

環境省

平成27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28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 : 日本地下水開発株式会社、日本水資源開発株式会社
実証対象技術 : 山形県山形市の日本水資源開発株式会社事務所における
地中熱利用冷暖房システム
実証番号 : 052-1501



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	4
4. 実証対象技術の設置状況写真	6
(参考情報)	7
○ 本編	8
1. 実証試験の目的及び概要	8
1.1 環境技術実証事業の目的と定義	8
1.2 実証対象技術と実証単位	8
1.3 実証単位 (A) の実証目的と実証項目	9
1.4 実証単位 (C) の実証目的と実証項目	9
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	10
3. 実証対象技術の概要	12
3.1 実証対象技術の原理と概要	12
3.2 実証試験の環境	12
3.3 実証対象技術の施設の概要と配置	17
3.4 システムの構成	19
3.5 実証対象技術の写真	23
(参考情報)	26
4. 実証試験の内容	27
4.1 実証項目の内容	27
4.2 実証試験の測定項目と測定システム	28
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	30
4.4 各実証項目の整理解析方法、表示方法	31
5. 実証単位 (A) システム全体の实証試験の結果	34
5.1 実証試験結果 (システム全体の实証項目)	34
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	37
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	42
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	44
6. 実証単位 (C) 地中熱交換部の実証結果	49
6.1 地中熱交換部全体の实証項目	49
6.2 熱媒循環部 (U字管) の実証項目 (参考項目)	50
6.3 熱媒の実証項目 (参考項目)	51
7. 考察	54
○ 付録	55
1. 地中熱用語集	55
2. 品質管理に関する事項等の情報	58
○ 参考文献	59
○ 資料編	60
添付資料1 TRTの代替データ	60
添付資料2 熱媒循環部 (U字管) Uポリパイの技術資料 (抜粋)	69
添付資料3 熱媒 ショウブラインPFP 技術資料 (抜粋)	72
添付資料4 ショウブラインPFP 製品安全データシート	74



本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

○ 全体概要

実証対象技術	山形県山形市の日本水資源開発株式会社事務所における地中熱利用冷暖房システム
実証申請者	日本地下水開発株式会社、日本水資源開発株式会社
実証単位	(A) システム全体
実証機関	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会
実証試験期間	平成 27 年 7 月 7 日～平成 28 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、冬場は外気よりも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

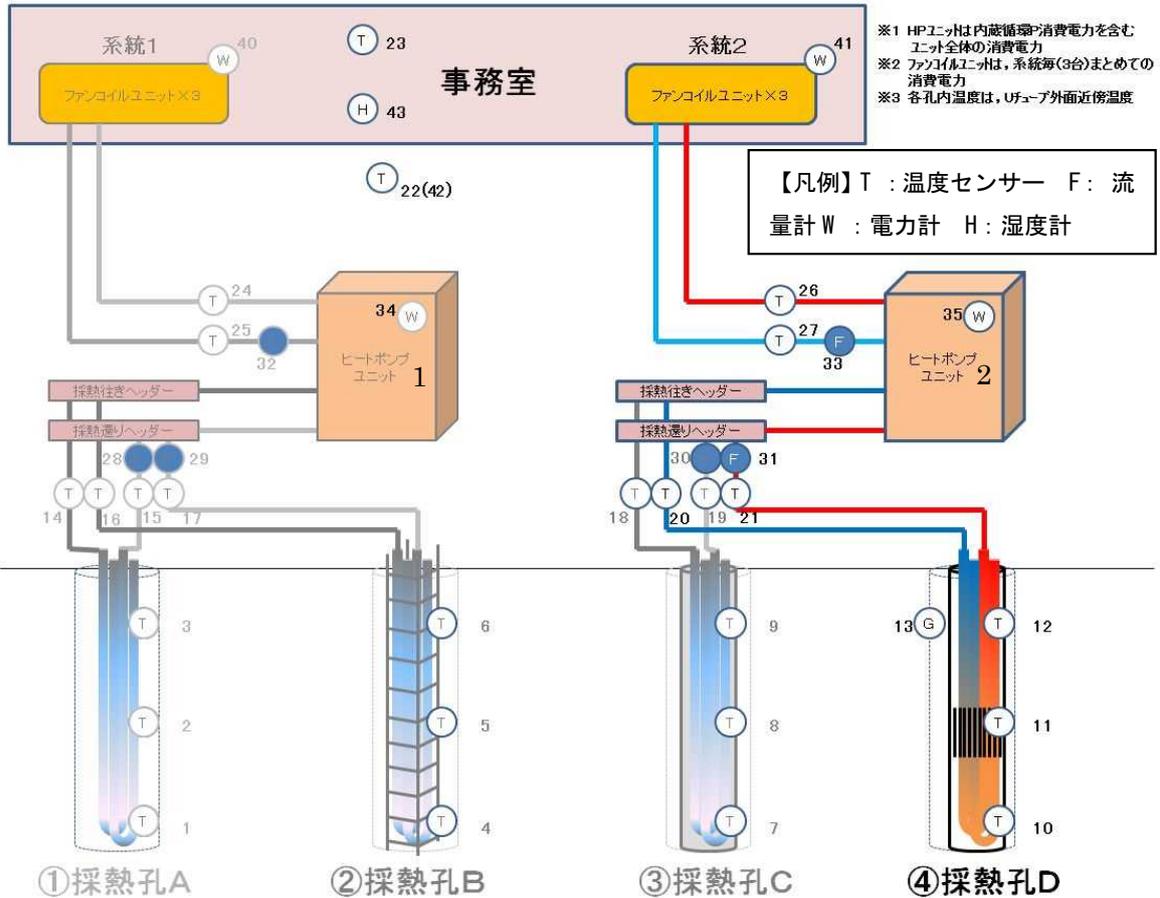
表 1 実証試験実施施設の概要

施設概要	施設名： 日本水資源開発株式会社 本社事務所 施設所在地： 山形県山形市高木 6-2 施設の用途： 事務所
施設の規模 および空調方式	建物の構造：鉄骨スレート板張、空調面積：140m ² 空調システム：事務所は一つの空間で、それを地中熱空調システムで空調している。(空気熱源エアコンも置いてあるが、使用していない。)
地質データ	ボーリング柱状図がある。地表から深度 100m まで、砂礫を主体とし、所々粘性土を挟む地質。
地下水状況	地下水位 -5.25m。

1.3 実証試験時のシステムの全体構成

この地中熱利用設備はもともと各種採熱孔の性能試験のために設置されたもので、地中熱交換井はそれぞれ構造の異なるものが 4 本あり (採熱孔 A,B,C,D)、事務所横の駐車場スペースに一列に並んで 4m 間隔で掘削してある。ヒートポンプは 2 台あり、事務所横の屋外に建物に沿って設置してあり、覆いの小屋がついている。各ヒートポンプには二次側 (利用側) の設備として 3 台のファンコイルユニットが接続しており、ファンコイルユニットは全部で 6 台ある。

実証試験対象の実証対象技術は、採熱孔 D、地中熱ヒートポンプユニット 2 (1 台)、ファンコイルユニット (3 台) からなる独立したシステムである。なお、地中熱ヒートポンプユニット 2 には採熱孔 C の配管もつながっているが、ETV の実証試験期間中は採熱孔 C は使用していない。



(色の濃い部分が実証対象技術、番号は測点 No. (表 3 と対応))

図 1 実証対象技術の概要

表 2 実証対象技術 (採熱孔 D の系統) のシステム構成

【 】内は、事務室の冷暖房全体 (採熱孔 A, B, C, D の全てを含む系統) 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：深度 100m×1 本 (採熱孔 D)。【深度 100m×4 本、4m 間隔】 裸孔とストレーナ管の間の充填材：豆砂利 (採取地：山形県長井市平山 地内) ストレーナ管と U 字管の間隙は中空 (地下水)。 地下水位： -5.25m U 字管：株式会社イノアック住環境製 U ポリパイ 25A、ダブルで挿入。
地中熱用ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 製品名：サンポット株式会社製 地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 能力：冷房、暖房とも 10kW ・台数：1 台 (ユニット 2)、【2 台】 制御：インバータ制御 ・冷媒：R410A ・タイプ：2 次側間接式
循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 1 次側、2 次側ともに、地中熱用ヒートポンプに内蔵のもの。
熱媒	<ul style="list-style-type: none"> 一次側：ショウワ株式会社製 ショウブライン PFP プロピレングリコール系 ショウブラインとして 50wt% 二次側：同。 ショウブラインとして 20wt%
室内機	<p>ファンコイルユニット</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品名：三菱電機冷暖応用システム株式会社製 リビングマスターLV-WFE-C2 (200) 1 台当り冷房能力：1.81kW (全熱)、暖房能力：2.59kW 台数：3 台【6 台】 【6 台の冷房能力 10.86kW、暖房能力 15.54kW】

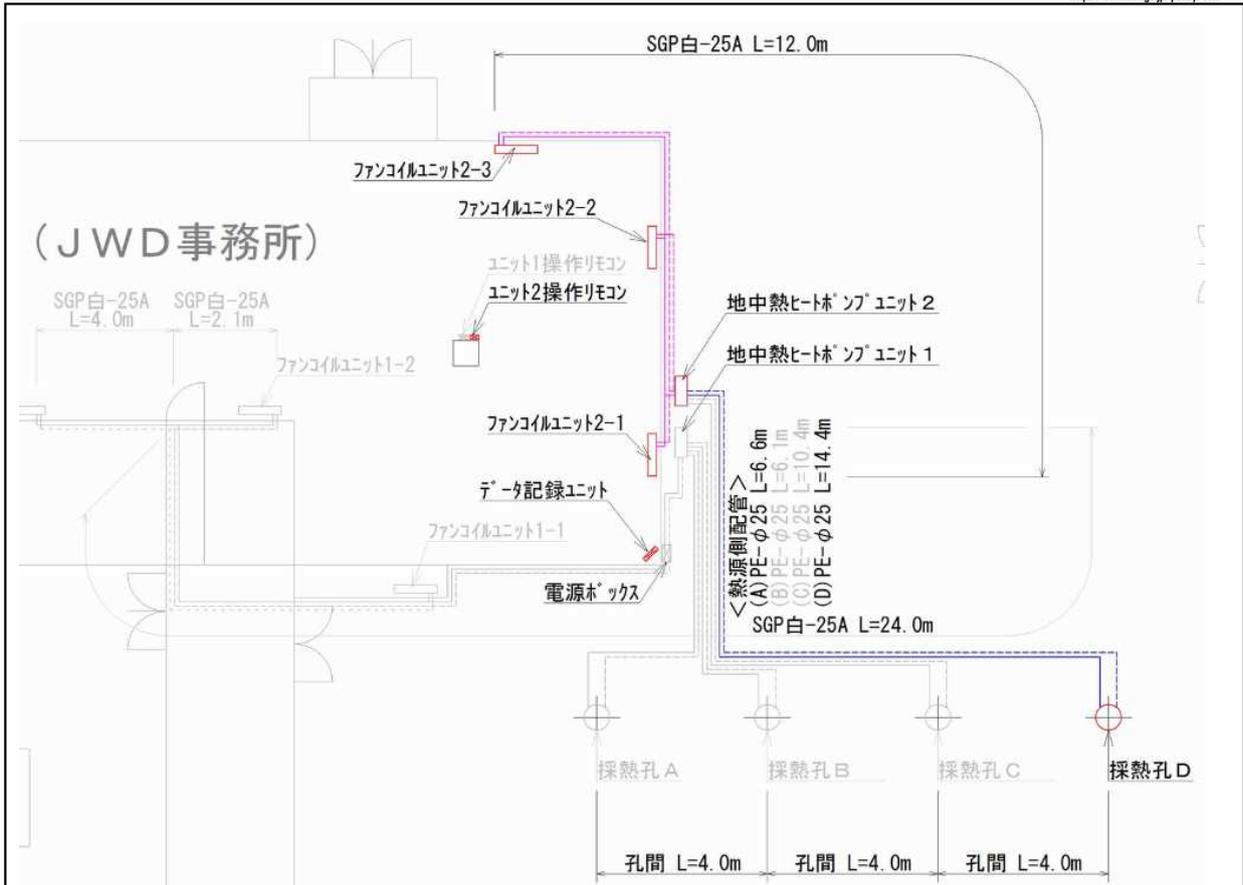


図2 地中熱交換井と配管の配置図 (色の濃い部分が実証対象技術)

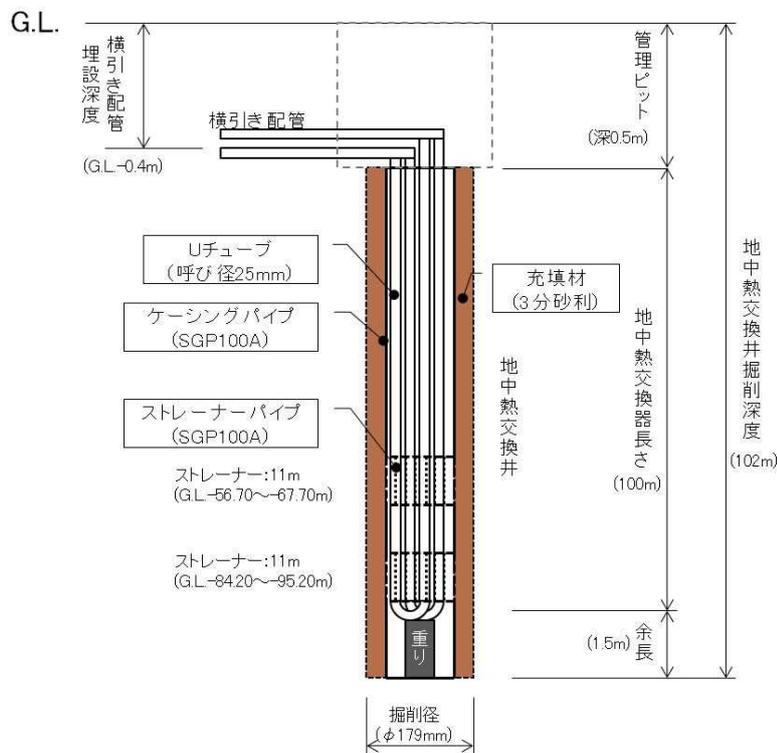


図3 地中熱交換井 (探熱孔 D) の構造図

2. 実証試験の概要

2.1 システム全体の实証試験

実証対象技術（採熱孔 D とヒートポンプユニット 2 を含むシステム）に係るシステム全体の实証試験は、図 1 (p.2)、表 3 に示す各計測器で測定した数値をデータロガーにて記録保存した。

なお、現地ではこれ以外にも多くの項目を任意で測定した。（本編詳細版 p.28 参照）

表 3 実証対象技術の測定項目

計測項目	必須、任意	測点No.	測定場所	センサー種別等
採熱孔内温度	任意	10	採熱孔D-100m	熱電対(T型)
	任意	11	採熱孔D-50m	
	任意	12	採熱孔D-20m	
採熱孔水位	任意	13	採熱孔D-水位	水圧式水位センサー
ヒートポンプ	必須	20	採熱孔D行き温度	測温抵抗体
一次側熱媒温度	必須	21	採熱孔D還り温度	
気温	任意	22	気温	
室温	任意	23	室温	
ヒートポンプ	必須	26	HP2室内行き温度	
二次側熱媒温度	必須	27	HP2室内還り温度	電磁流量計
一次側熱媒流量	必須	31	採熱孔D流量	
二次側熱媒流量	必須	33	HP2負荷側流量	電力モニター
ヒートポンプ	必須	35	HP2消費電力	
消費電力				
室内機ファンコイル 電力	任意	41	HP2ファンコイル	<相対湿度計測>
室内湿度	任意	43	室内湿度	

※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。

- ・実証試験期間（計測期間）：平成27年7月7日～平成28年2月1日
- ・冷房期間：平成27年7月7日～平成27年9月30日
- ・暖房期間：平成27年10月26日～平成28年2月1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。

表4 システム全体の実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)	4.11
		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)	0.88kW
		c. 冷房期間の地中への排熱量	5.20kW
	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} ^{※1}	2.94
		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)	2.67 ^{※2}
		f. 暖房期間のシステム消費電力	2.17kW
		g. 暖房期間の地中からの採熱量	4.08kW

※1 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 (平成27年7月7日～28年2月1日) の約7ヶ月間のシステムエネルギー効率の平均値である。

※2 暖房期間では二次側熱媒行き温度を段階的に引き上げた。詳細は本編 p.36 参照。

表5 システム全体の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	4.88	2.83
②地中熱交換井の長さ1メートル当たりの熱交換量	52.0W/m	40.8W/m

3.2 その他の実証項目

実証試験要領上、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している。

(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示す項目であるが、現地の状況から TRT ができなかった。規定により代替データとして、実証申請者が平成24年7月に独自に実施した TRT データを示す。(本編 p.49 「6.1 地中熱交換部全体の実証項目」参照)。

表6 地中熱交換部全体の実証項目【代替データ】

項目	結果	備考
a. 地中熱交換井の熱抵抗 [K/(W/m)]	0.088	TRT は実証申請者が平成24年7月に実施。
b. 土壌部分の熱伝導率 [W/(m・K)]	2.09	熱抵抗は採熱孔D、熱伝導率は採熱孔Aでの値。

(2) 熱媒循環部 (U字管) と熱媒の実証項目 (参考項目)

熱媒循環部と熱媒のデータは商品カタログ等から引用したため、実証試験要領*の規定に基づき、参考項目とした。詳細データは本報告書の p.50～53 を参照。概要版には掲載を省略する。

*平成27年5月11日付、p.36 表11及び表12の「実証方法」参照。

4. 実証対象技術の設置状況写真



写真1 実証対象技術の全景
奥の建物が冷暖房の事務所

写真2 探熱孔Dの内部



写真3 ヒートポンプと配管、計測器

(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		山形県山形市の日本水資源開発株式会社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 Japan Water Resources Development Co., Ltd. office in Yamagata City, Yamagata Prefecture)		
製品名・型番		—		
製造(販売)企業名		日本地下水開発株式会社 (英文表記: Japan Groundwater Development Co., Ltd.)		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 023-688-6000	FAX : 023-688-4122	
	ウェブサイト アドレス	http://www.jgd.jp/		
	E-mail	webmaster@jgd.jp		
設置条件		標記システムの地中熱交換井は、井戸へ U チューブを挿入したのみの簡単な構造のため、ボーリング孔を新掘する他、既存井戸の活用も可能です。		
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		循環媒体として不凍液を使用しますので、濃度管理(年1回程度)が必要となります。併せて、長期間使用の場合には、ヒートポンプユニット(ヒートポンプ本体と循環ポンプ)点検の実施が望まれます。その他は、基本的にメンテナンスフリーです。		
施工性		高速ボーリングマシン活用による地中熱交換井工事は、僅か1~2日程度で井戸掘削を完了することができ、自走可能なため、宅地内の様な限られた場所での施工性に優れます。また、ユニット化された熱源機器利用のため、省スペースで施工性に優れます。		
コスト概算		イニシャルコスト		
		機 器	数 量	
		(新規)地中熱交換井工事	一式(1本)	2,500千円
		ヒートポンプユニット	一式	1,000千円

○ その他実証申請者または開発者からの情報

- ①日本地下水開発(株)では、地下水や地中熱などの自然エネルギーを利用した消・融雪施設について、計画・施工・維持管理まで一貫した製品提供をしています。また、地下水を直接利用したオープンループ方式による空調施設についても、1980年代より自社社屋で実施してきております。実証対象技術は、日本地下水開発(株)が計画・施工したものです。
- ②日本水資源開発(株)は、日本地下水開発グループの一員として、消・融雪施設関連資材の加工・販売を主な事業としており、実証対象技術の採熱孔Dのストレーナ加工は、自社で実施したものです。施設は、事前にお問い合わせ頂ければ、見学も可能です。

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. 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定義は、「平成 27 年度 環境技術実証事業 実施要領」*¹によると、次のように定められている。

『環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、環境保全効果等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。』

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」とは、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。』

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 27 年 5 月 11 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、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。

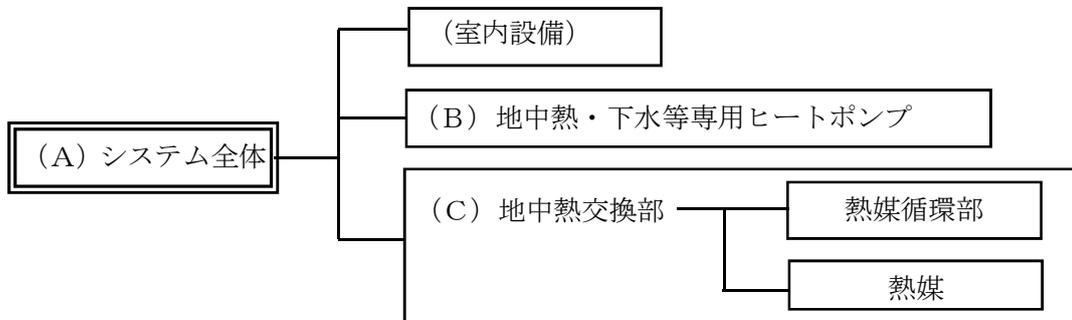


図 1-1 実証対象技術の全体像

本件はこれらの階層的技術の内「実証単位 (A) システム全体」に関する実証試験である。実証試験要領によると、『実証単位(A)で実証する場合は、実証単位(A)「システム全体」の実証項目に加え、実証単位(C)「地中熱交換部」の実証項目を実施しなければならない。』と定められている。

*¹:環境省 総合環境政策局総務課 環境研究技術室 平成 27 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/index.html>

*²:環境省 水・大気環境局総務課 環境管理技術室 平成 27 年 5 月 11 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/system/page_3.html

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いけない」と規定されている。本実証対象技術の実証試験は、事務所に勤務する従業員が通常どお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 27 年 5 月 11 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

実証単位(A)の実証項目は、システム全体の実証項目と実証単位(C)の地中熱交換部の実証項目で構成される。実証項目の詳細は、p.27 の表 4-1 を参照。

1.4 実証単位（C）の実証目的と実証項目

「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。実証項目の詳細は、p. 49 の表 6-1、6-2、6-3 を参照。

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。

実証申請者はシステムの設計施工事業者と、ユーザー兼材料加工事業者である。

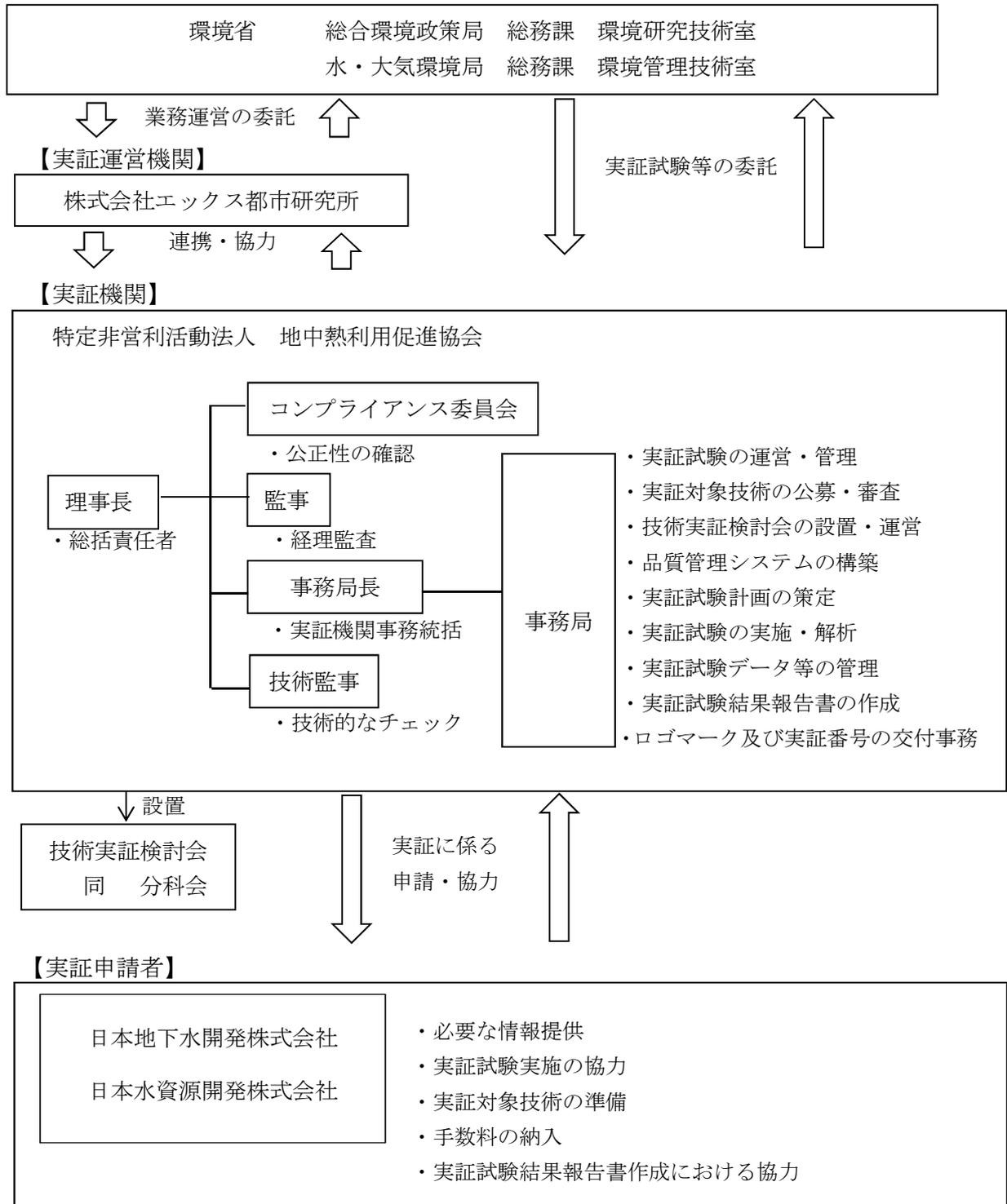


図 2-1 実証試験に参加する組織

表 2-1 実証試験参加機関、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 宮崎眞一 小間憲彦 橋爪茂利雄 大島和夫 赤木誠司	
		実証対象技術の公募・審査資料作成		
		技術実証委員会・分科会の運営		
		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・運営		
		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	日本地下水開発株式 会社	実証機関への必要な情報提供と協力	山口正敏（日本地 下水開発(株)）	
		実証対象技術の準備・運転と関連資料の 提供		
	日本水資源開発株式 会社	手数料の支払い	中川淳（日本水資 源開発(株)）	
		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		

なお、必要な計測器の設置は実証申請者が実証申請前に行っていたが、それは実証試験要領の規定に合致したものである。計測データ整理、データ解析は実証機関が行った。

3. 実証対象技術の概要

3.1 実証対象技術の原理と概要

(1) 地中熱利用冷暖房の原理

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。

(2) 実証対象技術の概要

この地中熱利用冷暖房設備は、構造の異なる4本の地中熱交換井の性能の違いを研究することを目的とするとともに、日本水資源開発株式会社の本社事務所の冷暖房をする目的で設置されたものである。事務所の冷暖房設備全体としては、深度100mでダブルU字管を持つ地中熱交換井が4本、10kWのヒートポンプが2台、室内機が6台で構成されている。ETVの実証対象技術は、これらのうち、地中熱交換井1本(採熱孔Dと呼ぶ)とヒートポンプ1台、室内機3台からなる独立したシステムである。平成25年8月に完成以来、事務所の冷暖房を行っている。採熱孔Dは井戸へUチューブを挿入したのみの簡単な構造で、既存井戸の有効活用も可能な構造である。

3.2 実証試験の環境

(1) 実証対象技術の所在地

実証対象技術が設置されている施設の所在地を図3-1、3-2(次頁)に示す。



(出典：国土地理院 電子国土 Web URL: <http://maps.gsi.go.jp/#9/37.703380/139.788666>)

図3-1 実証対象技術の所在地(広域図)



(出典：国土地理院 電子国土 Web URL: <http://maps.gsi.go.jp/#9/37.703380/139.788666>)

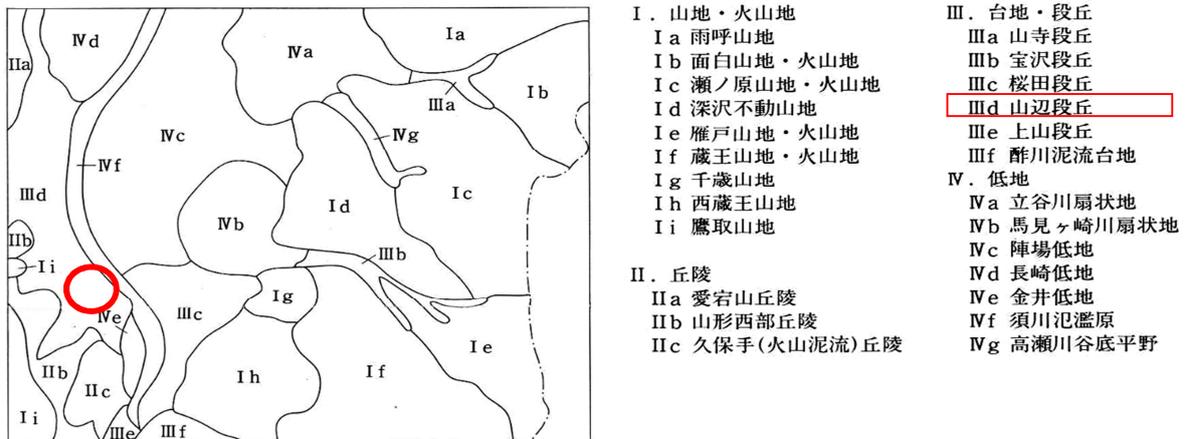
図 3-2 実証対象技術の所在地 (詳細図)

(2) 地質環境

調査地周辺は山形県の中央部東側に位置する山形盆地内にあたり、東部には奥羽山地の蔵王・雁戸火山地(山地)等が、西部には鷹取山地が分布する。

本調査地は山形市高木地内にあたり、JR 奥羽本線山形駅の南西約 4 km に位置し、調査地の 1 km 東を須川が北流している。本調査地の地形区分図を図 3-3 に、表層地質図を図 3-4 (次頁) に示す。図 3-3 によれば本調査地の地形は山辺段丘に区分される。

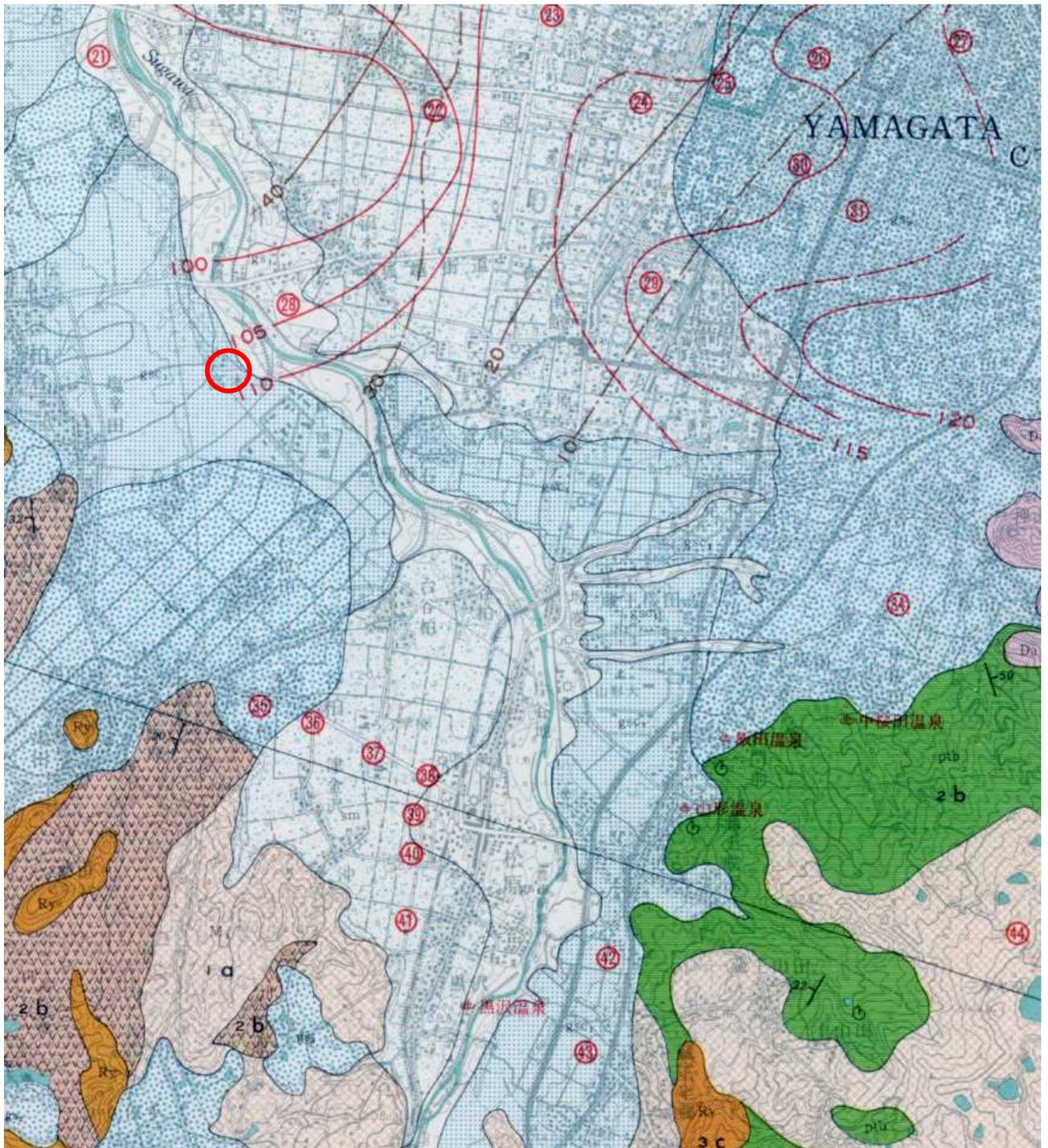
図 3-4 より、本調査地付近の表層地質は第四系更新統の段丘堆積物からなり、未固結の礫・砂を主体とする地質構成である。図 3-5 (p.16) に示した当該地の掘削結果からも、砂礫を主体とし、所々粘性土を挟在する地質構成となっていることが確認されている。



(出典：土地分類基本調査「山形」5 万分の 1 国土調査—山形県より抜粋)

(○：実証対象技術の所在地)

図 3-3 山形図幅地域の地形区分図



(出典 国土調査昭和 56 年 6 月 15 日指定(国土庁告示第 1 号)土地分類基本調査図 NJ-54-21-11 (仙台 11 号))

(○ : 実証対象技術の所在地)

図 3-4 実証試験実施地の地質図

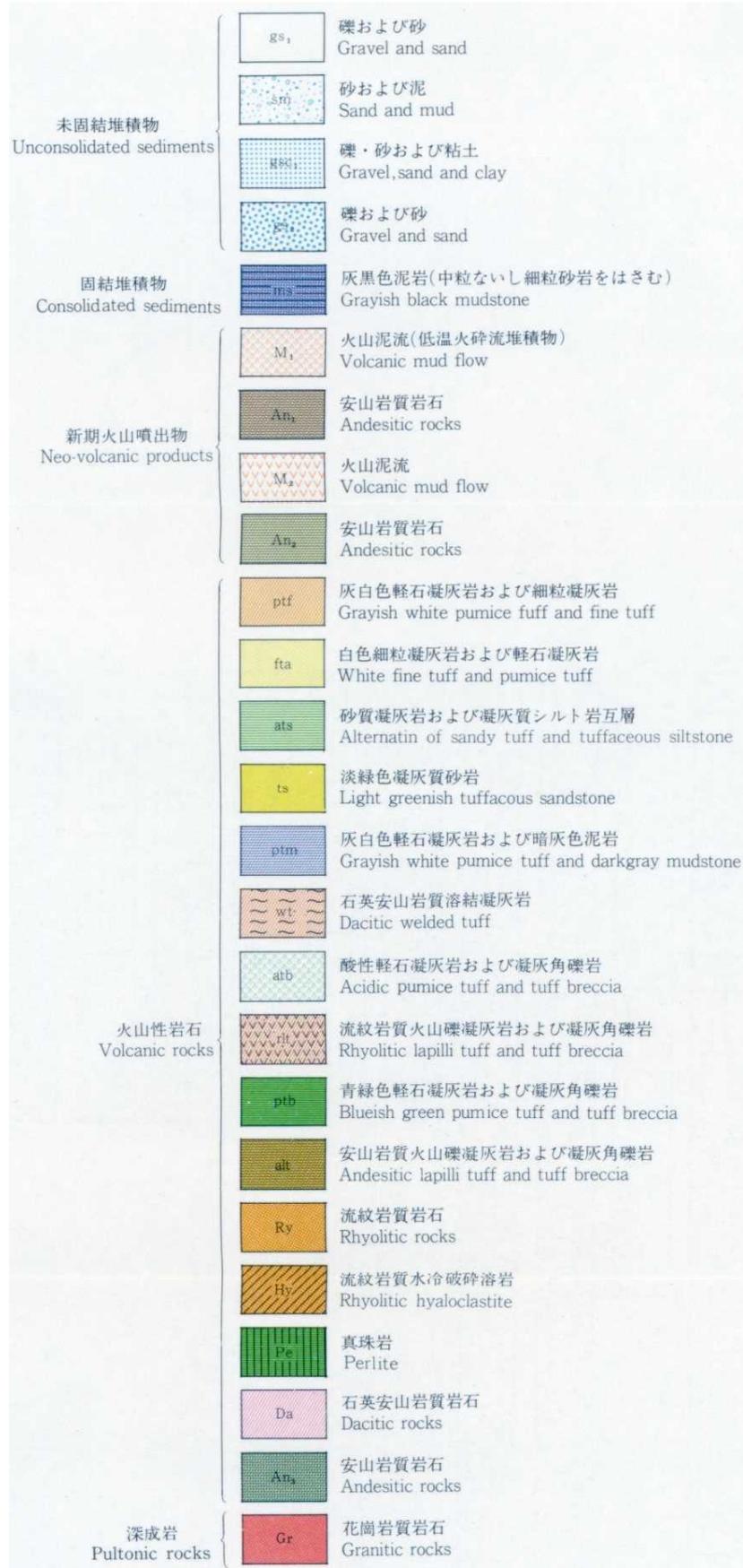


図 3-4 (続き) 実証試験実施地の地質図の凡例

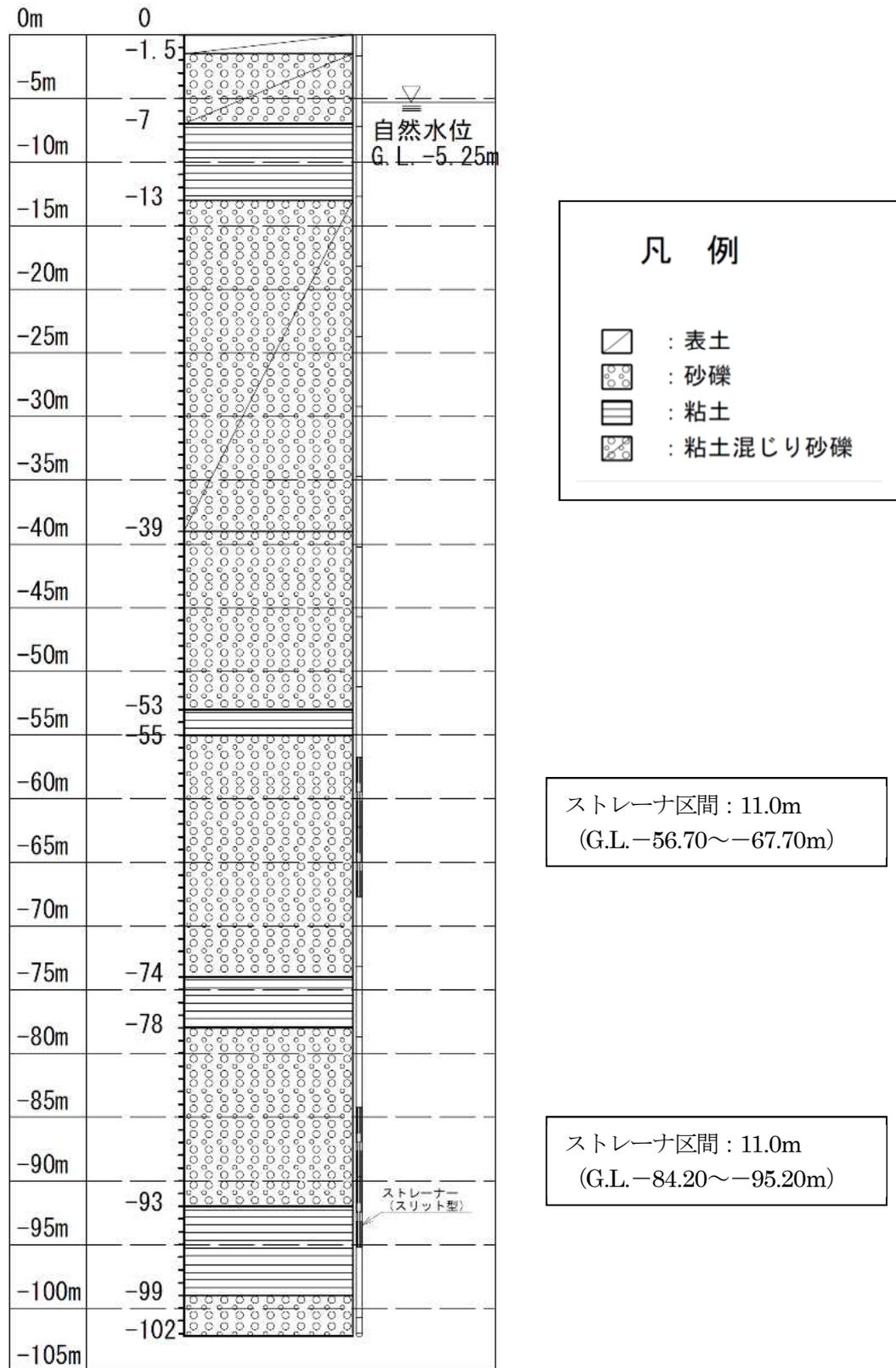


図 3-5 実証試験実施場所の地質柱状図 (地中熱交換井掘削時データ)

3.3 実証対象技術の施設の概要と配置

実証対象技術の所在地と、実証対象技術を設置してある施設の概要を表 3-1 に示す。

表 3-1 実証対象技術の所在地、設置施設の概要

施設概要	施設名： 日本水資源開発株式会社 本社事務所 施設所在地： 山形県山形市高木 6-2 施設の用途： 事務所
施設の規模 および空調方式	鉄骨スレート板張 空調面積：140m ² 空調システム：事務所は一つの空間で、それを地中熱空調システムで空調している。 (空気熱源エアコンも置いてあるが、使用していない。)

実証対象技術を含む、事務所の冷暖房設備の全体配置図を図 3-6 に示す。

実証対象技術が冷暖房をしているのは、日本水資源開発株式会社 (JWD) の事務所である。地中熱交換井は 4 本あり (採熱孔 A、B、C、D)、事務所横の駐車場スペースに並んで 4m 間隔で掘削してある。ヒートポンプは 2 台あり、事務所横の屋外に建物に沿って設置してあり、覆いの小屋がついている。各ヒートポンプには二次側 (利用側) の設備として 3 台のファンコイルユニットが接続しており、ファンコイルユニットは全部で 6 台ある。

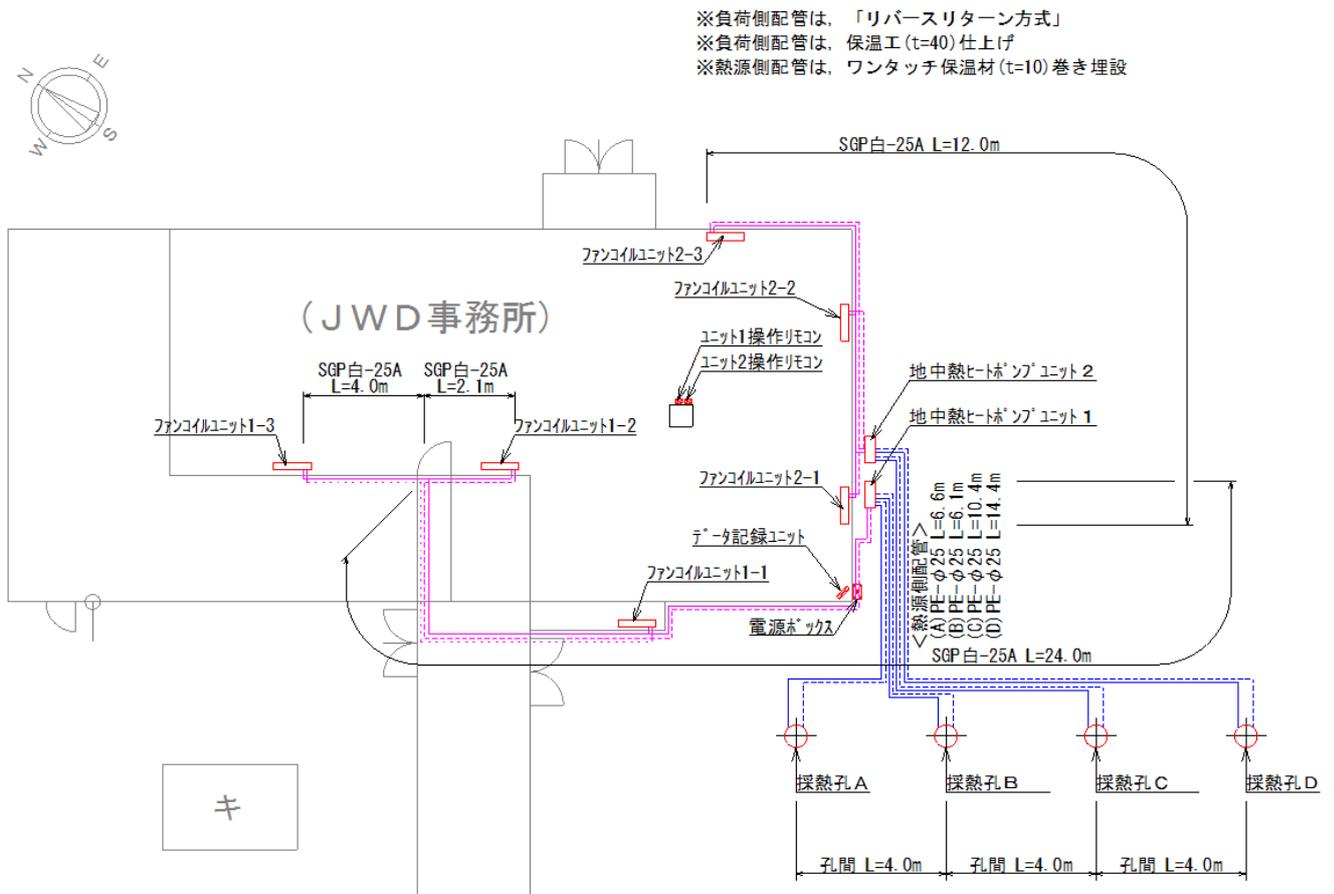


図 3-6 事務所の冷暖房設備の全体配置

実証対象技術の配置図 (採熱孔 D の系統) の配置図を図 3-7 に示す。

実証対象技術は、採熱孔 D、地中熱ヒートポンプユニット 2、ファンコイルユニット 2-1、2-2、2-3 からなる独立したシステムである。なお、地中熱ヒートポンプユニット 2 には採熱孔 C の配管もつながっているが、ETV の実証試験期間中は採熱孔 C は使っていない。

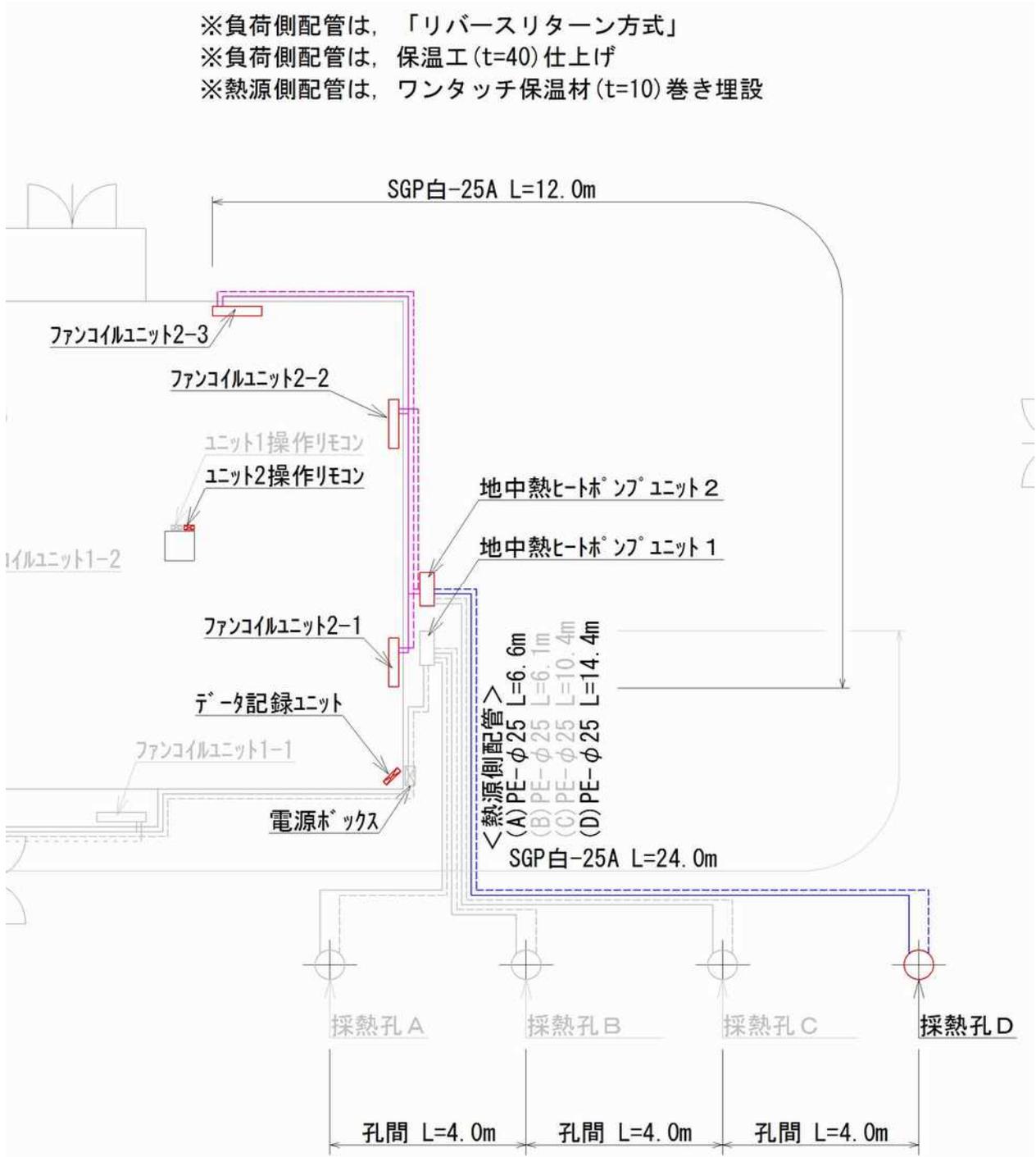


図 3-7 実証対象技術の配置図 (採熱孔 D の系統の拡大図)

3.4 システムの構成

(1) 日本水資源開発株式会社の本社事務所の地中熱利用冷暖房設備

この地中熱利用冷暖房設備は、構造の異なる4本の地中熱交換井の性能の違いを調査研究するとともに、日本水資源開発株式会社の本社事務所の冷暖房もする目的で設置されたものである。

設備全体としては、深度100mでダブルU字管を持つ地中熱交換井が4本、能力10kWのヒートポンプが2台、室内機が6台で構成されている(図3-8)。

実証対象技術はこれらのうち採熱孔Dの系統(系統2)で、図3-8で色の濃い部分である。

4本の地中熱交換井は、次の4種類の構造になっている。

- ①採熱孔A：U字管を充填材で充填した通常の構造のもの
- ②採熱孔B：U字管をサポート材で位置を固定して充填材で充填したもの
- ③採熱孔C：水を充填した鋼管にU字管を入れ、鋼管の外側は充填材で充填したもの
- ④採熱孔D：井戸仕上げのストレナ加工した鋼管にU字管を入れたもの(実証対象技術)

申請者がこれら4種類の採熱孔の性能を実測調査したところ、採熱孔Dが最も効率よく地中熱を採熱できることが示されている。なお、採熱孔A,Bと採熱孔C,Dはそれぞれ別のヒートポンプに接続されていて、系統が明確に分かれている。採熱孔A,Bの系統を系統1、採熱孔C,Dの系統を系統2と呼んでいる。

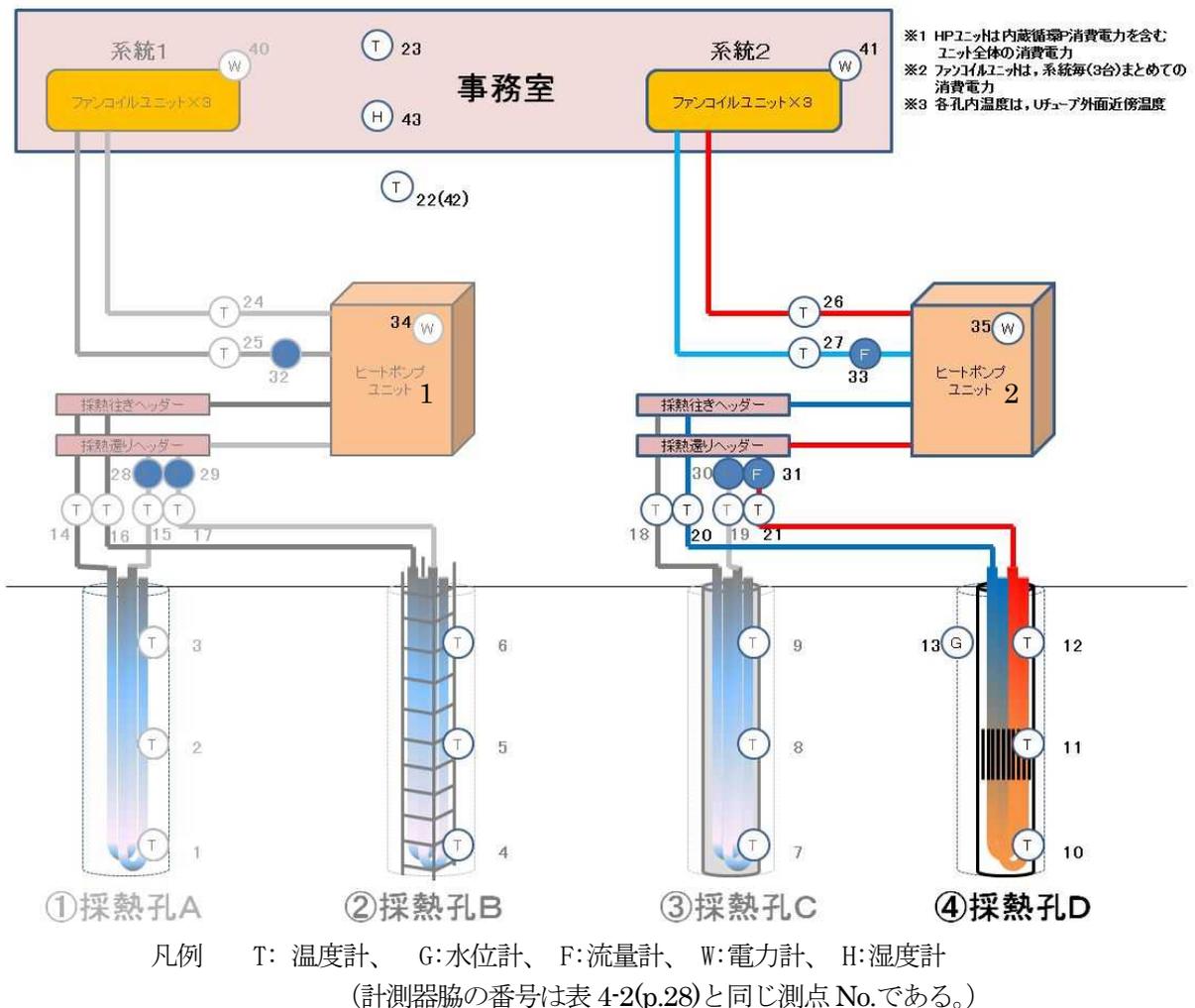


図3-8 事務所の冷暖房設備の全体と実証対象技術のシステム概要および計測位置
 (実証対象技術は色の濃い部分)

(2) 実証対象技術

ETV の実証試験をした実証対象技術は、系統 2 において採熱孔 D のみを使用したものである。採熱孔 D のみに限定した理由は、実証申請者が井戸仕上げの採熱孔についての実証試験を希望し、構造の異なる地中熱交換井を一体として実証対象技術にすると、井戸仕上げの採熱孔としての性能が不明確になるためである。なお、参考として、系統 1 (採熱孔 A のみ使用) においても系統 2 と同様の計測を実施した。

表 3-2 実証対象技術 (採熱孔 D の系統) のシステム構成

【 】内は、事務室の冷暖房全体 (採熱孔 A, B, C, D の全てを含む系統) 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: 深度 100m × 1 本。【深度 100m × 4 本、4m 間隔】。掘削坑径: 179mm。 【4 本の採熱孔は、それぞれ構造が異なる。】 ・ストレーナ管: SGP 黒 100A × 5.5m ・裸孔とストレーナ管の間の充填材: 豆砂利 (採取地: 山形県長井市平山 地内) ストレーナ管と U 字管の間隙は中空 (地下水)。 ・U 字管: 株式会社イノアック住環境製 U ポリパイ 25A、ダブルで挿入。 ・地下水位: -5.25m
地中熱用 ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名: サンポット株式会社製 地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 ・冷房能力: 10kW、暖房能力: 10kW ・台数: 1 台 【2 台】、制御: インバータ制御 ・冷媒: R410A、タイプ: 2 次側間接式
循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・1 次側、2 次側ともに、地中熱用ヒートポンプに内蔵のもの。DC ブラシレスポンプ (一 次側: 20L/min × 8.4mH₂O、二次側: 20L/min × 4.0mH₂O)
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 プロピレングリコール系 ショウブラインとして 50wt% ・二次側: ショーワ株式会社製 ショウブライン PFP プロピレングリコール系 ショウブラインとして 20wt%
室内機	<p>ファンコイルユニット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品名: 三菱電機冷熱応用システム株式会社製 リビングマスター LV-WFE-C2 (200) ・1 台当り冷房能力: 1.81kW (全熱)、暖房能力: 2.59kW ・台数: 3 台 【6 台】 【6 台の冷房能力 10.86kW、暖房能力 15.54kW】

(3) 地中熱交換井 (採熱孔D) の構造と寸法

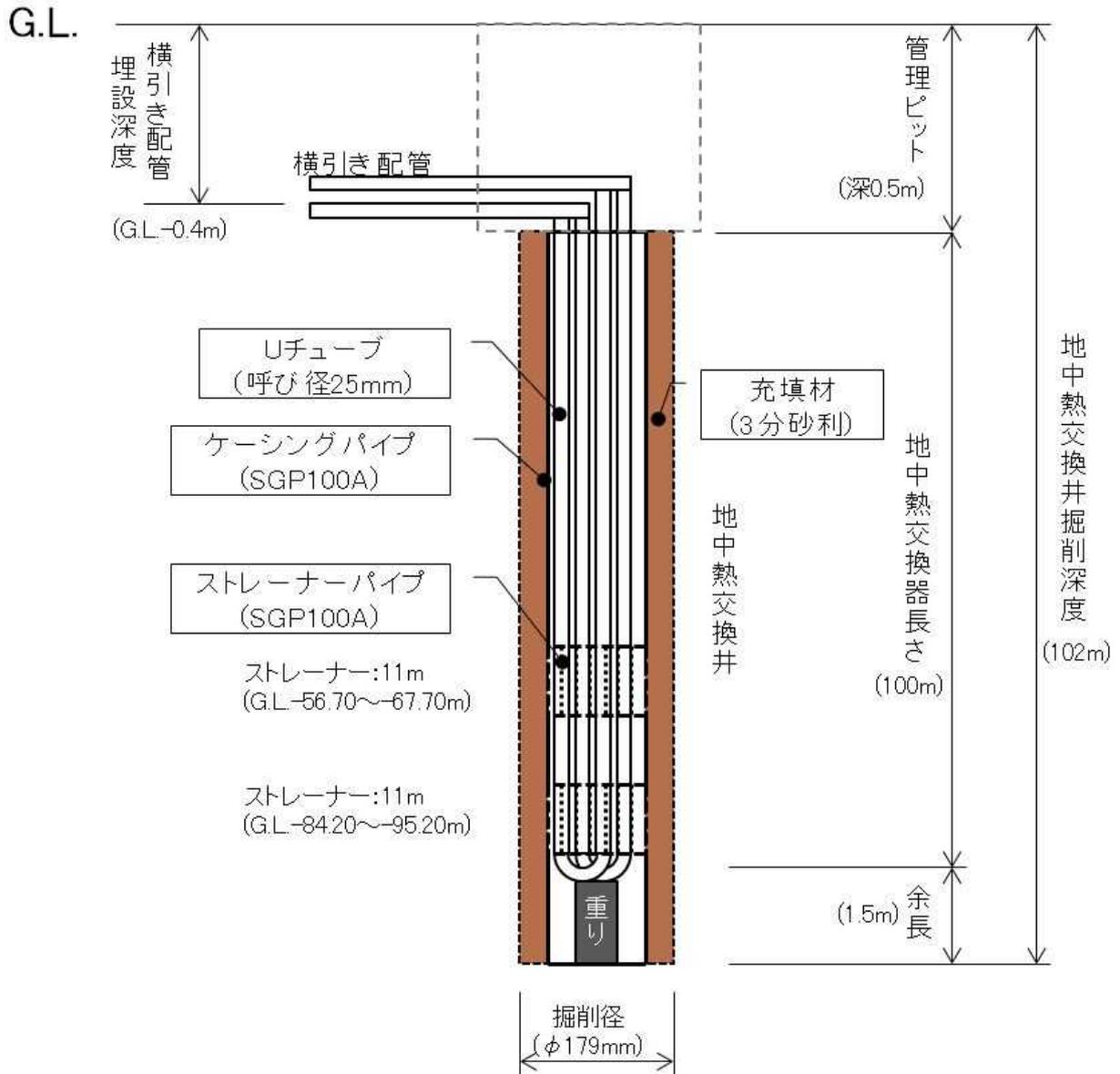


図 3-9 採熱孔Dの構造と寸法

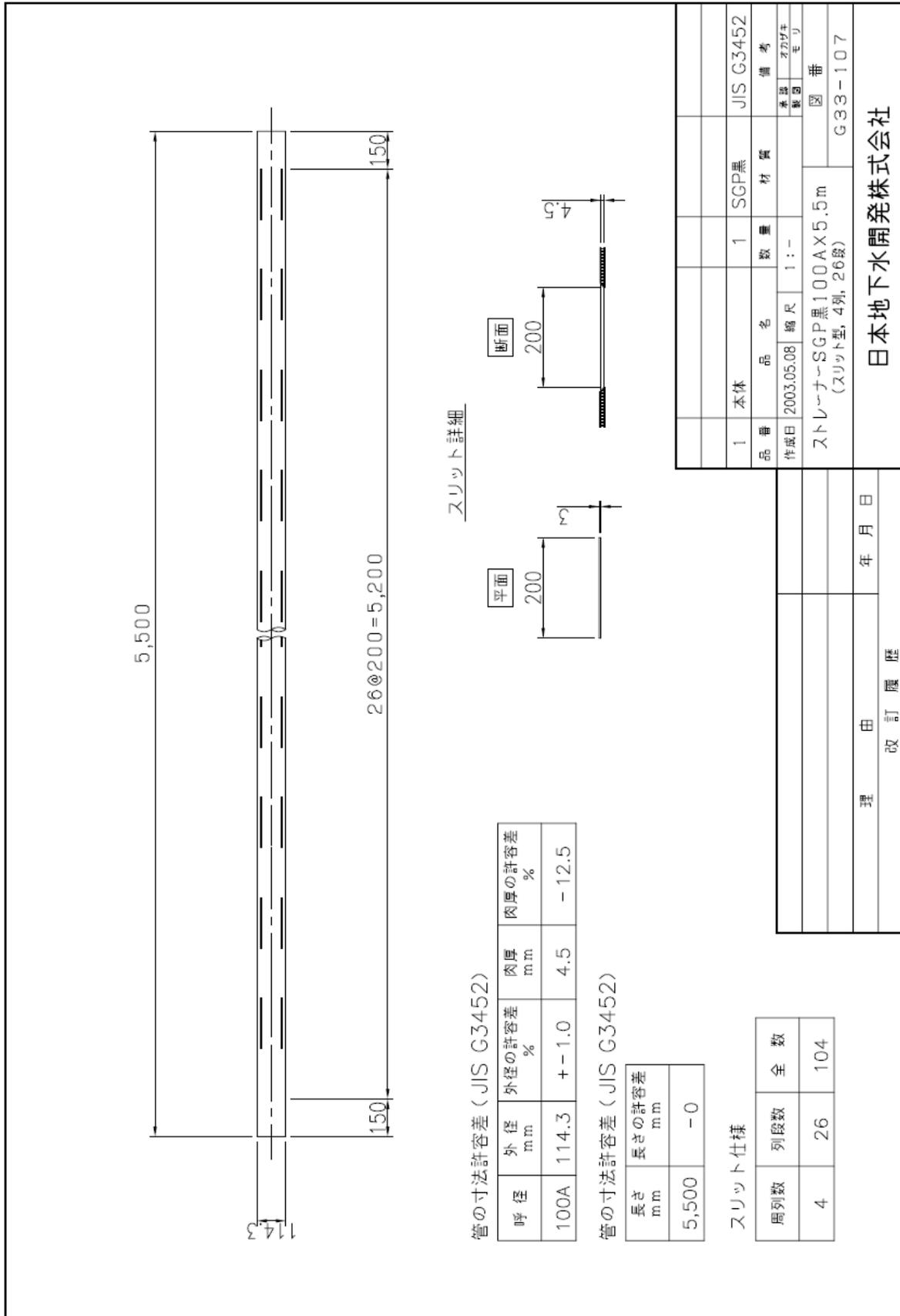


図3-10 採熱孔Dに挿入してあるストレーナ管の構造と寸法

(4) 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

項目			内容
製造事業者			サンポット株式会社
名称			地中熱ヒートポンプユニット
型式			GSHP-1001
電源仕様			単相 200V、100V 50/60Hz
能力	冷房	kW	10.0
	暖房	kW	10.0
消費電力	冷房	kW	3.37
	暖房	kW	3.05
冷媒	種類		R410A
	封入量	g	1300

(能力、消費電力の条件： 【冷房】1次側戻り温度 30℃、2次側行き温度 7℃、
 【暖房】1次側戻り温度 0℃、2次側行き温度 35℃)

3.5 実証対象技術の写真



写真 3-1 実証対象技術の全景

ヒートポンプ配管小屋の後方は空調対象の事務所。駐車場スペースに 4 本の地中熱交換井がある。



写真3-2 ヒートポンプとヘッダー、配管、計測器など



写真3-3 ヒートポンプ脇の配管 (拡大写真)



写真3-4 採熱孔(D)



写真3-5 事務室内の室内機(ファンコイルユニット)



写真3-6 ヒートポンプから二次側ファンコイル
ユニットへの熱媒送り温度のコントローラー
(ヒートポンプユニット1と2)
上にあるのは室内気温と湿度のセンサー



写真3-7 データロガー

(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		山形県山形市の日本水資源開発株式会社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 Japan Water Resources Development Co., Ltd. office in Yamagata City, Yamagata Prefecture)		
製品名・型番		—		
製造(販売)企業名		日本地下水開発株式会社 (英文表記: Japan Groundwater Development Co., Ltd.)		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 023-688-6000	FAX : 023-688-4122	
	ウェブサイト アドレス	http://www.jgd.jp/		
	E-mail	webmaster@jgd.jp		
設置条件		標記システムの地中熱交換井は、井戸へUチューブを挿入したのみの簡単な構造のため、ボーリング孔を新掘する他、既存井戸の活用も可能です。		
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		循環媒体として不凍液を使用しますので、濃度管理(年1回程度)が必要となります。併せて、長期間使用の場合には、ヒートポンプユニット(ヒートポンプ本体と循環ポンプ)点検の実施が望まれます。その他は、基本的にメンテナンスフリーです。		
施工性		高速ボーリングマシン活用による地中熱交換井工事は、僅か1~2日程度で井戸掘削を完了することができ、自走可能なため、宅地内の様な限られた場所での施工性に優れます。また、ユニット化された熱源機器利用のため、省スペースで施工性に優れます。		
コスト概算		イニシャルコスト		
		機 器	数 量	
		(新規)地中熱交換井工事	一式(1本)	2,500千円
		ヒートポンプユニット	一式	1,000千円

○ その他実証申請者または開発者からの情報

- ①日本地下水開発(株)では、地下水や地中熱などの自然エネルギーを利用した消・融雪施設について、計画・施工・維持管理まで一貫した製品提供をしています。また、地下水を直接利用したオープンループ方式による空調施設についても、1980年代より自社社屋で実施してきております。実証対象技術は、日本地下水開発(株)が計画・施工したものです。
- ②日本水資源開発(株)は、日本地下水開発グループの一員として、消・融雪施設関連資材の加工・販売を主な事業としており、実証対象技術の採熱孔Dのストレーナ加工は、自社で実施したものです。施設は、事前にお問い合わせ頂ければ、見学も可能です。

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

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。

4.1 実証項目の内容

実証単位(A)の実証項目は、表4-1のとおりシステム全体及び実証単位(C)で構成される。

実証試験要領(p.20の表5、p.35の表9)には、システム全体や地中熱交換部のシステムのタイプが分けられている。本実証対象技術のシステム全体は「地中熱源×間接式」のタイプである。また、地中熱交換部の設備構成は「熱媒循環式×熱交換器なし」のタイプで、地中熱交換井とヒートポンプとの間に熱交換器が入っていないため、実証単位(C)では地中熱交換部の実証項目、熱媒循環部の実証項目、および熱媒の実証項目があり、熱交換器の熱交換性能の実証項目はない。

表4-1 実証試験要領で規定されている実証項目

		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	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：これらの性能は、カタログ等の既存資料の確認によって示す場合は、参考項目として取り扱われる。

4.2 実証試験の測定項目と測定システム

実証単位(A)の実証試験の測定項目と測定機器を表4-2に、測定機器の詳細を表4-3(次頁)に示す。
 測定位置は図3-8(p.19)参照。測定はそれぞれ1分毎に計測して記録した。

表4-2 測定項目

実証対象技術の測定箇所

計測項目	必須、任意	測点 No.	測定場所	タグ	センサー種別等
採熱孔内温度	任意	10	採熱孔D-100m	BH_D100	熱電対(T型)
	任意	11	採熱孔D-50m	BH_D50	
	任意	12	採熱孔D-20m	BH_D20	
採熱孔水位	任意	13	採熱孔D-水位	BH_DW	水圧式水位センサー
ヒートポンプ 一次側熱媒温度	必須	20	採熱孔D行き温度	T_BH_D(S)	測温抵抗体
	必須	21	採熱孔D還り温度	T_BH_D(R)	
気温	任意	22	気温	Temp	
室温	任意	23	室温	Room	
ヒートポンプ 二次側熱媒温度	必須	26	HP2室内行き温度	T_HP2(S)	
	必須	27	HP2室内還り温度	T_HP2(R)	
一次側熱媒流量	必須	31	採熱孔D流量	F_BH_D	電磁流量計
二次側熱媒流量	必須	33	HP2負荷側流量	F_HP2	
ヒートポンプ 消費電力	必須	35	HP2消費電力	W_HP2	電力モニター
室内機ファンコイル 電力	任意	41	HP2ファンコイル	W_F2	
室内湿度	任意	43	室内湿度	M-ROOM	相対湿度計測

(参考) 実証対象技術以外の測定箇所

計測項目	必須、任意	測点 No.	測定場所	タグ	センサー種別等
採熱孔内温度	任意	1	採熱孔A-100m	BH_A100	熱電対(T型)
	任意	2	採熱孔A-50m	BH_A50	
	任意	3	採熱孔A-20m	BH_A20	
	任意	4	採熱孔B-100m	BH_B100	
	任意	5	採熱孔B-50m	BH_B50	
	任意	6	採熱孔B-20m	BH_B20	
	任意	7	採熱孔C-100m	BH_C100	
	任意	8	採熱孔C-50m	BH_C50	
	任意	9	採熱孔C-20m	BH_C20	
ヒートポンプ 一次側熱媒温度	任意	14	採熱孔A行き温度	T_BH_A(S)	測温抵抗体
	任意	15	採熱孔A還り温度	T_BH_A(R)	
	任意	16	採熱孔B行き温度	T_BH_B(S)	
	任意	17	採熱孔B還り温度	T_BH_B(R)	
	任意	18	採熱孔C行き温度	T_BH_C(S)	
任意	19	採熱孔C還り温度	T_BH_C(R)		
ヒートポンプ 二次側熱媒温度	任意	24	HP1室内行き温度	T_HP1(S)	
	任意	25	HP1室内還り温度	T_HP1(R)	
一次側熱媒流量	任意	28	採熱孔A流量	F_BH_A	電磁流量計
	任意	29	採熱孔B流量	F_BH_B	
	任意	30	採熱孔C流量	F_BH_C	
二次側熱媒流量	任意	32	HP1負荷側流量	F_HP1	
ヒートポンプ 消費電力	任意	34	HP1消費電力	W_HP1	電力モニター
室内機ファンコイル 電力	任意	40	HP1ファンコイル	W_F1	

表 4-3 測定機器の詳細

測定機器	設置箇所	測点 No.	必須 任意	メーカー・型式	精度
温度センサー	一次側熱媒出口 入口温度(採熱孔 行き還り温度)	20,21 14,15,16,17 18,19	必須 任意	PT100 株チノー製 NRHS1-0 φ4.8	クラス B
	二次側熱媒出口 入口温度(室内機 行き還り温度)	26,27	必須	PT100 株チノー製 NRHS1-0 φ4.8	クラス B
		24,25	任意	PT100 株チノー製 NRHS1-0 φ4.8	クラス B
	外気温	22	任意	PT100 株チノー製 NRHS1-0 φ4.8	クラス B
	室内温度	23	任意	PT100 株チノー製 R-030-3	クラス B
	採熱孔内温度	1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10,11,12	任意	T型熱電対	±1.0°C
流量計	一次側熱媒流量	31	必須	電磁流量計 愛知時計電機株製 VN-20	±2.0RS%
		28,29,30	任意		
	二次側熱媒流量	33	必須	電磁流量計 愛知時計電機株製 VN-20	±2.0RS%
		32	任意		
電力量計	ヒートポンプ+ 内蔵循環ポンプ	35	必須	横河電気製株製 PR300-32100-6R-0	±0.5%FS
		34	任意		
	ファンコイルユ ニット	40,41	任意	横河電気製株製 PR300-32100-6R-0	±0.5%FS
湿度計	空調室内	43	任意	グラフテック株製 温湿センサー B-530	
水位計	採熱孔 D	13	任意	光進電気工業株製 水位センサー ATM/N	
データ ロガー				グラフテック株製 GL820	

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 4-4 と図 4-1 に示す。

表 4-4 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

試験期間	実証試験期間：平成 27 年 7 月 7 日～平成 28 年 2 月 1 日 ・冷房期間：平成 27 年 7 月 7 日～平成 27 年 9 月 30 日 欠測：平成 27 年 8 月 24 日～28 日（ユーザー都合の運転調整試験） ・暖房期間：平成 27 年 10 月 26 日（暖房開始日）～平成 28 年 2 月 1 日 欠測：平成 27 年 12 月 22 日（機器メンテナンスのため） 平成 28 年 1 月 8 日～12 日（機器メンテナンスのため）
実証試験時の 使用状況	空調システムの使用状況 地中熱利用空調システムの室内機は、事務室に 3 台が設置されている。 (1) 7 月 7 日～8 月 2 日 室内機は、就業時間に合わせて、従業員が電源スイッチの入り切りをしていた。 ヒートポンプは昼夜ともスイッチは切らなかつた。 (2) 8 月 3 日～10 月 25 日 ヒートポンプと室内機は、月曜から土曜の 6:00～19:00 に運転するように、タイマー稼働とした。（概ね 1 日に 13 時間の稼働） (3) 冷房期間のヒートポンプの 2 次側行き温度（2 次側熱媒出口温度）の設定は、7℃であった。（8/17 の 14:00～8/18 の 11:45 は 10℃） (4) 暖房期間の 10 月 26 日からは、タイマー稼働を月曜から土曜の 5:00～20:00 に変更した。（概ね 1 日に 15 時間の稼働） (5) 暖房期間のヒートポンプの 2 次側行き温度（2 次側熱媒出口温度）の設定は次のとおりであった。 ①10 月 26 日～11 月 3 日 35℃に設定。 ②11 月 4 日～11 月 29 日 40℃に設定。 ③11 月 30 日～12 月 20 日 45℃に設定。 ④12 月 21 日～2 月 1 日 最高温度(60℃)に設定 空調対象の建物が古く断熱性が良くないこと、またファンコイルの容量が小さいことから、真冬には 2 次側行き温度を最高温度（60℃）に設定して運転した。

	平成 27 年						平成 28 年		
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	
実証試験期間	← 7/7							2/1 →	
冷房期間	← 7/7		9/30 →						
暖房期間				10/26 ←		2/1 →			
欠測	-						-		
二次側送り温度設定	7℃		35℃		40℃		45℃		60℃

図 4-1 試験実施日程線図

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.35) 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。一方、この地中熱利用冷暖房システムは実用設備として、平成 25 年 8 月から運転と計測をしている。そのため本実証試験では、技術実証検討会において本件が実証対象技術として承認された 7 月 7 日を冷房期間の開始日とし、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 10 月 26 日を開始日とした。暖房期間の終了日は、ETV としての測定を終了した 2 月 1 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、7 月 7 日を開始日、2 月 1 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。

冷房期間において、5 日間のユーザー都合による運転調整試験のための欠測があった。

暖房期間において、6 日間のユーザー都合による機器メンテナンスのための欠測があった。

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、消費電力量が出ている時間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) ヒートポンプ本体には 1 次側循環ポンプ、2 次側循環ポンプが内蔵されており、ヒートポンプ消費電力の測定器は、圧縮機、1 次側循環ポンプ、2 次側循環ポンプの合計の消費電力を測定している。内蔵循環ポンプはインバータ制御はされておらず常時一定の消費電力である。内蔵循環ポンプの消費電力は内蔵循環ポンプのみを運転して直接測定した。その結果消費電力は、1 次側循環ポンプは 146W、2 次側は 72W であった。

2) 圧縮機の消費電力量 (W_i) ⑤、⑥

圧縮機の消費電力量は、ヒートポンプの消費電力量から 1 次側、2 次側の循環ポンプの消費電力量を引いた値として算出した。

期間中の総和 ⑤ は、ヒートポンプの実測値から循環ポンプ分を引いて算出した。

時間平均値 ⑥ は、⑥ = ⑤ ÷ ③ である。

3) 圧縮機+1次側循環ポンプの消費電力量 (W_2) (⑦、⑧)

期間中の総和 (⑦) は、実測値から2次側循環ポンプ分を引いて算出した。
時間平均値 (⑧) は、 $⑧=⑦÷③$ である。

4) 圧縮機+1、2次側循環ポンプ+室内機の消費電力量 (⑨、⑩)

室内機 (ファンコイルユニット) の消費電力量は別途実測している。
期間中の総和 (⑨) は、ヒートポンプの消費電力量と室内機の消費電力量の測定値の和である。
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)

2次側冷暖房生成熱量は、測定されたヒートポンプ出入口温度および流量をもとに算出した。
冷房期間の2次側生成熱量は、

$$\{(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho\} \text{ である。}$$

暖房期間の2次側生成熱量は、

$$\{(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho\} \text{ である。}$$

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。熱媒は不凍液を使用しているため、 c も ρ も濃度に応じた値として、それぞれ $4,103[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ 、 $1,010[\text{kg}/\text{m}^3]$ とした。

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、

$$(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho \text{ である。}$$

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、

$$(T1-T2) \cdot V1 \cdot c \cdot \rho \text{ である。}$$

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、熱媒は不凍液を使用しているため、 c も ρ も濃度に応じた値として、それぞれ $3,894[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ 、 $1,030[\text{kg}/\text{m}^3]$ とした。

(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、10kW、暖房期間のシステムの定格能力は10kW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、 $⑰ = ⑫ / 10$ である。

暖房期間の部分負荷率は、 $⑰ = ⑫ / 10$ 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」、「ヒートポンプと1、2次側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)

$$\text{18} = \text{11} \div \text{5} \text{ である。}$$

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) (19)

$$\text{19} = \text{11} \div \text{7} \text{ である。}$$

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、2次側循環ポンプを含むシステム COP) (20)

$$\text{20} = \text{11} \div \text{9} \text{ である。}$$

4) 期間全体の「ヒートポンプ単独のエネルギー効率 (COP_{ETV})」、「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 (COP_{ETV})」

これらは1)、2)の計算を期間全体について計算したものである。

(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、100m である。

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 ÷ 100 (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 ÷ 100 (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 (ヒートポンプと1次側循環ポンプを含む)	4.11
		b. 冷房期間のシステム消費電力 (ヒートポンプと1次側循環ポンプを含む)	0.88kW
		c. 冷房期間の地中への排熱量	5.20kW
	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 (ヒートポンプと1次側循環ポンプを含む) COP _{ETV} ^{※1}	2.94
		e. 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)	2.67 ^{※2}
		f. 暖房期間のシステム消費電力	2.17kW
		g. 暖房期間の地中からの採熱量	4.08kW

※1 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。

※2 暖房期間には外気温の低下に伴い、二次側熱媒行き温度を段階的に上げて運転した。このシステムエネルギー効率は暖房期間の平均値である。詳細は表 5 (p.36) を参照。

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	4.88	2.83
②地中熱交換井の長さ1メートル当たりの熱交換量	52.0W/m	40.8W/m

表 5-3 実証単位 (A) 冷暖房試験結果総括表 (日本地下水開発・日本水資源開発)

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 27 年 7 月 7 日 ～ 平成 27 年 9 月 30 日	平成 27 年 10 月 26 日 ～ 平成 28 年 2 月 1 日	平成 27 年 7 月 7 日 ～ 平成 28 年 2 月 1 日	—	
	各測定期間の日数 ①	日	81	93	174	暦日数－欠測日数	
	各測定期間の時間数 ②	時間	1,944	2,232	4,176	②=①×24	
	圧縮機の運転時間の積算 ③	時間	597	1,023	1,620	実測値	
	各日稼働率の期間平均 ④	%	30.7	45.8	38.8	④=③÷②	
消費電力量	圧縮機	期間中の総和 ⑤	kWh	443	2,092	2,535	実測値
		時間平均値 ⑥	kW	0.74	2.04	1.56	⑥=⑤÷③
	圧縮機+1 次側 循環ポンプ	期間中の総和 ⑦	kWh	526	2,220	2,746	(本文参照)
		時間平均値 ⑧	kW	0.88	2.17	1.70	⑧=⑦÷③
圧縮機+1、2 次 側循環ポンプ+ 室内機	期間中の総和 ⑨	kWh	604	2,369	2,937	(本文参照)	
	時間平均値 ⑩	kW	1.01	2.32	1.84	⑩=⑨÷③	
熱量	2 次側冷暖房生 成熱量	期間中の総和 ⑪	kWh	2,162	5,919	8,081	(本文参照)
		時間平均値 ⑫	kW	3.62	5.79	4.99	⑫=⑪÷③
	冷房期間の地中 への排熱量	期間中の総和 ⑬	kWh	3,106	—	3,016	(本文参照)
		時間平均値 ⑭	kW	5.20	—	5.20	⑭=⑬÷③
暖房期間の地中 からの採熱量	期間中の総和 ⑮	kWh	—	4,174	4,174	(本文参照)	
	時間平均値 ⑯	kW	—	4.08	4.08	⑯=⑮÷③	
部分負荷率	—	⑰	%	36.2	57.9	49.9	⑰/10 ⑰/10*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	—	4.88	2.83*4	3.19	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)(SCOP) ⑲	—	4.11	2.67*4	2.94	⑲=⑪÷⑦	
	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、2 次側循環ポンプ、室内 機を含む)(SCOP) ⑳	—	3.58	2.50*4	2.72	⑳=⑪÷⑨	

*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=10kW、暖房能力=10kW

*3 1 次側循環ポンプの消費電力は 146W、2 次側循環ポンプの消費電力は 72W。(固定値)。

*4 暖房期間においては、二次側熱媒行き温度(二次側熱媒出口温度)を 35℃、40℃、45℃、60℃と段階的に引き上げながら稼働した。この表で示したエネルギー効率は、暖房期間全体の平均である。なお、二次側の行き温度別のエネルギー効率は表 5-4 (次頁)を参照。

本実証対象技術では、暖房期間には二次側熱媒行き温度（室内機への送り温度、二次側熱媒出口温度）を、外気温の低下に伴い高く設定変更していった。この二次側熱媒行き温度の設定によって、エネルギー効率は低下しているの、その状況を下の表 5-4 に示す。表 5-4 は上の表 5-3（前頁）のエネルギー効率の欄を抜き出して詳細にしたものである。なお、暖房期間に二次側熱媒行き温度を段階的に引き上げて設定変更していった事情などは、「7. 考察」（p.54）を参照。

表 5-4 暖房期間の二次側熱媒行き温度別のエネルギー効率

項目		期間	二次側熱媒行き温度 (室内機への送り温度)	COP 又は SCOP
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	10月26日～11月3日	35℃	5.24
		11月4日～11月29日	40℃	4.34
		11月30日～12月20日	45℃	3.61
		12月21日～2月1日	最高温度 (60℃)	2.30
		10月26日～2月1日	暖房期間平均	2.83
	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) (SCOP) ⑲	10月26日～11月3日	35℃	4.53
		11月4日～11月29日	40℃	3.84
		11月30日～12月20日	45℃	3.30
		12月21日～2月1日	最高温度 (60℃)	2.22
		10月26日～2月1日	暖房期間平均	2.67
	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、2次側循環ポンプ、室内機を含む) (SCOP) ⑳	10月26日～11月3日	35℃	3.95
		11月4日～11月29日	40℃	3.41
		11月30日～12月20日	45℃	2.99
		12月21日～2月1日	最高温度 (60℃)	2.13
		10月26日～2月1日	暖房期間平均	2.50

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(15)に示す。なお、冷房期間は平成 27 年 7 月 7 日～9 月 30 日、暖房期間は平成 27 年 10 月 26 日～平成 28 年 2 月 1 日である。

以下のグラフにおいて、凡例の「HP2」は「ヒートポンプユニット 2」で実証対象技術のグラフ、「HP1」は「ヒートポンプユニット 1」で参考データである。

(1) 日積算熱量

・HP2（一次側）：ヒートポンプユニット 2 の、冷房期間は地中への排熱量、暖房期間は地中からの採熱量の一日の積算値。HP1 も同様。

・HP2（二次側）：ヒートポンプユニット 2 の生成熱量の一日の積算値。HP1 も同様。

・特に暖房期間では、二次側の熱媒行き温度の設定の変化に従い熱量に大きな変化がみられる。

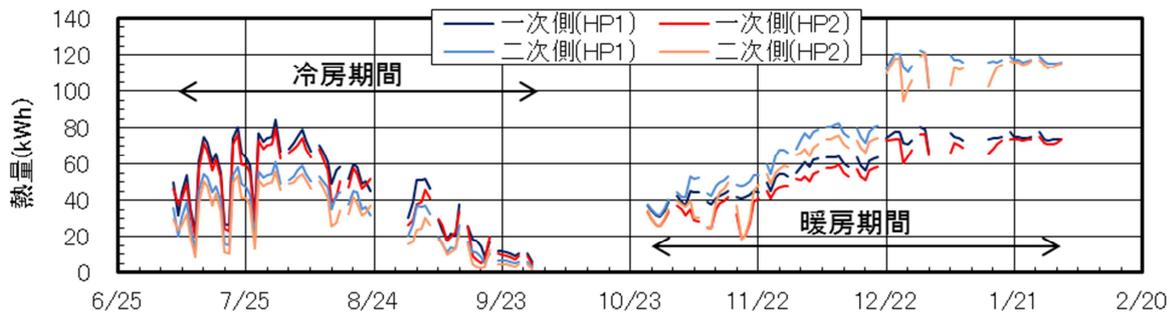


図 5-1(1) 日積算熱量（絶対値）

(2) 日積算消費電力量

・圧縮機（HP2）：ヒートポンプユニット 2 の圧縮機単独の一日の消費電力量。HP1 も同様。

・循環 P（HP2）：ヒートポンプユニット 2 の循環ポンプの一日の消費電力量。HP1 も同様。

・特に暖房期間では、二次側の熱媒行き温度の設定の変化に従い消費電力量に大きな変化がみられる。

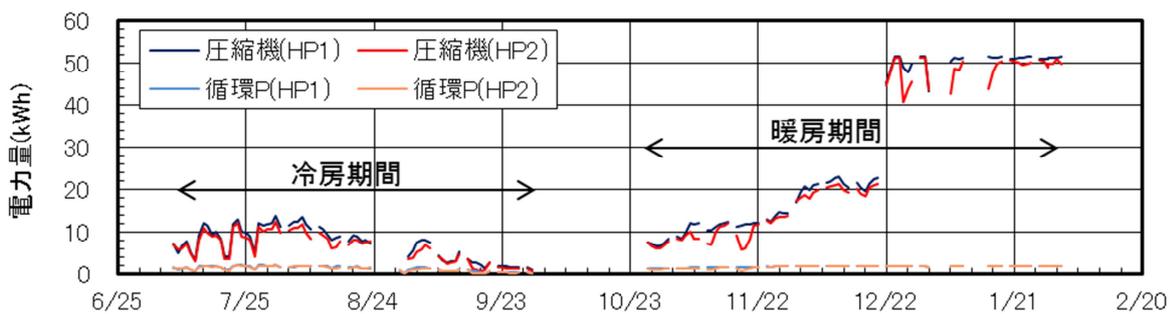


図 5-1(2) 日積算消費電力量

(3) エネルギー効率 (日平均) (ヒートポンプ単独)

- ・COP(HP2) : ヒートポンプユニット 2 の、ヒートポンプ単独の日平均のエネルギー効率。HP1 も同様。
- ・特に暖房期間では、二次側の熱媒行き温度の設定の変化に従い COP に大きな変化がみられる。

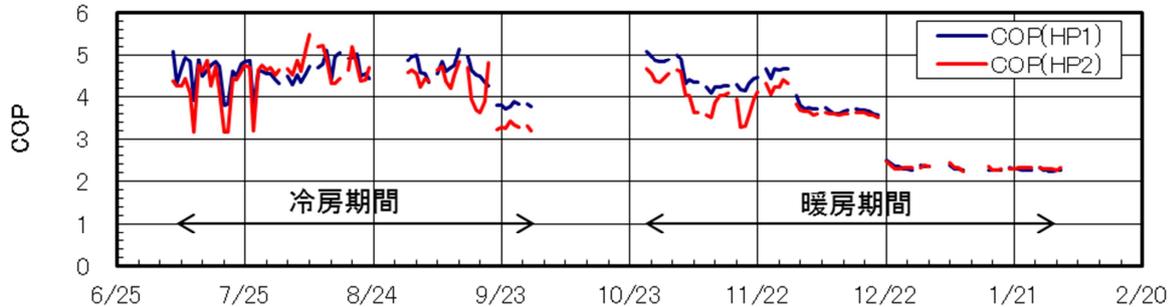


図 5-1 (3) エネルギー効率 (日平均) (ヒートポンプ単独)

(4) エネルギー効率 (日平均) (ヒートポンプ+一次側循環ポンプ)

- ・SCOP(HP2+P) : ヒートポンプユニット 2 の、ヒートポンプと一次側循環ポンプを合わせた日平均のエネルギー効率。HP1 も同様。
- ・特に暖房期間では、二次側の熱媒行き温度の設定の変化に従い SCOP に大きな変化がみられる。

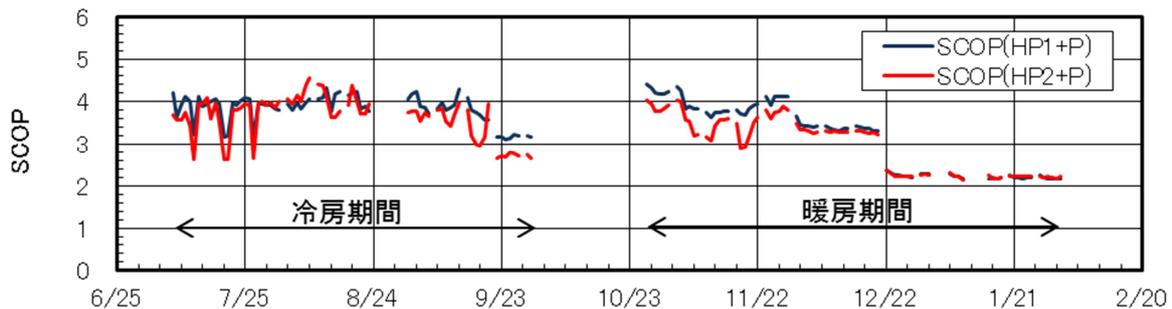


図 5-1 (4) エネルギー効率 (日平均) (ヒートポンプ+一次側循環ポンプ)

(5) エネルギー効率 (日平均) (ヒートポンプ+一次側循環ポンプ+二次側循環ポンプ)

- ・SCOP(HP2+P+FC) : ヒートポンプユニット 2 の、ヒートポンプ、一次側循環ポンプ、二次側循環ポンプ、室内機 (ファンコイル) とを合わせた日平均のエネルギー効率。HP1 も同様。
- ・特に暖房期間では、二次側の熱媒行き温度の設定の変化に従い SCOP に大きな変化がみられる。

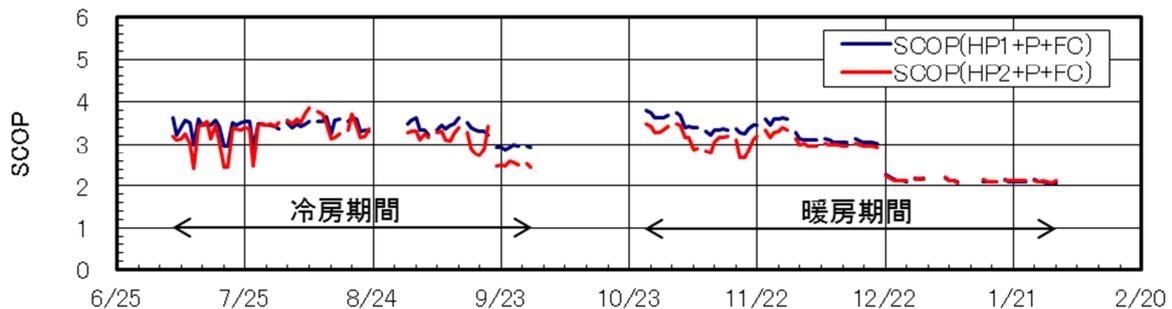


図 5-1 (5) エネルギー効率 (日平均) (ヒートポンプ+一次側循環ポンプ+二次側循環ポンプ+室内機)

(6) ヒートポンプ稼働時間

- ・HP2：ヒートポンプユニット2の、一日の稼働時間。HP1も同様。
- ・暖房期間の11月25日以降は、タイマー稼働の上限一杯の一日約15時間の運転が続いている。この間のHP1のグラフはHP2のグラフに重なっているため見えない。

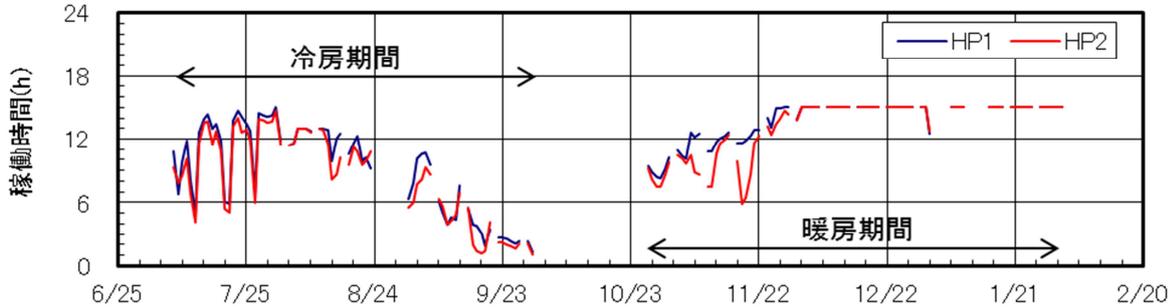


図5-1(6) ヒートポンプ稼働時間

(7) 稼働時間平均熱量

- ・一次側 (HP2)：ヒートポンプユニット2の一次側の、冷房期間は地中への排熱量、暖房期間は地中からの採熱量の稼働時間(圧縮機の稼働時間)の平均値。HP1も同様。
- ・二次側 (HP2)：ヒートポンプユニット2の二次側の、生成熱量の稼働時間の平均値。HP1も同様。

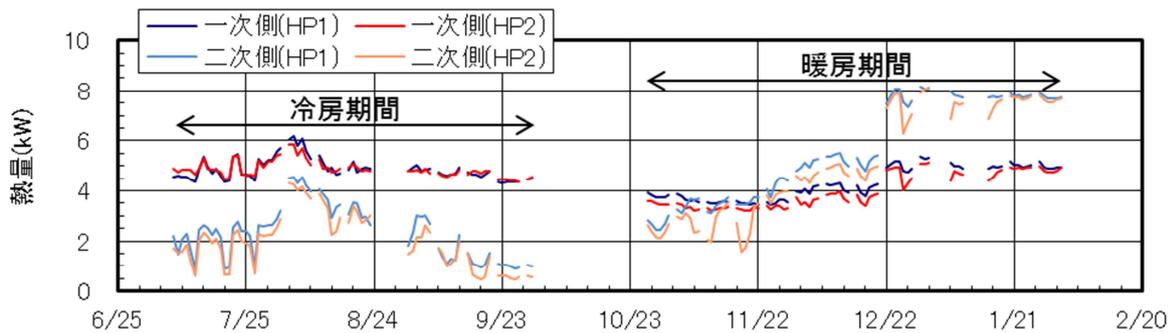


図5-1(7) 稼働時間平均熱量

(8) 稼働時間平均ヒートポンプ消費電力

- ・HP2：ヒートポンプユニット2の、ヒートポンプ単独の稼働時間(圧縮機の稼働時間)平均の消費電力。HP1も同様。
- ・特に暖房期間では、二次側の熱媒行き温度の設定の変化に従い消費電力に大きな変化がみられる。

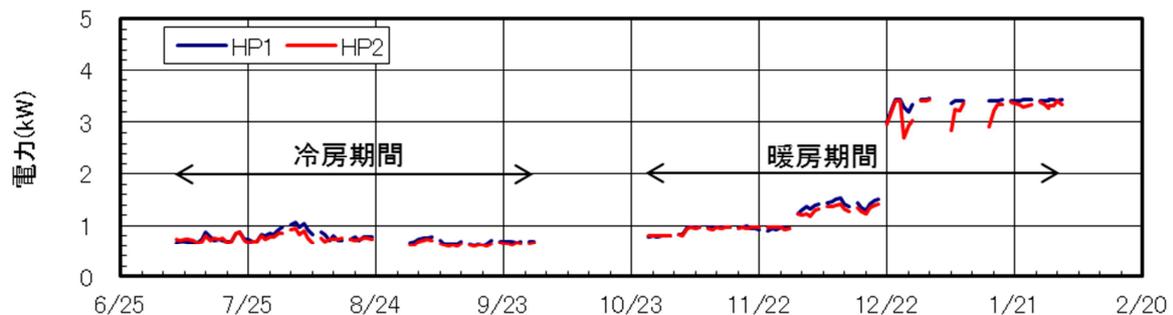


図5-1(8) 稼働時間平均ヒートポンプ消費電力

(9) 熱源水（一次側熱媒）温度（日平均）

- ・往温度（HP2）：ヒートポンプユニット2の、一次側熱媒の行き温度の、一日の平均値。一日の平均値とは一日の稼働時間（圧縮機の稼働時間）の平均値である。HP1も同様。
- ・還温度（HP2）：ヒートポンプユニット2の、一次側熱媒の還り温度の、一日の平均値。一日の平均値とは一日の稼働時間の平均値である。HP1も同様。

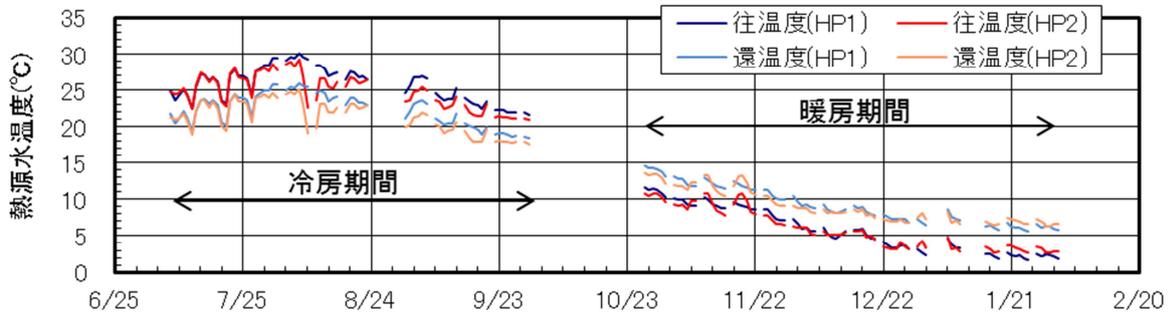


図5-1(9) 熱源水（一次側熱媒）温度（日平均）

(10) 二次側熱媒温度（日平均）

- ・往温度（HP2）：ヒートポンプユニット2の、二次側熱媒の行き温度（室内機への送り温度）の日平均値。日平均とは一日の稼働時間の平均値である。HP1も同様。
- ・還温度（HP2）：ヒートポンプユニット2の、二次側熱媒の還り温度の日平均値。日平均とは一日の稼働時間の平均値である。HP1も同様。
- ・二次側の熱媒行き温度の設定の変化に伴い、実際に行き温度が変化していることが分かる。

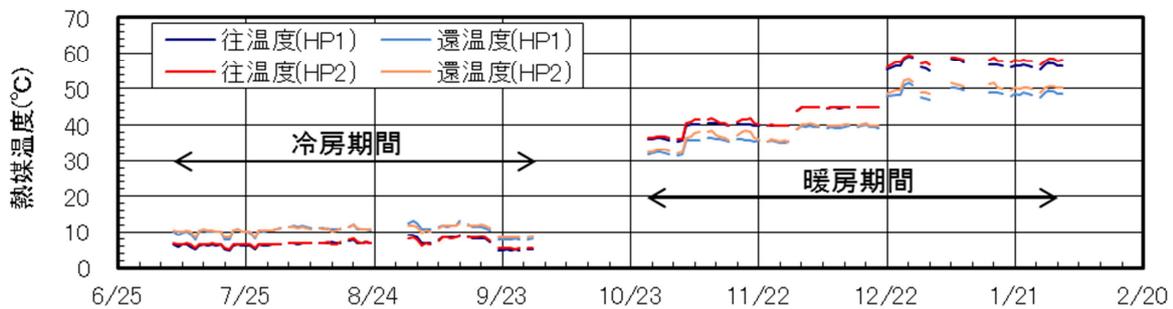


図5-1(10) 二次側熱媒温度（日平均）

(11) 一次側熱源水（熱媒）流量

- ・HP2：ヒートポンプユニット2の、一次側熱媒の流量の一日の稼働時間平均値。HP1も同様。

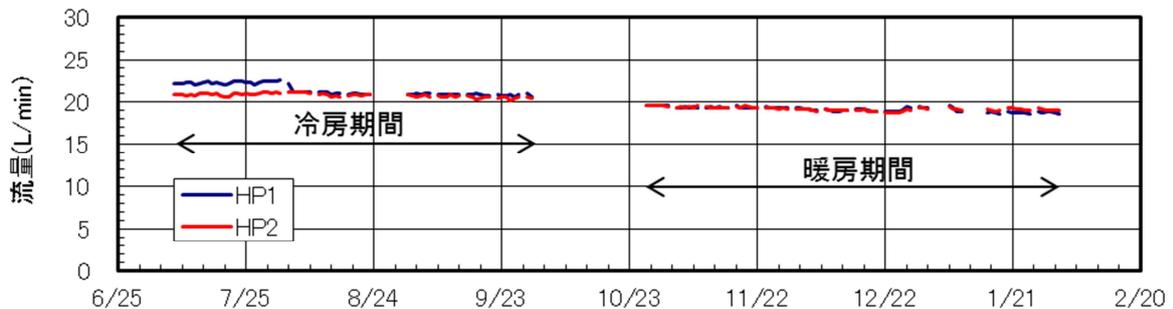


図5-1(11) 一次側熱源水（熱媒）流量

(12) 二次側熱媒流量

・HP2：ヒートポンプユニット2の、二次側熱媒の流量の一日の稼働時間平均値。HP1も同様。

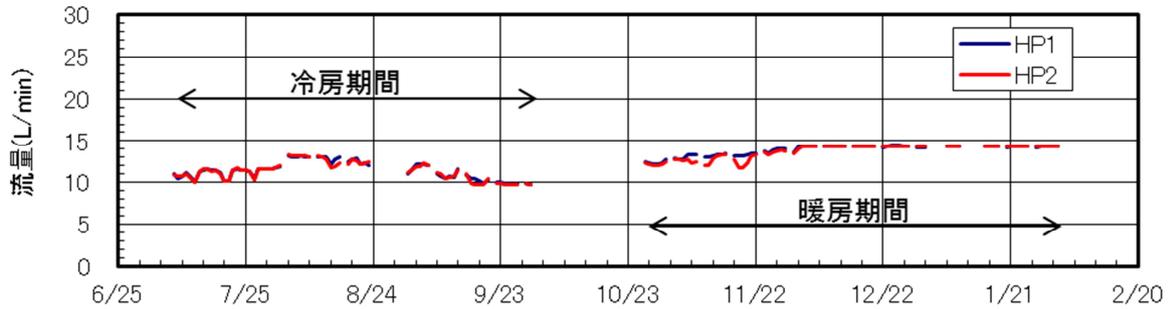


図 5-1(12) 二次側熱媒流量

(13) 部分負荷率

・HP2：ヒートポンプユニット2の、部分負荷率の一日の稼働時間平均値。HP1も同様。

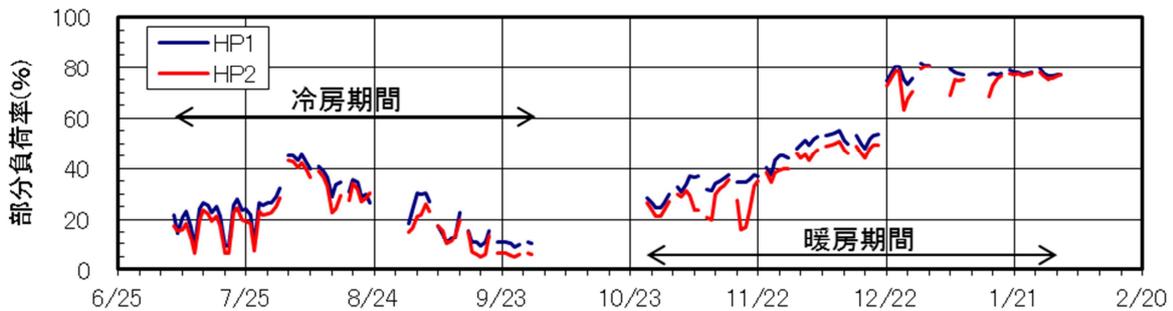


図 5-1(13) 部分負荷率

(14) 外気温・室温・湿度

・外気温、室温、湿度：それぞれ現地のセンサーで計測した温度の一日の稼働時間の平均値。

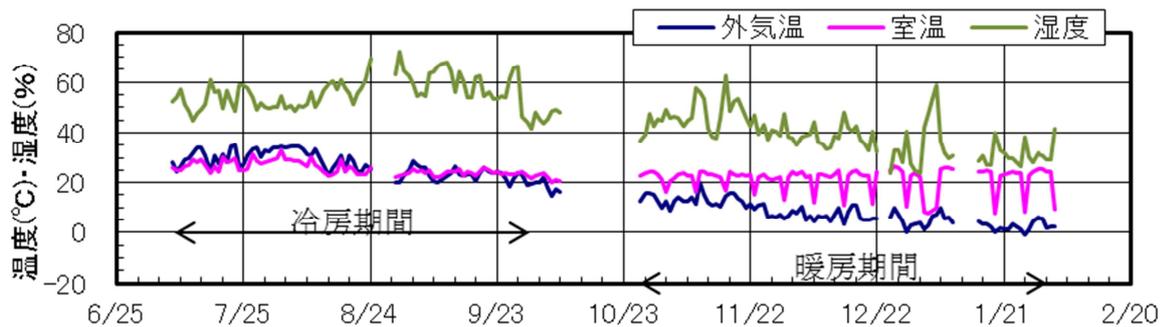


図 5-1(14) 外気温・室温・湿度

(15) 地中温度

・BH_D 100m : 採熱孔 D の 100m 深度での温度測定値の一日の平均値。他も同様。

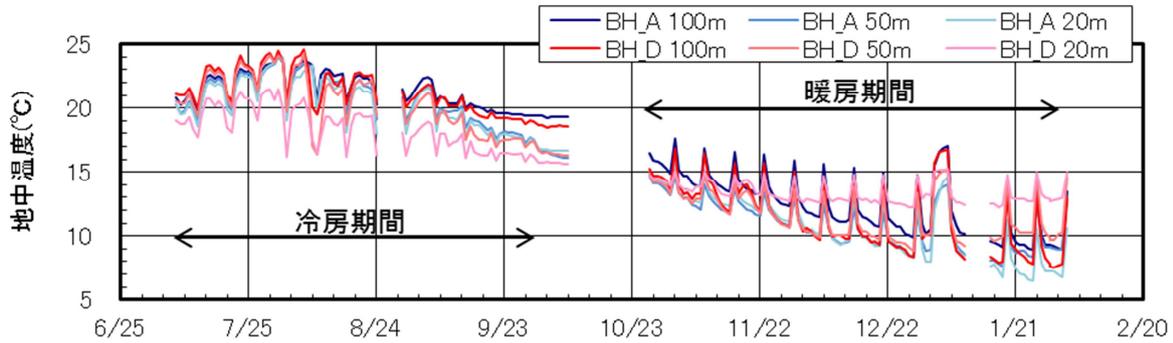


図 5-1 (15) 地中温度

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 27 年 8 月 6 日の 1 日のデータを図 5-2(1)～図 5-2(8)に示す。全てのデータの測定間隔は 1 分である。

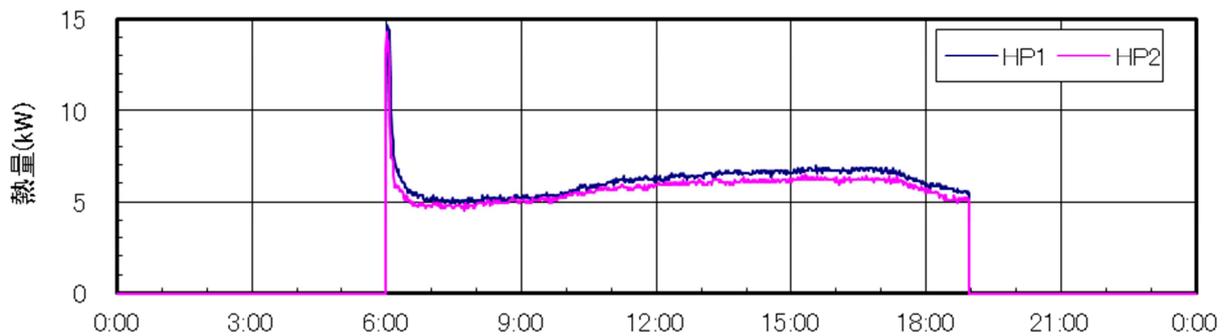


図 5-2(1) 平成 27 年 8 月 6 日の一次側熱量

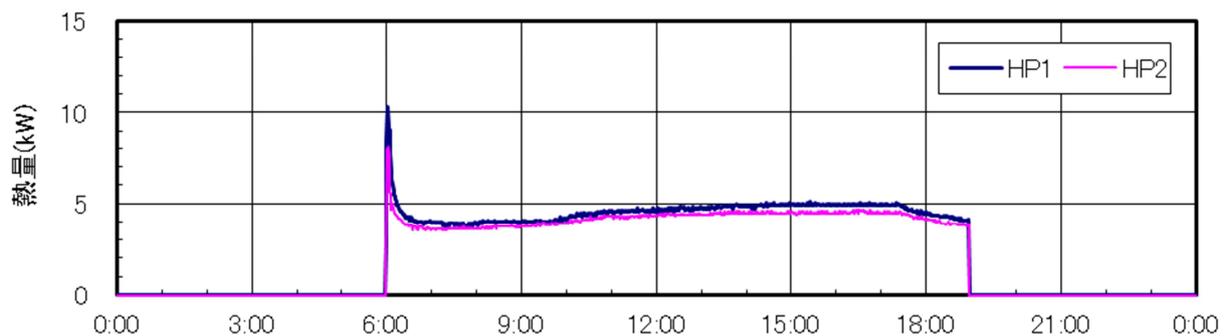


図 5-2(2) 平成 27 年 8 月 6 日の二次側熱量

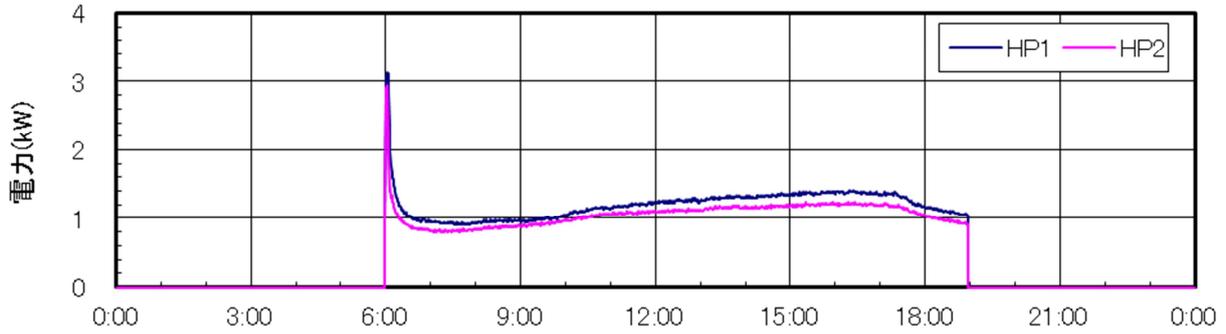


図5-2(3) 平成27年8月6日の消費電力 (ヒートポンプ+1、2次側循環ポンプ)

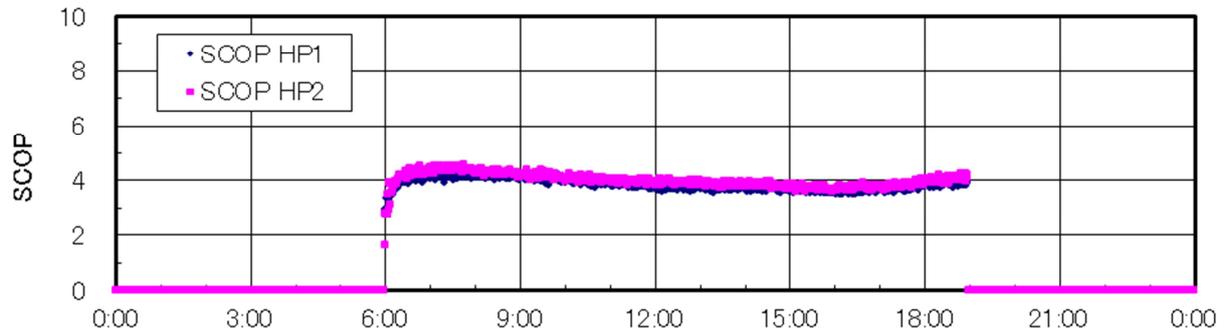


図5-2(4) 平成27年8月6日のエネルギー効率 (ヒートポンプ+1、2次側循環ポンプ)

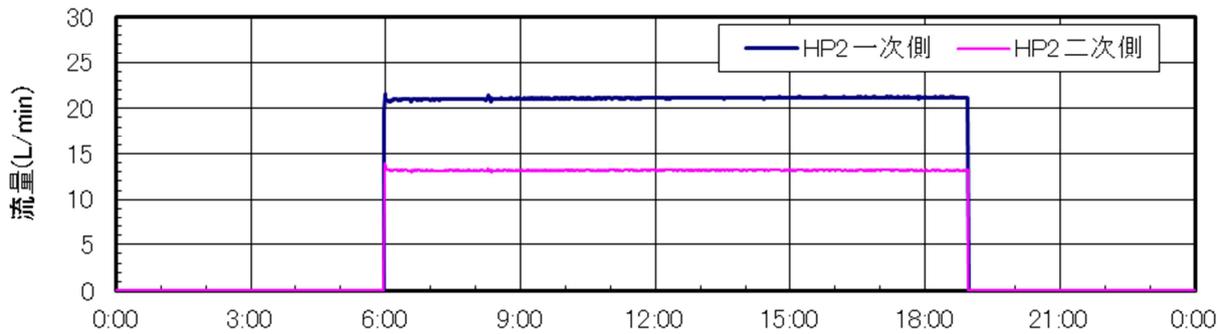


図5-2(5) 平成27年8月6日の熱媒流量

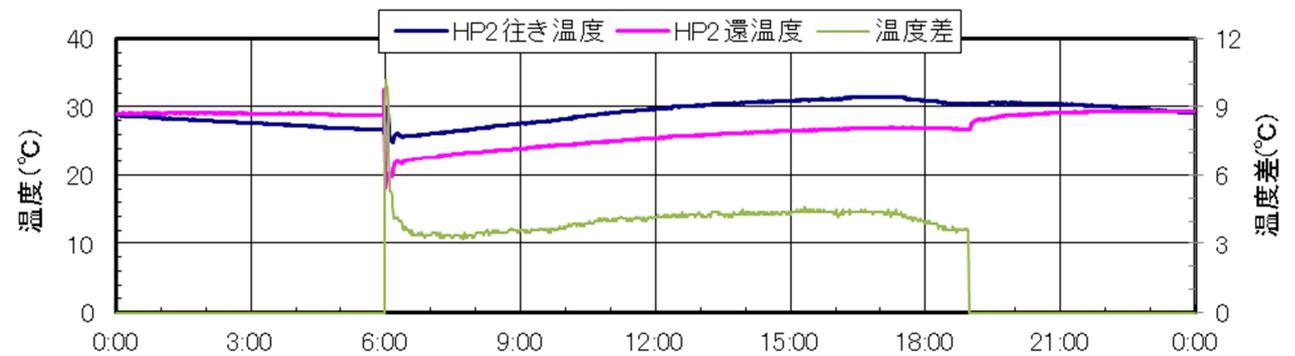


図5-2(6) 平成27年8月6日の熱源水 (1次側熱媒) 温度

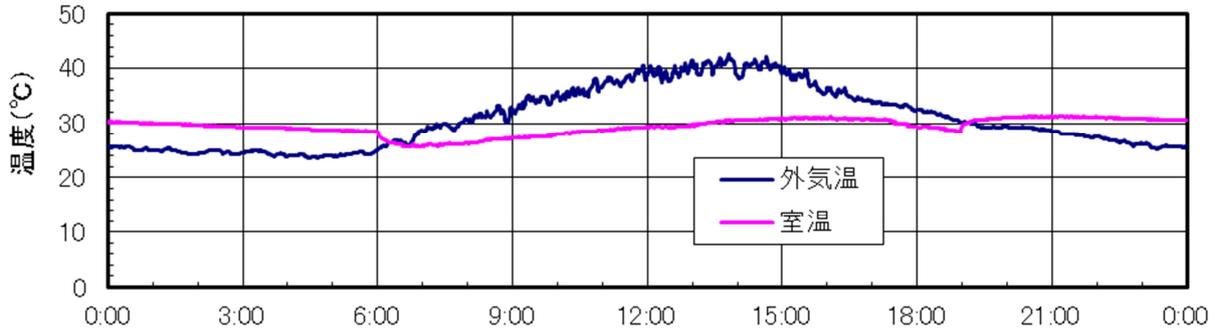


図5-2(7) 平成27年8月6日の外気温・室温

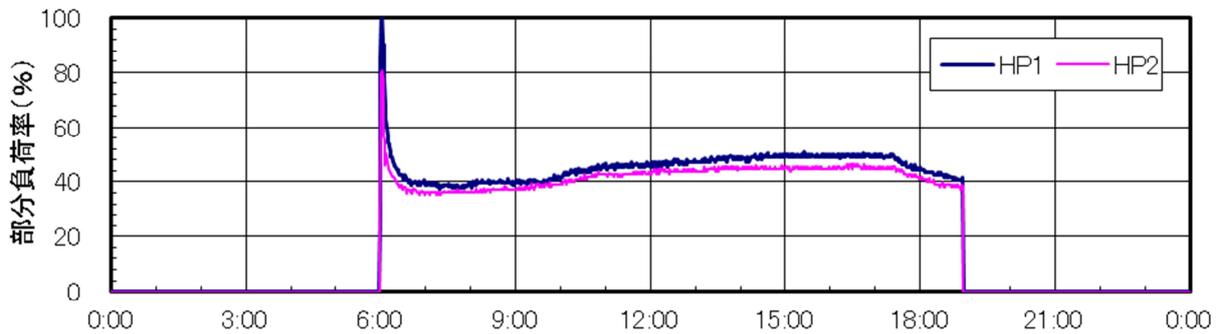


図5-2(8) 平成27年8月6日の部分負荷率

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

暖房期間の代表的な日として、平成27年11月2日と12月23日の1日のデータをそれぞれ、図5-3(1)～図5-3(8)、図5-4(1)～図5-4(8)に示す。全てのデータの測定間隔は1分である。

(1) 平成27年11月2日の一日の経時変化

11月2日は、まだ外気温がそれほど低くないので暖房に必要な熱量が少ない。そのため、ヒートポンプの運転はインバータによる出力調整とともに間欠運転による出力調整も行われている。

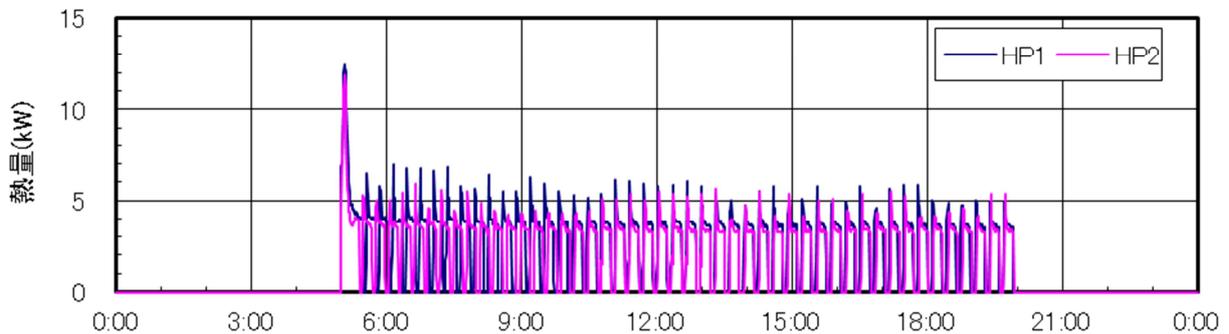


図5-3(1) 平成27年11月2日の一次側熱量

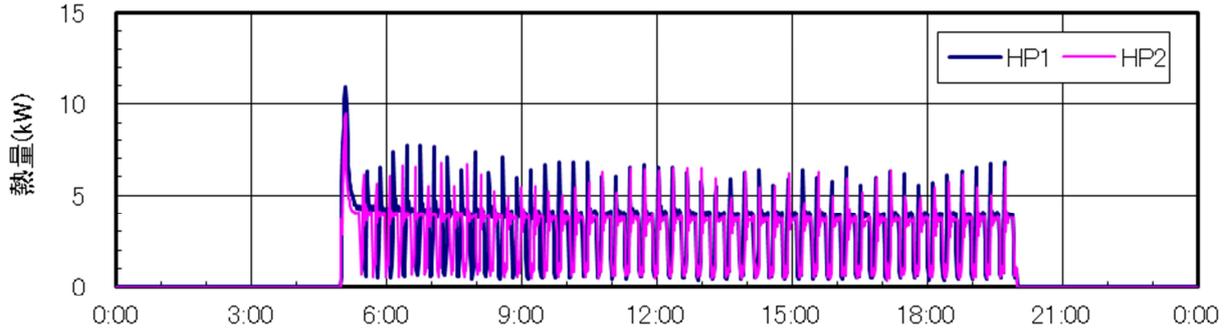


図 5-3(2) 平成 27 年 11 月 2 日の二次側熱量

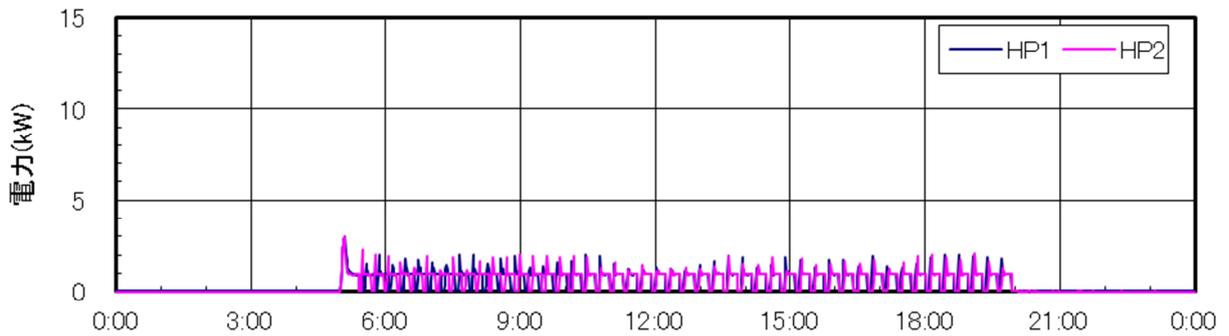


図 5-3(3) 平成 27 年 11 月 2 日の消費電力(ヒートポンプ+1、2 次側循環ポンプ)

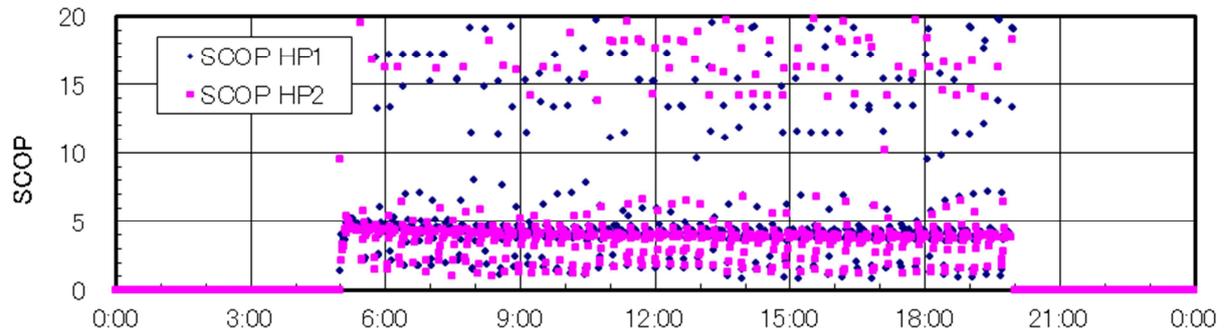


図 5-3(4) 平成 27 年 11 月 2 日のエネルギー効率(ヒートポンプ+1、2 次側循環ポンプ)

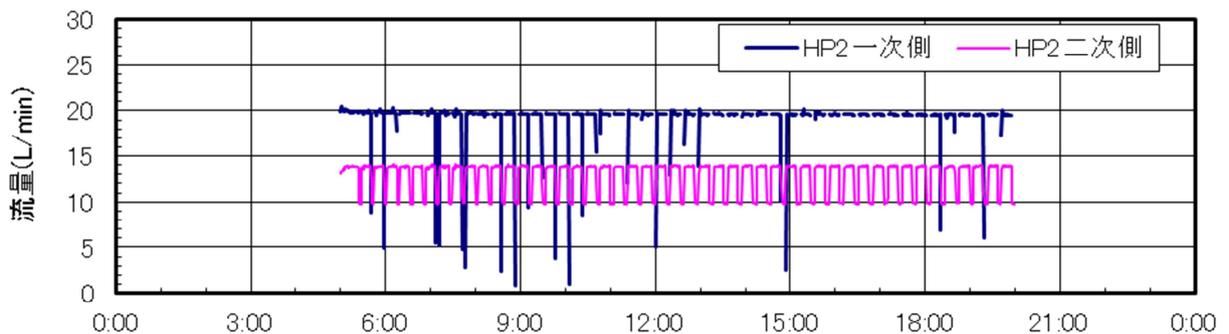


図 5-3(5) 平成 27 年 11 月 2 日の熱源水 (一次側) 流量、二次側熱媒流量

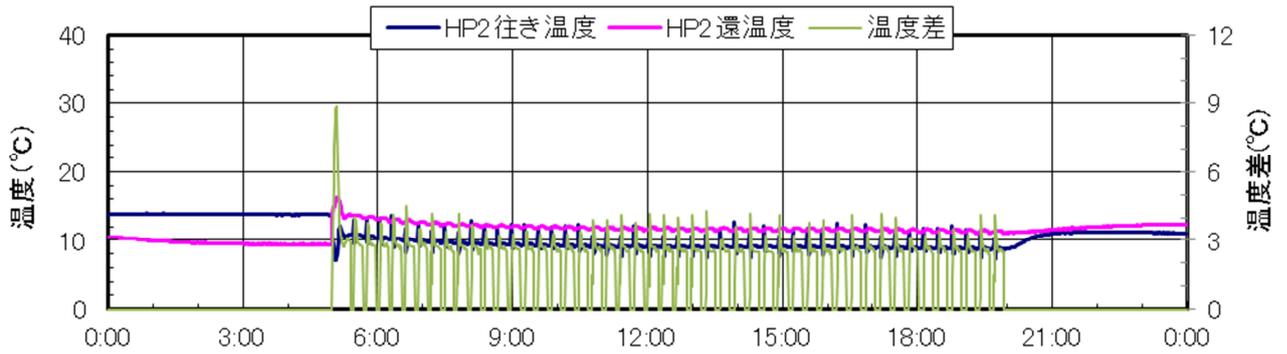


図5-3(6) 平成27年11月2日の熱源水(一次側)温度、温度差

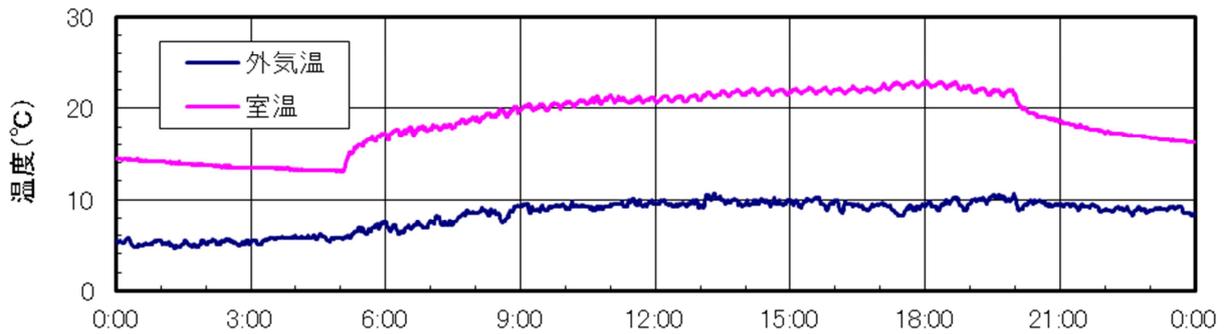


図5-3(7) 平成27年11月2日の外気温・室温

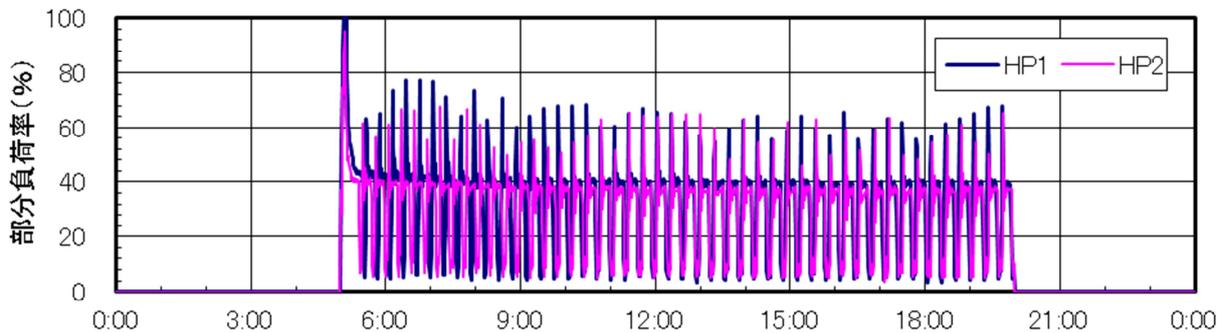


図5-3(8) 平成27年11月2日の部分負荷率

(2) 平成27年12月23日の一日の経時変化

12月23日は、外気温がかなり低くなっており暖房に必要な熱量も多い。そのため、ヒートポンプの運転はインバータによる出力調整のみで、11月2日に見られた間欠運転による出力調整は見られない。

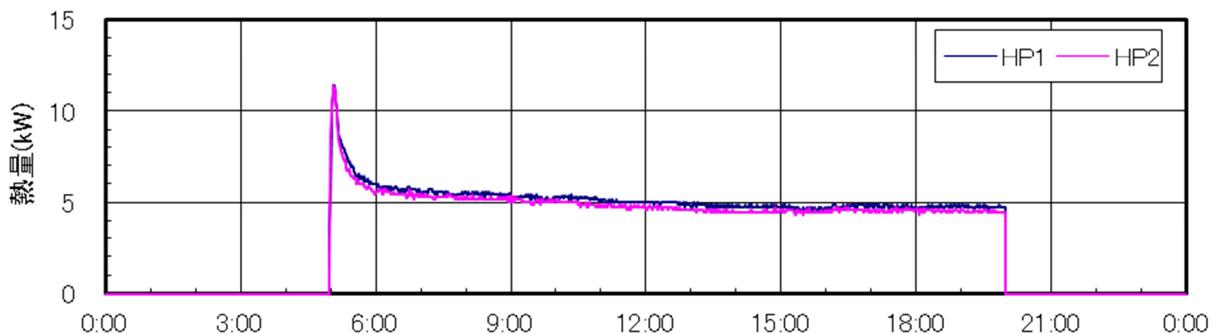


図5-4(1) 平成27年12月23日の一次側熱量

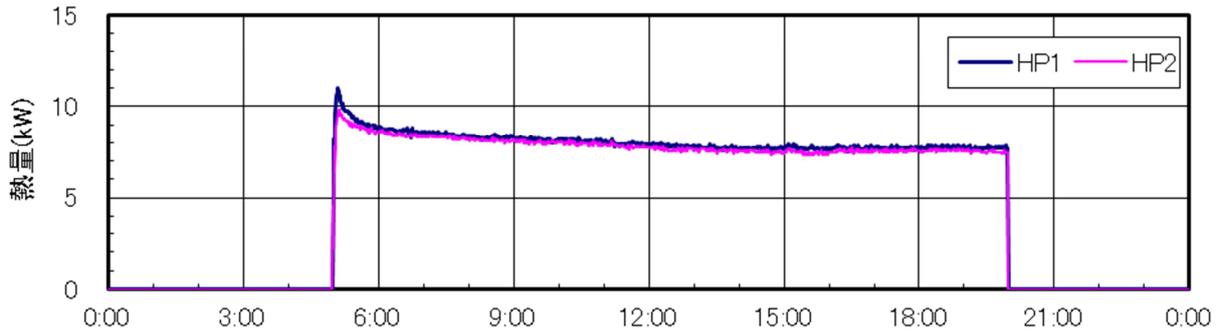


図5-4(2) 平成27年12月23日の二次側熱量

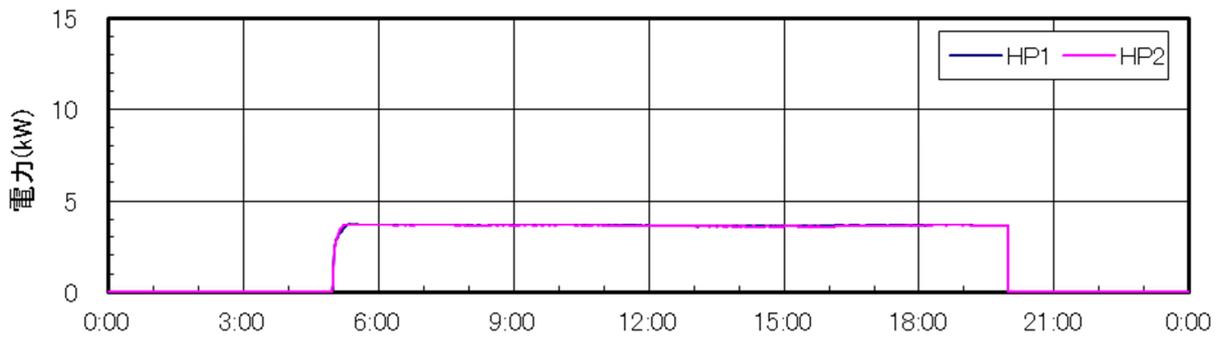


図5-4(3) 平成27年12月23日の消費電力(ヒートポンプ+1、2次側循環ポンプ)

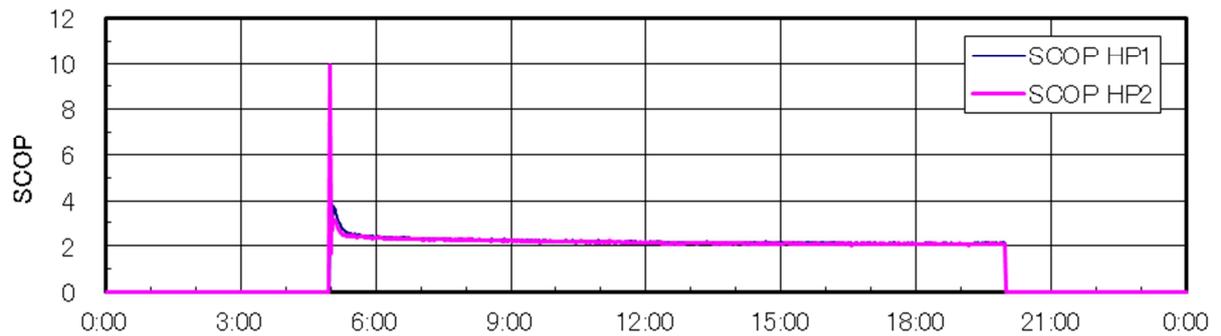


図5-4(4) 平成27年12月23日のエネルギー効率(ヒートポンプ+1、2次側循環ポンプ)

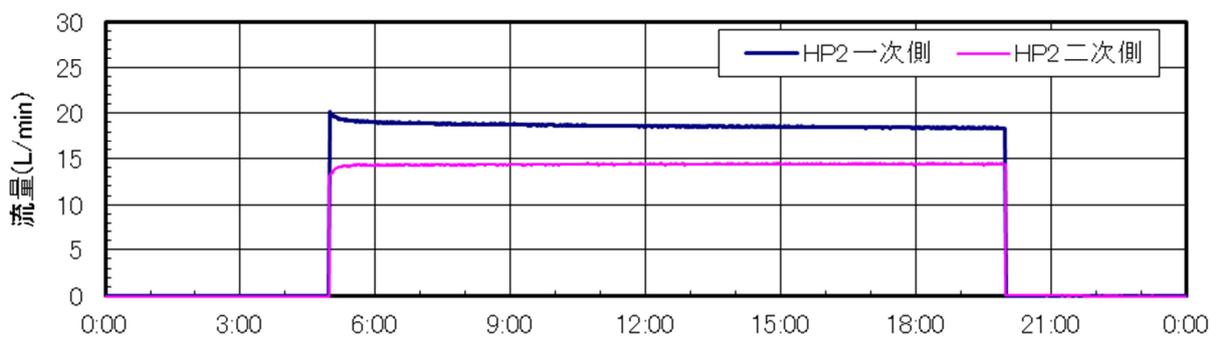


図5-4(5) 平成27年12月23日の熱源水(一次側熱媒)流量、二次側熱媒流量

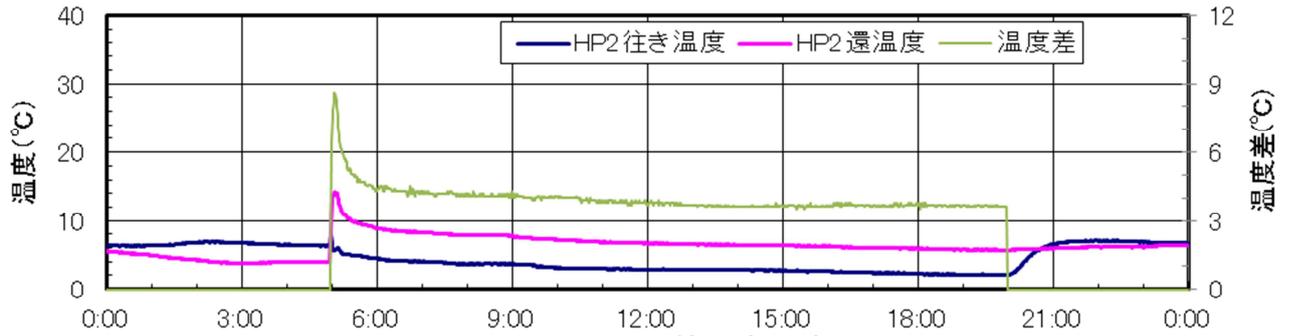


図5-4(6) 平成27年12月23日の熱源水（一次側熱媒）温度・温度差

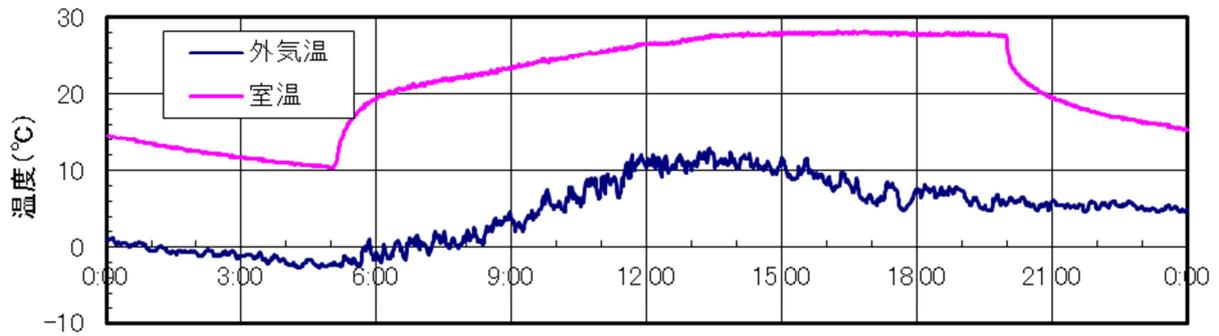


図5-4(7) 平成27年12月23日の外気温・室温

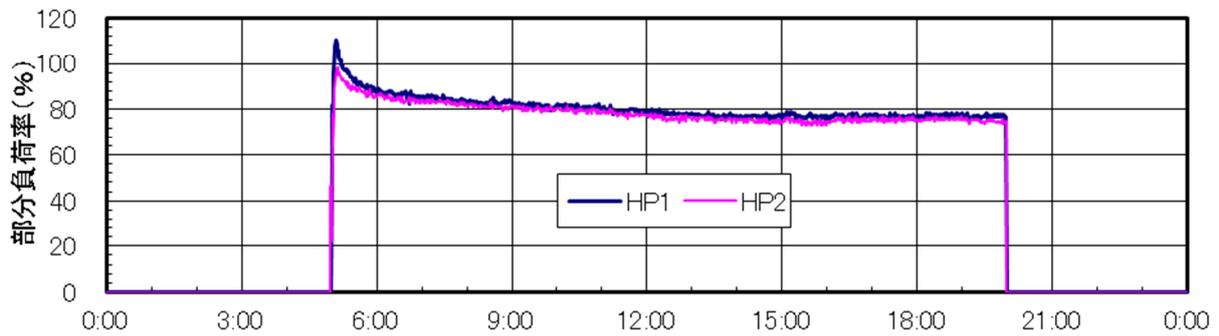


図5-4(8) 平成27年12月23日の部分負荷率

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。これらの実証項目は、実証試験要領にそれぞれ次の表 6-1、6-2、6-3 のように規定されている。

表 6-1 地中熱交換部全体の実証項目

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 6-2 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 6-3 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	—	

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。

(1) 地中熱交換部全体の実証項目の代替データ

本実証対象技術は、既に実用運転をしているため、TRT の実施のために必要な地下の熱的な安定状態を確保することができないため、TRT を実施することができなかった。一方、本実証対象技術では、実証申請者が平成 24 年 7 月に実施した既存の TRT データがある。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、この既存の TRT データを提出するにより、代替データとすることにした。

平成 24 年 7 月に実施した TRT では、実証対象技術（採熱孔 D）を含む、4 本の採熱孔全ての TRT を実施しているため、その報告書を巻末の参考資料として示す。この参考資料に記載されている実証対象技術である採熱孔 D での TRT の結果は、孔の構造や地下水流動の影響などのため土壌部分の熱伝導率は過大に評価されたものと考えられるので、下の表 6-4 の「b.土壌部分の熱伝導率」は一般的な構造である採熱孔 A の値を示した。

表 6-4 地中熱交換部全体の实証項目【代替データ】

項目	結果	備考
a. 地中熱交換井の熱抵抗 [K/(W/m)]	0.088	TRT は実証申請者が平成 24 年 7 月に実施。 熱抵抗は採熱孔 D、熱伝導率は採熱孔 A での値。
b. 土壌部分の熱伝導率 [W/(m・K)]	2.09	

サーマルレスポンス試験実施日程：平成 24 年 7 月 9 日～7 月 12 日

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し、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。

今回は、熱媒循環部も熱媒も実際に試験はしなかったため、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

熱媒循環部は株式会社イノアック住環境製の地中熱交換パイプ「U-ポリパイ」GUP-25A である。その仕様を表 6-5 に示す。

表 6-5 「U-ポリパイ」GUP-25A の仕様

項目	内容
製品名及び型式	地中熱交換パイプ「U-ポリパイ」GUP-25A
製造・販売事業者	株式会社イノアック住環境
材質	高密度ポリエチレン材料 (PE100)
寸法	パイプ外径 34.0mm、厚さ 3.5mm、近似内径 27.0mm
設置方式	ダブルU字管
U字管長さ	挿入長 100.0m

(2) 熱媒循環部の実証項目（参考項目）

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 6-6、表 6-7（次頁）、表 6-8（次頁）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 6-6 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 を参照
e. 耐圧性	表 6-4 を参照

表 6-7 高密度ポリエチレン管材料 (PE100) の耐薬品性

耐薬品性

高密度ポリエチレン管材料の主な耐薬品性を示す。

(この表は ISO/ 10358 に基づいたものである。管に圧力または、他の応力を加えた状態では、別の挙動を示すことがある)

摘要 ◎: 優 ○: 良 ×: 不可 ※: 管に臭いが移行する。

薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行
	20	60			20	60			20	60			20	60	
酸及び酸性薬品				アルカリ				有機溶剤				ガス			
塩酸 35%	◎	◎		アンモニア水溶液	◎	◎		エチルアルコール40%	◎	○		亜硫酸ガス/炭酸ガス	◎	◎	
硫酸 60%	◎	◎		苛性ソーダ	◎	◎		〃 95%	○	○		炭酸ガス	◎	◎	
〃 98%	○	×	※	苛性カリ	◎	◎		メチルアルコール	◎	○		天然ガス	◎	○	
硝酸 25%	◎	○		水酸化カルシウム	◎	◎		アセトン	○	×	※	一酸化炭素	◎	◎	
〃 50%	○	×	※	塩 類				アニリン	○	×	※	二酸化炭素	◎	◎	
〃 >50%	×	×	※	重クロム酸カリウム	◎	◎		ベンゼン	×	×	※	オゾン	○	×	
燐酸 50%	◎	◎		過マンガン酸カリウム	◎	◎		四塩化炭素	×	×	※	塩素ガス	×	×	※
酢酸 60%	◎	○	※	炭酸カルシウム	◎	◎		クロロホルム	×	×	※	その他			
氷酢酸	○	○	※	塩化第二鉄	◎	◎		二硫化炭素	×	×	※	写真現像液	◎	◎	
クロム酸	◎	○	※	塩化バリウム	◎	◎		アセトアルデヒド	○	×	※	海水	◎	◎	
蟻酸 <80%	◎	◎		硫安	◎	◎		エチルエーテル	×	×	※	ガソリン	○	×	※
蔞酸	◎	◎		過酸化 水素	10%	◎	◎	グリセリン	◎	○		灯油	○	×	※
乳酸	◎	◎			30%	◎	○	ホルマリン40%	◎	◎		尿素	◎	◎	
オレイン酸	○	×	※		90%	◎	×	※	トルエン	×	×		白蟻駆除剤	×	×
マレイン酸	◎	◎						エタノール40%	◎	○					

U-ポリパイの耐圧性を表 6-8 に示す。

表 6-8 U-ポリパイの連続安全使用温度範囲における最大使用圧力

使用温度	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
圧力(MPa)	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.41	1.32	1.21	1.12

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 6-9 に示す。

表 6-9 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	1次側はショウブライン PFP の製品を 50wt% に希釈して使用。 2次側はショウブライン PFP の製品を 20wt% に希釈して使用。

(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 6-10、図 6-1 (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 6-10 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 6-11 参照
g. 粘性	図 6-1 参照
h. 比重	図 6-1 参照
i. 比熱	図 6-1 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 6-11 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%

- ・ 消気量 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

10-2 ショウブラインPFPの物性

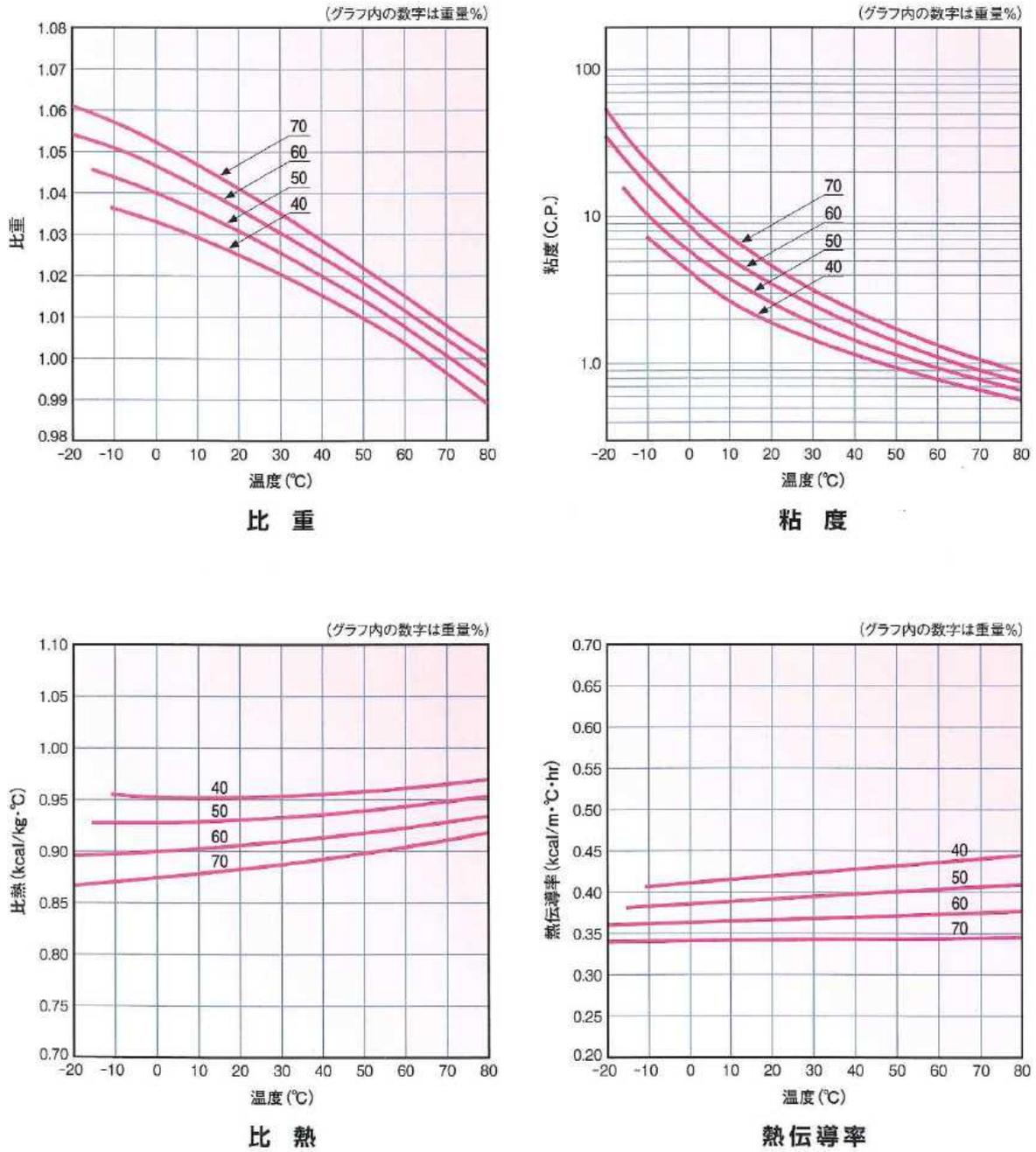


図6-1 ショウブラインPFPの粘性、比重、比熱

7. 考察

(1) 2次側熱媒行き温度とCOP

この実証対象技術では、暖房期間において、2次側熱媒行き温度の設定を3回変更し段階的に温度を上げているが、2次側行き温度が高くなるにつれて、COPは大きく低下している。この低下の原因は、一般にヒートポンプの暖房時の運転においては、2次側熱媒行き温度(2次側熱媒出口温度)が高くなるほどCOPは低下するので、そのようなヒートポンプの一般的な特性が表れているものである。

(2) 2次側熱媒行き温度を高く設定した理由

この実証対象技術はもともと採熱孔の試験のために設置されたものであり、その試験に併せて事務所の冷暖房にも利用したものであった。一方、事務所建物は古い建物で断熱性があまり良くないものであった。このため、

- ・この冷暖房設備は、特に既存建物の断熱性を配慮したシステムではなかったこと
- ・放熱部であるファンコイルユニット能力がヒートポンプ能力よりも小さいこと

などを考慮のうえ、事務所として快適な室温を得るために、冬季に気温が低くなるにつれて2次側熱媒行き温度の設定を段階的に高く変更したものである。

最終的に設定した60℃という2次側熱媒行き温度は、通常設定される温度よりかなり高く、ヒートポンプは大きな消費電力を要する厳しい温度設定である。しかし、暖房は夜間には停止するため、熱媒温度が低いと運転開始時の室温上昇に時間を要することから、高い温度設定で運用せざるを得ず、やむを得なかったものと思われる。一方、日中に外気温が上昇した場合には、その分、室温もかなり上昇する状況も見られた。

(3) 将来に向けて

建物の断熱性能の改善、2次側のファンコイルユニットの能力をヒートポンプの能力に合うように増加させる、室内の暖気と冷気をよく循環攪拌するなどの改善をすることによって、2次側熱媒行き温度を低く設定すれば、真冬でも高い成績が期待できる。

(4) 水井戸の利用

本実証対象技術の地中熱交換井は、既存の水井戸を活用できる構造のものであり、その実用性が示された。将来、このように既存の水井戸が地中熱利用に活用されれば、さらに地中熱利用の普及が進むものと期待される。

○ 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。

- 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 8-1 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 8-3（次頁）に示す。

表 8-1 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、計測器の設置はあらかじめ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依頼して行ったが、計測データの解析、品質の確認は実証機関で行った。

③実証機関は、実証試験開始後も現地確認を行った。

(3) 実証試験の現地確認

実証試験の現地確認は、試験開始前、試験開始後を合わせて表 8-2 に示すように実施した。

表 8-2 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	平成 27 年 5 月 8 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	橋爪茂利雄
	平成 27 年 9 月 7 日	実証機関技術監査	実証機関技術監査	安川香澄
		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	大島和夫
			実証試験担当	小間憲彦

なお、9月7日の現地確認の時には、技術実証検討会の分科会も開催した。

(4) 品質管理の内容

表 8-1 に示した各担当による品質管理・監査の内容は表 8-3（次頁）にまとめて示した。

表 8-3 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保存しており、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 27 年 5 月 11 日
- 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」、地下水学会誌 第 53 巻

○ 資料編

添付資料1 TRTの代替データ

本実証対象技術のサーマルレスポンス試験 (TRT) は、山形市新製品・新技術開発支援事業補助金 (平成24年度) を受けて日本水資源開発株式会社が実施した「地中熱ヒートポンプ冷暖房システムの熱源に使用する効率的な採熱孔の開発」報告書に記載されている。

以下には、本補助金事業の一環として、ETVの実証対象技術を含む4種類の採熱孔について実施したTRTについて、その報告書から、4種類の採熱孔の構造を記載した部分と、TRTの実施に関する部分を抜粋して示す。

3. 事業概要

同一地点に隣接して、構造の異なった4種の採熱孔を構築し、後述するサーマルレスポンステストによる「平均有効熱伝導率」による評価や、これらと組み合わせた空調システムの稼働状況から、より効率的な採熱孔の開発を目指す。

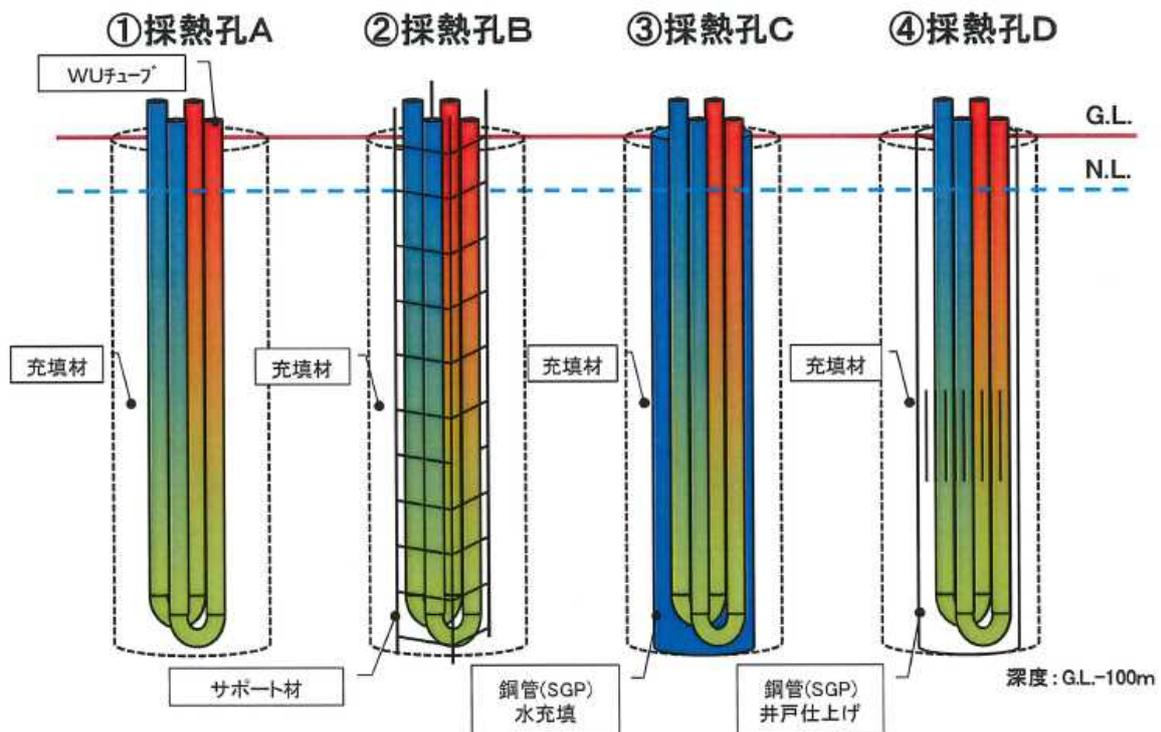


図 3-1 構造の異なる採熱孔 (4 種) 概要

- ・採熱孔A…一般的な構造の採熱孔 (比較のため)
- ・採熱孔B (サポート材)…U字管間隔および鉛直性を保持することで採熱量UPを期待
- ・採熱孔C (鋼管内水充填)…充填水が温度差によって対流することで採熱量UPを期待
- ・採熱孔D (井戸仕上げ)…地下水の流れによる採熱量UPを期待

5. サーマルレスポンステスト

地中に温度インパクトを与えることで、採熱孔周辺地盤の平均有効熱伝導率を評価する。

<目的>

平均地中温度および平均有効熱伝導率の把握

<試験手順>

- ① 図5-1-1のとおり配管接続（断熱材巻き）後、配管内を水で満たしデータ記録開始。
- ② 数十分程度循環しエア抜きを行う。その際、ダブルUチューブ出入口温度の変動を確認し、安定した時点での出入口平均温度を平均地中温度とする。
- ③ 上記の後、ヒーターへ通電し60時間以上の加熱を行う。
- ④ 加熱終了、ヒーターを停止。配管温度状況を確認し、循環ポンプを停止しデータ記録終了。
- ⑤ 試験終了、試験器撤去。

なお、TRT の地盤への熱負荷(供給熱量)はシステムの実稼働に併せた熱負荷とするのが妥当と言われており、一般的に 60W/m程度と設定される場合が多いことから、本試験においても、ヒーター出力 6kWにて実施した。また、試験データの記録は1分毎の連続データとした。TRT 概要を図 5-1-1 に示す。

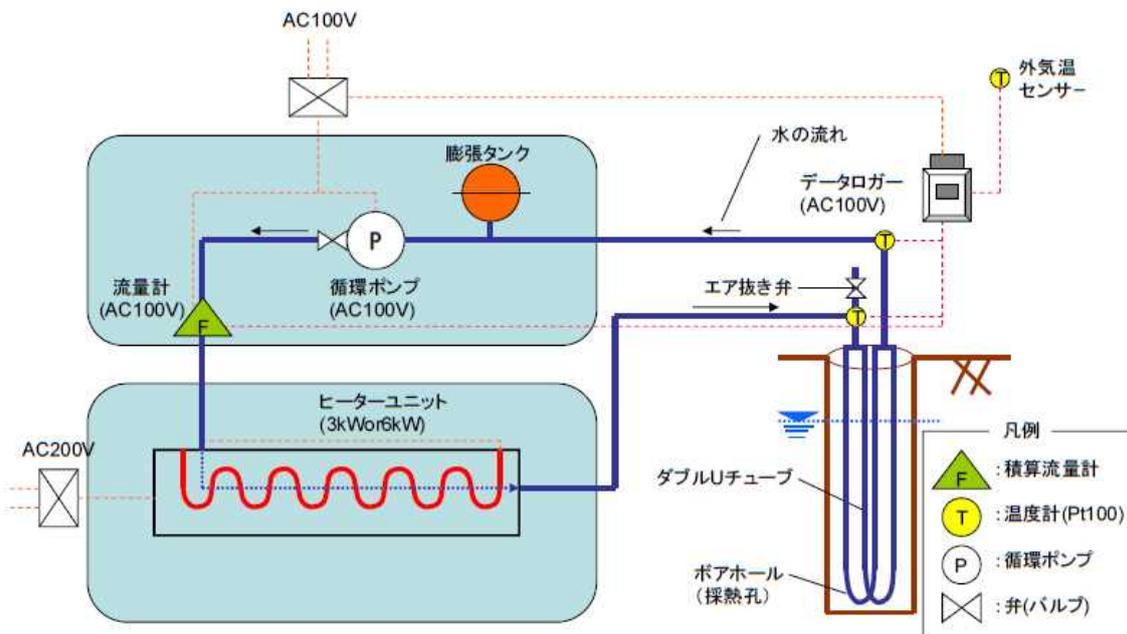


図 5-1-1 TRT 概要図

<解析理論>

観測データ (ダブルUチューブ出入口温度変化) から、横軸を経過時間 (対数目盛表示)、縦軸を温度変化としてグラフを作成し、加熱開始から 12 時間~60 時間のデータの直線近似により、その傾き k を求める。この傾きを用いて式 1 により、地盤の平均有効熱伝導率 λ_s を評価する。

$$\lambda_s = \frac{q}{4\pi k} \quad \dots\dots\dots \text{式 1}$$

ここに、

λ_s : 平均有効熱伝導率 (W/(m・K))

k : 対数時間に対する温度勾配 (1/K)

k は、対数グラフで示した加熱開始から 12 時間以降の直線近似の傾き。

q : 単位長さあたりの発熱量 (W/m)

$$q = Q_h / L$$

L : 熱交換器長さ (m)

Q_h : 供給熱量 (W)

供給熱量は観測データを基に、ダブルUチューブの出入口温度差および循環流量から、次式により算出する。 Q_h は k を算定した加熱開始から 12 時間以降における各測定時間毎の計算値の平均値を採用する。

$$Q_h = C \cdot \Delta T \cdot \rho \cdot Q \quad \dots\dots\dots \text{式 2}$$

ここに、

C : 循環液 (水) の比熱 (J/(kg・K))

ΔT : 温度差 (K) ($= T_{in} - T_{out}$)

T_{in} : Uチューブ入口温度 (°C)

T_{out} : Uチューブ出口温度 (°C)

ρ : 循環液 (水) の密度 (kg/m³)

Q : 循環流量 (m³/s)

求められた地盤の平均有効熱伝導率 λ_s を用いて、下式よりチューブ内の熱媒体とボアホール内壁の平均熱抵抗 R_b を求める。

R_b : チューブ内の熱媒体とボアホール内壁の平均熱抵抗 (m・K/W)

$$R_b = \frac{T_i - T_0}{q} - \frac{1}{4\pi \lambda_s} \left(\ln \left(\frac{4 a_s}{r_b^2} \right) - 0.5772 \right) \quad \text{式 3}$$

ここに、

- T_i : 切片 (°C)
- T_0 : 平均地中温度 (°C)
- r_b : 採熱孔口径 (m)
- a_s : 地盤の温度伝導率 (m²/s)

$$a_s = \frac{\lambda_s}{c_{ps} \rho_s}$$

式 4

c_{ps} : 地盤の比熱 (砂利を想定 : 1,600 J/(kg・K))

ρ_s : 地盤の密度 (砂利を想定 : 1,990 kg/m³)

<TRT 測定データ>

各採熱孔に対し TRT を実施した時の測定データ (ダブルUチューブ出入口温度、孔内の深度別地中温度、循環量等) を図 5-1-2 に示す。採熱孔 B の試験中に一時的な温度低下が見られるものの (降雨に伴い雨水が孔内へ浸透したものと推測)、後の解析結果に対する影響は少ないと判断した。

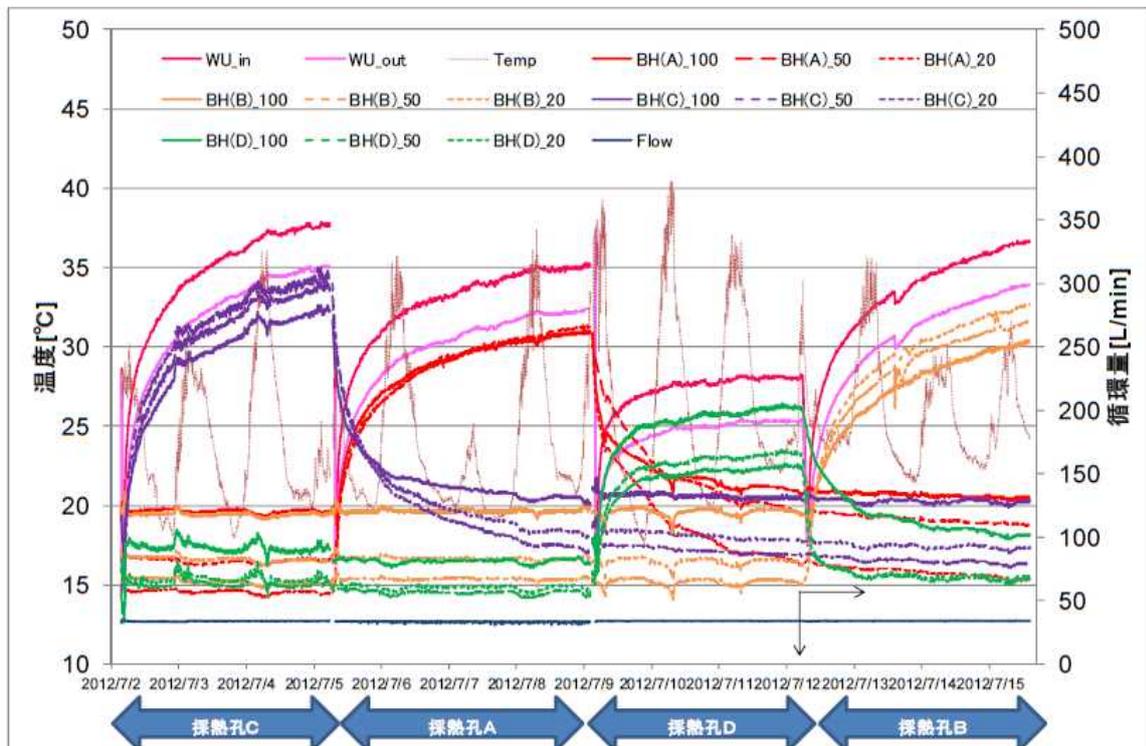


図 5-1-2 TRT 時の温度変化

各採熱孔別に観測データと解析図を以下に示す。

(1)採熱孔A

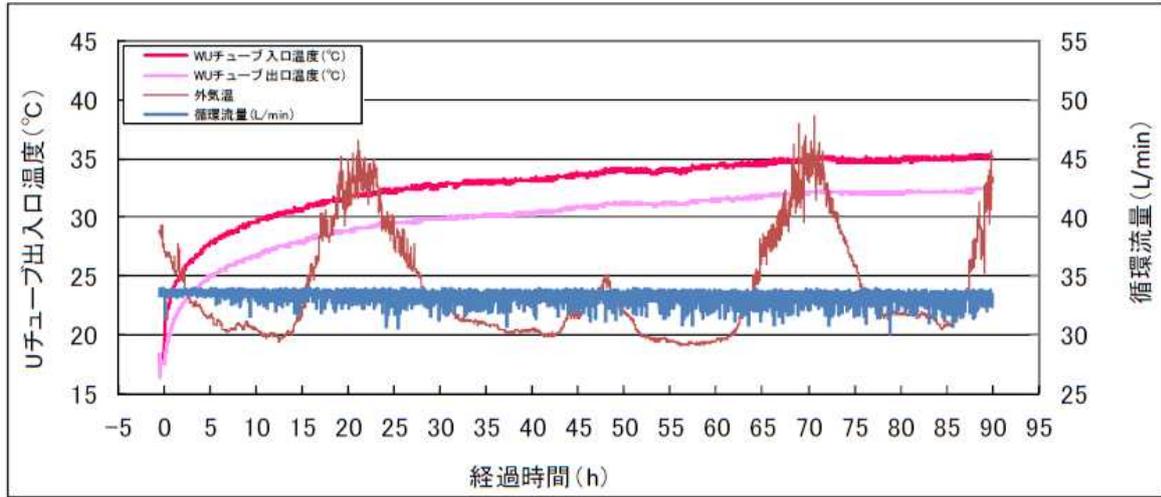


図 5-1-3 採熱孔Aでの TRT 結果

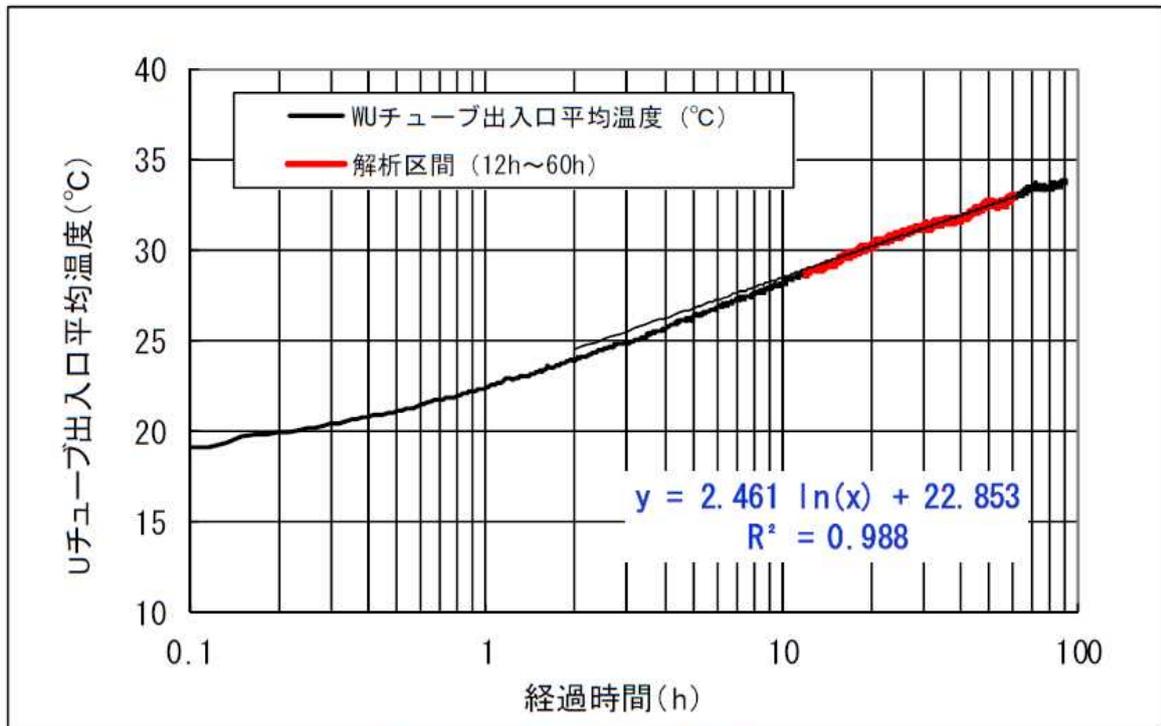


図 5-1-4 採熱孔Aでの解析図

(2) 採熱孔B

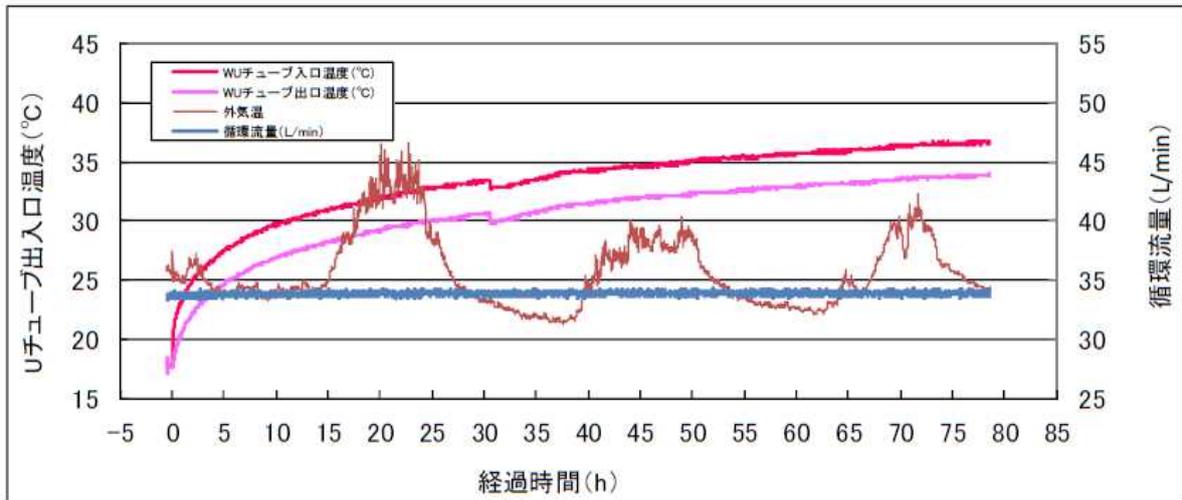


図 5-1-5 採熱孔Bでの TRT 結果

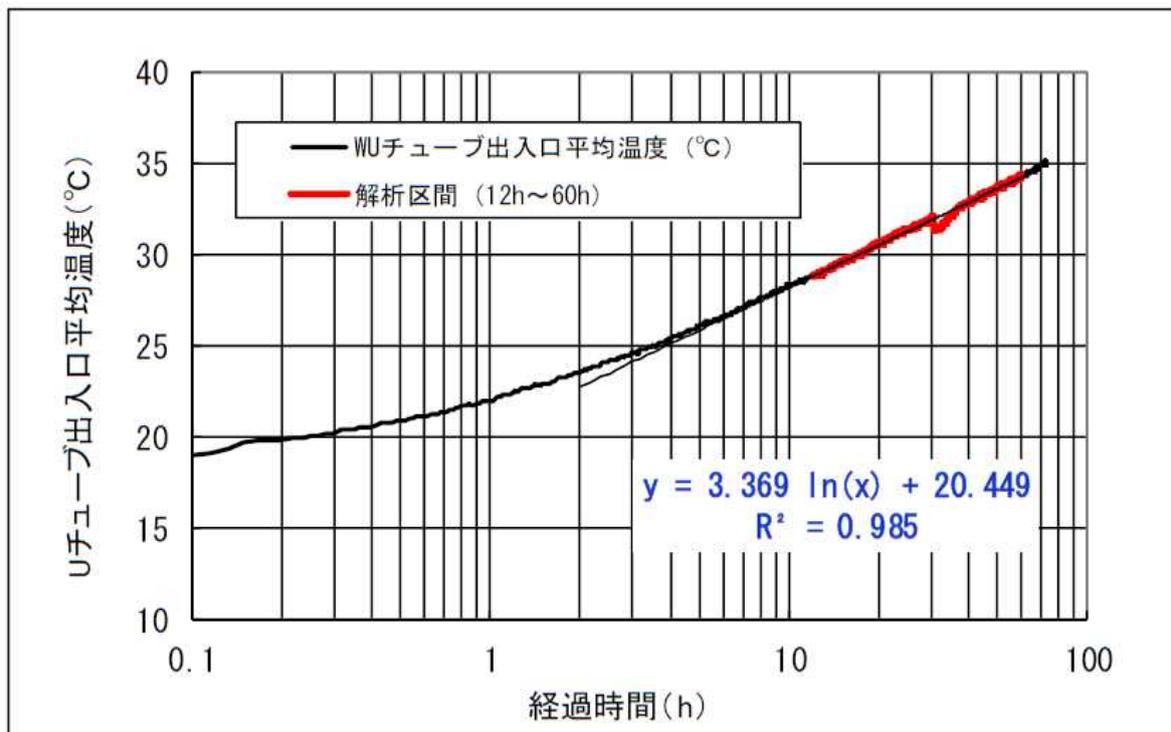


図 5-1-6 採熱孔Bでの解析図

(3)採熱孔C

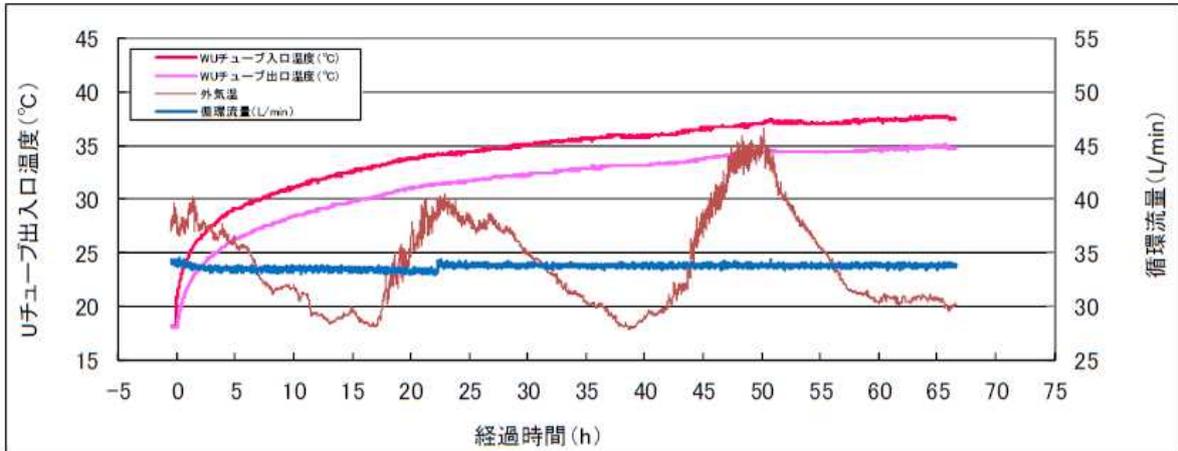


図 5-1-7 採熱孔Cでの TRT 結果

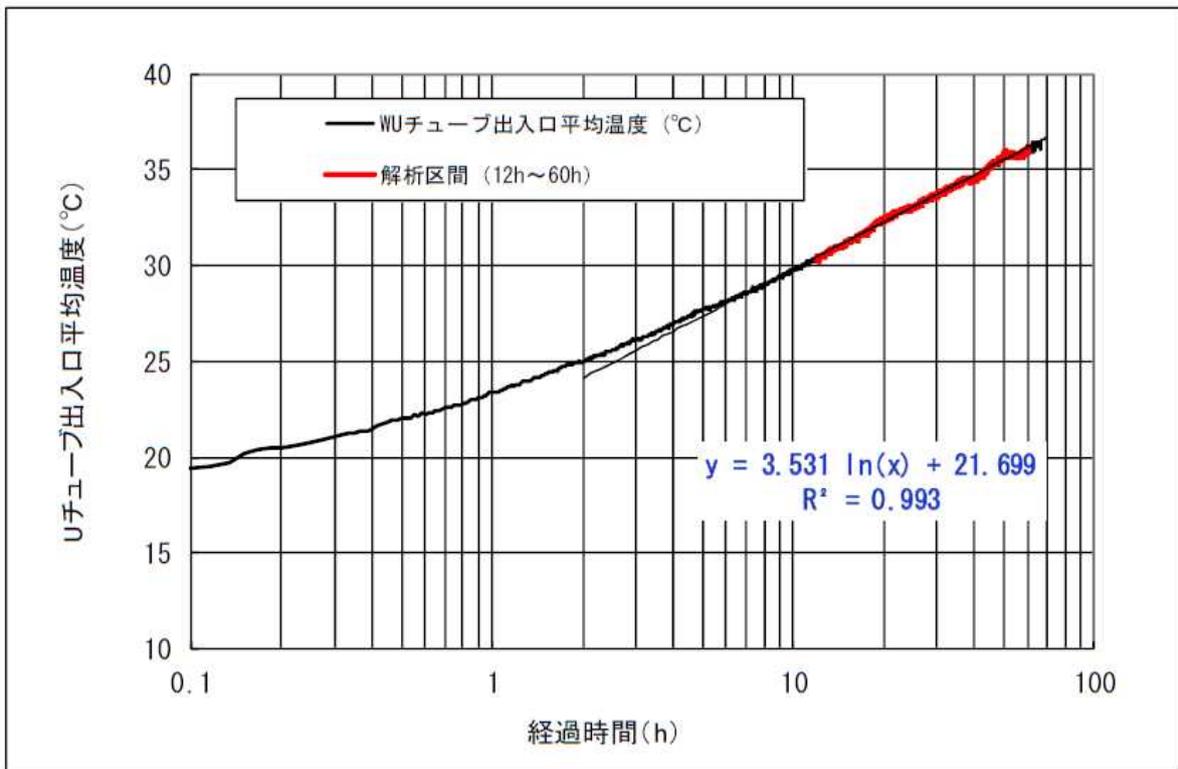


図 5-1-8 採熱孔Cでの解析図

(4) 採熱孔D

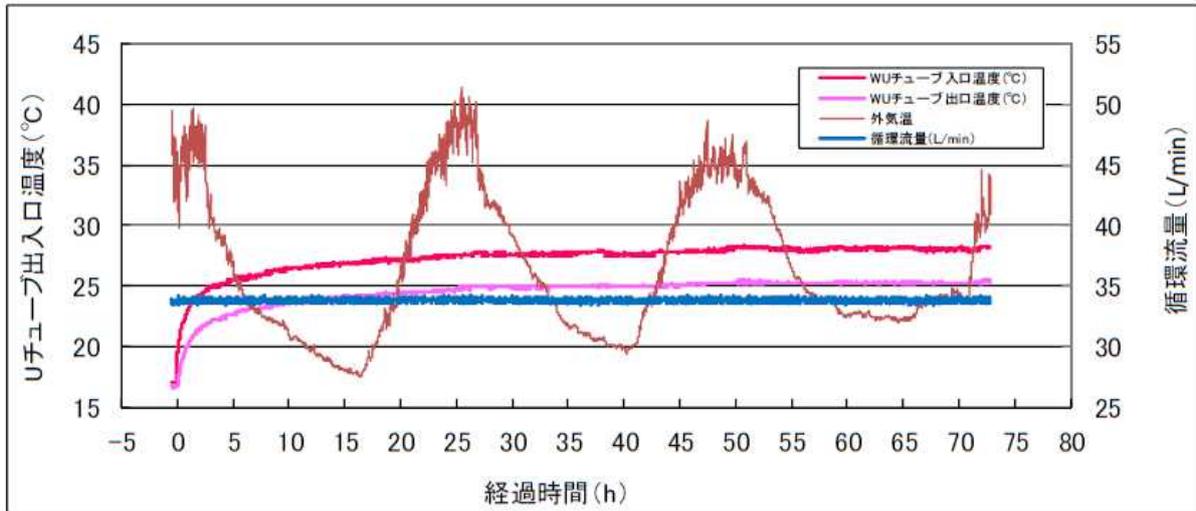


図 5-1-9 採熱孔Dでの TRT 結果

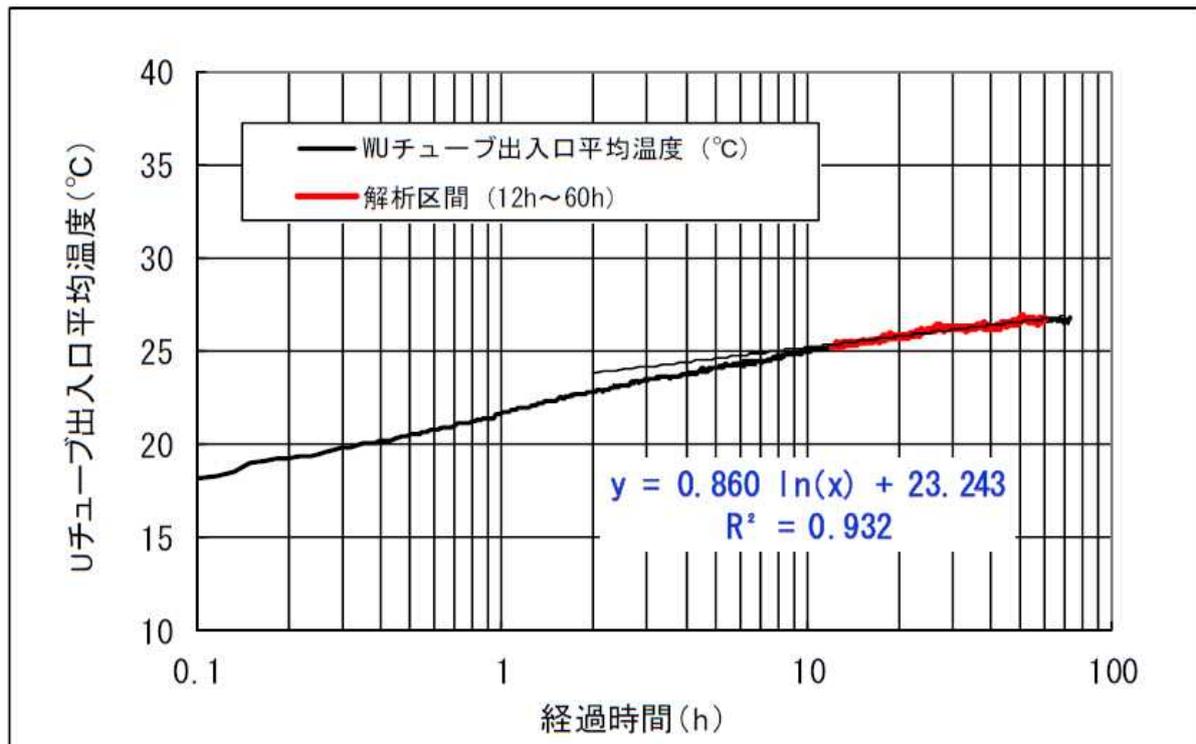


図 5-1-10 採熱孔Dでの解析図

<TRT 解析結果のまとめ>

各試験結果(図 5-1-4、図 5-1-6、図 5-1-8 および図 5-1-10)より求めた、対数時間に対する温度勾配 (=傾き k) を基に、平均有効熱伝導率 λ_s 、チューブ内の熱媒体とボアホール内壁の平均熱抵抗 R_b を算出し表 5-1-1 に一覧した。

表 5-1-1 算定結果一覧

		採熱孔A	採熱孔B	採熱孔C	採熱孔D	
設 定 値	熱交換器長さ	L [m]	101.0	101.0	101.0	95.7 ^{※3}
	対数時間に対する 温度上昇の傾き	k [1/K]	2.461	3.369	3.531	0.860
	単位長さあたりの発熱量	q [W/m]	64.53	64.29	63.92	68.33
	循環液の比熱 ^{※1}	C [J/(kg·K)]	4,185	4,185	4,185	4,185
	循環液の密度 ^{※1}	ρ [kg/m ³]	998.2	998.2	998.2	998.2
	供給熱量	Q_h [W]	6,517	6,493	6,456	6,540
	平均地中温度	T_o [K]	17.6	17.7	18.1	16.8
	地盤の比熱 ^{※3}	c_{ps} [J/(kg·K)]	1,600	1,600	1,600	1,600
	地盤の密度 ^{※4}	ρ_s [kg/m ³]	1,990	1,990	1,990	1,990
	温度上昇近似直線の切片	Ti [K]	22.853	20.449	21.699	23.243
	ボアホール口径	r_b [m]	0.1	0.1	0.1	0.1
	地盤の温度伝導率	a_s [m ² /h]	2.36E-03	1.72E-03	1.63E-03	7.15E-03
	地盤の平均有効熱伝導率	λ_s [W/(m·K)]	2.09	1.52	1.44	6.32
	内壁の平均熱抵抗	R_b [mK/W]	0.106	0.093	0.112	0.088

※1：循環液(水)の比熱・密度は直線近似区間の入口出口平均温度の数値を採用

※2：地盤の比熱・密度は採熱孔内の主要地質(砂礫)に近似した砂利の値を引用

(伝熱工学資料改訂第5版(日本機械学会)P289より引用)

※3：採熱孔Dにおける熱交換器長さLは、地下水位以深の水没した長さとして評価。

添付資料2 熱媒循環部 (U字管) Uポリパイの技術資料 (抜粋)

(1) 株式会社イノアック住環境のカタログ「地中熱交換パイプ U-ポリパイ 2014年版」より
 (実証対象技術に使用したU-ポリパイは2012年製造のものであるが、その当時のカタログの物性データには熱伝導率の値に誤りがあったので、ここでは誤りを正した後の2014年版のカタログより引用して示す。)

U-ポリパイ

■ 技術データ

PE100 基本物性

試験名		試験方法	単位	物性値例
物理的物性	密度	JIS K 7112	kg/m ³	942~953
	機械的物性	引張降伏強さ(引張降伏応力)	JIS K 7161	MPa
破断点伸び(引張破壊呼びひずみ)		%		350以上
曲げ弾性率		JIS K 7171	MPa	900~1200
硬度(デュロメータ硬さ)		JIS K 7215	HDD	63~68
衝撃強さ(シャルピー衝撃強度)		JIS K 7111	kJ/m ²	16~18
熱及び電気的物性	線膨張係数	JIS K 7197	10 ⁻⁶ /°C	11~13
	比熱(比熱容量)	JIS K 7123	kJ/kg・K	1.9~2.3
	熱伝導率	ASTM C177	W/m・K	0.46~0.50
	融点	JIS K 7121	°C	128~132
	軟化温度(ピカット軟化温度)	JIS K 7208	°C	125~127
	脆化温度	JIS K 7216	°C	-70以下
	燃焼性	-	-	可燃性

※上記物性値は、代表値であり保証される数値ではありません。

高密度ポリエチレン管及び継手の性能規格

性能項目	性能	試験条件
引張降伏強さ	20.0MPa以上	引張速度:25mm/分
破断点伸び	350%以上	
耐圧性	漏れ、変形、破壊その他の欠点がないこと	2.5MPa×2分間
破壊水圧強さ	4.0MPa以上	
熱安定性	酸化誘導時間20分以上	200°C、O ₂ 雰囲気下
加熱伸縮性	±3%以内	110°Cのエチレングリコール浸せき×30分間
熱間内圧クリープ性	割れその他の欠点がないこと	20°C, 2.48MPa×100時間 80°C, 1.10MPa×165時間 80°C, 1.00MPa×1000時間
耐塩素水性	水泡発生がないこと	60°C, 有効塩素濃度2000ppm×168時間
耐環境応力き裂性	き裂発生がないこと	ISO4427
低速き裂進展性	割れその他欠点がないこと	80°C, 0.92MPa×165時間
融着部相溶性	割れその他欠点がないこと	80°C, 1.10MPa×165時間

21

69

耐薬品性

高密度ポリエチレン管材料の主な耐薬品性を示す。

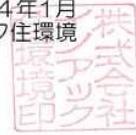
(この表はISO/10358に基づいたものである。管に圧力または、他の応力を加えた状態では、別の挙動を示すことがある)

摘要 ○: 優 ○: 良 ×: 不可 ※: 管に臭いが移行する。

薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行
	20	60			20	60			20	60			20	60	
酸及び酸性薬品			アルカリ			有機溶剤			ガス						
塩酸 35%	○	○		アンモニア水溶液	○	○		エチルアルコール 40%	○	○		亜硫酸ガス	○	○	
硫酸 60%	○	○		苛性ソーダ	○	○		メチルアルコール	○	○		炭酸ガス	○	○	
※ 98%	○	×	※	苛性カリ	○	○		アセトン	○	×	※	天然ガス	○	○	
硝酸 25%	○	○		水酸化カルシウム	○	○		アニリン	○	×	※	一酸化炭素	○	○	
※ 50%	○	×	※	塩類				ベンゼン	×	×	※	二酸化炭素	○	○	
※ >50%	×	×	※	重クロム酸カリウム	○	○		四塩化炭素	×	×	※	オゾン	○	×	
炭酸 50%	○	○		過マンガン酸カリウム	○	○		クロロホルム	×	×	※	その他			
酢酸 60%	○	○	※	次亜カルシウム	○	○		二硫化炭素	×	×	※	写真現像液	○	○	
氷酢酸	○	○	※	塩化第二鉄	○	○		アセトアルデヒド	○	×	※	海水	○	○	
クロム酸	○	○	※	塩化バリウム	○	○		エチルエーテル	×	×	※	ガソリン	○	×	※
硫酸 <80%	○	○		硫酸	○	○		グリセリン	○	○		灯油	○	×	※
硝酸	○	○		過酸化水素	10%	○	○	ホルマリン 40%	○	○		尿素	○	○	
乳酸	○	○			30%	○	○	トルエン	×	×	※	白蟻駆除剤	×	×	※
オレイン酸	○	×	※		90%	○	×	※	エタノール 40%	○	○				
マレイン酸	○	○													

(2) 株式会社イノアック住環境の説明書 (Uポリパイの耐圧性資料)

2014年1月
株式会社イノアック住環境



U-ポリパイの耐圧性について

U-ポリパイの耐圧性は下記のとおりです。

■最大常用圧力 連続安全使用温度範囲 -20～40℃ (条件により50℃迄の使用も可能です。) 単位: MPa

使用温度 (℃)	-20℃	-10℃	0℃	10℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
16A	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.54	1.44	1.32	1.22
20A	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.54	1.44	1.32	1.22
25A	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.41	1.32	1.21	1.12
30A	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.31	1.22	1.13	1.04

以上

添付資料3 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	赤桃色透明
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※

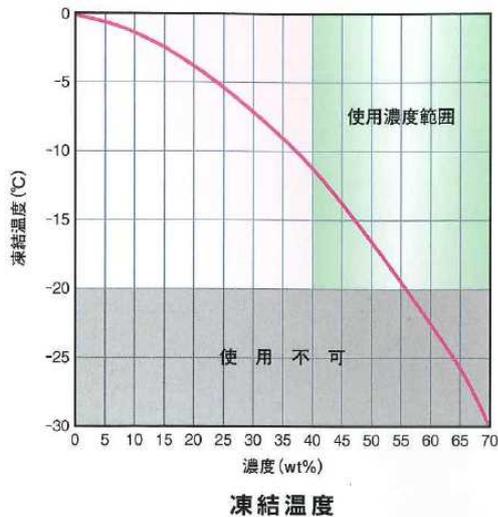
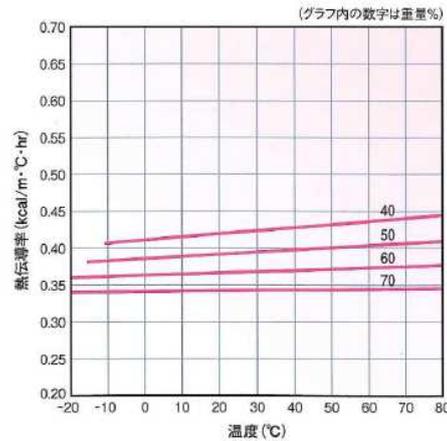
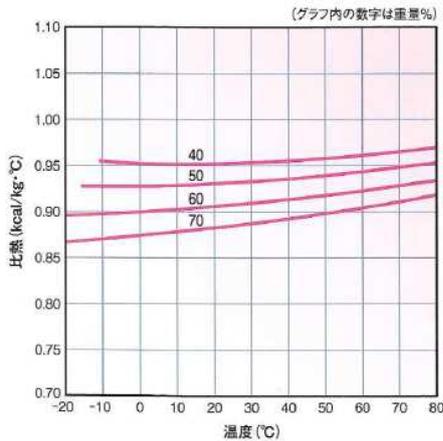
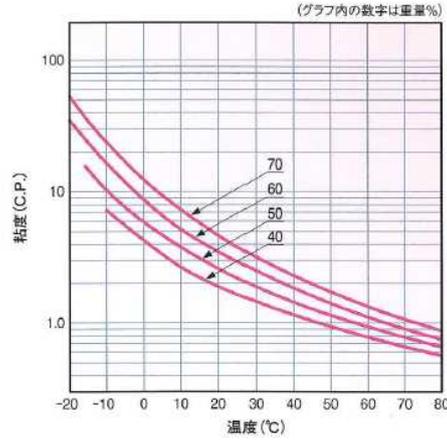
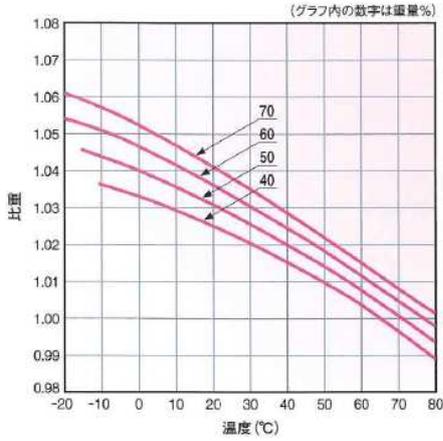
試験片	腐食量 (mg/cm ²)				
	地下水	純水	水道水	JIS調合水※	エチレングリコール (30vol%)
銅	-0.16	-0.28	-0.34	-0.67	-3.22
黄銅	-0.18	-0.24	-0.22	-0.58	-1.36
鋼	-10.11	-13.29	-2.48	-15.22	-8.38
鑄鉄	-7.45	-14.73	-2.15	-14.28	-8.02
ステンレス(SUS304)	-0.00	+0.02	+0.01	+0.00	+0.03

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

ショウブラインの物性

10-2 ショウブラインPFPの物性



添付資料4 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)の知見は以下の通り

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施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。