環境技術実証事業 ETV 環境省
ヒートアイランド対策技術分野
実証番号　052 － 1101
第三者機関が実証した性能を公開しています　実証年度 H23
www.env.go.jp/policy/etv

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

○ 実証全体の概要

実証対象技術	川田工業株式会社富山本社における地中熱利用ヒートポンプ空調システム
実証申請者	川田工業株式会社
実　証　単　位	（Ａ）　システム全体
実　証　機　関	特定非営利活動法人　地中熱利用促進協会
実 証 試 験 期 間	平成 23 年 7 月 30 日～平成 24 年 2 月 2 日

１．実証対象技術の概要（原理）

一般に地中熱利用ヒートポンプ空調システムは、地中を熱源として利用し、夏は地中に熱を放出し、冬は地中から熱を採取して冷房や暖房に利用するシステムである。外気を熱源とする空気熱源ヒートポンプ空調システム（一般のエアコン）と比べると、地中の温度は、外気の温度よりも夏は冷たく冬は暖かいので、外気を熱源とするよりも効率よく冷暖房ができる。また外気に冷房廃熱を排出しないので、ヒートアイランド現象の抑制効果が期待される。

本実証対象技術は、汲み上げた地下水を熱交換器を介してヒートポンプ一次側の熱源として利用し空調を行う、オープンループ地中熱利用システム（地下水を汲み上げてその熱を直接利用する方式）である。汲み上げた地下水は、熱交換器を通った後、還元井へ送られて地下に還元される。揚水井、還元井はそれぞれ１本である。なお、本実証対象技術の現場では、汲み上げた地下水は、トイレ、風呂、消雪など多くの用途に用いており、地中熱利用冷暖房ヒートポンプ空調システムに利用しているのはごく一部である。

ヒートポンプの一次側（熱源側）は熱媒を循環させ、地下水の熱を熱交換器により熱媒に伝えて、ヒートポンプの熱源としている。

ヒートポンプの二次側（室内側）は、ヒートポンプ内部を循環する冷媒を直接室内機に送る、いわゆる直膨式である。

２．実証試験の概要

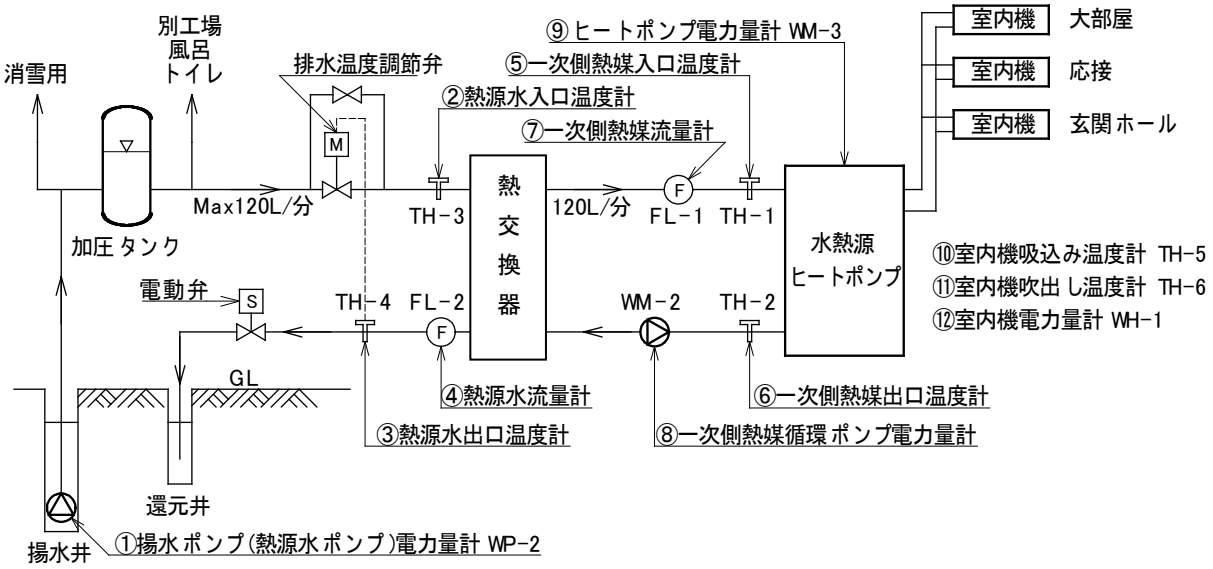
2.1　実証試験の環境

実証試験実施施設の概要は次のとおり。

施設概要	施設名：　川田工業株式会社 富山本社　事務所棟 施設住所：　富山県南砺市苗島 4610 施設の用途：　事務所
施設の規模 および空調方式	階数：地上３階 空調システム： １階：地中熱利用ヒートポンプ空調システム。延 259m² （事務室 171m²、応接室 21 m² が 3 室、玄関ホール 25 m²） 2、3 階：空気熱源ヒートポンプ空調システム（通常のエアコン）。
地質状況	この位置での既存調査はない。付近の一般的な地質は、深さ 1～2m までは砂層、中細砂、シルト層、その下は玉石混じりの砂層が多いようである。
地下水状況	地下水位は最も深い時で－14m 程度（2 月渇水期）。

2.2　実証試験時のシステム全体構成

実証対象技術のシステムは、揚水井、還元井、熱交換器、循環ポンプ、ヒートポンプ、室内機等で構成されている。システム全体と測定位置を下図に示す。



システム全体と測定位置

実証対象技術のシステム構成の概要は次のとおり。

揚水井	・本数、深度、孔径：1 本、80m 、250mm
還元井	・本数、深度、孔径：1 本、 深度、孔径は不明
揚水ポンプ	・出力：15kW、 全揚程：70m、 吐出し量：800ℓ/min、 設置深度：65m ただし揚水した地下水は多くの用途に用いている。
加圧タンク	・容量：2,000ℓ、揚水された地下水は、加圧タンクに貯められ、様々な用途に給水されている。
熱交換器	・伝熱面積：1.2m²、プレート数： 50/48（全数/有効数）、流れ形式：向流
1 次側熱媒循環ポンプ	・出力：0.75kW、全揚程：17.5m （吐出し量 120ℓ/min）
ヒートポンプ	・製品名：ダイキン工業株式会社製 水熱源ヒートポンプ VRV エアコン＜ビル用マルチ＞熱源ユニット 型式：RWEYP450A ・冷房能力：22.4kW×2、 消費電力：4.42kW×2 ・暖房能力：25.0kW×2、 消費電力：4.21kW×2 ・台数：1 台 （RWEYP224A が 2 台で 1 セット）、冷媒：R410A
室内機(1)	・製品名：ダイキン工業株式会社製 室内ユニット 天井埋込カセット形 ・冷房能力：4.5kW、消費電力：42 W、暖房能力：5.0kW、消費電力：34 W ・台数：6 台 （事務室用）
室内機(2)	・製品名：ダイキン工業株式会社製 室内ユニット 天井埋込カセット形 ・冷房能力：3.6kW、消費電力：32 W、暖房能力：4.0kW、消費電力：27 W ・台数：4 台（応接室、玄関ホール用）
熱媒	・熱源水（揚水井～熱交換器）：水（地下水） ・一次側（熱交換器～ヒートポンプ）：プロピレングリコール(67%)溶液 ・二次側：冷媒（R410A）で直膨式

2.3　システム全体の測定項目

システム全体の測定項目を下表に示す。表中の①、②などの数字は、p.2「システム全体と測定位置」図中の数字と同じである。

測定項目	測定機器	記号	精度
(1) 熱源水（揚水井～熱交換器）			
①揚水ポンプ（熱源水ポンプ）電力量	CT 電力変換器	WP-2	±2.5%
②熱源水の入口温度	測温抵抗体	TH-3	クラス B (±0.3℃)
③熱源水の出口温度	測温抵抗体	TH-4	クラス B (±0.3℃)
④熱源水流量	電磁流量計	FL-2	±1.0%FS
(2)1 次側（熱交換器～ヒートポンプ）			
⑤1 次側熱媒のヒートポンプ入口温度	測温抵抗体	TH-1	クラス A (±0.15℃)
⑥1 次側熱媒のヒートポンプ出口温度	測温抵抗体	TH-2	クラス A (±0.15℃)
⑦1 次側熱媒流量	電磁流量計	FL-1	±0.5%FS
⑧1 次側熱媒循環ポンプの消費電力量	CT 電力変換器	WM-2	±0.5%S
⑨ヒートポンプの消費電力量	CT 電力変換器	WM-3	±0.5%S
(3)2 次側（室内機）			
⑩室内機吸い込み温度	測温抵抗体	TH-5	クラス B (±0.3℃)
⑪室内機吹き出し口温度	測温抵抗体	TH-6	クラス B (±0.3℃)
⑫室内機の消費電力量	CT 電力変換器	WH-1	±2.5%

※全ての測定項目は 1 日 24 時間、1 分間隔で測定した。

３．実証試験結果

3.1　システム全体の実証項目

実証試験要領に規定される必須及び任意の実証項目の試験結果は、以下のとおりである。なお、技術の性能の高さは、システムエネルギー効率で評価され、地中への排熱量が当該技術の性能の高さを必ずしも示すものでない。ヒートアイランド抑制に関する性能は、「冷房期間のシステムエネルギー効率」と「冷房期間の地中への排熱量」の両値の総合で評価される。

項　目				試験結果
システム全体の実証項目	必須項目	参考値*1	a.　冷房期間のシステムエネルギー効率（ヒートポンプ、循環ポンプ、揚水ポンプ電力を含む）	**2.80**
			b.　冷房期間のシステム消費電力（ヒートポンプ、循環ポンプ、揚水ポンプ電力を含む）	**3.70 kW**
		実測値	c.　冷房期間の地中への排熱量	**11.3 kW**
	任意項目	参考値*1	d. 冷房・暖房期間のシステムエネルギー効率（ヒートポンプ、循環ポンプ、揚水ポンプ電力を含む）	**2.89**
			e. 冷房期間のシステムエネルギー効率（ヒートポンプ、循環ポンプ、室内機、揚水ポンプ電力を含む）	**2.47**
			f. 暖房期間のシステム消費電力	**7.73 kW**
		実測値	g. 暖房期間の地中からの採熱量	**17.3 kW**
			h. 冷房期間のシステムエネルギー効率（ヒートポンプ、循環ポンプを含む）	**3.02**
			i. 暖房期間のシステムエネルギー効率（ヒートポンプ、循環ポンプを含む）	**3.01**

*1：参考値について

システムエネルギー効率を求める場合に使用する電力には、ヒートポンプ電力、循環ポンプ電力、揚水ポンプ電力が含まれる。本実証試験では揚水ポンプにも電力量計が設置されているが、揚水ポンプから汲み上げた地下水は多くの用途に使われているため、この電力量計の電力では適切なシステムエネルギー効率を算出できない。そのため、揚水ポンプの消費電力量は詳細版本編 **4.3**（詳細版 25 ページ）のとおり、ヒートポンプの熱源として利用する地下水のみを汲み上げる仮想ポンプを揚水ポンプと想定し、揚水ポンプの消費電力量を推定した。

したがって実測値のみで算定した数値と区別するため、推定値である揚水ポンプ電力を使用した電力は参考値という表現を用いた。その他の項目は全て実測に基づく数値を使用している。

3.2　その他の実証項目

(1) 熱交換器の熱交換性能に関する実証項目

本実証対象技術は、汲み上げた熱源水（地下水）とヒートポンプとの間に熱交換器を設置してあるので、熱交換器の性能を示す実証項目がある。その試験結果は以下のとおりである。

実証項目			内容	結果
熱交換器（熱交換性能）	必須項目	l. 冷房期間における熱交換器の熱交換性能	冷房期間内の稼働時間における、熱交換器の熱源水側・熱交換後の１次側熱媒温度差の平均値[℃]	**3.7**
	任意項目	m. 暖房期間における熱交換器の熱交換性能	暖房期間内の稼働時間における、熱交換器の熱源水側・熱交換後の１次側熱媒温度差の平均値[℃]	**4.9**

(2) 熱媒に関する実証項目

本実証項目は本来は実証単位（C）の一部として、地中熱交換部を循環する熱媒について実証するものであるが、本実証対象技術では地中熱交換部を循環する熱媒はない。代わりに熱交換器とヒートポンプの間を循環する熱媒があるので、その熱媒について以下のように実証した。

本実証項目は、実証申請者から提出されたカタログ等、各項目の性能を示す資料を確認し、実証試験結果報告書に添付することで実証したとみなす項目である。性能を証明する書類の写しは、詳細版付録（詳細版 49～62 ページ）の添付資料を参照。

本実証対象技術に使用した熱媒の概要は次のとおりである。

製品名	ウエストンブライン PB
主成分	プロピレングリコール 67%
製造・販売事業者	シーシーアイ株式会社
使用の形態	ウエストンブライン PB を 50%に希釈。

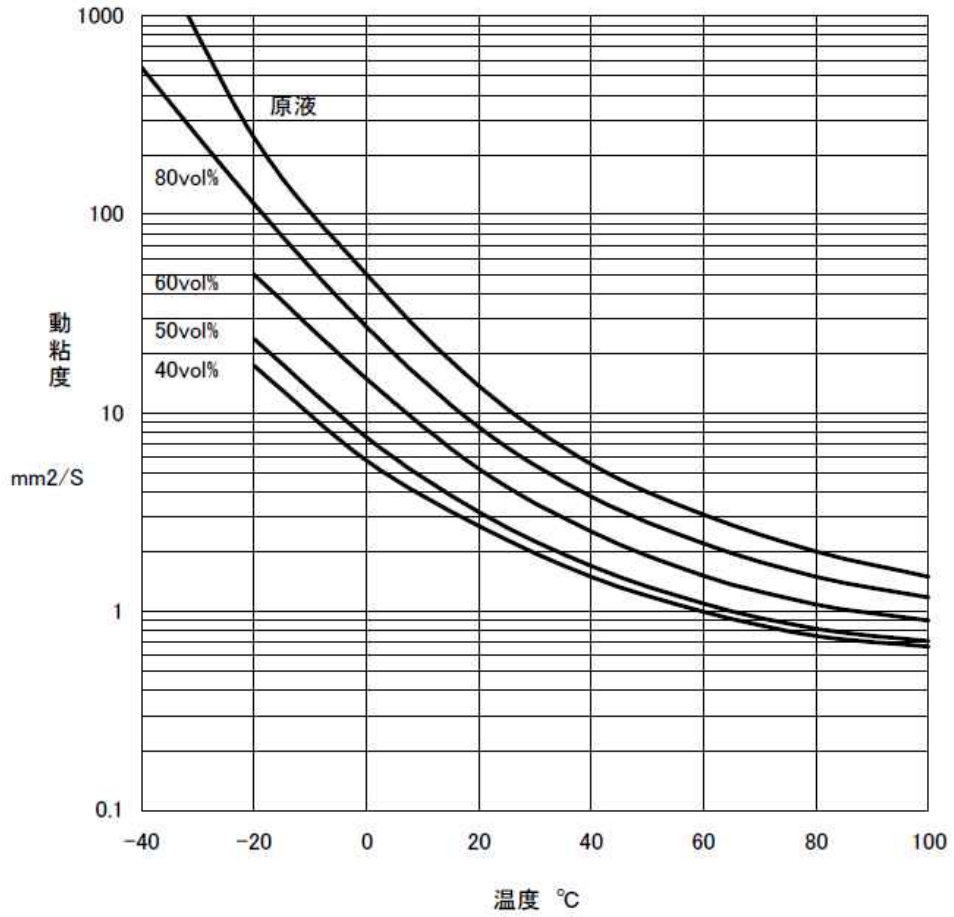
熱媒の実証項目と実証内容の結果をまとめて下表に示す。

<table>
<tr><th>項目</th><th>結　　果</th></tr>
<tr><td>f. 腐食性*1</td><td>

・銅系金属に対する防食性
本品は特に銅に対する防食性を強化しているため、銅製ボイラー・銅配管にも安心して使用できます。
・鉄系金属に対する防食性
本品は鋼等の鉄系金属に対し、優れた防錆防食効果を発揮します。

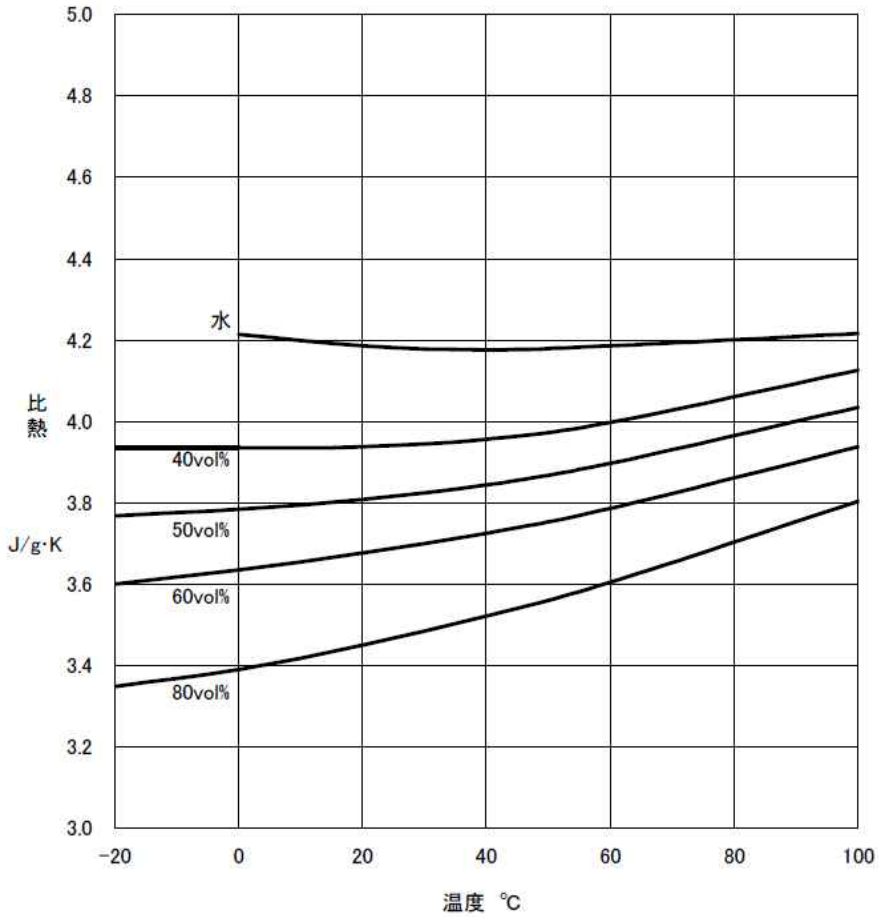
<table>
<tr><th colspan="3">試料</th><th>WBPB</th></tr>
<tr><td colspan="3">試験濃度（vol%）</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="6">金属腐食
88±2℃
336h</td><td rowspan="5">質量変化
(mg/cm²)</td><td>銅</td><td>-0.08</td></tr>
<tr><td>ハンダ</td><td>-0.10</td></tr>
<tr><td>黄銅</td><td>-0.08</td></tr>
<tr><td>鋼</td><td>-0.02</td></tr>
<tr><td>鋳鉄</td><td>-0.02</td></tr>
<tr><td>外　観</td><td colspan="2">アルミ鋳物</td><td>-0.17</td></tr>
<tr><td colspan="2">外　観</td><td>アルミ鋳物に黒変色を認める</td></tr>
<tr><td rowspan="4">試験後の液の性状</td><td colspan="2">pH 値</td><td>7.5 → 8.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">予備アルカリ度</td><td>1.6 → 1.8</td></tr>
<tr><td colspan="2">液相</td><td>赤色透明</td></tr>
<tr><td colspan="2">沈殿量(vol%)</td><td>痕跡</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>g. 粘性*1</td><td>



ウエストンブラインの動粘度

</td></tr>
</table>

項目	結　　果
h. 比熱*1	
i. 引火性	引火点なし*2 引火性がないので消防法上の危険物に該当しません。*1
j. 毒性*2	特定の危険有害性：知見なし なお、組成物質であるプロピレングリコールに関する有害性は次のとおり。 皮膚腐食性：なし 刺激性（皮膚、目）：刺激性は弱いが長時間の接触は避ける。 急性毒性：ラット経口 LD_{50} *3= 30g/kg がん原性：特になし 変異原性（微生物、染色体異常）：特になし 催奇形性：特になし 魚毒性：特になし
k. 生分解性／残留性*2	生分解性：良好

＊１：ウエストンブライン PB 技術資料より（詳細版 50～58 ページ）
＊２：ウエストンブライン PB の製品安全データシート（詳細版 59～62 ページ）の記載による。
＊３：半数の動物が死ぬ体重 1kg 当たりの経口摂取量。

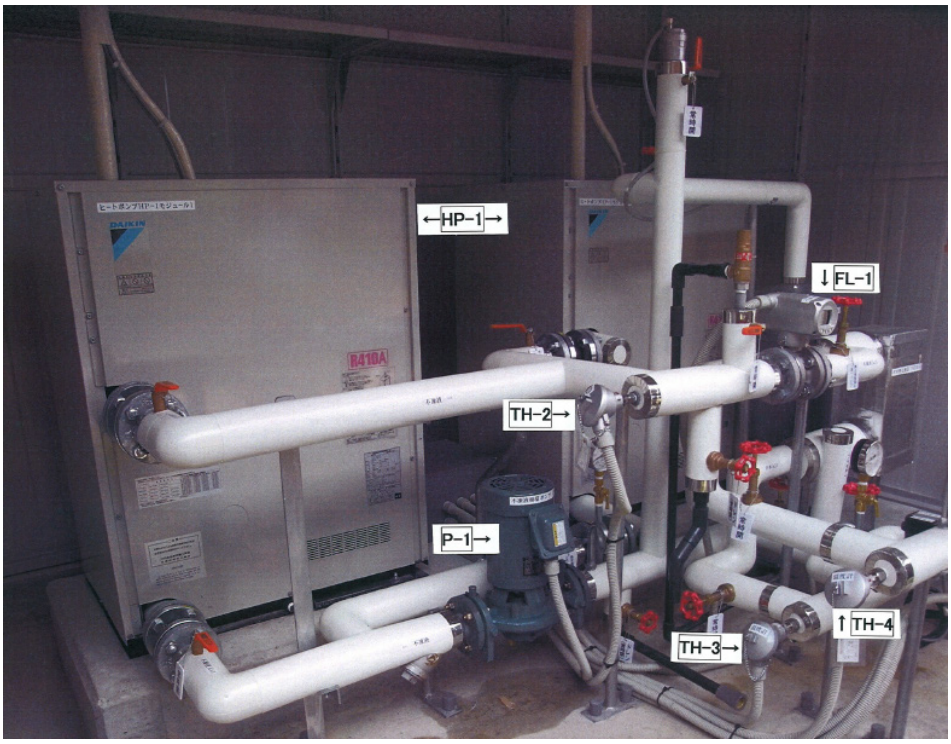
４．実証対象技術の設置状況写真

本社社屋とヒートポンプ設備
（一階の地面に置いてある小屋の中）

ヒートポンプシステム

揚水井

還元井



ヒートポンプシステムと測定箇所

５．実証対象技術の参考情報

本ページに示された情報は、全て実証申請者が自らの責任において申請したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○実証対象技術の概要（参考情報）

項　目		実証申請者　記入欄
製品名		川田工業株式会社 富山本社における地中熱利用ヒートポンプ空調システム
製造（販売）企業名		川田工業株式会社
連絡先	TEL／FAX	028-687-2217
	Web アドレス	http://www.kawada.co.jp/
	E-mail	trc2006@kawada.co.jp
設置条件		● 地下水が豊富に利用できる地域であること。(当システムでは，冷暖房出力約 50kW に対して最大水量が 80 ﾘｯﾄﾙ/min 程度) ● 地下水の流動性が高く、還元水が滞りなく流れること。 ● 既存の井戸があれば、初期コストは大幅に削減できる。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		ヒートポンプ内にミネラル類が沈着すると空調効率の低下や機器の寿命を縮める原因となることから、熱交換器を介して採排熱を行っている。熱交換器にこのようなスケールが発生していないか、定期的に観察し、必要に応じて熱交換器の清掃・更新を行う予定である。 この熱交換器の更新期間については水質によって大きく異なるため、運用しながら検討してゆくこととなるが、1 年間経過時点ではスケールは殆ど発生していない。
施工性		取水は、既設の揚水ポンプの井戸配管からの分岐採水とし、熱源水の還元にも、既設井戸を使用したため、本システム導入にあたっては、掘削工事は発生していない。
技術上の特徴		本空調システムでは、熱源水を還元する時の温度管理を細かく行うことで、採水量を必要最小限に最適化している点が従来に無い特徴である。これにより、揚水ポンプの電力や、環境負荷を最小限にコントロールしている。
コスト概算		一式 8,300 千円（室外機・室内機・井水配管一式）

○その他実証申請者からの情報（参考情報）

地下水の利用や熱利用後の地下水を地中に還元するにあたっては、自治体や地域によって種々の取り決めがあり、事例収集や調整に相当の時間を要する場合があるため、オープンループシステムの計画には綿密な事前調査が必要である。

当該施工地域では地下水の有効利用のため、道路の舗装下に通したパイプに地下水を通水することで融雪を行う「無散水消雪」が推進されており、熱利用後の地下水を還元する空調システムも、無散水消雪と同種の利用方法であると判断されている。