

環境省

平成25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26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P E C
実証対象技術 : 埼玉県桶川市の株式会社P E C事務所における地中熱利
用冷暖房システム
実証番号 : 052-1301



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	3
3. 実証試験結果	3
4. 実証対象技術の設置状況写真	7
(参考情報)	8
○ 本編	9
1. 導入と背景（実証試験の目的及び概要）	9
1.1 環境技術実証事業の目的と定義	9
1.2 実証対象技術の概要	9
1.3 実証単位（A）の実証目的と実証項目	10
1.4 実証単位（C）の実証目的と実証項目	10
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	12
3. 実証対象技術の概要	14
3.1 実証対象技術の原理と概要	14
3.2 実証試験の環境	14
3.3 実証対象技術のシステム構成	16
3.4 実証対象技術の現地の写真	22
(参考情報)	24
4. 実証試験の内容	25
4.1 目的	25
4.2 実証単位（A）の測定システム	25
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	27
4.4 各実証項目の整理解析方法、表示方法	27
5. 実証単位（A）システム全体の实証試験の結果	31
5.1 実証試験結果（システム全体の实証項目）	31
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	33
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	37
5.4 暖房期間の試験結果について	43
6. 実証単位（C）地中熱交換部の実証結果	44
6.1 地中熱交換部全体の实証項目	44
6.2 熱媒循環部（U字管）の实証項目（既存資料より）	46
6.3 熱媒の实証項目（既存資料より）	47
6.4 考 察	50
○ 付録	51
1. 地中熱用語集	51
2. 品質管理に関する事項等の情報	54
○ 参考文献	55
○ 資料編	56
添付資料1 熱媒循環部（U字管）のカタログ	56
添付資料2 熱媒循環部（U字管）の技術資料	57
添付資料3 熱媒 ウェストンブラインPB 技術資料	58
添付資料4 ウェストンブラインPB 製品安全データシート	71



○ 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	埼玉県桶川市の株式会社 P E C 事務所における地中熱利用冷暖房システム
実証申請者	株式会社 P E C
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 25 年 7 月 20 日～平成 26 年 2 月 2 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。

1.2 実証試験の環境

実証試験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： 株式会社 P E C 本社事務所 施設住所： 埼玉県桶川市加納 872 番地 施設の用途： 事務所
施設の規模 および空調方式	事務所軽量鉄骨平屋建。事務室と会長室の 2 部屋を地中熱で空調。 空調面積： 36m ² (事務室)、 11m ² (会長室) 空調システム： ヒートポンプ： 水熱源と空気熱源兼用 冷却能力 6.5kW 1 台 室内機： ファンコイルユニット 2 台
地質データ	地中熱交換井のボーリング柱状図がある。
地下水状況	地下水位 3.79m。地下水の流動は大きいらしい。

1.3 実証試験時のシステムの全体構成

実証対象技術のシステムは、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。システム全体と測定位置を図 1 に示す。実証対象技術のシステム構成の概要を表 2 に示す。

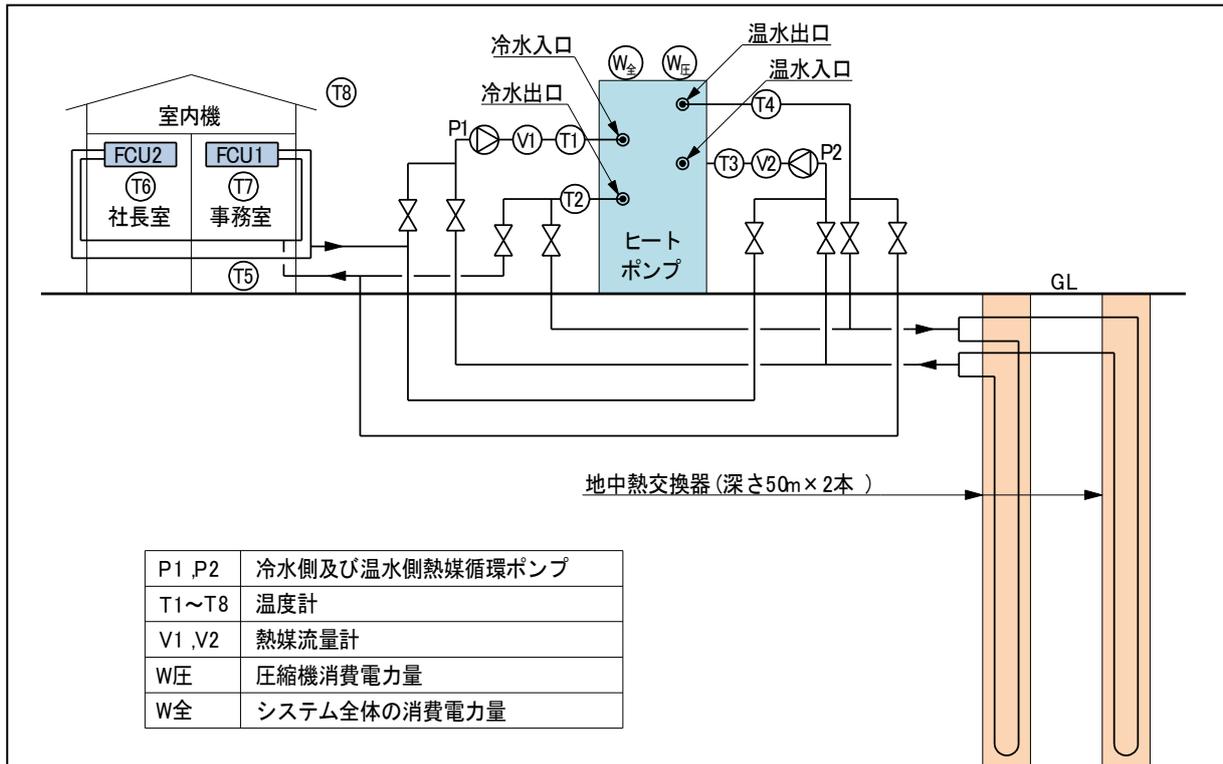


図1 実証対象技術の概要

表2 実証対象技術のシステム構成

地中熱交換井	<ul style="list-style-type: none"> ・深度および本数：50.0m×2本。5m間隔。 ・掘削坑径：5インチ（径125mm） ・U字管：高密度ポリエチレン管 SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD 製 ISO規格 外径32mm、内径26mm。 シングルで挿入。挿入長 49.0m。 ・坑内充填物：2号珪砂（茨城県神栖産） ・地下水位：GL-3.79m
循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名：Wenling Wigo Pump Factory 製 循環ポンプ ・型式：GREENPRO RS15/8 スクリューポンプ ・揚程：8m、吐出し量：75L/min
ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名：MDI社製 水熱源空気熱源ハイブリッドタイプ ヒートポンプチラー 「Cool! de ホット」2号 MDIHP-H/C-W/A/W ・冷却能力：6.5kW、加熱能力：7.2kW ・台数：1台、制御：オンオフ制御 ・冷媒：R410A ・タイプ：2次側間接式
熱媒	<ul style="list-style-type: none"> ・一次側：ウエストブライン PB 42%（プロピレングリコール 25%） ・二次側：ウエストブライン PB 42%（プロピレングリコール 25%）
室内機	<ul style="list-style-type: none"> ・ファンコイルユニット（1）事務室用 製品名：ダイキン製 型式：FWH6B 顕熱能力4.26kw、全熱能力5.09kW、循環水量14.5L/min、送风量17m³/min ・ファンコイルユニット（2）社長室用 製品名：ダイキン製 型式：FWH3B 顕熱能力2.18kw、全熱能力2.58kW、循環水量7.4L/min、送风量8.5m³/min

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は、図 1 に示す測定箇所にて測定した。測定項目と測定機器は表 3 に示す。

表 3 測定項目と測定機器

測定項目	記号	単位	測定機器
(1) 必須項目の計測用			
①冷水側熱媒のヒートポンプ入口温度	T ₁	℃	測温抵抗体 Pt100
②冷水側熱媒のヒートポンプ出口温度	T ₂	℃	測温抵抗体 Pt100
③温水側熱媒のヒートポンプ入口温度	T ₃	℃	測温抵抗体 Pt100
④温水側熱媒のヒートポンプ出口温度	T ₄	℃	測温抵抗体 Pt100
⑤冷水側熱媒流量	V ₁	L/min	電磁流量計
⑥温水側熱媒流量	V ₂	L/min	電磁流量計
⑦圧縮機の消費電力量 (圧縮機のみ)	W _圧	Wh	電力積算計
⑧システム全体の消費電力量 (圧縮機、循環ポンプ 1、循環ポンプ 2、制御電力の合計)	W _全	Wh	電力積算計
(2) 任意の計測用			
⑨事務室の室内床温度	T ₅	℃	熱電対
⑩社長室の室内気温	T ₆	℃	熱電対
⑪事務室の室内気温	T ₇	℃	熱電対
⑫外気温	T ₈	℃	熱電対

※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 システム全体の实証項目

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。

(計測期間：平成 25 年 7 月 20 日～平成 26 年 2 月 2 日)

- ・冷房期間：平成 25 年 7 月 20 日～平成 25 年 9 月 30 日
- ・暖房期間：平成 25 年 11 月 9 日～平成 26 年 2 月 2 日

システム全体の实証試験結果を表 4 に示す。

ヒートアイランド抑制に関する性能は、表 4 中の必須項目「a. 冷房期間のシステムエネルギー効率」と「c. 冷房期間の地中への排熱量」の両方の値から総合的に評価される。

技術の性能の高さは、システムエネルギー効率も評価に加味され、地中への排熱量のみが当該技術の性能の高さを示すものではない。

また、暖房期間の測定は実施したものの、解析の結果、適切でない運転条件下で試験が行われ、その試験データから実証項目を適切に算出できないことから、ここでは暖房期間の解析結果（任意項目）等は示していない。

詳細は、本報告書の本編「5.5.4 暖房期間の試験結果について」を参照のこと。

表 4 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)	3.25
		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)	1.19kW
		c. 冷房期間の地中への排熱量	5.14kW
	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}	—
		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)	—
		f. 暖房期間のシステム消費電力	—
		g. 暖房期間の地中からの採熱量	—

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、熱媒循環部の実証項目と熱媒の実証項目は、実証試験要領の規定に基づき、既存資料から引用してデータを示す。

(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) の実証 (既存資料による)

製品名： 高密度ポリエチレン PE100 製U字管 TRINA 1900 SERIES HPDE PIPE

製造元： Time Plastic Co., Ltd. 輸入・販売： ジオシステム株式会社

表 5 U字管のサイズ

品名	外径 (mm)	肉厚 (mm)	近似内径 (mm)	先端サイズ 参考 W(mm)
25AU字管(OD32 PE100 SDR11)	32	2.9	26.5	85

実証試験要領に規定される熱媒循環部 (U字管) の実証項目と既存資料を確認した結果を表 6 に示す。

表 6 熱媒循環部 (U字管) の特性 (既存資料による)

項 目	内 容
c. 熱伝導性	熱伝導率：0.46~0.50 [W/(m・K)]
d. 耐腐食性	耐薬品性：表 7 に示す
e. 耐圧性	1.0MPa 以上 (20℃)

(輸入・販売業者であるジオシステム株式会社のカatalogより)

表 7 PE100 の耐薬品性 (抜粋)

薬品名 (濃度)	温度 (°C)		薬品名	温度 (°C)	
	20	60		20	60
塩酸 (35%)	○	○	アンモニア水	○	○
硫酸 (0~60%)	○	○	塩化ナトリウム	○	○
硫酸 (80%)	△	×	炭酸ナトリウム	○	○
硝酸 (0~30%)	○	△	メチルアルコール	○	○
硝酸 (30~50%)	△	×	エチルアルコール	○	○
硝酸 (70%)	×	×	エチレングリコール	○	○
水酸化カリウム	○	○	ジエチレングリコール	○	○
水酸化ナトリウム	○	○	プロピレングリコール	○	○
水酸化カルシウム	○	○	海水	○	○

○ : 使用可能、△ : 条件付きで使用可能、× : 使用不可能
 (輸入・販売業者であるジオシステム株式会社の技術資料より)

(3) 熱媒の実証 (既存資料による)

表 8 熱媒の概要

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
実使用の条件	ウエストンブライン PB を 42% に希釈して使用。

実証試験要領に規定される熱媒の実証項目と既存資料を確認した結果を表 9 に示す。
 この情報は、実使用で希釈する前の、ウエストンブライン PB の製品としての性質である。

表 9 熱媒の実証項目及び実証内容

項目	実証内容
f. 腐食性	表 10 参照
g. 粘性	図 2 参照
h. 比重	図 3 参照
i. 比熱	図 4 参照
j. 引火性	なし
k. 毒性	表 11 参照
l. 生分解性/残留性	生分解性良好、残留性なし

表 10 熱媒ウエストンブライン PB (WBPB) の腐食性

試 料		WBPB	
試験濃度 (vol%)		40	
金属腐食 88±2℃ 336h	質量変化 (mg/cm ²)	銅	-0.08
		ハンダ	-0.10
		黄銅	-0.08
		鋼	-0.02
		铸铁	-0.02
	アルミ铸件	-0.17	
外 観		アルミ铸件に黒変色を認める	
試験後の液の性状	pH 値	7.5→8.2	
	予備アルカリ度	1.6→1.8	
	液相	赤色透明	
	沈殿量 (vol%)	痕跡	

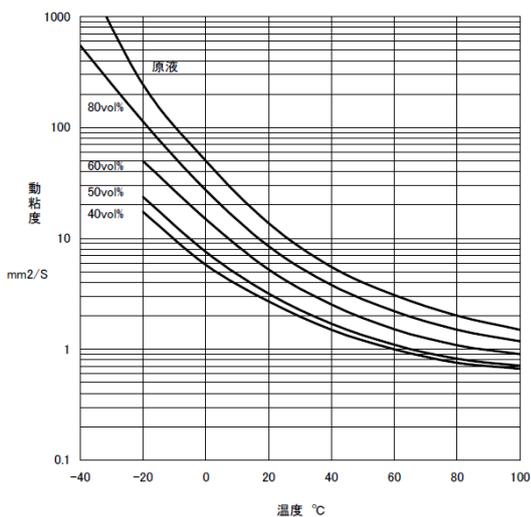


図 2 ウェストンブライン PB の粘性

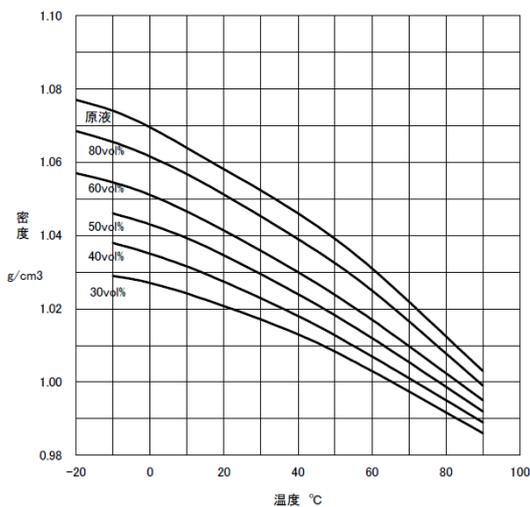


図 3 ウェストンブライン PB の密度

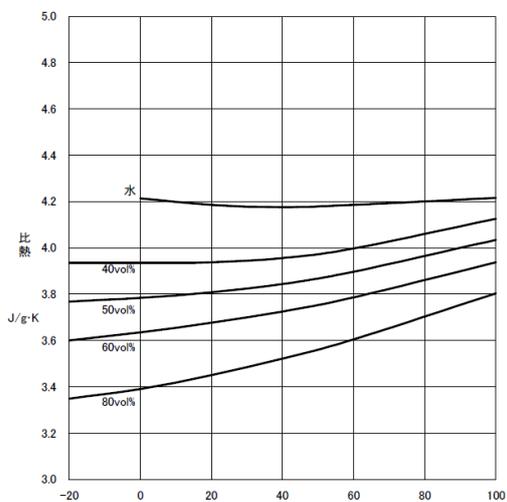


図 4 ウェストンブライン PB の比熱

表 11 ウェストンブラインの毒性

有害物質	なし (特定化学物質並びに重金属は添加していない)
急性毒性	LD50 は 17g/kg(計算値)で毒性の区分は実際上無毒に分類される。(表 12 参照)

表 12 毒性の区分 (ラット経口投与)

	1	2	3	4	5	6
毒性の程度	超毒性	強毒性	中程度毒性	軽度毒性	実際無毒性	実際上無毒性
LD50 値	1mg 以下	1~50mg	50~500mg	0.5~5g	5~15g	15g 以上
人間の致死量	一滴	4mL	30g	250g	1L	1L 以上

4. 実証対象技術の設置状況写真



写真1 株式会社 PEC 事務所



写真2 システムの全体配置 (手前が地中熱交換井)

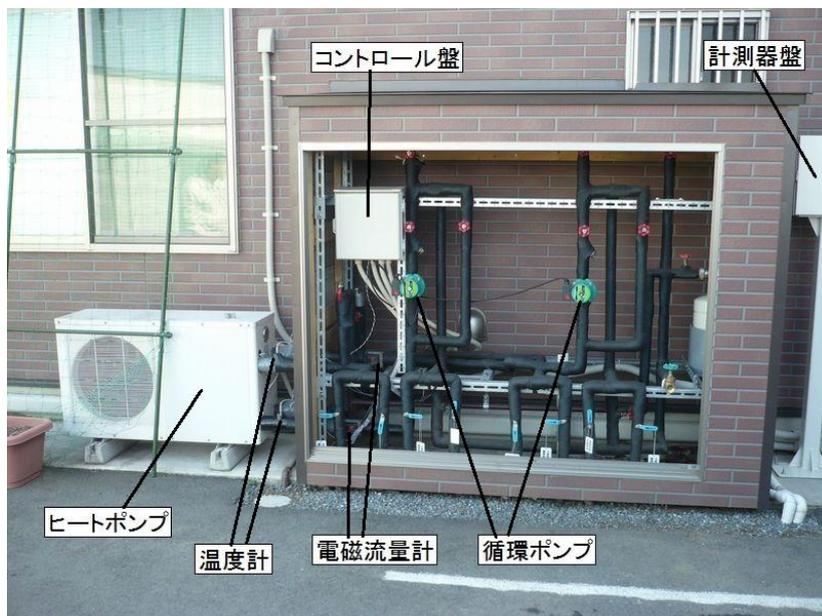


写真3 システムの全体



写真4 ヒートポンプ入口出口温度計



写真5 地中熱交換井の地上部

(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		埼玉県桶川市の株式会社PEC事務所における地中熱利用冷暖房システム (英文表記: Ground-source heat pump system at the PEC Office, Okegawa City, Saitama Prefecture)		
製品名・型番		—		
製造(販売)企業名		株式会社PEC (英文表記: PEC Co., Ltd.)		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 048-727-0111	FAX : 048-728-2890	
	ウェブサイト アドレス	http://www.pecbor.cc/		
	E-mail	info@pecbor.cc		
設置条件		地中熱交換井を掘削できる敷地があれば、地中熱利用冷暖房システムはどこでも設置可能です。当社はコンパクトな SP-8000 型ボーリングマシンを所有していますので、最低限必要な敷地面積は約 4m×10m 程度です。		
メンテナンスの必要性・コスト・耐索性・製品寿命等		地中熱利用冷暖房システムは一般には特別なメンテナンスの必要性はほとんどありません。3年に1度程度の点検をお勧めします。本実証対象技術のシステムは既に3年半使用していますが、その間特別のメンテナンスはせずに運転しています。		
施工性		施工性は自由度が高く、敷地と利用建物の条件に応じて、施工が可能です。		
コスト概算		イニシャルコスト		
		機 器	数 量	
		地中熱交換井掘削工事 @50m	2本	約120万円
		地中熱ヒートポンプシステム		
		配管工事、室内機等		
		合 計	約250万円	

○ その他実証申請者または開発者からの情報

当社は、地盤調査や井戸工事を主にしてきた会社ですが、現在は地中熱利用のためのボーリング孔掘削やサーマルレスポンス試験を主な業務としています。

施工範囲としては、ボアホール工事からサーマルレスポンス試験、1次側横引き配管（ヒートポンプ繋ぎ込みまで）を自社にて一括施工いたします。

本実証試験の地中熱利用冷暖房システムは、当社が地中熱利用の施工事業をするにあたり、2010年に自社の事務所に設置して、実際に使用しながらシステムの研究に供しているものです。3年以上前のシステムなので旧式となっていますが、現在ではさらに進んだシステムの設置が可能です。

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. 導入と背景（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 25 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 25 年 5 月 10 日付）」*2に基づいて実施した。

1.2 実証対象技術の概要

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、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。

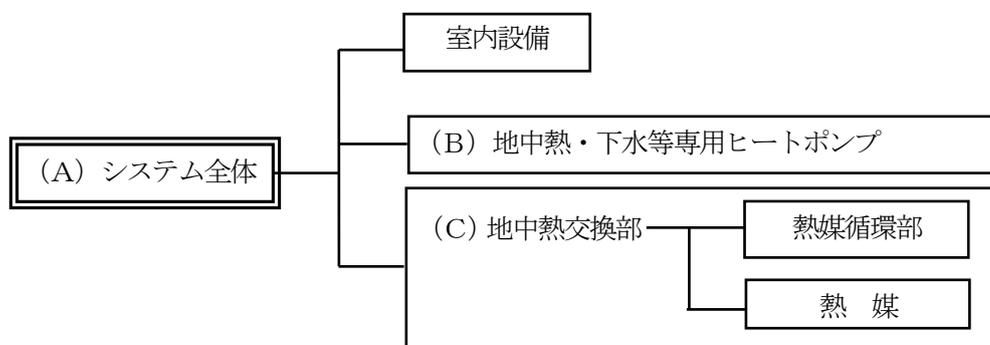


図 1-1 実証対象技術の全体像

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。なお、(A)、(B)、(C) は実証単位と呼ぶ実証試験の種別である。

*1:環境省総合環境政策局総務課 環境研究技術室 平成 25 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_h25.pdf

*2:環境省水・大気環境局 総務課環境管理技術室 平成 25 年 5 月 10 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_4.pdf

1.3 実証単位 (A) の実証目的と実証項目

(1) 実証目的

実証単位 (A) は、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

実証単位 (A) の実証試験は、「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なければならない」と規定されている。

本実証対象技術の実証試験は、申請者によって実際に使用されている状況のまま測定したものである。

(3) 実証単位 (A) の実証項目

実証単位 (A) の実証項目は、表 1-1 のとおりである。実証項目は、システム全体の实証項目と実証単位 (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：性能を証明する書類の写しを提出する項目となっている。

1.4 実証単位 (C) の実証目的と実証項目

上記の表 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

実証単位 (C) の実証目的は以下の 2 つある。

- ・ 1つは、地中熱交換部自体の性能を実証することで、熱交換部の構成要素の性能及び設計、施工に関する技術の高さを総合的、客観的に示すことである。
- ・ もう1つは、施工場所固有の熱交換性能を実証することである。

(2) 実証試験方法

実証単位 (C) の実証試験のうち、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い、熱媒循環部と熱媒については既存資料を確認して示すものである。

(3) 実証単位 (C) の実証項目

地中熱交換部の設備構成は熱源の種類や熱交換方式等の組み合わせ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)]	・ 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する。 ・ 材質からその性能が明らかな場合は、材質を示すことで代替できることとする。
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	—	・ 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する。 ・ 熱媒の成分比からその性能が明らかな場合は、熱媒の成分比を示すことで代替できることとする。
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 に示すとおりである。

実証申請者である株式会社P E Cは、本実証対象技術である地中熱利用のための地中熱交換井の掘削とその評価などを専門とする事業者である。

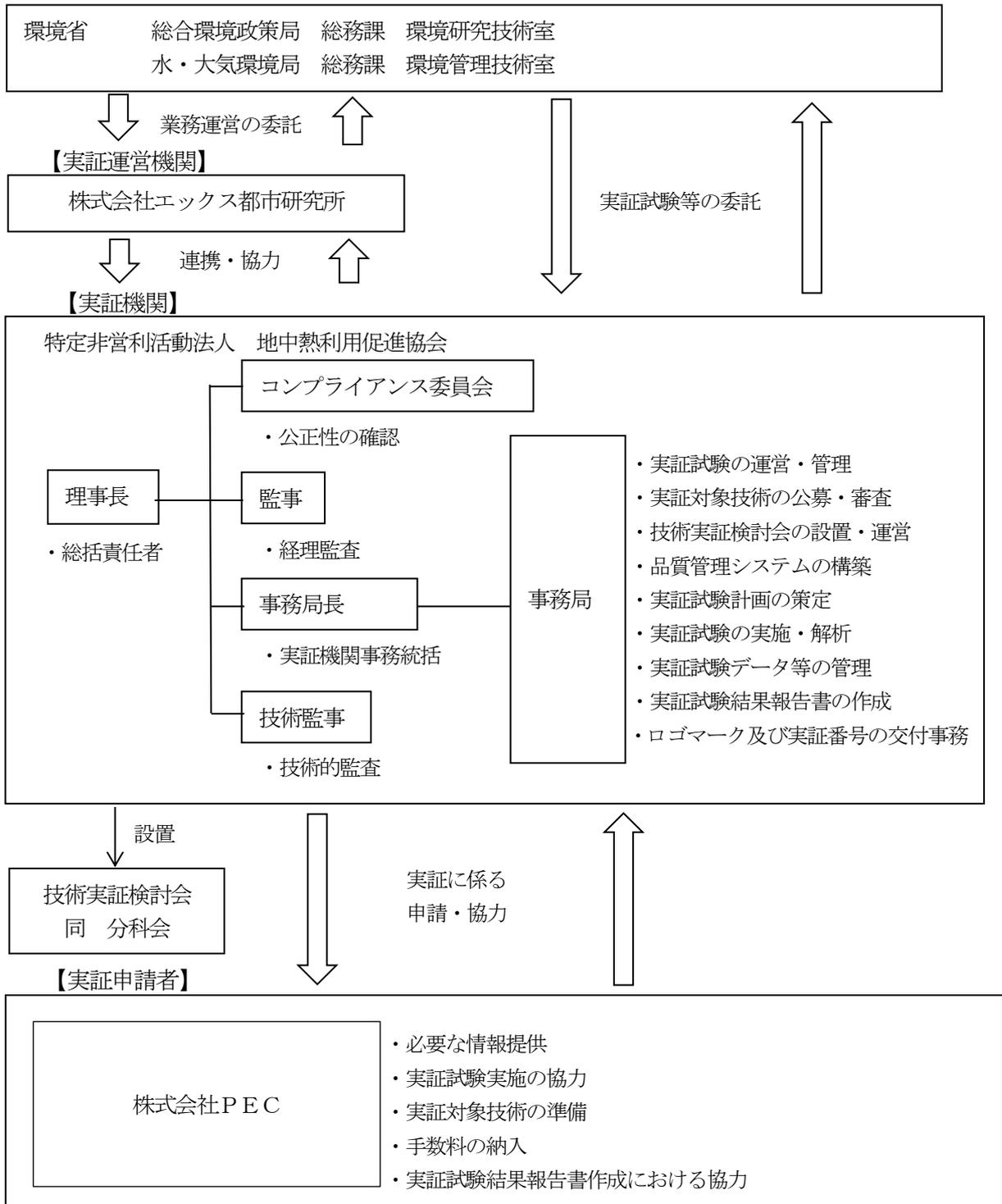


図 2-1 実証試験に参加する組織

表 2-1 実証試験参加機関と責任分掌

区分	実証試験参加機関	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 P E C	実証機関への必要な情報提供と協力	遠藤康之
		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。

本実証対象技術は、クローズドタイプの地中熱利用冷暖房システムである。地中熱交換井は径 5 インチ (φ125) で 50m のものが 2 本あり、それぞれに 25A シングル U 字管が挿入され、2 号珪砂で充填されている。ヒートポンプは冷房出力 6.5kW で、水熱源と空気熱源兼用のヒートポンプである。二次側は、ファンコイルユニットを 2 台付けている。

3.2 実証試験の環境

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 に、実証対象施設の概要を表 3-1 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)

表 3-1 実証対象技術の施設概要

施設概要	施設名： 株式会社 P E C 本社事務所 施設住所： 埼玉県桶川市加納 872 番地 施設の用途： 事務所の冷暖房
施設の規模 および空調方式	軽量鉄骨平屋建。事務室と社長室の 2 部屋を地中熱で空調。 空調面積： 36m ² (事務室)、11m ² (社長室) 空調システム： ヒートポンプ： 水熱源と空気熱源兼用機 冷却能力 6.5kW 1 台 室内機： ファンコイルユニット 2 台
地質データ	地中熱交換井のボーリング柱状図がある。シルトと細砂の互層を主とする。
地下水状況	地下水位 3.79m。地下水の流動は大きいらしい。

本地域は大宮台地に位置し、表層にはうすく関東ローム層があるが、地中熱交換井が掘削されている深度の地質は、第四紀更新世の下総層群の河川堆積物とされるシルトや細砂からなる。

地下水流動については正確な情報はない。しかし、P E C 本社事務所の玄関前にある深度 30m の井戸において、付近の農家の井戸水汲み上げによると思われる、地下水温度の変化が認められている。このことから、この場所では地下浅部における地下水流動は大きいことが推定される。

3.3 実証対象技術のシステム構成

(1) システム構成の概要

実証対象技術のシステム構成を表 3-2 に示す。また、システムの平面図を図 3-3 に、システムの配管系統図を図 3-4 に示す。

表 3-2 実証対象技術のシステム構成

地中熱交換井	<ul style="list-style-type: none"> ・深度および本数：50.0m×2 本。5m 間隔。 ・掘削坑径：5 インチ（径 125mm） ・U 字管：高密度ポリエチレン管（PE100） SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD 製 ISO 規格 外径 32mm、内径 26mm。 シングルで挿入。挿入長 49.0m。 ・坑内充填物：2 号珪砂（茨城県神栖産） ・地下水位：GL-3.79m
循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名：Wenling Wigo Pump Factory 製 循環ポンプ ・型式：GREENPRO RS15/8 スクリューポンプ ・揚程：8m、吐出し量：75L/min
ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名：MDI 株式会社製 水熱源空気熱源ハイブリッドタイプ ヒートポンプチラー 「Cool! de ホット」2号 MDIHP-H/C-W/A/W ・冷却能力：6.5kW、加温能力：7.2kW ・台数：1 台、制御：オンオフ制御 ・冷媒：R410A ・タイプ：2 次側間接式
熱媒	<ul style="list-style-type: none"> ・一次側：ウエストブライン PB 42%（プロピレングリコール 25%） ・二次側：ウエストブライン PB 42%（プロピレングリコール 25%）
室内機	<ul style="list-style-type: none"> ・ファンコイルユニット (1) 事務室用 製品名：ダイキン工業株式会社製 型式：FWH6B 顕熱能力 4.26kw、全熱能力 5.09kW、循環水量 14.5L/min、送風量 17m³/min ・ファンコイルユニット (2) 社長室用 製品名：ダイキン工業株式会社製 型式：FWH3B 顕熱能力 2.18kw、全熱能力 2.58kW、循環水量 7.4L/min、送風量 8.5m³/min

本システムは、事務所横の駐車場スペースに 2 本の地中熱交換井を 5m の間隔で掘削してある。事務所脇の屋外にはヒートポンプが設置されており、ヒートポンプの隣には小屋があり、配管用バルブや計測とコントロール設備が小屋の中に入っている。

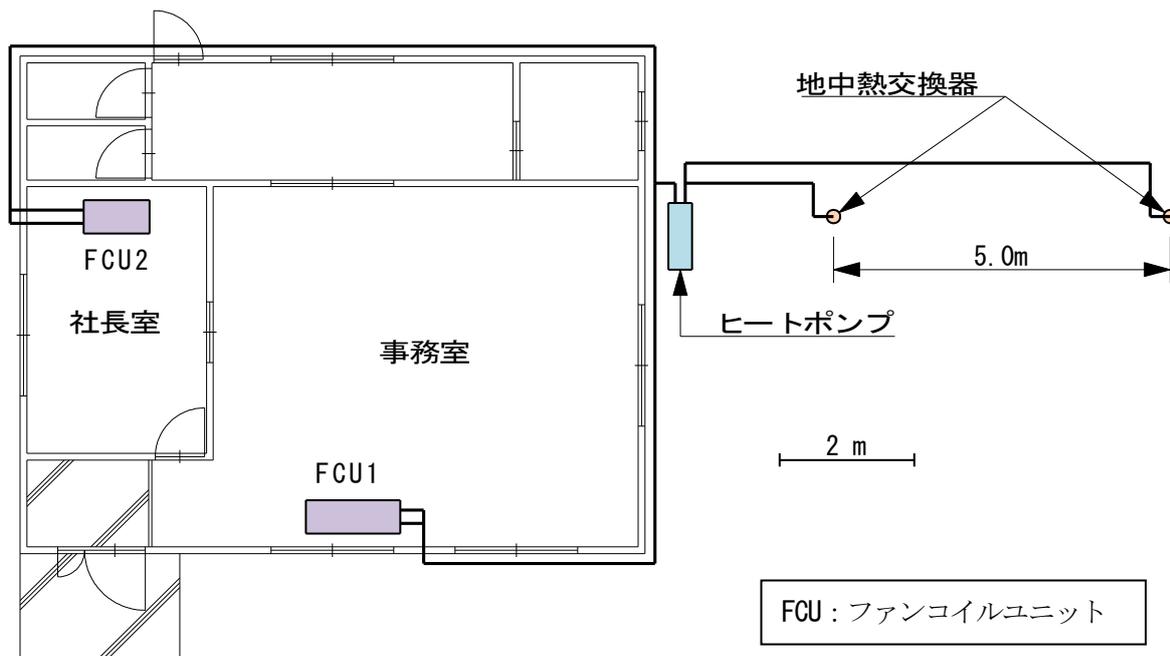


図 3-3 システム配置の平面図

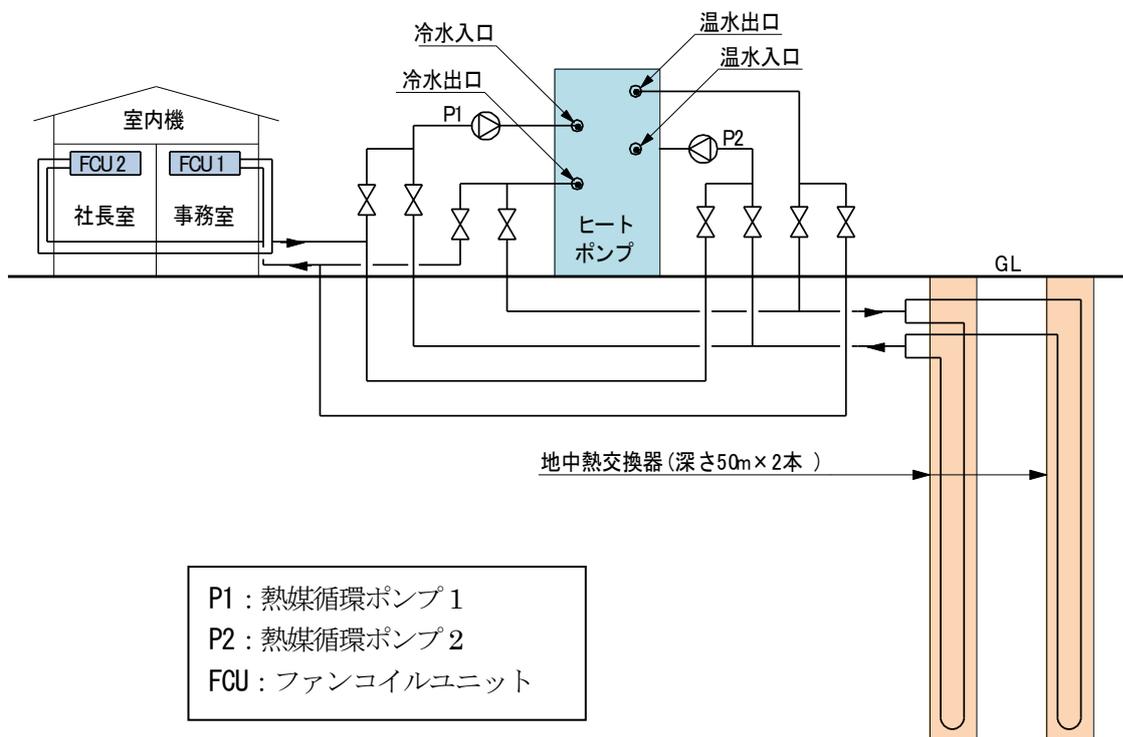


図 3-4 システムの配管系統図

(2) 地中熱交換井

地中熱交換器の概要と地盤の柱状図を図 3-5 に、地中熱交換井の仕様を図 3-6 に示す。

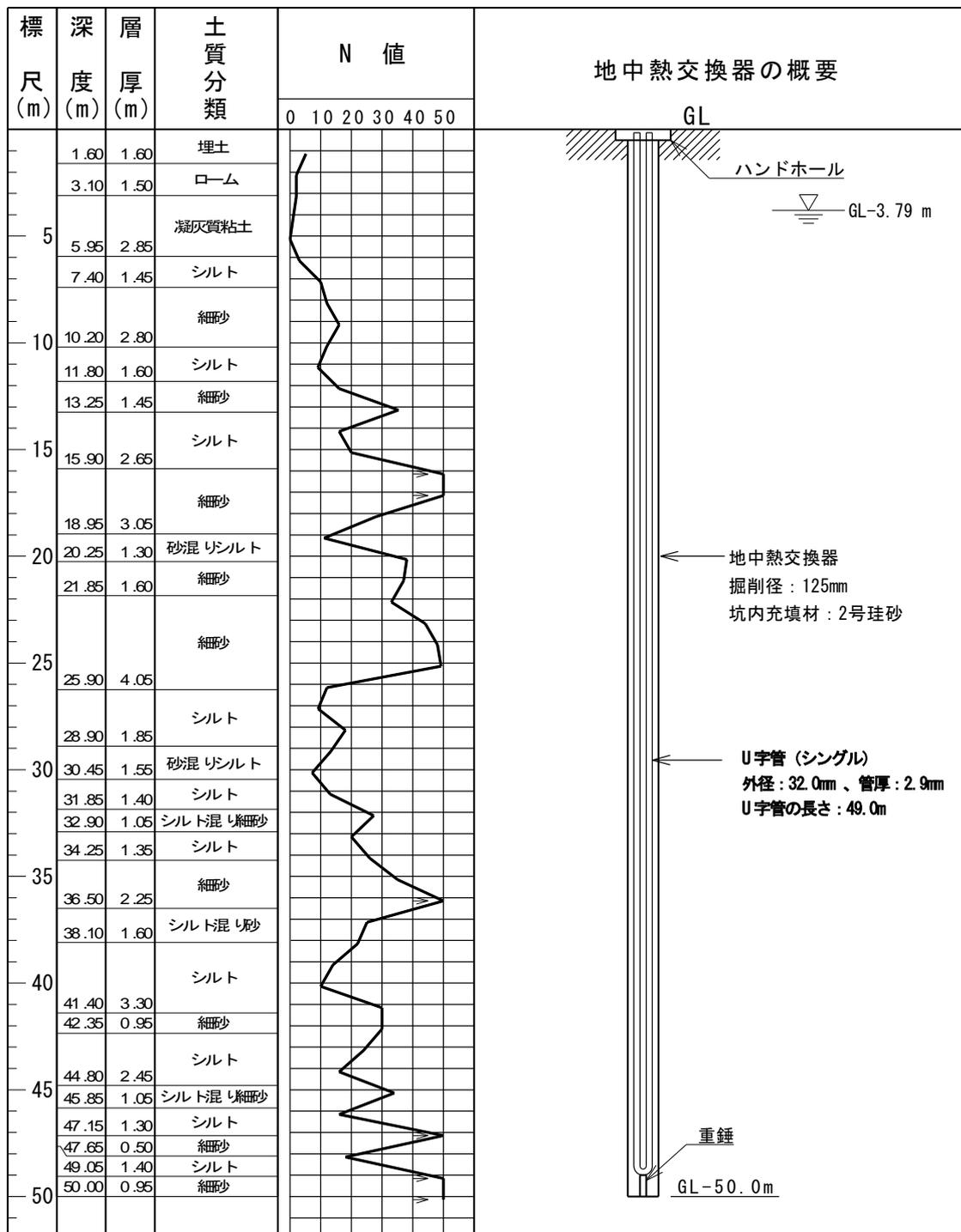


図 3-5 実証試験実施場所の地盤柱状図及びN値

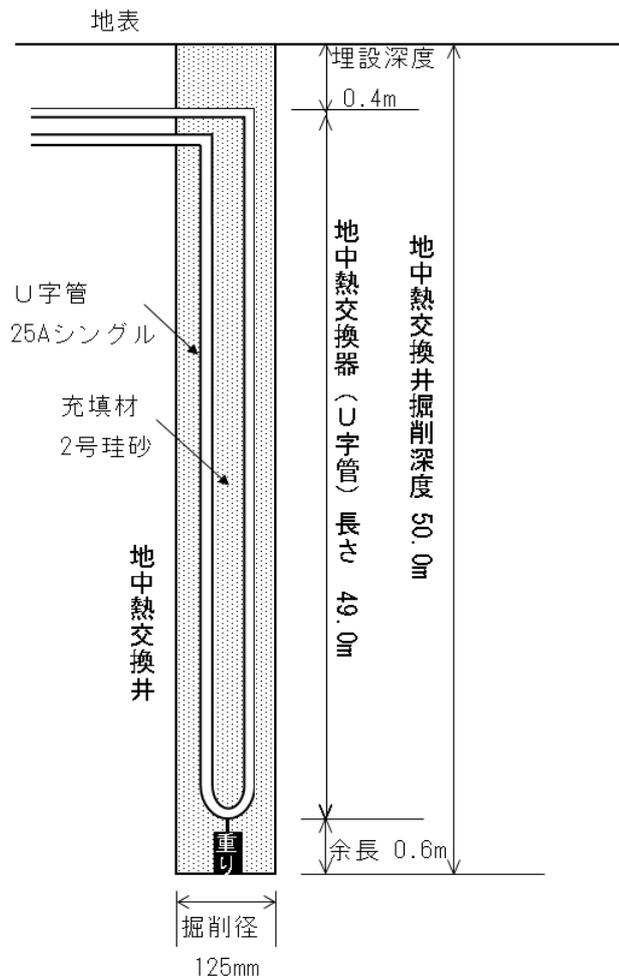


図 3-6 地中熱交換井の仕様

(3) U字管

製品名： 高密度ポリエチレン PE100 製U字管 TRINA 1900 SERIES HPDE PIPE
 25AU字管(OD32 PE100 SDR11)

製造元： Time Plastic Co., Ltd.

輸入・販売： ジオシステム株式会社

表 3-3 U字管のサイズ

品名	外径 (mm)	肉厚 (mm)	近似内径 (mm)	先端サイズ 参考 W(mm)
25AU字管	32	2.9	26.5	85



(4) ヒートポンプ

本システムのヒートポンプは、MDI 株式会社製の水熱源空気熱源ハイブリッドタイプヒートポンプチャラーを使用している。このヒートポンプでは、冷房と暖房の切り替えはヒートポンプ内部の四方弁によるのではなく、一次側と二次側の熱媒配管とヒートポンプとの接続を、ヒートポンプ外に設置してあるバルブ操作で切り替えることにより行っている。このため、このヒートポンプの熱媒の出入り口は、一般のヒートポンプのように一次側と二次側が固定されているのではなく、冷水出入口と温水出入口が固定されている。すなわち、冷房時には冷水出入口が二次側となり、暖房時には温水出入口が二次側となる。

冷房時、暖房時におけるヒートポンプと一次側、二次側配管の接続状況を図 3-7 に示す。

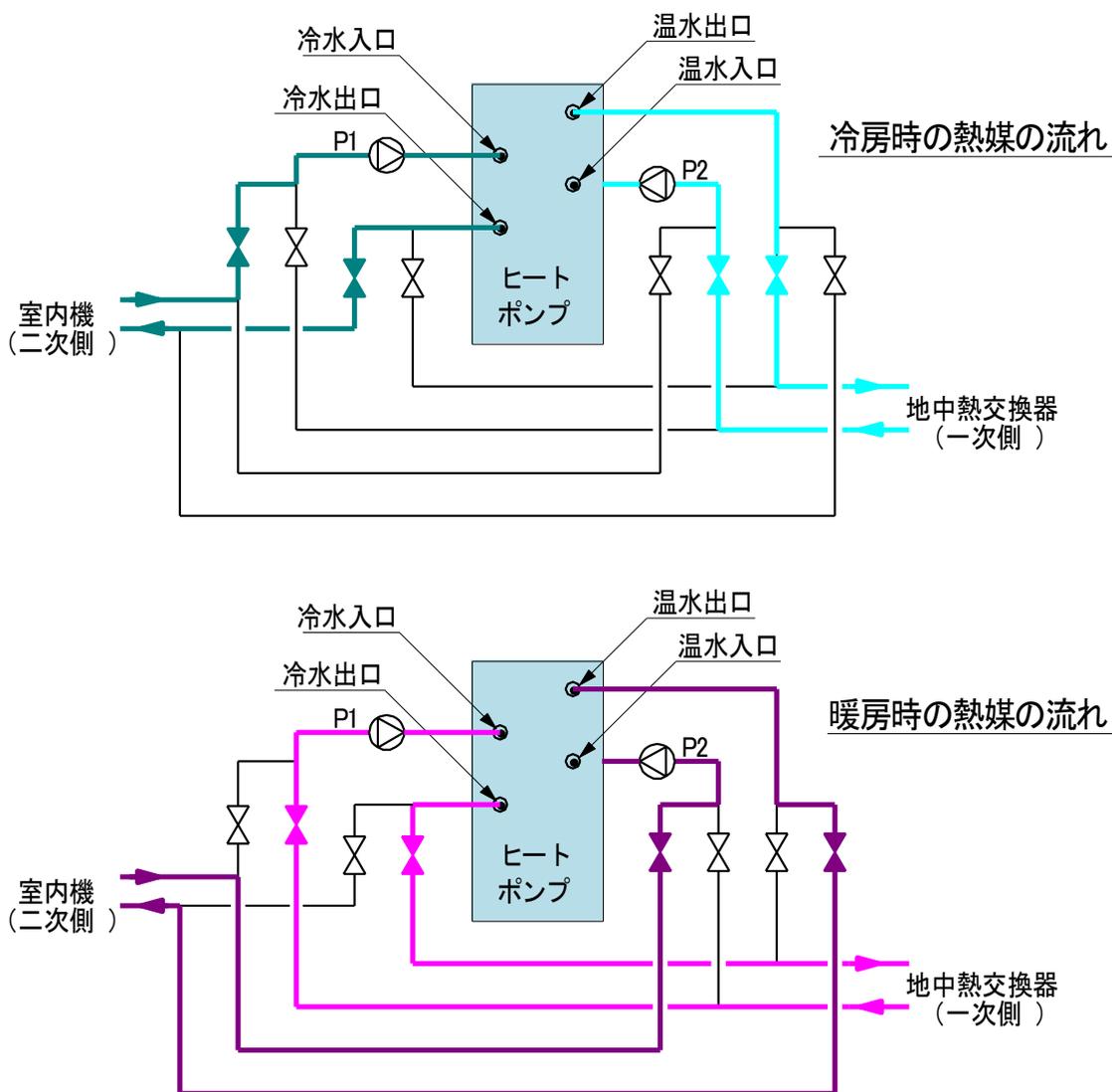


図 3-7 冷房時、暖房時の地中熱ヒートポンプの接続状況

ヒートポンプのカタログを図 3-8 に、ヒートポンプ内部のシステムフローを図 3-9 に示す。
 ヒートポンプは、水熱源（地中熱源）と空気熱源とを使い分けることができる。水熱源と空気熱源の切り替えは、冷水または温水の入口温度のあらかじめ設定された温度と内蔵温度センサーの計測温度との比較によって自動的に切り替わる。この ETV 実証試験では地中熱源での試験が目的であるので、設定温度は空気熱源での運転にはならないように設定した。

外観							
名称	Cool de ホット 2号						
品番	MDIHP-H/C-W/A/W-1HP	MDIHP-H/C-W/A/W-2HP	MDIHP-H/C-W/A/W-3HP				
入力電力 KW	0.75(1HP)	1.5(2HP)	2.2(3HP)				
電源	200V/単相 50又は60hz	200V/単相 50又は60hz	200V/単相 50又は60hz				
出力 KW (目安)	冷却時	空/水 2.5 水/水 3.1	空/水 5.1 水/水 6.5	空/水 7.0 水/水 8.6			
	加熱時	3.2 3.9	5.8 7.2	8.5 10.5			
熱交換器	熱源側	SUS316 プレート式 or ファンコイル	SUS316 プレート式 or ファンコイル	SUS316 プレート式 or ファンコイル			
	出力側	SUS316 プレート式	SUS316 プレート式	SUS316 プレート式			
付属	循環ポンプ(おまけ) 有線リモコン						
オプション	フロースイッチ 1HPモデルのみ単相100V、60Hz仕様選択可 熱源側:外付けPVCシェルチタンコイル蒸発・凝縮器						
適用水質	清水/不凍液						
用途	空気冷却又は水冷却+水加熱 空気加熱+水冷却/水加熱+水冷却						

図 3-8 ヒートポンプのカタログ

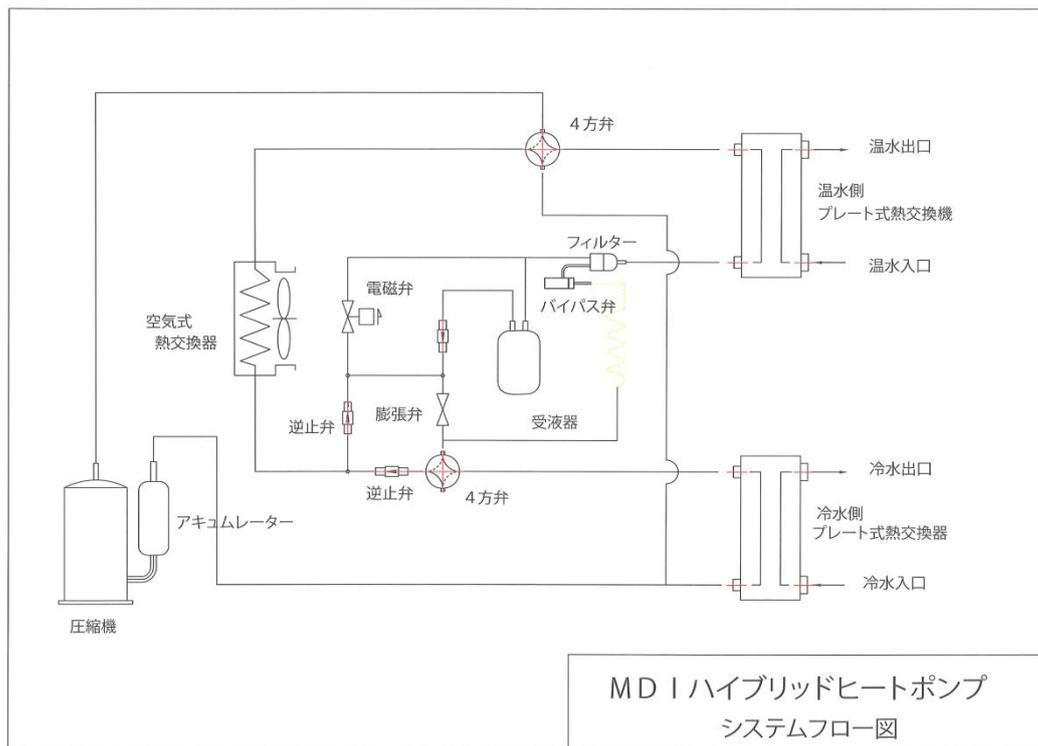


図 3-9 ヒートポンプ内部のシステムフロー図

3.4 実証対象技術の現地の写真



写真1 株式会社 PEC 事務所



写真2 システムの全体配置

手前が地中熱交換井、小屋の中には配管設備、
 白いのが地中熱源空気熱源併用ヒートポンプ

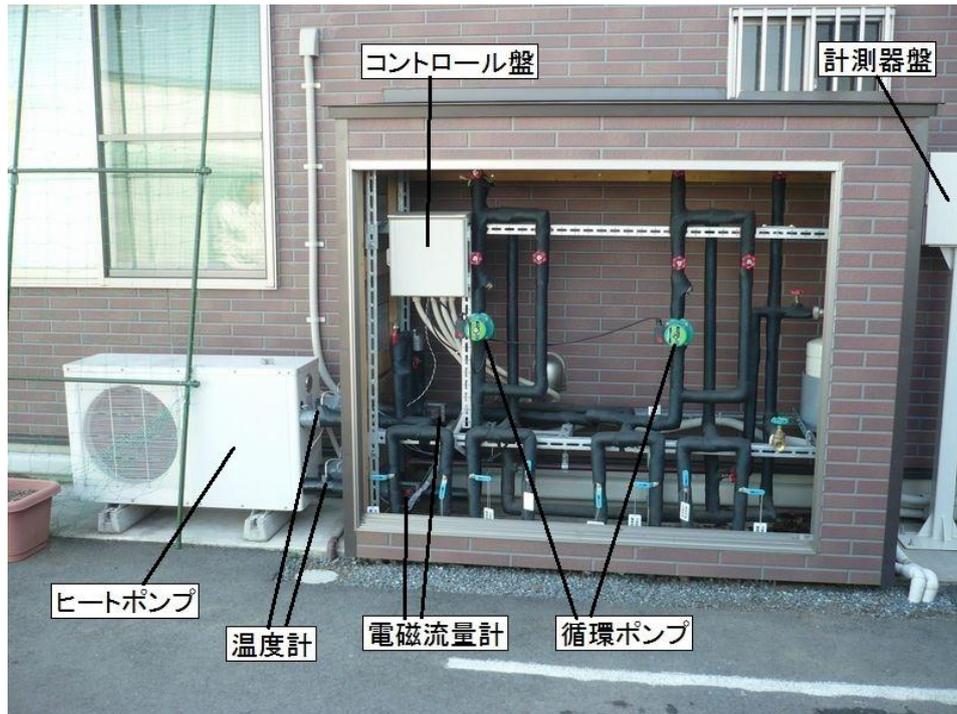


写真3 ヒートポンプと配管小屋の内部



写真4 配管設備に取り付けた電磁流量計



写真5 ヒートポンプ入口出口温度計



写真6 地中熱交換井の地上部

(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		埼玉県桶川市の株式会社PEC事務所における地中熱利用冷暖房システム (英文表記: Ground-source heat pump system at the PEC Office, Okegawa City, Saitama Prefecture)		
製品名・型番		—		
製造(販売)企業名		株式会社PEC (英文表記: PEC Co., Ltd.)		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 048-727-0111	FAX : 048-728-2890	
	ウェブサイト アドレス	http://www.pecbor.cc/		
	E-mail	info@pecbor.cc		
設置条件		地中熱交換井を掘削できる敷地があれば、地中熱利用冷暖房システムはどこでも設置可能です。当社はコンパクトな SP-8000 型ボーリングマシンを所有していますので、最低限必要な敷地面積は約 4m×10m 程度です。		
メンテナンスの必要性・コスト・耐水性・製品寿命等		地中熱利用冷暖房システムは一般には特別なメンテナンスの必要性はほとんどありません。3年に1度程度の点検をお勧めします。本実証対象技術のシステムは既に3年半使用していますが、その間特別のメンテナンスはせずに運転しています。		
施工性		施工性は自由度が高く、敷地と利用建物の条件に応じて、施工が可能です。		
コスト概算		イニシャルコスト		
		機 器	数 量	
		地中熱交換井掘削工事 @50m	2本	約 120 万円
		地中熱ヒートポンプシステム 配管工事、室内機等		
		合 計		約 250 万円

○ その他実証申請者または開発者からの情報

当社は、地盤調査や井戸工事を主にしてきた会社ですが、現在は地中熱利用のためのボーリング孔掘削やサーマルレスポンス試験を主な業務としています。
 施工範囲としては、ボアホール工事からサーマルレスポンス試験、1次側横引き配管（ヒートポンプ繋ぎ込みまで）を自社にて一括施工いたします。
 本実証試験の地中熱利用冷暖房システムは、当社が地中熱利用の施工事業をするにあたり、2010年に自社の事務所に設置して、実際に使用しながらシステムの研究に供しているものです。3年以上前のシステムなのですでに旧式となっていますが、現在ではさらに進んだシステムの設置が可能です。

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) のシステム全体の実証試験では、実使用状態の建物で地中熱を利用した冷暖房を行い、実証項目である【冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP)】、【冷房期間のシステム消費電力】、【冷房期間の地中への排熱量】、【実証試験期間の平均システムエネルギー効率 (COP_{ETV})】、【暖房期間のシステムエネルギー効率】、【暖房期間のシステム消費電力】、【暖房期間の地中からの採熱量】を求め、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止効果を実証する。

実証単位 (C) の地中熱交換部では、サーマルレスポンス試験によって【地中熱交換井の熱抵抗】、【土壌部分の熱伝導率】を実証するとともに、既存資料によって熱媒循環部 (U字管) と熱媒の特性を示すものと規定されている。

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 に、測定項目を表 4-1 (①~⑫の番号は図 4-1 と同じ) に、試験に使用した測定機器、記録装置の一覧を表 4-2 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。

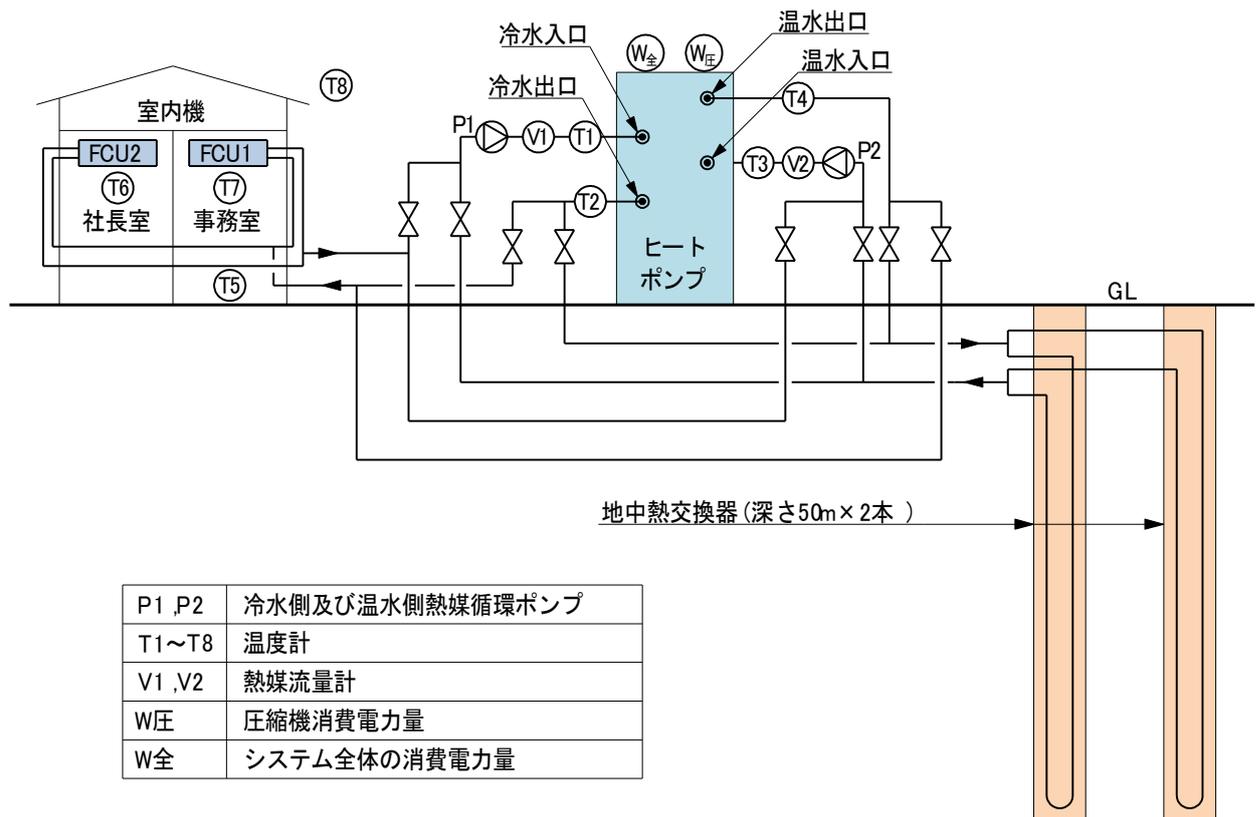


図 4-1 実証試験実施施設の計測器の配置

表 4-1 測定項目

測定項目	記号	単位	測定機器
(1) 必須項目の計測			
①冷水側熱媒のヒートポンプ入口温度	T ₁	℃	測温抵抗体 Pt100
②冷水側熱媒のヒートポンプ出口温度	T ₂	℃	測温抵抗体 Pt100
③温水側熱媒のヒートポンプ入口温度	T ₃	℃	測温抵抗体 Pt100
④温水側熱媒のヒートポンプ出口温度	T ₄	℃	測温抵抗体 Pt100
⑤冷水側熱媒流量	V ₁	L/min	電磁流量計
⑥温水側熱媒流量	V ₂	L/min	電磁流量計
⑦圧縮機の消費電力量 (圧縮機のみ)	W _圧	Wh	電力積算計
⑧システム全体の消費電力量 (圧縮機、循環ポンプ 1、循環ポンプ 2、制御電力の合計)	W _全	Wh	電力積算計
(2) 任意の計測			
⑨事務室の室内床温度	T ₅	℃	熱電対
⑩社長室の室内気温	T ₆	℃	熱電対
⑪事務室の室内気温	T ₇	℃	熱電対
⑫外気温	T ₈	℃	熱電対

表 4-2 測定機器、記録装置の詳細

測定機器	記号	メーカー・型式	仕様・精度
温度センサー	T ₁ 、T ₂ 、T ₃ 、T ₄	日本電測株式会社製、 測温抵抗体 Pt100	JIS クラス B 精度：± (0.3+0.005 t) °C
	T ₅ 、T ₆ 、T ₇ 、T ₈	日本電測株式会社製、 T 型熱電対	クラス 2 精度：±1.0°C
流量計	V ₁ 、V ₂	株式会社キーエンス製 電磁流量計 FD-M50AY	定格最大流量 50L/min 精度：±1%FS(10s)
電力量計	W _圧 、W _全	パナソニック株式会社製 電力積算計 エコパワーメータ ー KW4M	±2.0%以内
データロガー		オムロン株式会社製 データロガー ZR-RX45	

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 4-3 に示す。

表 4-3 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	空調の運転時間 普通は朝 8:00 から夕方 7:00 頃まで (残業状況等により変化する)。
試験期間	実証試験期間：平成 25 年 7 月 20 日～平成 26 年 2 月 2 日 ・冷房期間：平成 25 年 7 月 20 日～平成 25 年 9 月 30 日 ・暖房期間：暖房開始日 (平成 25 年 11 月 9 日) ～平成 26 年 2 月 2 日
冷房期間の計測状況	・平成 25 年 7 月 20 日測定開始 ・7 月 28 日～8 月 1 日は欠測。計測器の不調のため ・9 月 5 日～9 月 8 日は欠測。4 日に落雷で停電となったため。 ・冷房期間のうち、一日中空調システムを運転しなかった日は 17 日間 (休日など)

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 5-2 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 5-2 試験結果総括表の①、②、③などと同じである。

以下には冷房期間の解析例を示すが、暖房期間の解析は冷水側と温水側を切り替えて同様に計算した。

(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 20 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 9 日を開始日とし、実際に測定を終了した 2 月 2 日を終了日とした。

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」と規定されているので、実際に測定を終了した 2 月 2 日を終了日とした。

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。

5) 空調システムの運転時間の積算 (②)

空調システムの運転時間とは、空調システムのスイッチが ON となっている時間である。すなわち、ユーザーが朝空調のスイッチを入れた時刻から夕方空調のスイッチを切った時刻までの積算である。その間、ヒートポンプ自体は設定温度に応じて自動的に動いたり止まったりする。本実証試験では、循環ポンプの運転時間の積算として把握することができなかった。そこで、ユーザーがスイッチを入れたり切ったりした時刻の記録はないが、ユーザーは頻りにスイッチを入り切りしていないことを聞き取りで確認したので、1 分ごとの実測記録から空調システムの運転時間を読み取って、ここに示した。

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)

$$\text{稼働率}[\%] = \frac{\text{圧縮機の運転時間の積算}[\text{h}]}{\text{空調システムの運転時間の積算}[\text{h}]} \times 100$$

④=③÷② である。

なお、稼働率の計算方法は、今年度は以前の年度から変更したため、表 5-2 試験結果総括表には、以前の計算方法で算出した数値と計算式も示して、以前の報告書との比較ができるようにした。

(2) 消費電力量の解析

測定項目のうち、「圧縮機の消費電力量 $W_{\text{圧}}$ 」は、ヒートポンプの圧縮機のみを測定している。「システム全体の消費電力量 $W_{\text{全}}$ 」は、圧縮機、循環ポンプ 1、循環ポンプ 2、制御電力の合計の電力量を測定している。制御電力量は、常に一定で 20W である。各消費電力量は次のようにして求めた。

1) 圧縮機の消費電力量 ($W_{\text{圧}}$) (⑤、⑥)

期間中の総和 (⑤) は、 $W_{\text{圧}}$ の測定値である。

時間平均値 (⑥) は、⑥=⑤÷③ である。

2) システム全体の消費電力量 ($W_{\text{全}}$) (⑦、⑧)

期間中の総和 (⑦) は、 $W_{\text{全}}$ の測定値である。

時間平均値 (⑧) は、⑧=⑦÷③ である。

3) 循環ポンプ 1 台あたりの消費電力量 ($W_{\text{ポ1}}$ 、 $W_{\text{ポ2}}$) (⑨、⑩)

循環ポンプ 1 の消費電力量 ($W_{\text{ポ1}}$)、および循環ポンプ 2 の消費電力量 ($W_{\text{ポ2}}$) は、

$$W_{\text{ポ1}} + W_{\text{ポ2}} = W_{\text{全}} - W_{\text{圧}} - \text{制御電力量}$$

ここで、循環ポンプ 1 と循環ポンプ 2 は同じ型式の製品であり、ほとんど同時に運転する。また、循環ポンプの流量は、1 次側が 20L/min、2 次側が 15L/min であるが、この流量範囲では 2 台の循環ポンプの消費電力量はほぼ等しい。したがって、期間中の総和 (⑨) は、循環ポンプ 1 台あたりの消費電力量として、次の式で求めた。

循環ポンプ 1 台あたりの消費電力量の期間中の総和 (⑨) は、

$$\begin{aligned} \text{⑨} &= (W_{\text{ポ1}} + W_{\text{ポ2}}) \div 2 \\ &= (W_{\text{全}} - W_{\text{圧}} - \text{制御電力量}) \div 2 \end{aligned}$$

時間平均値 (⑩) は、⑩=(⑧-⑥-0.02)÷2 である。

なお、冷房期間には $W_{\text{ポ2}}$ が 1 次側熱媒循環ポンプの消費電力量、 $W_{\text{ポ1}}$ が 2 次側熱媒循環ポンプの消費電力量となる。また、暖房期間には $W_{\text{ポ1}}$ が 1 次側熱媒循環ポンプの消費電力量、 $W_{\text{ポ2}}$ が 2 次側熱媒循環ポンプの消費電力量となる。

4) 圧縮機と循環ポンプ 1 台の合計の消費電力量 (⑪、⑫)

期間中の総和 (⑪) は、⑪=⑤+⑨ である。

時間平均値 (⑫) は、⑫=⑪÷③ である。

(3) 熱量

1) 2 次側冷暖房生成熱量 (⑬、⑭)

この実証試験では 2 次側の熱媒の温度・流量を測定しているため、そのデータから 2 次側生成熱量を算出した。

実証試験要領の p.22 の式 (4) によれば、

$$\text{測定期間中の生成熱量の総和} = \sum_{\text{試験期間}} \left(|T_{2\text{次側-1}} - T_{2\text{次側-2}}| \cdot V_{2\text{次側}} \cdot c \cdot \rho \right) \quad (1\text{式})$$

である。

2 次側冷暖房生成熱量の期間中の総和 (13) は、上記の (1 式) で算出する。

2 次側冷暖房生成熱量の時間平均値 (14) は、 $(14) = (13) \div (3)$ である。

ここで、実証対象技術のヒートポンプは、冷房期間と暖房期間とで、冷水側と温水側とが切り替わるので、

冷房期間は、 $T_{2 \text{ 次側-1}}$ は測定項目の T_1 、 $T_{2 \text{ 次側-2}}$ は測定項目の T_2 、 $V_{2 \text{ 次側}}$ は測定項目の V_1 である。

暖房期間は、 $T_{2 \text{ 次側-1}}$ は測定項目の T_3 、 $T_{2 \text{ 次側-2}}$ は測定項目の T_4 、 $V_{2 \text{ 次側}}$ は測定項目の V_2 である。

c は熱媒の比熱であり、 ρ は熱媒の比重である。

熱媒はウエストブライン PB の 42%希釈液であるが、その比熱と比重は温度の関数として、資料のグラフに示されている。ここで、冷房期間の T_1 は約 8°C、 T_2 は約 4°C なので、グラフより冷房期間の熱媒の比熱 c は 3.9[J/g・K]、熱媒の比重 ρ は 1.03[g/cm³] である。

2) 冷房期間の地中への排熱量 (15)、(16)

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する。この計算式は上記の (1 式) の 2 次側を 1 次側に変更した (2 式) となる。

$$\text{測定期間中の生成熱量の総和} = \sum_{\text{試験期間}} \left(|T_{1 \text{ 次側-1}} - T_{1 \text{ 次側-2}}| \cdot V_{1 \text{ 次側}} \cdot c \cdot \rho \right) \quad (2 \text{ 式})$$

冷房期間の地中への排熱量の期間中の総和 (15) は、上記の (2 式) で算出する。

冷房期間の地中への排熱量の時間平均値 (16) は、 $(16) = (15) \div (3)$ である。

冷房期間は、 $T_{1 \text{ 次側-1}}$ は測定項目の T_3 、 $T_{1 \text{ 次側-2}}$ は測定項目の T_4 、 $V_{1 \text{ 次側}}$ は測定項目の V_2 である。

c は熱媒の比熱であり、 ρ は熱媒の比重である。

熱媒はウエストブライン PB の 42%希釈液であるが、その比熱と比重は温度の関数として、添付資料のグラフに示されている。ここで、冷房期間の T_3 は約 26°C、 T_4 は約 31°C なので、グラフより冷房期間の熱媒の比熱 c は 3.9[J/g・K]、熱媒の比重 ρ は 1.02[g/cm³] である。

3) 暖房期間の地中からの採熱量 (17)、(18)

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する。この計算式は上記の (1 式) の 2 次側を 1 次側に変更した (2 式) となる。

$$\text{測定期間中の生成熱量の総和} = \sum_{\text{試験期間}} \left(|T_{1 \text{ 次側-1}} - T_{1 \text{ 次側-2}}| \cdot V_{1 \text{ 次側}} \cdot c \cdot \rho \right) \quad (2 \text{ 式})$$

暖房期間の地中からの採熱量の期間中の総和 (17) は、上記の (2 式) で算出する。

暖房期間の地中からの採熱量の時間平均値 (18) は、 $(18) = (17) \div (3)$ である。

暖房期間は、 $T_{1 \text{ 次側-1}}$ は測定項目の T_3 、 $T_{1 \text{ 次側-2}}$ は測定項目の T_4 、 $V_{1 \text{ 次側}}$ は測定項目の V_2 である。

c は熱媒の比熱であり、 ρ は熱媒の比重である。

熱媒はウエストブライン PB の 42%希釈液であるが、その比熱と比重は温度の関数として、資料のグラフに示されている。ここで、暖房期間の T_3 と T_4 の温度から、グラフより冷房期間の熱媒の比熱 c と熱媒の比重 ρ を求めるものである。しかし、後に述べるように、暖房期間の解析はしないことにしたので、ここでは読み取っていない。

(4) 部分負荷率 (19)

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、6.5kW、暖房期間のシステムの定格能力は 7.2kW 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⑭である。

したがって、

冷房期間の部分負荷率は、⑰ = ⑭ / 6.5 である。

暖房期間の部分負荷率は、⑰ = ⑭ / 7.2 である。

(5) エネルギー効率 (システム COP、COP_{ETV}) (⑳、㉑、㉒)

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 1 次側循環ポンプを含む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、2 次側循環ポンプ、制御電力を合せた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 (㉑)

㉑ = ⑬ ÷ 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、1 次側循環ポンプを含むシステム COP) (㉒)

㉒ = ⑬ ÷ (⑤ + ⑨) である。

3) 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、1 次側循環ポンプ、2 次側循環ポンプ、制御電力を含むシステム COP) (㉓)

㉓ = ⑬ ÷ ⑦ である。

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 5-2 に示す。

本節以降、5.2、5.3 においても、必須項目である冷房期間の試験結果のみを示す。任意項目である暖房期間の試験結果等については、5.4 を参照のこと。

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)	3.25
		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)	1.15kW
		c. 冷房期間の地中への排熱量	5.14kW
	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}	—
		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)	—
		f. 暖房期間のシステム消費電力	—
		g. 暖房期間の地中からの採熱量	—

表 5-2 実証単位 (A) 冷暖房試験結果総括表

項目		単位	冷房期間	暖房期間	計算式と注釈
期間・日数	各試験期間	—	平成 25 年 7 月 20 日 ～ 平成 25 年 9 月 30 日	平成 25 年 11 月 9 日 ～ 平成 26 年 2 月 2 日	—
	各測定期間の日数	① 日	64	86	暦日数－欠測日数
	空調システムの運転時間の積算	② 時間	428.7		実測値 (循環ポンプの運転 時間で把握)
	圧縮機の運転時間の積算	③ 時間	373.9		実測値
	稼働率	④ %	87.2 24.3		④ = ③ ÷ ② ④ = ③ ÷ (① × 24hr)
消費電力量	圧縮機	期間中の総和	⑤ kWh	397.4	実測値
		時間平均値	⑥ kW	1.06	⑥ = ⑤ ÷ ③
	システム全体	期間中の総和	⑦ kWh	496.8	実測値
		時間平均値	⑧ kW	1.33	⑧ = ⑦ ÷ ③
	循環ポンプ 1 台 あたり	期間中の総和	⑨ kWh	45.9	計算値
		時間平均値	⑩ kW	0.13	⑩ = (⑧ - ⑥ - 0.02) ÷ 2
圧縮機と循環ポンプ 1 台の合計	期間中の総和	⑪ kWh	443.3	⑪ = ⑤ + ⑨	
	時間平均値	⑫ kW	1.19	⑫ = ⑪ ÷ ③	
熱量	二次側冷暖房生成 熱量	期間中の総和	⑬ kWh	1442.1	(本文参照)
		時間平均値	⑭ kW	3.86	⑭ = ⑬ ÷ ③
	冷房期間の地中 への排熱量	期間中の総和	⑮ kWh	1920.7	(本文参照)
		時間平均値	⑯ kW	5.14	⑯ = ⑮ ÷ ③
	暖房期間の地中 からの採熱量	期間中の総和	⑰ kWh	—	(本文参照)
		時間平均値	⑱ kW	—	⑱ = ⑰ ÷ ③
部分負荷率	—	⑲ %	59.4	⑭/6.5、⑱/7.2*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)	⑳ —	3.63	⑳ = ⑬ ÷ 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、1 次側循環ポンプを含むシス テム COP)	㉑ —	3.25	㉑ = ⑬ ÷ (⑤ + ⑨)	
	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、1 次側循環ポンプ、2 次側循 環ポンプ、制御電力を含むシステ ム COP)	㉒ —	2.90	㉒ = ⑬ ÷ ⑦	

*1 **太字下線**の数値は実証項目の必須項目を、**太字**の数値は実証項目の任意項目を、他は参考項目表す。

*2 部分負荷率の計算に用いた定格能力：冷房能力=6.5kW、暖房能力=7.2kW

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(11)に示す。なお、冷房期間は平成 25 年 7 月 20 日～9 月 30 日である。

(1) 日積算熱量

- ・冷水熱量：二次側の生成熱量の 1 日の積算値
- ・温水熱量：一次側の熱媒が地中に排熱した熱量の 1 日の積算値

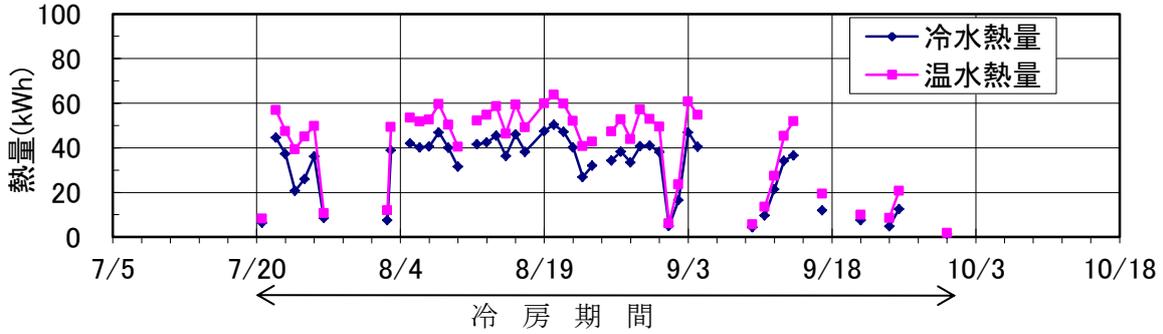


図 5-1(1) 日積算熱量 [kWh] (絶対値)

(2) 日積算消費電力量

- ・HP 消費電力：ヒートポンプの消費電力量の 1 日の積算値
- ・システム消費電力：ヒートポンプ、一次側循環ポンプ、二次側循環ポンプ、制御用の合計の電力量の 1 日の積算値
- ・循環 P 電力 2 台：一次側循環ポンプ 2 台の消費電力量の 1 日の積算値

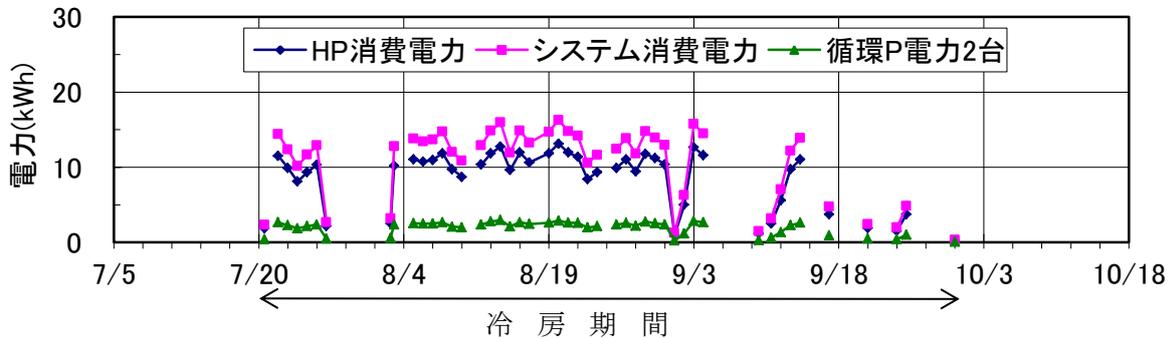


図 5-1(2) 日積算消費電力量 [kWh]

(3) 部分負荷率

- ・部分負荷率：一日の部分負荷率の平均値

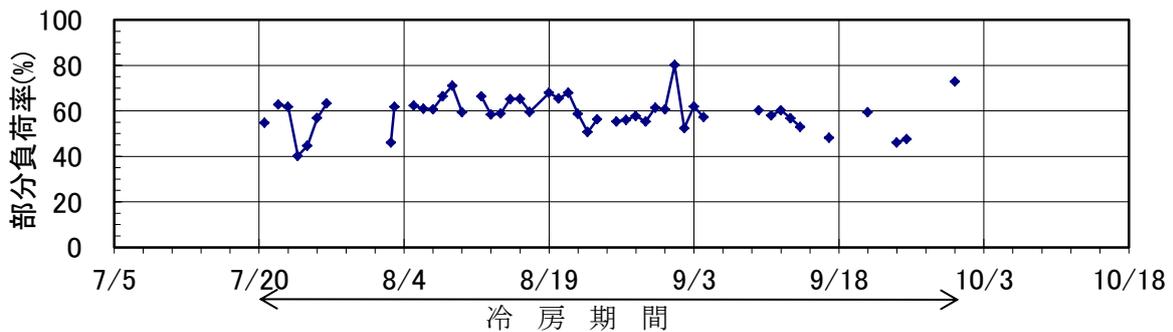


図 5-1(3) 部分負荷率

(4) エネルギー効率 (COP)

- ・COP (ヒートポンプ単独) : ヒートポンプ単独の電力量のみで算出した COP
- ・システム COP1 : ヒートポンプと一次側循環ポンプの合計の電力量から算出した COP
- ・システム COP2 : ヒートポンプ、一次側循環ポンプ及び二次側循環ポンプの合計の電力量から算出した COP

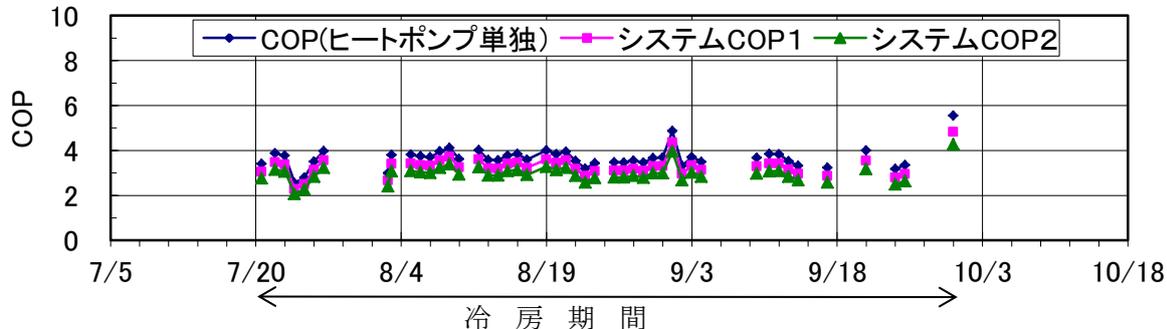


図 5-1(4) エネルギー効率 [COP]

(5) ヒートポンプ稼働時間

- ・ヒートポンプ稼働時間 : ヒートポンプの一日の稼働時間

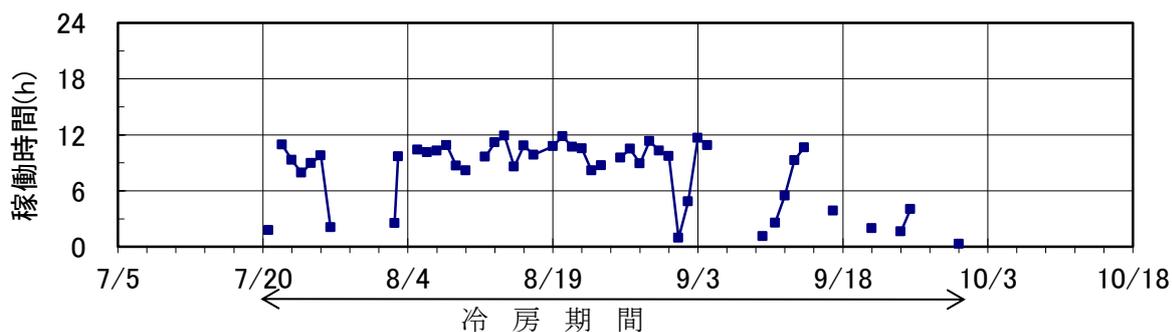


図 5-1(5) ヒートポンプ稼働時間 [h]

(6) 稼働時間平均消費電力

- ・ヒートポンプ電力 : 一日のヒートポンプ消費電力量 / 一日のヒートポンプ稼働時間
- ・システム電力 : 一日のシステム全体の消費電力量 / 一日のシステムの稼働時間
- ・循環ポンプ電力 (2 台) : 一日の一次側と二次側の循環ポンプ 2 台の消費電力量 / 一日の循環ポンプの稼働時間

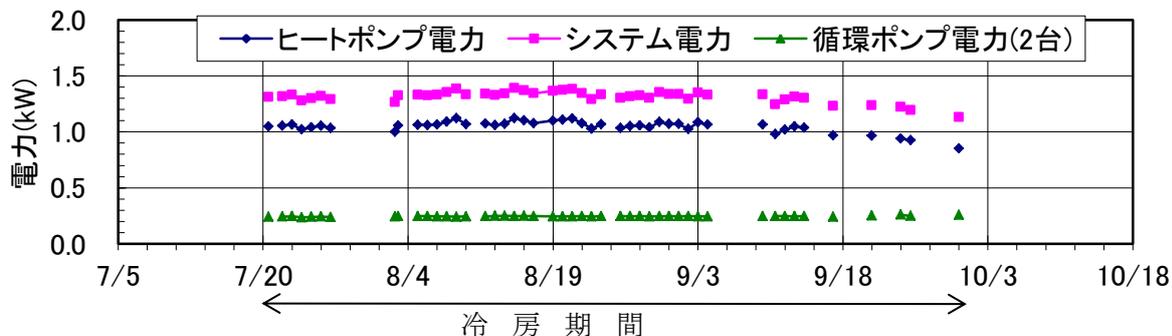


図 5-1(6) 稼働時間平均消費電力 [kW]

(7) 時間平均熱量

- ・冷水熱量：冷水（二次側）の生成熱量の一日の稼働時間平均値
- ・温水熱量：地中に放熱した温水熱量の一日の稼働時間の平均値

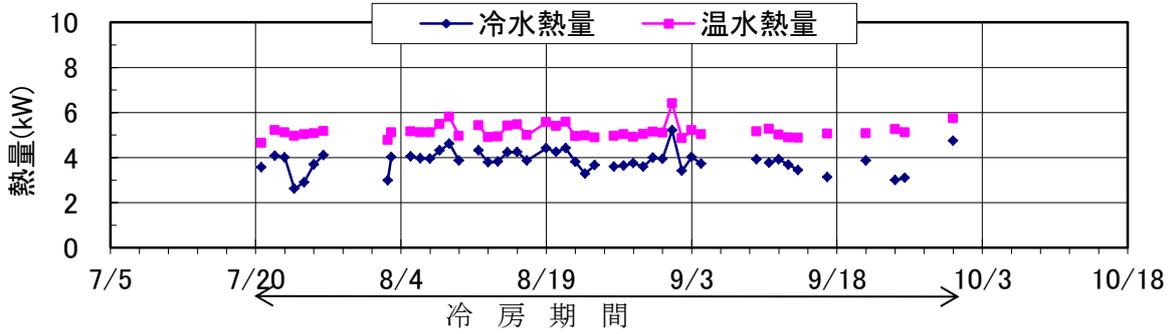


図 5-1 (7) 時間平均熱量 [kW]

(8) 二次側熱媒温度

- ・冷水入口：冷水（二次側）のヒートポンプ入口温度の一日の平均値
- ・冷水出口：冷水（二次側）のヒートポンプ出口温度の一日の平均値
- ・冷水温度差：冷水のヒートポンプ出口と入口の温度差の一日の平均値

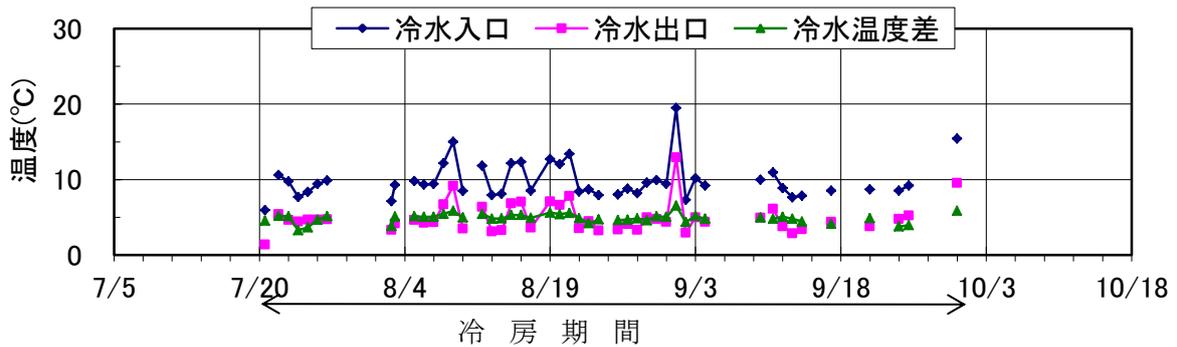


図 5-1 (8) 二次側熱媒温度 [°C]

(9) 一次側熱媒温度

- ・温水入口：温水（一次側、熱源水）のヒートポンプ入口の温度の一日の平均値
- ・温水出口：温水（一次側、熱源水）のヒートポンプ出口の温度の一日の平均値
- ・温水温度差：一次側熱媒のヒートポンプの入口と出口の温度差の一日の平均値

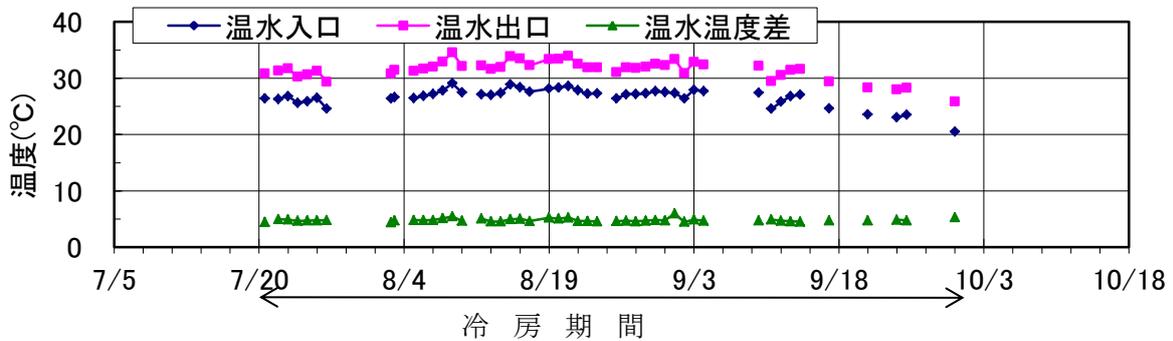


図 5-1 (9) 一次側熱媒温度 [°C]

(10) 外気温・室温

- ・稼働時外気温：稼働時間の外気温の一日の平均値
- ・事務室温：事務室の室温の一日の稼働時間の平均値
- ・社長室温：社長室の室温の一日の稼働時間の平均値
- ・床温度：事務室の床温度

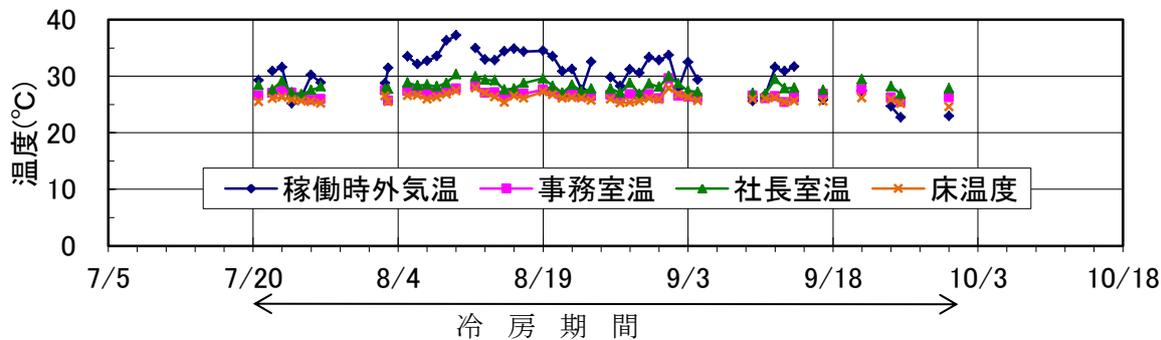


図 5-1(10) 外気温・室温 [°C]

(11) 冷水と温水の流量

- ・冷水流量：冷水（二次側）の流量の一日の平均値
- ・温水流量：温水（一次側）の流量の一日の平均値

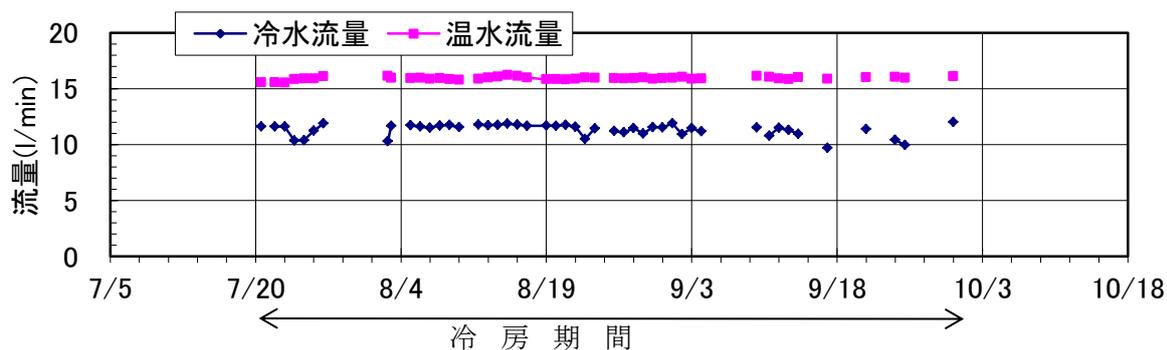


図 5-1(11) 冷水と温水の流量 [L/min]

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 25 年 8 月 6 日 (普通の夏の日) の 1 日のデータを図 5-2(1)~(9) に、8 月 10 日 (猛暑の日) の 1 日のデータを図 5-3(1)~(9) 示す。全てのデータの測定間隔は 1 分である。

5.3.1 8 月 6 日の一日の経時変化

(1) 冷房運転代表日① (平成 25 年 8 月 6 日) の熱量

- ・冷水熱量：冷水 (二次側) の 1 分毎の生成熱量
- ・温水熱量：温水 (一次側) の 1 分毎の地中への排熱量

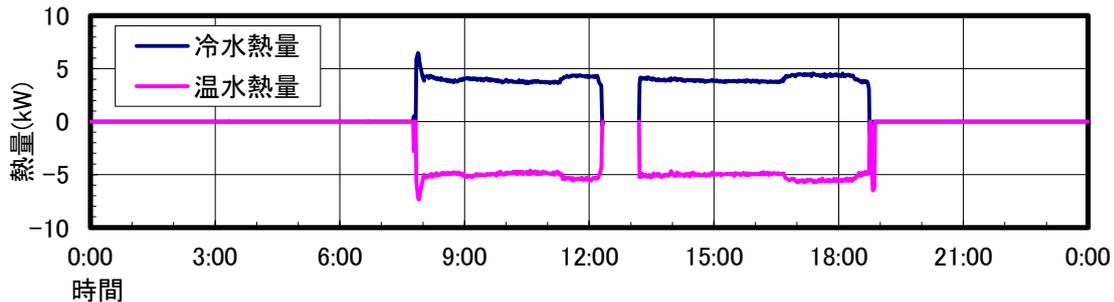


図 5-2(1) 平成 25 年 8 月 6 日の熱量 [kW]

(2) 冷房運転代表日① (平成 25 年 8 月 6 日) の部分負荷率

- ・部分負荷率：1 分毎の部分負荷率

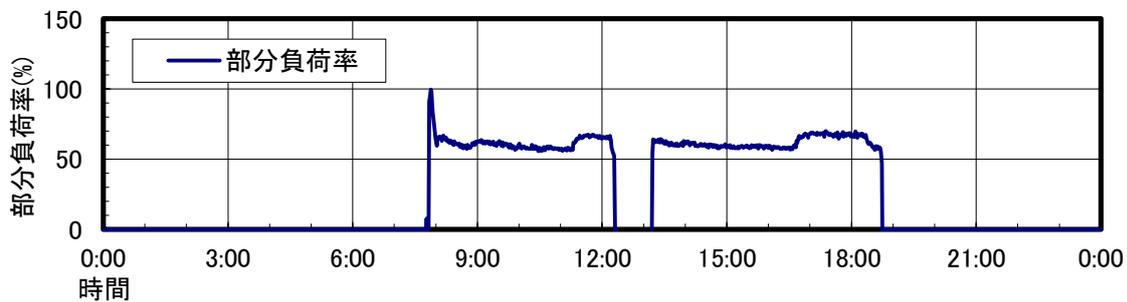


図 5-2(2) 平成 25 年 8 月 6 日の部分負荷率 [%]

(3) 冷房運転代表日① (平成 25 年 8 月 6 日) の消費電力

- ・圧縮機電力：1 分毎のヒートポンプの圧縮機の消費電力
- ・システム電力：1 分毎の圧縮機、一次側循環ポンプ、二次側循環ポンプ、制御の合計の消費電力
- ・循環ポンプ電力：1 分毎の一次側と二次側の循環ポンプの 2 台の合計消費電力

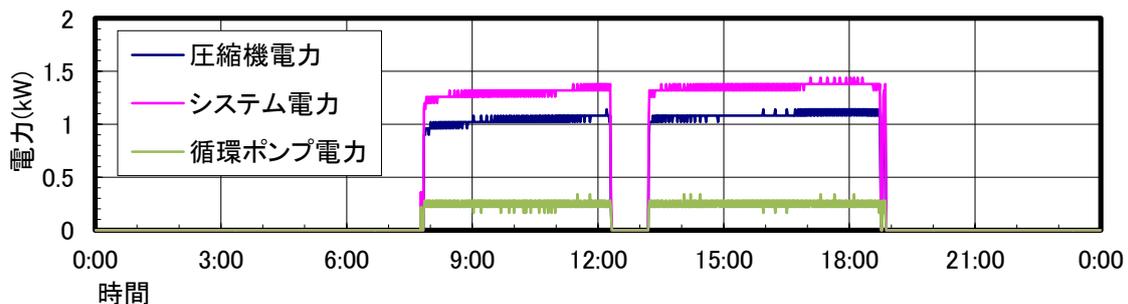


図 5-2(3) 平成 25 年 8 月 6 日の消費電力 [kW]

(4) 冷房運転代表日① (平成 25 年 8 月 6 日) のエネルギー効率

- ・ COP : 1 分毎のヒートポンプ単独のエネルギー効率
- ・ システム COP1 : 1 分毎のヒートポンプと一次側循環ポンプを含むエネルギー効率
- ・ システム COP2 : 1 分毎のヒートポンプと一次側循環ポンプ、二次側循環ポンプ、制御を含むエネルギー効率

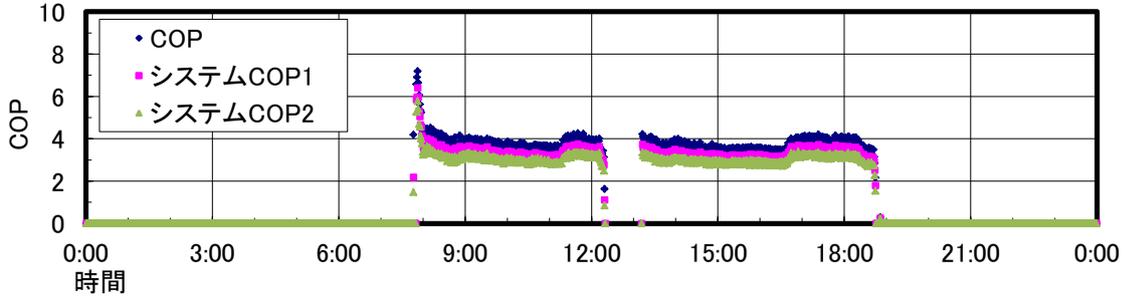


図 5-2(4) 平成 25 年 8 月 6 日のエネルギー効率

(5) 冷房運転代表日① (平成 25 年 8 月 6 日) の冷水と温水の流量

- ・ 冷水流量 : 1 分毎の冷水 (二次側熱媒) の流量
- ・ 温水流量 : 1 分毎の温水 (一次側熱媒) の流量

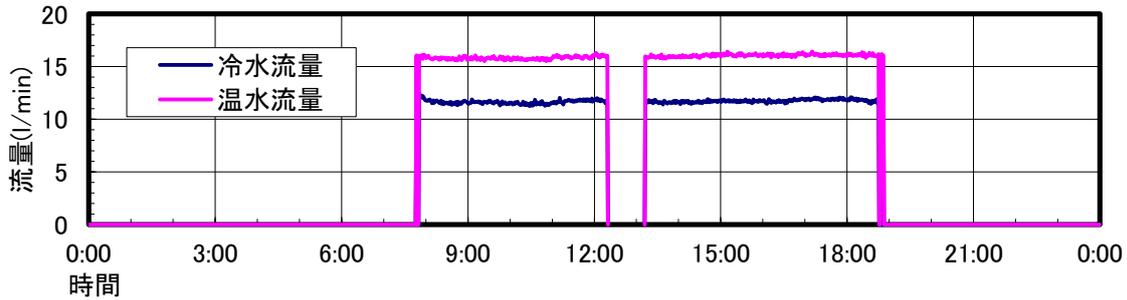


図 5-2(5) 平成 25 年 8 月 6 日 冷水と温水の流量 [L/min]

(6) 冷房運転代表日① (平成 25 年 8 月 6 日) の冷水温度

- ・ 冷水入口温度 : 1 分毎の冷水 (二次側熱媒) のヒートポンプへの入口温度
- ・ 冷水出口温度 : 1 分毎の冷水 (二次側熱媒) のヒートポンプからの出口温度

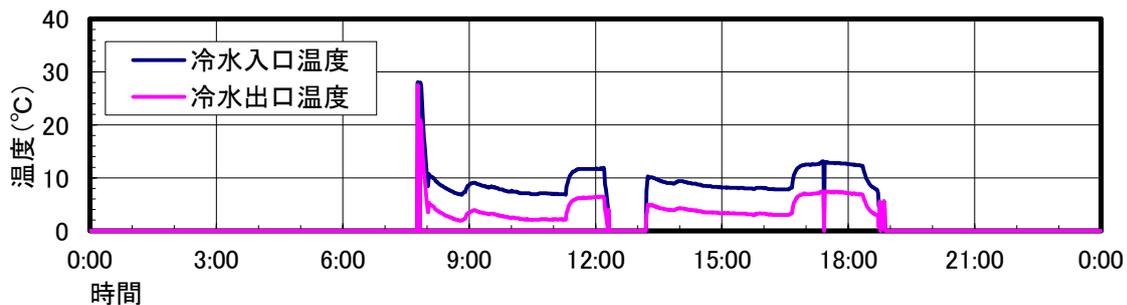


図 5-2(6) 平成 25 年 8 月 6 日の冷水温度 [°C]

(7) 冷房運転代表日①(平成 25 年 8 月 6 日)の温水温度

- ・温水入口温度：1 分毎の温水（一次側）のヒートポンプへの入口温度
- ・温水出口温度：1 分毎の温水（一次側）のヒートポンプからの出口温度

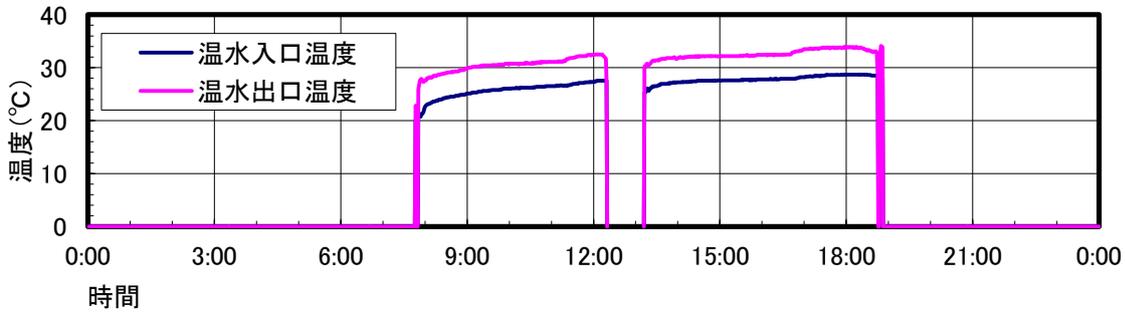


図 5-2(7) 平成 25 年 8 月 6 日の温水温度 [°C]

(8) 冷房運転代表日①(平成 25 年 8 月 6 日)の冷水と温水の入口出口温度差

- ・冷水温度差：1 分毎の冷水の入口と出口の温度差
- ・温水温度差：1 分毎の温水の入口と出口の温度差

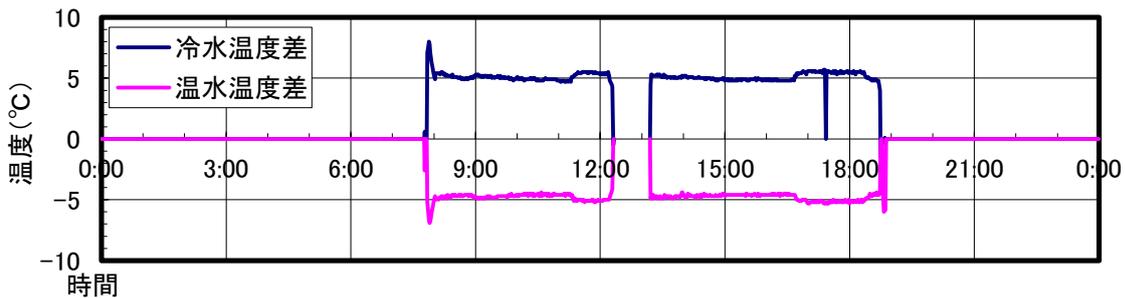


図 5-2(8) 平成 25 年 8 月 6 日の冷水と温水の入口出口温度差 [°C]

(9) 冷房運転代表日①(平成 25 年 8 月 6 日)の外気温、室温

- ・外気温：1 分毎の外気温
- ・事務室温度：1 分毎の事務室の室温
- ・社長室温度：1 分毎の社長室の室温
- ・床温度：1 分毎の事務室の床面の気温

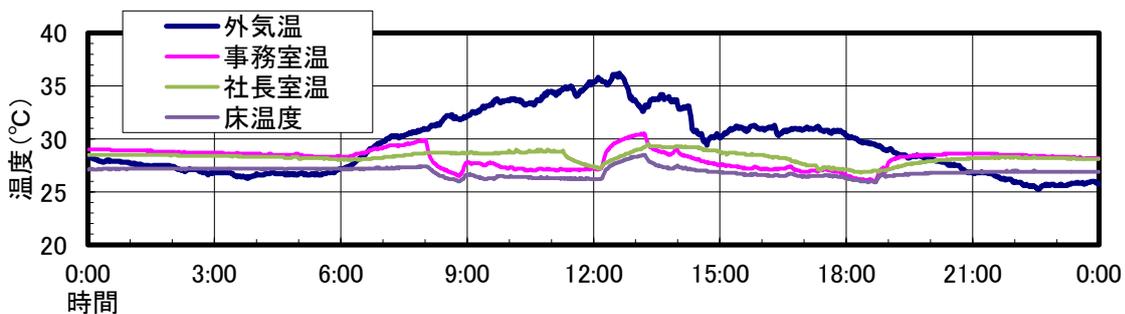


図 5-2(9) 平成 25 年 8 月 6 日の外気温、室温 [°C]

5.3.2 8月10日の一日の経時変化 (猛暑の日)

(1) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の熱量

- ・冷水熱量：冷水（二次側）の1分毎の生成熱量
- ・温水熱量：温水（一次側）の1分毎の地中への排熱量

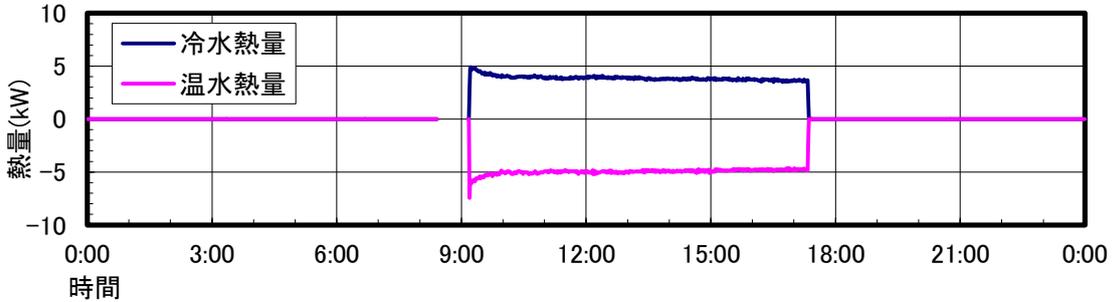


図 5-3(1) 平成 25 年 8 月 10 日の熱量 [kW]

(2) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の部分負荷率

- ・部分負荷率：1分毎の部分負荷率

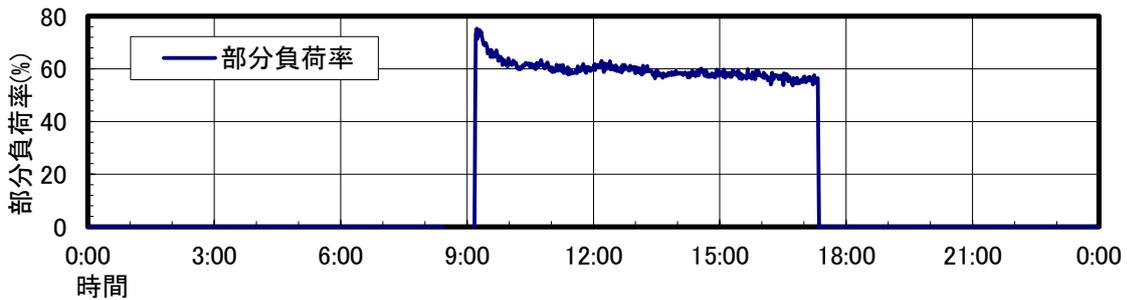


図 5-3(2) 平成 25 年 8 月 10 日の部分負荷率 [%]

(3) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の消費電力

- ・圧縮機電力：1分毎のヒートポンプの圧縮機の消費電力
- ・システム電力：1分毎の圧縮機、一次側循環ポンプ、二次側循環ポンプ、制御の合計の消費電力
- ・循環ポンプ電力：1分毎の一次側と二次側の循環ポンプの2台の合計消費電力

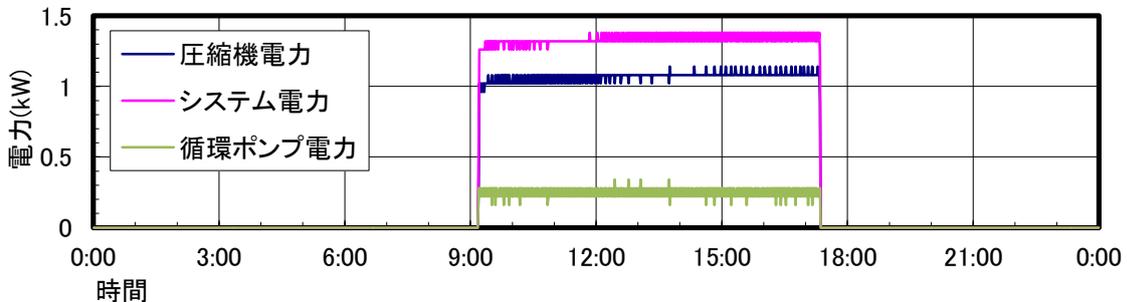


図 5-3(3) 平成 25 年 8 月 10 日の消費電力 [kW]

(4) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) のエネルギー効率

- ・ COP : 1 分毎のヒートポンプ単独のエネルギー効率
- ・ システム COP1 : 1 分毎のヒートポンプと一次側循環ポンプを含むエネルギー効率
- ・ システム COP2 : 1 分毎のヒートポンプと一次側循環ポンプ、二次側循環ポンプ、制御を含むエネルギー効率

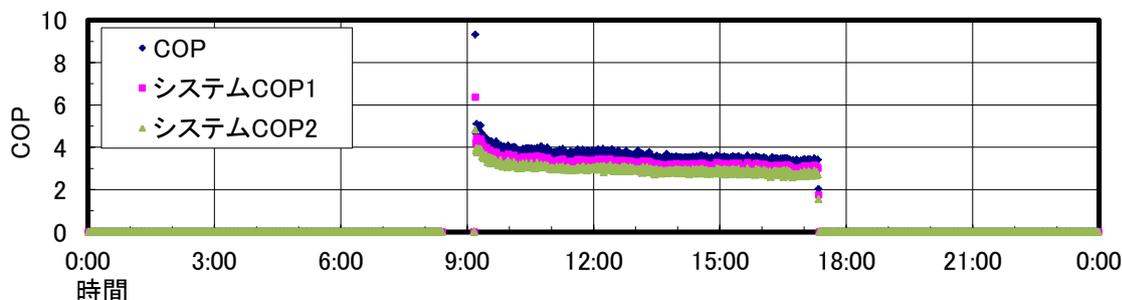


図 5-3(4) 平成 25 年 8 月 10 日のエネルギー効率

(5) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の冷水と温水の流量

- ・ 冷水流量 : 1 分毎の冷水 (二次側熱媒) の流量
- ・ 温水流量 : 1 分毎の温水 (一次側熱媒) の流量

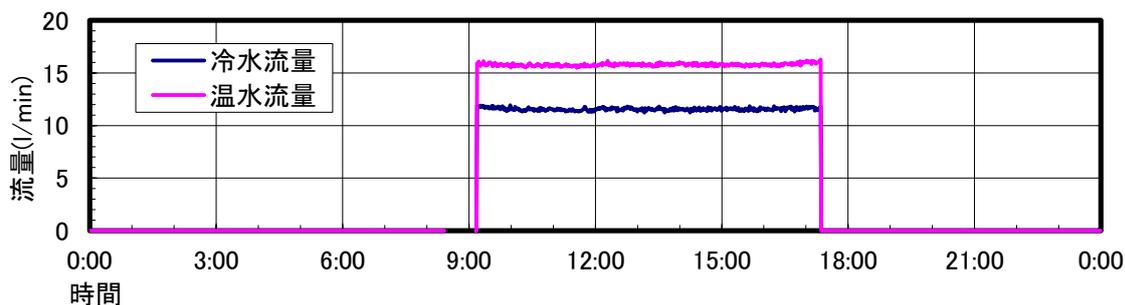


図 5-3(5) 平成 25 年 8 月 10 日 冷水と温水の流量 [L/min]

(6) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の冷水温度

- ・ 冷水入口温度 : 1 分毎の冷水 (二次側熱媒) のヒートポンプへの入口温度
- ・ 冷水出口温度 : 1 分毎の冷水 (二次側熱媒) のヒートポンプからの出口温度

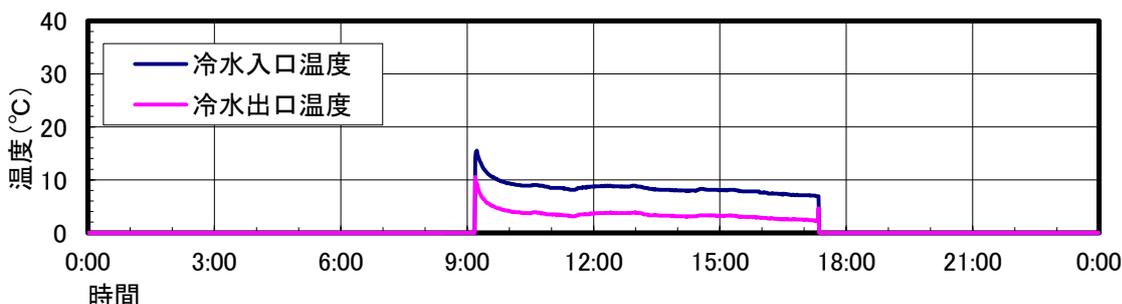


図 5-3(6) 平成 25 年 8 月 10 日の冷水温度 [°C]

(7) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の温水温度

- ・温水入口温度：1 分毎の温水（一次側）のヒートポンプへの入口温度
- ・温水出口温度：1 分毎の温水（一次側）のヒートポンプからの出口温度

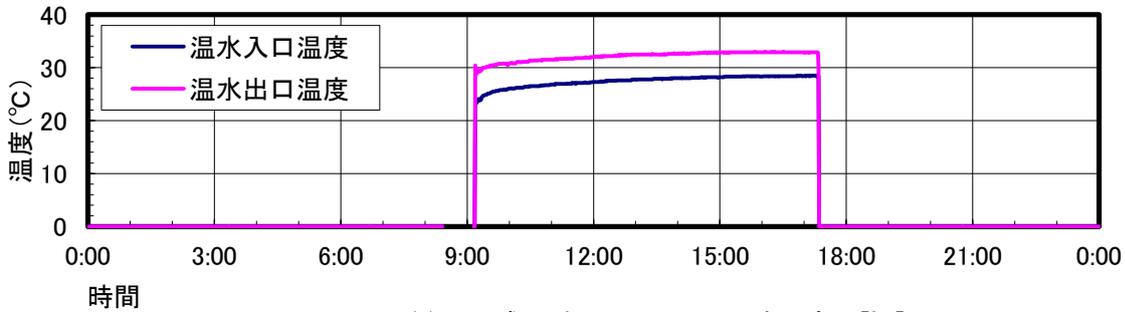


図 5-3(7) 平成 25 年 8 月 10 日の温水温度 [°C]

(8) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の冷水と温水の入口出口温度差

- ・冷水温度差：1 分毎の冷水の入口と出口の温度差
- ・温水温度差：1 分毎の温水の入口と出口の温度差

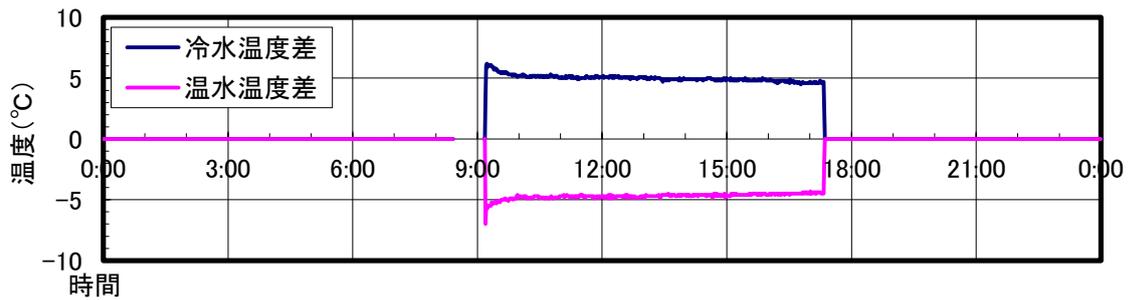


図 5-3(8) 平成 23 年 8 月 10 日の冷水・温水の入口出口温度差 [°C]

(9) 冷房運転代表日② (平成 25 年 8 月 10 日) の外気温、室温

- ・外気温：1 分毎の外気温
- ・事務室温度：1 分毎の事務室の室温
- ・社長室温度：1 分毎の社長室の室温
- ・床温度：1 分毎の事務室の床面の気温

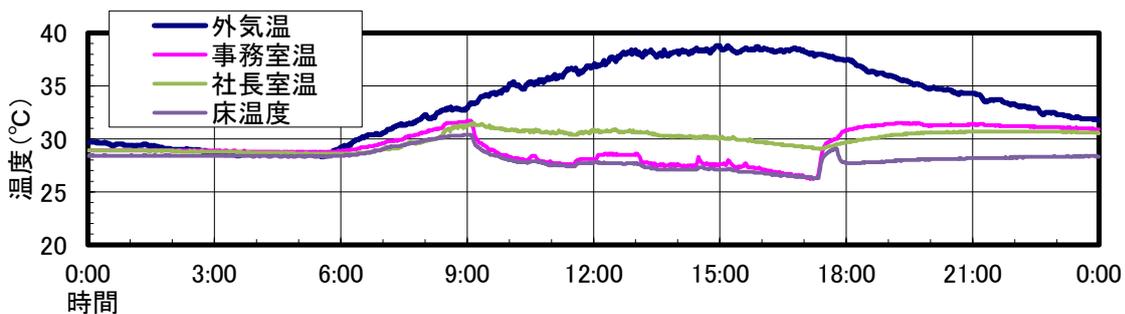


図 5-3(9) 平成 25 年 8 月 10 日の外気温、室温 [°C]

5.4 暖房期間の試験結果について

暖房期間の実証試験は、実証するのに適切な条件での試験ができていなかったことが判明したため、試験結果を示すことができない。以下に、その理由を述べる。

暖房期間の実証項目は任意項目であるが、申請者の協力を得て測定を実施することが出来た。

しかし、測定データを解析したところ、実証試験にとって適切でない条件下で機器を運転した時間帯がかなりあることが判明した。具体的には、本実証対象技術の空調システムでは、ユーザーが入切するスイッチが、ヒートポンプのスイッチと室内機のスイッチの2種類あり、これらは連動しておらず、昼休み時間や事務員が不在になるような時間帯には節電等のため室内機のスイッチは切っていたものの、ヒートポンプのスイッチはそのまま切らずにいた時間帯がかなりあることが分かった。

よって、この間は室内暖房をしていないにも関わらず、ヒートポンプは熱供給し続けており、また、自己保護機能により、運転と停止を頻繁に繰り返していたことから、適切に COP 等を算出することができないことが判明した。

このように、暖房期間の計測の時の運転条件は適切でなかったことと、また、ヒートポンプの動きが複雑であったため、適切でない条件で運転された時間帯を特定することは困難であったことから、暖房期間については試験結果を示すことができなかった。

なお、冷房期間にも昼休みに室内機のみを止めた事例は何度かあったが、冷房期間では昼休みに室内機のみを止めた時間帯が特定できたため、COP 等の算出に不適切な時間帯のデータは除外して解析し、試験結果の適切さを確保した。

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、地中熱交換井の熱抵抗と土壌部分の熱伝導率を求めるものである。本実証対象技術では、サーマルレスポンス試験を行うことができなかったため、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代替した。

本実証対象技術でサーマルレスポンス試験が行えなかった理由は次のとおりである。

①本実証対象技術はすでに3年間冷暖房に利用しており、TRT 実施の前提条件となる、地下の熱的状況を安定した状況に戻すことは困難なため、信頼性の高い TRT を改めて行うことはできない。

②株式会社 P E C の事務所前にある深度 30m の水井戸を利用して、申請者は TRT を試みたが、異常な坑内温度変化が観察された。このような温度変化がある状況では TRT はできない。なお、異常な温度変化の原因は不明であるが、付近の農家での断続的な地下水くみ上げの影響と思われる。

なお、本実証対象技術の地中熱交換井を対象とした既存の TRT はない。

以下に、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。

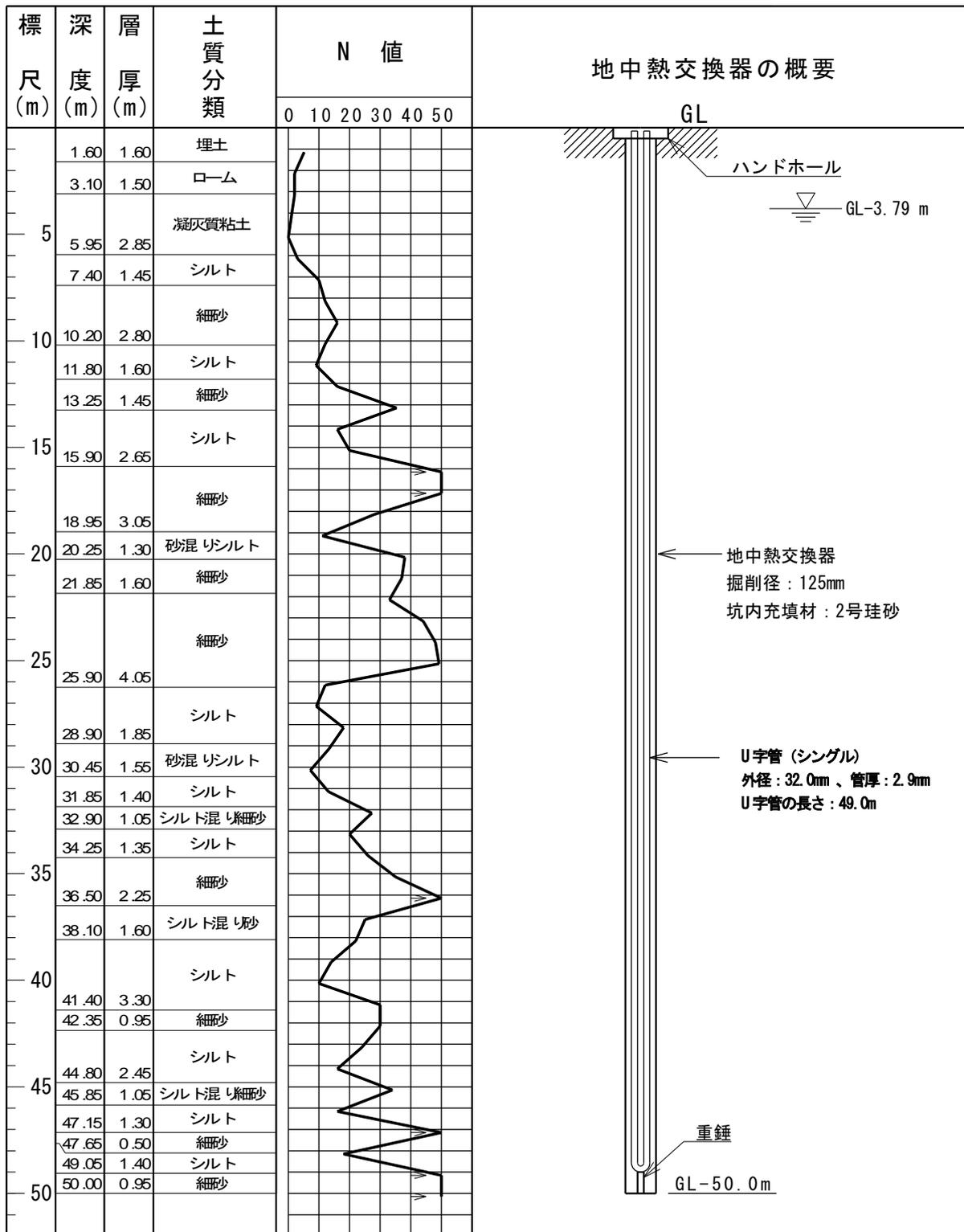


図 6-1 実証試験実施場所の地盤柱状図及びN値 (代替の地質データ)

6.2 熱媒循環部 (U字管) の実証項目 (既存資料より)

(1) 熱媒循環部 (U字管) の仕様

① U字管の製品名： 高密度ポリエチレン PE100 製U字管 TRINA 1900 SERIES HPDE PIPE

製造元： Time Plastic Co., Ltd.

輸入・販売： ジオシステム株式会社

② U字管の形状

表 6-1 U字管の寸法

品名	サイズ 呼称	外径 (mm)	肉厚 (mm)	近似内径 (mm)	先端サイズ 参考 W(mm)
25AU字管 (OD32 PE100 SDR11)	25A	32	2.9	26.5	85



(2) 熱媒循環部の実証項目 (既存資料より)

熱媒循環部の実証方法は、実証試験要領の規定に従い、カタログ等、各項目の性能を示す資料を確認した。熱媒循環部 (U字管) のデータは、以下の表 6-2 と表 6-3 の通りである。なお、確認した資料については、巻末の添付資料に示す。

表 6-2 熱媒循環部 (U字管) の特性

項目	内容
c. 熱伝導性	熱伝導率：0.46~0.50 [W/(m・K)]
d. 耐腐食性	耐薬品性：表 6-3 に示す
e. 耐圧性	1.0MPa 以上 (20℃)

(輸入・販売業者であるジオシステム株式会社のカatalogより)

表 6-3 PE100 の耐薬品性 (抜粋)

薬品名 (濃度)	温度 (°C)		薬品名	温度 (°C)	
	20	60		20	60
塩酸 (35%)	○	○	アンモニア水	○	○
硫酸 (0~60%)	○	○	塩化ナトリウム	○	○
硫酸 (80%)	△	×	炭酸ナトリウム	○	○
硝酸 (0~30%)	○	△	メチルアルコール	○	○
硝酸 (30~50%)	△	×	エチルアルコール	○	○
硝酸 (70%)	×	×	エチレングリコール	○	○
水酸化カリウム	○	○	ジエチレングリコール	○	○
水酸化ナトリウム	○	○	プロピレングリコール	○	○
水酸化カルシウム	○	○	海水	○	○

○ : 使用可能、△ : 条件付きで使用可能、× : 使用不可能

(輸入・販売業者であるジオシステム株式会社の技術資料より)

6.3 熱媒の実証項目 (既存資料より)

(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 6-4 に示す。

表 6-4 熱媒の概要

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
実使用の条件	ウエストンブライン PB を 42% に希釈して使用。 (プロピレングリコール 25%)

(2) 熱媒の実証項目 (既存資料より)

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 6-5、表 6-6、図 6-2、図 6-3、図 6-4、表 6-7、表 6-8 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 6-5 熱媒の実証項目及び実証内容

項目	実証内容
f. 腐食性	表 6-6 参照
g. 粘性	図 6-2 参照
h. 比重	図 6-3 参照
i. 比熱	図 6-4 参照
j. 引火性	なし
k. 毒性	表 6-7 参照
l. 生分解性/残留性	生分解性良好、残留性なし

表 6-6 熱媒ウエストンブライン PB (WBPB) の腐食性

試 料		WBPB	
試験濃度 (vol%)		40	
金属腐食 88±2℃ 336h	質量変化 (mg/cm ²)	銅	-0.08
		ハンダ	-0.10
		黄銅	-0.08
		鋼	-0.02
		鋳鉄	-0.02
	アルミ 鋳物	-0.17	
外 観		アルミ 鋳物に黒変色を認める	
試験後の液の性状	pH 値	7.5→8.2	
	予備アルカリ度	1.6→1.8	
	液相	赤色透明	
	沈殿量 (vol%)	痕跡	

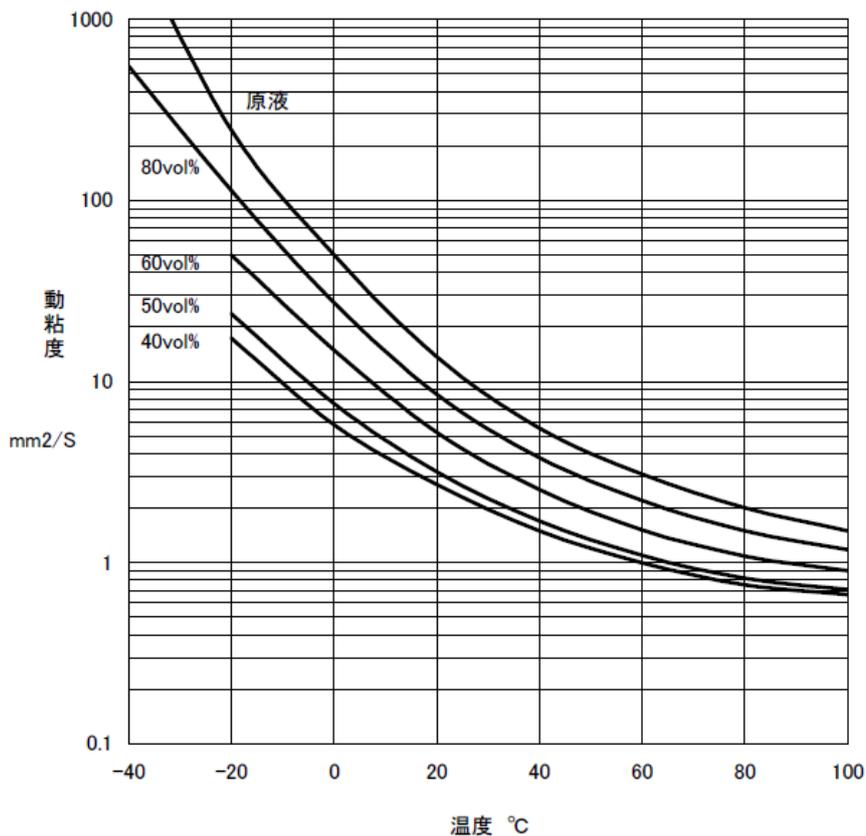


図 6-2 ウェストンブライン PB の粘性

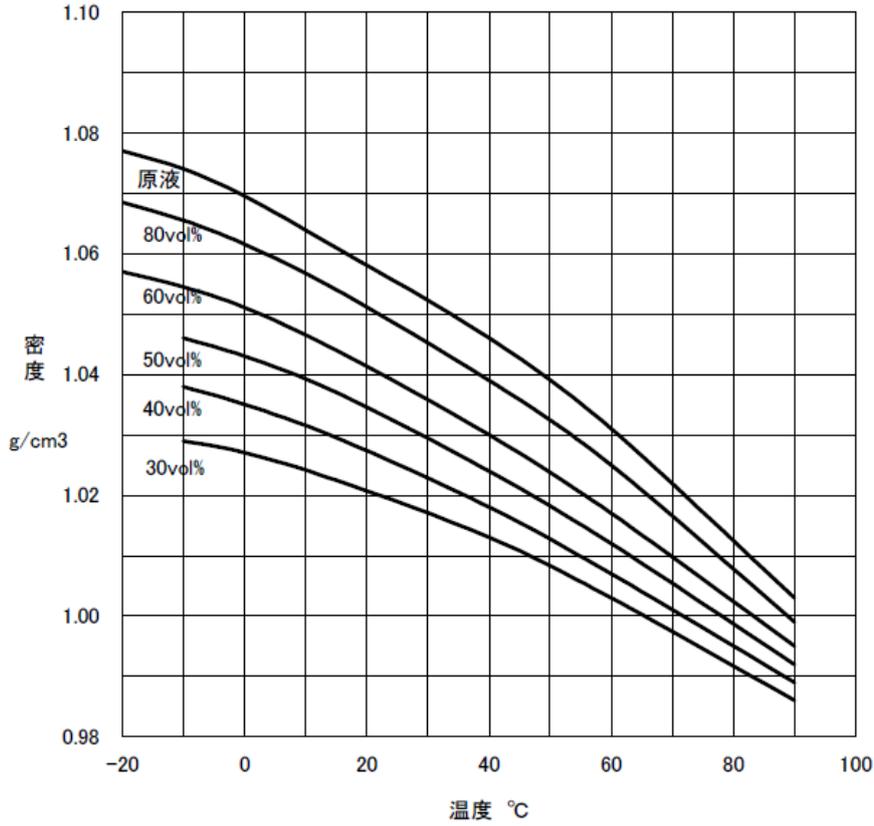


図 6-3 ウェストンブライン PB の密度

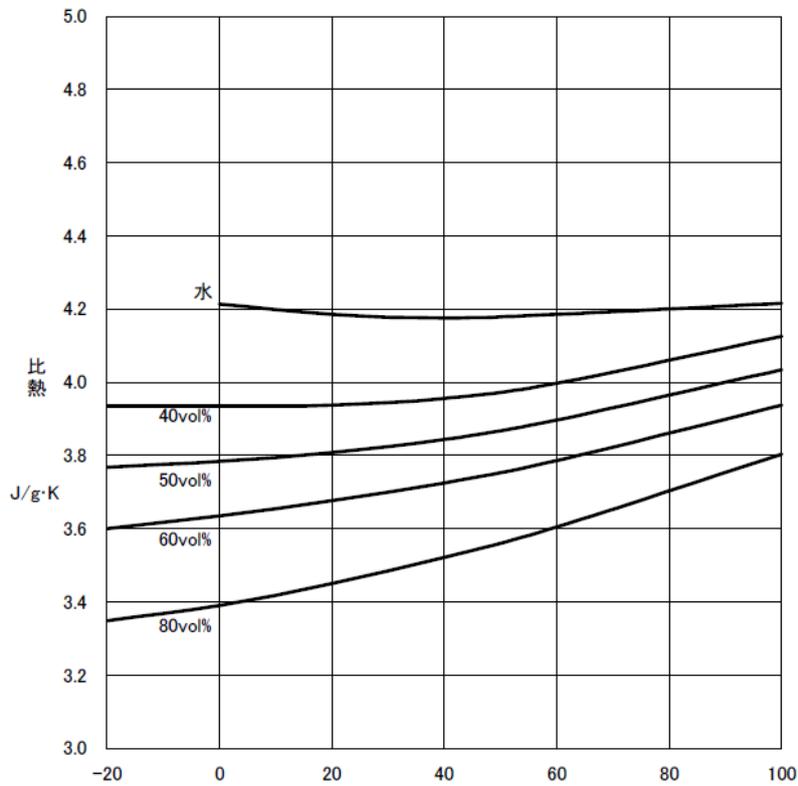


図 6-4 ウェストンブライン PB の比熱

表 6-7 ウェストンブラインの毒性

有害物質	なし (特定化学物質並びに重金属は添加していない)
急性毒性	LD50 は 17g/kg(計算値)で毒性の区分は実際上無毒に分類される。 (表 6-8 参照)

表 6-8 毒性の区分 (ラット経口投与)

	1	2	3	4	5	6
毒性の程度	超毒性	強毒性	中程度毒性	軽度毒性	実際無毒性	実際上無毒性
LD50 値	1mg 以下	1~50mg	50~500mg	0.5~5g	5~15g	15g 以上
人間の致死量	一滴	4mL	30g	250g	1L	1L 以上

6.4 考 察

- (1) 本実証対象技術の冷房期間のエネルギー効率は、通常的地中熱利用システムのエネルギー効率の範囲内と考えられる。
- (2) 冷房期間中の一次側熱媒 (温水) のヒートポンプ出口と入口の温度差は約 4~5℃で安定しているが、これは、地下水流動が比較的大きいためであろうと思われる。

○ 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りす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。

● 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 $^{\circ}\text{C}$ 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 $^{\circ}\text{C}$ 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 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、計測器の設置は申請者が自己負担で行った。そのため、実証機関は実証試験開始前から実証申請者に対して計測器設置の指導を行った。

②実証試験開始後は、計測データの吸い上げ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) 実証試験の立会い確認

実証試験の確認は、試験開始前、試験開始後を合わせて表 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	6月14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
	6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
	7月19日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
	9月25日	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
			実証試験担当者	小間憲彦
			実証試験担当者	橋爪茂利雄
	12月14日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
1月20日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一	

(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と異なる試験方法を採用した場合は、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。
データの吸い上げ	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吸い上げは、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

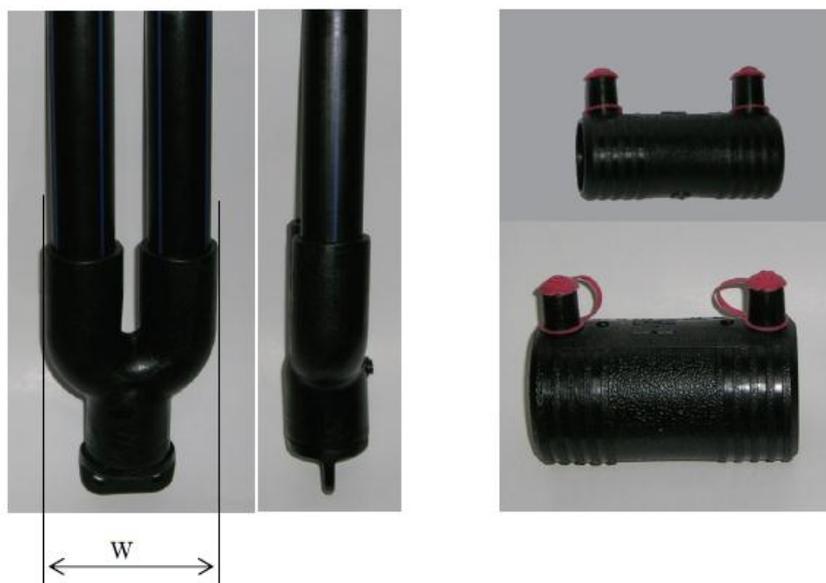
- 1)環境技術実証事業 「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム 実証試験要領」、環境省 水・大気環境局総務課環境管理技術室、平成 25 年 5 月 10 日
- 2)藤井光、駒庭義人(2011)：誌面講座「地下熱利用技術 7. サーマルレスポンス試験の原理と解析法、調査事例」、地下水学会誌 第 53 巻

○ 資料編

添付資料 1 熱媒循環部 (U字管) のカタログ

ヨーロッパでは地中熱利用システムの標準

ISO 規格準拠 高密度ポリエチレン PE100 製 U 字管
TRINA 1900 SERIES HPDE PIPE



商品ラインナップ (パイプは ISO4427 に準拠しています)

品名	サイズ 呼称	外径 (mm)	肉厚 (mm)	近似内径 (mm)	先端サイズ 参考 W(mm)	長さ*1
25A U字管 (OD32 PE100 SDR11)	25A	32	2.9	26.2	85	60m 75m 90m

*1 長さは設置井戸の深さに対応しており、全パイプ長は2倍です。上記以外の径、長さの物も入手可能です。

耐圧性能

温度 (°C)	20
耐圧 (MPa)	1.0 以上

熱伝導率

0.46~0.50W/mK

継手類

ポリエチレン製 U 字管に使用する融着継手類 (ISO/DIS8085-1.3:2000 準拠) を取りそろえています。

製造元

Time Plastic Co., Ltd.

輸入・販売



ジオシステム株式会社

〒177-0051 東京都練馬区関町北3-39-17

Tel : 03-3920-9971 Fax : 03-3920-9971

URL <http://www.geo-system.jp/>

email info@geo-system.jp

添付資料 2 熱媒循環部 (U字管) の技術資料

技術資料

当社が輸入販売している、Time Plastic Co., Ltd. 製の高密度ポリエチレン PE100 製 U字管の耐薬品性は、次のとおりです。



PE100 の耐薬品性

薬品名 (濃度)	温度 (°C)		薬品名 (%)	温度 (°C)	
	20	60		20	60
塩酸 (35%)	○	○	アンモニア水	○	○
硫酸 (0~60%)	○	○	塩化ナトリウム	○	○
硫酸 (80%)	△	×	炭酸ナトリウム	○	○
硝酸 (0~30%)	○	△	メチルアルコール	○	○
硝酸 (30~50%)	△	×	エチルアルコール	○	○
硝酸 (70%)	×	×	エチレングリコール	○	○
水酸化カリウム	○	○	ジエチレングリコール	○	○
水酸化ナトリウム	○	○	プロピレングリコール	○	○
水酸化カルシウム	○	○	海水	○	○

○ : 使用可能、△ : 条件付きで使用可能、× : 使用不可能

添付資料 3 熱媒 ウェストンブライン PB 技術資料

ウェストンブライン PB

技術資料

シーシーアイ株式会社

目 次

1. 前書	1
2. 特徴	1
3. 性状	1
4. 安全性	2
5. 防錆・防食効果	2
6. 非金属材料に対する適合性	3
7. 耐久性	3
8. 管理方法	3
9. 物理的性状	
・ ウエストンブライン PB の凍結温度	4
・ ウエストンブライン PB の密度	5
・ ウエストンブライン PB の沸点	6
・ ウエストンブライン PB の動粘度	7
・ ウエストンブライン PB の比熱	8
・ ウエストンブライン PB の熱伝導度	9
・ ウエストンブライン PB の体積膨張率	10
・ ウエストンブライン PB の導電率	11

1. 前書 ウエストンブライン PB(以下 WBPB とする)は、プロピレングリコールに耐久性の優れた防食剤を添加した均一な液体で、40～80vol%に希釈することにより不凍性並びに優れた防食性を兼ね備えた熱媒体として使用することができます。

2. 特徴

2.1 耐熱性 本品は特に耐熱性を重視したため、ボイラーの様に一時的に沸騰状態となるような条件においても使用が可能です。

2.2 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・銅配管等にも安心して使用できます。

2.3 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。

2.4 不凍性 本品はプロピレングリコールを主成分としているため、長時間にわたり安定した不凍効果を持続します。

2.5 不燃性 本品は引火性が無いので消防法上の危険物に該当しません。

3. 性状 本品の性状は表1に示す通りです。

表 1. WBPB

試験項目		試験例
凍結温度 °C	80vol%	-42.8
	60vol%	-27.4
	40vol%	-13.5
pH 値	40vol%	7.5
密度(20°C) g/cm ³	原液	1.059
沸点 °C	原液	113
泡立ち性 ml	40vol%	0
水分 wt.%	原液	30
予備アルカリ度	原液	3.7

試験方法は JIS K 2234「不凍液」に準拠する。

4. 安全性 WBPB の安全性は次に示す通りです。
 4.1 有害物質 特定化学物質並びに重金属は添加していません。
 4.2 急性毒性 LD₅₀ は 17g/Kg(計算値)で毒性の区分は実際上無毒に分類されます。

表 2. 毒性の区分(ラット経口投与)

	1	2	3	4	5	6
毒性の程度	超毒性	強毒性	中程度毒性	軽度毒性	実際無毒性	実際上無毒性
LD ₅₀ 値	1mg 以下	1~50mg	50~500mg	0.5~5g	5~15g	15g 以上
人間の致死量	1 滴	4mL	30g	250g	1L	1L 以上

- 4.3 排水基準 人の健康に関わる物質・・・添加していません。
 (生活環境に係わる項目・・・生物化学的酸素要求量(BOD)及び化学的酸素要求量(COD)は、原液で約 70 万 ppm と大きく適合しません)

5. 防錆防食効果 WBPB は 40~80%水溶液で使用するように設定してありますので、温暖地においても凍結温度に関係なくこの濃度範囲内で御使用下さい。防錆防食効果を確認する場合には、一般水質より腐食性の強い JIS 調合水(Cl⁻:100ppm、SO₄²⁻:100ppm、HCO₃⁻:100ppm を含む)で希釈しています。しかし、実際に使用する場合には、希釈水には上水道水又は軟化水を御使用下さい。

表3. WBPB

試料		WBPB	
試験濃度 (vol%)		40	
金属腐食 88±2°C 336h	質量変化 (mg/cm ²)	銅	-0.08
		ハンダ	-0.10
		黄銅	-0.08
		鋼	-0.02
		鋳鉄	-0.02
		アルミ鋳物	-0.17
外 観		アルミ鋳物に黒変色を認める	
試験後の液の性状	pH 値	7.5 → 8.2	
	予備アルカリ度	1.6 → 1.8	
	液相	赤色透明	
	沈殿量 (vol%)	痕跡	

6. 非金属材料に対する適合性 WBPB の非金属材料に対する適合性を表 4 に示します。但し、非金属材料はブレンド品が殆どですから一般名称だけで判断すると間違ふ恐れがあります。従って、使用前に適合性を必ず確認する必要があります。特に▲印は使用に際し注意を必要とします。

表4. 非金属材料に対する適合性

	材料	適合性	備考
樹脂	ポリエチレン	○	
	ポリプロピレン	○	
	ノリル	○	
	フェノール	○	
	ポリブテン	○	
	ナイロン	▲	膨潤(5~10%)、着色
	軟質塩化ビニル	×	硬化、収縮、液の濁り
ゴム	EPDM	○	
	SBR	▲	
	NBR	▲	
	NR	×	硬度低下
	CR	×	硬度低下、膨潤

評価基準 ○:良好 ▲:要注意 ×:不適合

7. 耐久性

7.1 不凍性 WBPB の基材であるプロピレングリコールは沸点が 187℃と高く、蒸気圧が 23mmHg /100℃と低いため通常使用温度では殆ど蒸発しません。また、水溶液中でプロピレングリコールはほとんど酸化分解されることもありません。従って、WBPB の不凍性がプロピレングリコールの量に依存していることにより、補水による希釈が無ければ半永久的に凍結防止効果は持続します。

7.2 防食性 WBPB の防食添加剤は、自動車クーラント、ソーラシステム用ブラインとして、これまでに実績のある添加剤を選択的に使用しています。

8. 管理方法 WBPB は凍結防止と装置の防錆防食を使用目的としています。

WBPB の凍結防止性能はプロピレングリコールの含有量によって決まるため、定期的(1~2/年)に含有量を調べる必要があります。プロピレングリコールの含有量を求めるには、屈折率の測定が最も適しています。

防錆防食効果の確認は、添加剤の定量が最も適していますが、測定が比較的困難で有るために、簡便法として pH の測定により代用することができます。(管理範囲:pH7~11)

これらの測定により測定値が異常を示した場合には、正常な値を満足する様に WBPB を追加するか、或いは新品と入れ換えて下さい。

図1 ウェストンブラインPBの凍結温度

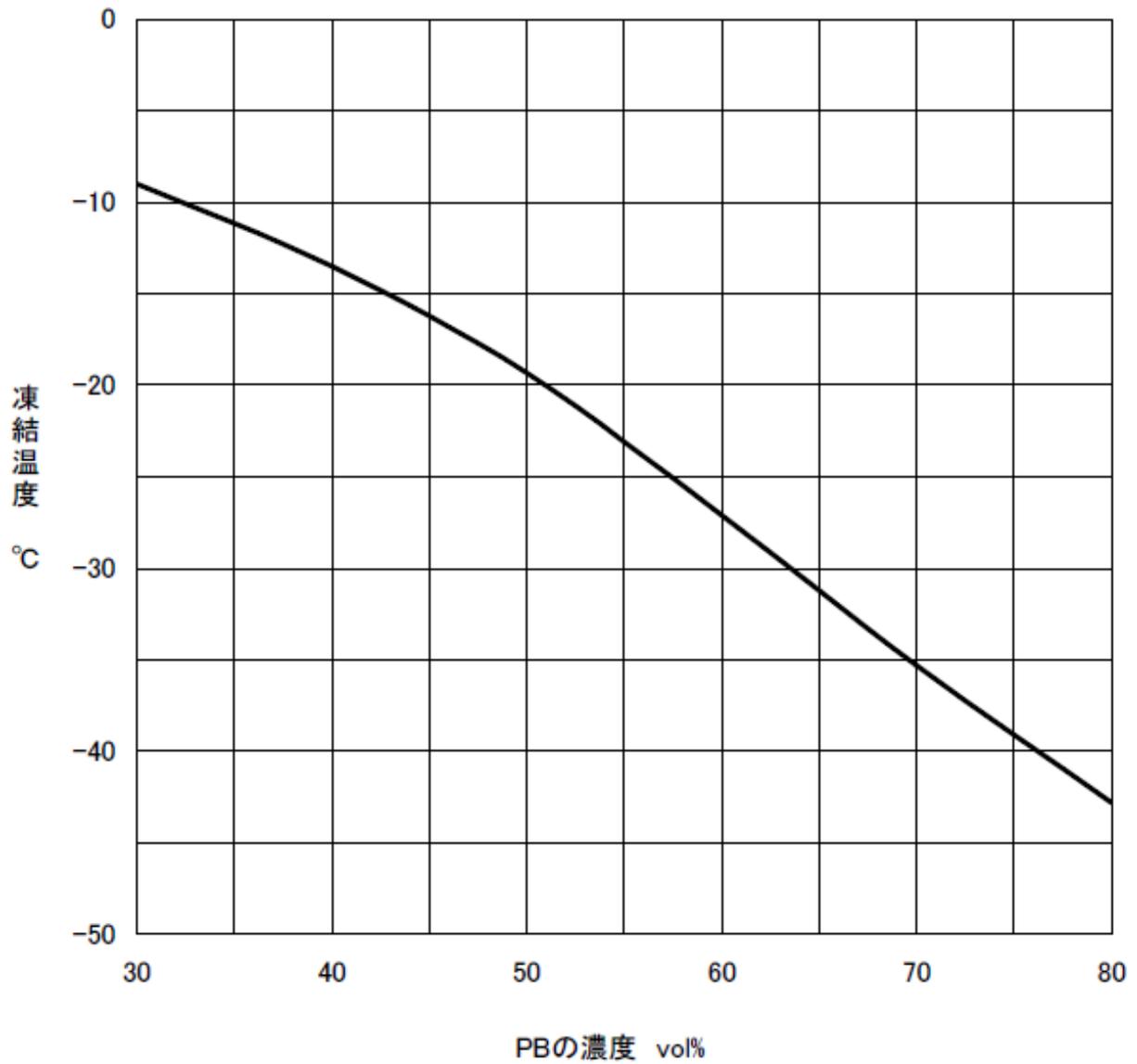


図2 ウェストンブラインPBの比重

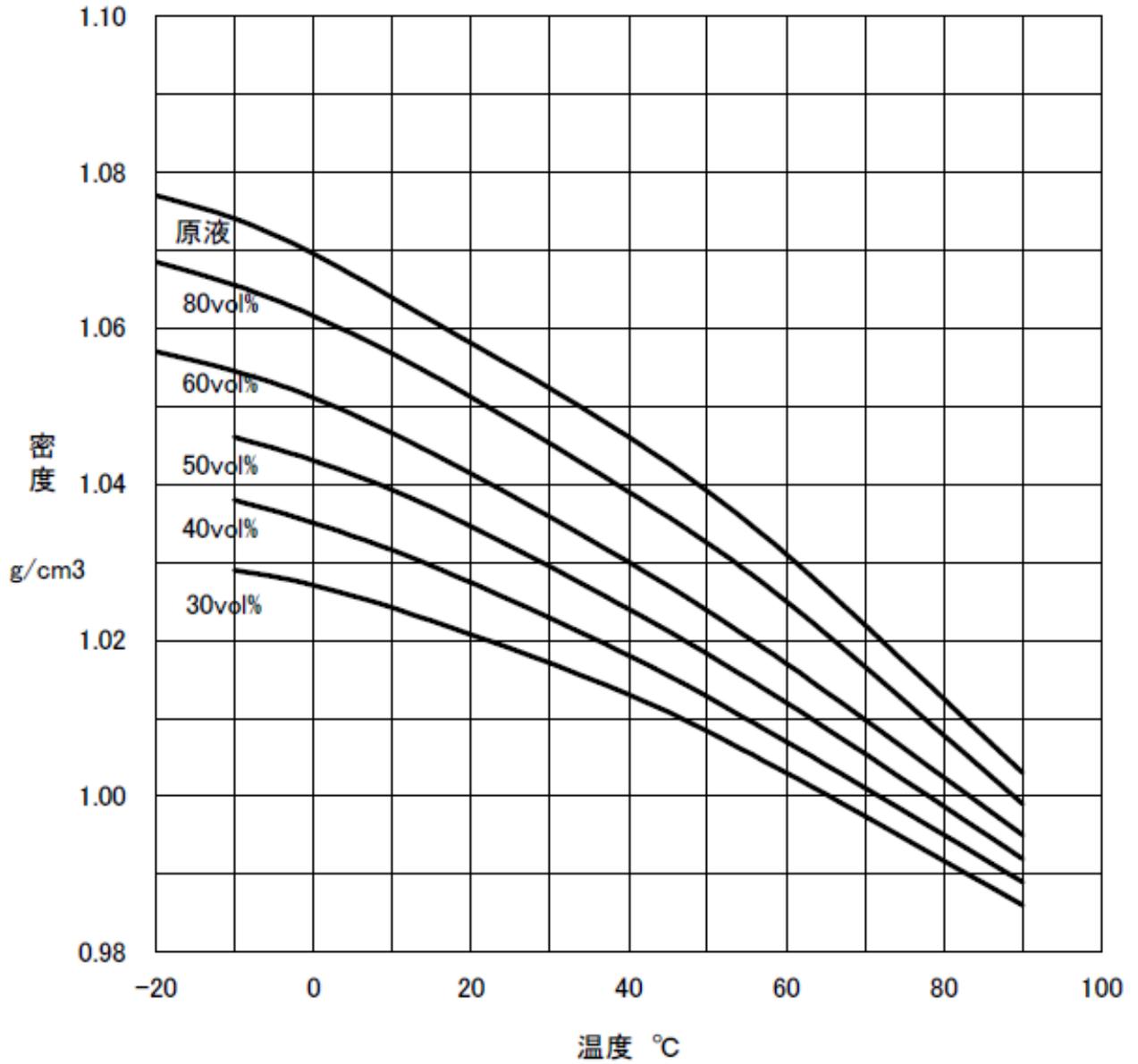


図3 ウェストンラインPBの沸点

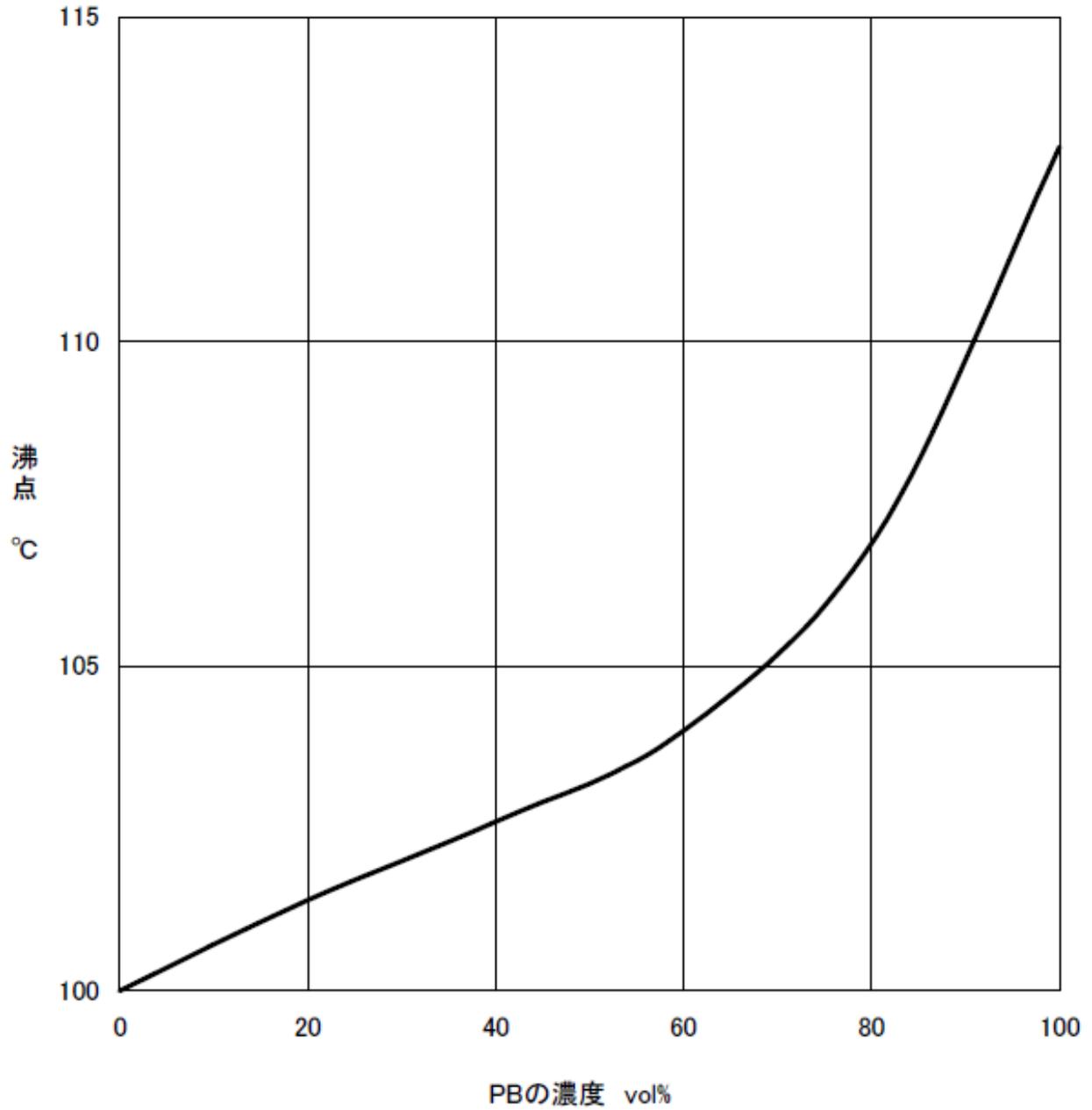


図4 ウェストンラインPBの動粘度

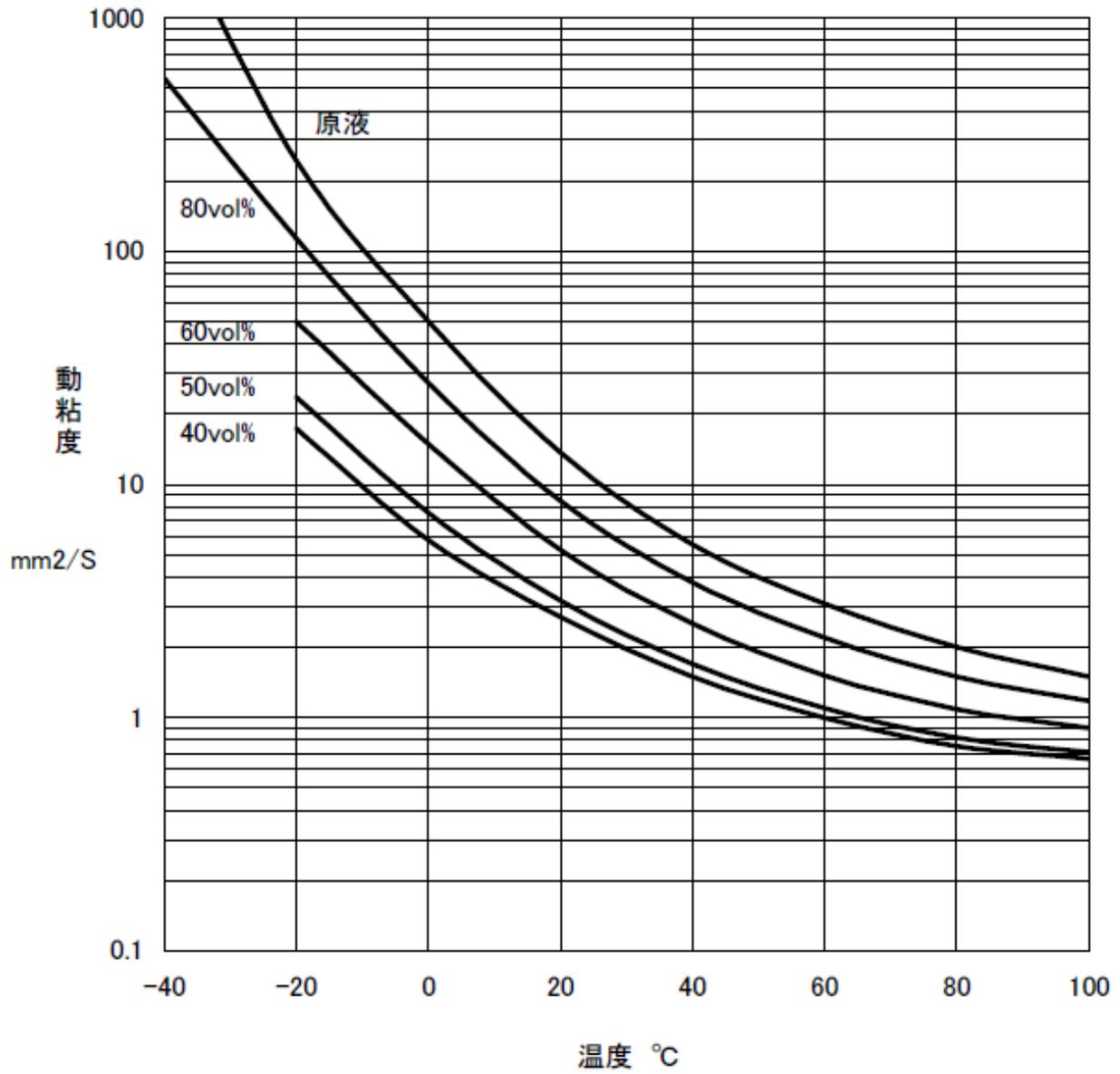


図5 ウェストンブラインPBの比熱

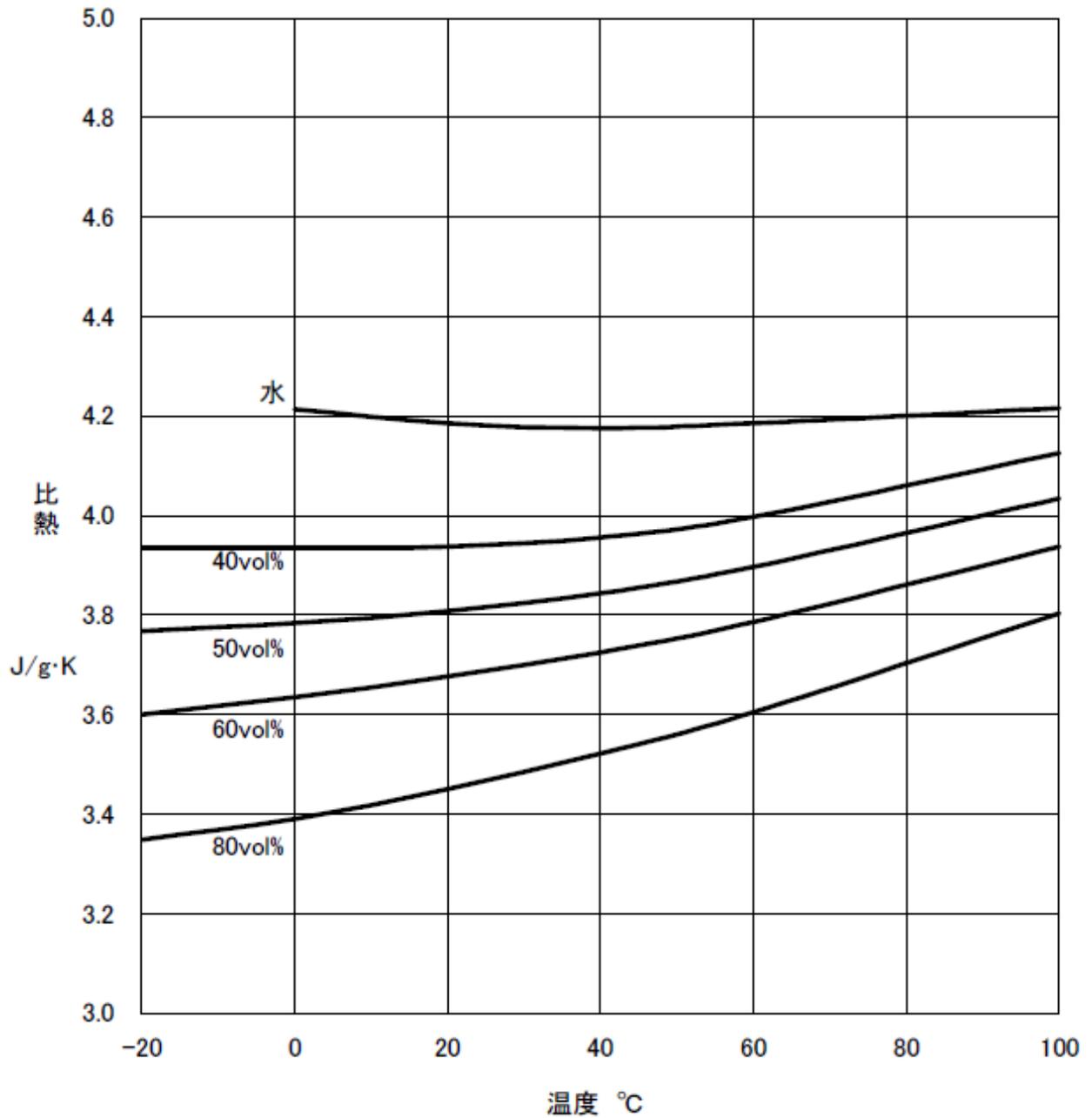


図6 ウェストンブラインPB熱伝導度

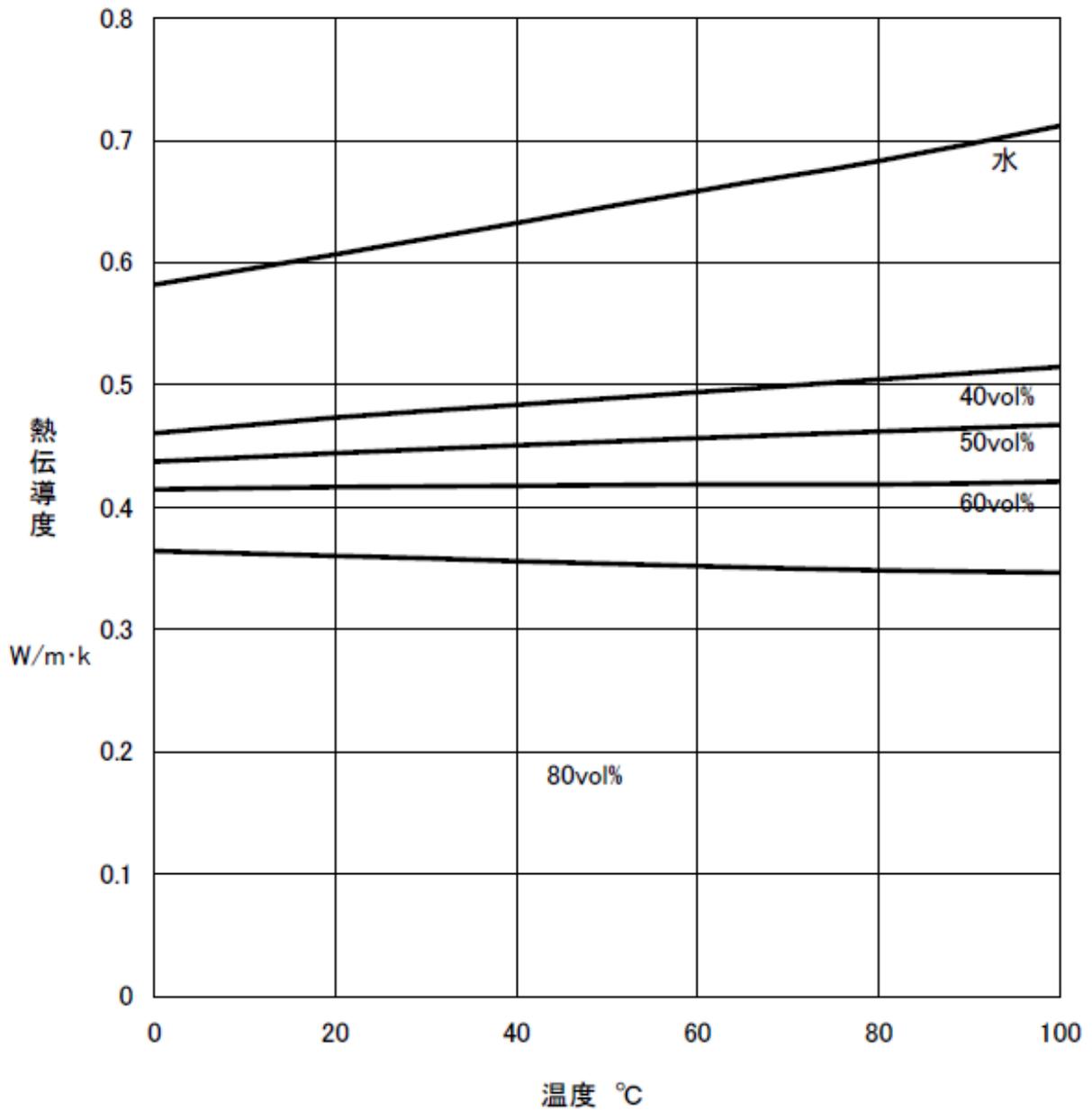


図7 ウェストンブラインPBの体積膨張率

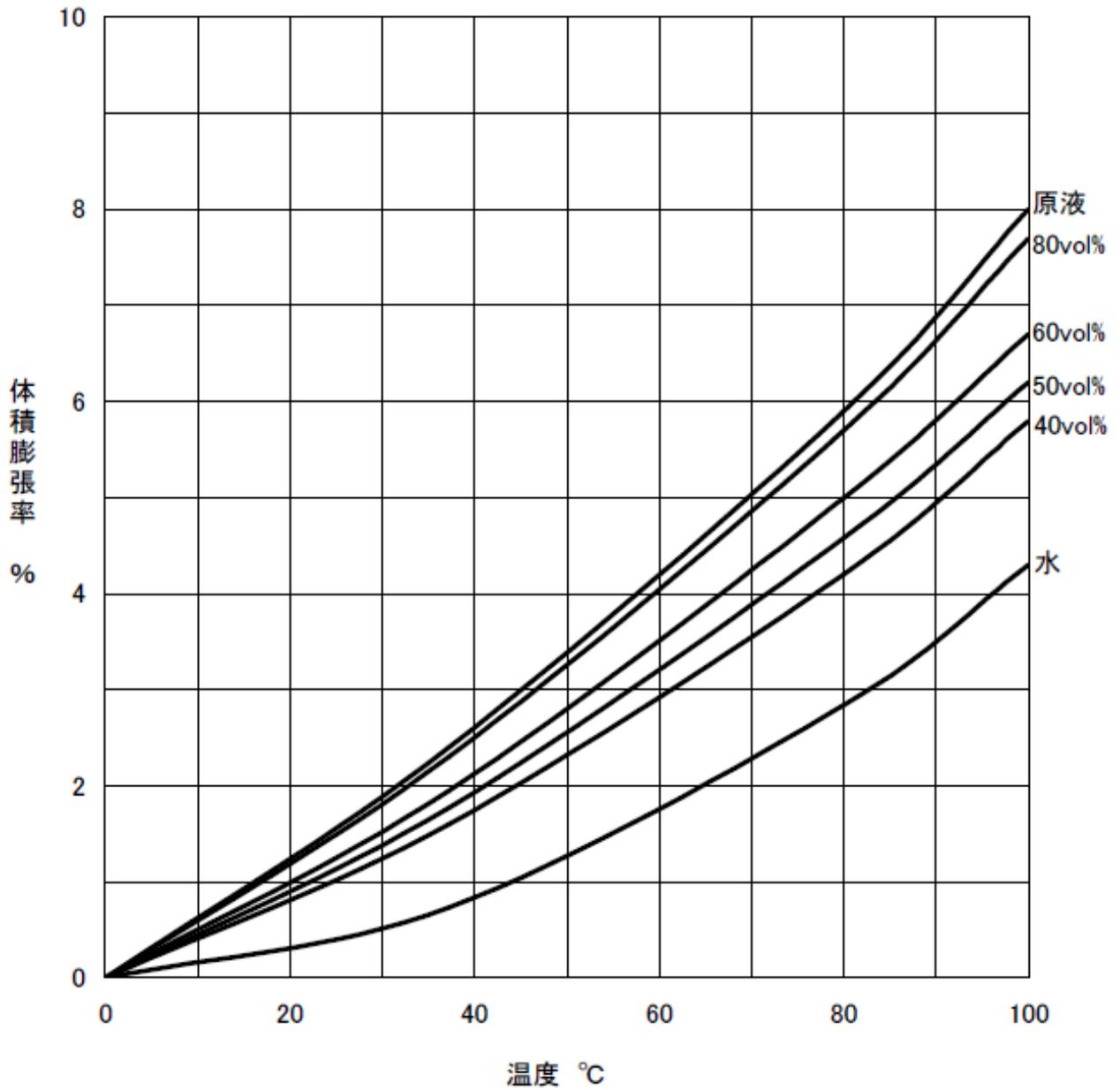
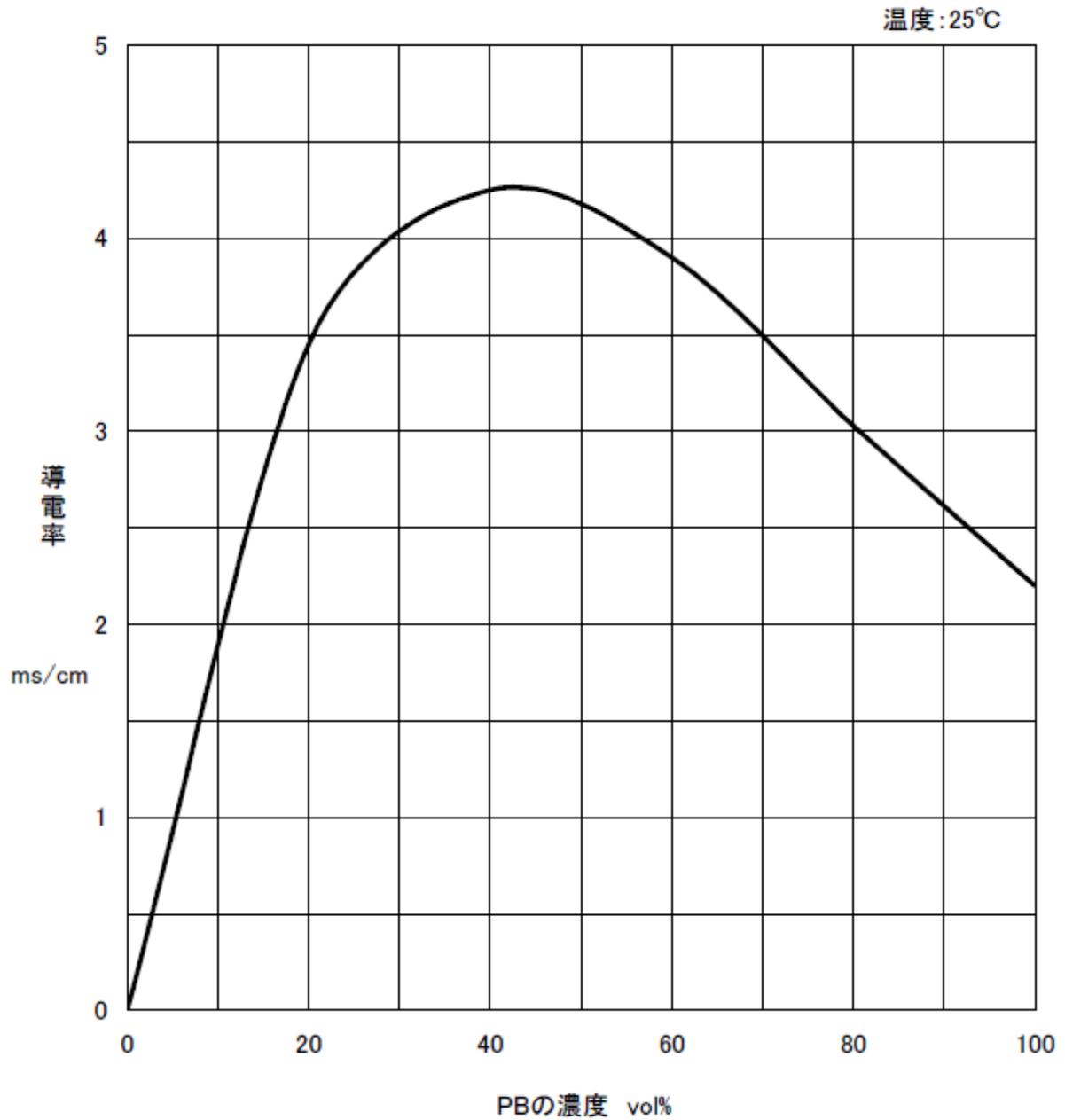


図8 ウェストンラインPBの導電率



添付資料 4 ウエストブライン PB 製品安全データシート

1/6

MSDS 登録 No. 0202108-JP1
 製品名 ウエストブライン PB

製品安全データシート

1. 化学物質等及び会社情報

1.1 製品の特定

- a) 製品名 ウエストブライン PB
- b) 製品分類 不凍液
- c) 主な用途 不凍性熱媒体

1.2 会社情報

- a) 会社名 シーシーアイ株式会社
- b) 住所 〒501-3923 岐阜県関市新迫間 12
- c) 担当部門 化成品技術部 化成品技術グループ
- d) 担当者 酒井田 志瑞
- e) 電話番号 0575-24-6171
- f) FAX 番号 0575-24-6175
- g) 作成者 酒井田 志瑞
- h) 発行日 2011 年 4 月 1 日

2. 危険有害性の要約

GHS 分類

物理化学的危険性	火薬類	分類対象外
	可燃性・引火性ガス	分類対象外
	可燃性・引火性エアゾール	分類対象外
	支燃性・酸化性ガス	分類対象外
	高压ガス	分類対象外
	引火性液体	区分外
	可燃性固体	分類対象外
	自己反応性化学品	分類対象外
	自然発火性液体	区分外
	自然発火性固体	分類対象外
	自己発熱性化学品	分類できない
	水反応可燃性化学品	分類対象外
	酸化性液体	分類できない
	酸化性固体	分類対象外
	有機過酸化物	分類対象外
	金属腐食性物質	区分外
	健康に対する有害性	急性毒性(経口)
急性毒性(経皮)		分類できない
急性毒性(吸入:ガス)		分類対象外
急性毒性(吸入:蒸気)		分類できない
急性毒性(吸入:粉じん)		分類対象外
	急性毒性(吸入:ミスト)	分類できない

MSDS 登録 No. 0202108-JP1
 製品名 ウェストンライン PB

	皮膚腐食性・刺激性	分類できない
	眼に対する重篤な損傷・眼刺激性	分類できない
	呼吸器感作性	分類できない
	皮膚感作性	分類できない
	生殖細胞変異原性	分類できない
	発がん性	分類できない
	生殖毒性	分類できない
	特定標的臓器毒性(単回暴露)	分類できない
	特定標的臓器毒性(反復暴露)	分類できない
	吸引性呼吸器有害性	分類できない
環境に対する有害性	水生環境急性有害性	分類できない
	水生環境慢性有害性	分類できない

ラベル要素

注意喚起語:
 危険有害性情報:

3. 組成、成分情報

- a) 単一製品・混合物の区別 混合物
 b) 含有成分及び含有量⁽¹⁾

成分名	含有量 (wt%)	CAS No	化審法 No.	労安法 No.	PRTR 法 No.	毒劇法
プロピレングリコール	60~70	57-55-6	2-234	非該当	非該当	非該当

注(1) 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) 官報告示番号
 労安法 No: 労働安全衛生法第 57 条の 2 第 1 項政令指定番号の政令番号
 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に関する法律 (PRTR 法) の対象化学物質の政令番号
 毒劇法: 毒物及び劇物取締法の別表一(毒物)、別表二(劇物)、別表三(特定毒物)毒物及び劇物指定令

4. 応急措置

a) 吸入した場合

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。

b) 皮膚に付着した場合

- 1) 汚染された衣服を脱ぎ、皮膚に付着した液を布紙等で吸取り、石鹼水で十分に洗浄して下さい。
- 2) 外観に変化が見られたり、痛みがある場合は医師の診断を受けること。
- 3) 汚染された衣服は洗濯後に使用すること。
- 4) 速やかに医師の診断を受けてください。

c) 目に入った場合

- 1) 直ちに大量の清浄な流水で、15 分以上洗浄する。瞼の裏まで完全に洗うこと。
- 2) 速やかに医師の診断を受けてください。

MSDS 登録 No. 0202108-JP1
製品名 ウエストンブライン PB

- 3) コンタクトレンズを着用し、容易に取れる場合は、コンタクトレンズを外し、更に洗浄を続けること。
- d) 飲み込んだ場合
- 1) 直ちに、医師の診断を受けること
 - 2) 水で口をよくすすぐこと。
 - 3) 但し、意識のない場合は、口から何も与えてはならない。
- e) 予想される急性症状及び遅発性症状
- 1) 吸入した場合 咳、めまい、頭痛
 - 2) 皮膚に付着した場合 皮膚の乾燥
 - 3) 目に入った場合 発赤、痛み

5. 火災時の措置

- a) 消火剤 水、炭酸ガス、泡、ハロゲン化物、粉末、霧状の強化液
- b) 使ってはならない消化剤 棒状注水
- c) 火災時の特有の危険有害性 加熱により容器が爆発する恐れがある
- d) 消火方法
 - 1) 可燃性のあるものを周囲から速やかに取り除くこと。
 - 2) 大規模火災には、保護具を着用して水又は泡消火剤を使用のこと。
 - 3) 消火作業は風上から行い、炎症を防ぐため、周囲のタンク・建物にも放水してください。
- e) 消火を行う者の保護 適切な保護具(有機ガス用防毒マスク、手袋等)を着用する。

6. 漏出時の措置

- a) 人体に対する注意事項 漏出液に触れないように作業の際には保護手袋、保護眼鏡、保護衣等を着用する。
- b) 保護具及び緊急時措置
 - 1) 屋内で漏洩した場合は十分に換気を行うこと。
 - 2) 風上から作業し、風下の人を退避させる。
 - 3) 着火した場合に備えて、消火用機材を準備する。
- c) 環境に対する注意事項 流出した製品が河川等に排出され、環境へ流出しないように注意する。
- d) 回収、中和
 - 1) 少量の場合、おがくず、ウエス、砂等を用いて吸着させて、密閉できる空容器に回収する。
 - 2) 多量の場合、土のうなどで流出を防ぎ、ポンプ等で空容器に吸い取る。
 - 3) 着火に備えて、消火器を準備すること。
 - 4) 回収した廃棄物は、関係法令に基づいて処理すること。

7. 取扱い及び保管上の注意

7.1 取扱い

- a) 局所排気、全体排気 換気の良い場所で使用してください。
- b) 安全取り扱い注意事項
 - 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) 保護眼鏡、保護手袋等の適切な保護具を着用する。
 - 3) 常温で取扱うものとし、その際、水分、キョウ雑物の混入に注意する。

7.2 保管

MSDS 登録 No. 0202108-JP1
 製品名 ウェストンブライン PB

a) 適切な保管条件

- 1) 火気、火花または高温体と接触する場所を避けること。蒸気を発生させる場所を避けること。
- 2) 通風を良くし、蒸気が滞留しないような冷暗所に保管する。
- 3) 子供の手の届かない所に、施錠して保管すること。

b) 安全な容器包装材料 ポリエチレン、ポリプロピレン

8. 暴露防止及び保護措置

a) 管理濃度、許容濃度

成分名	管理濃度	許容濃度	
		日本産業衛生学会	ACGIH
プロピレングリコール	設定されていない	設定されていない	設定されていない

b) 設備対策 局所排気装置、全体換気の設備を使用する。

c) 保護具

- 1) 呼吸器用の保護具 必要に応じて防毒マスク(有機ガス用)を使用する。
- 2) 手の保護具 必要に応じて適切な保護手袋を使用する。
- 3) 目の保護具 必要に応じて保護眼鏡を使用する。
- 4) 皮膚及び身体の保護具 必要に応じて適切な保護衣、保護面を使用する。

d) 衛生対策 取り扱い後はよく手を洗うこと。

9. 物理的及び化学的性質

- a) 外観 赤色液体
- b) 臭気 溶剤臭
- c) 沸点 113°C
- d) 蒸気圧 データなし
- e) 密度(20°C) 1.059g/cm³
- f) pH 7.5(40vol%水溶液)
- g) 引火点 なし
- h) 溶解性 水に易溶
- i) 爆発限界 上限:情報なし、下限:情報なし(プロピレングリコールとして上限:12.5%、下限:2.6%)

10. 安定性及び反応性

- a) 安定性 通常の条件では安定
- b) 危険有害反応可能性 強酸化剤、強塩基と反応する。
- c) 避けるべき条件 情報なし
- d) 混触危険物質 強酸化剤、強塩基
- e) 危険有害な分解生成物 燃焼により刺激性または有毒なガス(一酸化炭素)を発生する。

11. 有害性情報

11.1 製品に対する有害性情報 有用な情報なし。

11.2 組成物質に関する有害性

a) プロピレングリコール

- 1) 急性毒性

MSDS 登録 No. 0202108-JP1
製品名 ウェストンブライン PB

- LD50(経口): ラット 20,000mg/kg、マウス 22,000mg/kg
LD50(経皮): ラット 22,500mg/kg、マウス 17,400mg/kg
- 2) 皮膚腐食性、刺激性 ヒトについて、皮膚に直接に接触した場合、開放系では刺激作用はないが、密閉系では刺激作用がみられた。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%では刺激はみられなかった。動物実験について、モルモット、ウサギ及びミニブタでは皮膚刺激性はなかった。
 - 3) 眼に対する重篤な損傷・眼刺激性 ヒトについて、PGの蒸気に曝露した場合、眼への刺激作用はない。動物実験について、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。
 - 4) 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、研究報告によっては発生率に差があり、1%水溶液でも陽性反応を示すヒトもいる。
 - 5) 生殖細胞変異原性 Ames 試験:陰性
染色体異常試験(ヒトリンパ球):陰性(IUCLD Release3.1(2000.2))
 - 6) 発がん性 日本産業衛生学会、ACGIH、IARC、NTPのいずれにも記載なし。ラット及びブイヌの2年間の長期混餌投与試験で腫瘍形性はみられなかった。ラット及びマウスの反復皮膚塗布試験でも腫瘍形性はみられなかった。
 - 7) 生殖毒性 マウス継代試験で5%のPGを給水投与しても親にも次世代の繁殖及び生殖に影響はなかった。

12. 環境影響情報

12. 1 製品に対する有害性情報 有用な情報なし。
12. 2 組成物質に関する有害性
 - a) プロピレングリコール
 - 1) 環境影響・生態毒性 魚毒性についてはデータなし。その他について、漏洩、廃棄などの際には、環境に影響を与える恐れがあるので、取り扱いに注意する。
 - 2) 残留性/分解性 易分解性 BOD 1.08g/g、COD(Cr) 1.68g/g、COD(Mn) 0.72g/g
 - 3) 生態蓄積性 log Pow -0.92~-1.32、BCFは1以下である。

13. 廃棄上の注意

- a) 残余廃棄物 都道府県など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にはそこに委託して処理する。
- b) 容器・包装
 - 1) 廃棄する際は、中身を使い切ってから捨てること。
 - 2) 内容物や容器を、都道府県知事の許可を受けた専門の廃棄業者に業務委託して下さい。

14. 輸送上の注意

- a) 国際規制
 - 1) 国連分類 非該当
 - 2) 国連番号 該当なし
 - 3) 指針番号 該当なし
- b) 国内規制
 - 1) 海上輸送 船舶安全法に定めるところに従う。

MSDS 登録 No. 0202108-JP1
製品名 ウェストンブライン PB

2) 航空輸送 航空法に定めるところに従う。

15. 適用法令

- a) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律
 - b) 水質汚濁防止法
 - c) 海洋汚染防止法
-

16. その他の情報

a) 主な引用文献

- 1) 化学物質等安全データシート(MSDS) JIS Z7250 第1部:内容及び項目の順序
 - 2) 産業中毒便覧(医歯薬出版株式会社)
 - 3) 危険物船舶運送及び貯蔵規則(海文堂)
 - 4) 化学物質の危険・有害便覧(中央労働災害防止協会)
 - 5) 溶剤便覧
 - 6) 急性中毒処置の手引き
 - 7) 中毒ハンドブック(廣川書店)
 - 8) 緊急時応急措置指針[改訂第2版]
 - 9) オートケミカル製品のための製品安全データシート作成指針改訂版(オートケミカル工業会)
 - 10) GHS 分類結果データベース(独立行政法人製品評価技術基盤機構ホームページ)
 - 11) 中央労働災害防止協会安全衛生情報センターホームページ
-

注意 記載内容は現時点で入手できた資料や情報に基づいて作成しておりますが、記載のデータや評価に関しては、如何なる保証をなすものではありません。また、注意事項は通常取り扱いを対象としたものですので、特別な取り扱いをする場合には新たに用途・用法に適した安全対策を実施の上、お取り扱い願います。