

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要

§5 技術の目的

本技術の目的は、下水管路内に更生工法と同時に熱交換器を設置し、回収した下水熱を空調、給湯または融雪に用いることにより、熱需要家にとっては従来の熱利用技術と比較してコスト削減やエネルギー消費量削減、下水道管理者にとっては温室効果ガス排出量削減や地域環境貢献を図るものである。

【解説】

これまでの温室効果ガスの排出による地球温暖化の問題に加え、東日本大震災を契機としたエネルギー需給の問題から、省エネルギーおよびエネルギーの有効活用は、喫緊に対応すべき課題となっている。

下水、河川水、地下水の温度は夏には外気温に比べて低く、冬には高くなる。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冷暖房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。

下水熱はこのような温度差エネルギーの1つであるが、他の温度差エネルギーと利用と比べて以下のようなメリットが挙げられる（他の温度差エネルギー、原理の説明は§6に記述する）。

- 下水熱は他の温度差エネルギーと比べ都市内に安定的かつ豊富に存在していることから、都市域に多く存在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、下水を利用することによる環境影響は小さい。
- 下水道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温度差エネルギー利用技術の中でも特に多くのメリットを有するため、注目されてきたが、管路外設置型熱回収技術（詳細は「§7 技術の特徴」参照）では、下水を取水し、熱利用するための専用取水設備および専用熱交換器が必要となる。

一方、本ガイドラインの対象技術である「管路内設置型熱回収技術」は、下水管路の耐震化または老朽化対策に併せて図 2-1 に示すように下水管路内に熱交換器を設置することで専用取水設備が不要となり、低コストでの建設および維持管理、ならびにエネルギー消費量や温室効果ガス排出量の削減を図るものである。

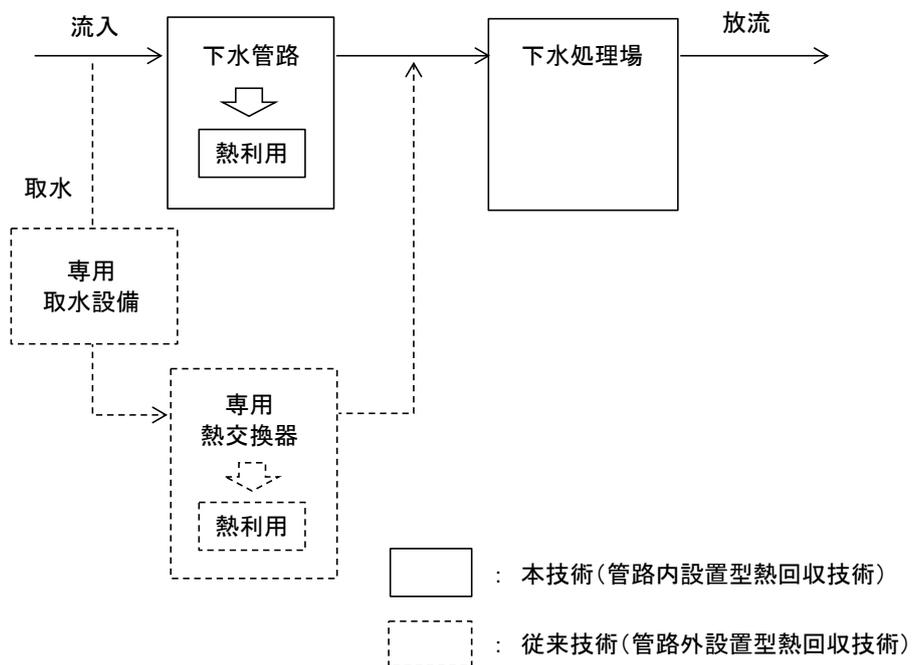


図2-1 本技術および従来技術の適用箇所

§6 技術の概要

本技術は、採熱設備、熱源設備および熱負荷設備からなる。但し、熱負荷設備に関する事項（設計手法等）は本ガイドラインの対象外とする。

採熱設備の管路内設置型熱交換器は、下水管路内を流れる未処理水と熱源水が熱交換する原理を用いており、空調、給湯および融雪用途に用いられる。

【解説】

(1) システムの構成

本技術は、採熱設備、熱源設備および熱負荷設備で構成されるシステム（下水熱利用システム）である（図2-2）。各設備の配置については図2-3に模式図で示す。

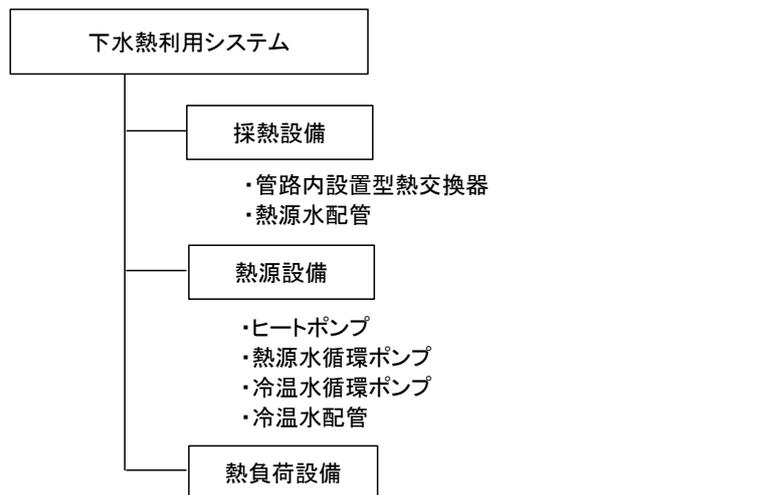


図2-2 本システムの構成

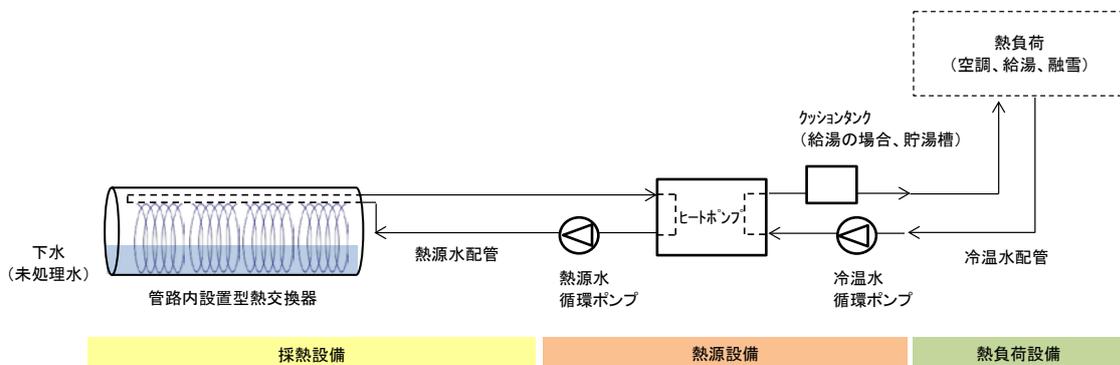


図2-3 本システムにおける各設備の配置

(2) システムの原理

下水温度は、年間を通して安定しており、夏場は外気温度より低く、冬場は高いという特性がある（図 2-4）。そのため下水と外気の温度差を活用し、ヒートポンプを組み合わせることにより、回収された下水熱は、冷暖房等の熱源として高効率で利用することができる（図 2-5）。

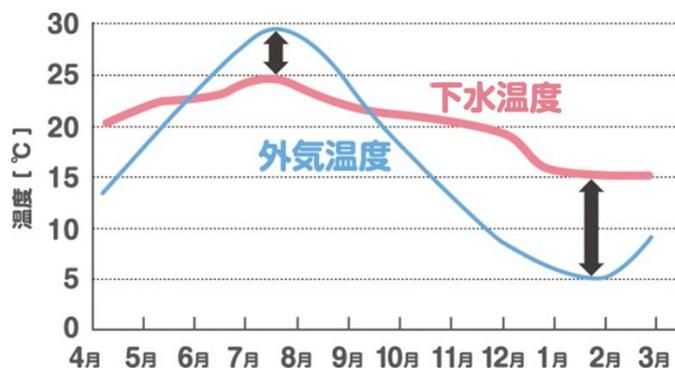


図2-4 下水温度と外気温度の例

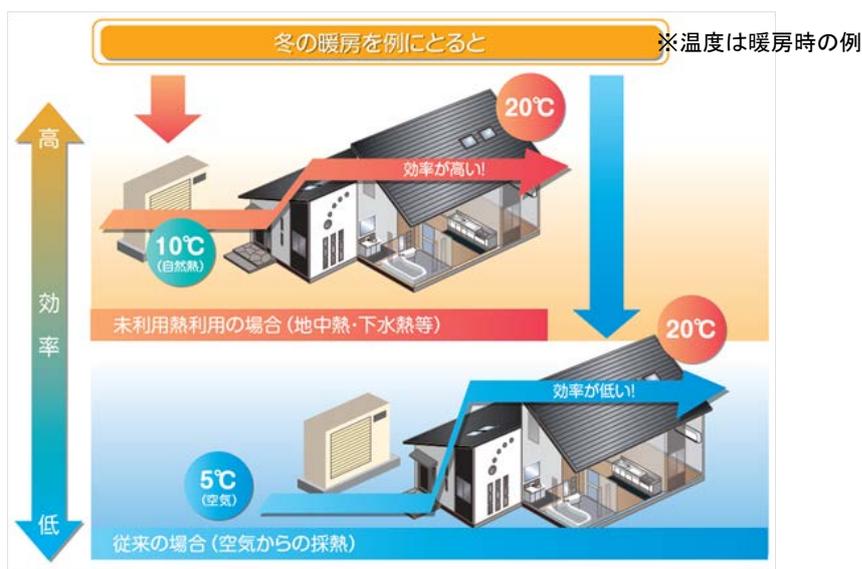


図2-5 下水熱利用方式と空気熱源方式の効率比較

ヒートポンプは、熱が高温側から低温側へ移動するという熱力学第二法則と、物資を圧縮すると高温になり、膨張させると低温になるという原理を用いている。暖房や給湯での利用の場合、図 2-6 に示すように、下水からの回収熱量と電力量の合計がヒートポンプの出力となる。このとき、投入した電力1に対し、4の仕事を行ったことになり、ヒートポンプ COP (成績係数) は4となる。

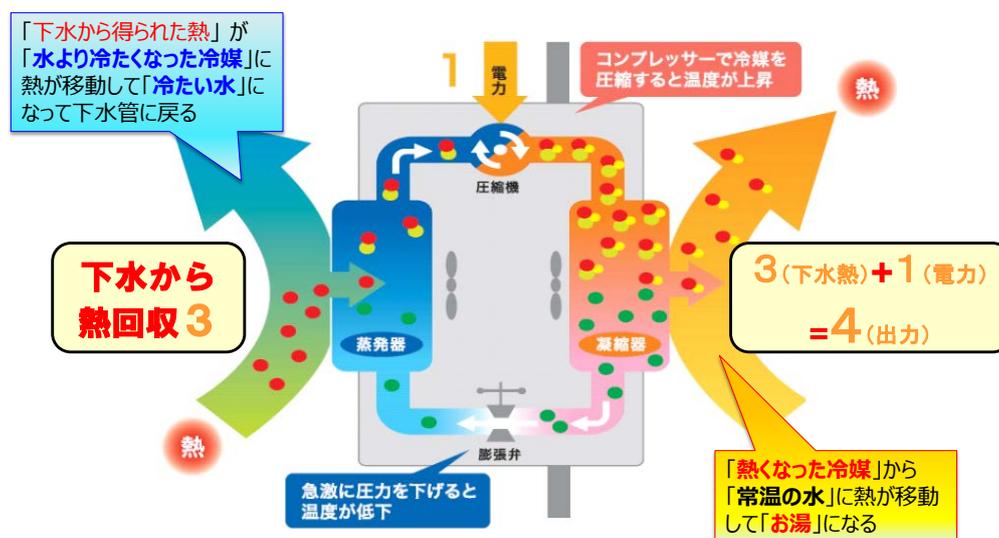


図2-6 ヒートポンプの原理

(出典：一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター)

次に、図2-7を用いて、ヒートポンプを含めたシステム全体での熱の移動（暖房利用時）について説明する。

低温（7℃）で下水管路内に設置された熱回収管へ投入された熱源水は、熱源水よりも高温（例えば15℃）の下水と熱交換することで、12℃まで温度上昇する。温度上昇した熱源水が、示したように、ヒートポンプ内部で膨張により低温（12℃以下）になった冷媒と熱交換することで再び7℃に温度低下し、熱源水配管内を循環する（最大空調負荷時に熱源水側で利用する温度差が5℃となるように設備の設計を行った場合）。

一方で、ヒートポンプ内部では、熱源水から回収した熱を熱負荷側へ伝える（放出する）ために、冷媒を圧縮して高温（50℃以上）にし、冷温水（ヒートポンプへの投入温度45℃）と熱交換する。これにより、冷温水を50℃まで温度上昇させ、熱負荷へ供給される仕組みである（最大空調負荷時に冷温水側で利用する温度差が5℃となるように設備の設計を行った場合）。後述の給湯や融雪の場合は熱負荷側の温度域が異なるものの、原理は空調利用における暖房の場合と同様である。

冷房の場合は、圧縮と膨張のサイクルが逆になり、冷温水から熱を回収し、熱源水へ熱を放出する。

ヒートポンプの原理やヒートポンプシステム設計に関する詳しい解説は、業務用ヒートポンプ給湯システム設計ガイドブック（一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター）等を参照のこと。

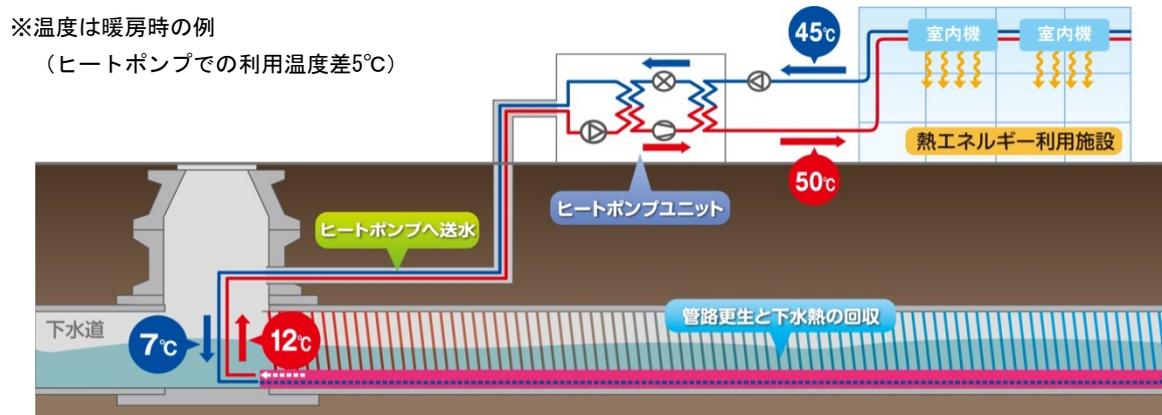


図2-7 システム全体での熱の移動（暖房時の例）

(3) 利用用途

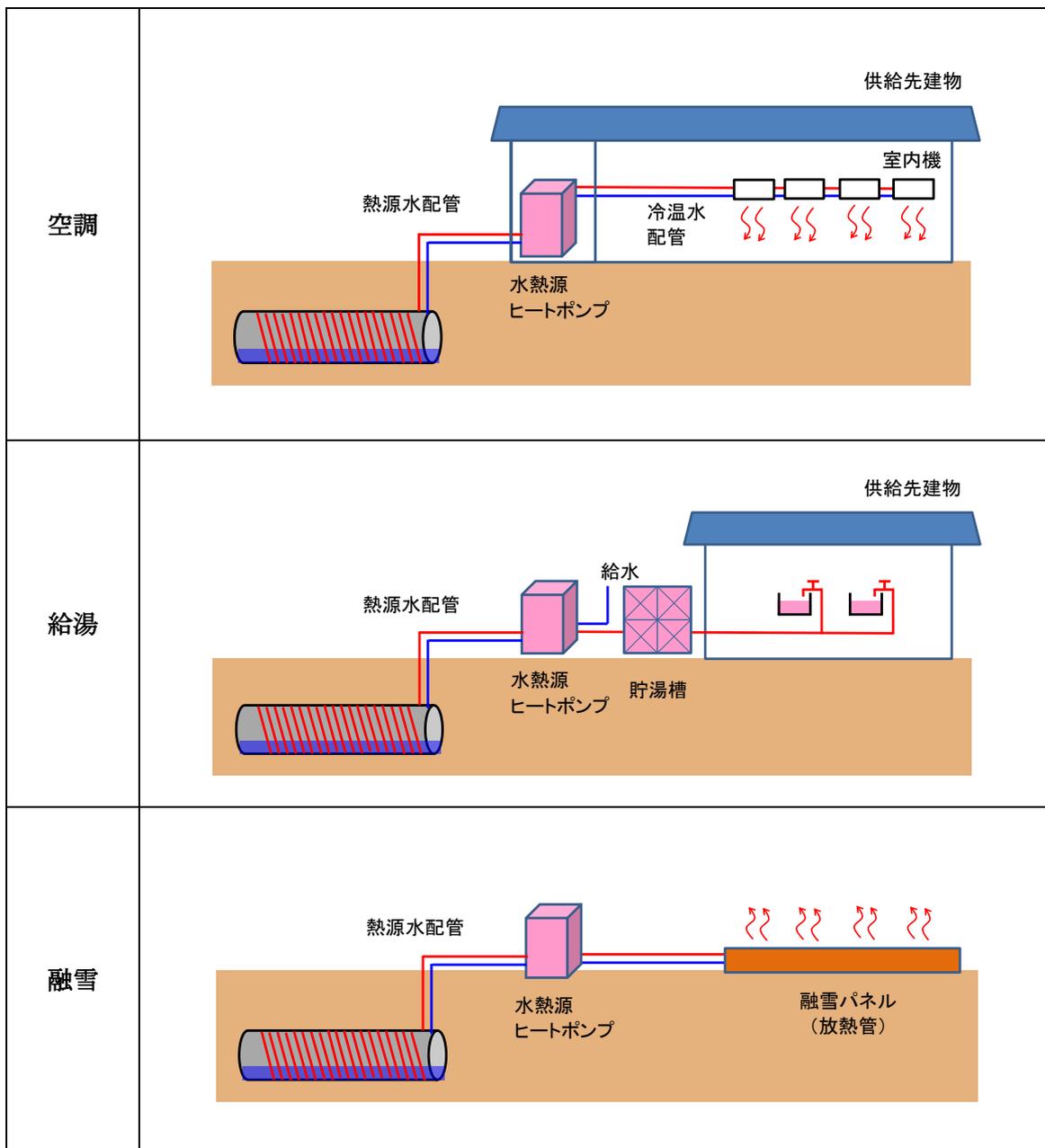
本システムの利用用途としては、空調、給湯および融雪がある（表 2-1）。いずれの利用用途の場合においても、水熱源ヒートポンプを含む採熱側の構造は同じである。

空調利用の場合、ヒートポンプで作られた冷温水は、冷温水配管を介して、室内機（ファンコイルユニット等）で冷温水が使用され、温度低下して再びヒートポンプに戻る循環構造である。

給湯利用の場合、ヒートポンプで作られた温水は貯湯槽に貯められ、そこから末端（蛇口）に供給される。

融雪利用の場合、ヒートポンプで作られた温水は放熱管（融雪パネル）に供給され、使用される。温水が放熱管（融雪パネル）で使用された後、温水は温度低下して再びヒートポンプに戻る循環構造である。

表2-1 下水熱利用の用途（システム構成模式図）



§7 技術の特徴

本技術は、従来の管路外設置型熱回収技術と比べて、以下の特徴を有する。

- (1) 建設費、維持管理費の縮減が可能である。
- (2) エネルギー消費量削減、温室効果ガス排出量削減が可能である。
- (3) 都市部に面的に布設された下水管路を利用するため、広域に導入が可能である。

【解説】

従来技術の管路外設置型熱回収技術（図 2-8）は、ポンプ場や処理場の近傍にて、下水管路外に設けた大規模な専用熱交換器（シェルアンドチューブ方式）を用いて、下水と熱源水を熱交換させて、ヒートポンプを介して空調や給湯に利用するものであり、処理場やポンプ場近傍での大規模な利用に適している。我が国において管路外設置型熱回収技術が導入された具体的な事例として、幕張新都心や名古屋市等で処理水を熱源とした熱利用が行われている他、東京の後楽一丁目や盛岡西口地区等では、未処理水を熱源とした下水熱利用が行われている（表 2-2）。

表2-2 国内における下水熱利用システムの事例

	下水種類	所在地	熱供給対象	延床面積	供給開始	事業主体
幕張新都心ハイテクビジネス地区	処理水	千葉県千葉市美浜区	オフィスビル ホテル	932,000㎡	平成2年4月	東京電力(株)
後楽一丁目地区	未処理水	東京都文京区後楽	娯楽・業務施設ホテル	242,000㎡	平成6年11月	東京下水道エネルギー(株)
盛岡駅西口	未処理水	岩手県盛岡市	複合ビル テレビ局	56,000㎡	平成9年11月	東北電力(株)
江東区新砂三丁目地区	処理水	東京都江東区	病院、オフィス	62,000㎡	平成14年4月	東京下水道エネルギー(株)
芝浦ソニーシティ	処理水	東京都港区港南	オフィス、会議室、店舗	163,000㎡	平成18年10月	ソニー保険生命(株)

しかしながら、従来技術は、専用取水設備（下水ポンプ、専用管路）が必要となるため、その建設に伴う建設費の増加、また下水ポンプ運転に伴うエネルギー消費量の増加が課題として挙げられる。さらには、専用熱交換器内を未処理下水が流れるため、逆洗作業等の保守点検費（維持管理費）の増加も課題として挙げられる。

また従来技術の下水熱利用は、いずれも下水処理施設・ポンプ場敷地内建築物内とその周辺に限られた熱利用であり、下水処理施設・ポンプ場の周辺以外の場所での適用が困難である。

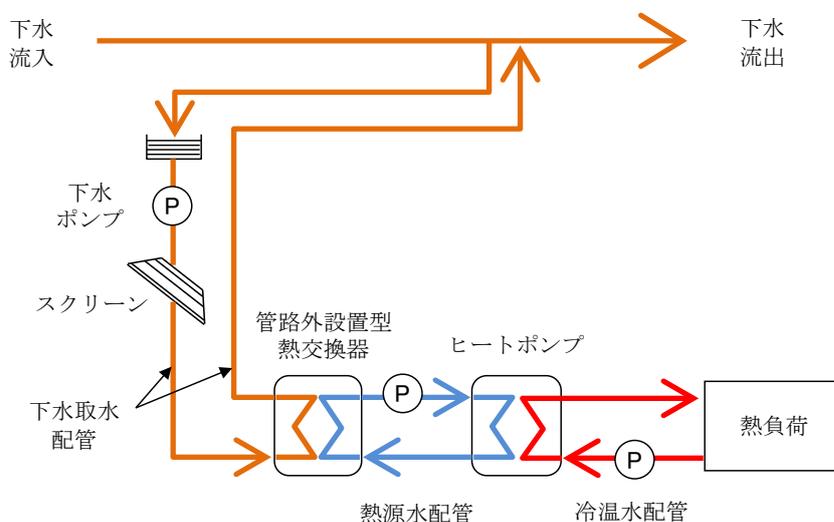


図2-8 従来技術（管路外設置型熱回収技術）

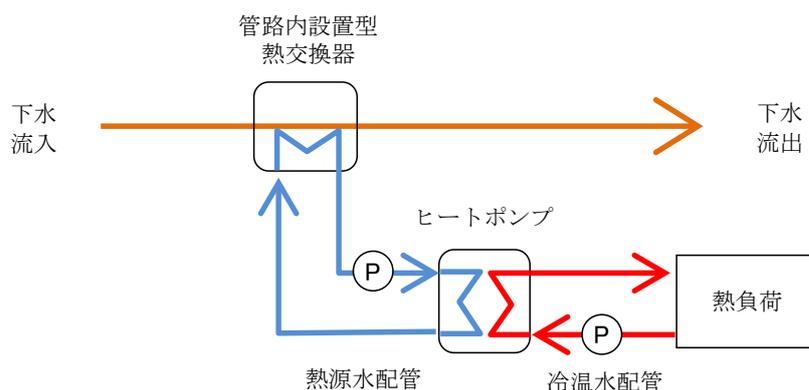


図2-9 本技術（管路内設置型熱回収技術）

これに対し、本技術（図2-9）は以下のような特徴を有する。

（1） 建設費、維持管理費の縮減が可能である

本技術は、管路更生用のプロファイル（帯状部材）に熱回収管が埋め込まれているため、従来の製管工法と比較して施工コストの大幅な増加はない。これにより、大規模な専用取水設備および専用熱交換器を用いる従来技術（管路外設置熱回収技術）に比べ建設費を縮減できる。

また、熱交換器内部を未処理下水が流れるため、逆洗浄作業等の定期的かつ大規模な維持管理作業を必要とする従来技術に比べ、本技術では、下水管路内へ熱回収管（熱交換器）をらせん状に設置し、その配管内部を熱源水が、配管の外側を未処理下水がそれぞれ流れる構造とすることにより、維持管理費を縮減できる。

(2) エネルギー消費量削減，温室効果ガス排出量削減が可能である

下水管路内に設置された熱交換器により，下水管路内で熱交換が可能となるため，管路外への取水ポンプ設置が必要な従来技術に比べ，専用ポンプの動力が不要となる。それにより，エネルギー消費量および温室効果ガス排出量を削減できる。

(3) 都市部に面的に布設された下水管路を利用するため，広域に導入が可能である

処理場やポンプ場近傍に導入が限定された従来技術に比べ，本技術は都市に面的に整備された下水管路を活用することで，需要地と供給地の近接化が図られ，熱輸送に伴う建設費および熱輸送ロスが低減でき，その結果，導入エリアが大幅に拡大できる（図2-10）。

なお，排除方式については，合流式および分流式のどちらにも導入可能である。



図2-10 下水管路の利用による下水熱利用導入エリア拡大

§8 採熱設備の特徴

採熱設備は、以下の特徴を有する。

- (1) 未処理水と熱回収管が直接接触れる構造による効率的な熱回収を実現
- (2) 摩耗性や耐薬品性に優れている
- (3) 流下性能への影響、汚れ・付着による熱交換性能への影響が小さい
- (4) ユニット構造による任意の延長への適用性と均一な熱交換

【解説】

採熱設備の特徴は、以下の通りである。

- (1) 未処理水と熱回収管が直接接触れる構造による効率的な熱回収を実現

管路内設置型熱交換器は、老朽化した下水管路の更生工法である製管工法に用いる带状材料に、熱回収管を埋め込み取り付けたものであるため、専用の保護層（モルタルや FRP 等）が不要となり、下水管路内を流れる未処理水と直接熱交換が可能となる。これにより、効率的な熱回収が可能となる（図 2-11、12）。

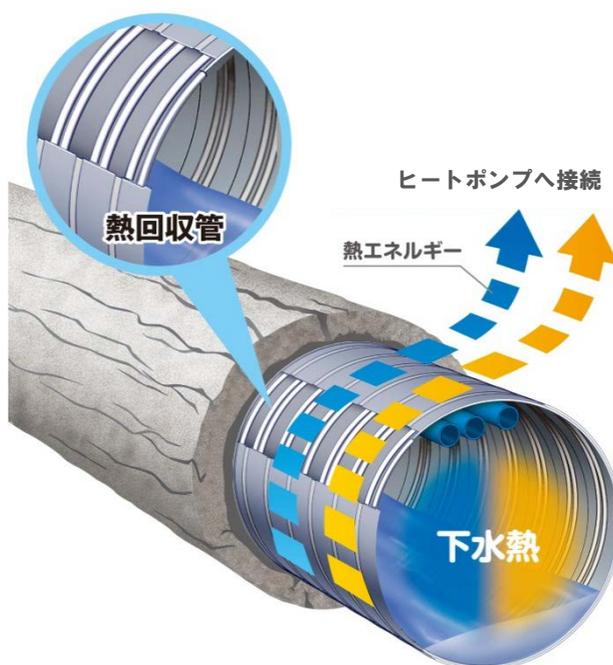


図2-11 採熱設備の概念図

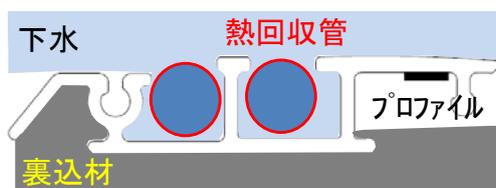
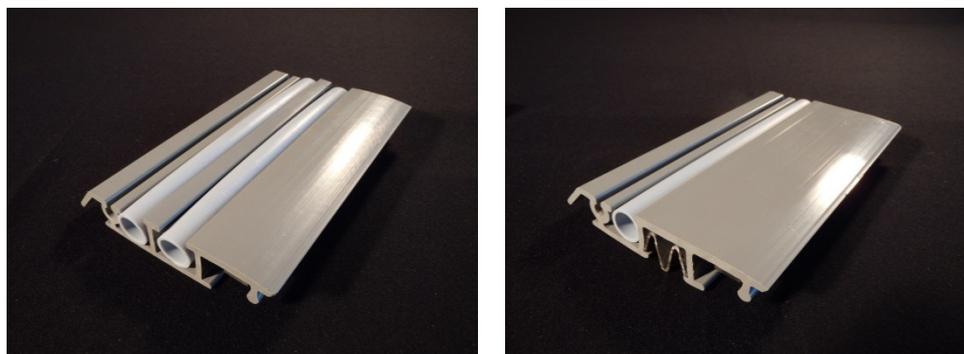


図2-12 熱回収用プロファイル（断面模式図）

また、プロファイル形状は、用途（老朽化対策，耐震化対策等）に応じて2つのタイプがある（図2-13）。補強材の有無による差はあるが，いずれのプロファイルにおいても，従来の製管工法による強度復元と同等の効果が得られることを試験にて確認した。



（二条タイプ）

（一条タイプ）

図2-13 熱回収用プロファイル

（2）耐摩耗性や耐薬品性に優れている

管路内設置型熱交換器は，製管工法用プロファイルの内部に高密度ポリエチレン製の熱回収管が埋め込まれている構造であり，管頂部の配管，接続部を含めすべて樹脂化（ポリエチレン化）を図っている。そのため，耐摩耗性（図2-14）や耐薬品性（表2-3）に優れ，下水道法で定められた流下物に対して長期的に安全である（耐用年数50年[※]）。

※摩耗（砂等）により想定される50年後の管厚においても，必要な強度を有することを試験にて確認した。

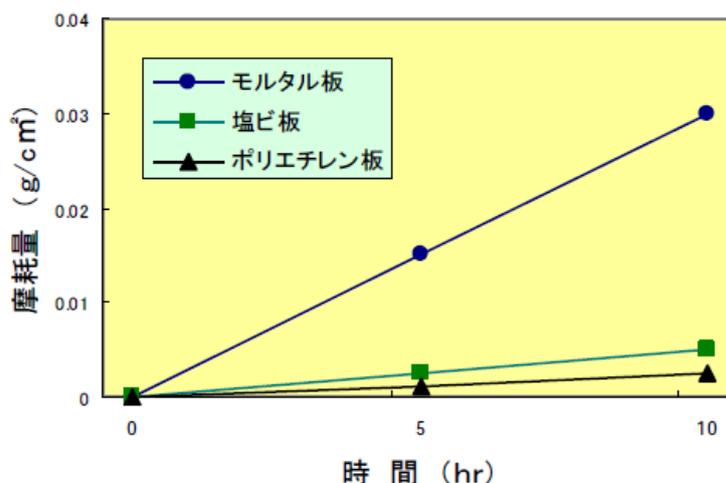


図2-14 ドラム式摩耗試験による比較

（出典：下水道用ポリエチレン管技術資料 改訂4版（下水道用ポリエチレン管・継手協会））

表2-3 下水道用ポリエチレン管の耐薬品性

(出典： 下水道用ポリエチレン管技術資料 改訂7版 (下水道用ポリエチレン管・継手協会))

薬品名	温度(°C)			薬品名	温度(°C)		
	20	40	60		20	40	60
(酸)							
塩酸	35%	○	○	メチルアルコール	○	○	○
硫酸	80%	○	○	エチルアルコール	○	○	△
硝酸	25%	○	○	ベンゼン	△	△	△
リン酸	50%	○	○	トルエン	△	×	×
ふっ(弗)化水素酸	4%	○	○	クロロホルム	△	△	×
塩素水		○	—	酢酸エチル	○	△	×
酢酸	10%	○	○	ガソリン	○	△	×
乳酸		○	○	石油	90%	○	△
酪酸		○	○	グリセリン		○	○
(アルカリ)				クレゾール水溶液	100%	○	○
か(苛)性ソーダ	60%	○	○	(ガス)			
アンモニア水		○	○	塩素ガス湿性		×	×
(塩)				炭酸ガスその他多くの腐ガス		○	○
炭酸カリウム		○	○	(その他)			
炭酸バリウム		○	○	洗剤		○	○
炭酸カルシウム		○	○	漂白剤		△	△
過マンガン酸カリ	20%	○	○	過酸化水素水	30%	○	○
リン酸カリウム		○	○	写真現像液		○	○
(有機薬品)				海水・塩水		○	○
メチレンクロライド		△	△	ワイン・酒類		○	○
トリクロルエチレン		×	×	牛乳		○	○
四塩化炭素		△	×	でん(澱)粉糖溶液		○	○
アセトン		○	○	尿		○	○
メチルエチルケトン		○	○			△	

注：濃度表示の無い塩は、飽和水溶液の耐薬品性。

摘要○：浸食されない。

△：若干浸食されるが注意すれば使用可。

×：使用不可。

(3) 流下性能への影響、汚れ・付着による熱交換性能への影響が小さい

樹脂製熱回収管が製管工法用プロファイル内部に埋め込まれた構造であるため、熱交換器による流下性能への影響がないことが、実証研究により明らかとなっている(資料編Ⅱ 6. 参照)。

また、一年程度の期間内では、熱交換器表面への付着・汚れによる熱交換性能への影響が小さく、清掃により初期性能の回復が可能であることが、実証研究により明らかとなっている(資料編Ⅱ 3. 参照)。

(4) ユニット構造による任意の延長への適用性と均一な熱交換

管路内設置型熱交換器を、図 2-15、16 に示すように管軸方向(延長方向)にユニット分割された構造とすることで、熱交換器内の圧力損失を低減でき、任意の延長へ適用が可能となる。

また、リバーズ配管を設けることで、分割した各ユニットへ同じ流量が分配され、各ユニットで均一な熱回収を行うことができる。これにより、回収熱量の予測等が可能となり、精度の高いシステム設計が可能となる。

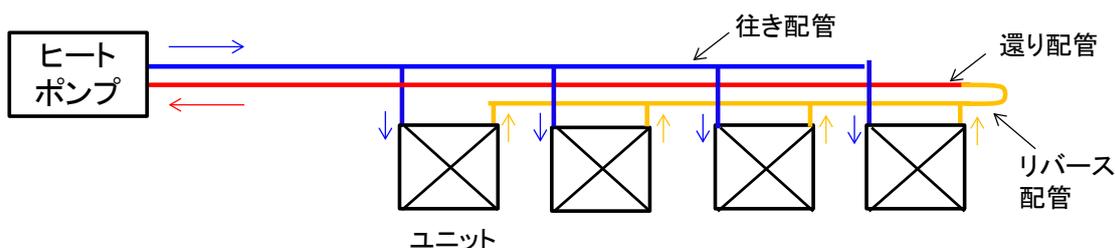


図2-15 ユニット構造(模式図)

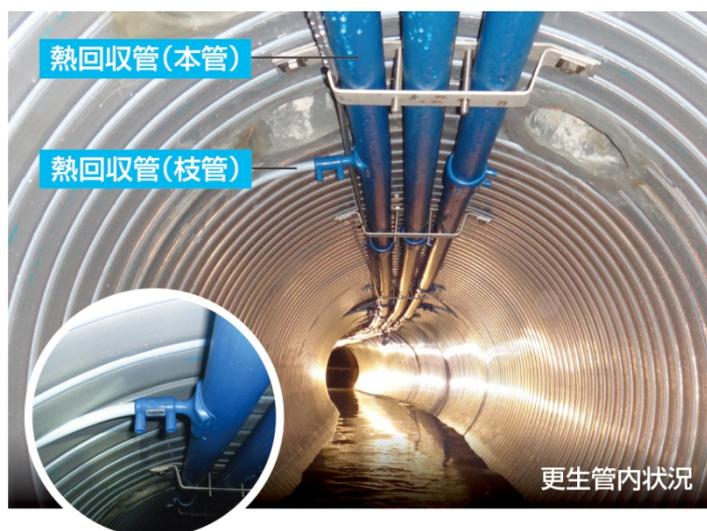


図2-16 ユニット構造(採熱設備の設置状況)

§9 技術の適用条件

本技術は、下水管路の耐震化対策ないし老朽化対策に併せて導入する技術であり、円形の管路形状で管径φ1,000～2,200mmへの適用を基本とする。

【解説】

本技術の導入の前提条件と、適用が効果的である条件を以下に示す。

本技術の導入にあたり、熱需要側で開発や設備更新を計画しており、かつ採熱側で下水管路の製管工法による耐震化対策、老朽化対策を検討している必要がある。また、本技術は合流式^{※1}および分流式で、管径φ1,000～2,200mmの下水管路へ適用できる^{※2}。管路形状としては、円径以外に矩形および馬蹄形にも適用できる^{※3}。

※1 排除方式が合流式の場合、以下の点に留意する必要がある。

- ①管径が大きく管こう配が小さいので、下水管路内に土砂等が堆積し易く、熱交換性能が低下し易い可能性がある。
- ②晴天時と雨天時で下水条件（流速、水深、温度）が大きく変化するため、導入検討時や設計時には下水条件の取扱いに注意が必要である（§16参照）。

※2 但し、管路状況によってはφ1,000～2,200mm以外も施工可能。

※3 但し、矩形、馬蹄形については管路状況等の別途検討が必要。

次に、本技術の適用が効果的である条件と期待される効果について表2-4に示す。熱需要地と対象下水管路が近接しており、熱需要地側の条件として年間を通じた熱需要が見込める場合、採熱側の条件として大口径の管路であり多くの熱を回収できる下水条件（温度、水深、流速）を有している場合には、導入効果が大きい。

表2-4 適用が効果的である条件と期待される効果

	条件		期待される効果
採熱側	下水道の整備が進んでおり, 下水管路と熱需要地が近接		従来の管路外設置型熱回収技術に対し導入可能エリアの拡大および熱輸送ロスの低減
	下水温度	空調の場合 冬季：高いほど効果が大きい 夏季：低いほど効果が大きい 給湯, 融雪の場合 高いほど効果が大きい (B-DASH 実績 冬季 (2月) 17°C, 夏季 (8月) 29°C) ※下水温度と外気温の差が大きいほど効果は大きい。	エネルギーコストの低減 (省エネ効果) 建設費の低減 (設置延長低減)
	下水水深	大きいほど効果が大きい (B-DASH 実績 下水管径に対し 10%) ※但し, 施工上の制約あり	
	下水流速	速いほど効果が大きい (B-DASH 実績 0.4m/s) ※但し, 施工上の制約あり	
熱需要側	年間を通してのシステム稼働率が高い (稼働時間が長い)		ライフサイクルコストの回収年の短縮

§10 導入シナリオ例

本技術の導入によりコスト縮減効果、エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の削減効果が得られるシナリオ例を以下に示す。

【解説】

本技術の導入によりコスト縮減効果、エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の削減効果が得られるシナリオ例を具体例とともに以下に示す。

(1) 空調利用の場合

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、かつ多くの熱回収が可能な下水条件（下水温度、水深、流速）を有する箇所の周辺地域において、再開発等によるまとまった熱需要が見込まれる場合に、下水管路の耐震化対策あるいは老朽化対策とあわせて本技術を導入して、下水熱を空調利用に活用する。

このことにより、従来の空気熱源方式と比較して、維持管理費、エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の削減が可能となる。

(2) 給湯利用の場合

(1)と同様の下水条件を有する地域の周辺地域において、下水道管理者と熱需要家の合意形成がなされている場合に、下水管路の耐震化対策あるいは老朽化対策とあわせて本技術を導入して、下水熱を給湯利用に活用する。

このことにより、従来のボイラー方式と比較して、維持管理費、エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の削減が可能となる。

(3) 融雪利用の場合

(1)と同様の下水条件を有する地域の周辺地域において、自治体内の下水道管理部署と道路施設管理部署の合意形成がなされている場合に、下水管路の耐震化対策あるいは老朽化対策とあわせて本技術を導入して、下水熱を融雪利用に活用する。

このことにより、従来の電熱方式と比較して、維持管理費、エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の削減が可能となる。

第2節 実証研究に基づく技術の評価

§ 11 技術の評価項目

本技術の評価項目を、以下に示す。

- (1) 費用（建設費，維持管理費，ライフサイクルコスト）
- (2) エネルギー消費量
- (3) 温室効果ガス排出量
- (4) 熱交換器の維持管理性

【解説】

新技術の導入促進に際しては、各技術の性能指標を定量的に比較し、性能の優れた技術を選定できるように、各技術について、評価項目、評価方法並びに評価結果を設定、提示する必要がある。

本ガイドラインでは、本技術の性能を評価する項目として、(1) コスト、(2) エネルギー消費量、(3) 温室効果ガス排出量について、下水熱の利用規模を基準として示すこととした。また、(4) 熱交換器の維持管理性についても評価を行った。

革新的技術の評価項目とその概要について、以下に示す。なお、コスト・エネルギー消費量・温室効果ガス排出量に係る評価の範囲は、熱交換器からヒートポンプまでの区間とし、ヒートポンプから熱負荷設備までの区間は評価の対象外とした。

(1) 費用（建設費，維持管理費，ライフサイクルコスト）

建設費（採熱設備（管路更生を含まない*）、熱源設備（冷温水配管を含まない）に係るコスト）、維持管理費（ヒートポンプ・熱源水循環ポンプに係るエネルギーコストおよび保守点検費）、およびライフサイクルコスト（解体・廃棄費含む）によって評価を行う。なお、エネルギーコストの算出にあたっては、実証研究結果を基に試算した SCOP を用いた。

※本技術は、下水管路の製管工法による耐震対策ないし老朽化対策を行う際に併せて導入する技術であることから、**管路更生工事に係る建設費は試算対象外としている。**

(2) エネルギー消費量

省エネルギー性を示す指標として、ヒートポンプおよび熱源水循環ポンプの運転に係るエネルギー（電力やガス）の消費量によって評価を行う。なお、エネルギー消費量の算出にあたっては、実証研究結果を基に試算した SCOP を用いた。

(3) 温室効果ガス排出量

環境性を示す指標として、本システムの運転により排出される温室効果ガス排出量および施設の建設・解体により排出される温室効果ガス排出量によって評価を行う。

(4) 熱交換器の維持管理性

熱交換器の維持管理性（保守点検作業や浚渫・清掃作業）によって評価を行う。

§ 12 技術の評価結果

本技術の評価結果を以下に示す。

【解 説】

図 2-17 に示すような空調モデルおよび図 2-18 に示すような給湯モデルにて本技術を評価する。利用規模としては、東京における 100kW 規模、500kW 規模の 2 ケースを想定する (表 2-5)。評価の前提条件を表 2-6, 7 に示す。コスト (建設, 維持管理, ライフサイクル), エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の算出過程は, § 19 および資料編 I に示す。

さらに, 空調, 給湯のそれぞれのケースについて, 利用規模で除することで 1kW あたりのコスト, エネルギー消費量および温室効果ガス排出量として評価する。

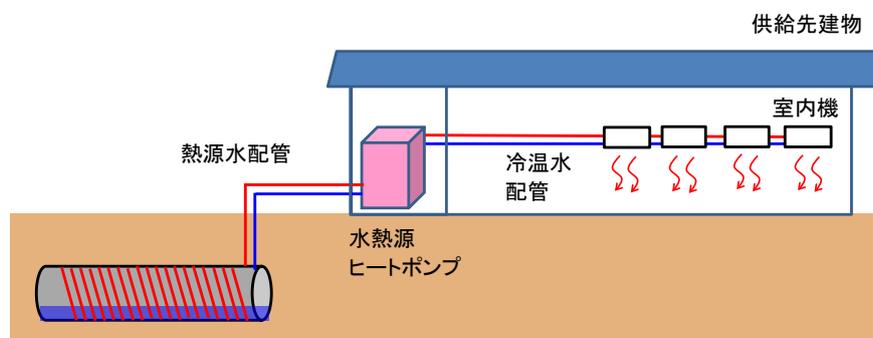


図2-17 革新的技術 (管路内設置型熱回収技術) のシステム構成模式図 (空調モデル)

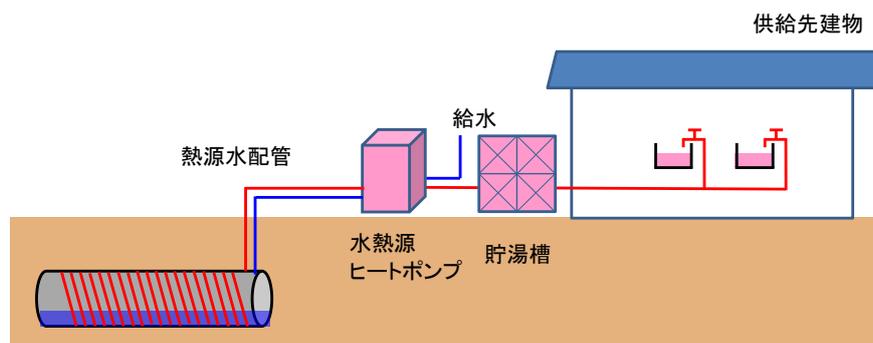


図2-18 革新的技術 (管路内設置型熱回収技術) のシステム構成模式図 (給湯モデル)

表2-5 評価のケース

ケース No.	用途	利用規模 (最大空調負荷)	既設管径
1	空調	100kW	φ 1,200mm
2		500kW	φ 2,200mm
3	給湯	100kW	φ 1,200mm
4		500kW	φ 2,200mm

表2-6 評価の前提条件

項目		条件
地域		東京
下水水深		15%
下水流速		0.4m/s
下水-熱源水対数平均温度差		5℃
稼働時間		24 時間
稼働日数		365 日
電力単価		12 円/kWh (B-DASH 統一単価)
温室効果ガス排出係数		0.55 kg-CO ₂ /kWh (B-DASH 統一係数)
耐用年数	採熱設備 (管路内設置型熱交換器, 熱源水配管)	50 年
	熱源設備 (ヒートポンプ, 熱源水循環ポンプ, 貯湯槽)	15 年

表2-7 温度データ

	外気温度	下水温度
	℃	℃
1月	6.1	16
2月	6.5	15
3月	9.4	15
4月	14.6	20
5月	18.9	22
6月	22.1	23
7月	25.8	25
8月	27.4	28
9月	23.8	28
10月	18.5	25
11月	13.3	21
12月	8.7	20

外気温度： 気象庁統計データ平年値 (東京, 1981~2010 年)

下水温度： 東京下水道エネルギー(株) 後楽一丁目地区パンフレット

(1) 費用, エネルギー消費量, 温室効果ガス排出量 (利用規模 1kW あたり)

費用, エネルギー消費量, 温室効果ガス排出量 (利用規模 1kW あたり) の評価結果を表 2-8 に示す。利用規模の増加により, 利用規模あたりのコスト低減がわずかに確認されるものの, 大きな差異はない。

表2-8 費用, エネルギー消費量, 温室効果ガス排出量 (利用規模1kWあたり)

ケース No.	No.1	No.2	No.3	No.4
	空調 (100kW)	空調 (500kW)	給湯 (100kW)	給湯 (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	2,333.1	2,197.5
温室効果ガス排出量 (ton-CO ₂ /kW・年)	0.54	0.50	1.60	1.51

(2) 費用，エネルギー消費量，温室効果ガス排出量（100kW，500kW 規模での絶対値）

費用，エネルギー消費量，温室効果ガス排出量（100kW，500kW 規模での絶対値）の評価結果を表 2-9 に示す。

表2-9 費用，エネルギー消費量，温室効果ガス排出量（100kW，500kW規模での絶対値）

ケース No.	No.1	No.2	No.3	No.4
	空調 (100kW)	空調 (500kW)	給湯 (100kW)	給湯 (500kW)
ライフサイクルコスト (千円/年)	2,519	12,034	4,952	22,771
建設費 (千円/年)	1,261	6,106	1,834	8,100
維持管理費 (千円/年)	1,132	5,317	2,935	13,860
解体・廃棄費 (千円/年)	126	611	183	810
エネルギー消費量 (kWh/年)	78,739	365,273	233,305	1,098,766
温室効果ガス排出量 (ton-CO ₂ /年)	54.0	250.5	160.0	753.5

(3) 熱交換器の維持管理性

実証研究における施設運転（運転期間：平成 25 年 3 月～平成 26 年 3 月）で以下の点を確認した。但し，長期的な評価については，今後継続して確認する必要がある。詳細は、資料編Ⅱ 3. を参照のこと。

- ・熱回収管の腐食や摩耗による破損はなかった。
- ・約 1 年間で約 2mm の付着物（汚れ）が堆積していることが確認されたが，それによる熱交換性能の顕著な低下はなかった。
- ・清掃により初期の熱交換性能の回復が可能であった。