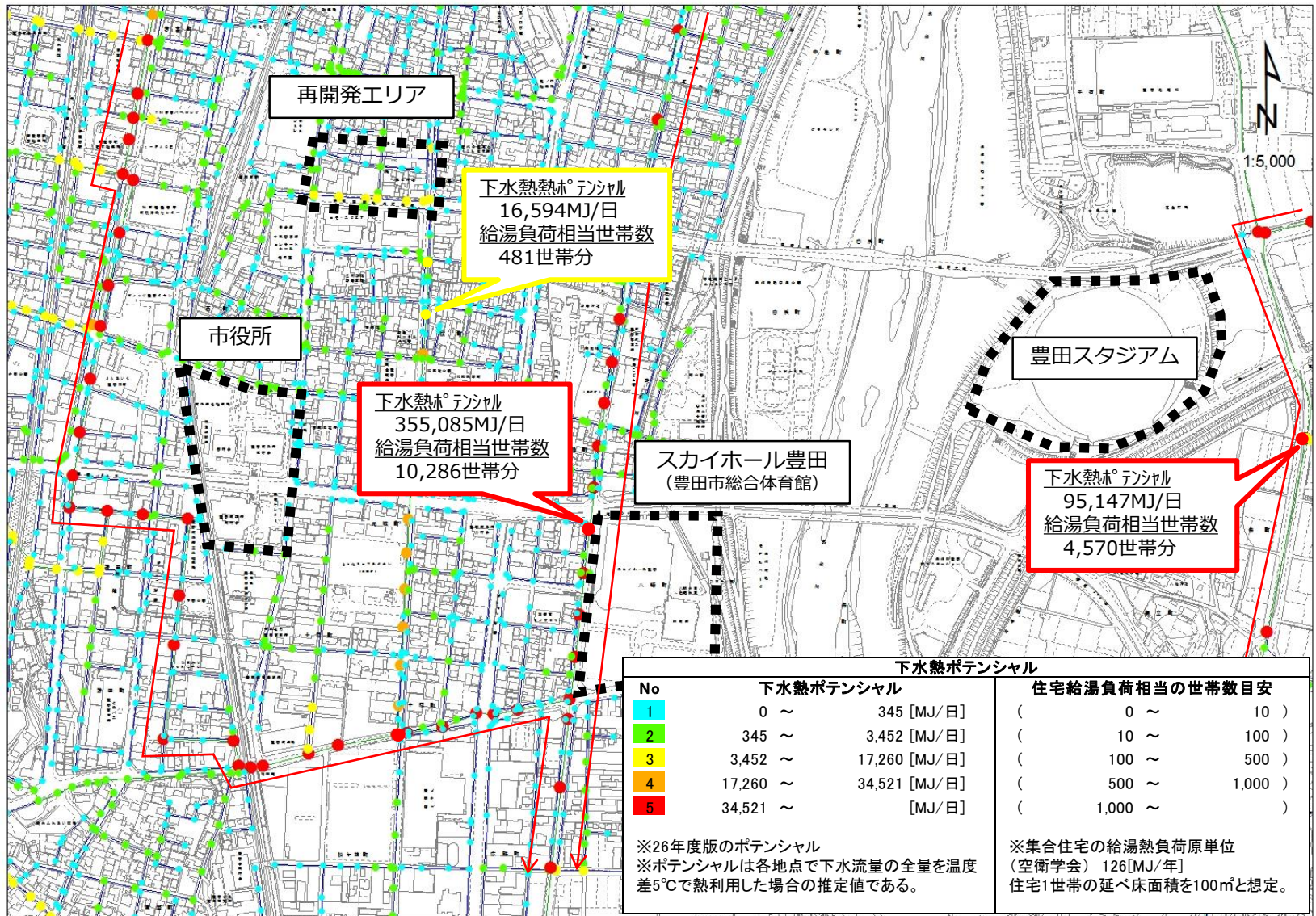
- マップ利用者の視点に立ち、指標、分割数、凡例の色を決定
- 指標 : 「住宅給湯負荷相当の世帯数」

※集合住宅の給湯熱負荷原単位126MJ/年 (空衛学会)
住宅1世帯の延床面積を100m²と想定

豊田 下水熱 ポテンシャル



6-2.中心市街地の下水熱ポテンシャルマップ



7. 考察

■ 下水熱をよく知ろう

- 下水熱のメリットは環境負荷の低減と省エネ効果、デメリットは多額の初期投資費（国の補助金などをうまく活用）
- 下水熱の認知度は低く、環境や下水道に係わる職員から情報発信が必要

■ 事業スキームの検討は綿密に

- 下水道管渠内の熱回収設備等（熱回収管、熱輸送管）の設置、維持管理、費用負担、リスク分担など

■ 国の補助制度を有効活用

- 国土交通省、経済産業省、環境省と下水熱利用に係る国の補助メニューは多様。最適な制度の選定が重要。

■ 条例など制度の整備も重要

- 下水熱利用に係る料金（道路占用料、暗渠使用料、下水熱利用料など）を徴収する場合、条例等の整備も必要
- 暗渠使用料金、下水熱利用料金の設定に苦慮

8. 事前質問に対する回答

Q & A



8. 事前質問に対する回答

Q. 導入検討のきっかけは？

A. 豊田市は、平成21年5月に「環境モデル都市」として国から選定されたこともあり、CO₂の排出量を2030年までに1990年比30%、2050年までに同比50%に削減する目標を掲げています。

下水道分野でも温室効果ガスの低減に向けた取組みが求められていましたが、市内には大規模な処理場がないため、バイオマス等の再生可能エネルギーの活用が難しく、具体の取組みは進んでいませんでした。

そうした中、国土交通省に出向していた豊田市上下水道局職員を通じて、仙台市のスーパーマーケットで下水熱利用給湯システムの実証事業を行った事例を知り、街中で行うことができる下水熱に着目、平成25年10月に「下水熱利用による環境負荷低減」の検討に着手しました。



8. 事前質問に対する回答

Q. 民間に対して苦慮した点について

A. 積水化学工業はH27年度の時点では、環境省の「グリーンプラン・パートナーシップ事業」で交付金申請をする予定でしたが、H28年度に廃止されてしまいました。慌ててその他の制度について国の関係機関と調整しましたが、結果充当できる交付金がなく、積水化学工業にとって収支の合わない事業となってしまいました。



8. 事前質問に対する回答

Q. 実際の光熱量は（ポテンシャルの誤差率は）

A. 設計COP3.0に対し、実績COP3.01と概ね誤差なく運用できています。

《2019年実績》

月	日数	給湯出力 (kWh)	消費電力量 (kWh)	下水熱 電気料金 (円)	下水熱 CO2 (kg)	COP	補給用 ガスボイラー (円)	補給用 ガスボイラー (円)	補給用ガス CO2 (kg)	ガス利用量 (m3) ※1	ガス料金 (円) (B)	ガス-下水熱 削減 (円)	削減率 (%)	ガスCO2 (kg)	下水熱CO2 削減 (kg)	削減率 (%)
1月	31	24,505	8,316	125,904	3,992	2.95	0	0	0	2,451	301,902	175,997	58.3%	5,612	1,620	28.9%
2月	28	22,509	7,686	116,366	3,689	2.93	0	0	0	2,251	277,311	160,945	58.0%	5,155	1,465	28.4%
3月	31	23,298	7,904	119,667	3,794	2.95	0	0	0	2,330	287,031	167,365	58.3%	5,335	1,541	28.9%
4月	30	17,378	5,710	86,449	2,741	3.04	0	0	0	1,738	214,091	127,642	59.6%	3,979	1,239	31.1%
5月	31	16,499	5,439	82,346	2,611	3.03	0	0	0	1,650	203,262	120,915	59.5%	3,778	1,167	30.9%
6月	30	14,838	4,752	71,945	2,281	3.12	0	0	0	1,484	182,805	110,860	60.6%	3,398	1,117	32.9%
7月	31	15,335	4,816	77,682	2,312	3.18	0	0	0	1,533	188,921	111,239	58.9%	3,512	1,200	34.2%
8月	31	15,313	4,705	75,892	2,258	3.25	0	0	0	1,531	188,653	112,762	59.8%	3,507	1,248	35.6%
9月	30	14,811	4,612	74,392	2,214	3.21	0	0	0	1,481	182,472	108,080	59.2%	3,392	1,178	34.7%
10月	31	15,304	4,964	75,155	2,383	3.08	27	3,326	62	1,530	188,551	110,070	58.4%	3,505	1,122	32.0%
11月	30	19,072	6,380	96,593	3,062	2.99	58	7,146	133	1,907	234,970	131,231	55.9%	4,368	1,305	29.9%
12月	31	21,559	7,886	119,394	3,785	2.73	44	5,421	101	2,156	265,607	140,792	53.0%	4,937	1,152	23.3%
	365	220,420	73,170	1,121,785	35,122	3.01	129	15,893	295	22,042	2,715,576	1,577,898	58.1%	50,476	15,355	30.4%

◆ 光熱費年間効果

システム電気料金 (円/年)	1,121,785
補助ガス料金 (円/年) ※2	15,893
下水熱利用光熱費合計 (A)	1,137,678
ガスボイラー利用光熱費換算 (B)	2,715,576
お得額 (B)-(A)	1,577,898
削減率	58.1%

※1 ガス利用料 = 「給湯出力 ÷ 0.8 ÷ 12.5」

都市ガスCOP:0.8, 都市ガス換算係数:12.5kWh/m3 (資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より)

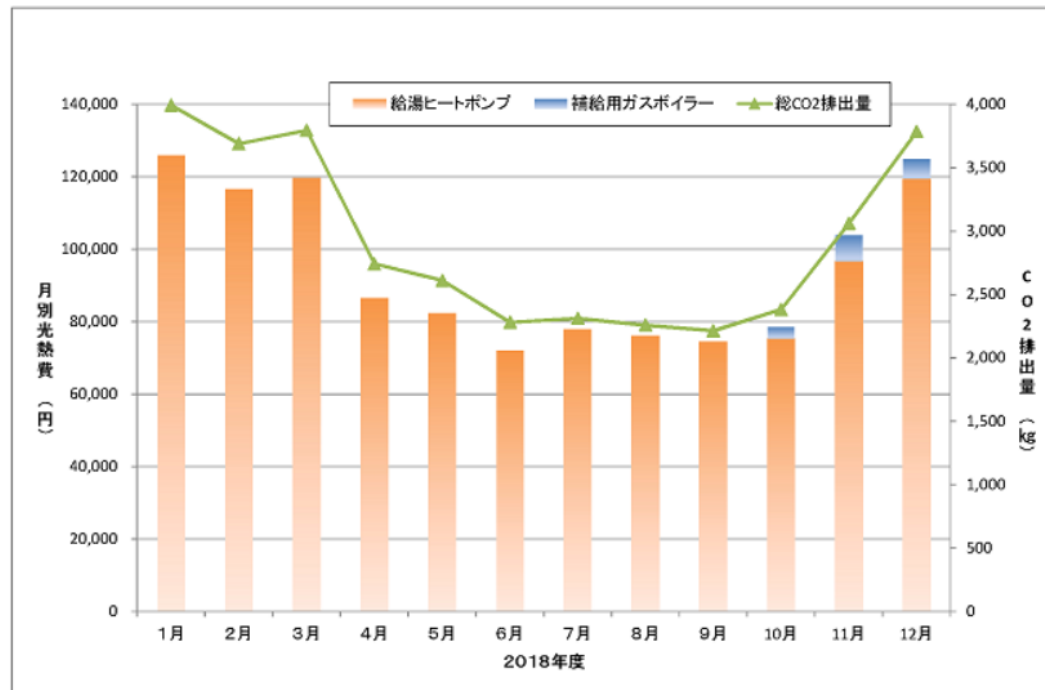


8. 事前質問に対する回答

Q. 実際に季節や時間, 天気等によって光熱量はかわる?

A. 下図のとおり、季節等の影響により光熱量は変化します。

光熱費、CO2 排出量の推移



8. 事前質問に対する回答

Q. 広域ポテンシャルマップ策定における委託費用は？

A. 約130万円です（設計金額約300万円）



8. 事前質問に対する回答

Q. ポテンシャルマップの公表方法は？

A. 豊田市ホームページにて公表しています。



8. 事前質問に対する回答

Q. 公表後の民間からの問い合わせ，要望事項はある？

A. 問合せはありません。国費を充当したとしても、初期投資回収までに時間がかかりすぎるため導入は難しいと指摘をもらっています（某民間企業）。



8. 事前質問に対する回答

Q. 下水道熱利用料の今後の徴収予定は？

A. 下水熱利用料については、モデル事業ということもあり、無償としています。今後、下水熱利用する事業者が出てくるようであれば、条例改正後に下水熱利用料を徴収する予定です。



8. 事前質問に対する回答

Q. 実際に日常管理を行っている？

A. 年1回下水道管路施設および給湯設備の点検・調査を実施しています。



8. 事前質問に対する回答

Q. 民間会社に維持管理を任せているのであれば契約書は誰になりますか？
建物管理者であるか？

A. 豊田市上下水道局と積水化学工業株式会社にて協定書を締結しています。



8. 事前質問に対する回答

Q. 耐用年数経過後の対応について（更新・廃止？）

A. 本モデル事業の事業期間が令和14年3月31日までとなっています。本事業の延長や各設備の処遇については、別途協議が必要になり、今後の検討事項です。



8. 事前質問に対する回答

Q. 再開発事業とセットで導入を実施しているとのことであるが、地区計画等に環境に配慮した下水道熱利用などといった文言を入れて誘導させているか？都市計画法上の位置づけはありますか？

A. 下水熱の検討に着手した時期と同じくして、たまたま、豊田市駅前再開発事業が進行していました。そのため、誘導地区の設定や都市計画法上の位置づけはありません。



8. 事前質問に対する回答

Q. 今後も他の場所で増やすのか？

A. 今のところ予定はありません。

過去に、給食センター、豊田市役所南庁舎、民間企業等に対し、提案を行っていますが、導入には至りませんでした。

