



○ 全体概要

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

実証対象技術	山梨県中央市の道の駅「とよとみ」における液状化対策グラベルドレーン活用の地中熱利用冷暖房システム
実証申請者	株式会社秀建コンサルタント
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 26 年 7 月 25 日～平成 27 年 2 月 1 日 (現地計測期間)

1. 実証対象技術の概要

1.1 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。地中熱は、夏場は外気よりも温度が低く、冬場は外気より温度が高いという特性を有するため、地中熱を空調に利用すると、外気を熱源とするよりも効率よく冷暖房を行うことができる。また、夏場においては、冷房排熱を外気中に放出しないため、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、地震に際して発生する液状化現象を抑制するためのグラベルドレーンを、地中熱交換井としても利用した、日本で最初のものである。

1.2 実証試験の環境

実証試験の実施施設の概要を表 1 に示す。

表 1 実証試験実施施設の概要

施設概要	施設名： 道の駅「とよとみ」 交流促進センター 施設所在地： 山梨県中央市浅利 1010-1 施設の用途： レストラン及びふるさと紹介コーナー
施設の規模 および空調方式	鉄筋コンクリート平屋建 レストラン及びふるさと紹介コーナー (仕切りのない一区画) 空調面積：229m ² (天井高さ 平均約 4m) 空調システム：地中熱源と空気熱源を併設。
地質データ	実証試験場所の地盤柱状図がある。砂礫と細砂の互層。
地下水状況	地下水位：-3.29m。

1.3 実証試験時のシステムの全体構成

最近、地震に伴う地盤の液状化対策が注目を集めており、この液状化対策のための工法の一つとして、グラベルドレーン工法がある。

このグラベルドレーン工法は、地盤に深さ 10m 前後、直径数 10cm の孔を、数 m 間隔のグリッド状

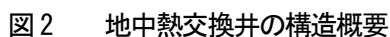


「グラベルドレーン」とは、このグラベルドレーン工法に用いられる孔のことを指し、グラベルドレーンの中には通常地下水が自由に出入りしており、これを地中熱交換井として用いれば、高性能の地中熱交換井になることが期待され、また、グラベルドレーンは、地震発生時の液状化対策以外、特に他に用途はないので、平常時はこれを地中熱交換井として利用できるので、地中熱交換井

本実証対象技術は、このグラベルドレーン^①を、地中熱交換井として用いた地中熱利用冷暖房システムであり、実用的システムとしては日本で最初のものである。

地中熱交換井の構造概要を図 2 に示す。本実証対象技術のグラベルドレーンを利用した地中熱交換井は、合計 25 本あり、それぞれ深さ 12m、直径 28cm で、孔内には直径 16.5cm の鋼管製のスリーブ管（スリット付）が入っていて、スリーブ管と孔外壁の間（アニュラス部）はグラベルで充填されている。また、スリーブ管の中は中空で地下水が自由に出入りでき、そこにステンレス製の U 字管が入っている。

システム全体の概要を図 3（次頁）に示す。実証対象技術のシステム全体は、地中熱交換井、循環ポンプ、ヒートポンプ、室内機等で構成されている。また、実証対象技術のシステム構成の概要を表 2（次頁）に示す。



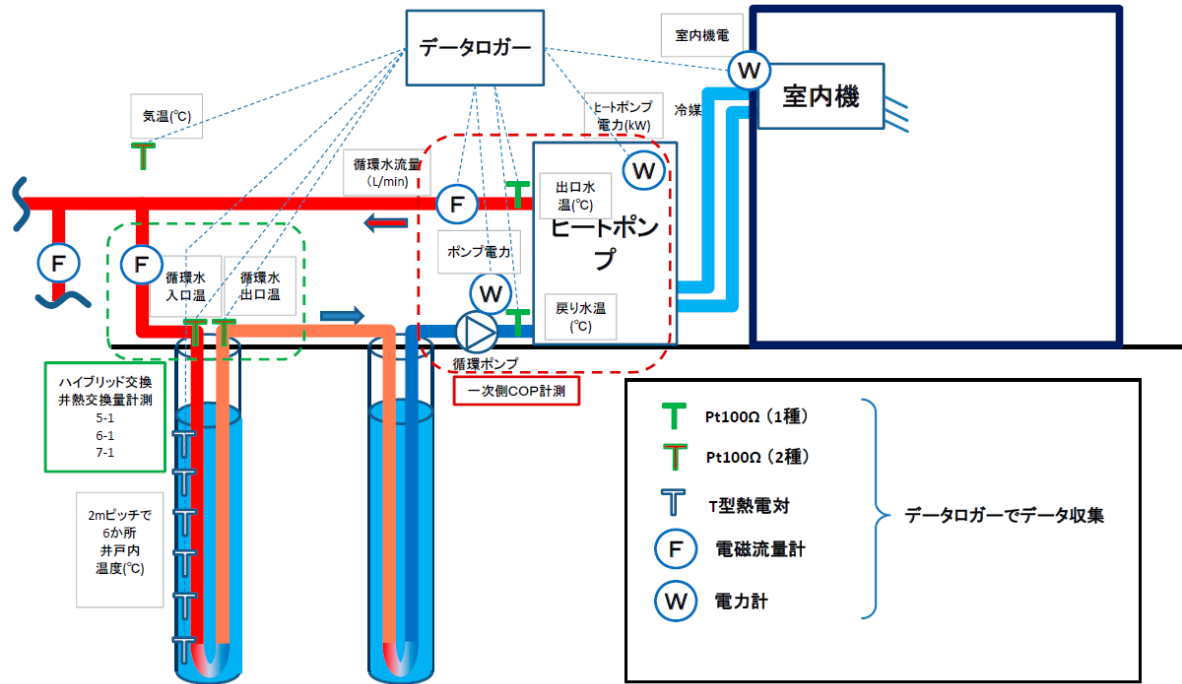


図3 実証対象技術の全体概要

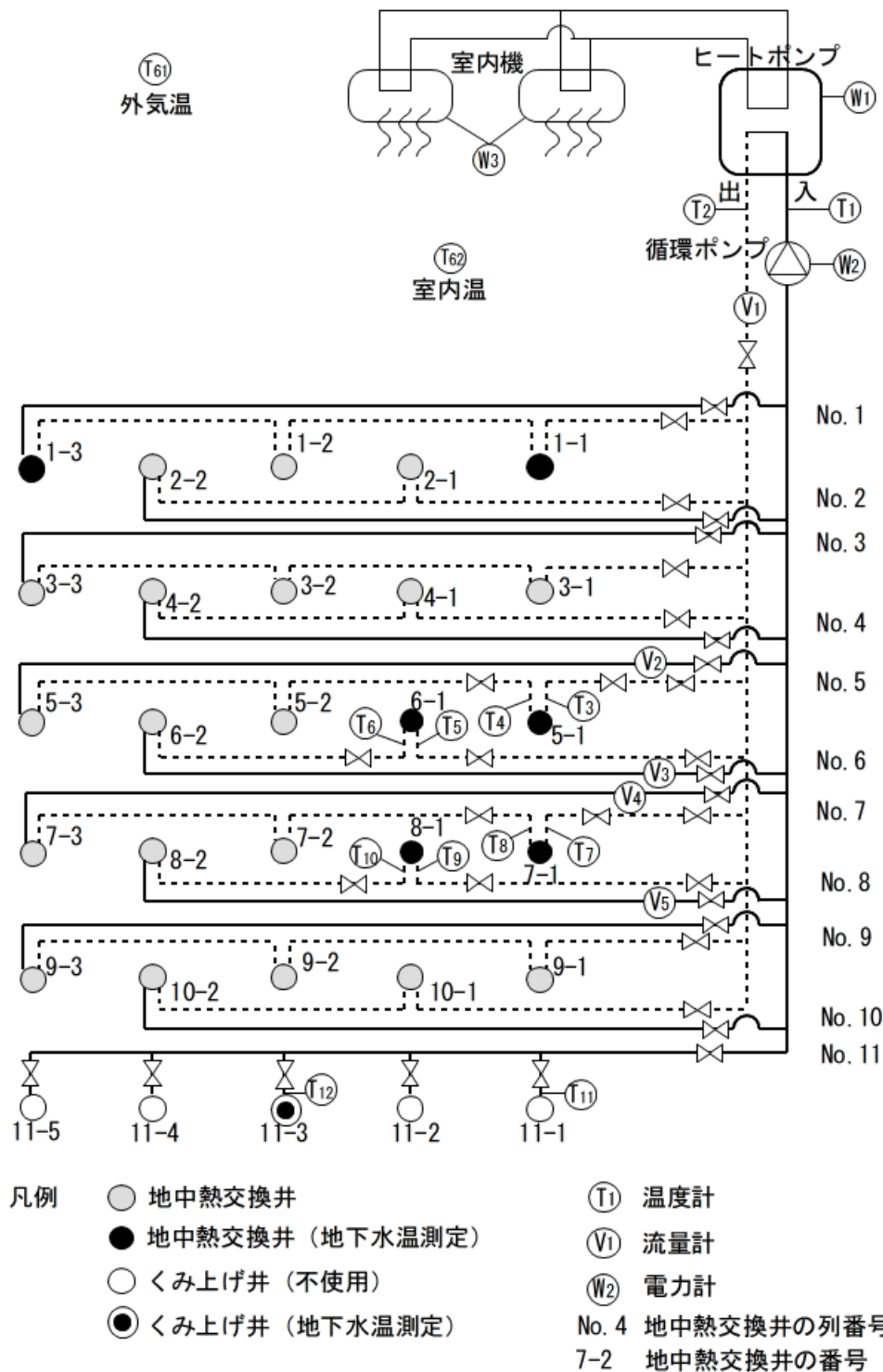
表2 実証対象技術のシステム構成

システム構成	仕様概要
地中熱交換井	・深度および本数：深度 12m×25 本。2m 間隔。掘削坑径：280mm。 ・スリーブ管(スリット管)：STK-400 炭素鋼管径 165.2mm。肉厚 5mm。 ・掘削裸坑とスリーブ管の間隙はグラベルで充填。 ・U 字管：ステンレス SUS304TPA×t3.0 製、外径 34mm、肉厚 3.0mm、シングルで挿入。挿入長 12m。 地中熱交換井は、3 本直列が 5 列、2 本直列が 5 列で、合計 10 系統である。 ・地下水位： -3.29m
循環ポンプ	・製品名：テラル株式会社製 LP40A5.25 1 台。 ・揚程：4 m、吐出し量：0.15m³/min
地中熱用ヒートポンプ	・製品名：ゼネラルヒートポンプ工業株式会社製 地中熱利用型水冷式ビル用マルチ空調システム ZP3-WS280-T ・冷房能力：28.0kW、暖房能力：31.5kW ・台数：1 ・制御方式：インバータ制御 ・冷媒：R410A ・タイプ：2 次側直膨式
熱媒	・一次側： ショーワ株式会社製 ショウブライン PFP 35%希釈液
室内機	・製品名：ゼネラルヒートポンプ工業株式会社製 地中熱利用型水冷式ビル用マルチ空調システム 室内ユニット ZPI-SS112F ・冷房能力：11.2kW、暖房能力：12.5kW ・台数：2

2. 実証試験の概要

2.1 システム全体の实証試験

システム全体の实証試験の測定箇所は、概念を図3（前頁）に、詳細を図4に示す。測定項目と測定機器は表3（次頁）に示す。



※図中に示した外気温等の測定項目を表す記号（ T_{61} 等）は表3（次頁）のものに対応する。これらの測定データは、データロガーで記録した。

図4 実証試験実施設備と計測器の配置

表 3 測定項目と測定機器

	測定項目	記号	測定箇所数	測定機器
必須 の 測 定	(1) 一次側 (地中熱熱交換井～ヒートポンプ)			
	①熱媒温度 (ヒートポンプ入口)	T1	1	測温抵抗体
	②熱媒温度 (ヒートポンプ出口)	T2	1	測温抵抗体
	③熱媒流量 (ヒートポンプ出口主配管)	V1	1	電磁流量計
	④電力量 (ヒートポンプ)	W1	1	CT 電力変換器
	⑤電力量 (熱媒循環ポンプ)	W2	1	CT 電力変換器
任意 の 測 定	(2) 一次側			
	⑥熱媒温度 (地中熱交換器出口と入口)	T3～T8	6	測温抵抗体
	⑦熱媒流量 (分岐配管入口)	V2～V5	4	電磁流量計
	⑧地下水温 (地中熱交換井内 2m 深度毎)	T11～T52	42	T 型熱電対
	(3) 二次側			
	⑨電力量 (室内機 2 台)	W3	1	CT 電力計
	(4) 環境側			
	⑩外気温度	T61	1	測温抵抗体
	⑪室内温湿度	T62	3	温湿度ロガー
	⑫地下水位		1	圧力式水位計
	(5) 空気熱源エアコン (3 系統)			
	⑬熱源機の消費電力量 (3 系統合計)		1	CT 電力変換器

※全ての測定項目は 1 日 24 時間、1 分間隔で測定した。

なお、測定項目を表す記号 (T₁ 等) は図 4 (前頁) 中のものに対応する。これらの測定データはデータロガーで記録した。

3. 実証試験結果

3.1 システム全体の実証項目

システム全体の実証試験の結果の要約を表 4 に示す。

表 4 システム全体の実証項目の試験結果の要約

項 目			試験結果
システム 全体 の実証 項目	必須項目	a. 冷房期間のシステムエネルギー効率※	3.51
		b. 冷房期間のシステム消費電力※	5.21kW
		c. 冷房期間の地中への排熱量	22.86kW
	任意項目	d. 実証試験期間の平均システムエネルギー効率 COP _{ETV} ***	3.40 (参考値)
		e. 暖房期間のシステムエネルギー効率※	3.09 (参考値)
		f. 暖房期間のシステム消費電力※	4.22kW (参考値)
		g. 暖房期間の地中からの採熱量	9.66kW (参考値)

※ システムエネルギー効率、システム消費電力は、ヒートポンプと 1 次側循環ポンプを含む。

*** COP_{ETV} は、環境技術実証 (ETV) 事業で独自に定めたエネルギー効率の指標である。実証試験での実測値から算出した、実証試験期間中のシステムエネルギー効率の平均値である。

表 5 実証項目以外の試験結果 (参考項目)

項 目	試験結果	
	冷房期間	暖房期間
①ヒートポンプ単独の COP	4.04	3.68 (参考値)
②地中熱交換井の 1 メートル当たりの熱交換量	75.6W/m	32.2W/m (参考値)

なお、実証試験要領に実証項目として規定される必須項目及び任意項目の試験は、以下の期間で行った。

(現地計測期間：平成 26 年 7 月 25 日～平成 27 年 2 月 1 日)

- ・冷房期間：平成 26 年 7 月 25 日～平成 26 年 9 月 30 日
- ・暖房期間：平成 26 年 11 月 13 日～平成 27 年 1 月 10 日

ただし、暖房期間では欠測が 34 日間に及んだため、暖房期間の計測は、1 月 10 日で終了とし、解析結果は任意項目としては示せないため参考値として示した。*

*「実証試験要領 (平成 26 年 5 月 1 日付) p.31 ※任意項目における測定期間の規定」参照

3.2 その他の実証項目

実証単位(A)の実証試験では、実証単位(C)地中熱交換部の実証項目も示すこととなっている。

なお、熱媒循環部と熱媒のデータは既存資料から引用したので、実証試験要領**の規定に基づき、参考項目として示す。

**平成 26 年 5 月 1 日付、p.36 表 11 及び表 12 の「実証方法」参照。

(本報告書 p.12 本編 1.4 表 1-3、表 1-4 の「実証方法」も同様。)

(1) 地中熱交換部全体の实証項目

地中熱交換部全体の実証項目は、サーマルレスポンス試験 (TRT) によって、地中熱交換井の熱抵抗と土壌部分の熱伝導率を示す項目であるが、現地の状況から TRT ができなかったため、規定により代替の地質データを示した (本編 「6.1 地中熱交換部全体の実証項目」参照)。

(2) 熱媒循環部 (U字管) の参考項目

使用した U 字管は、ステンレス SUS304TPA×t3.0 製、外径 34mm、肉厚 3.0mm である。

表 6 熱媒循環部の実証項目 (参考項目)

項 目	実証内容
c. 熱伝導率	15[W/(m・K)] (0℃) である。(理科年表平成 26 年度版)
d. 耐腐食性	U 字管としての耐腐食性の資料はない。
e. 耐圧性	U 字管としての耐圧性の資料はない。

《参考》ポリエチレンの熱伝導率：0.25～0.34[W/(m・K)] (0℃における)

(3) 熱媒の参考項目

表 7 熱媒の概要

製品名	ショウブライン PFP
主成分	プロピレングリコール 62～64%
製造・販売事業者	ショーワ株式会社
実使用の条件	ショウブライン PFP を 35%に希釈して使用。

実証試験要領に規定される熱媒の参考項目を、既存資料によって表 8 (次頁) に示す。
 この情報は、実使用で希釈する前の、ショウブライン PFP の製品としての性質である。

表 8 熱媒の実証項目(参考項目) 及び実証内容

項 目	実証内容
f. 腐食性	表 9 参照
g. 粘性	図 5 参照
h. 比重	図 5 参照
i. 比熱	図 5 参照
j. 引火性	常温では燃え難いが、加熱により引火することがある。
k. 毒性	極めて弱い
l. 生分解性/残留性	残留性はなく分解は良好である。

表 9 熱媒ショウブライン PFP の腐食性

試験方法：JIS K 2234(不凍液)に準拠する。ただし、各金属間はポリエチレンスペーサーで絶縁した。

条 件 ・ 温度、濃度 -10℃ …… 50vol%
 20℃ …… 50vol%
 88℃ …… 50vol%
 ・ 通気量 100mℓ/min (-10℃の場合、通気なし)
 ・ 時 間 336hr

試験片	希釈液 温度	腐食量(mg/cm ²)		
		JIS調合水※希釈		
		-10℃	20℃	+88℃
銅		-0.01	-0.02	-0.06
黄銅		-0.01	-0.02	-0.04
鋼		+0.01	-0.01	-0.04
鋳鉄		-0.01	-0.02	-0.05
ステンレス(SUS304)		-0.00	-0.01	-0.01

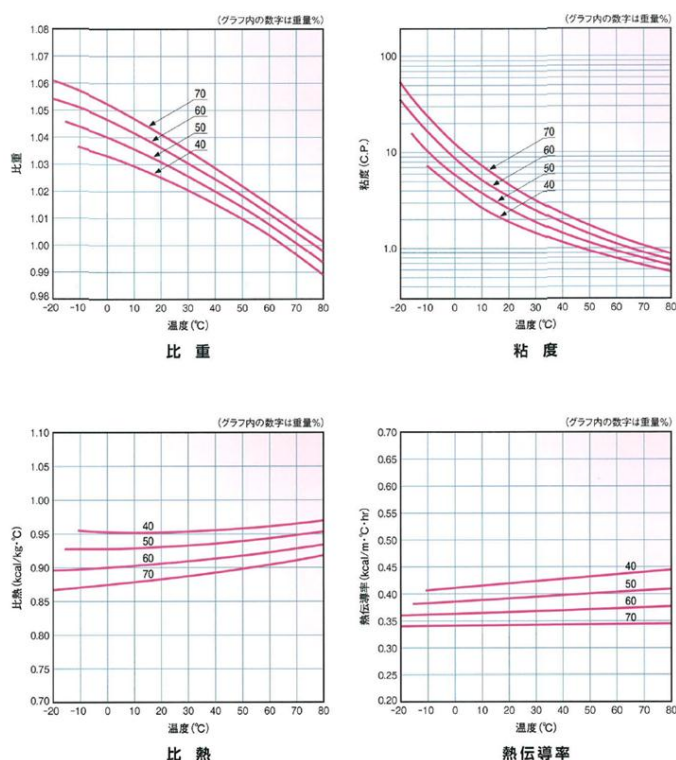


図 5 ショウブライン PFP の
粘性、比重、比熱

4. 実証対象技術の設置状況の写真



写真1 実証対象技術の全景



写真2 地中熱ヒートポンプと循環ポンプ



写真3 地中熱交換井の口元



写真4 地中熱利用冷暖房を
しているレストラン

(参考情報)

項目		実証申請者または開発者 記入欄		
実証対象技術名		山梨県中央市の道の駅「とよとみ」における液状化対策グラベルドレーン活用の地中熱利用冷暖房システム (英文表記: Ground-source heat pump system using gravel dlane of liquefaction countermeasure at the Michinoeki "Toyotomi", Chuo City, Yamanashi Prefecture)		
製品名・型番		—		
製造(販売)企業名		株式会社秀建コンサルタント (英文表記: Shuukun Consultants Co., Ltd.)		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 055-273-5625 FAX : 055-273-5966		
	ウェブサイト アドレス	http://e-shuukun.jp/		
	E-mail	shuukun@d5.dion.ne.jp		
設置条件		液状化対策(グラベルドレーン工法)との併用		
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		メンテナンス: 通常の装置と同様 コスト: 掘削を液状化対策と兼用(当施設は実験施設のため割高) 耐候性・寿命: 通常の設備と同様		
施工性		良好		
コスト概算		イニシャルコスト		
		機 器	数量	建設費
		グラベルドレーン (液状化対策用の孔の工事)	1 式	約 650 万円
		地中熱交換部 (スリーブ管、U 字管等地中熱利用のための追加的工事)	1 式	約 250 万円
		ヒートポンプ(含配管・配線)	1 式	約 500 万円
		合 計		約 1400 万円

○ その他実証申請者または開発者からの情報

本工法は、液状化対策であるグラベルドレーン工法との併用工法ですが、U チューブ周辺の水の移動が自由な構造となるため、対流による熱の伝播が熱交換の基本原理となります。したがって、これまでにない新しいタイプの地中熱交換井です。地中熱の利用・液状化対策共に今後増々重要度が増し、普及発展が期待される分野です。

このページに示された情報は、技術広報のために実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、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。