



第4回 下水熱利用推進協議会

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

研究開発状況報告

大阪市立大学、(株)総合設備コンサルタント、中央復建コンサルタンツ(株)、関西電力(株)

【再委託先】三菱重工業(株)、(株)NTTファシリティーズ総合研究所、(株)トヨックス

研究開発期間：平成22年7月～平成26年2月

1. 研究開発の背景、目的、目標

1. 1. 背景、課題

下水熱利用の動向と課題

全国の下水熱利用プラント

処理水の熱利用は
処理場周辺に縛られる

未処理水の熱利用

処理水の熱利用

東京都内
所内利用 11

盛岡駅西口:大規模

後楽一丁目:大規模

幕張:大規模

名古屋市
市内利用 6

品川:大規模

下水熱利用におけるわが国の現状は、利用箇所が**処理場とその周辺**に限定的。
→以下のような課題がある。

- ・大規模なシステムは、下水処理施設に近接した熱需要地に限定
- ・小規模なシステムでは、処理場内での利用にとどまる
- ・夾雑物対策、バイオフィルム対策
- ・耐食性の高い機器や材料の使用
- ・悪条件下でも高性能な熱交換器
- ・下水利用は下水道事業者に限定
- ・管路網を対象とした簡易・低コスト手法が未開発
- ・大規模なケースでは、熱輸送管（冷温水管）が長くなるほど、管路敷設費と管路からの熱ロスの増大

国内では、下水熱利用の普及が行き詰っている。
下水管路の途中から熱回収を行うシステムの開発が重要！

海外の下水熱利用の動向

処理水を熱源とするもの

- ・ドイツなどで多数(20年前から)
- ・大型のシステムはドイツ・スイスの他、**ルウェー・カナダ**などで採用されている。**システム自体はわが国のものと大差ない。**
- ・家庭排水から熱回収する小規模なものは欧州各地で散見

未処理水を熱源とするもの

- ・ドイツ・スイスでは**下水管路から直接熱回収を行うタイプ**が多数採用、導入事例が増えている。
- ・ドイツ・スイスを中心に**110地点への導入**(計画中含め)が判明
- ・現在は、**未処理水からのコンパクトな直接排熱回収システム**
任意地点の下水管路から地域の排熱を回収利用可能に
(容量は200~1000kW程度/2005年代頃から開発)が**主流**に



スイス
80地点



ドイツ
30地点

様々なタイプの管内設置型熱交換器

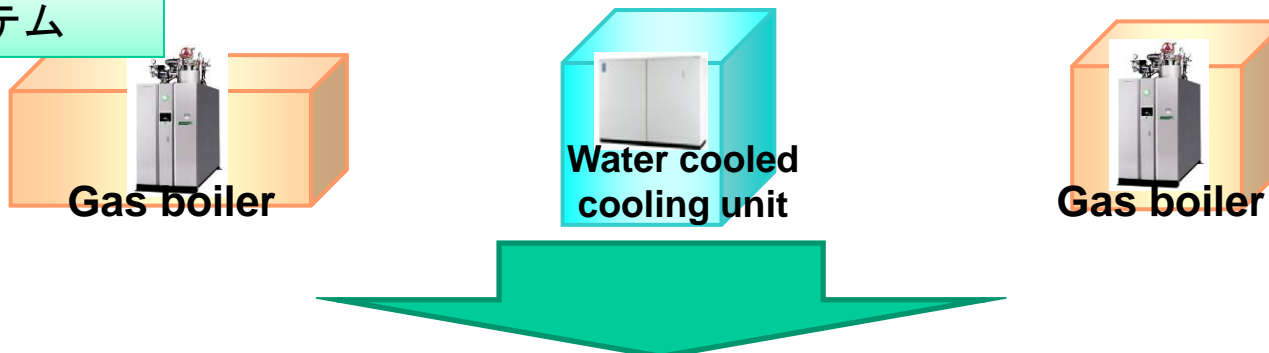


海外では下水管路における下水熱利用の導入が進みつつあるが、低コスト化が課題！

1. 研究開発の背景、目的、目標

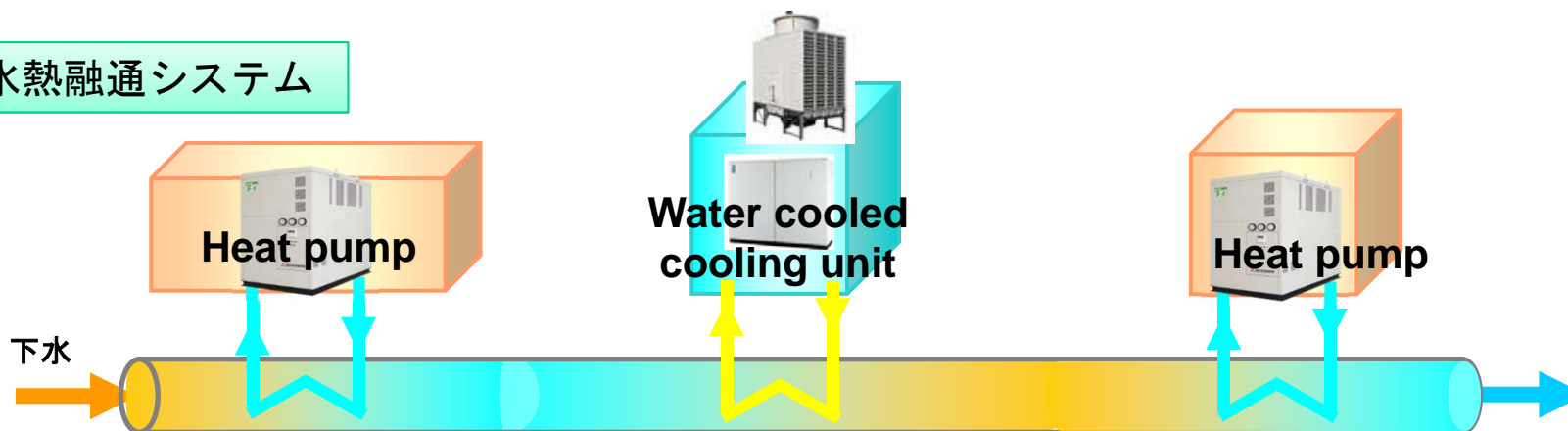
1. 2. 目的、目標

現状システム



下水熱利用・熱融通システムの導入

下水熱融通システム

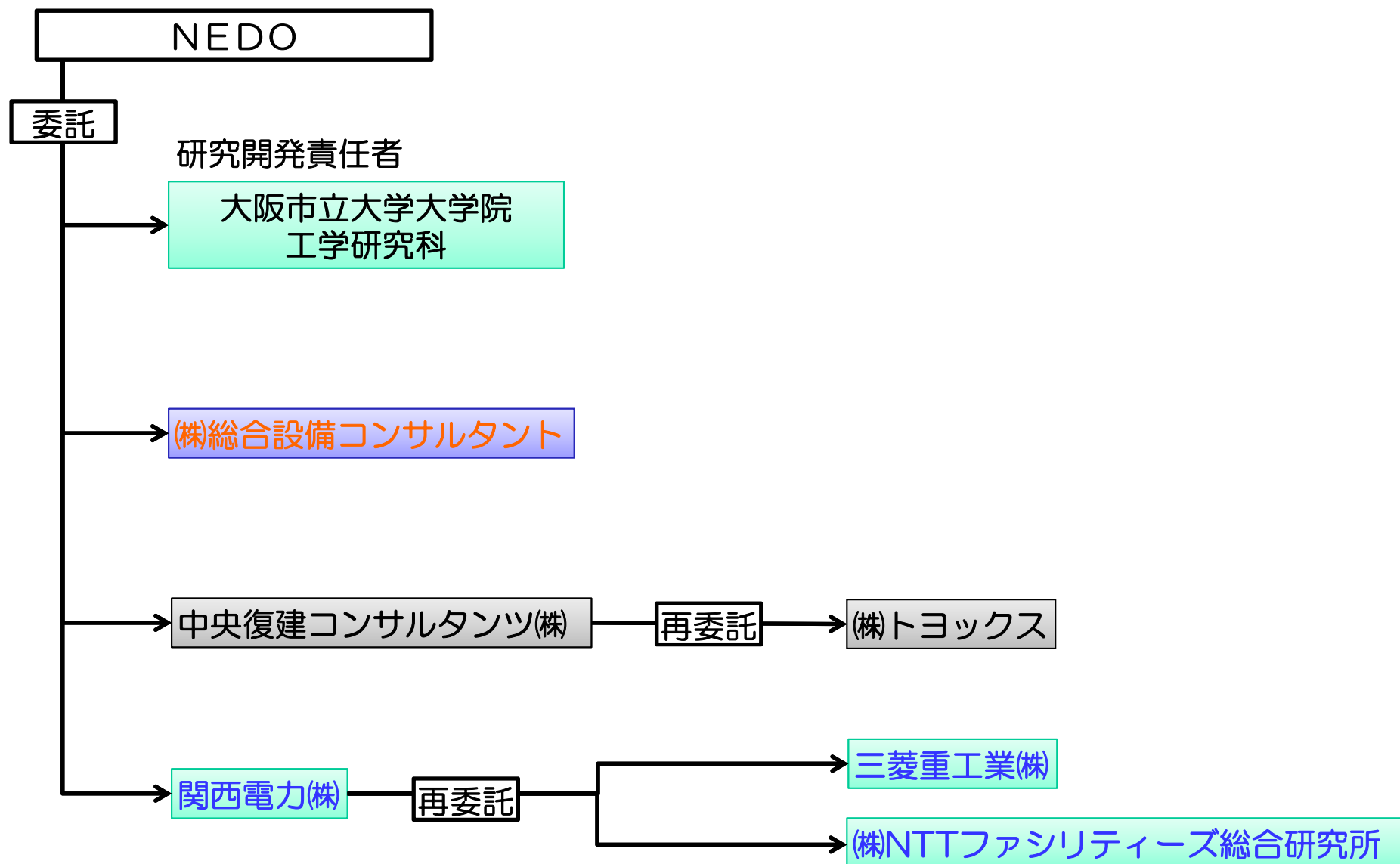


$$\text{システム全体の効率向上効果} = \frac{\text{熱利用・熱融通システム全体の効率}}{\text{現状システム全体の効率}} \geq 1.5$$

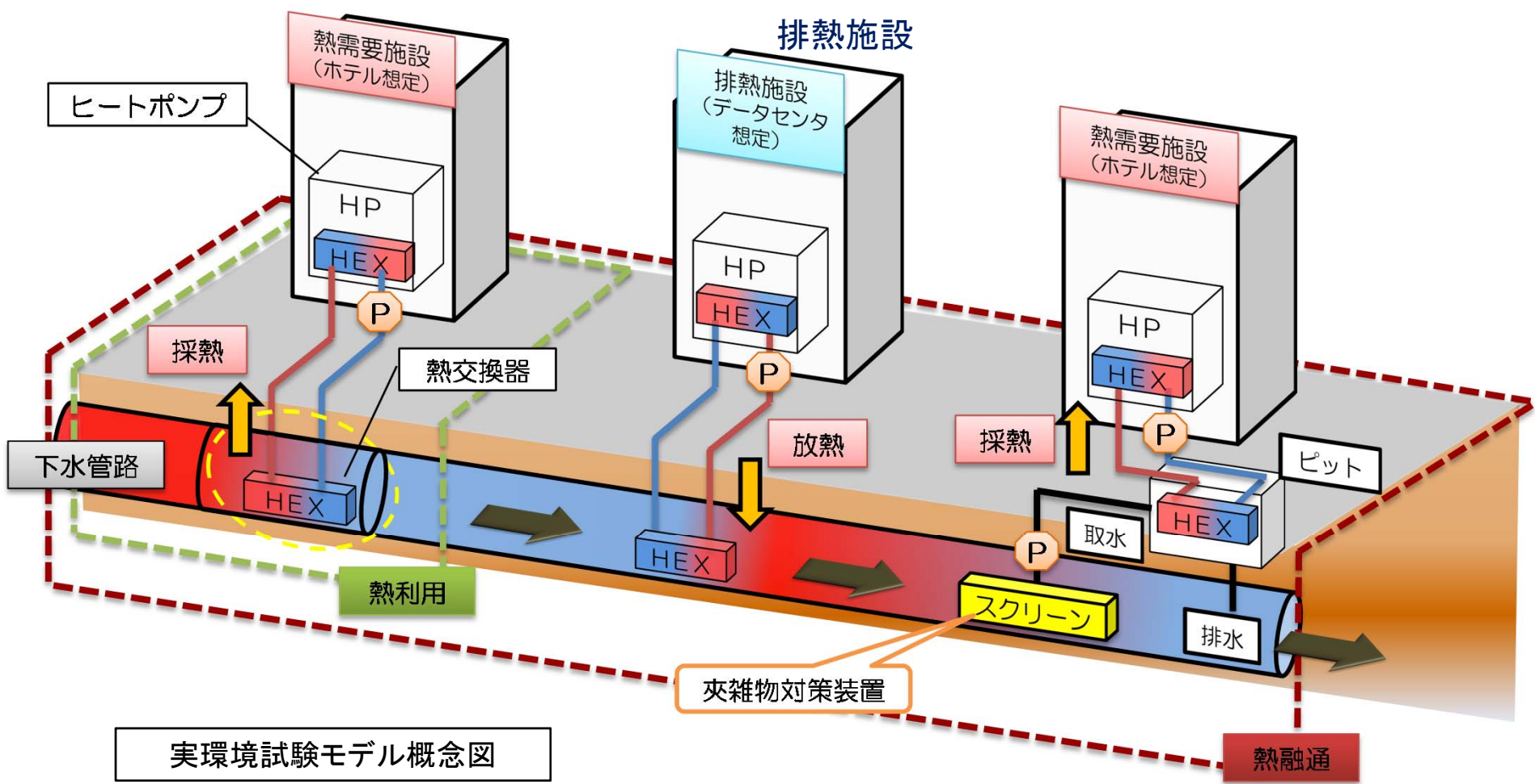
2. 研究開発体制、研究開発内容

4

2. 1. 研究開発体制



2. 2. 研究開発内容

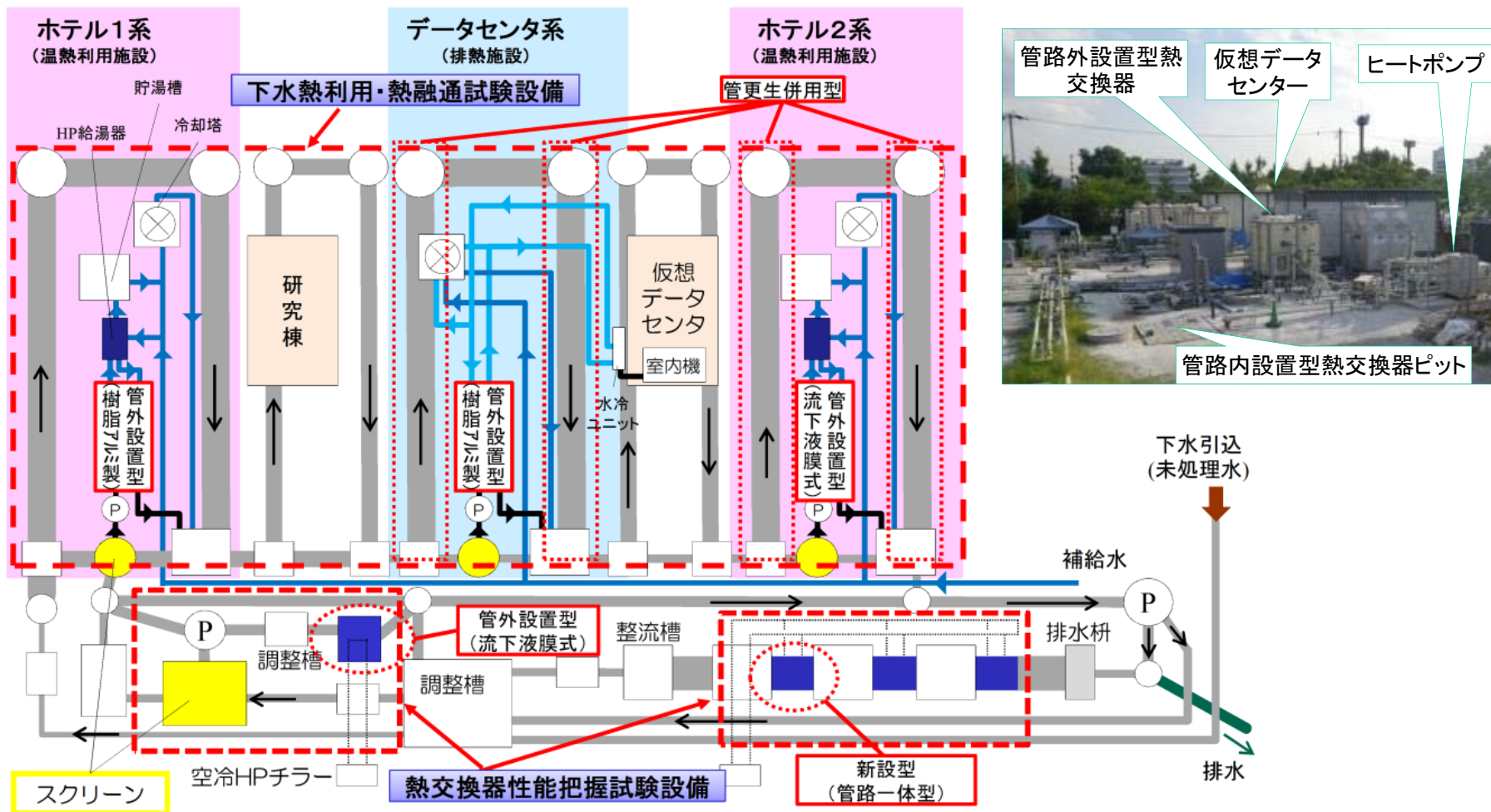


実環境試験モデル概念図

3. 成果、実績、展望等

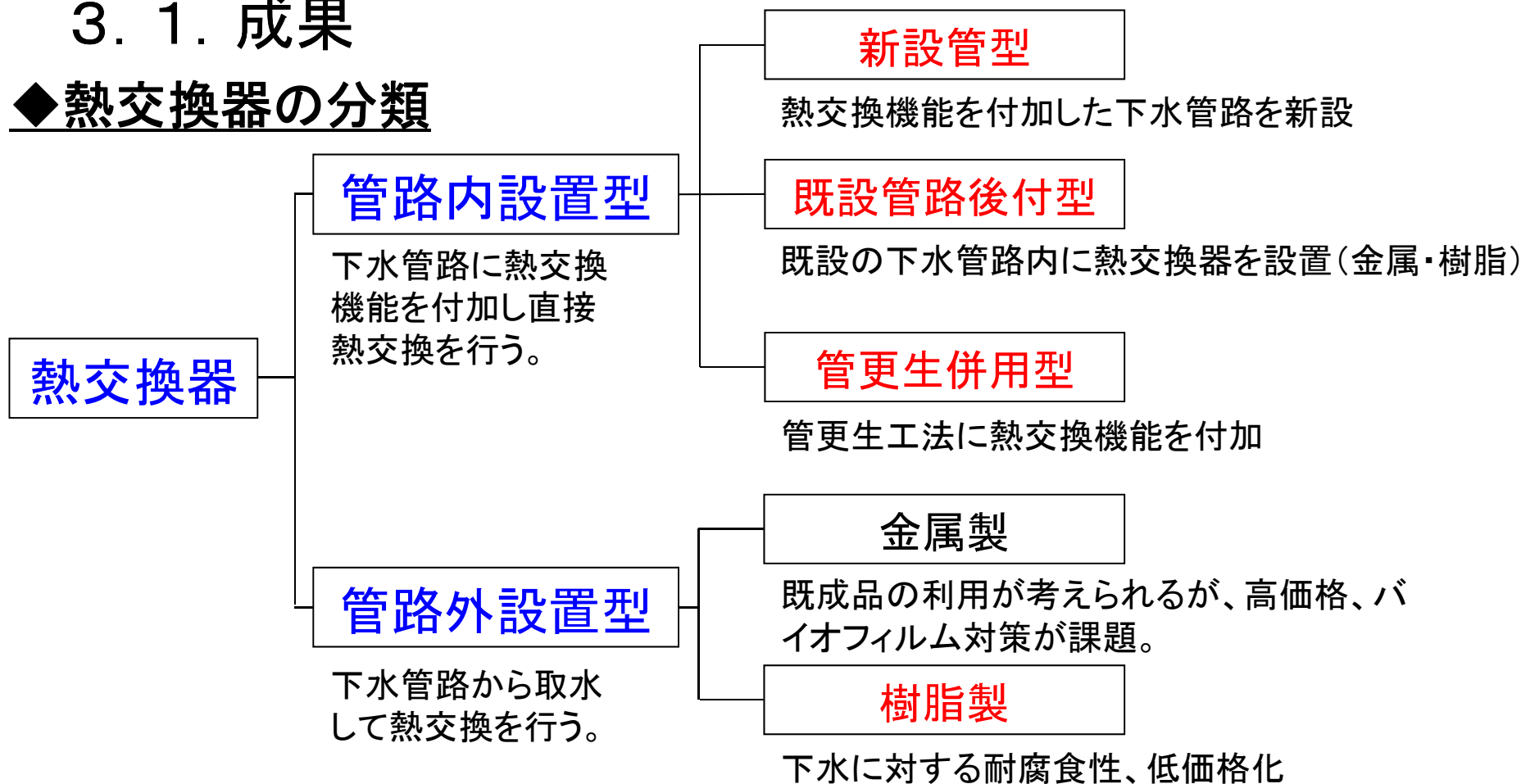
3. 1. 成果

■ 大阪市千島下水処理場(大阪市大正区)において未処理下水を用いた実環境試験を実施



3. 1. 成果

◆熱交換器の分類



下水熱利用・熱融通の普及のためには、建物条件(設置面積など)、管路条件(管径、流量など)に合わせた**様々な導入シナリオに対応する必要がある**。
各熱交換方式の下水環境下での基本的なデータを取得し、課題点を抽出したうえで、**実用可能性の高い熱交換器の開発を進めている**。

3. 成果、実績、展望等

8

3. 1. 成果

■ 低コスト二重管式熱交換器の開発(現在実験解析中)

- ステンレス製二重管式熱交換器より低コスト化を目指す
 - 外管と継ぎ手U字管部分をプラスチック化
- 流速条件等が同一であれば性能はステンレス製と同等と予想。




3. 成果、実績、展望等

3. 1. 成果

■ 熱交換器の開発

- 設置条件を考慮した様々な導入シナリオに対応する熱交換器を試作し、実環境試験により効果を検証中

分類	管路外設置型			管路内設置型	
熱交換器方式	樹脂+アルミ	流下液膜式	二重管	管更生併用型	管路一体型(樹脂)
外観写真					
熱通過率 (W/m ² ・K) ※汚れ付着後の実測値の例	約120	400~1000	300~700	300~600	30~50

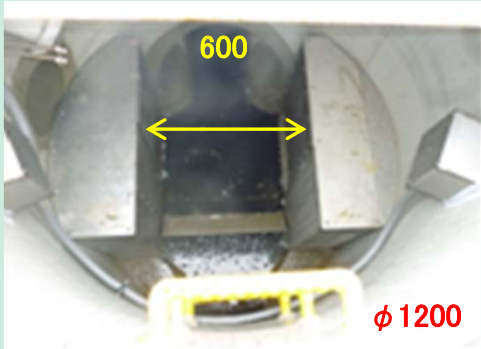



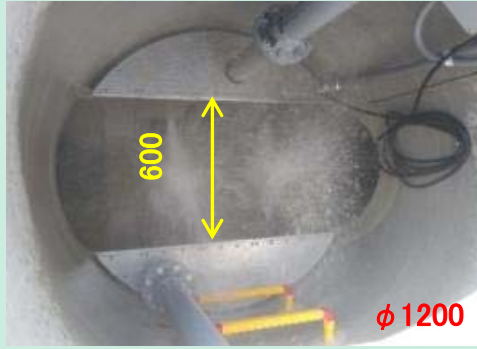

熱交換器の性能は下水流速、経過時間等の条件により変わる。(現在実験解析中)



3. 1. 成果

■スクリーンの開発

- 海外のスクリーンと比較してコンパクトで低コスト、また捕捉夾雑物は下水道へ自然流下可能なスクリーンを試作し、実環境試験により効果を検証中

クリーニング方式	クランク型レーキ式	回転レーキ式	スプレー洗浄併用多孔式
スクリーン形式	横型スリット式	縦型スリット式	パンチングメタル式
特徴	低水位での取水能力確保	大流量通水能力の確保	繊維状、シート状夾雑物の除去
試作通水能力	10(L/s)	50(L/s)	10(L/s)
機器外観	 	 	 

3.1. 成果

■ GISを用いた熱受給マッチング手法の開発

- 熱需要が高密度(経済性高い)で、需要に応じた下水熱が利用可能なエリアの抽出

マッチングツール

Version 1.8 検索結果

No.	ManholeID	人孔番号	地盤高	重心X	重
1	1001.492825027.1	80470810	1.203	-4665996	-1
2	1001.492825028.1	80470007	1.265	-4665969	-1
3	1001.492826154.1	80470004	0.983	-4661800	-1
4	1001.492805089.1	80470003	1.087	-4654160	-1
5	1001.492805054.1	80470002	1.217	-4654231	-1
6	1001.492804089.1	80470001	1.87	-4654401	-1

No.	KanID	上流人孔	下流人孔	断面	管
1	1021.492824942.1	80470007	80470810	4	22
2	1021.492825935.1	80470004	80470007	4	22
3	1021.492826237.1	80470086	80470004	1	0
4	1021.492802590.1	80470006	80470004	4	22
5	1021.492803077.1	80470003	80470004	5	28

No.	BuildID	世界名称	建物名称	建物階数	住
1	82.492804518.121	<株>雄電社大阪	<株>雄電社大阪	5	大
2	84.492805453.121	△	△	1	大
3	82.492798932.121	日本電気機器	日本電気機器	4	大
4	100.492798932.121	△	△	1	大

管路・の接続情報や建物情報を取得し、流量や温度、下水熱量の推定に利用

マンホールのシンボルサイズと色調を変化させ、下水熱ポテンシャル情報を表示

建物の色調を変化させ、熱需要情報を表示

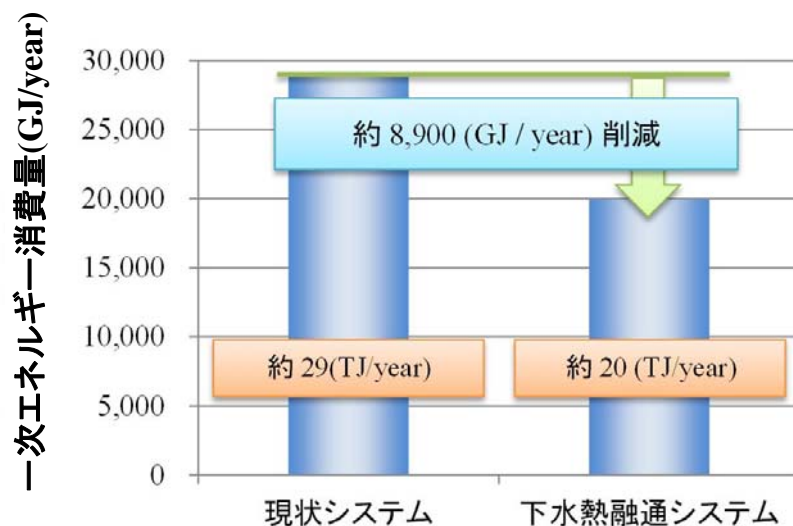
登録・計算したデータから主題図を作成し検討が可能

熱需給マッチング

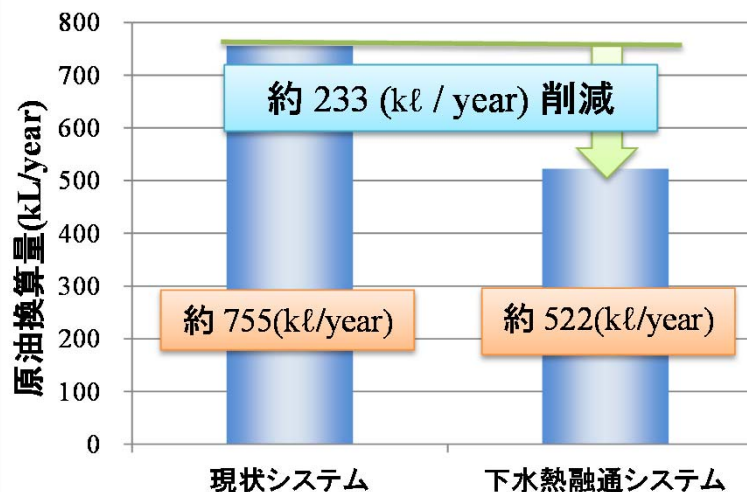
3. 成果、実績、展望等

3. 1. 成果

■ 原油換算省エネ効果



システム全体の一次エネルギー消費量の比較



原油換算量による省エネ効果

下水の実測データ等の研究成果を用いた試算では**約1.5倍以上達成**
(ガスボイラに対する省エネ効果)

▶ 昨年度11月より下水熱利用・熱融通システム実証試験を行い、効果を確認中

3. 成果、実績、展望等

3. 2. 実績等

・特許出願 H22年度～ H25年度(9月現在) 国内 8 件(外国出願 0 件)

出願番号	名称
2011-189915	熱融通可視化装置および熱融通可視化システム
2011-189916	熱売買支援装置および熱売買支援システム
2011-189917	熱融通支援装置および熱融通支援システム
2012-185366	熱交換器
2012-135491	マンホール、下水引出ユニットおよび下水熱利用システム
2012-135492	スクリーン装置および下水熱利用システム
2013-088134	二重管式熱交換器
2013-192732	下水搬出入装置及び下水熱利用システム

・学会発表等 H22年度～ H25年度(9月現在) 国内 26 件、海外 1 件

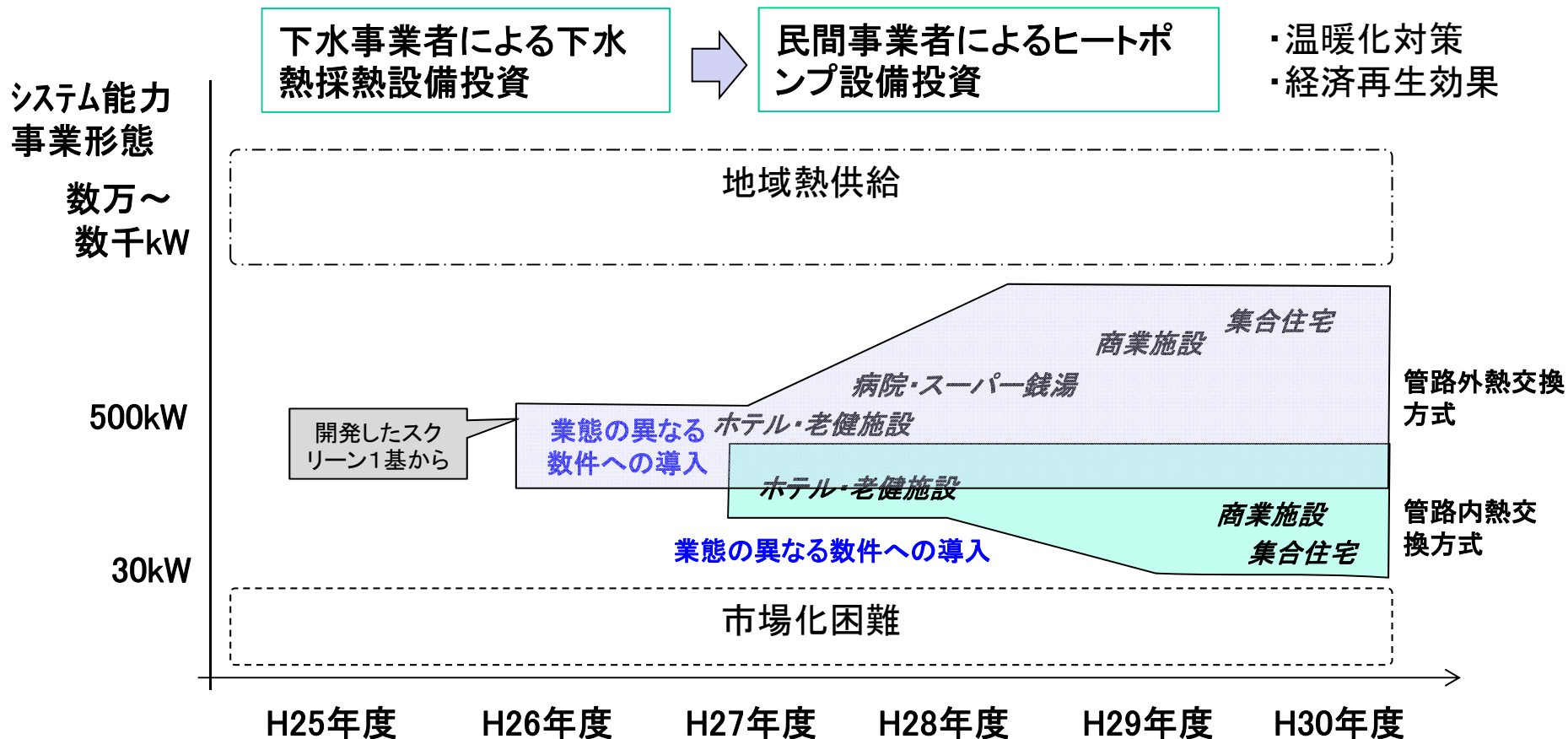
日付	講演名等
2011/7/24	H23年度 日本ヒートアイランド学会 第6回全国大会プレナリー講演
2011/9/28	第5回下水熱利用フォーラム、ベルリン
2011/8/23-25	H23年度 日本建築学会大会
2011/9/14-16	H23年度 空気調和・衛生工学会大会
2012/9/5-7	H24年度 空気調和・衛生工学会大会
2013/8/1	公益社団法人 日本下水道協会 第50回下水道研究発表会
2013/9/25	H25年度 空気調和・衛生工学会大会

3. 3. 今後の展望

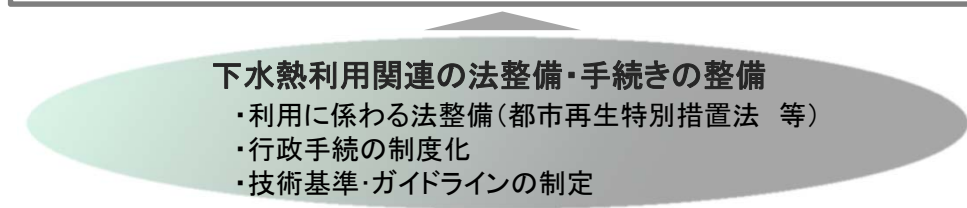
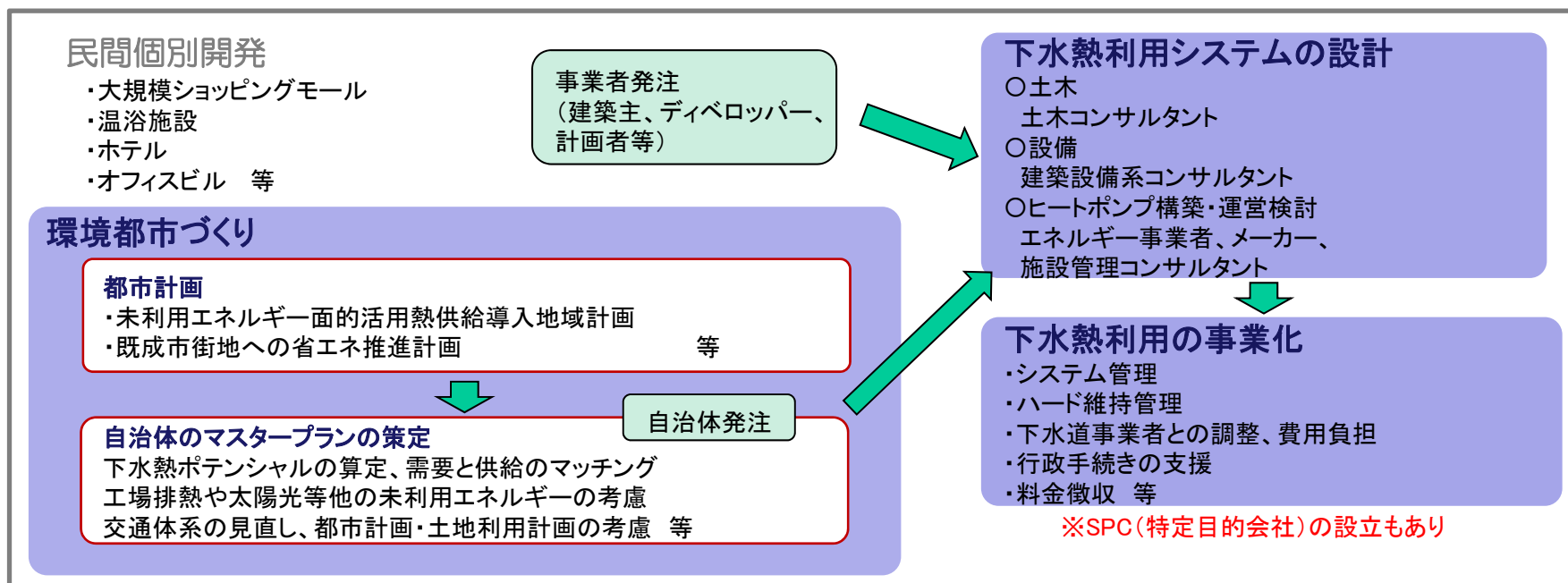
■ 検討中の課題

熱交換器	<ul style="list-style-type: none">・熱交換性能や維持管理性の向上を図る管路内熱交換器形状、寸法、構造、設置条件の取りまとめ。・夾雑物やバイオフィルムの付着を抑制する管路外熱交換器に、夾雑物やBFの付着抑制機能を付加。
スクリーン	<ul style="list-style-type: none">・取水能力の向上。(洗浄方法、洗浄時間・インターバルの検討、目詰まりや汚れの付着防止)
実環境試験	<ul style="list-style-type: none">・秋冬、寒冷地を想定した条件での試験を実施。
コスト分析	<ul style="list-style-type: none">・量産による機器価格を想定し、投資回収年を検討した結果給湯システムは従来システムに比べてイニシャル増を5年程度で回収できることを試算したが、さらに検討を継続。

3.3. 今後の展望



- ・事業化にあたっては、下水道事業者との分担について協議する。
 ～スクリーン装置・熱交換器→下水道事業者、ヒートポンプ→一般事業者など
 ↑設備償却を長期間化してもらえば導入促進に
- ・工事の合理化により建設費低減をはかる。
- ・国のFS資金、導入補助金を有効活用して導入数を増やして機器価格を低減。



普及促進の観点からは、スクリーン装置・熱交換器を下水道事業者が施行・運用・管理し、一般事業者はヒートポンプの熱源水を受取る形がハードルが低くなる。下水道事業者は、設備のメンテナンス・損耗料相当を長期で回収すれば理想的。

- **開発したシステムの紹介/導入パンフレット・技術資料(システム価格・性能・収まり等)を準備する。**
- 事業構想段階において、エネルギー事業者が開発事業者(ディベロッパー)へ働きかける。
- 事業企画段階において、土木コンサルタントが自治体における下水熱ポテンシャルや需要家立地などを踏まえ、需要と供給のマッチング、工場排熱やソーラー等の他の未利用エネルギー等を考慮した、都市全体のマスタープランを作成する。
- 事業計画段階において、土木コンサルタント、建築設備系コンサルタント、エネルギー事業者、メーカー、施設管理コンサルタントと協働して具体のシステムを設計する。
- また、大規模開発においては、事業主から直接JVにシステム設計を受注するアプローチする。
- **開発したマッピングシステムを使って下水道事業者から下水熱利用を依頼する。**