

環境省

平成26年度環境技術実証事業

ヒートアイランド対策技術分野

(地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム)

実証試験結果報告書

《詳細版》

平成27年3月

実証機関 : 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会
実証単位 : (A) システム全体
実証申請者 : 株式会社秀建コンサルタント
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
グラベルドレン活用の地中熱利用冷暖房システム
実証番号 : 052-1401



本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

目次

○ 全体概要	1
1. 実証対象技術の概要	1
2. 実証試験の概要	4
3. 実証試験結果	5
4. 実証対象技術の設置状況の写真	8
(参考情報)	9
○ 本編	10
1. 実証試験の目的及び概要	10
1.1 環境技術実証事業の目的と定義	10
1.2 実証対象技術と実証単位	10
1.3 実証単位 (A) の実証目的と実証項目	11
1.4 実証単位 (C) の実証目的と実証項目	12
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	13
3. 実証対象技術の概要	15
3.1 実証対象技術の原理と概要	15
3.2 実証試験の環境	15
3.3 実証対象技術の施設概要とシステム構成	19
3.4 実証対象技術の写真	27
(参考情報)	29
4. 実証試験の内容	30
4.1 目的	30
4.2 実証単位 (A) の測定システム	31
4.3 実証試験実施施設の運用状況および試験の実施日程	35
4.4 各実証項目の整理解析方法、表示方法	36
5. 実証単位 (A) システム全体の实証試験の結果	39
5.1 実証試験結果 (システム全体の实証項目)	39
5.2 実証試験期間の各種項目の日ごとの 平均値や総和の経時変化	41
5.3 実証試験期間の冷房試験代表日の測定項目の一日の 経時変化	46
5.4 実証試験期間の暖房試験代表日の測定項目の一日の 経時変化	50
6. 実証単位 (C) 地中熱交換部の実証結果	53
6.1 地中熱交換部全体の实証項目	53
6.2 熱媒循環部 (U字管) の実証項目 (参考項目)	55
6.3 熱媒の実証項目 (参考項目)	55
7. 考察	57
○ 付録	58
1. 地中熱用語集	58
2. 品質管理に関する事項等の情報	61
○ 参考文献	62
○ 資料編	63
添付資料 1 熱媒 ショウブラインPFP 技術資料 (抜粋)	63
添付資料 2 ショウブラインPFP 製品安全データシート	65



○ 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

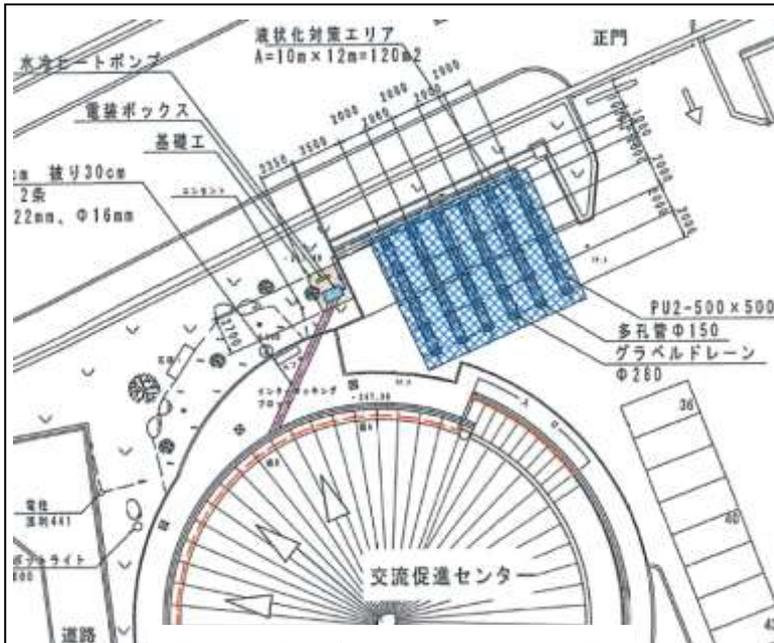


図1 施設とグラベルドレーンの配置

に数本から数百本掘削して、その中に碎石や砂利(グラベル)を充填し、地震の揺れに際して上昇する地盤の間隙水圧を消散することによって液状化被害を抑制するものである。

「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もので、地中熱交換井

設置費用の削減も期待される。

本実証対象技術は、このグラベルドレーンを、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。

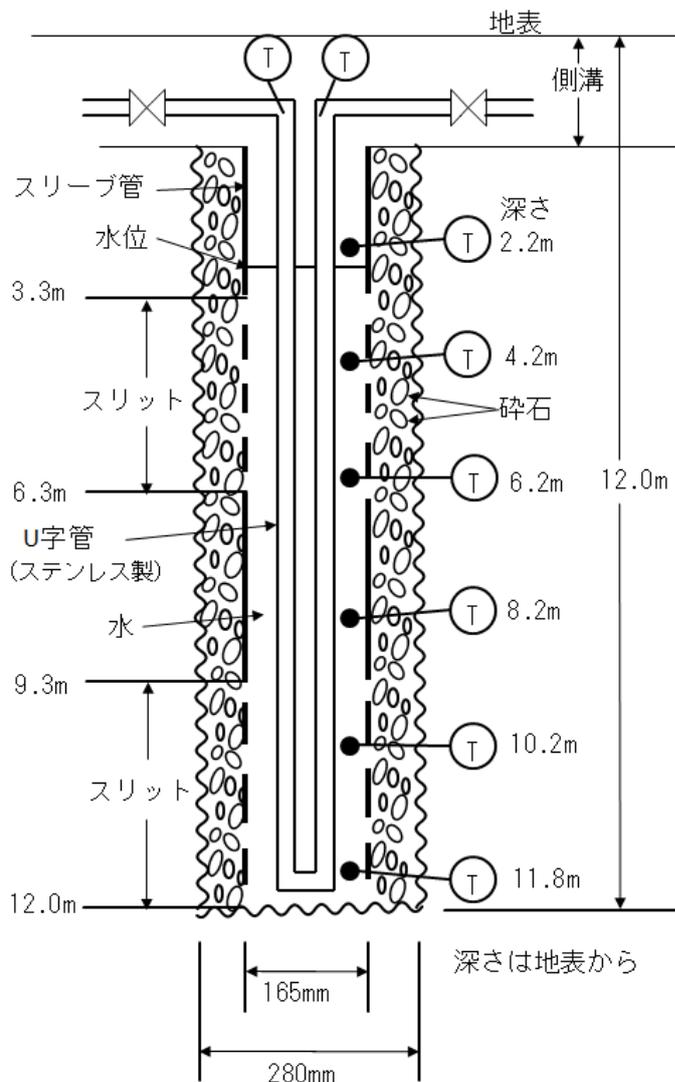


図2 地中熱交換井の構造概要

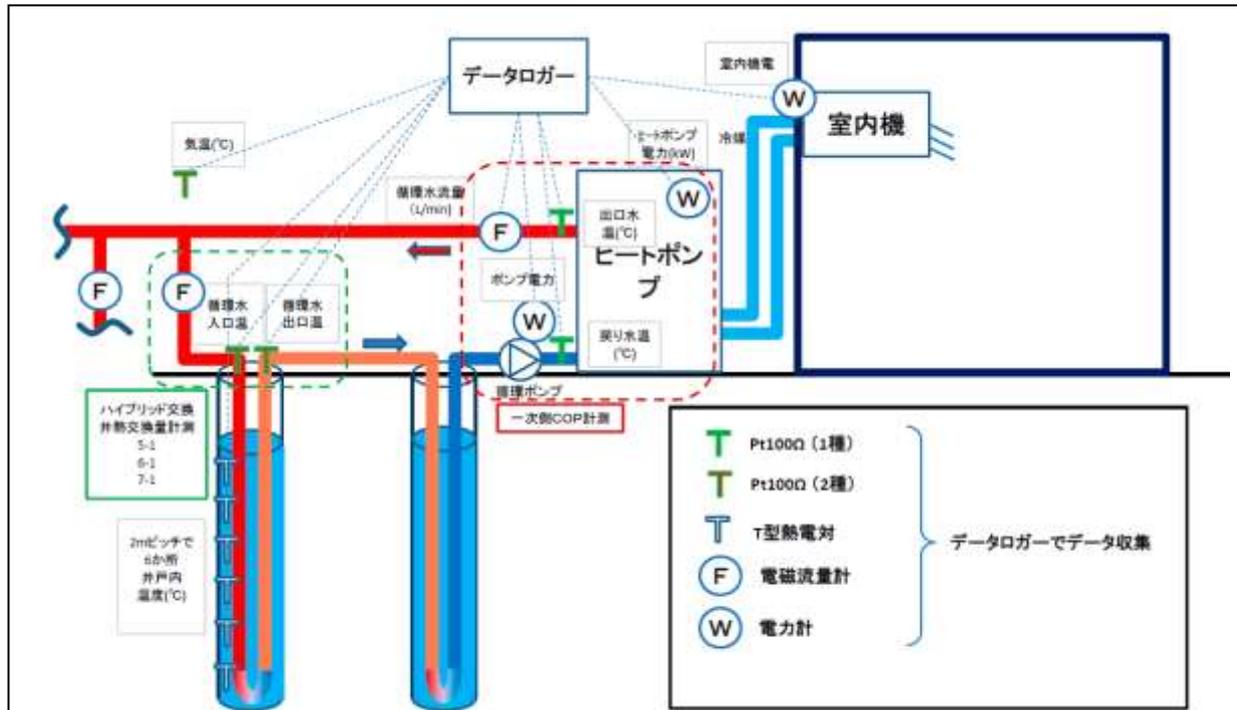


図3 実証対象技術の全体概要

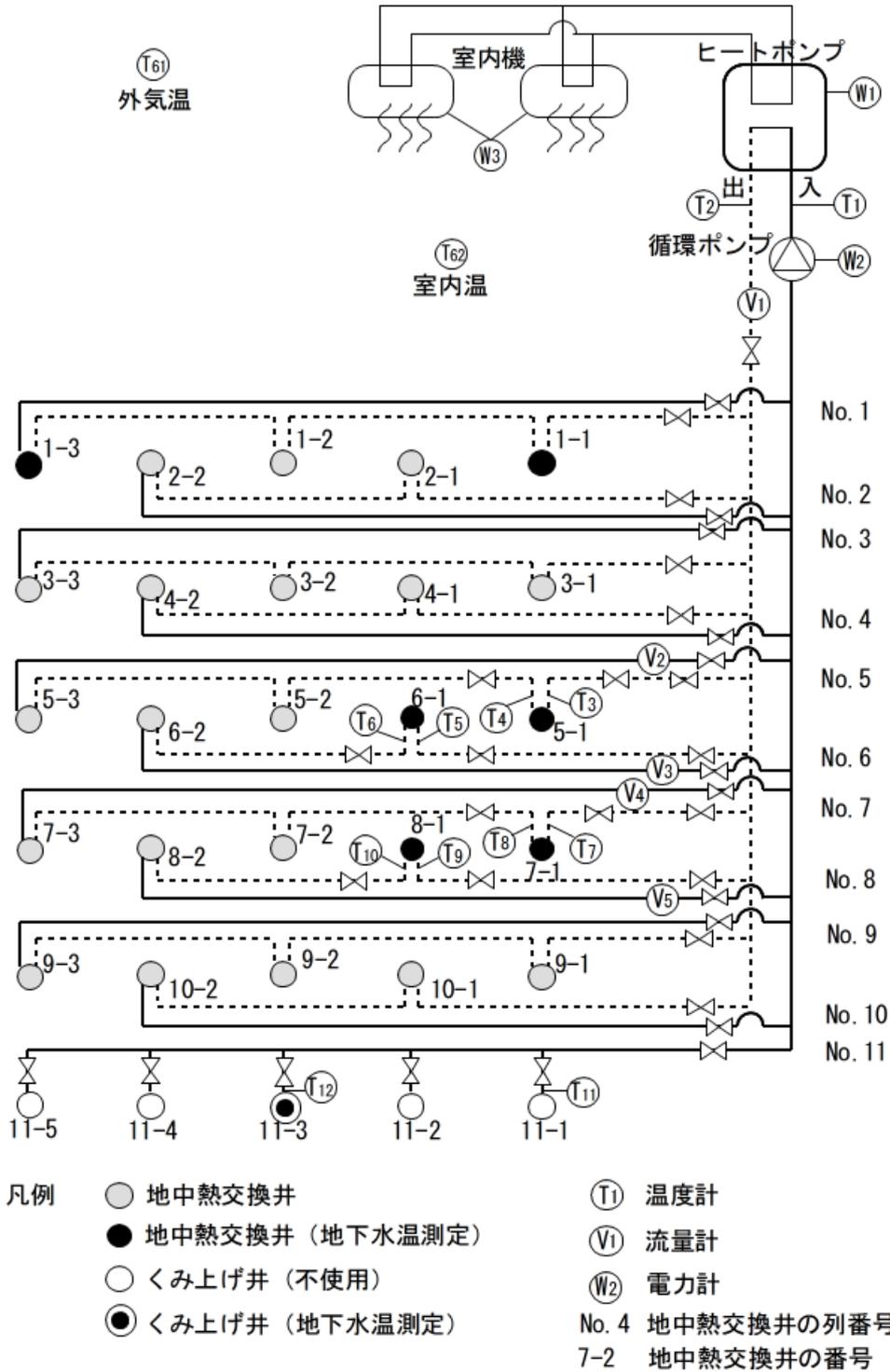
表2 実証対象技術のシステム構成

システム構成	仕様概要
地中熱交換井	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下水位： -3.29m
循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 (T₆₁ 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 システム全体の实証項目

システム全体の实証試験の結果の要約を表 4 に示す。

表 4 システム全体の实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实証項目は、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实証項目」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°C) 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°C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 100m³/min (-10℃の場合、通気なし)

・時間 336hr

試験片	希釈液 濃度	腐食量(mg/cm ²)		
		JIS調合水*希釈		
		-10℃	20℃	+88℃
鋼		-0.01	-0.02	-0.06
黄銅		-0.01	-0.02	-0.04
銅		+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

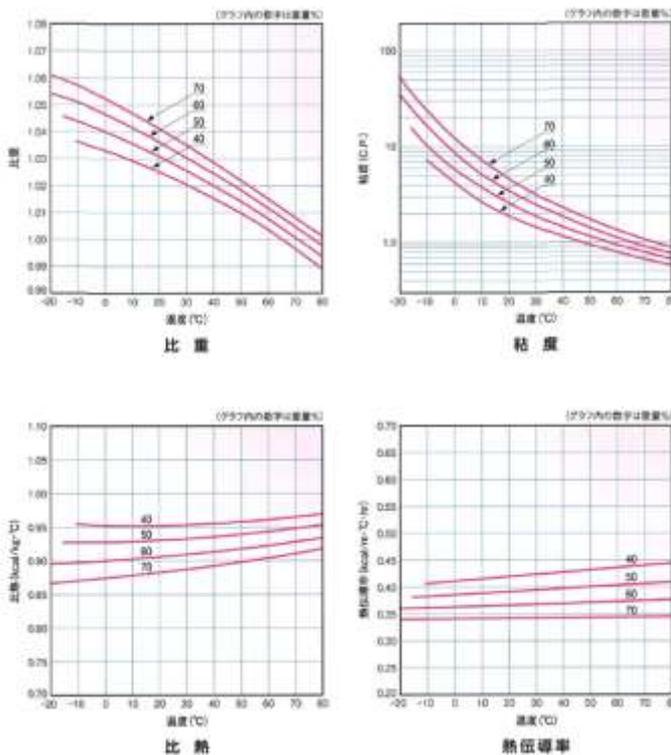


図5 ショウブライン PFP の粘性、比重、比熱

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: Shuuken 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-shuuken.jp/		
	E-mail	shuuken@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。

○ 本編

1. 実証試験の目的及び概要

1.1 環境技術実証事業の目的と定義

環境技術実証事業の目的と「実証」の定義は、「平成 26 年度 環境技術実証事業 実施要領」*¹に次のように定められている。

- (1) 環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、その環境保全効果、副次的な環境影響、その他環境の観点から重要な性能（以下、「環境保全効果等」という。）についての客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、環境保全効果等を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の利用者による技術の購入、導入等に当たり、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にすることにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とする。
- (2) 本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。

「実証」は、一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。

なお、本実証試験は、「環境技術実証事業 ヒートアイランド対策技術分野（地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム）実証試験要領（平成 26 年 5 月 1 日付）」*²に基づいて実施した。

1.2 実証対象技術と実証単位

本実証試験の対象とする地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムとは、地中熱及び地下水熱、地下水熱等を熱源とし、ヒートポンプによって効率的に暖冷房を行うシステム全般のことである。

当該システムは、多層的な技術の組み合わせで構成されており、図1-1のとおり階層的に分類される。なお、(A)、(B)、(C) は実証単位と呼ぶ実証試験の種別である。

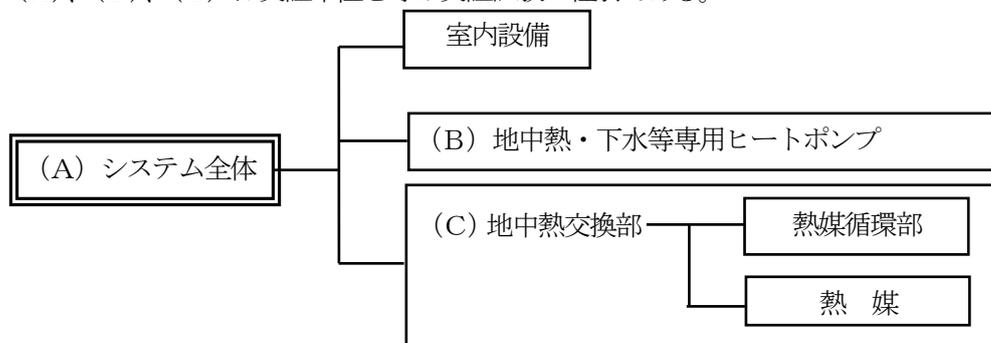


図 1-1 実証対象技術の全体像

本報告書はこれらの階層的技術のうち、「(A) システム全体」に関するものである。「(A) システム全体」は、「地中熱交換部からヒートポンプまでを含めた、地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムに関わる技術全体である」と実証試験要領に定義されている。

*¹ : 環境省 総合環境政策局総務課 環境研究技術室 平成 26 年 4 月 1 日 『環境技術実証事業 実施要領』
http://www.env.go.jp/policy/etv/system/yoryo_h26.pdf

*² : 環境省 水・大気環境局総務課 環境管理技術室 平成 26 年 5 月 1 日 『環境技術実証事業 ヒートアイランド対策技術分野（地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム）実証試験要領』
http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/03/09_H26.pdf

1.3 実証単位 (A) の実証目的と実証項目

(1) 実証目的

地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムの総合的な性能を実証することで、システム自体の性能及び設計、施工、運用に関する技術の高さを総合的、客観的に示すことを目的としている。

(2) 実証試験方法

実証試験は、「測定期間中にシステム使用者等によって実使用状況に近い運転方法で使用されていない」と規定されている。^{*}

本実証対象技術の実証試験は、施設従業員が普段通りに使用した状況で測定したものである。

^{*}実証試験要領 (平成 26 年 5 月 1 日付) p.16 第 6 章「4 運転方法」参照。

(3) 実証単位 (A) の実証項目

実証項目は、表 1-1 のとおりである。実証項目は、システム全体の実証項目と実証単位 (C) 地中熱交換部の実証項目で構成される。

表 1-1 本実証試験の実証項目

		項目	内容
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	冷房期間における平均 COP
		b. 冷房期間のシステム消費電力	冷房期間内の稼働時間における平均値
		c. 冷房期間の地中への排熱量	冷房期間内の稼働時間における平均値
	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	実証試験期間全体において算出した COP の平均値 (COP _{ETV})
		e. 暖房期間のシステムエネルギー効率	暖房期間における平均 COP
		f. 暖房期間のシステム消費電力	暖房期間内の稼働時間における平均値
		g. 暖房期間の地中からの採熱量	暖房期間内の稼働時間における平均値
実証単位 (C) の実証項目	地中熱交換部全体	a. 地中熱交換井の熱抵抗	熱抵抗値[K/(W/m)]
		b. 土壌部分の熱伝導率	熱伝導率[W/(m・K)]
	熱媒循環部 ^{*1}	c. 熱伝導性	素材の熱伝導率[W/(m・K)]
		d. 耐腐食性	—
		e. 耐圧性	耐圧力[MPa] (温度条件も併せて示す)
	熱媒 ^{*1}	f. 腐食性	—
		g. 粘性	粘性率[Pa・s]
		h. 比重	[g/cm ³]
		i. 比熱	[J/(kg・K)]
		j. 引火性	—
		k. 毒性	—
l. 生分解性/残留性	—		

^{*1} : 試験による算出。実証申請者から提出された資料を確認した場合は「参考項目」として取り扱う。

1.4 実証単位 (C) の実証目的と実証項目

前頁の表 1-1 のうち、「実証単位 (C) の実証項目」の詳細は次のとおりである。

(1) 実証目的

実証目的は以下の 2 つある。

- ・地中熱交換井の熱抵抗と土壌部分の熱伝導率を測定し、地中熱交換部全体の性能を実証すること。
- ・地中熱交換部の構成要素の性能を示すこと。

(2) 実証試験方法

実証試験のうち、地中熱交換部全体の試験は現地でサーマルレスポンス試験を行って実証する。熱媒循環部と熱媒については、実際に試験によって算出するか、既存資料を確認して示すものである。既存資料を確認して示した場合は、「参考項目」として取り扱う。

(3) 実証単位 (C) の実証項目

地中熱交換部の設備構成は、熱交換方式等の組み合わせや熱源の種類によって多様である。実証試験要領では、地中熱交換部の設備構成を 3 タイプに分類しているが、本実証対象技術は「熱媒循環式×熱交換器なし」で「地中熱源」に該当する。この実証項目は、実証試験要領に表 1-2～1-4 のように規定されている。

表 1-2 地中熱交換部全体の实証項目

項目	内容	実証方法
a. 地中熱交換井の熱抵抗	熱抵抗値 [K/(W/m)]	サーマルレスポンス試験から算出
b. 土壌部分の熱伝導率	熱伝導率 [W/(m・K)]	サーマルレスポンス試験から算出

表 1-3 熱媒循環部の実証項目

項目	内容	実証方法
c. 熱伝導性	素材の熱伝導率 [W/(m・K)]	・試験による算出 ・実証申請者から提出された資料を確認（この場合、「参考項目」として取り扱う。）
d. 耐腐食性	—	
e. 耐圧性	耐圧力 [MPa] (温度条件も併せて示す)	

表 1-4 熱媒の実証項目

項目	内容	実証方法
f. 腐食性	—	・試験による算出 ・実証申請者から提出された資料を確認（この場合、「参考項目」として取り扱う。）
g. 粘性	粘性率 [Pa・s]	
h. 比重	[g/cm ³]	
i. 比熱	[J/(kg・K)]	
j. 引火性	—	
k. 毒性	—	
l. 生分解性/残留性	—	

2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

実証試験に参加する組織は、図 2-1 に示すとおりである。また、実証試験参加者とその責任分掌は、表 2-1 (次頁) に示すとおりである。

実証申請者である株式会社秀建コンサルタントは、本実証対象技術である地中熱利用の設備の計画・設計と設置工事を専門とする事業者である。

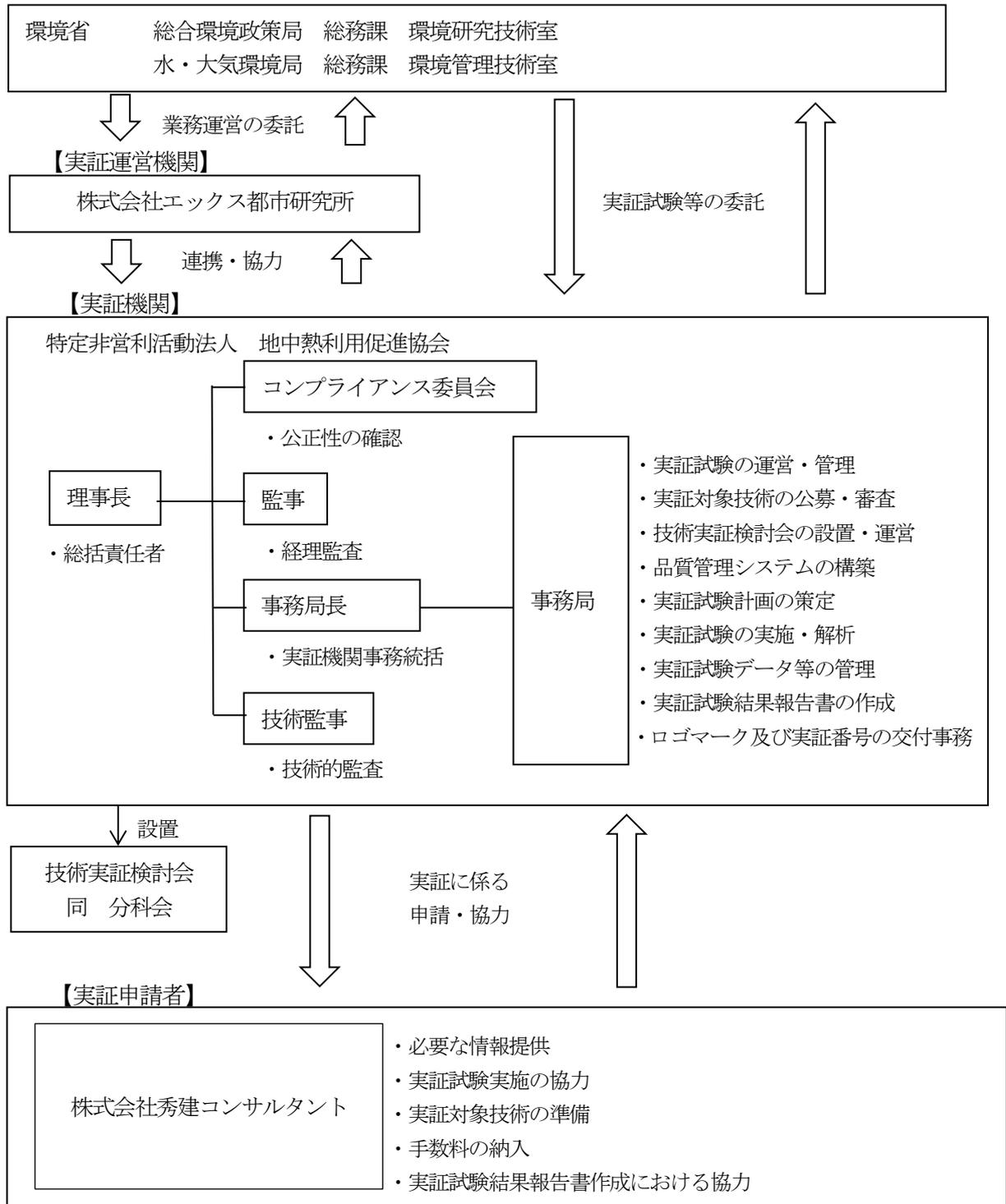


図 2-1 実証試験に参加する組織

表 2-1 実証試験参加組織と責任分掌

区分	実証試験参加組織	責任分掌	参加者
実証機関	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会	実証試験の運営・管理	笹田政克 服部旭 宮崎眞一 小間憲彦 橋爪茂利雄 赤木誠司
		実証対象技術の公募・審査資料作成	
		技術実証検討会・同分科会の設置・運営	
		品質管理システムの構築	
		実証試験計画の作成	
		実証試験の実施・解析	
		手数料の算定	
		実証試験データ・情報の管理	
		実証試験結果報告書の作成	
		その他実証試験要領で定められた業務	
		内部監査の総括	後藤文彦
		実証試験の技術的監査	安川香澄
		法令遵守と公平性の確認	コンプライアンス委員会
実証 申請者	株式会社秀建コンサ ルタント	実証機関への必要な情報提供と協力	中込秀樹
		実証対象技術の準備・運転と関連資料の提供	
		手数料の納入	
		既存の性能データの提供	
		実証試験結果報告書の作成における協力	

3. 実証対象技術の概要

3.1 実証対象技術の原理と概要

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。

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 間隔のグリッド状に数本から数百本掘削して、その中に碎石や砂利（グラベル）を充填し、地震の揺れに際して上昇する地盤の間隙水圧を消散することによって液状化被害を抑制するものである。

「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ため、地中熱交換井設置費用の削減も期待される。

本実証対象技術は、このグラベルドレーンを、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、甲府盆地（山梨県中央市）にある道の駅「とよとみ」に設置されている。主に地中熱源ヒートポンプにより、道の駅のレストラン等の一区画の冷暖房を行っており、空気熱源ヒートポンプが補助として設置されている。

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、深さ 12m、直径 280mm で、孔内には直径 165mm 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。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（SUS304）製のU字管が入っている。この地中熱交換井は合計 25 本、地中に埋設されている。

3.2 実証試験の環境

(1) 設置施設と所在地

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

実証対象技術が設置されている施設の所在地を図 3-1、図 3-2（次頁）に示す。



図 3-1 実証試験実施施設の所在地 (広域図)

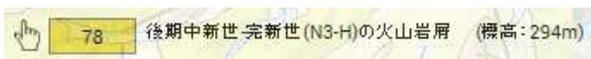
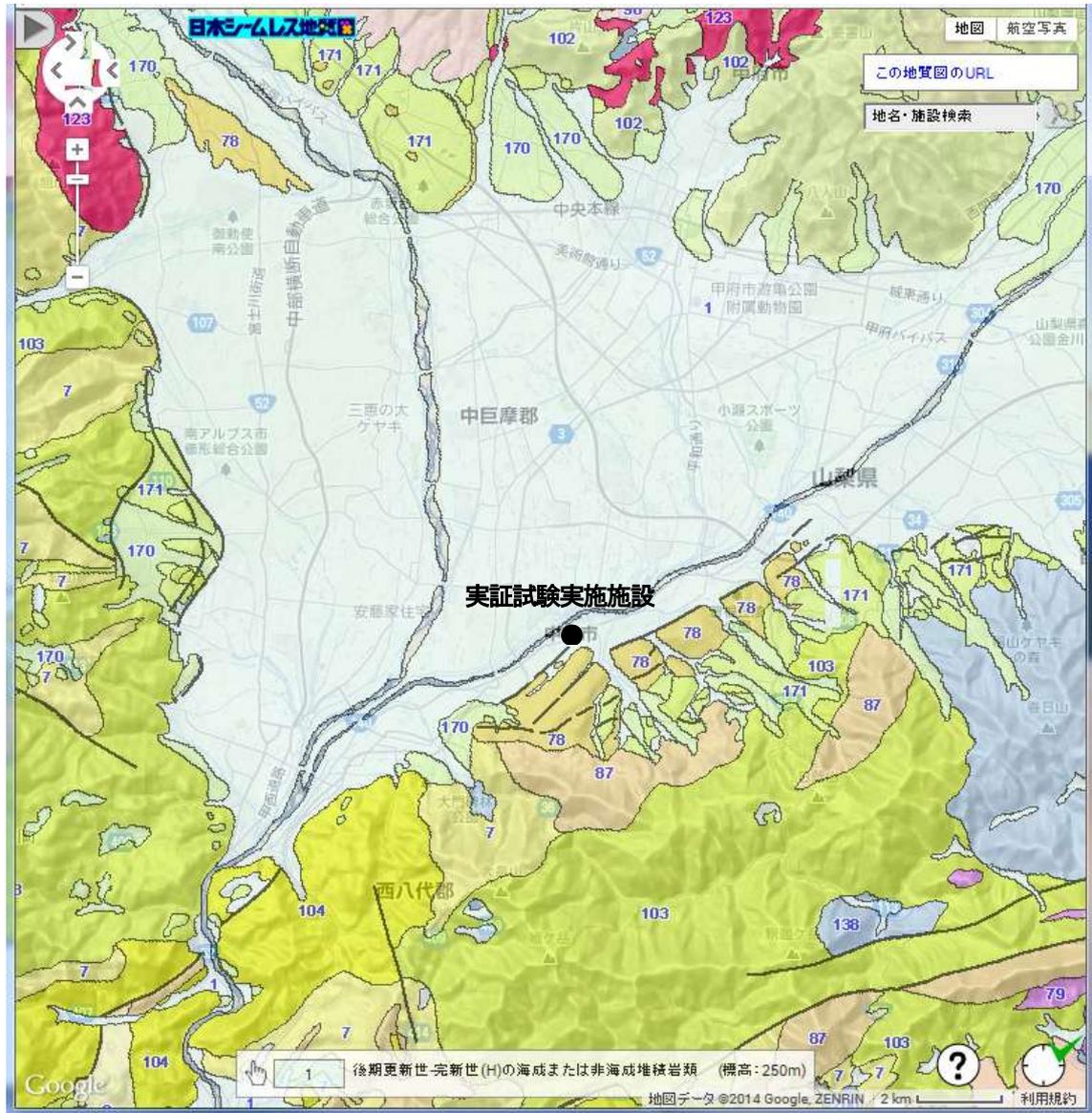


図 3-2 実証試験実施施設の所在地 (詳細図)

(図 3-1、図 3-2 の出典：国土地理院ホームページ (当該ページの URL :
<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/index.html#zoom=9&lat=35.88203&lon=138.66348&layers=BTTI>))

(2) 地質環境

実証試験の実施場所は、甲府盆地の南端に位置する。その周辺の地質は、第四紀更新世の黒富士火山噴出物などを基盤とし、その上に笛吹川および浅利川等の現河床堆積物が覆っている。実証対象技術の地中熱交換井の深度は12mであり、地表からその深度までは現河床堆積物のシルト、細砂、砂礫の互層である。地域の地質図を図3-3に、現地の地質柱状図を図3-4（次頁）に、地質柱状図を示した調査孔の位置を図3-5（p.19）に示す。



(出典： 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2014) 20万分の1日本シームレス地質図 2014年1月14日版。産業技術総合研究所地質調査総合センター)

図3-3 地域の地質図

標尺 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記 事	孔内水位 (m) / 測定月日
1	-0.52	0.55	0.55		盛土	暗灰			表部4cmアスファルト。0.25mまで碎石。以深、φ30mm以下の礫を混入する礫混じり微細砂。シルト分を含有する。	11/20 3.29 ▽
2	-2.47	1.95	2.50		礫混じりシルト質細砂	暗褐灰			粒子不均一でシルト分を含有する細砂。φ30mm以下の礫を混入する。部分的にシルト分優勢となる。含水やや少ない。	
3	-3.32	0.85	3.35		シルト混じり砂礫	暗褐灰			φ30mm以下の礫主体。マトリックスは、部分的にシルト分を含んだ粒子不均一な細～粗砂。含水やや少ない。	
4	-4.22	0.90	4.25		シルト混じり細砂	暗褐灰			粒子不均一でシルト分を含有する細砂。含水中位。	
5	-5.12	0.90	5.15		砂礫	暗褐灰			φ30mm以下の礫主体。マトリックスは粒子不均一な細～粗砂。含水多い。	
6	-6.52	1.40	6.55		細砂	暗褐灰			粒子不均一な細砂。部分的にφ30mm以下の礫を混入し、砂礫状の箇所有り。含水中位。	
7					砂礫	暗褐灰			φ30mm以下の礫主体。マトリックスは、粒子不均一な細～粗砂。部分的にマトリックス優勢となる。含水中位～やや多い。GL-7.50m以深、φ40～60mm前後の礫を混入する。	
8					砂礫	暗褐灰				
9	-9.12	2.60	9.15		シルト	暗灰			粘性中位～やや強いシルト。含水中位。	
10	-9.97	0.85	10.00		細砂	暗灰			粒子不均一で少量のシルト分を含有する細砂。含水中位。GL-10.50m付近まで微細砂主体。	
11					細砂	暗灰				
12					細砂	暗灰			φ50mm以下の礫主体。マトリックスは、粒子不均一な粗砂。所々、L=5cm位の玉石を混入する。含水中位～多い。	
13	-13.27	3.30	13.30		砂礫	暗灰				
14					砂礫	暗灰				
15	-15.28	2.01	15.31		砂礫	暗灰				

図 3-4 実証試験実施場所の地盤柱状図



図 3-5 柱状図を示した地質調査実施場所

3.3 実証対象技術の施設概要とシステム構成

(1) 施設概要

実証対象技術が冷暖房の対象とする箇所は、市営の道の駅「とよとみ」の交流促進センター内のレストランとふるさと紹介コーナーで、これらは仕切りのない一区画である。地中熱交換井は交流促進センターの北側の液状化対策エリアに当たる駐車場スペースに施工されている。地中熱ヒートポンプは、液状化対策エリア（地中熱交換井エリア）の西側に隣接して屋外に設置されており、室内機までは冷媒配管がつながっている。なお、液状化対策は通常、建物等の下の地盤に対して施工されるが、本件は液状化対策と地中熱利用の試験的な設備であるため、駐車場スペースに施工されている。

表 3-1 実証対象技術の施設概要

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（地中熱源及び空気熱源を併設） 地中熱ヒートポンプ：地中熱利用型水冷式ビル用マルチ空調システム 冷却能力 28.0kW 1台 地中熱空調用室内ユニット：天井埋込型 2 方向吹き出し 冷房能力 11.2kW 2台 空気熱源エアコン：三菱重工製 FDTWJ112H-A 冷房能力 10.0kW 1台 ダイキン製 SZYG280CBD 冷房能力 25.0kW 1台

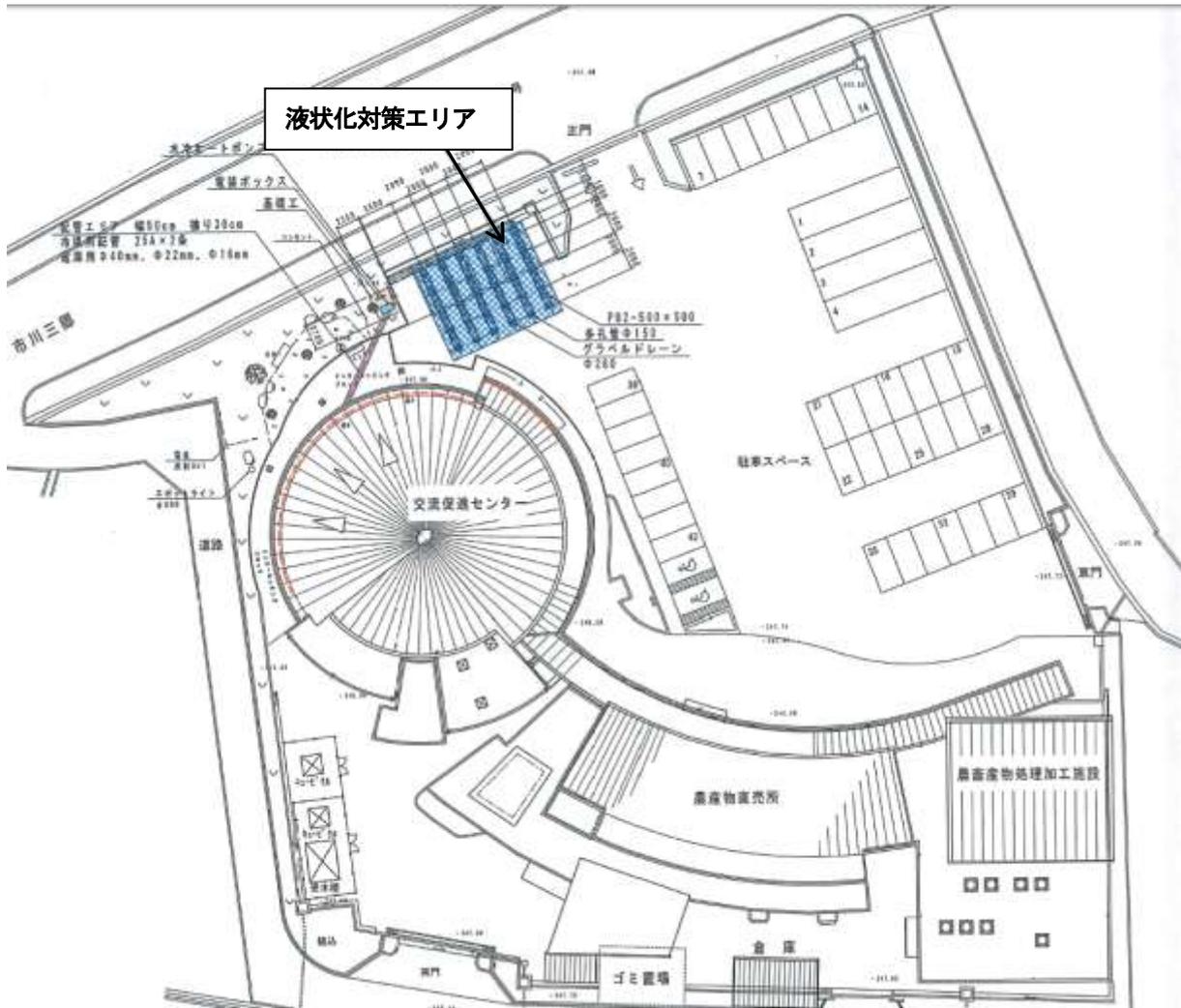


図3-6 道の駅「とよとみ」の施設と地中熱利用設備の配置図

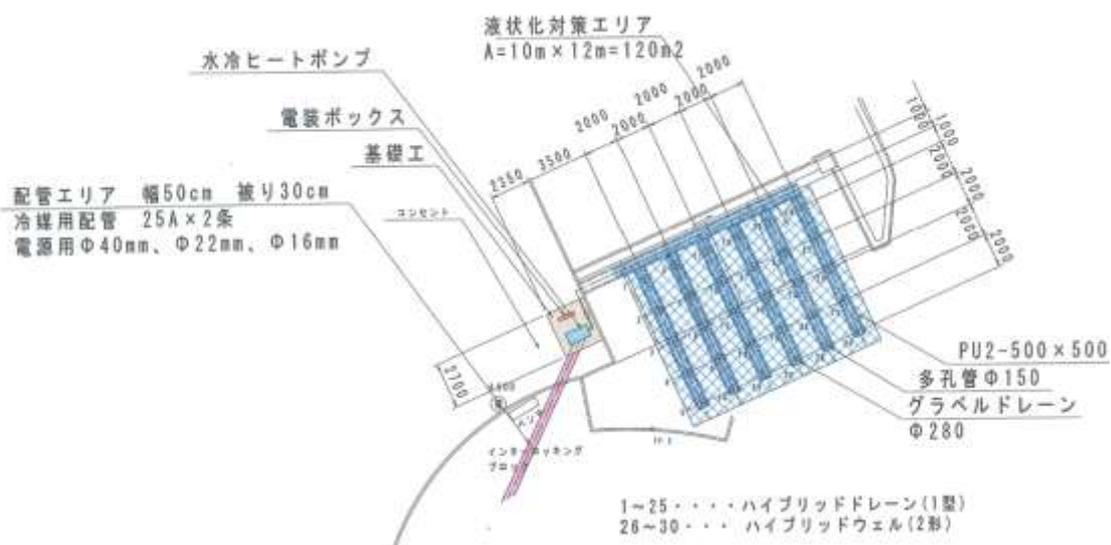


図3-7 液状化対策エリアの配置図

(液状化対策エリアのグラベルドレーンが地中熱交換井を兼ねている。)

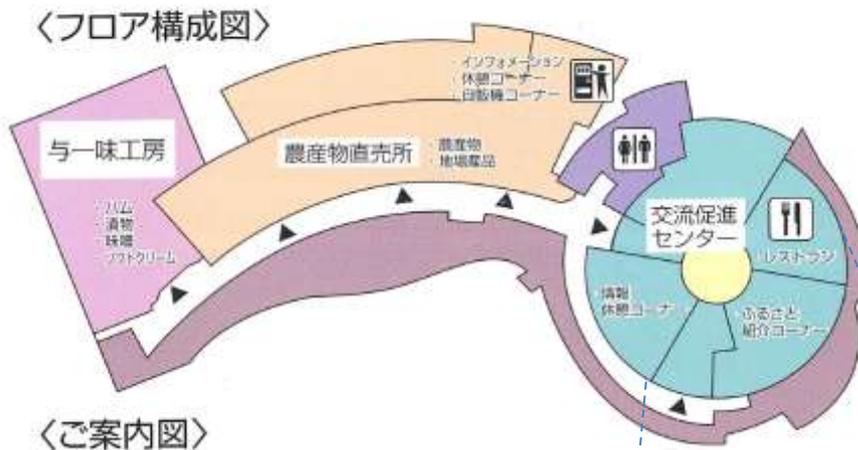


図3-8 道の駅とよとみの交流促進センターの平面図
 (レストランとふるさと紹介コーナーが地中熱空調エリア)

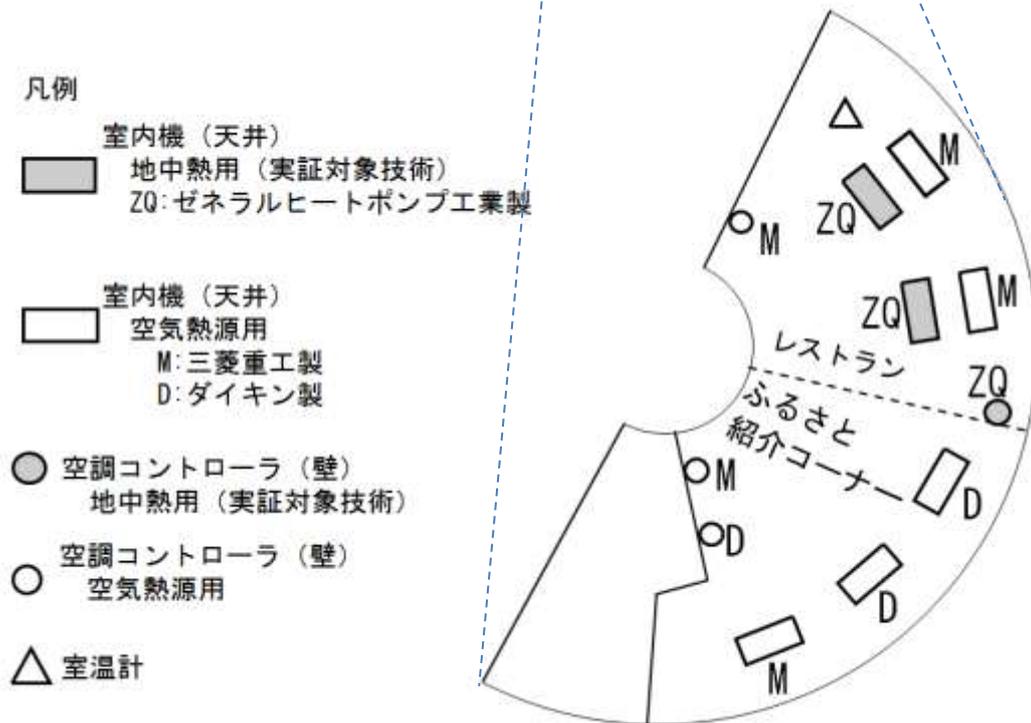


図3-9 道の駅「とよとみ」レストランの空調機(室内機)の配置図

(2) システム構成

本システムを構成する機器などの仕様概要を表3-2(次頁)に示す。

本システムは、空気熱源ヒートポンプ冷暖房システムと分担して、レストランとふるさと紹介コーナーの冷暖房を行っている。地中熱源システムと空気熱源システムは、別箇のヒートポンプと室内機を備えている。

地中熱源システムのヒートポンプは1台、室内機は2台で、直膨式のビル用マルチシステムである。

表 3-2 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・一次側：ショーワ株式会社製 ショウブライン PFP の 35%希釈液
室内機	<ul style="list-style-type: none"> ・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

実証対象技術のシステム構成の概念図を図 3-10 に示す。

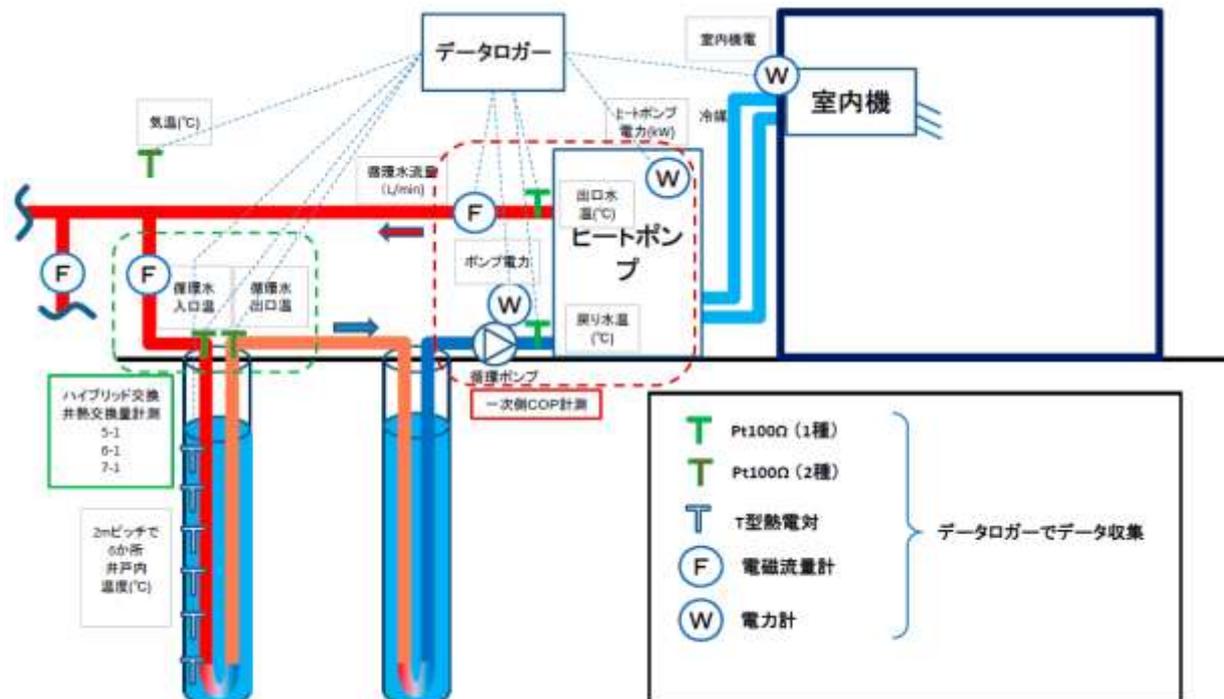


図 3-10 実証対象技術のシステム構成の概念図

(3) 地中熱交換井の配置

地中熱交換井の配置と接続状態を図 3-11 に示す。地中熱交換井は、液状化対策エリアに見かけ上、一列に 5 本ずつ、5 列ある。各列は、「各列の詳細」に示してあるように、3 本直列の配管（●）と 2 本直列の配管（●）が同一線上に配置されている。井戸の上または下に「1-」「2-」と書いてあるのが地中熱交換井としての列番号であり、全部で 10 列がある。これらの 10 列は並列で屋外機（ヒートポンプ）につながっている。（配管接続の詳細は図 4-1（p.32）を参照）なお「汲上げ用」の一系列の 5 本は、地中熱交換井としては使用しておらず、そのうちの 1 本は地下水温測定に利用している。

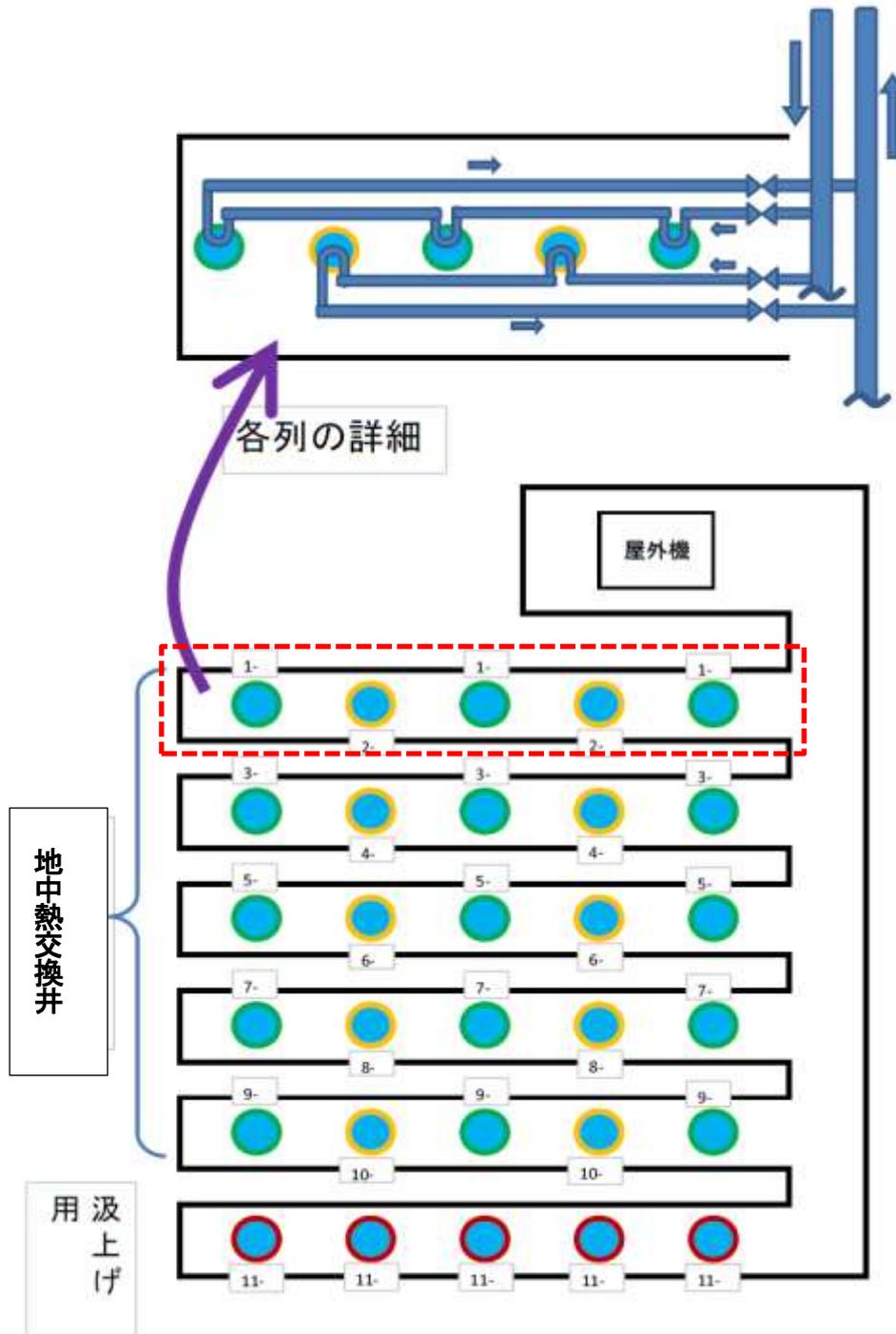


図 3-11 地中熱交換井の配置

(4) 地中熱交換井の構造

地中熱交換井の構造概要を図 3-12、寸法を図 3-13 (次頁) に示す

地中熱交換井は、地盤の液状化対策用に掘削されたグラベルドレーンを利用したものである。グラベルドレーンは直径 280mm、深さ 12m で掘削されている。掘削孔内には直径 165mm の建設用炭素鋼管製のスリーブ管 (スリット付) が入っており、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。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。

地下水温度測定を兼ねている地中熱交換井では、スリーブ管の内側に温度計が入っている。

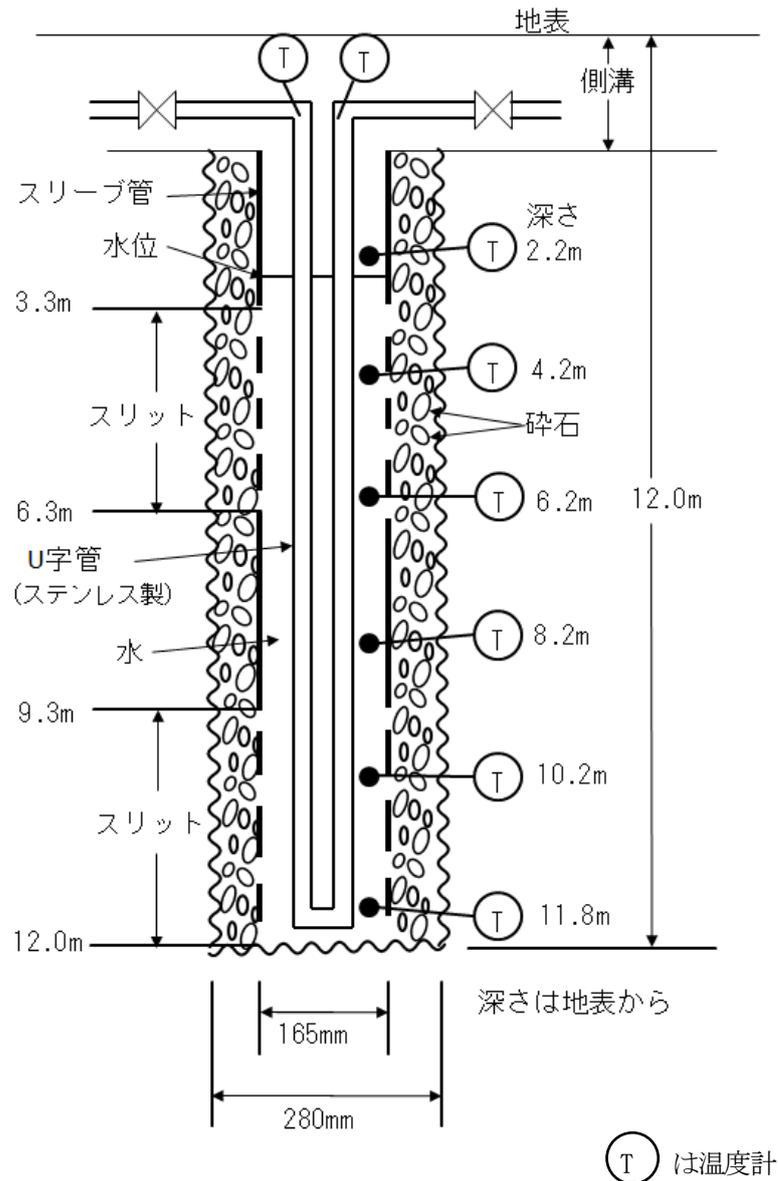


図 3-12 地中熱交換井の構造概要

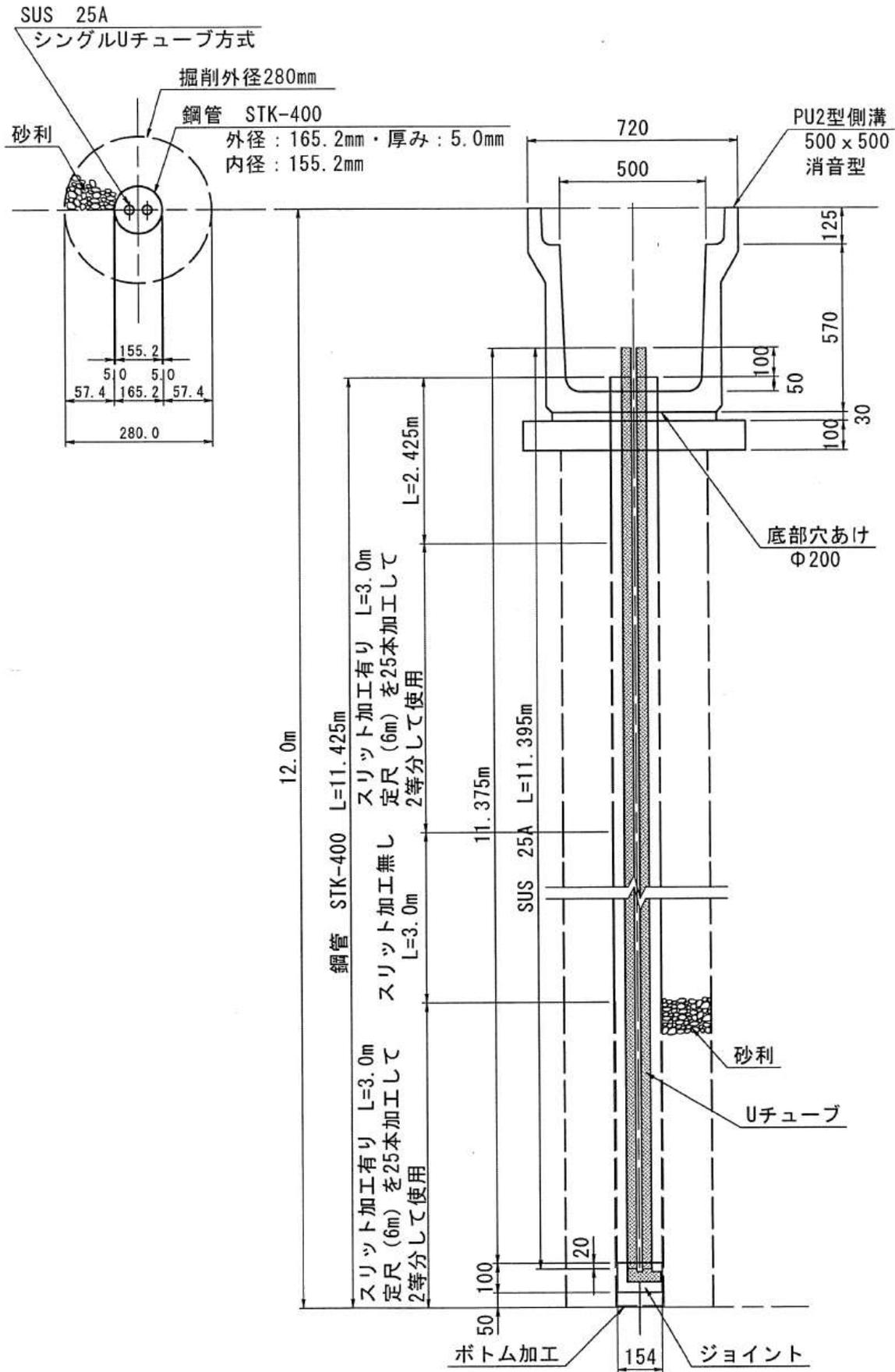


図3-13 地中熱交換井の寸法

(5) 地中熱用ヒートポンプ

本実証対象技術に使用しているヒートポンプの仕様を表 3-3 に示す。

表 3-3 ヒートポンプの仕様

製造事業者			ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
名称			地中熱源対応水冷式ビル用マルチシステム
型式			ZP3-WS280-T
型名/相当馬力			280 型/10 馬力
電源仕様			三相 200V 50/6Hz
能力	冷房	kW	28.0
	暖房	kW	31.5
消費電力	冷房	kW	6.1
	暖房	kW	7.8
圧縮機出力		kW	5.84×1
冷媒	種類		R410A
	封入量	kg	11.0

(能力、消費電力の条件：冷却水入口温度 25℃、出口温度 30℃、熱源水入口温度 10℃、出口温度 5℃)

3.4 実証対象技術の写真



写真 3-1 実証対象技術の全景

白く見える駐車スペースの下にグラベルドレーン孔（地中熱交換井）がある。
一番奥にヒートポンプがある。
左側の緑の屋根の下が、空調対象のレストラン



写真 3-2 地中熱交換井の設置エリア

コンクリート製蓋の下の地中に、グラベルドレーン孔（地中熱交換井）がある。

写真 3-3 地中熱交換井

鋼管製のスリーブ管の中に U 字管が入っている。グラベルを詰めた部分は埋められて見えない。温度測定のコードも見える。





写真3-4 ヒートポンプ

左側の筐体がヒートポンプ、右側の筐体は電源盤など。

手前に循環ポンプなどがある。



写真3-5 ヒートポンプ脇の配管

循環ポンプ、熱媒の温度センサーが見える。



写真3-6 空調対象のレストラン

天井にある手前の台の付いた室内機が地中熱用の室内機。窓際の天井にある完全に埋め込まれた室内機は、元からある空気熱源ヒートポンプ用の室内機。

(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: Shuuken 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-shuuken.jp/		
	E-mail	shuuken@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) 対候性・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。

4. 実証試験の内容

4.1 目的

実証単位 (A) 「システム全体」の実証試験では、実使用状況の建物で地中熱を利用した冷暖房を行い、表 4-1 の a から g の実証項目を測定して求め、地中熱を利用した冷暖房システムの省エネ効果や夏期のヒートアイランド抑制効果を実証する。

表 4-1 システム全体の実証項目

必須 or 任意	項目	内容
必須項目	a. 冷房期間のシステムエネルギー効率	冷房期間における平均 COP
	b. 冷房期間のシステム消費電力	冷房期間内の稼働時間における平均値
	c. 冷房期間の地中への排熱量	冷房期間内の稼働時間における平均値
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	実証試験期間全体において算出した COP の平均値 (COP _{ETV})
	e. 暖房期間のシステムエネルギー効率	暖房期間における平均 COP
	f. 暖房期間のシステム消費電力	暖房期間内の稼働時間における平均値
	g. 暖房期間の地中からの採熱量	暖房期間内の稼働時間における平均値

実証単位 (C) 「地中熱交換部」では、サーマルレスポンス試験によって、表 4-2 の a と b を実証するとともに、試験または既存資料によって表 4-3 の熱媒循環部 (U 字管) と表 4-4 (次頁) の熱媒の性能を示すものと規定されている。

表 4-2 地中熱交換部の実証項目

項目	内容	実証方法
a. 地中熱交換井の熱抵抗	熱抵抗値 [K/(W/m)]	サーマルレスポンス試験から算出
b. 土壌部分の熱伝導率	熱伝導率 [W/(m・K)]	サーマルレスポンス試験から算出

表 4-3 熱媒循環部の実証項目

項目	内容	実証方法
c. 熱伝導性	素材の熱伝導率 [W/(m・K)]	・試験による算出 ・実証申請者から提出された資料を確認 (参考項目)
d. 耐腐食性	—	
e. 耐圧性	耐圧力 [MPa] (温度条件も併せて示す)	

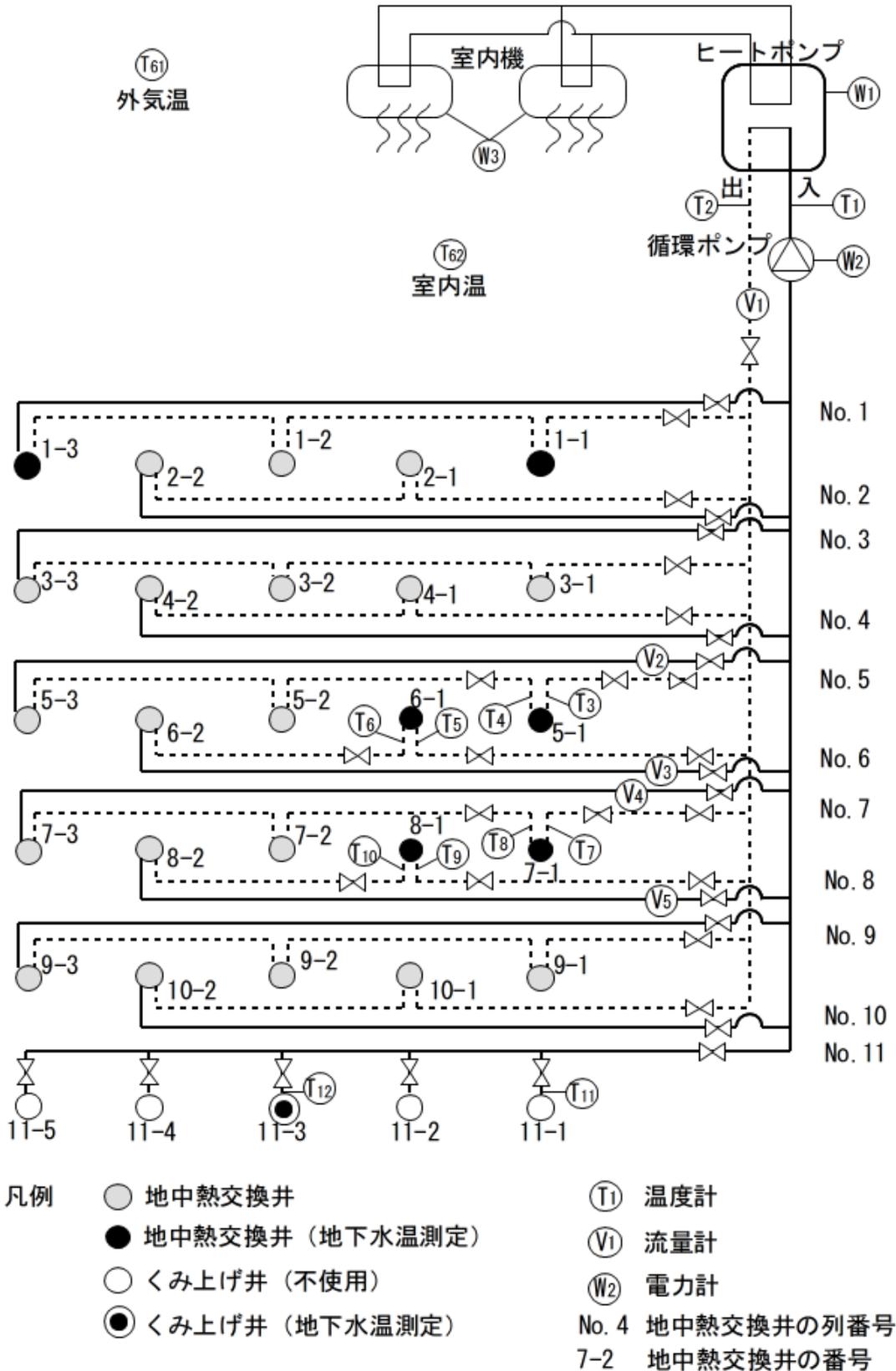
表 4-4 熱媒の実証項目

項目	内容	実証方法
f. 腐食性	—	<ul style="list-style-type: none"> ・試験による算出 ・実証申請者から提出された資料を確認 (参考項目)
g. 粘性	粘性率 [Pa・s]	
h. 比重	[g/cm ³]	
i. 比熱	[J/(kg・K)]	
j. 引火性	—	
k. 毒性	—	
l. 生分解性/残留性	—	

4.2 実証単位 (A) の測定システム

実証単位 (A) の測定器の配置を図 4-1 (次頁) に、測定項目を表 4-5 (p.33) に示す。試験に使用した測定機器、記録装置の一覧を表 4-6 (p.34) に示す。

本実証試験で使用した測定器精度は、全て実証試験要領に規定する精度を満たしている。



※図中に示した外気温等の測定項目を表す記号 (T₆₁ 等) は表 4-5 (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 4-1 実証試験実施設備の計測器の配置

表 4-5 測定項目

	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 台の合計)	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 (水位観測井)		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

・測定間隔は 1 分とする。

なお、測定項目を表す記号 (T₁ 等) は図 4-1 (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。

表 4-6 測定機器、記録装置の詳細

測定機器	設置個所	設置個数	メーカー・型式	精度
温度センサー	ヒートポンプ出入口熱媒温度	出口 1、入口 1	PT100 (株)東京熱学製 R02-ALSN-0R25UB48UB-100	クラス A $\pm(0.15+0.002 t)^{\circ}\text{C}$
	地中熱交換器出入口熱媒温度	(出口 1、入口 1) ×3 本=6 か所	PT100 ミスミ TCPT3.2-65	クラス B $\pm(0.3+0.005 t)^{\circ}\text{C}$
	地中熱交換井内水温	(2m 毎 6 深度/ 1 本) × 7 坑=42 か所	T 型熱電対	クラス B
	外気温	1 か所	PT100 ミスミ TCPT3.2-65	クラス B $\pm(0.3+0.005 t)^{\circ}\text{C}$
	汲み上げ孔出口水温	2 本	PT100 ミスミ TCPT3.2-65	クラス B $\pm(0.3+0.005 t)^{\circ}\text{C}$
流量計	ヒートポンプ出口主管流量	1 か所	電磁流量計 キーエンス FD-M100ATP	10s: $\pm 5\%$ of F.S.
	分岐配管出口流量	5 か所	電磁流量計 キーエンス FD-M100AYP	10s: $\pm 5\%$ of F.S.
電力量計	ヒートポンプ、 循環ポンプ、室内機	3 か所	電力計 (本体): オムロン KM20-B40 (パルス出力) CT センサー: オムロン KM20-CTF50A	$\pm 1\%$ FS
温湿度計	空調室内	3 か所	温湿度ロガー オムロン ZN-THS-11-S	
データロガー		1 個	グラフテック GL820	
水位計	水位観測井	1 個	圧力式水位計 ウイジン UIZ-WL500-LR	

4.3 実証試験実施施設の運用状況および試験の実施日程

実証試験実施施設の空調システムの運用状況と、試験期間、計測状況を表 4-7 に示す。

表 4-7 実証試験実施施設の空調システムの運用状況と試験期間

実証試験時の 使用状況	<ul style="list-style-type: none"> 空調システムの使用状況 空調システムのコントローラー設置場所が、道の駅のレストラン内なので、レストランの営業に合わせて、従業員が空調システムのスイッチの入り切りをしている。また、レストランの空調設備は、地中熱利用設備と空気熱源設備が併設されているが、地中熱利用設備を優先的に使用する方針で運用されている。ただし、どちらをどの程度利用するかは、その場の従業員の判断に任せている。 空調の運転時間：営業時間で、通常は午前 9:00 から午後 6:00 までである。
試験期間	現地計測期間：平成 26 年 7 月 25 日～平成 27 年 2 月 1 日 <ul style="list-style-type: none"> 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（暖房開始日）～平成 27 年 1 月 10 日
冷房期間の計測 状況	<ul style="list-style-type: none"> 平成 26 年 7 月 25 日測定開始。 8 月 9、10 日は欠測。1 次側熱媒循環配管調整のため。 8 月 18 日は欠測。1 次側熱媒循環配管調整のため。
暖房期間の計測 状況	<ul style="list-style-type: none"> 平成 26 年 11 月 13 日に暖房を開始。 平成 27 年 2 月 1 日に暖房期間の計測を終了。 11 月 16 日から 12 月 19 日まで、データロガーの故障のため欠測となった。 平成 27 年 1 月 10 日から 1 月 29 日までの間、ヒートポンプシステムの運転に異常があった。 ※原因：本システムに備える凍結防止機能が冷房（夏季）期間中の設定条件で働き、それに対処した運転条件へ変更する対応が遅れたため。 平成 27 年 1 月 30 日から 2 月 1 日まで、データは取れているが、暖房期間（データ解析期間）は 1 月 10 日で終了とした。

実証試験要領*には「冷房期間、暖房期間それぞれにおいて、測定期間中の 80%以上のデータを取得しなければならない」と規定されている。暖房期間の暦日数は 81 日間であるが、そのうちの欠測日数は 34 日間でデータを取得できたのは 58%であった。また、運転の異常のあった期間は実証試験の計測期間から除くこととした。このため、暖房期間については任意項目として結果を示すことができないので、参考値として結果を示すこととした。

*「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」。

表 4-8 現地計測の工程表

	年月日、期間	事項
冷房期間	平成 26 年 7 月 25 日	現地計測開始、冷房期間開始
	平成 26 年 8 月 9、10、18 日	欠測
	平成 26 年 9 月 30 日	冷房期間終了
暖房期間	平成 26 年 11 月 13 日	暖房開始、暖房期間開始
	平成 26 年 11 月 16 日～12 月 19 日	欠測
	平成 27 年 1 月 10 日～1 月 29 日	運転異常
	平成 27 年 1 月 10 日	暖房期間終了
	平成 27 年 2 月 1 日	現地計測終了

4.4 各実証項目の整理解析方法、表示方法

計測されたデータの解析は、実証試験要領の規定に基づき実施した。

以下に、データの詳細説明、整理解析方法、表示方法を示す。この項の説明は、表 5-3 (p.40) 試験結果総括表の順序に従い記載する。文中の①、②、③などの数字は表 5-3 試験結果総括表の①、②、③などに対応する。

以下には冷房期間の解析例を主に示すが、暖房期間の解析も同様である。

(1) 期間・日数

1) 冷房期間

実証試験要領に「7月中を開始日、9月末を終了日」と規定されているので、実際の測定を開始した7月25日を開始日、9月30日を終了日とした。

2) 暖房期間

実証試験要領には開始日の規定がないので、実際に暖房を開始した11月13日を開始日とした。しかしその後、11月16日から12月19日まで、データロガーの故障のため欠測となった。暖房期間の終了日は、運転の異常が表れた日である1月10日までとした。

3) 期間全体

実証試験要領には「7月中を開始日、2月中を終了日とする」と規定されている。実際に測定を終了したのは2月1日であるが、期間全体の解析の終了日は1月10日とした。

4) 各測定期間の日数 (①)

各測定期間の暦日数から欠測日数を引いたものとした。①はその日数である。

冷房期間の欠測日数は3日間であった。

暖房期間の欠測日数は34日間となった。これは暖房期間の日数の58%に当たる。

5) 各測定期間の時間数 (②)

各測定期間の時間数 = (各測定期間の日数) × 24 時間

6) 圧縮機の運転時間の積算 (③)

圧縮機の消費電力量を実測しているため、消費電力量で運転時間を把握した。

7) 稼働率 (④)

$$1 \text{ 日の稼働率}[\%] = \frac{\text{圧縮機の運転時間の積算}[\text{h}]}{24[\text{h}]} \times 100$$

冷房期間、暖房期間の稼働率は、それぞれの期間において、③÷②として算出した。

(2) 消費電力量の解析

1) 圧縮機の消費電力量 (W₁) (⑤、⑥)

期間中の総和 (⑤) は、W₁の測定値である。

時間平均値 (⑥) は、⑥ = ⑤ ÷ ③ である。

2) 循環ポンプの消費電力量 (W₂) (⑦、⑧)

期間中の総和 (⑦) は、W₂の測定値である。

時間平均値 (⑧) は、⑧ = ⑦ ÷ ③ である。

3) (圧縮機+循環ポンプ)の消費電力量 (⑨、⑩)

期間中の総和 (⑨) は、W₁+W₂の測定値である。

時間平均値 (⑩) は、⑩ = ⑨ ÷ ③ である。

(3) 熱量

1) 2次側冷暖房生成熱量 (⑪、⑫)

この実証対象技術のヒートポンプは2次側が直膨式で、2次側冷暖房生成熱量は直接は計測できない。そのため、実証試験要領の規定により、1次側の熱量とヒートポンプの消費電力量から2次側の生成熱量を算出した。

冷房期間の2次側生成熱量は、
 $\{(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho\} - W1$ である。

暖房期間の2次側生成熱量は、
 $\{(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho\} + W1$ である。

これらの計算値から、期間中の総和と、時間平均値を算出した。

なお、 c は熱媒の比熱であり、 ρ は熱媒の比重である。熱媒はショウブライン PFP35%希釈液なので、 c と ρ はショウブラインの物性グラフから読み取った。

2) 冷房期間の地中への排熱量 (⑬、⑭)

冷房期間の地中への排熱量は、冷房期間における1次側の生成熱量として算出した。

冷房期間の1次側生成熱量は、
 $(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho$ である。

これらの計算値から、期間中の総和と、時間平均値を算出した。

なお、熱媒の比熱と比重は、前項の説明と同じである。

3) 暖房期間の地中からの採熱量 (⑮、⑯)

暖房期間の地中からの採熱量は、暖房期間における1次側の生成熱量として算出した。

暖房期間の1次側生成熱量は、
 $(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho$ である。

これらの計算値から、期間中の総和と、時間平均値を算出した。

なお、熱媒の比熱と比重は、前項の説明と同じである。

(4) 部分負荷率 (⑰)

部分負荷率の算出は、実証試験要領 (p.19) に、次のように規定されている。

$$\text{部分負荷率}[\%] = \frac{\text{システムにおける生成熱量}[W]}{\text{システムにおける定格能力}[W]} \times 100$$

冷房期間のシステムの定格能力は、28.0kW、暖房期間のシステムの定格能力は31.5kWである。

冷房期間の及び暖房期間のシステムの生成熱量は⑫である。

したがって、

冷房期間の部分負荷率は、⑰ = ⑫ / 28.0 である。

暖房期間の部分負荷率は、⑰ = ⑫ / 31.5 である。

(5) エネルギー効率 (システム COP、COP_{ETV}) (⑱、⑲)

実証試験要領の p.22 の式(1) には、システムエネルギー効率として次の式が定められている。

$$\text{システム COP} = \frac{\text{測定期間中の生成熱量の総和}[Wh]}{\text{測定期間中のシステム消費電力量の総和}[Wh]}$$

この計算式により、「ヒートポンプ単独のエネルギー効率」、「ヒートポンプと循環ポンプを含むシステムエネルギー効率」を算出した。

1) ヒートポンプ単独のエネルギー効率 (18)

⑱=⑪÷⑤ である。

2) 冷房期間及び暖房期間のシステムエネルギー効率(ヒートポンプと1次側循環ポンプを含むシステム COP) (19)

⑲=⑪÷⑨である。

(6) 地中熱交換井の長さ1メートル当たりの熱交換量

本実証対象技術の地中熱交換井の地中熱交換器長さは、@11.425×25本=285.6m

したがって、

地中熱交換井の長さ1メートル当たりの熱交換量=⑭÷285.6 (冷房期間)

地中熱交換井の長さ1メートル当たりの熱交換量=⑯÷285.6 (暖房期間)

5. 実証単位 (A) システム全体の实証試験の結果

5.1 実証試験結果 (システム全体の实証項目)

実証試験結果として、実証試験要領に定められたシステム全体の实証項目の試験結果を表 5-1 に、システム全体の实証項目以外の試験結果 (参考項目) を表 5-2 に示す。

実証項目の算出過程の数値や示すことが望ましいとされている項目も含めた実証試験結果を総括表として表 5-3 (次頁) に示す。

表 5-1 システム全体の实証項目試験結果の要約

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 (ヒートポンプ、1次側循環ポンプを含む)	3.52
		b. 冷房期間のシステム消費電力 (ヒートポンプ、1次側循環ポンプを含む)	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 (ヒートポンプ、1次側循環ポンプを含む) COP _{ETV} [※]	3.40 (参考値)
		e. 暖房期間のシステムエネルギー効率 (ヒートポンプ、1次側循環ポンプを含む)	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)

※ 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 5-2 システム全体の实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地中熱交換井の長さ 1メートル当たりの熱交換量	80.0W/m	33.8W/m (参考値)

表 5-3 実証単位 (A) 冷暖房試験結果総括表 (秀建コンサルタント)

項目		単位	冷房期間	暖房期間	期間全体	計算式と注釈	
期間・日数	各試験期間	—	平成 26 年 7 月 25 日 ～ 平成 26 年 9 月 30 日	平成 26 年 11 月 13 日 ～ 平成 27 年 1 月 10 日	平成 26 年 7 月 25 日 ～ 平成 27 年 1 月 10 日	—	
	各測定期間の日数	① 日	65	23	88	暦日数－欠測日数	
	測定期間の時間数	② 時間	1,560	552	2112	②=①×24	
	圧縮機の運転時間の積算稼働率	③ 時間	361	165	526	実測値	
		④ %	23.1	29.9	24.9	④=③÷②	
消費電力量	圧縮機	期間中の総和	⑤ kWh	1,638	584	2,222	実測値
		時間平均値	⑥ kW	4.54	3.54	4.22	⑥=⑤÷③
	循環ポンプ	期間中の総和	⑦ kWh	243	112	355	実測値
		時間平均値	⑧ kW	0.67	0.68	0.67	⑧=⑦÷③
圧縮機と循環ポンプの合計	期間中の総和	⑨ kWh	1,881	696	2,577	⑨=⑤+⑦	
	時間平均値	⑩ kW	5.21 ^{※1}	4.22	4.90	⑩=⑨÷③	
熱量	2 次側冷暖房生成熱量	期間中の総和	⑪ kWh	6,617	2,150	8,767	(本文参照)
		時間平均値	⑫ kW	18.33	13.03	16.67	⑫=⑪÷③
	冷房期間の地中への排熱量	期間中の総和	⑬ kWh	8,254	—	—	(本文参照)
		時間平均値	⑭ kW	22.86 ^{※1}	—	—	⑭=⑬÷③
	暖房期間の地中からの採熱量	期間中の総和	⑮ kWh	—	1,594	—	(本文参照)
		時間平均値	⑯ kW	—	9.66	—	⑯=⑮÷③
部分負荷率	—	⑰ %	65.5	41.4		⑰/28.0、⑰/31.5 ^{※2}	
エネルギー効率	ヒートポンプ単独のエネルギー効率(COP)	⑱ —	4.04	3.68	3.95	⑱=⑪÷⑤	
	冷房期間及び暖房期間のシステムエネルギー効率(ヒートポンプと 1 次側循環ポンプを含むシステム COP)	⑲ —	3.52 ^{※1}	3.09	3.40	⑲=⑪÷⑨	

※1 **太字下線**の数値は実証項目の必須項目を、**太字**のみの数値は実証項目の任意項目を、他は参考項目を表す。なお、任意項目は参考値となるので**太字**にはしていない。

※2 部分負荷率の計算に用いた定格能力：冷房能力=28.0kW、暖房能力=31.5kW

5.2 実証試験期間の各種項目の日ごとの 平均値や総和の経時変化

試験期間中の各種測定項目及び算出項目の日ごとのデータの平均値や総和の経時変化を、図 5-1(1)～5-1(13)に示す。なお、冷房期間は平成 26 年 7 月 25 日～9 月 30 日、暖房期間は平成 26 年 11 月 13 日～平成 27 年 1 月 10 日である。

(1) 日積算熱量

- ・一次側熱量：一次側の熱媒が地中に排熱した熱量の 1 日の積算値（冷房期間）
 一次側の熱媒が地中から採熱した熱量の 1 日の積算値（暖房期間）
- ・二次側熱量：二次側生成熱量の 1 日の積算値（二次側熱量は一次側熱量から算出）

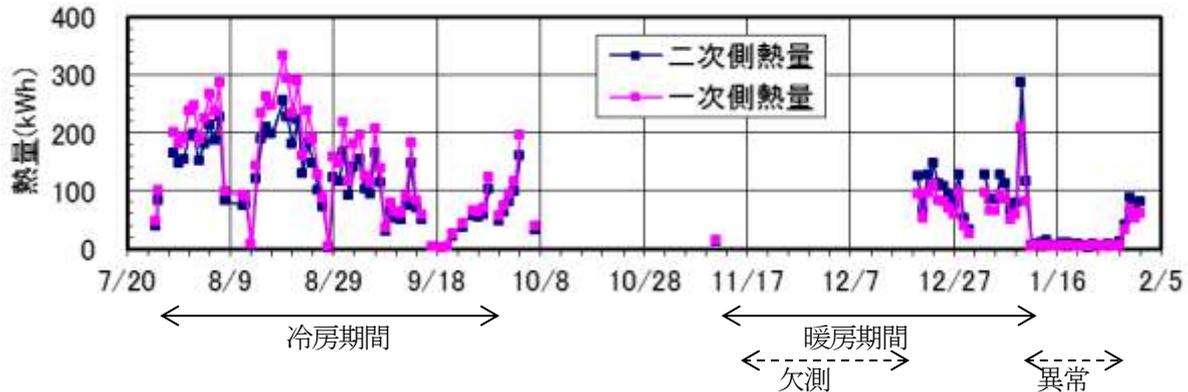


図 5-1(1) 日積算熱量（絶対値）

（二次側熱量は一次側熱量より算出）

(2) 日積算消費電力量

- ・HP 消費電力量：ヒートポンプの消費電力量の 1 日の積算値
- ・循環ポンプ消費電力量：一次側熱媒循環ポンプの消費電力量の 1 日の積算値
- ・室内機消費電力量：地中熱ヒートポンプ用の室内機（2 台）の消費電力量の 1 日の積算値

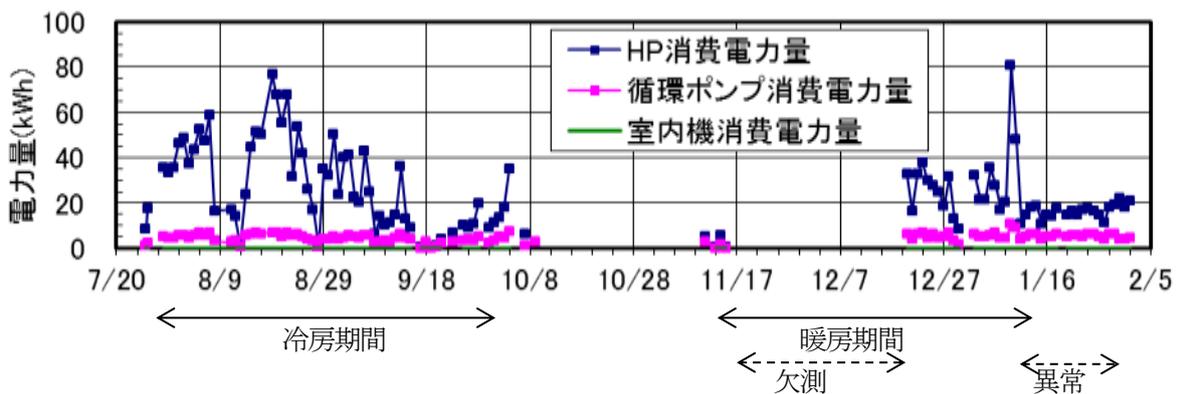


図 5-1(2) 日積算消費電力量

(3) エネルギー効率 (日平均)

- ・ COP : ヒートポンプ単独の日平均のエネルギー効率 (COP)
- ・ システム COP : ヒートポンプと一次側熱媒循環ポンプを合わせた日平均のシステムエネルギー効率

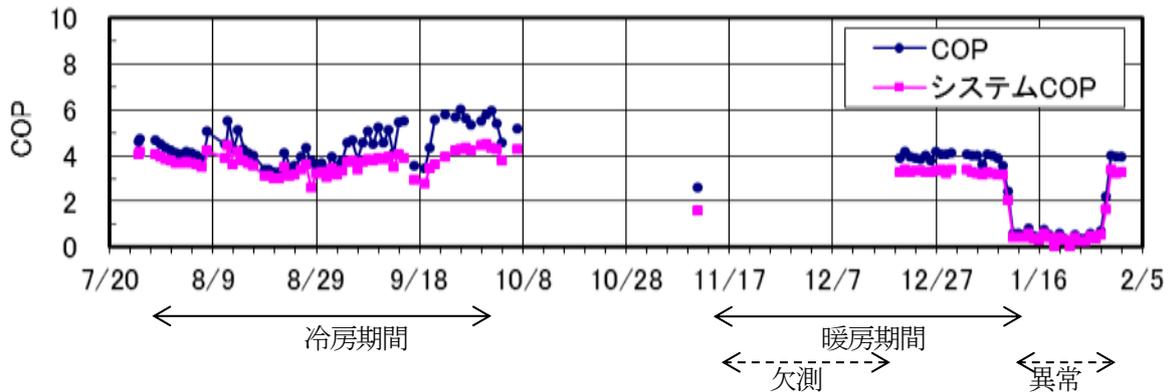


図 5-1 (3) エネルギー効率 (日平均)

(4) ヒートポンプ稼働時間

- ・ HP 稼働時間 : ヒートポンプの 1 日の稼働時間
- ・ 稼働率 : ヒートポンプの 1 日の稼働率

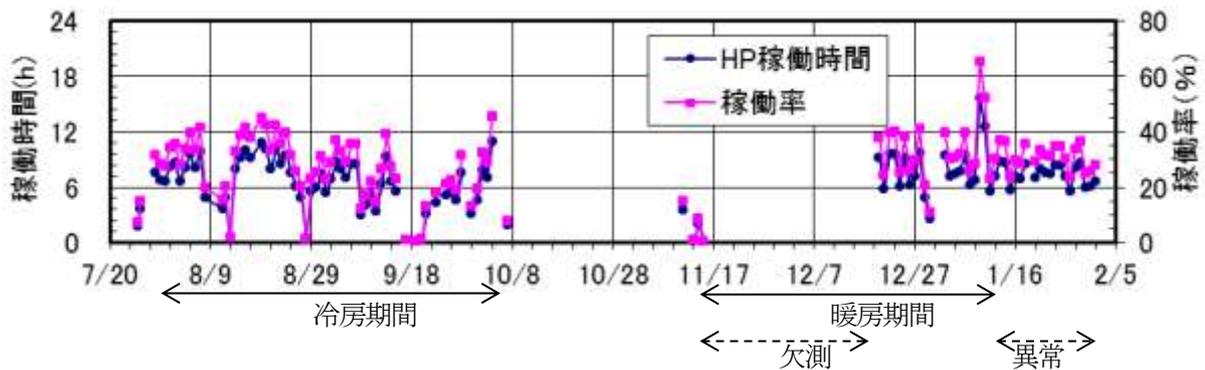


図 5-1 (4) ヒートポンプ稼働時間

(5) 稼働時間平均熱量

- ・ 一次側時間熱量 : 一次側の熱媒が地中に排熱した熱量の 1 日の稼働時間平均値 (冷房期間)
 一次側の熱媒が地中から採熱した熱量の 1 日の稼働時間平均値 (暖房期間)
- ・ 二次側時間熱量 : 二次側の生成熱量の 1 日の稼働時間平均値

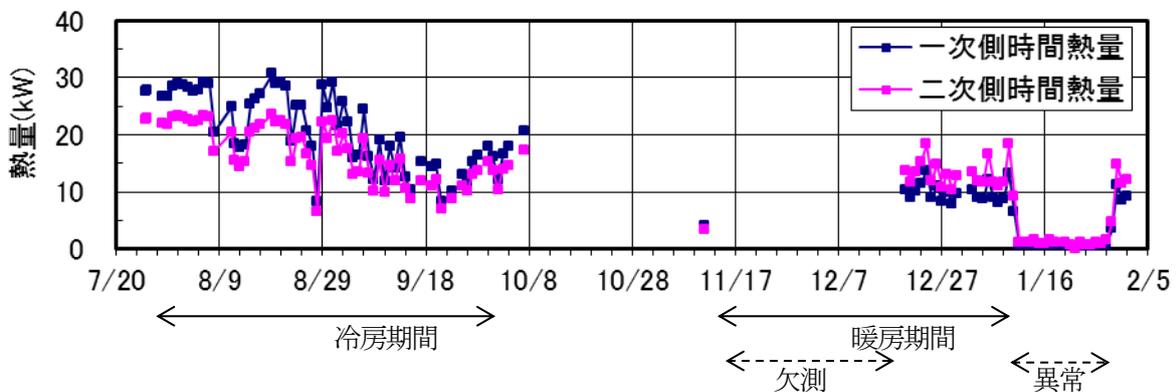


図 5-1 (5) 稼働時間平均熱量

(二次側熱量は一次側熱量より算出)

(6) 稼働時間平均消費電力

- ・ HP 時間電力：ヒートポンプの消費電力量の1日の稼働時間平均値
- ・ 循環ポンプ時間電力：一次側熱媒循環ポンプの消費電力量の1日の稼働時間平均値
- ・ 室内機時間電力：地中熱ヒートポンプ用の室内機（2台）の消費電力量の1日の稼働時間平均値



図 5-1 (6) 稼働時間平均消費電力量

(7) 一次側熱媒温度 (日平均)

- ・ 入口熱媒温度：一次側熱媒のヒートポンプ入口温度の一日の平均値
- ・ 出口熱媒温度：一次側熱媒のヒートポンプ出口温度の一日の平均値
- ・ 温度差：一次側熱媒のヒートポンプ入口温度と出口温度の差の一日の平均値

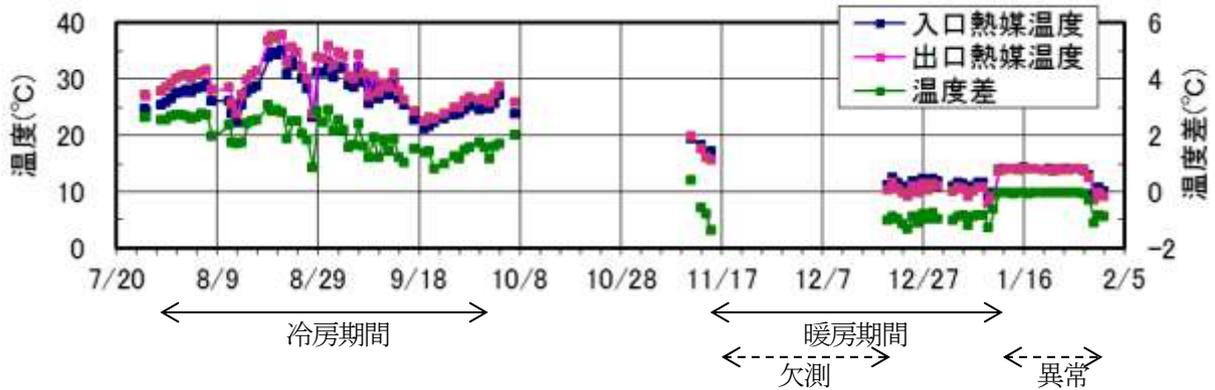


図 5-1 (7) 一次側熱媒温度 (日平均)

(8) 一次側熱媒流量 (日平均)

- ・ 一次側熱媒流量：一次側熱媒の流量の1日の稼働時間の平均値

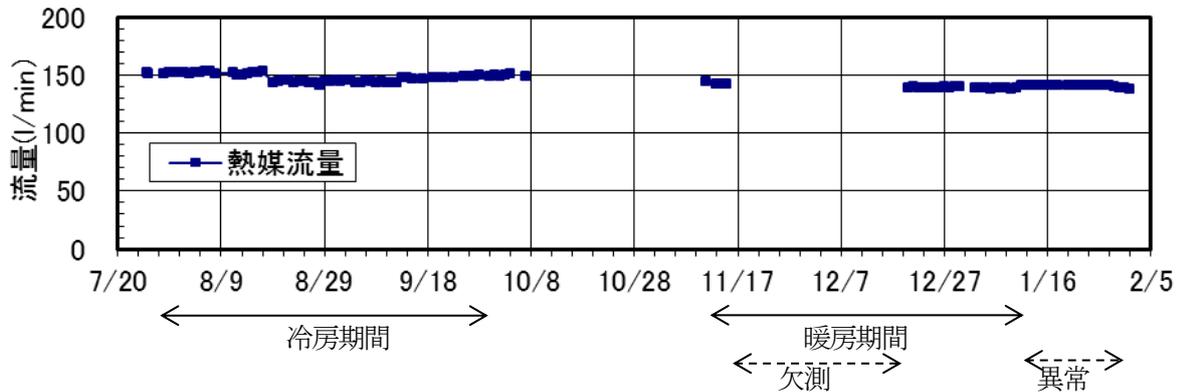


図 5-1 (8) 一次側熱媒流量 (日平均)

(9) 部分負荷率 (日平均)

- ・部分負荷率：1日の部分負荷率の平均値

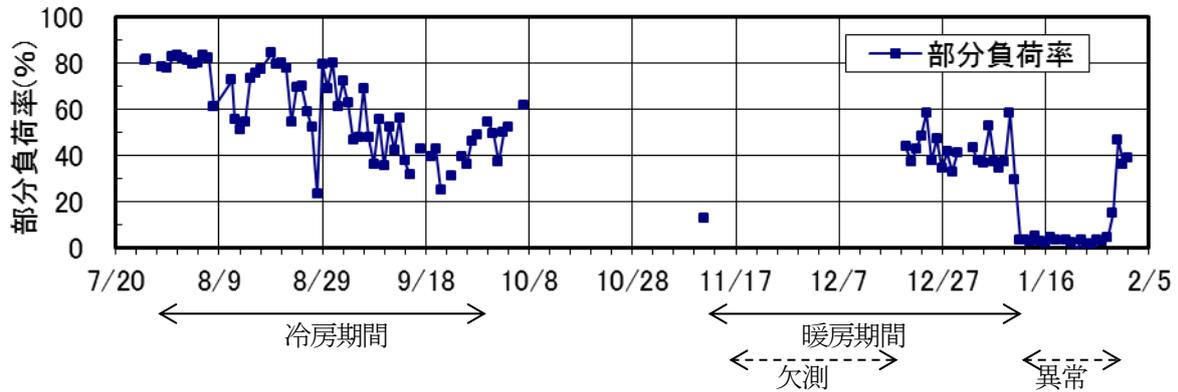


図 5-1(9) 部分負荷率 (日平均)

(10) 地下水温度 (日平均) (地中熱交換井 No.6-1)

- ・地下水温度 4.2m：深度 4.2m の地下水温度の 1 日の平均値
- ・地下水温度 6.2m：深度 6.2m の地下水温度の 1 日の平均値
- ・地下水温度 8.2m：深度 8.2m の地下水温度の 1 日の平均値
- ・地下水温度 10.2m：深度 10.2m の地下水温度の 1 日の平均値

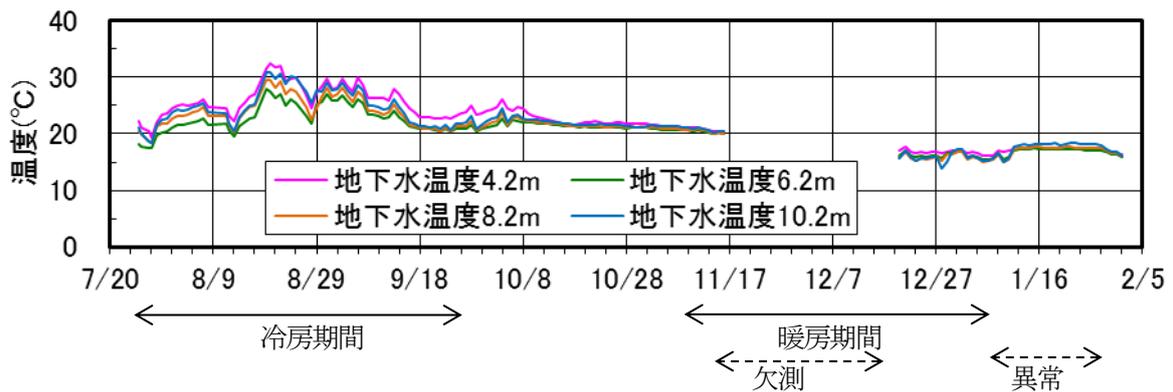


図 5-1(10) 地下水温度 (日平均)

(11) 外気温・室内温度

- ・室温：室内温度の1日の稼働時間の平均値
- ・湿度：湿度の1日の稼働時間の平均値
- ・外気温：外気温の1日の平均値

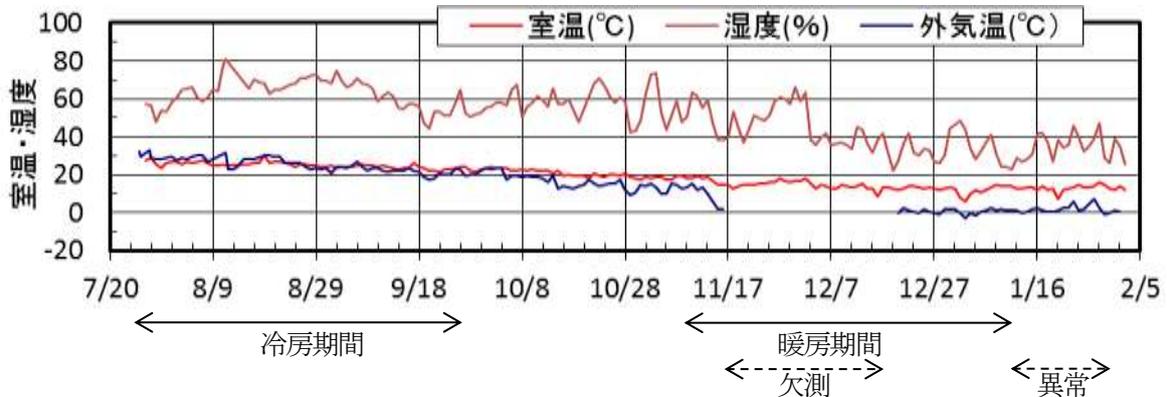


図 5-1(11) 外気温・室内温度 (日平均)

(12) 地下水位・降水量

- ・水位：地下水位の日ごとの値 (地表からの水位の深さ)
- ・降水量： 日ごとの降水量 (甲府地方気象台発表の資料による)

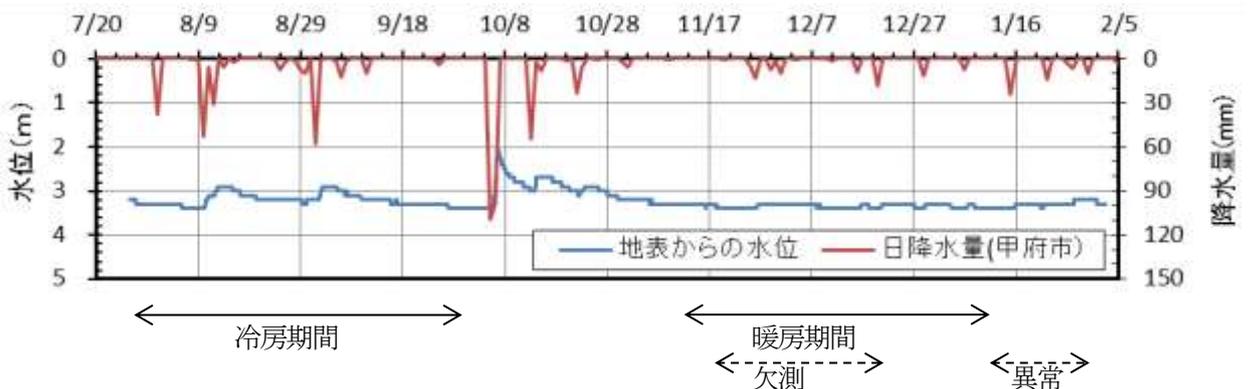


図 5-1(12) 水位と降水量

(13) 空気熱源エアコンの消費電力量 (参考)

- ・空気熱源エアコンの消費電力量：空気熱源エアコン 3 台合計の稼働時間の1日の平均消費電力量

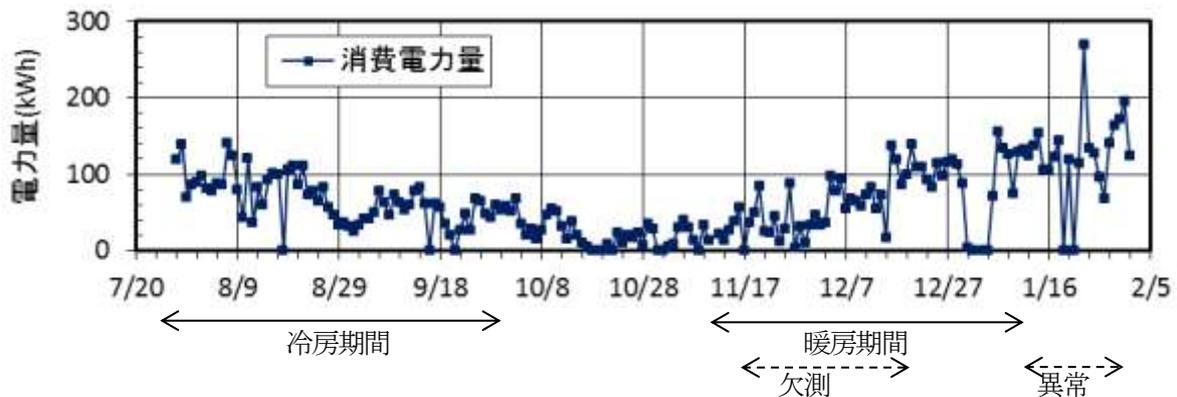


図 5-1(13) 空気熱源エアコンの消費電力量

5.3 実証試験期間の冷房試験代表日の測定項目の一日の経時変化

冷房期間の代表的な日として、平成26年8月1日（非常に暑い日）と8月14日（あまり暑くない日）の1日のデータを示す。全てのデータの測定間隔は1分である。

(1) 冷房期間の代表日 平成26年8月1日（非常に暑い日）の1日の経時変化

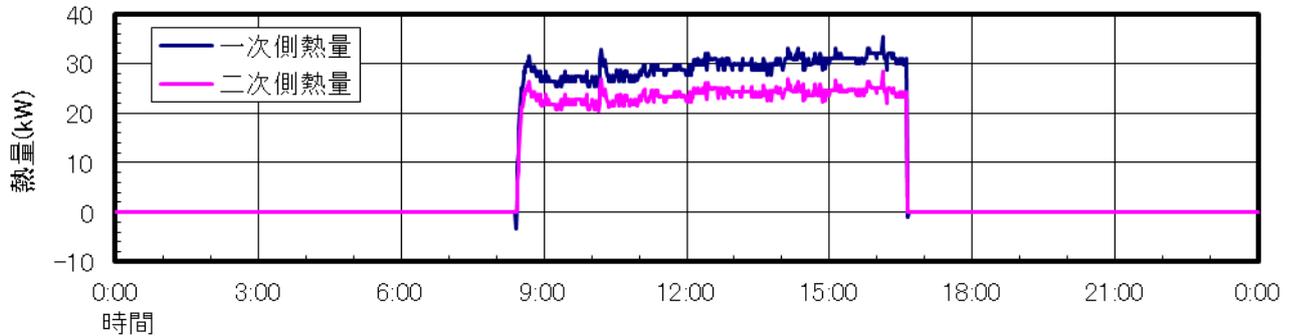


図5-2(1) 平成26年8月1日の熱量

(二次側熱量は一次側熱量より算出)

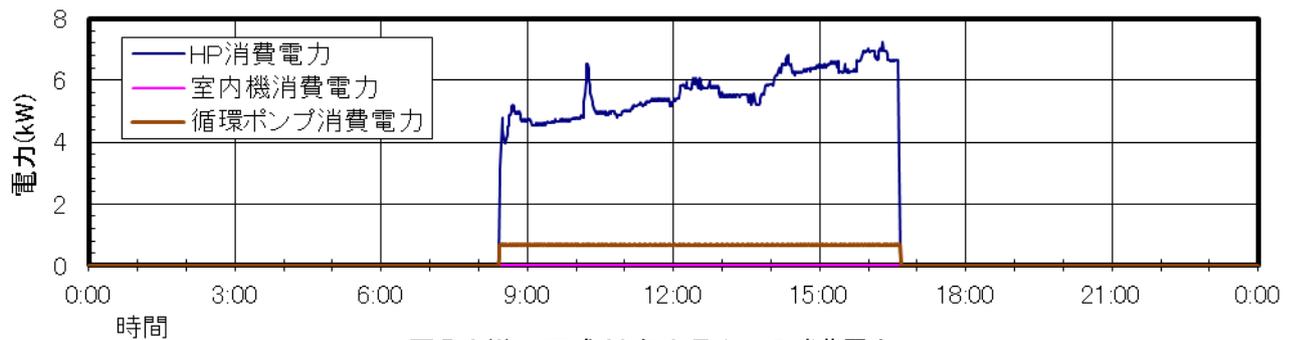


図5-2(2) 平成26年8月1日の消費電力

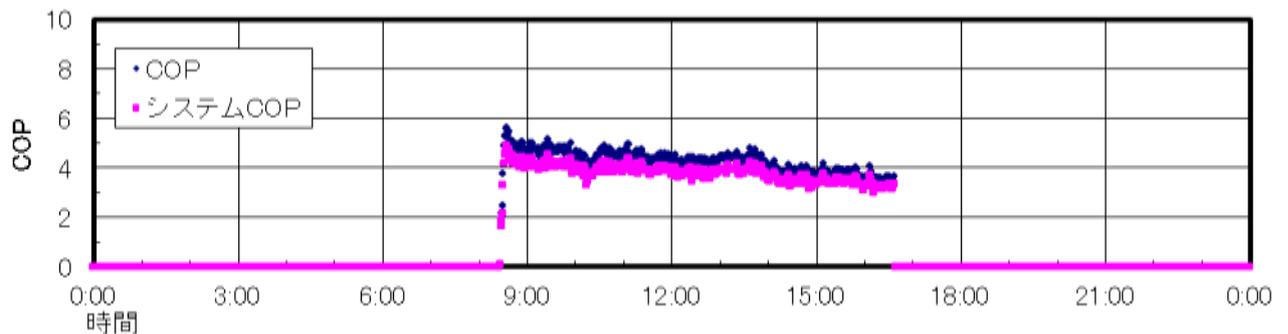


図5-2(3) 平成26年8月1日のエネルギー効率

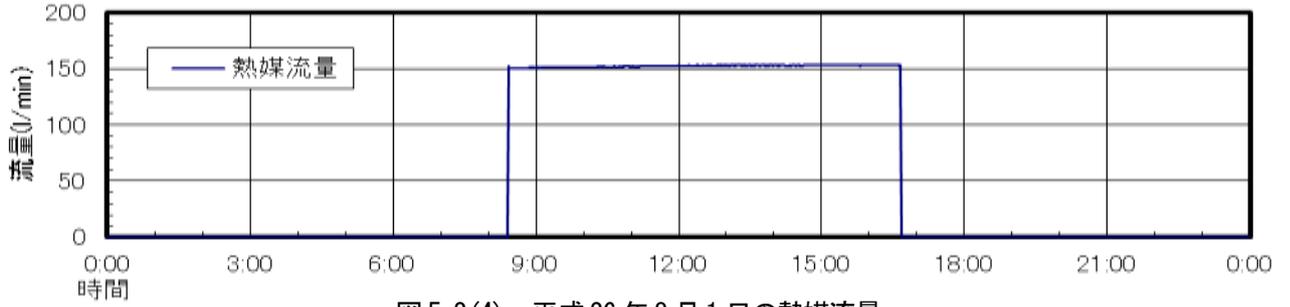


図 5-2(4) 平成 26 年 8 月 1 日の熱媒流量

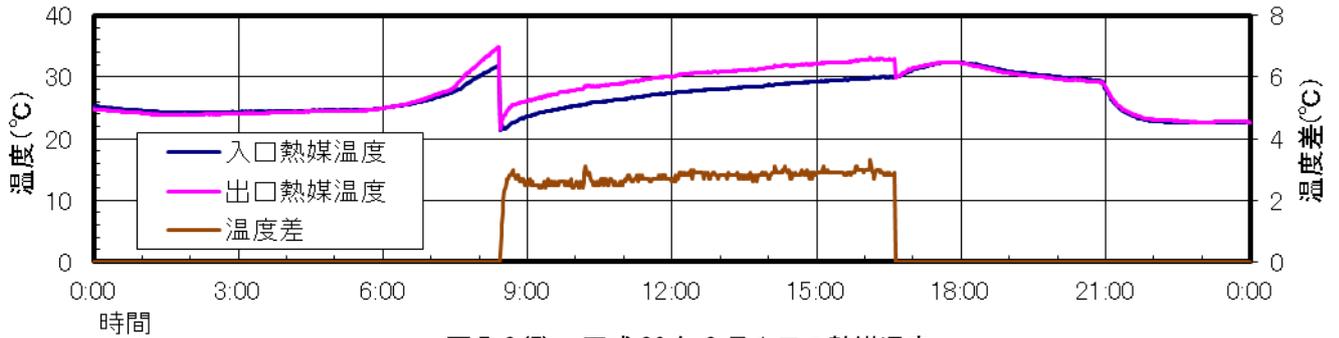


図 5-2(5) 平成 26 年 8 月 1 日の熱媒温度

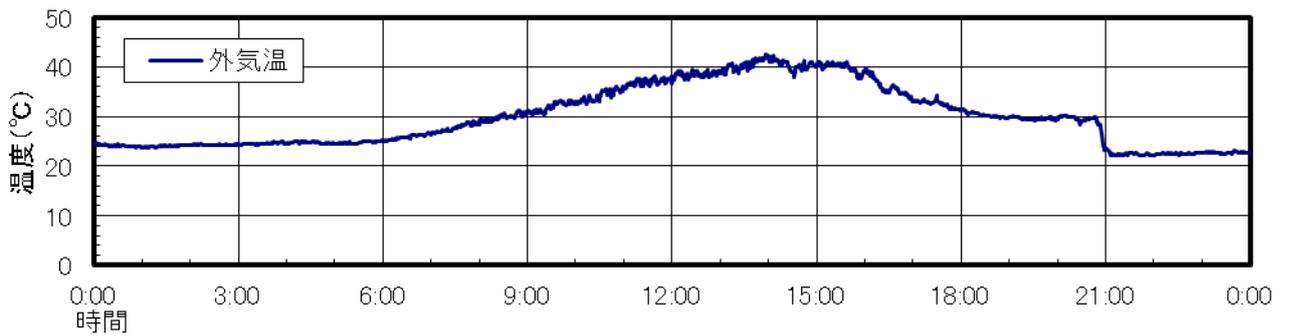


図 5-2(6) 平成 26 年 8 月 1 日の外気温

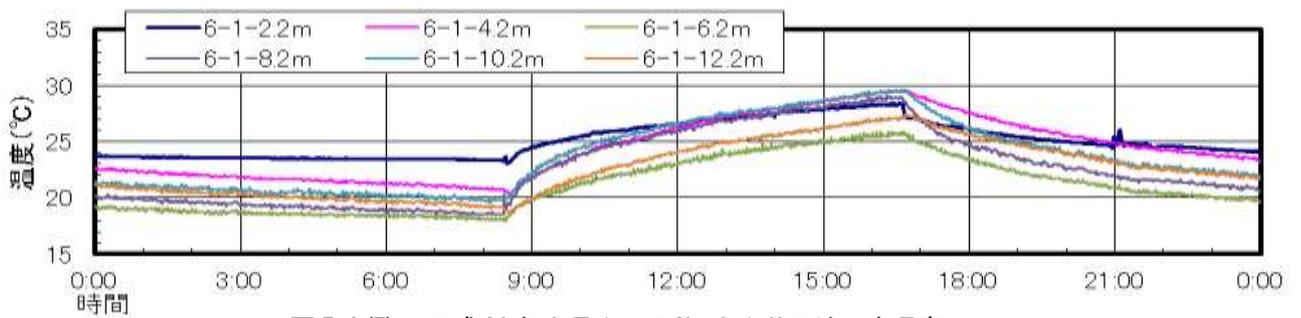


図 5-2(7) 平成 26 年 8 月 1 日の No. 6-1 井の地下水温度

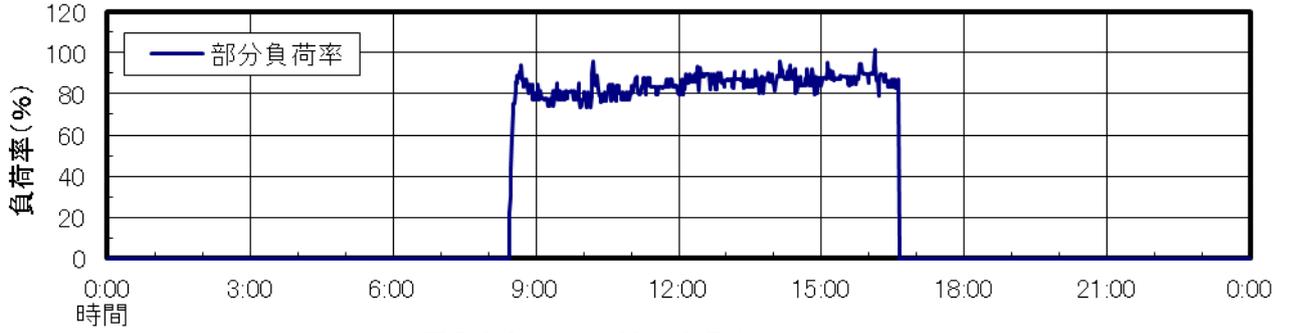


図 5-2(8) 平成 26 年 8 月 1 日の部分負荷率

(2) 冷房期間の代表日 平成 26 年 8 月 14 日 (あまり暑くない日) の 1 日の経時変化

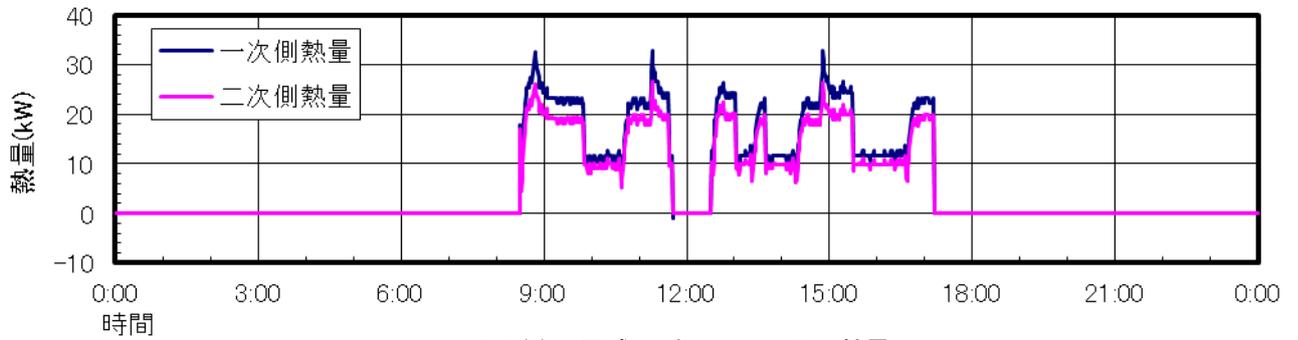


図 5-3(1) 平成 26 年 8 月 14 日の熱量

(二次側熱量は一次側熱量より算出)

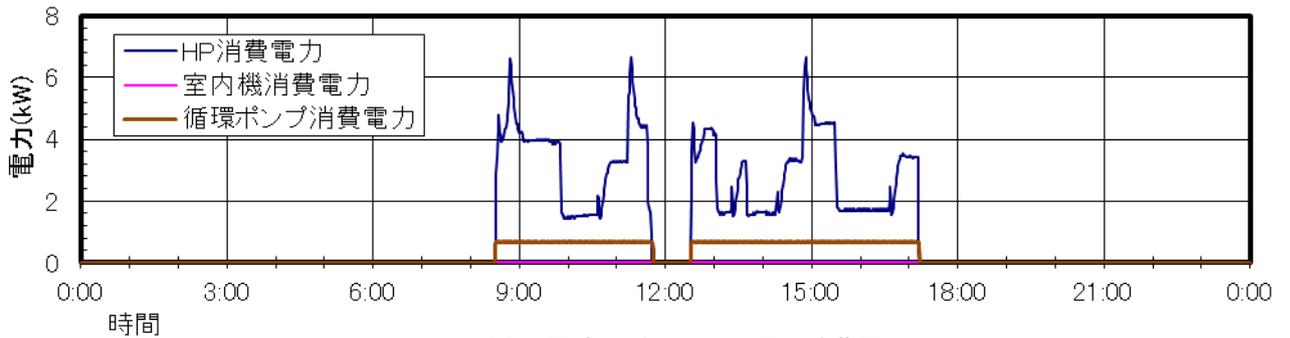


図 5-3(2) 平成 26 年 8 月 14 日の消費電力

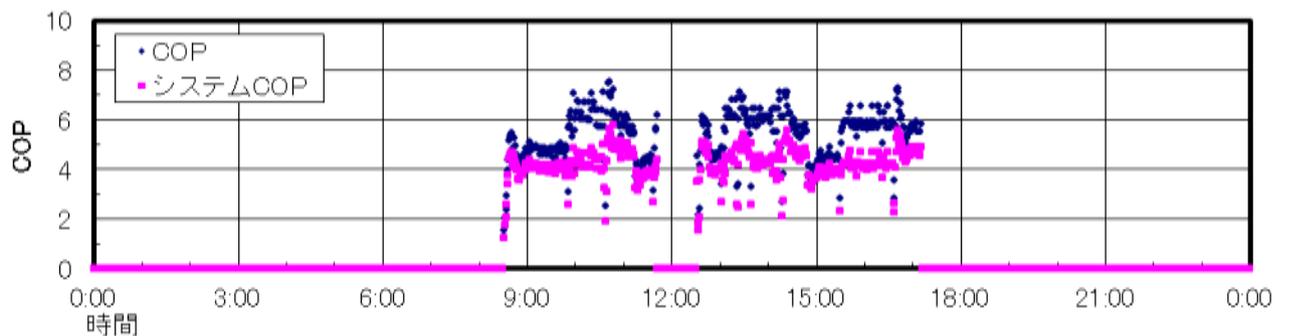


図 5-3(3) 平成 26 年 8 月 14 日のエネルギー効率

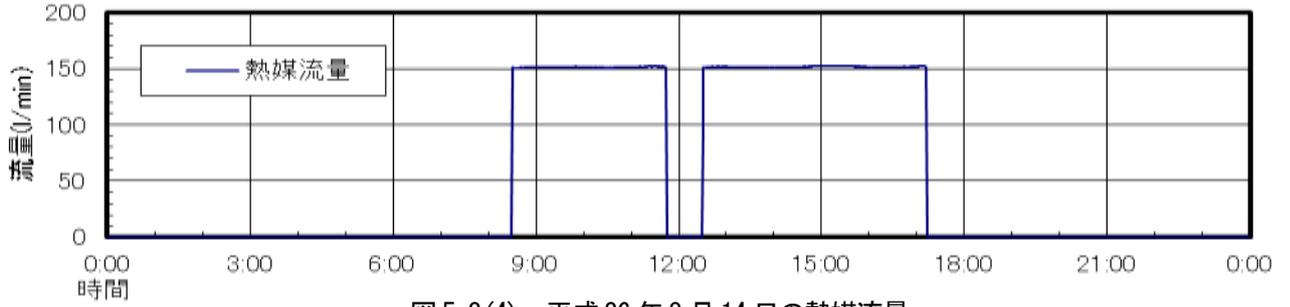


図5-3(4) 平成26年8月14日の熱媒流量

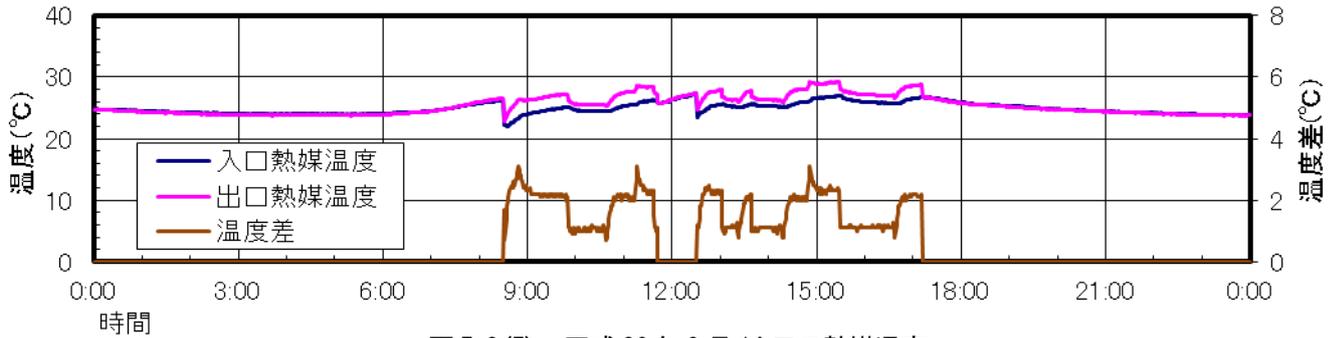


図5-3(5) 平成26年8月14日の熱媒温度

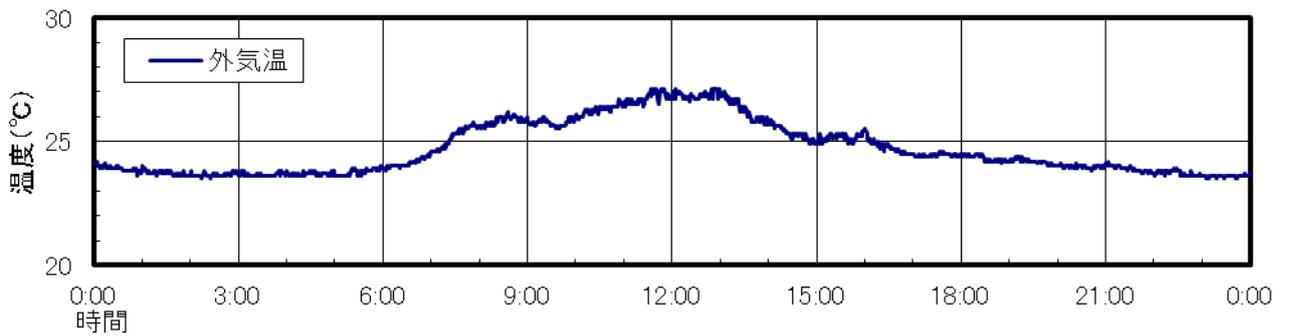


図5-3(6) 平成26年8月14日の外気温

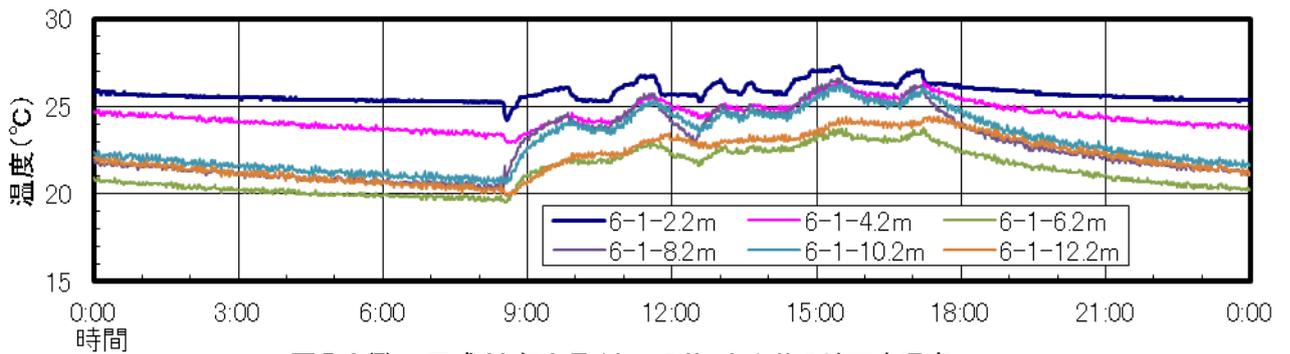


図5-3(7) 平成26年8月14日のNo. 6-1 井の地下水温度

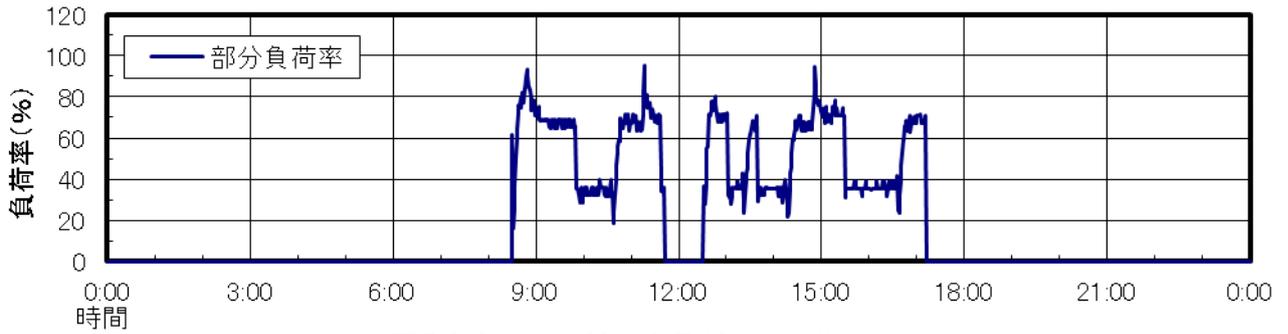


図 5-3(8) 平成 26 年 8 月 14 日の部分負荷率

5.4 実証試験期間の暖房試験代表日の測定項目の一日の経時変化

代表的な日として、平成 27 年 1 月 6 日の 1 日のデータを示す。全てのデータの測定間隔は 1 分である。

(1) 暖房期間の代表日 (平成 27 年 1 月 6 日) の 1 日の経時変化

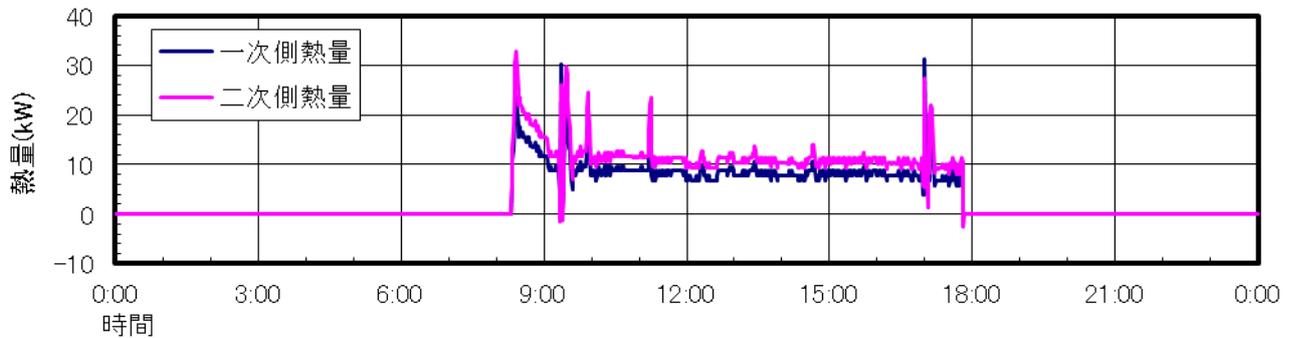


図 5-4(1) 平成 27 年 1 月 6 日の熱量

(二次側熱量は一次側熱量より算出)

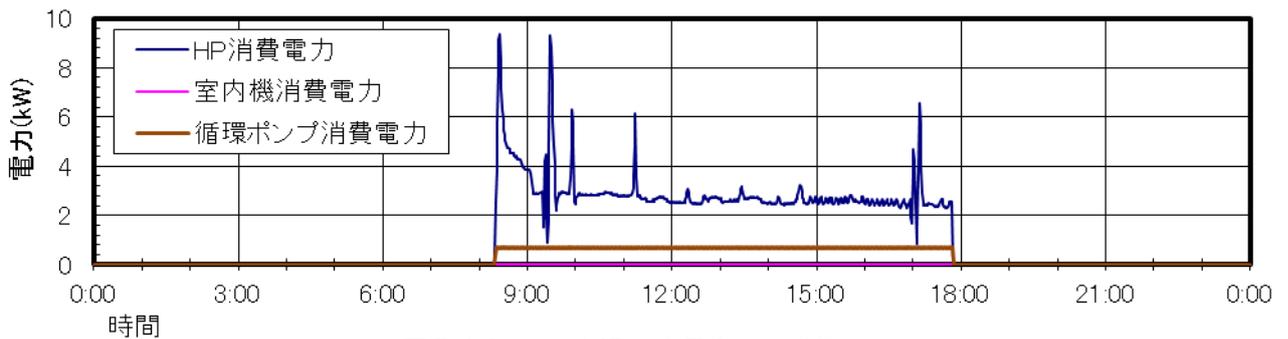


図 5-4(2) 平成 27 年 1 月 6 日の消費電力

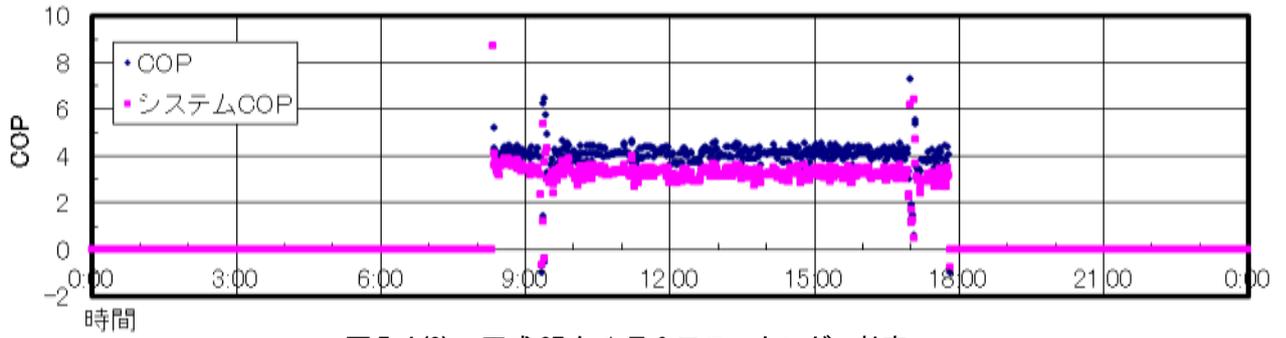


図5-4(3) 平成27年1月6日のエネルギー効率

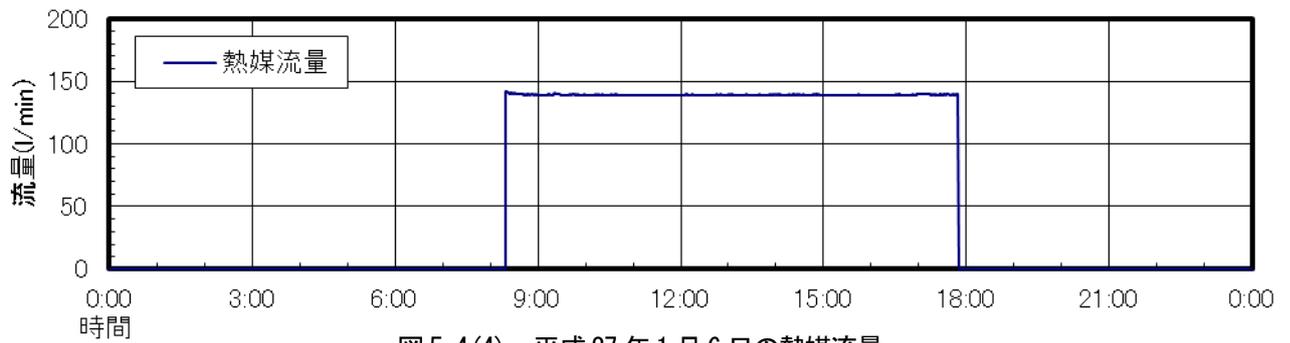


図5-4(4) 平成27年1月6日の熱媒流量

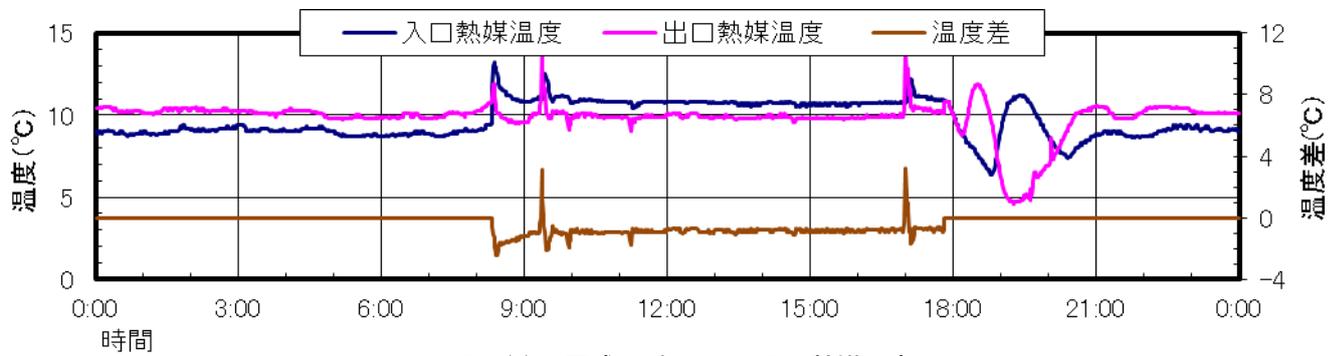


図5-4(5) 平成27年1月6日の熱媒温度

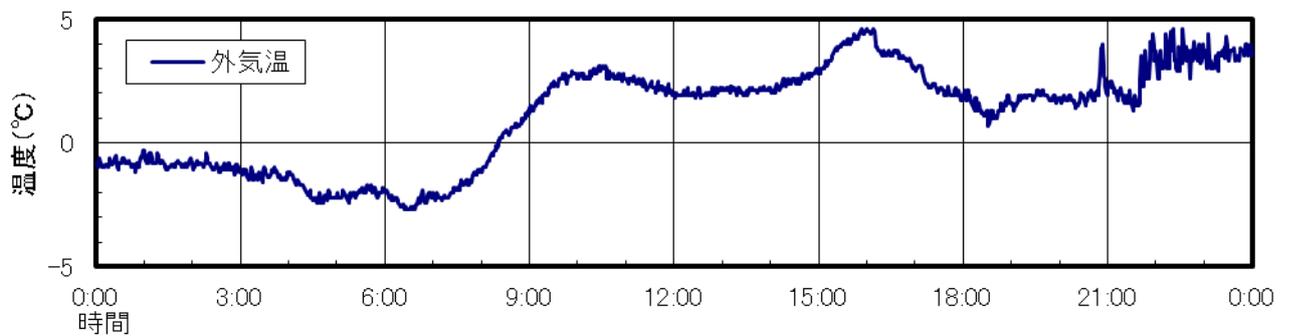


図5-4(6) 平成27年1月6日の外気温

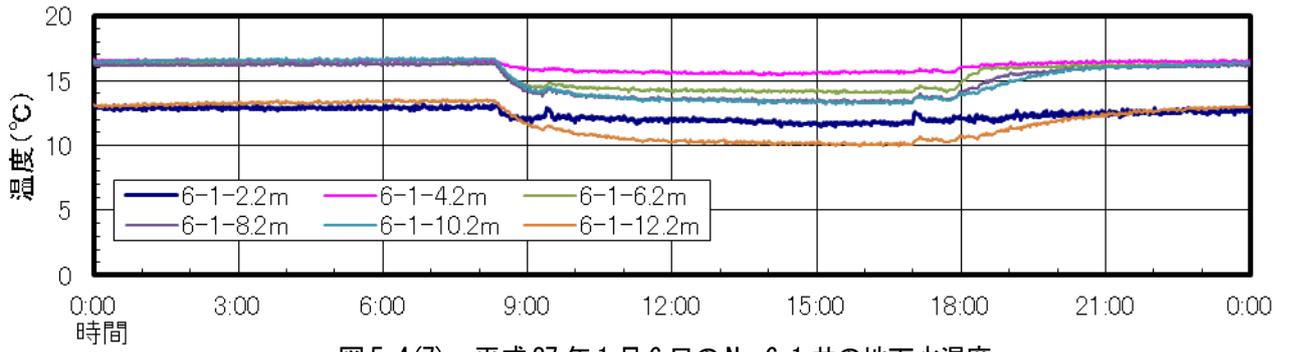


図5-4(7) 平成27年1月6日のNo. 6-1井の地下水温度

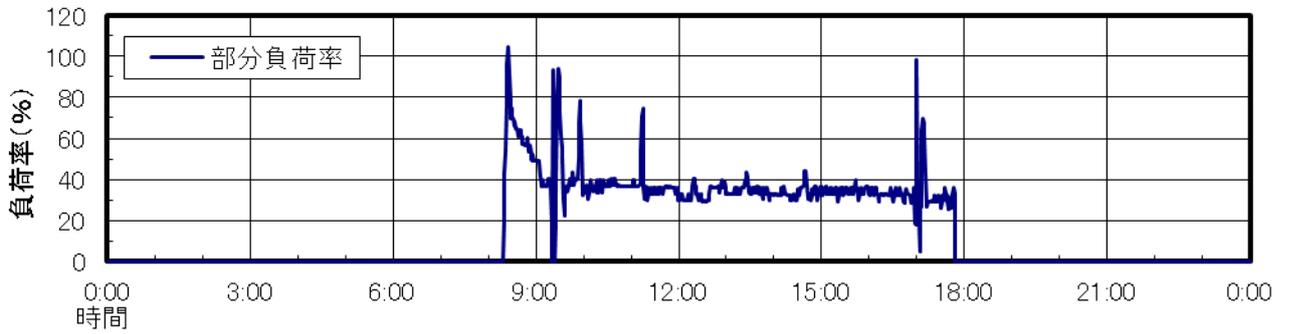


図5-4(8) 平成27年1月6日の部分負荷率

6. 実証単位 (C) 地中熱交換部の実証結果

実証単位 (A) の実証試験では、実証単位 (C) 「地中熱交換部」の実証項目を実施することとなっている。以下は、その報告である。実証単位 (C) の実証項目は、地中熱交換部全体の実証項目、熱媒循環部の実証項目、熱媒の実証項目に分かれている。

6.1 地中熱交換部全体の実証項目

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、(1)地中熱交換井の熱抵抗と(2)土壌部分の熱伝導率を求めるものである。

しかし、TRT を適切に実施するためには、地下の熱的状況が平衡状態になっていなければならないが、本実証対象技術では地中熱交換井の準備が完了した後ただちに実用運転に入らざるをえなかったため実証単位(A)の試験中は TRT をすることができなかった。

そのため、実証試験要領の規定 (p.6 の既存データ活用の特例措置、および p.17 の「※実証単位(A)の申請者が実証単位(C)の実証項目を算出する場合」) により、施工箇所の地質データを提出することで上記(1)(2)を代替した。

図 6-1 (次頁) に、代替の地質データを示す。

本地質データは、本実証対象技術の地中熱交換井を掘削した時に取得された地質データである。

標尺 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記 事	孔内水位 (m) / 測定月日
1	-0.52	0.55	0.55		盛土	暗灰			表部4cmアスファルト。0.25mまで碎石。以深、φ30mm以下の礫を混入する礫混じり微細砂。シルト分を含有する。	11/20 3.29 V
2	-2.47	1.95	2.50		礫混じりシルト質細砂	暗褐灰			粒子不均一でシルト分を含有する細砂。φ30mm以下の礫を混入する。部分的にシルト分優勢となる。含水やや少ない。	
3	-3.32	0.85	3.35		シルト混じり砂礫	暗褐灰			φ30mm以下の礫主体。マトリックスは、部分的にシルト分を含んだ粒子不均一な細～粗砂。含水やや少ない。	
4	-4.22	0.90	4.25		シルト混じり細砂	暗褐灰			粒子不均一でシルト分を含有する細砂。含水中位。	
5	-5.12	0.90	5.15		砂礫	暗褐灰			φ30mm以下の礫主体。マトリックスは粒子不均一な細～粗砂。含水多い。	
6	-6.52	1.40	6.55		細砂	暗褐灰			粒子不均一な細砂。部分的にφ30mm以下の礫を混入し、砂礫状の箇所有り。含水中位。	
7					砂礫	暗褐灰			φ30mm以下の礫主体。マトリックスは、粒子不均一な細～粗砂。部分的にマトリックス優勢となる。含水中位～やや多い。GL-7.50m以深、φ40～60mm前後の礫を混入する。	
8					砂礫	暗褐灰				
9	-9.12	2.60	9.15		シルト	暗灰			粘性中位～やや強いシルト。含水中位。	
10	-9.97	0.85	10.00		シルト	暗灰				
11					細砂	暗灰			粒子不均一で少量のシルト分を含有する細砂。含水中位。GL-10.50m付近まで微細砂主体。	
12					細砂	暗灰				
13	-13.27	3.30	13.30		砂礫	暗灰			φ50mm以下の礫主体。マトリックスは、粒子不均一な粗砂。所々、L=5cm位の玉石を混入する。含水中位～多い。	
14					砂礫	暗灰				
15	-15.28	2.01	15.31		砂礫	暗灰				

図 6-1 実証試験実施場所の地盤柱状図 (代替の地質データ)

6.2 熱媒循環部 (U字管) の実証項目 (参考項目)

熱媒循環部と熱媒の実証項目の取り扱い、実際に試験をする場合は実証項目となるが、カタログ等からデータを引用して示す場合は参考項目として取り扱うことになっている。

今回は熱媒循環部も熱媒も実際に試験はできなかったため、カタログ等からデータを引用して、参考項目として示す。

(1) 熱媒循環部 (U字管) の仕様と実証項目 (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 6-1 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°C) 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) 高密度ポリエチレン管*の熱伝導率: 0.46~0.50[W/(m・K)]

※ 一般的な地中熱交換井用 U字管材料

6.3 熱媒の実証項目 (参考項目)

(1) 熱媒の仕様

本実証対象技術に使用した熱媒の概要を表 6-2 に示す。

表 6-2 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 を希釈して使用。(ショウブライン PFP 35%)

(2) 熱媒の実証項目 (参考項目)

熱媒の実証方法は、カタログ等、各項目の性能を示す資料を確認した。

実証試験要領に規定される熱媒の実証項目及び既存資料のデータを表 6-4 (次頁)、図 6-2 (次頁) に示す。既存資料には、熱媒メーカーの技術資料を使用した。

表 6-3 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 6-4 参照
g. 粘性	図 6-2 参照
h. 比重	図 6-2 参照
i. 比熱	図 6-2 参照
j. 引火性	常温では燃え難いが、加熱によりプロピレングリコール濃度が上昇し、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 6-4 熱媒ショウブライン PFP の腐食性

5-2 ショウブライン PFP の防食性能

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

ショウブラインの物性

10-2 ショウブライン PFP の物性

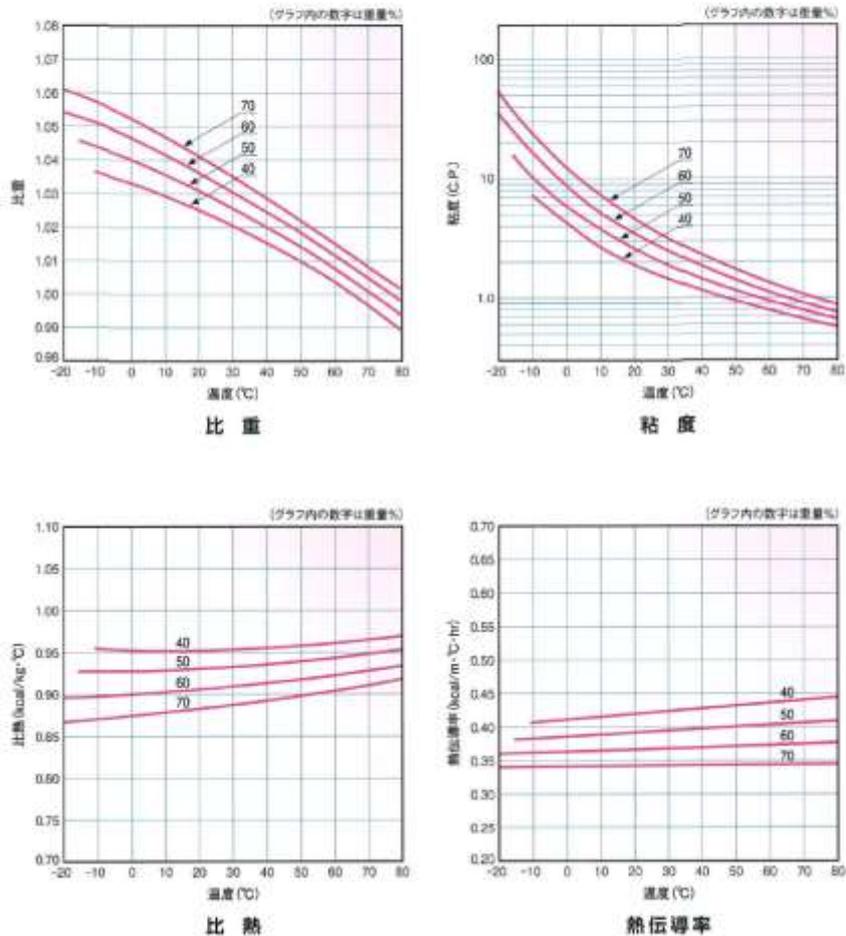


図 6-2 ショウブライン PFP の粘性、比重、比熱

7. 考察

(1) 液状化対策の地中熱への利用

本実証対象技術は、地震に伴う地盤の液状化対策として適用される地盤改良工法の一つであるグラベルドレーン工法において掘削される孔（グラベルドレーン）を、地中熱交換井として利用した日本で最初のものである。

地盤の固結度が弱く地下水が豊富な地域では地盤の液状化が発生しやすいが、地下水が豊富なことは地中熱交換井にとっては有利な条件である。また、液状化対策のグラベルドレーンは地震発生時以外には別の目的では使用されないため、それを地中熱交換井として活用することは、非常にメリットがあり、液状化対策工事の経済性の向上に寄与すると共に、地中熱交換井の施工コストの低減にもなりうる。

地盤の液状化対策は、東日本大震災以後、各地で施工されるようになってきており、中でもグラベルドレーン工法は比較的早くから採用された実績のある工法である。千葉県浦安市では東日本大震災前からこの工法が施工されていた区画があったが、それらの区画では液状化被害が発生していない。

また、グラベルドレーン工法はコストダウンを図るよう改善・努力もされており、今回の実証対象技術のような利用法が今後拡大する可能性は高まるものと期待される。

(2) 試行的設備であること

本実証対象技術は、地盤の液状化対策と空調の地中熱利用とを結びつけたものであり、システム全体が試行的なものである。本来、グラベルドレーンは建物の下に施工するものであるが、本システムでは駐車場スペースに施工して、調査や補修工事などがしやすくしている。

また、システム設計にも確立されていない部分がある。例として、U字管は熱伝導率の高い材料を使用する目的でステンレス鋼を採用しているが、そのためにコスト高となっている。スリーブ管（スリット付）の構造や側溝の構造など、地中熱交換部の設計も改良の余地がある。今後の改良と性能向上が期待される。

(3) エネルギー効率など

実証試験結果で得られたエネルギー効率は良好である。

(4) ヒートアイランド抑制効果

本実証対象技術によるヒートアイランド抑制効果は、冷房期間の地中への排熱量として把握される。

今回の実証試験で得られた値は、8,254kWh (p.40 の表 5-3 参照) で、もし地中熱利用空調システムを利用せずに、空気熱源ヒートポンプの空調システムを利用した場合には、夏期に外気中へ排出されたであろう熱量に相当する。

ちなみに、この熱量 (8,254kWh) は、山梨県における一般家庭の年間冷房熱量^{*}の 63 世帯分に相当する。

^{*} 山梨県における一般家庭の 1 世帯の年間冷房熱量は 496MJ (=130.28kWh) (株式会社 住環境計画研究所 「家庭用エネルギーと統計年報」 (2011 年度版) より)

(5) 暖房期間の 1 月の異常な運転

1 月 10 日から 29 日まででは異常な運転となっているが、これは本システムに備える凍結防止機能が冷房 (夏季) 期間中の設定条件で働き、それに対処した運転条件へ変更する対応が遅れたためであり、設備自体の異常ではない。

○ 付録

1. 地中熱用語集

本資料の中で用いられる当分野の専門用語を以下に解説する。

● 地中熱

地下約 200m より浅い地盤に賦存する温度が数十℃以下の低温の熱エネルギー。その起源は地表面からの太陽エネルギーと地殻深部からの熱流であるが、火山地帯をのぞくと太陽エネルギーの割合が極めて大きい。一般に 10m より深いところの地中温度はその土地の年間平均気温より 1~2℃程度高い。地中熱の特徴は、年間を通じて温度がほとんど変わらないことで、夏は冷たく、冬は暖かく感じる。これを利用して冷房や暖房に利用するものである。

● 地中熱交換器

冷房時には地中へ放熱、暖房時には地中より採熱を行うために地中に設置された熱交換器。垂直型と水平型がある。垂直型はボアホール（深さ 50~150m 程度）や基礎杭（深さ 10~30m 程度）の内部に、U 字管を挿入し構築される。水平型は地表面から深さ 3~5m 程度の地中に U 字管などを水平に埋設して構築される。

● U 字管、U チューブ

地中熱の採放熱のため、ボアホールに挿入する先端を U 字状に接合した 2 本の管（主に樹脂管）。1 組の U 字管を用いるシングル U 字管型か、2 組を用いるダブル U 字管型が一般的。U 字管挿入後、ボアホール内の隙間には砂などが充填される。

● ヒートポンプ

環境温度より低い温度の物体（実際には空気や水などの流体）から熱を奪って（冷却）、高い温度の物体に熱を伝える（加熱）装置。冷却が目的ならば冷凍機、加熱が目的ならばヒートポンプと呼ばれるが原理は全く同じ。最近では、冷却と加熱の両方を目的とするものもヒートポンプと呼ばれている。ヒートポンプは冷蔵庫やエアコンでも用いられている。一般の家庭のエアコンのように室外機で外気に熱を捨てたり（冷房時）、外気から熱を取り入れたり（暖房時）しているものを空気熱源ヒートポンプとか空冷ヒートポンプと呼んでいる。外気との熱交換の代わりに水槽や冷却塔などで水に熱を捨てたり、水から熱を取り入れたるものを水熱源ヒートポンプとか水冷ヒートポンプと呼んでいる。地中熱利用で使用するヒートポンプは、水熱源ヒートポンプである。

● 地中熱ヒートポンプシステム

地中熱を熱源とするヒートポンプを使用した空調や融雪等のシステム。地中熱の利用においてヒートポンプを用いない方法もある。ヒートポンプを使用することにより、15℃程度の暖かくない地中熱を少ない電力で効率的に 30 数℃まで昇温し暖房に使用できる。空気熱源ヒートポンプ（通常家庭用エアコン）では、0~5℃程度の冷たい外気から熱を取り入れて 30 数℃まで昇温しているので、地中熱利用に比べると昇温の程度が大きく、その分多くのエネルギーを要する。冷房時には、地中熱ヒートポンプシステムでは、室内の 30℃程度の熱を 15℃程度の冷たい地中に捨てているので、熱を捨てやすい。空気熱源ヒートポンプでは、室内の 30℃程度の熱を、さらに温度の高い外気に捨てるので熱を捨てにくく、無理に捨てるために余分なエネルギーがかかる。

● COP (Coefficient of Performance, 成績係数)、システム COP

ヒートポンプが生成する冷暖房熱量(W)と消費電力(W)の比で、以下のように定義される。

$$\text{COP} = \frac{\text{冷房(暖房)に利用する熱(出力) [W]}}{\text{ヒートポンプで消費するエネルギー(入力) [W]}}$$

COP が大きいほどヒートポンプの効率が高いことを示す。最先端の機器では COP が 6 以上に達するものもあるが、一般的には 3~6 程度である。地中熱ヒートポンプシステムでは、一次側の熱媒循環のために循環ポンプを使用するので、上式で消費電力として (ヒートポンプ消費電力+循環ポンプ消費電力) を使用することが多く、その場合はシステム COP と呼ばれている。

● COP_{ETV}

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 (冷房期間と暖房期間を合わせた期間) のシステムエネルギー効率の平均値である。

● サーマルレスポンステスト、熱応答試験

地中熱交換器周囲の地盤の熱伝導率や地中熱交換器の熱交換能力を推定するため、地中熱交換器に加熱した熱媒を循環させて熱媒の温度変化を測定し、熱伝導率や熱交換能力 (地中熱交換器の熱抵抗) を求める試験方法。温度応答試験とも呼ばれる。

● 熱媒、熱媒体

ヒートポンプと外部との間の熱エネルギーの搬送媒体をいい、空調関係では水や空気などが用いられる。熱を顕熱の形で搬送する場合は、水の方が空気に比べて約 3500 倍も大きい熱エネルギーを送ることができる。

地中熱ヒートポンプシステムでは、一次側の熱媒は 0°C 以下になる場合があるので不凍液 (ブライン) が用いられることが多い。気温が 0°C 以下となる恐れのある地域では、二次側 (室内側) においても不凍液が使用される。不凍液としては、水にエチレングリコールやプロピレングリコールを混ぜた溶液が使用されることが多い。

● 冷媒

ヒートポンプの内部を循環してヒートポンプサイクルを形成する流体。一般的には代替フロンが用いられる。

「直膨式」といわれるタイプのヒートポンプシステムでは、二次側の室内機や一次側の地中熱交換器にまで、熱媒ではなく冷媒が循環して熱を搬送するものである。

● ヒートポンプ入口温度、出口温度

熱媒がヒートポンプに入る温度と出る温度。入口温度は熱媒の還り温度、出口温度は行き温度などということもある。地中熱交換器側からみると上記とは逆の関係になる。

● ヒートポンプの一次側、二次側

ヒートポンプの熱源側を一次側 (地中熱の場合は地中熱交換器側)、冷暖房の対象となる施設側 (室内機側) を二次側と呼ぶ。二次側は利用側とも呼ぶ。

● 熱伝導率、有効熱伝導率

「熱伝導率」は一般に純粋な物質や、地下水などの影響がない場合の岩石や土壌の熱伝導率を意味する。土壌は通常、複数の物質からなるうえ、それぞれが固体、液体、気体で構成され、各物質内および物質間で伝導・対流・放射などの現象が起こるため、非常に複雑な熱移動現象を表す。このため土壌の伝熱性能は、対象部分全体の平均的な熱伝導率、すなわち有効熱伝導率を用いて表されることが多い。地中熱利用の対象となる土壌は一般に地下水を含み、その地下水が流動していることもあるので、地下水やその流動の影響なども含めた有効熱伝導率が地中熱交換の性能には重要である。有効熱伝導率はみかけ熱伝導率ともいう。有効熱伝導率はサーマルレスポンス試験より求める。

● 地中熱交換井の熱抵抗値

地中熱交換井の熱抵抗 R [K/(W/m)] は、1m 当たり 1W の熱交換をする場合に、熱抵抗により R [K] の温度変化があることを表す。熱抵抗が大きい熱交換井では安定した温度をもつ地層と熱媒体との温度差が大きくなるので、夏には熱媒体が高温化し、冬には低温化する。すなわち、高い熱抵抗は地中熱利用システムにおいて COP を低下させる大きな要因となるため、熱抵抗はできるだけ低く抑えることが重要である。なお、「K」はケルビン温度で、温度の単位である。温度変化を表す場合は、K は℃と等しい。

● ヒートアイランド現象

都市部において気温が上昇する現象であり、最近顕著な環境問題の一つ。原因としては、空調システムや燃焼機器、自動車などの人工排熱の増加や、都市部における緑地・水面の減少などが挙げられる。地中熱利用では冷房排熱を大気中に放出しないので、ヒートアイランド現象の抑制に効果がある。

● 地熱

火山活動等に伴う地中の数百℃の熱エネルギー。主に発電に利用される。

● ブライン

熱媒として使用される不凍液のこと。熱媒は熱媒体、伝熱媒体とも呼ばれる。熱媒とは、ヒートポンプの一次側や二次側を循環して、地中とヒートポンプ、ヒートポンプと室内機との間で熱を運ぶ流体で、一般に水や不凍液が使われる。

● ボアホール

ボーリング機械で掘削される孔径が数 cm から 20cm 程度、深さが数 m から数百 m の孔。一般には揚水井、地質調査孔などとして利用されるが、地中熱利用では地中熱交換井として利用される。

【参考資料】

- 1) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：『地中熱ヒートポンプシステム』、オーム社
- 2) 藤井光、駒庭義人(2011)：誌面講座『地中熱利用技術 7. サーマルレスポンス試験の原理と解析法、調査事例』、地下水学会、第 53 巻第 4 号
- 3) 日本冷凍空調学会編集：『初級標準テキスト 冷凍空調技術』

2. 品質管理に関する事項等の情報

(1) 品質管理システムのあらまし

実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）が、本実証試験で行った品質管理・監査について記す。

- 品質管理の方法

JIS Q 9001 および JIS Q 17025 の趣旨にしたがって品質管理を行った。

- 品質管理・監査体制

本実証試験における品質管理・監査体制は、表 7-1 のとおりである。なお、各担当の品質管理及び監査の内容については、表 7-3（次頁）に示す。

表 7-1 実証機関の品質管理・監査体制

品質管理・監査担当	実証機関での役職	氏名
総括責任者	総括責任者	笹田政克
品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
技術監査	実証機関技術監査	安川香澄

(2) 実証単位 (A) の試験の品質管理

①本実証対象技術では、計測器の設置は先年度に申請者が自己負担で行っていた。そのため、実証機関は実証試験開始に、設置されている計測器が実証試験要領の規定に合致するかどうかの確認を行った。

②実証試験開始後は、計測データの回収は実証申請者にしてもらったが、計測データの解析、品質の確認は実証機関で随時行った。

③実証機関は、実証試験開始後も随時現地確認を行った。

(3) 実証試験の現地確認

実証試験の現地確認は、表 7-2 に示すように実施した。

表 7-2 実証試験での実証機関の現地確認日と確認者

	現地確認日	現地確認者		
		品質管理担当	実証機関での役職	氏名
確認日と 確認者	4月28日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
	7月25日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
			実証試験担当者	小間憲彦

(4) 品質管理の内容

表 7-1 に示した各担当による品質管理・監査の内容は表 7-3 にまとめて示した。

表 7-3 品質管理及び監査の内容

対象	品質管理		監査	
	責任者	対策実施内容	担当	監査内容
試験方法の妥当性	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験は、実証試験要領の規定に従い計画し実施した。 ・上記のことは、総括責任者、品質管理責任者、実証試験担当者などが書類で確認をした。 ・実証試験要領の規定外の計測は、技術実証検討会等の了承を得た。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書作成時、及び計画と異なる試験を行う際に、監査を行った。
測定機器の精度、測定設備の妥当性	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定機器の精度は実証試験要領に従い実施した。 ・実証申請者の計測器管理規定及び測定機器の精度を実証試験担当者が確認した。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書作成時に、監査を行った。
データの回収	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験及び測定データの回収は、現地に常駐する実証申請者の技師が行った。 	実証機関総括責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験期間の終了に際して、監査を行った。
データの保管	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定データの保管は、品質管理責任者が行った。 	実証機関総括責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験期間中に適宜、監査を行った。
測定のトレーサビリティ	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定機器や測定方法は明瞭に記録しており、測定のトレーサビリティを確保した。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書作成時に監査を行った。
データの検証	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定データの整理・解析は実証機関の実証試験担当者が行い、その結果は品質管理責任者が確認した。 	実証機関総括責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験期間の終了に際して、監査を行った。
実証試験報告書の妥当性	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験報告書は、品質管理責任者、総括責任者、技術監査が確認した。また技術実証検討会の了承を得た。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・技術実証検討会の資料及び報告書の原稿に対して、監査を行った。

○ 参考文献

- 1)環境技術実証事業 「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム 実証試験要領」、環境省 水・大気環境局総務課環境管理技術室、平成 26 年 5 月 1 日
- 2)藤井光、駒庭義人(2011)：誌面講座「地下熱利用技術 7. サーマルレスポンス試験の原理と解析法、調査事例」、地下水学会誌 第 53 巻

○ 資料編

添付資料1 熱媒 ショウブラインPFP 技術資料 (抜粋)

3 ショウブラインの規格値		
項目	ショウブラインブルー	ショウブラインPFP
外 観	青色	赤褐色透明
密 度 (20℃)	1.10~1.12	1.04~1.06
pH	原 液	8~9
	30vol%	8.5~9.5
沸 点 (℃)	110以上	108以上
水 分 (wt%)	21	35

5-2 ショウブラインPFPの防食性能

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
鑄鉄		-0.01	-0.02	-0.05
ステンレス(SUS304)		-0.00	-0.01	-0.01

比較参考資料 各種溶液の腐食試験データ

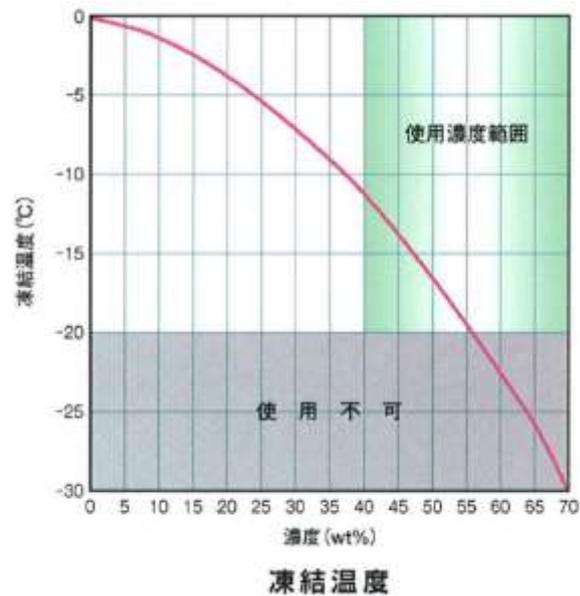
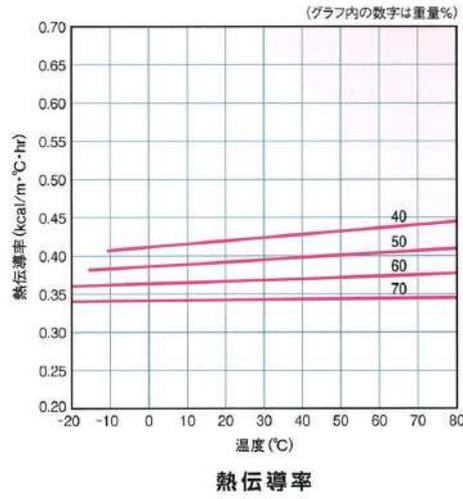
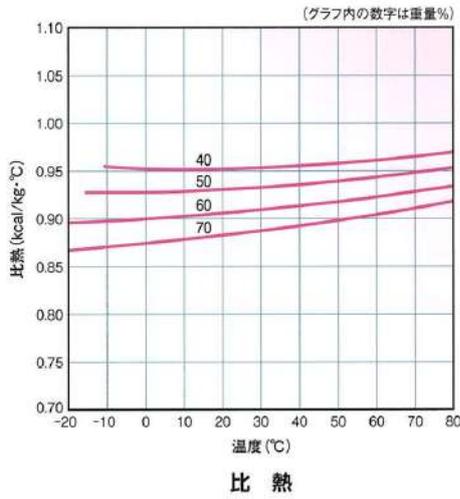
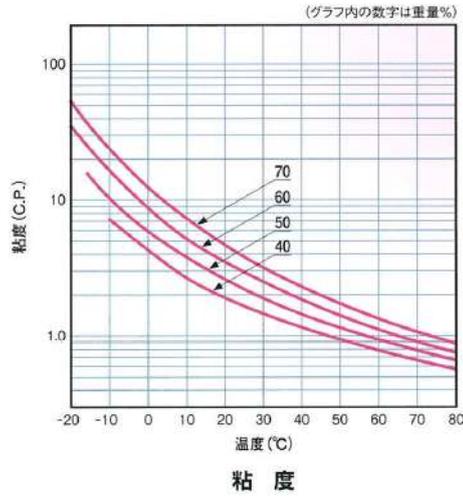
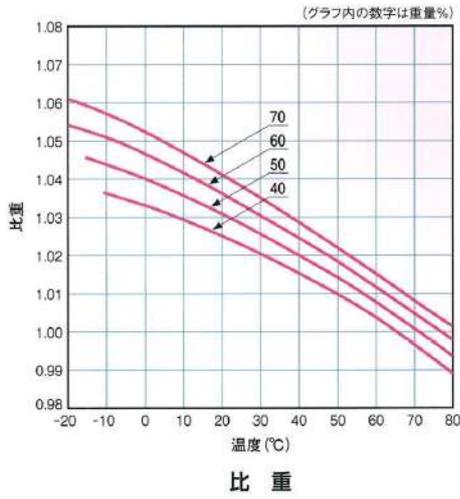
- 条 件・温 度 88℃
- ・ 通気量 100mℓ/min
 - ・ 時 間 336hr
 - ・ 希釈液 JIS調合水*

試験片	腐食量(mg/cm ²)				
	地下水	純 水	水道水	JIS調合水*	エチレングリコール (30vol%)
銅	-0.16	-0.28	-0.34	-0.67	-3.22
黄銅	-0.18	-0.24	-0.22	-0.58	-1.36
鋼	-10.11	-13.29	-2.48	-15.22	-8.38
鑄鉄	-7.45	-14.73	-2.15	-14.28	-8.02
ステンレス(SUS304)	-0.00	+0.02	+0.01	+0.00	+0.03

試験片	腐食量(mg/cm ²)				
	エチレングリコール (50vol%)	プロピレングリコール (30vol%)	プロピレングリコール (50vol%)	塩化カルシウム (20wt%)	塩化カルシウム (30wt%)
銅	-1.83	-1.05	-1.20	-6.28	-2.58
黄銅	-1.79	-1.37	-2.77	-3.20	-1.85
鋼	-6.49	-9.73	-15.49	-2.44	-1.01
鑄鉄	-5.69	-8.02	-15.05	-1.09	-0.44
ステンレス(SUS304)	+0.03	+0.18	-0.22	+0.00	+0.18

* JIS調合水：塩化物イオン・硫酸イオン・炭酸水素イオンを各100mℓ/L含有

10-2 ショウブラインPFPの物性



添付資料2 ショウブライン PFP 製品安全データシート

製品安全データシート(MSDS)

1. 製品及び会社情報

1.1 製品の特定

MSDS番号 : SWB-5462-04
 製品名 : ショウブライン PFP
 製品分類 : 不凍液
 主な用途 : 熱媒体

1.2 会社情報

会社名 : ショーワ株式会社
 住所 : 〒502-0843 岐阜県岐阜市早田東町二丁目1番地
 担当部門 : ブライン・オート技術室
 電話番号 : 058-232-1131 FAX番号 : 058-294-2231
 制定日 : 1996年7月2日 改訂日 : 2010年3月16日

2. 危険有害性の要約

最重要危険有害性及び影響 :
 有害性 ; 飲用不可。
 環境影響 ; 生分解性良好。
 物理的及び化学的危険性 ; 消防法 非該当。
 特定の危険有害性 : 特になし。
 主要な兆候 : 毒性はきわめて弱い。皮膚に繰り返し触れると湿疹を生じることがある。眼に入ると一時的な痛みを感じ、障害を生じることがある。人によりアレルギーを起こす場合がある。
 想定される非常事態の概要 : 有用な情報なし。
 GHS 分類 : 製品の全ての分類項目について“区分外”、“分類対象外”または“分類できない”となり、結果として「分類基準に該当しない」とする。
 GHS ラベル要素 :
 絵表示 ; なし
 注意喚起語 ; なし
 危険有害性情報 : 「分類基準に該当しない」であるため、有害性についての GHS 情報なし。
 注意書き : 「分類基準に該当しない」であるため、注意書き(安全対策、応急処置、保管、廃棄)についての GHS 情報なし。

3. 組成・成分情報

単一製品・混合物の区別 : 混合物

含有成分及び含有量

成分名・化学名	含有量 mass%	CAS No.	化審法 No.	安衛法 No.	PRTR 法 No.	毒劇法 No.
プロピレングリコール	62~64	57-55-6	2-234	非該当	非該当	非該当
水	34~36	7732-18-5	非該当	非該当	非該当	非該当
その他	Rest	非公開	非公開	非該当	非該当	非該当

注) 化審法 No. 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)官報公示整理番号。
 安衛法 No. 労働安全衛生法(安衛法)第57条の2第1項政令指定物質の政令番号。
 PRTR 法 No. 特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律(PRTR 法)対象化学物質の政令番号。
 毒劇法 No. 毒物及び劇物取締法の政令番号。

4. 応急措置

- 吸入した場合： 一般的に吸入するものでないが、多量に蒸気・ミスト等を吸い込んだ場合、直ちに空気の新鮮な場所に移し、保温して安静にすること。もし呼吸が不規則な場合や吐き気がする場合は、速やかに医師の診断を受けること。
- 皮膚に付着した場合： 汚染された衣服を脱ぎ、皮膚に付着した液を布紙等で吸い取り、多量の水及び石鹸で十分に洗浄すること。外観に変化が見られったり、痛みがある場合は医師の診断を受けること。
汚染された服は洗濯後に使用すること。
- 目に入った場合： 直ちに大量の清浄な流水で瞼の裏まで15分以上洗眼すること。コンタクトレンズを着用していて容易に外せる場合は外すこと。その後も洗浄を続け、眼の刺激が続く場合は医師の診断を受けること。
- 飲み込んだ場合： 水でよく口をすすぎ、多量の水を飲ませた後直ちに吐き出させ、保温すること。異常が感じられる場合は、医師の診断を受けること。
- 予想される急性症状及び遅発性症状： 有用な情報なし。
最も重要な兆候及び症状： 有用な情報なし。

5. 火災時の措置

- 消火剤： 引火するものではないが、加熱によりプロピレングリコール濃度が上昇し、引火しやすくなる。
水、炭酸ガス、泡、粉末、乾燥砂、その他(ハロゲン消火剤)
- 使ってはならない消火剤： 有用な情報なし。
- 特有の危険有害性： 有用な情報なし。
- 特定の消火方法： 可燃性のあるものは周囲から速やかに取り除くこと。
消火作業は風上から行ない、延焼を防ぐため周囲のタンク・建物にも放水すること。
大規模火災には水又は泡消火剤を使用のこと。
- 消火を行なう者の保護： 適切な保護具(耐熱性着衣、手袋、呼吸保護マスク等)を着用する。

6. 漏出時の措置

- 人体に対する注意事項/保護具及び緊急時措置：
① 関係者以外の立ち入りを禁止する。
② 作業者は、適切な保護具(「8. 暴露防止及び保護措置」の項を参照)を着用し、眼、皮膚への接触や吸入を避ける。
③ 作業は風上から行う。
④ 屋内で漏洩した場合は、窓・ドアを開けて十分に換気を行なう。
- 環境に対する注意事項：
① 洗浄した水等は、地面や排水溝等にそのまま流さないこと。
② 原液が河川等に排出され、環境へ影響を起さないように注意すること。
- 除去方法：
① 少量の場合、おがくず、ウエス、砂、紙等を用いて吸着させて空容器に回収する。その後、漏出区域周辺を大量の水で洗い流すこと。
② 多量の場合は、土のうなどで流出を防ぎ、ポンプなどで回収すること。
③ 廃棄物は、関係法令等に基づいて処理すること。
- 二次災害の防止策： すべての発火源を速やかに取除く(近傍での喫煙、火花や火炎の禁止)。

7. 取扱い及び保管上の注意

- 取扱い：
技術的対策： 「8. 暴露防止及び保護措置」に記載の設備対策を行い、保護具を着用する。
局所換気/全体換気： 「8. 暴露防止及び保護措置」に記載の局所排気、全体換気を行う。
安全取扱い注意事項：
① 周囲での炎、火花または高温体の使用は避けること。みだりに蒸気を発生させないこと。
② 換気の良い場所で使用し、容器はその都度密栓すること。
接触回避： 「10. 安定性及び反応性」を参照。

保管：

適切な保管条件：

- ① 密栓し、直射日光を避け、風通しの良い冷暗所に保管すること。
- ② 子供の手の届かない所に、施錠して保管すること。

安全な容器包装材料： 容器は密栓できるものを用いること。ガラス瓶、金属缶、プラスチック缶などが望ましい。破損、腐食、割れ等ないものを使用する。

保管時における関係法規： 特になし。

8. 暴露防止及び保護措置

- 管理濃度： 規定なし。
 許容濃度： 規定なし。＜参考値＞ プロピレングリコール TWA(エアゾール)；10mg/m³ (WEEL)
 設備対策： 許容濃度を守るために、全体換気装置又は局所排気装置を設置する。
 取り扱い場所の近くに安全シャワー、手洗い、洗眼設備を設け、その位置を明瞭に表示する。
- 保護具：
 呼吸保護具： 必要に応じて防毒マスク(有機ガス用)を使用する。
 手の保護具： 必要に応じて耐油性手袋、保護前掛けを使用する。
 眼の保護具： 必要に応じて保護眼鏡を使用する。
 皮膚及び身体の保護具： 保護衣、保護面、安全靴を使用する。
- 衛生対策： 取扱い後はよく手を洗うこと。汚れた衣服は脱ぎ、洗濯してから再使用する。

9. 物理的及び化学的性質

9.1 製品の物理的及び化学的性質

- | | | | |
|------|-----------------------------------|------|---------------|
| 外 観： | 赤桃色液体 | 臭 い： | わずかな臭い。 |
| pH値： | 7.9～9.9 | 沸 点： | 108～114℃ |
| 引火点： | なし | 溶解度： | 水と任意の割合で混和する。 |
| 密 度： | 1040～1060 kg/m ³ (20℃) | | |

9.2 主原料(プロピレングリコール)の物理的及び化学的性質

- | | | | |
|-------|------------------------|-------|------|
| 蒸気圧： | 11Pa未満(20℃) | 蒸気密度： | 2.62 |
| 爆発範囲： | 下限 2.6vol%、上限 12.5vol% | 融 点： | -59℃ |
| 引火点： | 99℃ | 発火温度： | 371℃ |

10. 安定性及び反応性

- 安定性： 通常の条件では安定である。
 危険有害反応可能性： 発火性なし、酸化性なし、自己反応性なし、爆発性なし。
 常温では燃え難いが、加熱によりプロピレングリコール濃度が上昇し、引火することがある。
 避けるべき条件： 混触危険物質との接触、高温。
 混触危険物質： 強酸化剤、強塩基、強酸、酸化性物質、有機過酸化物。
 危険有害な分解生成物： 燃焼により水分が蒸発すると、刺激性または有毒なガスを発生する。

11. 有害性情報(人についての症例、疫学的情報を含む)

11.1 製品に関する有害性情報

この製品に関する有用な情報はなし。

11.2 成分ごとの有害性情報

◆プロピレングリコール

- 急性毒性(経口)： ラット LD₅₀ 約 20g/kg
 皮膚腐食性・刺激性： 10～30%溶液の 2 週間の反復塗布では刺激性を誘発するが、1～10%では刺激性は見られなかった。
 眼に対する重篤な損傷・刺激性： ヒトがプロピレングリコールの蒸気に暴露した場合、眼への刺激作用はない。動物実験で直接点眼した場合、軽度の刺激作用がある。50%溶液では眼刺激作用はなかった。

呼吸器感作性又は皮膚感作性：	20%水溶液では少数例(1.5%)に感作性の陽性が報告されたが、研究報告により発生率に差があり。
生殖毒性：	動物実験では生殖および繁殖を阻害しなかった。
発がん性	動物実験では発がん性は示していない。

12. 環境影響情報

製品に関する環境影響情報：有用な情報なし。

◆主成分(プロピレングリコール)の見解は以下の通り

生態毒性(魚毒性)：	水生生物に対して急性毒性を示さない。
残留性/分解性：	残留性はなく分解は良好である。
生体蓄積性：	BCF(生物濃縮係数)は1以下である。
土壤中の移動性：	きわめて大きい(Koc(土壌吸着係数) 0~50)。
その他：	漏洩時、廃棄などの際には注意を守ること。

13. 廃棄上の注意

残余廃棄物：	事業者は産業廃棄物を自ら処理するか、又は知事等の許可を受けた産業廃棄物処理業者、もしくは地方公共団体がその処理を行っている場合は、そこに委託して処理をする。 焼却処理する場合、安全で且つ燃焼ガスに注意し、他に危害又は損傷を及ぼす恐れがないように注意すること。
容器・包装：	容器は、中身の液を使い切ってから廃棄すること。 製品が付着している容器、機械装置等を洗浄した排水等は、地面や排水溝にそのまま流さないこと。 容器等の廃棄物は、認可を受けた産業廃棄物処理業者と委託契約をして処理を委託すること。

14. 輸送上の注意

	① 輸送の際は、容器漏れの無いことを確かめ、荷崩れのないように処置を講ずること。
	② 取扱い及び保管上の注意の項の一般的注意に従う。
国際規制：	国連分類/国連番号：該当せず。 容器等級：該当せず。
国内規制：	
陸上輸送：	特になし。
海上輸送：	船舶安全法に定めるところに従う。
航空輸送：	航空法に定めるところに従う。

15. 適用法令

- ① 廃棄物の処理及び清掃に関する法律
 - ② 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律
 - ③ 容器包装リサイクル法
- ※都道府県又は市町村条例により規制が異なる場合があるので、詳細は当該自治体にご確認ください。

16. その他の情報(引用文献)

16.1 RoHS指令有害物質の有無

6物質(カドミウム、鉛、水銀、六価クロム、ポリブロモビフェニル、ポリブロモジフェニルエーテル)：何れも意図的含有は無し。

16.2 引用文献

- ① 自社データ及び原料メーカーのMSDSを引用
- ② 製品評価技術基盤機構ホームページ(2010年1月のデータ)
- ③ 安全衛生情報センターのホームページ(2010年1月のデータ)
- ④ 法律に関するホームページ
- ⑤ CHEMWATCH (2006年分のデータ)

※注意

製品安全データシートは、危険有害な化学製品について、安全な取扱いを確保するための参考情報モデルの一つとして、取り扱う事業者へ提供されるものです。取り扱う事業者は、これを参考として、自らの責任において、個々の取扱いなどの実態に応じた適切な処置を講ずることが必要であることを理解した上で、活用されるようお願いいたします。

従って、本データシートそのものは、安全の保証書ではありません。