

環境省

平成 22 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 23 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 : (B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ
実証申請者 : サンボット株式会社
実証対象技術 : 地中熱ヒートポンプユニット
(製品名・型番) : GSHP-1001



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

○ 全体の概要	1
1. 実証対象技術の概要	1
2. 実証試験の概要	1
3. 実証試験結果	3
4. 実証対象技術の参考情報	4
○ 本編	6
1. 実証試験の目的及び概要	6
1.1 環境技術実証事業の概要	6
1.2 実証対象技術の概要	6
1.3 実証項目の内容	7
2. 実証機関・実証申請者・実証試験体制	8
3. 実証対象技術の概要	10
3.1 技術の原理	10
3.2 実証対象技術の特徴と仕様	10
3.3 実証対象技術の特徴・長所を含む参考情報	15
4. 実証試験期間、実証試験設備及び測定機器	16
4.1 実証試験期間	16
4.2 実証試験設備の概要	16
4.3 測定機器	19
5. 実証試験方法	21
5.1 実証試験要領の規定	21
5.2 本実証試験における試験方法	22
6. 実証試験結果	23
6.1 各温度条件における測定結果	23
6.2 実証項目の試験結果まとめ	38
7. 考察	40
8. 実証試験の品質管理・監査	41
8.1 品質管理システムのあらまし	41
8.2 実証試験とデータの品質管理	41
8.3 実証試験の立会い	42
8.4 品質管理の内容	43

○ 全体の概要

実証対象技術	地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001
実証申請者	サンポット株式会社
実証単位	(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ
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 22 年 9 月 15 日～平成 22 年 10 月 26 日

1. 実証対象技術の概要



一般的にヒートポンプは、圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器とそれらを結ぶ配管から構成され、冷媒が圧縮・凝縮・膨張・蒸発の四過程を繰り返して循環することで、熱を低温のところから高温のところへ移動できる。凝縮側と蒸発側の温度差が大きいと、動力は大きくなりエネルギー効率は低下する。温度差が小さいと、動力は減りエネルギー効率が向上する。地中温度は外気温度と比べて夏冷たく冬温かいため、地中を夏季の放熱源、冬季の採熱源に利用すれば、年間を通して効率が良い。また、冷房時の廃熱を地中に放熱し、外気に排熱しないため、ヒートアイランド対策として効果が期待されている。

実証対象技術である地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 は、地中熱利用冷暖房空調用ヒートポンプユニットである。ヒートポンプを構成する圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器の内部を循環する冷媒は R410A を使用している。ヒートポンプと外部とで熱をやりとりする熱媒には、一次側（熱源側）・二次側（利用側）ともに不凍液（水）を循環させるいわゆる「水・水ヒートポンプ」である。なお、一次側（熱源側）の熱媒には濃度 20～40% のエチレングリコール希釈液を、二次側（利用側）の熱媒には濃度 20～40% のプロピレングリコール希釈液を用いている。なお、一次側と熱源側、二次側と利用側とは同じ意味である。

本実証対象技術は、製品躯体の中にヒートポンプ本体とともに一次側と二次側の循環ポンプ及び膨張吸収用のバッファタンクを備えて一体としたもので、そのまま住宅 1 軒分の冷暖房空調に対応でき、配管上に循環ポンプやバッファタンクを設ける必要がないので施工が非常に簡単である。冷房能力及び暖房能力は 10kW である。

2. 実証試験の概要

2.1 実証試験時の試験設備構成及び測定機器の種類

本実証試験に使用したサンポット株式会社所有の試験設備は、通常は出荷前の製品の検査や開発用の試作機の試験に用いており、いくつかのバルブを調整することによって熱媒の出入り口温度を任意に変化させて試験を行える設備である。主な試験設備及び各測定項目の測定機器は、以下のとおり構成されている。なお、各測定項目の測定機器の製造事業者及び型式等は、表 4-3（詳細版本編 19 ページ）に示す。

設置場所	実証試験時設備を構成する主な機器	各測定項目で使用した測定機器
サンポット株式会社 本社工場 試験室内	・熱交換器：3 基 ・水タンク：2 基 ・循環ポンプ：2 基 ・測定機器	・測温抵抗体 ・ハイブリッドレコーダー ・一体型電磁流量計 ・電力計 ・不凍液用濃度計

2.2 実証試験の実証項目

実証試験要領(第2版)*¹においては、本実証試験における実証項目は以下のとおりである。なお、暖房期間については、任意項目となっている。また、冷房期間を想定した温度条件での試験の熱媒は、水を使用することが規定されているが、本実証試験では不凍液を使用して行った。理由については、次項「2.3(1) 熱媒」に示す。

必須または任意	実証項目	内容
必須項目	a. 冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率	COP (水を熱媒とする)
任意項目	b. 暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率	COP (熱媒の規定なし)

2.3 実証試験の条件

(1) 熱媒

本実証対象技術の地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 は、一次側にはエチレングリコール、二次側にはプロピレングリコールを主成分とする不凍液を使用しており、指定の不凍液を使用するように注意書きをつけて販売している。そのため使用の実情に合わせた熱媒で試験をするほうが合理的と考え、熱媒は不凍液を使用して試験を実施した。なお、各不凍液の濃度は、一次側(熱源側)はエチレングリコール 20%希釈液、二次側(利用側)はプロピレングリコール 40%希釈液である。

(2) 温度条件

実証試験要領(第2版)*¹に規定する下記の温度条件で試験を行った。本実証対象技術は、間接式なので、冷房期間を想定した温度条件は間接式の場合として規定されたものを適用した。

冷房期間を想定した温度条件(間接式の場合)*²

【必須項目】	利用側(二次側)熱媒温度()		熱源側(一次側)熱媒温度()	
	入口	出口	入口	出口
温度条件 1	12±0.3	7±0.3	20±0.3	25±0.3
温度条件 2			25±0.3	30±0.3
温度条件 3			30±0.3	35±0.3

暖房期間を想定した温度条件(間接式の場合)*²

【任意項目】	利用側(二次側)熱媒温度()		熱源側(一次側)熱媒温度()	
	入口	出口	入口	出口
温度条件 1	40±0.3	45±0.3	15±0.3	10±0.3
温度条件 2			10±0.3	5±0.3

暖房期間を想定した温度条件のうち利用側熱媒温度は実証試験要領(第2版)には規定されていないので、実証申請者の要望による温度条件とした。なお、この温度条件は JIS B 8613 に規定している温度条件に適合している。

*1：環境省 水・大気環境局 平成 22 年 5 月 18 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(第2版)』 http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=17387&hou_id=12495

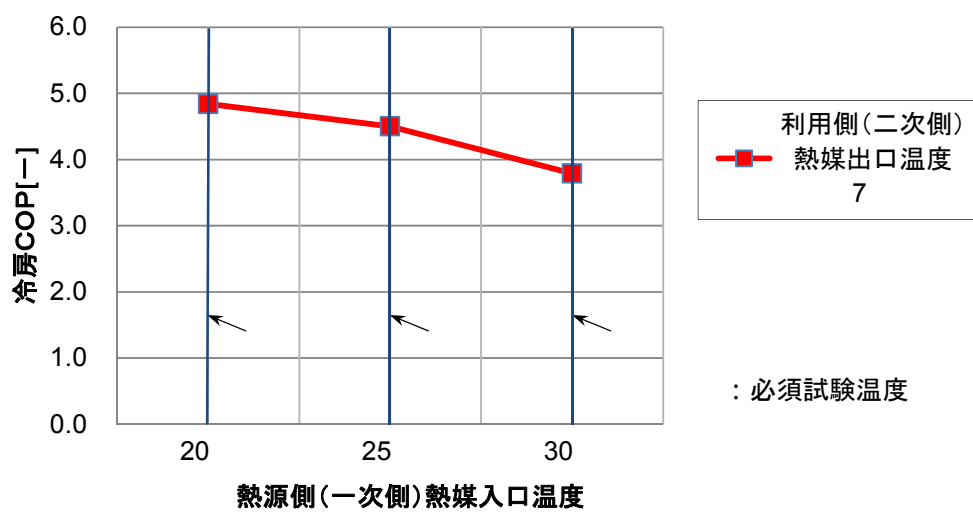
*2：表中の公差は、実証試験中の温度変動許容差である。

3. 実証試験結果

冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP) 及びその COP 特性グラフは次のとおりである。

【必須項目】冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP) * 1

冷房 COP [—]		熱源側 (一次側) 熱媒 * 2 入口温度		
		20	25	30
利用側 (二次側) 熱媒 * 2 出口温度	7	4.8	4.5	3.8



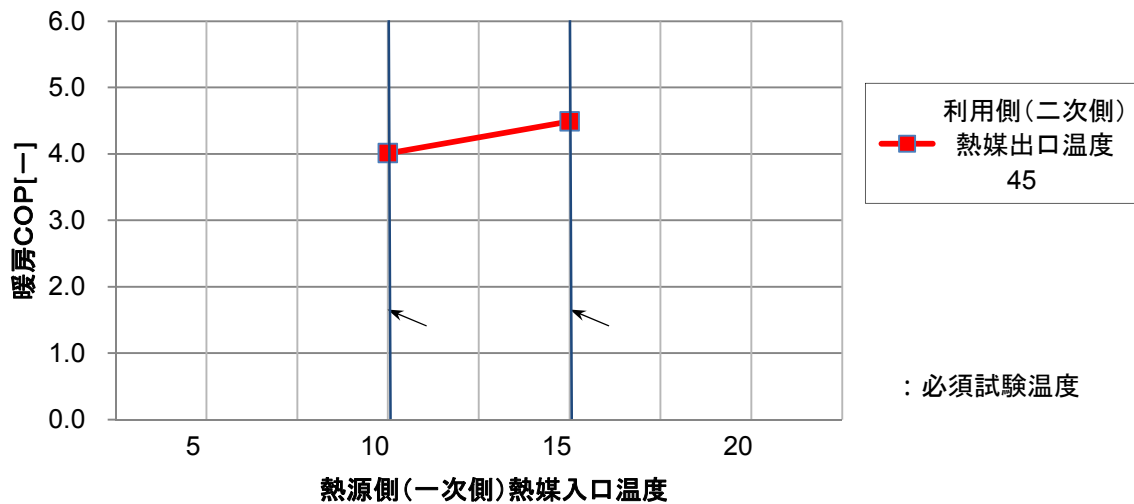
* 1 : 各温度条件で 3 回測定した平均値。

* 2 : 熱媒は、熱源側 (一次側) はエチレングリコール 20%希釈液、利用側 (二次側) はプロピレングリコール 40%希釈液を使用。

暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP) 及びその COP 特性グラフは次のとおりである。

【任意項目】暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (暖房 COP) * 1

暖房 COP [—]		熱源側 (一次側) 熱媒 * 2 入口温度	
		10	15
利用側 (二次側) 熱媒 * 2 出口温度	45	4.0	4.5



* 1 : 各温度条件で 3 回測定した平均値。

* 2 : 熱媒は、熱源側 (一次側) はエチレングリコール 20%希釈液、利用側 (二次側) はプロピレングリコール 40%希釈液を使用。

4．実証対象技術の参考情報

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

○実証対象技術の概要（参考情報）

項 目		実証申請者 記入欄
製品名		地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001
製造（販売）企業名		サンポット株式会社
連絡先	TEL / FAX	0198-37-1177 / 0198-37-1131
	Web アドレス	http://gshp-sunpot.jp/
	E-mail	http://gshp-sunpot.jp/contact.html
設置条件		・屋内外設置 戸建住宅空調用 - 20 以下になるような場所には設置できません。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		循環ポンプや圧縮機、制御基板など消耗品の交換を行って、15 年の耐久年数を想定。
施工性		機器内に循環ポンプや膨張吸収用のタンクを内蔵しているため施工が簡単。 冷暖房配管および採熱配管接続し、熱媒である不凍液を充填するだけで施工完了。配管接続から運転まで短時間で施工が終了します。
技術上の特徴		・住宅 1 軒分（40～50 坪）の冷暖房空調負荷に対応 ・インバータ機能により住宅の負荷に合わせて効率よく運転 ・循環ポンプに省電力な DC ブラシレスポンプを使用 ・奥行きスリム形状により狭小地に設置可能
コスト概算		ヒートポンプユニット GSHP-1001 定価：¥980,000 専用リモコン GSHP-KRA 定価：¥11,500 住宅 1 軒分冷暖房空調でシステム価格 300 万円前後（ヒートポンプユニット費、地中熱交換井掘削費、設備設計・設置工事費等の合計）

○その他実証申請者からの情報（参考情報）

既に全国各地に300台ほどの施工実績あり。

○ 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概要

(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本事業の「実証」の定義は、「平成 22 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。

『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、その環境保全効果を第三者が客観的に実証することにより、環境技術を実証する手法・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、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。）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」とは異なるものである。

(2) 本実証試験の仕様

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（第 2 版）」*2 に基づいて実施されたものである。

1.2 実証対象技術の概要

本技術分野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、地下水熱及び下水熱等を熱源とし、ヒートポンプによって効率的に冷暖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。

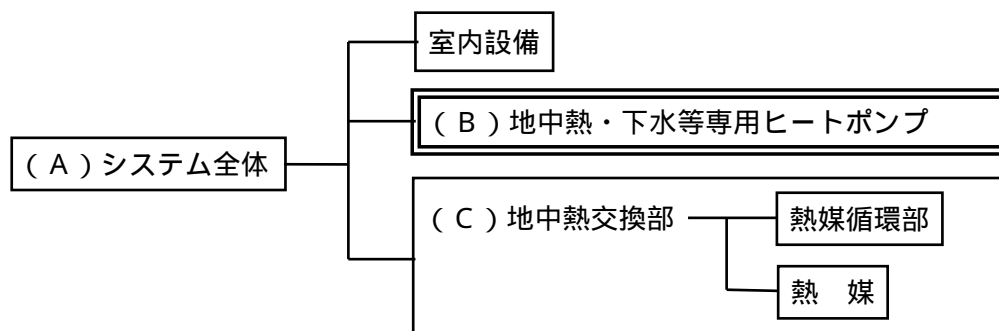


図1-1 実証対象技術の全体像

本報告書はこれらの階層的技術の内、「(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ」に関する報告書である。「(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ」は「地中熱や地下水熱、下水熱等を熱源として想定し、各熱源温度を適正温度範囲とする水冷式ヒートポンプ。設備機器メーカーが販売する既製品単位である。」と実証試験要領（第 2 版）*2 に定義されている。

* 1 : 環境省 平成 22 年 4 月 『平成 22 年度 環境技術実証事業 実施要領』

http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/intro/yoryo_h22.pdf

* 2 : 環境省 水・大気環境局 平成 22 年 5 月 18 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（第 2 版）』 http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=17387&hou_id=12495

1.3 実証項目の内容

実証単位（B）の実証項目は表 1-1 のとおりである。

表 1-1 地中熱・下水等専用ヒートポンプの実証項目

必須または任意	実証項目	内容
必須項目	a. 冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率	COP（水を熱媒とする）
任意項目	b. 暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率	COP（熱媒の規定なし）

なお、名称記載の注意点として、本実証試験結果報告書では、「冷房期間を想定した温度条件における試験」を「冷房試験」、「冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率」を「冷房 COP」と省略して書く場合がある。また同様に、「暖房期間を想定した温度条件における試験」を「暖房試験」、「暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率」を「暖房 COP」と省略して書く場合がある。

2．実証機関・実証申請者・実証試験体制

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（詳細版本編 9 ページ）に示すとおりである。

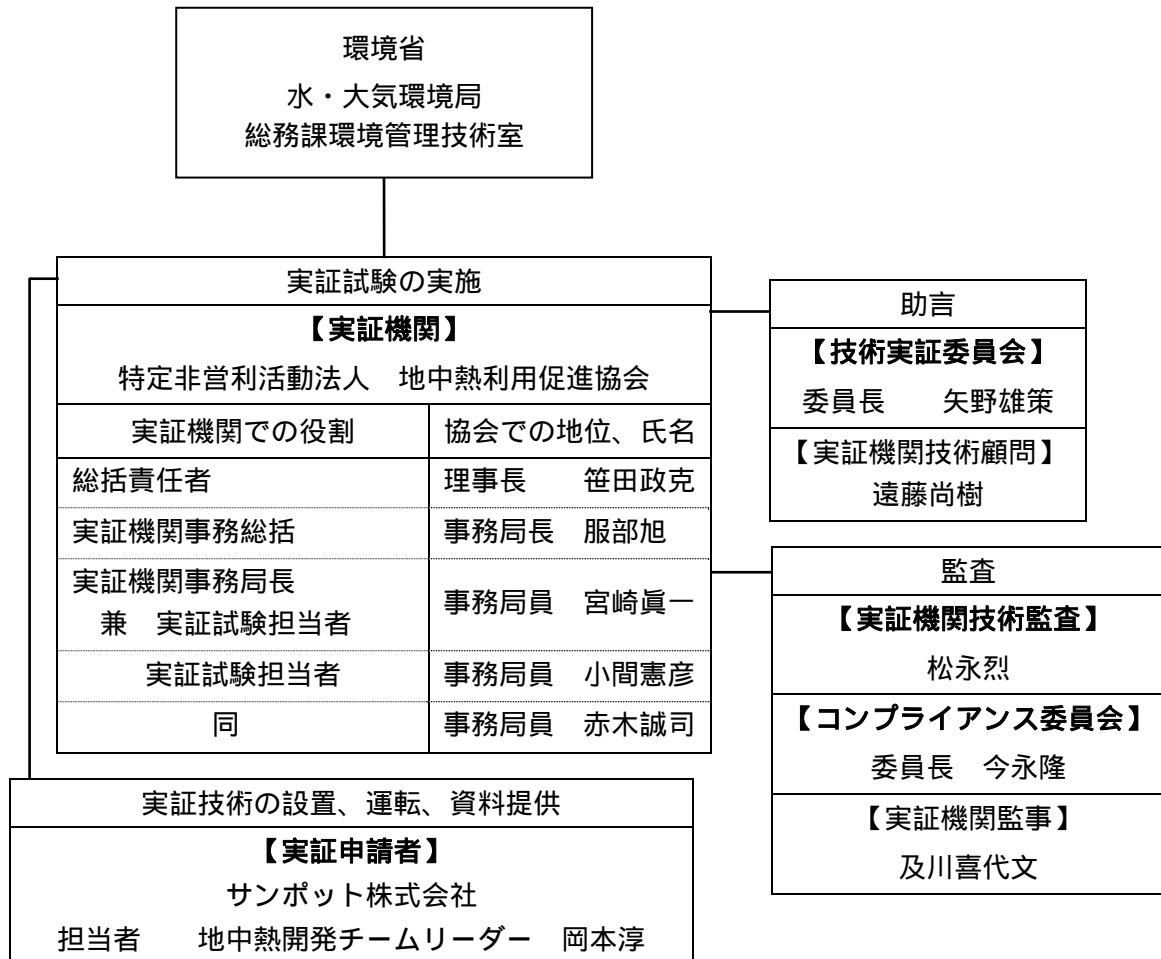


図 2-1 実証試験体制

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 服部旭 宮崎眞一 小間憲彦 赤木誠司 遠藤尚樹 ^{*1}
		実証対象技術の公募・審査	
		技術実証委員会の設置・運営	
		品質管理システムの構築	
		実証試験計画の策定	
		実証試験の実施・運営	
		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	
		技術実証委員会の設置・運営補助	
		内部監査の総括	松永烈 ^{*2}
		実証試験データの検証	
		適法性及び公平性の確認	コンプライアンス委員会
実証申請者	サンポット株式会社	実証機関への必要な情報提供と協力	眞賀幸八 岡本淳
		実証対象製品の準備と関連資料の提供	
		費用負担及び責任をもって 実証対象製品の運搬等を実施	
		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	

^{*1}：独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 熱・流体システムグループ
主任研究員

^{*2}：独立行政法人産業技術総合研究所 つくばセンター次長

3. 実証対象技術の概要

3.1 技術の原理

一般的にヒートポンプは、圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器とそれらを結ぶ配管から構成され、冷媒が圧縮-凝縮-膨張-蒸発の四過程を繰り返して循環することで、熱を低温のところから高温のところへ移動できる。凝縮側と蒸発側の温度差が大きいと、動力は大きくなりエネルギー効率は低下する。温度差が小さいと、動力は減りエネルギー効率が向上する。地中温度は外気温度と比べて夏冷たく冬温かいため、地中を夏季の放熱源、冬季の採熱源に利用すれば、年間を通して効率が良い。また、冷房時の廃熱を地中に放熱し、外気に排熱しないため、ヒートアイランド対策として効果が期待されている。

3.2 実証対象技術の特徴と仕様

(1) 実証対象技術の特徴

実証対象技術である地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 は、地中熱利用冷暖房空調用ヒートポンプユニットである。ヒートポンプを構成する圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器の内部を循環する冷媒は R410A を使用している。ヒートポンプと外部とで熱をやりとりする熱媒には、一次側 (熱源側)・二次側 (利用側) とともに不凍液 (水) を循環させるいわゆる「水-水ヒートポンプ」である。なお、一次側 (熱源側) の熱媒には濃度 20~40% のエチレングリコール希釈液を、二次側 (利用側) の熱媒には濃度 20~40% のプロピレングリコール希釈液を用いている。なお、一次側と熱源側、二次側と利用側とは同じ意味である。

地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 は、製品躯体の中にヒートポンプ本体とともに一次側と二次側の循環ポンプ及び膨張吸収用のバッファタンクを備えて一体としたもので、そのまま住宅 1 軒分の冷暖房空調に対応でき、配管上に循環ポンプやバッファタンクを設ける必要がないので施工が非常に簡単である。冷房能力及び暖房能力は 10kW である。

ヒートポンプを構成する圧縮機はインバータ制御で圧縮機回転数を変化させ、住宅の冷暖房負荷に合わせて運転する。二次側 (冷暖房側) の熱媒温度は専用リモコン GSHP-KRA により暖房時 15~55 (1 刻み) 及び 60、冷房時 7~15 (1 刻み) で設定が可能である。

本実証対象技術を使用した冷暖房空調システムでは、地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 を 1 台に対し、総延長 120m 前後の地中熱交換井が必要である。(施工現場や地盤などの関係から深く掘れない場合は数本に分けて掘削することもできる。この場合地中熱交換井の間隔は 4m 以上とする。) 地中熱交換井の中に地中熱交換器 (U 字管) を設置し、内部に一次側 (熱源側) 熱媒 (濃度 20~40% のエチレングリコール希釈液) を充填し地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 と接続する。また住宅内の冷暖房設備と地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 とを冷温水配管で接続し、内部に二次側 (利用側) 熱媒 (濃度 20~40% のプロピレングリコール希釈液) を充填する。

図 3-1 (詳細版本編 11 ページ) に実証対象技術を用いた地中熱ヒートポンプ空調システムの一例を示す。

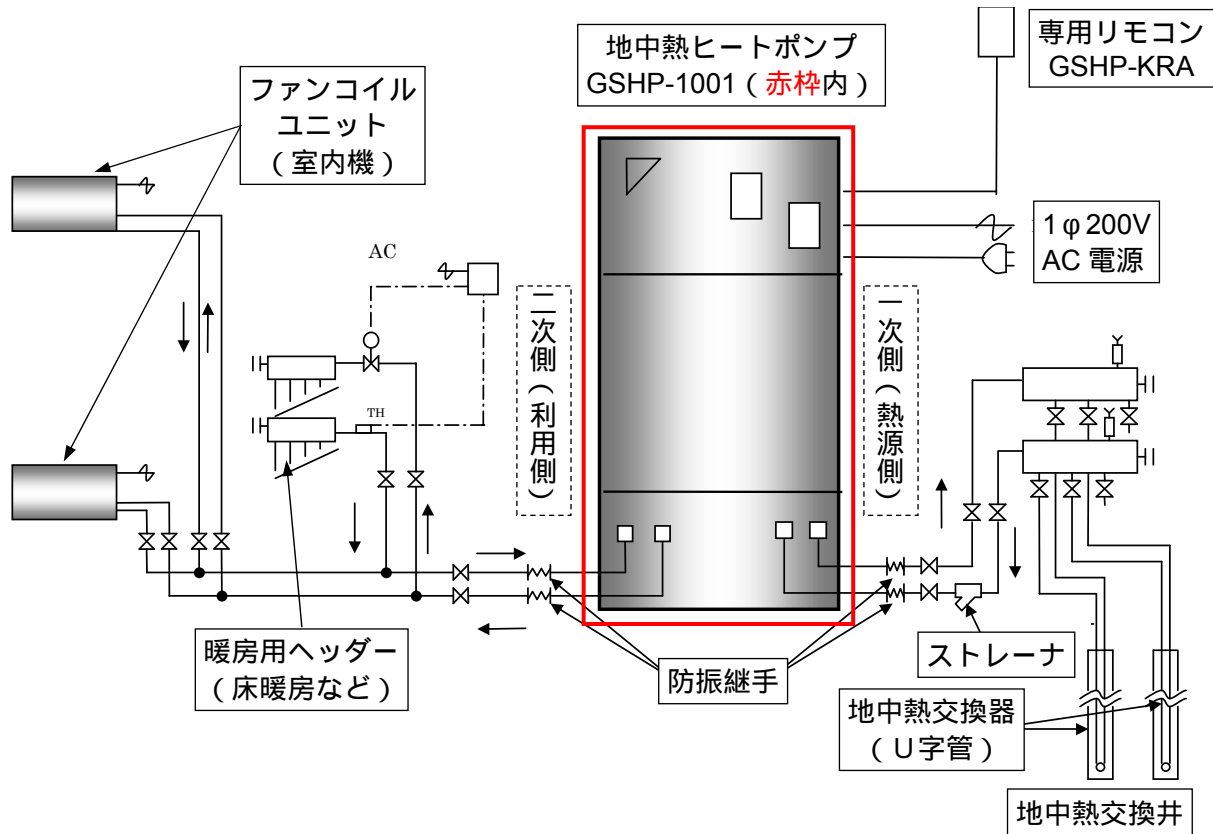
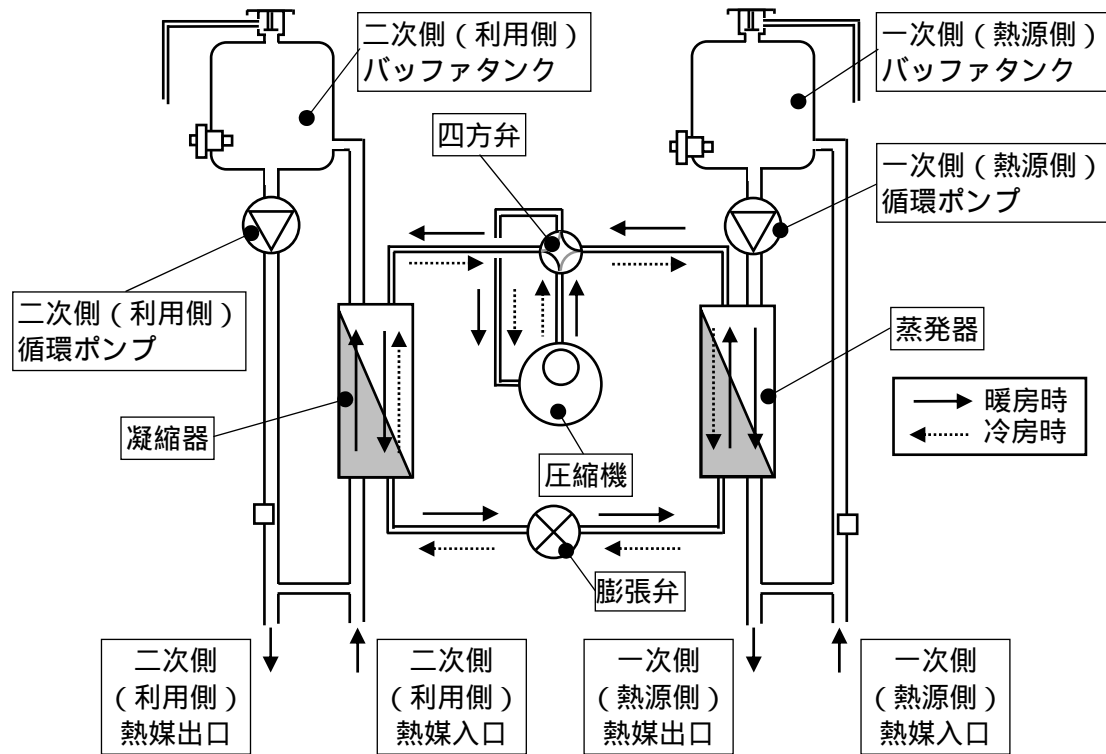


図 3-1 実証対象技術を用いた地中熱ヒートポンプ空調システムの一例

(2) 実証対象技術の製品の構成

地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 は、地中の熱を熱源とし、ヒートポンプサイクルを用いて住宅の冷暖房を行う地中熱利用冷暖房空調用ヒートポンプユニットである。図 3-2(詳細版本編 12 ページ) に当技術の製品内部構造図を示す。

製品の内部は圧縮機、凝縮器、蒸発器、膨張弁、四方弁から構成され、冷媒を使用したヒートポンプサイクルをなすヒートポンプ機器と、冷暖房と採熱のための熱媒を循環させる循環ポンプ及び膨張吸収用のバッファタンク(水タンク)とそれらをつなぐ配管から構成されている。



(図は暖房運転時の例である。冷房運転時には「蒸発器」は「凝縮器」に、
 「凝縮器」は「蒸発器」に、役割が入れ替わる。)

図 3-2 実証対象技術 (地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001) の製品内部構造図

（３）実証対象技術の仕様

本実証対象技術は、地中熱利用冷暖房専用のヒートポンプユニットであり、ユニット内部のヒートポンプはインバータ方式により、出力を約 3kW～10kW まで変化させることができる。実証対象技術の仕様を表 3-1 に、実証対象技術の外形図を図 3-3（詳細版本編 14 ページ）に、写真を図 3-4（詳細版本編 14 ページ）にそれぞれ示す。

表 3-1 実証対象技術の仕様

製造企業名	サンポット株式会社
形式	GSHP-1001
名称	地中熱ヒートポンプユニット
外形寸法 [mm]	700W×280D×1500H
製品重量 [kg]	90
電源	単相 200V 50/60Hz（圧縮機、循環ポンプ用） ／単相 100V 50/60Hz（制御回路用）
圧縮機	ロータリー式
水熱交換器	ステンレス製プレート式熱交換器
冷媒	R410A
冷房、暖房能力	10kW

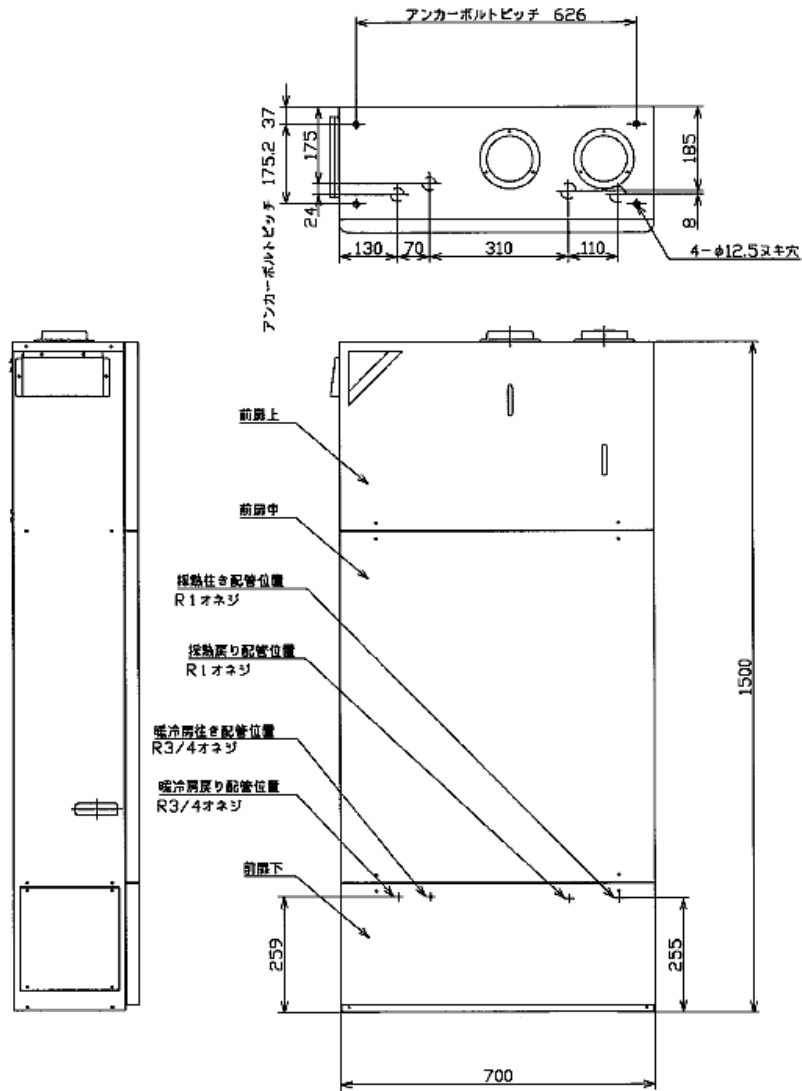


図 3-3 実証対象技術外形図 (地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001)



図 3-4 実証対象技術 (地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001) の写真

3.3 実証対象技術の特徴・長所を含む参考情報

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

○実証対象技術の概要（参考情報）

項 目		実証申請者 記入欄
製品名		地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001
製造（販売）企業名		サンポット株式会社
連絡先	TEL / FAX	0198-37-1177 / 0198-37-1131
	Web アドレス	http://gshp-sunpot.jp/
	E-mail	http://gshp-sunpot.jp/contact.html
設置条件		・屋内外設置 戸建住宅空調用 - 20 以下になるような場所には設置できません。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		循環ポンプや圧縮機、制御基板など消耗品の交換を行って、15 年の耐久年数を想定。
施工性		機器内に循環ポンプや膨張吸収用のタンクを内蔵しているため施工が簡単。 冷暖房配管および採熱配管接続し、熱媒である不凍液を充填するだけで施工完了。配管接続から運転まで短時間で施工が終了します。
技術上の特徴		・住宅 1 軒分（40～50 坪）の冷暖房空調負荷に対応 ・インバータ機能により住宅の負荷に合わせて効率よく運転 ・循環ポンプに省電力な DC ブラシレスポンプを使用 ・奥行きスリム形状により狭小地に設置可能
コスト概算		ヒートポンプユニット GSHP-1001 定価：¥980,000 専用リモコン GSHP-KRA 定価：¥11,500 住宅 1 軒分冷暖房空調でシステム価格 300 万円前後（ヒートポンプユニット費、地中熱交換井掘削費、設備設計・設置工事費等の合計）

○その他実証申請者からの情報（参考情報）

既に全国各地に300台ほどの施工実績あり。

4．実証試験期間、実証試験設備及び測定機器

4.1 実証試験期間

実証試験期間の各項目について、表 4-1 に示す。

表 4-1 実証試験期間

項目	日程
試験設備の準備	平成 22 年 9 月 15 日～平成 22 年 9 月 16 日
試験実施	平成 22 年 9 月 17 日～平成 22 年 9 月 21 日
試験結果解析	平成 22 年 10 月 6 日～平成 22 年 10 月 26 日

4.2 実証試験設備の概要

実証試験に使用した試験設備は、サンポット株式会社本社工場内の試験設備である。実証試験設備の所在地を表 4-2 に示す。

表 4-2 実証試験設備の所在地

使用設備	サンポット株式会社 本社工場内試験設備
実施場所	サンポット株式会社 本社工場試験室
設備所在地	岩手県花巻市北湯口第 2 地割 1 番地 26

本実証試験に使用したサンポット株式会社所有の試験設備は、通常は出荷前の製品の検査や開発用の試作機の試験に用いており、いくつかのバルブを調整することによって熱媒の出入り口温度を任意に変化させて試験を行える設備である。

試験設備は主に表 4-3 に示す機器で構成されている。

表 4-3 実証試験設備の概要と構成

設置場所	実証試験設備を構成する主な機器
サンポット株式会社 本社工場 試験室内	・熱交換器：3 基 ・水タンク：2 基 ・循環ポンプ：2 基 ・測定機器

本社工場試験室の試験装置の写真を図 4-1（詳細版本編 17 ページ）に、概略図を図 4-2（詳細版本編 18 ページ）に示す。図 4-2 のように本試験装置は一次側と二次側の熱媒を熱交換し、また水道水と熱交換させること、さらに熱媒の流量をバルブでコントロールすることによって様々な温度条件で試験をエネルギーを節約して行うことが可能である。

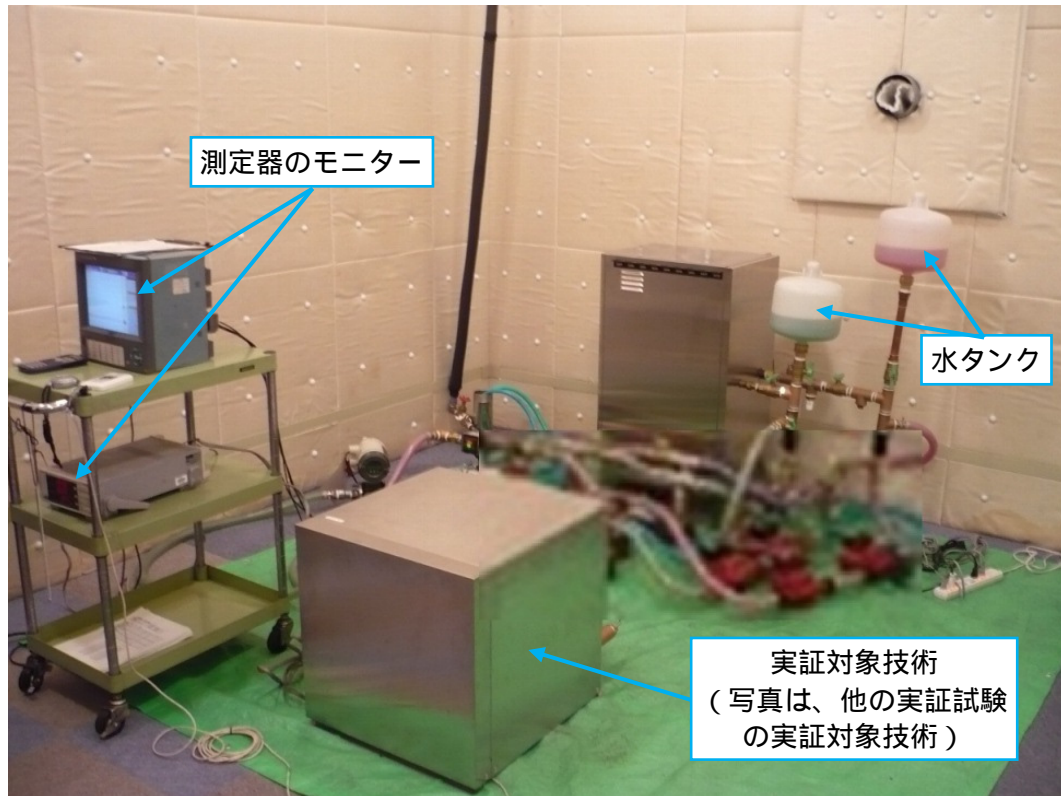
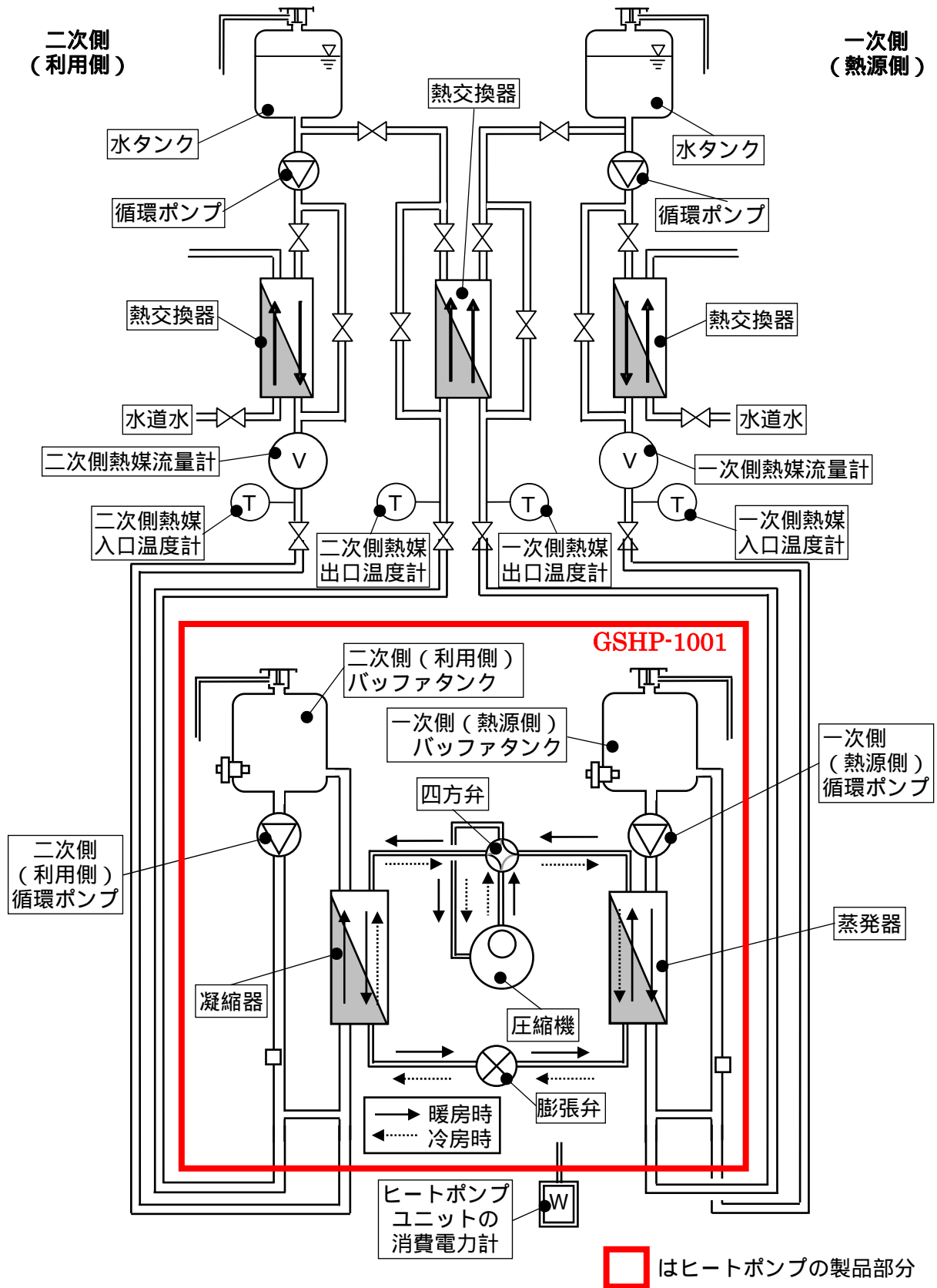


図 4-1 実証試験装置の写真



(図は暖房運転時の例である。冷房運転時には「蒸発器」は「凝縮器」に、「凝縮器」は「蒸発器」に、役割が入れ替わる。)

図 4-2 実証試験装置概略図 (赤枠内は、地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 を示す。)

4.3 測定機器

(1) 測定機器

本実証試験に使用した測定機器は表 4-3 のとおりである。本実証試験では、サンポット株式会社所有の試験設備を使用したため、そこに設置されている測定器もサンポット株式会社所有の測定器を使用した。そのため、それら測定器の較正内容を確認した。

測定器の較正は、サンポット株式会社の計測器管理規定により行っていることを確認した。

表 4-3 実証試験に用いた測定機器

測定項目	測定機器	製造事業者	製品型式	備考
温度	測温抵抗体	東邦電子株式会社	白金測温抵抗体	- 100 ~ 100 クラス A 精度 ± 0.15 (Pt100)
	ハイブリッドレコーダー	横河電機株式会社	DX230-3-1/M1	サンポット株式会社計測器管理規程：B 区分 最終較正日：2009.6（有効 24 ヶ月）
流量	一体型電磁流量計	横河電機株式会社	AE100S/200S	精度 $\pm 2.0\%$ サンポット株式会社計測器管理規程：B 区分 最終較正日：2009.1（有効 24 ヶ月）
電力量	電力計	横河電機株式会社	WT200	精度 $\pm 0.2\%$ サンポット株式会社計測器管理規程：A 区分 最終較正日：2009.9（有効 36 ヶ月）
不凍液濃度	不凍液用濃度計	アズワン株式会社		濃度測定精度 $\pm 0.4\%$

(2) 測定機器の較正

a. サンポット株式会社計測器管理規程

確認した結果、測定器類は較正・点検の対象により表 4-4 のようにサンポット株式会社内（社内）及びサンポット株式会社外（社外）等に区分し管理している。各測定機器の較正方法については次項に示し、測定器の較正基準器については表 4-5（詳細版本編 20 ページ）に示す。

表 4-4 サンポット株式会社の計測器管理規定

較正点検区分	較正・点検方法の内容
A	社外に精度較正を依頼する計測器類
B	社内で精度較正する計測器類
C	精度較正の対象としない計測器類

b. 較正方法

ハイブリッドレコーダー：較正点検区分 B

基準器であるコンパクトキャル CA100 を用い基準器の指示値に対するハイブリッドレコーダーの表示値が許容範囲内にあるかを確認する。許容範囲は、指示値に対し $\pm 0.15\%$ 以内である。

一体型電磁流量計：較正点検区分 B

基準器である基準電磁流量計と測定用電磁流量計を直列に接続し、基準器の指示値に対する測定器の流量計表示値が許容範囲内にあるかを確認する。許容範囲は、指示値に対し $\pm 2\%$ 以内である。基準電磁流量計は、社外較正機関にて較正をしている。

電力計：較正点検区分

電力計は社外較正機関にて較正をしている。

表 4-5 実証試験に用いた測定機器の較正基準器

測定項目	測定機器	製造事業者	型式	備考
温度	コンパクト キャル	横河電機 株式会社	CA100	サンポット株式会社計測器管理規程：A区分 最終較正日：2009年（有効36ヶ月）
流量	基準電磁流 量計	東芝株式 会社	LF400AAB	サンポット株式会社計測器管理規程：A区分 最終較正日：2009年7月（有効24ヶ月）

(3) 測定機器の精度の確認

本実証試験前に、以上の測定機器は、全て実証試験要領に定める精度の規定を満足していることを確認した。

5. 実証試験方法

5.1 実証試験要領の規定

実証試験要領 (第 2 版) に規定されている実証試験方法の概要は以下のとおりである。なお、ヒートポンプで作られた熱の利用形態は、ヒートポンプ内部を循環する冷媒自体を直接外部に取り出して利用する直膨式と、ヒートポンプ内部を循環する冷媒の熱をヒートポンプシステム (製品) 内部で熱媒に熱交換して外部に取り出して利用する間接式とがある。本実証対象技術は、間接式なので、冷房期間を想定した温度条件は間接式の場合として規定されたものを適用した。

以下に実証試験要領 (第 2 版) の規定を引用して示す。

表 5-1 冷房期間を想定した温度条件 (間接式の場合) * 1

	利用側 (二次側) 熱媒温度 ()		熱源側 (一次側) 熱媒温度 ()	
	入口水温	出口水温	入口水温	出口水温
温度条件 1	12±0.3	7±0.3	20±0.3	25±0.3
温度条件 2			25±0.3	30±0.3
温度条件 3			30±0.3	35±0.3

* 1 : 表中の公差は、試験中の温度変動許容差である。

なお、暖房期間を想定した場合の温度条件は、熱源側熱媒温度は地中熱を想定した値として、入口温度 15 / 出口温度 10 、 入口温度 10 / 出口温度 5 の 2 条件を必須とする。

(1) 測定点

$T_{2\text{次側-1}}$	: 二次側熱媒入口温度 [K]
$T_{2\text{次側-2}}$	: 二次側熱媒出口温度 [K]
$T_{1\text{次側}}$	: 一次側熱媒入口温度 [K]
$V_{2\text{次側}}$	: 二次側熱媒流量 [cm ³ /s]
$W_{\text{圧}}$	: 圧縮機の消費電力 [W]

(2) 実証項目の算出

$$\text{COP} = \frac{\text{ヒートポンプ生成熱量} \quad [W]}{\text{ヒートポンプ消費電力} \quad [W]}$$

$$\text{ヒートポンプ生成熱量} [W] = |T_{2\text{次側-1}} - T_{2\text{次側-2}}| \cdot V_{2\text{次側}} \cdot c \cdot \rho$$

$$\text{ヒートポンプ消費電力} [W] = W_{\text{圧}}$$

c : 熱媒の比熱 [J/g · K]

ρ : 熱媒の比重 [g/ cm³]

- 一次側熱媒入口温度 (T_3)、二次側熱媒出口温度 (T_2) をそれぞれパラメータとして 5 間隔で設定、上記式に従って設定温度ごとに COP を測定する。
- ヒートポンプ消費電力とは、ヒートポンプ自体の消費電力であり、一次、二次側熱媒の輸送ポンプの消費電力は含まない。

ここまでの、実証試験要領 (第 2 版) からの引用である。

5.2 本実証試験における試験方法

(1) 試験の温度条件

実証試験要領（第2版）に規定する表5-2及び表5-3の温度条件で試験を行った。

表5-2 冷房期間を想定した温度条件（間接式の場合）*1

【必須項目】	利用側（二次側）熱媒温度（ ）		熱源側（一次側）熱媒温度（ ）	
	入口	出口	入口	出口
温度条件1	12±0.3	7±0.3	20±0.3	25±0.3
温度条件2			25±0.3	30±0.3
温度条件3			30±0.3	35±0.3

表5-3 暖房期間を想定した温度条件（間接式の場合）*1

【任意項目】	利用側（二次側）熱媒温度（ ）		熱源側（一次側）熱媒温度（ ）	
	入口	出口	入口	出口
温度条件1	40±0.3	45±0.3	15±0.3	10±0.3
温度条件2			10±0.3	5±0.3

(2) 試験に使用した熱媒

実証試験要領（第2版）には、『冷房期間を想定した温度条件では「熱媒を水とする」、暖房期間を想定した温度条件では「熱媒の規定なし」と規定されている。それに対して、本実証対象技術（製品）は、一次側にはエチレングリコール、二次側にはプロピレングリコールを主成分とする不凍液を使用しており、指定の不凍液を使用するように注意書きをつけて販売している。そのため使用の実情に合わせた熱媒で試験をするほうが合理的と考え、熱媒は不凍液を使用して試験を実施した*2。

(3) 試験周波数

実証対象技術の地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001 の圧縮機運転の回転数は、定格周波数である 60Hz（3600rpm）で試験を行った。

(4) 試験手順

冷房運転・暖房運転の試験は共に試験設備の熱媒を循環させて、温度が試験の温度条件に合うように循環量をバルブで調整しながら、熱媒温度が安定したことを確認した後、測定を行った。

*1：表中の公差は、試験中の温度変動許容差である。

*2：熱媒の変更については、平成22年度環境技術実証事業実施要領第2部第7章3.（20ページ）に従った。

6. 実証試験結果

6.1 各温度条件における測定結果

(1) 冷房期間の温度条件 1 【必須項目】

表 5-2 (詳細版本編 22 ページ) に示した冷房期間の温度条件 1 での測定結果を表 6-1 に、測定時の測定器モニターの指示の写真を図 6-1 (詳細版本編 24 ページ) に、そして各部水温の安定確認のグラフを図 6-2 (詳細版本編 25 ページ) に示す。

表 6-1 冷房期間の温度条件 1 の試験結果整理

試験年月日	9 月 17 日		冷房期間を想定した 温度条件 1	一次側（熱源側） 熱媒温度（ ）		入口温度	20 ± 0.3
試験機種名	GSHP-1001			二次側（利用側） 熱媒温度（ ）		出口温度	25 ± 0.3
						入口温度	12 ± 0.3
						出口温度	7 ± 0.3

温度安定後の経過時間			5分	10分	15分	平均	備考	
圧縮機回転数			r.p.m	3600	3600	3600	3600	
一次側（熱源側） 熱媒温度	① 入口温度	℃	20.3	20.3	20.3			
	② 出口温度	℃	25.2	25.2	25.2			
③ 温度差			deg	4.9	4.9	4.9	②-①	
④ 平均温度			℃	22.8	22.8	22.8	(①+②) ÷ 2	
⑤ 一次側（熱源側）流量			L/min	25.80	25.80	25.50		
一次側（熱源側） 熱媒密度 (EG濃度20%)	⑥ 入口	g/cm ³	1.035	1.035	1.035			
	⑦ 出口	g/cm ³	1.033	1.033	1.033			
一次側（熱源側） 熱媒比熱 (EG濃度20%)	⑧ 入口	kcal/kg・℃	0.927	0.927	0.927			
	⑨ 出口	kcal/kg・℃	0.930	0.930	0.930			
	⑩ 平均	kcal/kg・℃	0.928	0.928	0.928			
⑪ 地中への排熱量			kW	8.5	8.5	8.4	8.4	⑩ × ⑤ × ⑥ × ③ × 4.186 ÷ 60
二次側（利用側） 熱媒温度	⑫ 入口温度	℃	12.2	12.2	12.2			
	⑬ 出口温度	℃	7.3	7.3	7.3			
⑭ 温度差			deg	4.9	4.9	4.9	⑫-⑬	
⑮ 平均温度			℃	9.8	9.8	9.8	(⑫+⑬) ÷ 2	
⑯ 二次側（利用側）熱媒流量			L/min	20.60	20.59	20.60		
二次側（利用側） 熱媒密度 (PG濃度40%)	⑰ 入口	g/cm ³	1.048	1.048	1.048			
	⑱ 出口	g/cm ³	1.051	1.051	1.051			
二次側（利用側） 熱媒比熱 (PG濃度40%)	⑲ 入口	kcal/kg・℃	0.876	0.876	0.876			
	⑳ 出口	kcal/kg・℃	0.874	0.874	0.874			
	A 平均	kcal/kg・℃	0.875	0.875	0.875			
B ヒートポンプの生成熱量			kW	6.5	6.5	6.5	6.5	A × ⑰ × ⑱ × ⑭ × 4.186 ÷ 60
入力電圧			V	211.2	211.0	212.6		
入力電流			A	8.11	8.16	8.10		
C ヒートポンプユニットの消費電力			kW	1.56	1.57	1.57		
D 全循環ポンプの消費電力			kW	0.228	0.228	0.228		
E 二次側循環ポンプの消費電力			kW	0.085	0.085	0.085		
F 圧縮機の消費電力			kW	1.33	1.34	1.34		C-D
COP			-	4.9	4.8	4.8	4.8	B ÷ F
SCOP			-	4.4	4.4	4.4	4.4	B ÷ (C-E)

* 熱媒の EG はエチレングリコール、PG はプロピレングリコールである。また、熱量への換算には、「15 度カロリー」の「1cal = 4.186J の換算値」を用いた。

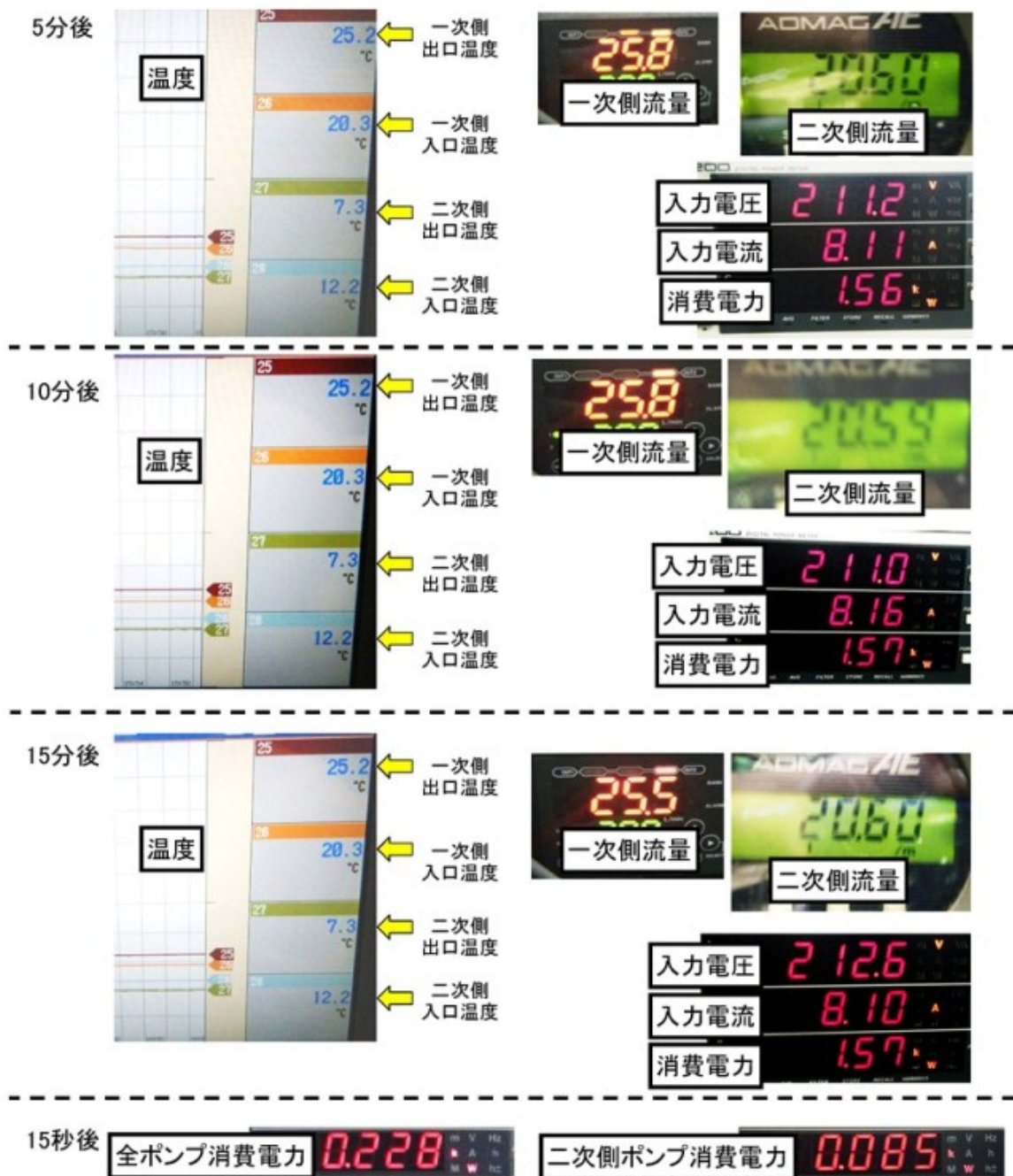


図 6-1 測定器モニターの指示の写真 (冷房期間の温度条件 1)

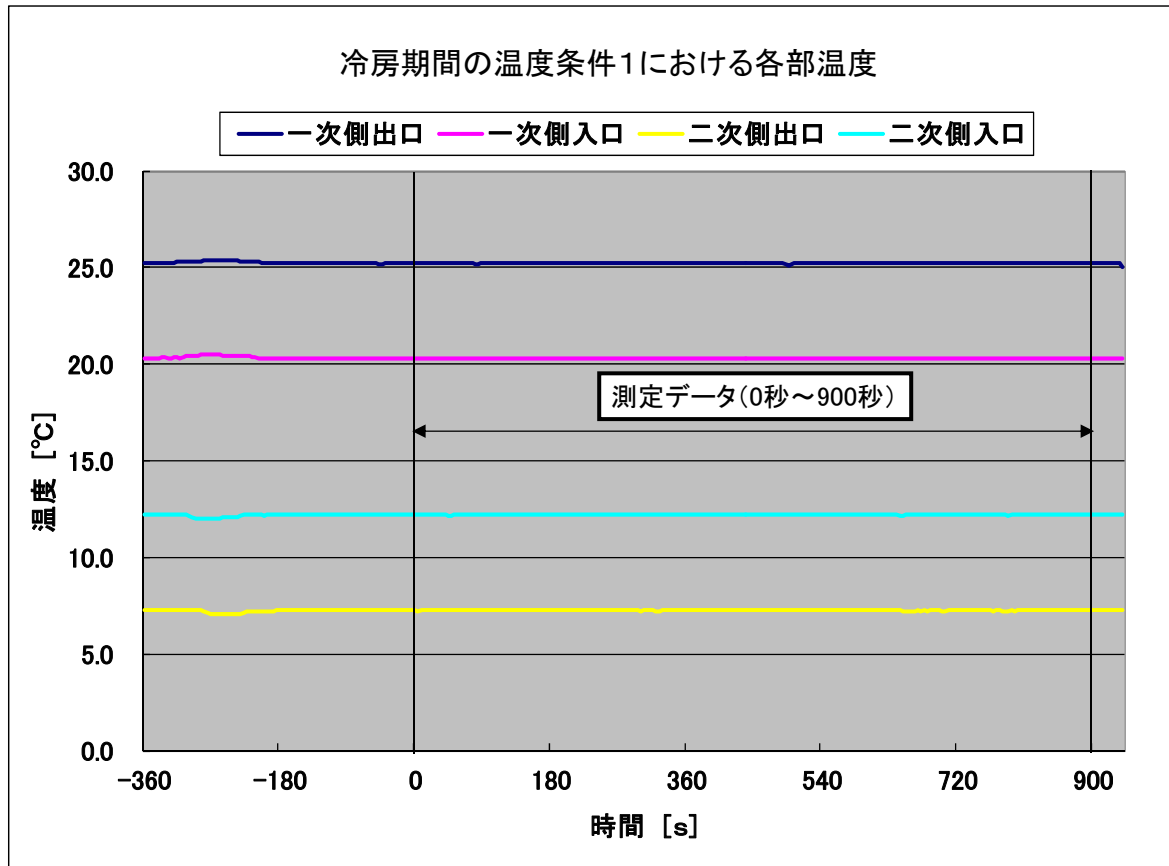


図 6-2 各部水温の安定確認 (冷房期間の温度条件 1)

(2) 冷房期間の温度条件 2 【必須項目】

表 5-2 (詳細版本編 22 ページ) に示した冷房期間の温度条件 2 での測定結果を表 6-2 に、測定時の測定器モニターの指示の写真を図 6-3 (詳細版本編 27 ページ) に、そして各部水温の安定確認のグラフを図 6-4 (詳細版本編 28 ページ) に示す。

表 6-2 冷房期間の温度条件 2 の試験結果整理

試験年月日	9 月 17 日	冷房期間を想定した 温度条件 2	一次側（熱源側） 熱媒温度（ ）		入口温度	25 ± 0.3
試験機種名	GSHP-1001		二次側（利用側） 熱媒温度（ ）		出口温度	30 ± 0.3
					入口温度	12 ± 0.3
				出口温度	7 ± 0.3	

温度安定後の経過時間			5分	10分	15分	平均	備考	
圧縮機回転数			r.p.m	3600	3600	3600	3600	
一次側（熱源側） 熱媒温度	① 入口温度	℃	24.9	24.9	24.9			
	② 出口温度	℃	30.0	29.9	29.9			
③ 温度差			deg	5.1	5.0	5.0		②－①
④ 平均温度			℃	27.5	27.4	27.4		(①+②) ÷ 2
⑤ 一次側（熱源側）流量			L／min	25.80	25.90	25.90		
一次側（熱源側） 熱媒密度 (EG濃度20%)	⑥ 入口	g/cm ³	1.033	1.033	1.033			
	⑦ 出口	g/cm ³	1.031	1.031	1.031			
一次側（熱源側） 熱媒比熱 (EG濃度20%)	⑧ 入口	kcal/kg・℃	0.929	0.929	0.929			
	⑨ 出口	kcal/kg・℃	0.932	0.932	0.932			
	⑩ 平均	kcal/kg・℃	0.931	0.931	0.931			
⑪ 地中への排熱量			kW	8.8	8.7	8.7	8.7	⑩×⑤×⑥×③×4.186÷60
二次側（利用側） 熱媒温度	⑫ 入口温度	℃	12.1	12.2	12.1			
	⑬ 出口温度	℃	7.0	7.0	7.0			
⑭ 温度差			deg	5.1	5.2	5.1		⑫－⑬
⑮ 平均温度			℃	9.6	9.6	9.6		(⑫+⑬) ÷ 2
⑯ 二次側（利用側）熱媒流量			L／min	20.12	20.08	20.14		
二次側（利用側） 熱媒密度 (PG濃度40%)	⑰ 入口	g/cm ³	1.048	1.048	1.048			
	⑱ 出口	g/cm ³	1.051	1.051	1.051			
二次側（利用側） 熱媒比熱 (PG濃度40%)	⑲ 入口	kcal/kg・℃	0.876	0.876	0.876			
	⑳ 出口	kcal/kg・℃	0.874	0.874	0.874			
	A 平均	kcal/kg・℃	0.875	0.875	0.875			
B ヒートポンプの生成熱量			kW	6.6	6.7	6.6	6.6	A×⑰×⑱×⑭×4.186÷60
入力電圧			V	212.9	212.3	211.4		
入力電流			A	8.69	8.70	8.74		
C ヒートポンプユニットの消費電力			kW	1.70	1.70	1.70		
D 全循環ポンプの消費電力			kW	0.228	0.228	0.228		
E 二次側循環ポンプの消費電力			kW	0.085	0.085	0.085		
F 圧縮機の消費電力			kW	1.47	1.47	1.47		C-D
COP			-	4.5	4.6	4.5	4.5	B÷F
SCOP			-	4.1	4.1	4.1	4.1	B÷(C-E)

* 熱媒の EG はエチレングリコール、PG はプロピレングリコールである。また、熱量への換算には、「15 度カロリー」の「1cal = 4.186J の換算値」を用いた。

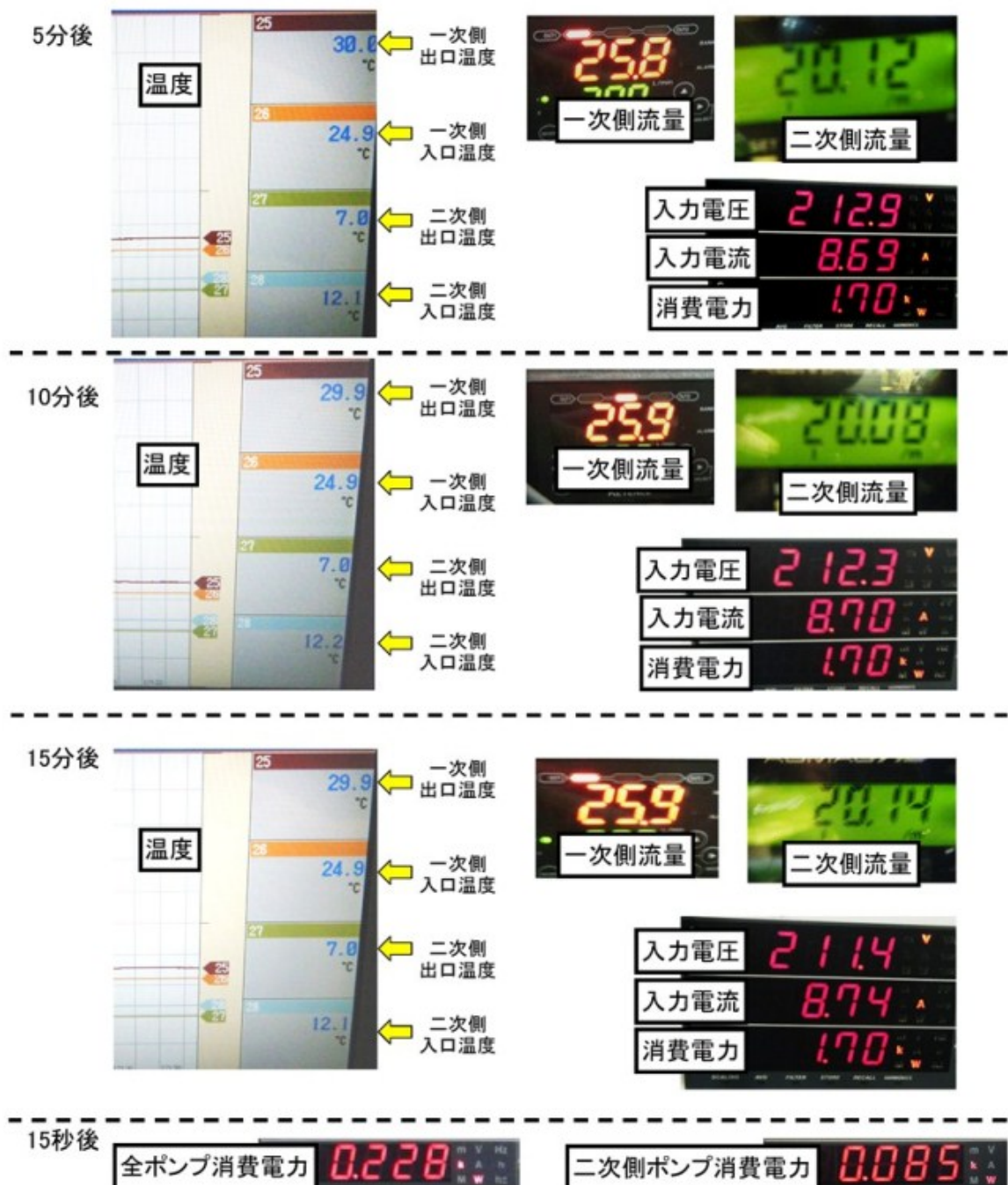


図 6-3 測定器モニターの指示の写真 (冷房期間の温度条件 2)

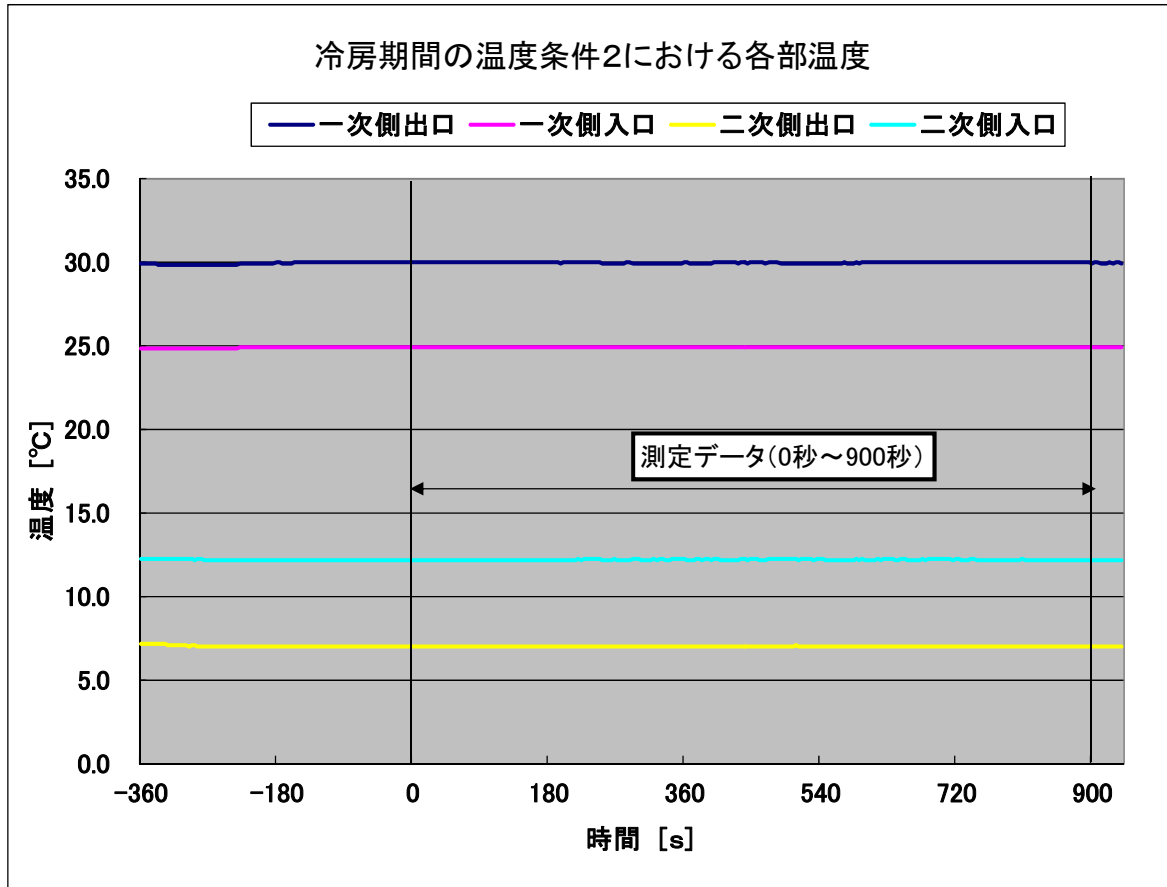


図 6-4 各部水温の安定確認 (冷房期間の温度条件 2)

(3) 冷房期間の温度条件 3【必須項目】

表 5-2 (詳細版本編 22 ページ) に示した冷房期間の温度条件 3 での測定結果を表 6-3 に、測定時の測定器モニターの指示の写真を図 6-5 (詳細版本編 30 ページ) に、そして各部水温の安定確認のグラフを図 6-6 (詳細版本編 31 ページ) に示す。

表 6-3 冷房期間の温度条件 3 の試験結果整理

試験年月日	9 月 21 日		冷房期間を想定した 温度条件 3	一次側（熱源側） 熱媒温度（ ）		入口温度	30 ± 0.3
試験機種名	GSHP-1001			二次側（利用側） 熱媒温度（ ）		出口温度	35 ± 0.3
						入口温度	12 ± 0.3
						出口温度	7 ± 0.3

温度安定後の経過時間			5分	10分	15分	平均	備考	
圧縮機回転数			r.p.m	3600	3600	3600	3600	
一次側（熱源側） 熱媒温度	① 入口温度	℃	30.2	30.2	30.2			
	② 出口温度	℃	35.1	35.1	35.1			
③ 温度差			deg	4.9	4.9	4.9	②-①	
④ 平均温度			℃	32.7	32.7	32.7	(①+②) ÷ 2	
⑤ 一次側（熱源側）流量			L/min	25.50	25.50	25.50		
一次側（熱源側） 熱媒密度 (EG濃度20%)	⑥ 入口	g/cm ³	1.031	1.031	1.031			
	⑦ 出口	g/cm ³	1.029	1.029	1.029			
一次側（熱源側） 熱媒比熱 (EG濃度20%)	⑧ 入口	kcal/kg・℃	0.932	0.932	0.932			
	⑨ 出口	kcal/kg・℃	0.935	0.935	0.935			
	⑩ 平均	kcal/kg・℃	0.934	0.934	0.934			
⑪ 地中への排熱量			kW	8.4	8.4	8.4	8.4	⑩ × ⑤ × ⑥ × ③ × 4.186 ÷ 60
二次側（利用側） 熱媒温度	⑫ 入口温度	℃	11.8	11.9	11.8			
	⑬ 出口温度	℃	7.0	7.0	7.0			
⑭ 温度差			deg	4.8	4.9	4.8	⑫-⑬	
⑮ 平均温度			℃	9.4	9.5	9.4	(⑫+⑬) ÷ 2	
⑯ 二次側（利用側）熱媒流量			L/min	19.59	19.58	19.57		
二次側（利用側） 熱媒密度 (PG濃度40%)	⑰ 入口	g/cm ³	1.049	1.048	1.049			
	⑱ 出口	g/cm ³	1.051	1.051	1.051			
二次側（利用側） 熱媒比熱 (PG濃度40%)	⑲ 入口	kcal/kg・℃	0.876	0.876	0.876			
	⑳ 出口	kcal/kg・℃	0.874	0.874	0.874			
	A 平均	kcal/kg・℃	0.875	0.875	0.875			
B ヒートポンプの生成熱量			kW	6.0	6.2	6.0	6.1	A × ⑯ × ⑱ × ⑭ × 4.186 ÷ 60
入力電圧			V	209.6	208.6	209.0		
入力電流			A	9.37	9.39	9.38		
C ヒートポンプユニットの消費電力			kW	1.83	1.83	1.83		
D 全循環ポンプの消費電力			kW	0.228	0.228	0.228		
E 二次側循環ポンプの消費電力			kW	0.085	0.085	0.085		
F 圧縮機の消費電力			kW	1.60	1.60	1.60		C-D
COP			-	3.8	3.8	3.8	3.8	B ÷ F
SCOP			-	3.5	3.5	3.5	3.5	B ÷ (C-E)

* 熱媒の EG はエチレングリコール、PG はプロピレングリコールである。また、熱量への換算には、「15 度カロリー」の「1cal = 4.186J の換算値」を用いた。

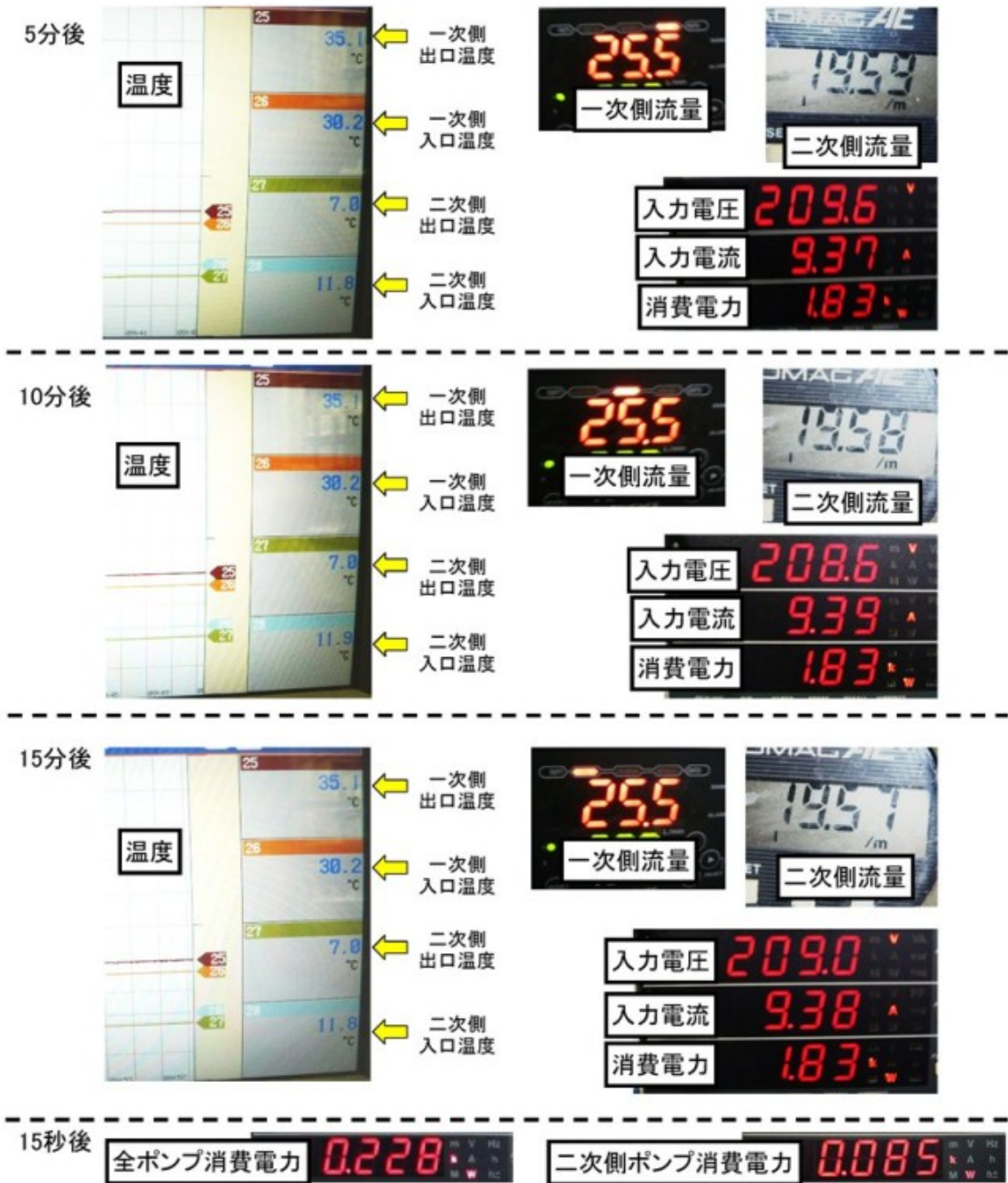


図 6-5 測定器モニターの指示の写真 (冷房期間の温度条件 3)

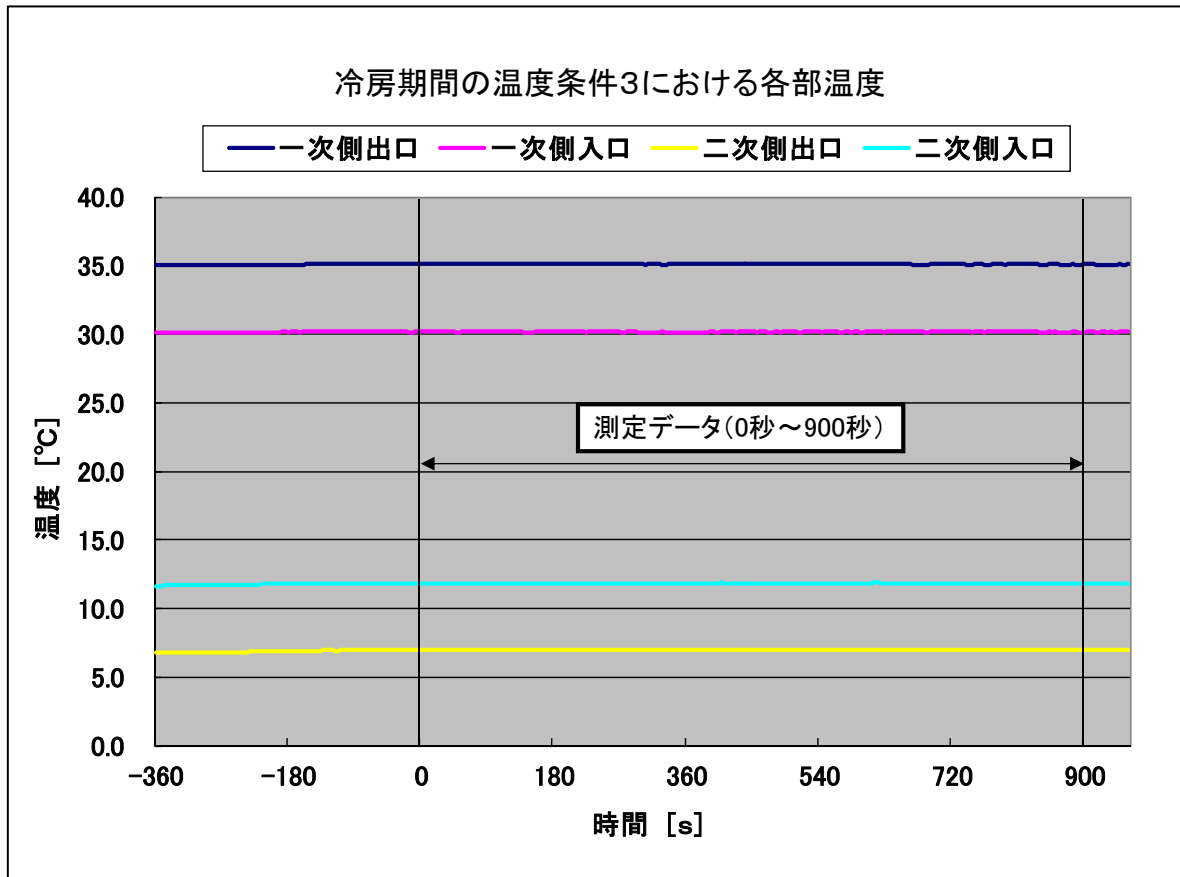


図 6-6 各部水温の安定確認 (冷房期間の温度条件 3)

(4) 暖房期間の温度条件 1 【任意項目】

表 5-3 (詳細版本編 22 ページ) に示した暖房期間の温度条件 1 での測定結果を表 6-4 に、測定時の測定器モニターの指示の写真を図 6-7 (詳細版本編 33 ページ) に、そして各部水温の安定確認のグラフを図 6-8 (詳細版本編 34 ページ) に示す。

表 6-4 暖房期間の温度条件 1 の試験結果整理

試験年月日	9 月 17 日		暖房期間を想定した 温度条件 1	一次側（熱源側） 熱媒温度（ ）		入口温度	15±0.3	
試験機種名	GSHP-1001			二次側（利用側） 熱媒温度（ ）		出口温度	10±0.3	
						入口温度	40±0.3	
						出口温度	45±0.3	
温度安定後の経過時間			5分	10分	15分	平均	備考	
圧縮機回転数			r.p.m	3600	3600	3600	3600	
一次側（熱源側） 熱媒温度	① 入口温度	℃	14.8	15.2	14.7			
	② 出口温度	℃	10	10.3	9.9			
③ 温度差			deg	4.8	4.9	4.8		②-①
④ 平均温度			℃	12.4	12.8	12.3		(①+②)÷2
⑤ 一次側（熱源側）流量			L/min	20.50	20.20	20.50		
一次側（熱源側） 熱媒密度 （EG濃度20%）	⑥ 入口	g/cm ³	1.036	1.036	1.036			
	⑦ 出口	g/cm ³	1.038	1.038	1.038			
一次側（熱源側） 熱媒比熱 （EG濃度20%）	⑧ 入口	kcal/kg・℃	0.924	0.924	0.924			
	⑨ 出口	kcal/kg・℃	0.921	0.921	0.921			
	⑩ 平均	kcal/kg・℃	0.922	0.922	0.922			
⑪ 地中からの採熱量			kW	6.6	6.6	6.6	6.6	⑩×⑤×⑥×③×4.186÷60
二次側（利用側） 熱媒温度	⑫ 入口温度	℃	39.8	40.1	39.8			
	⑬ 出口温度	℃	44.9	45.2	44.9			
⑭ 温度差			deg	5.1	5.1	5.1		⑬-⑫
⑮ 平均温度			℃	42.4	42.7	42.4		(⑫+⑬)÷2
⑯ 二次側（利用側）熱媒流量			L/min	27.23	27.12	27.06		
二次側（利用側） 熱媒密度 （PG濃度40%）	⑰ 入口	g/cm ³	1.033	1.032	1.033			
	⑱ 出口	g/cm ³	1.029	1.029	1.029			
二次側（利用側） 熱媒比熱 （PG濃度40%）	⑲ 入口	kcal/kg・℃	0.890	0.890	0.890			
	⑳ 出口	kcal/kg・℃	0.893	0.894	0.893			
	A 平均	kcal/kg・℃	0.892	0.892	0.892			
B ヒートポンプの生成熱量			kW	8.9	8.9	8.8	8.9	A×⑱×⑲×⑭×4.186÷60
入力電圧			V	209.9	208.0	207.1		
入力電流			A	11.05	11.16	11.15		
C ヒートポンプユニットの消費電力			kW	2.20	2.21	2.20		
D 全循環ポンプの消費電力			kW	0.228	0.228	0.228		
E 二次側循環ポンプの消費電力			kW	0.085	0.085	0.085		
F 圧縮機の消費電力			kW	1.97	1.98	1.97		C-D
COP			-	4.5	4.5	4.5	4.5	B÷F
SCOP			-	4.2	4.2	4.2	4.2	B÷(C-E)

* 熱媒の EG はエチレングリコール、PG はプロピレングリコールである。また、熱量への換算には、「15 度カロリー」の「1cal = 4.186J の換算値」を用いた。

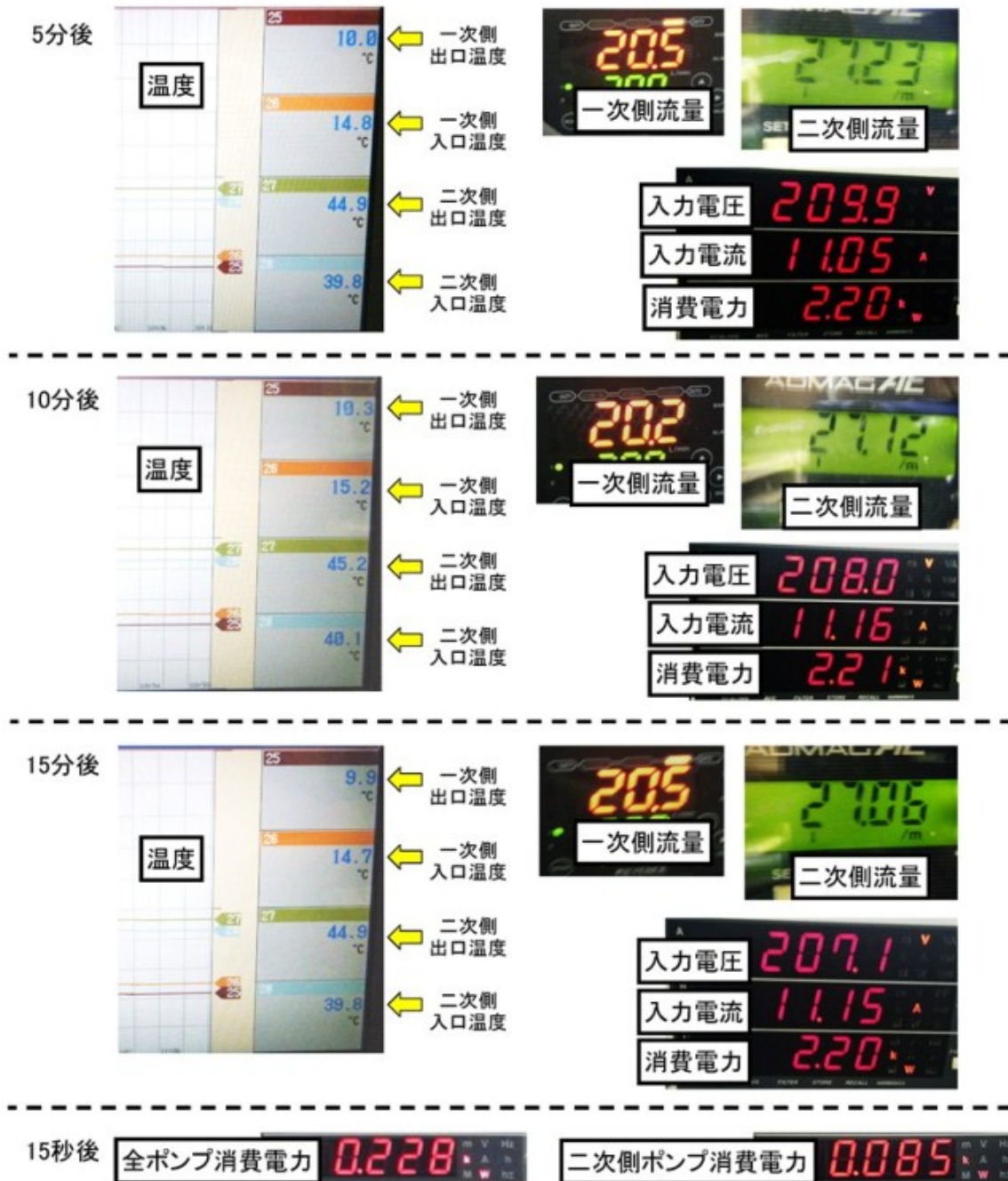


図 6-7 測定器モニターの指示の写真 (暖房期間の温度条件 1)

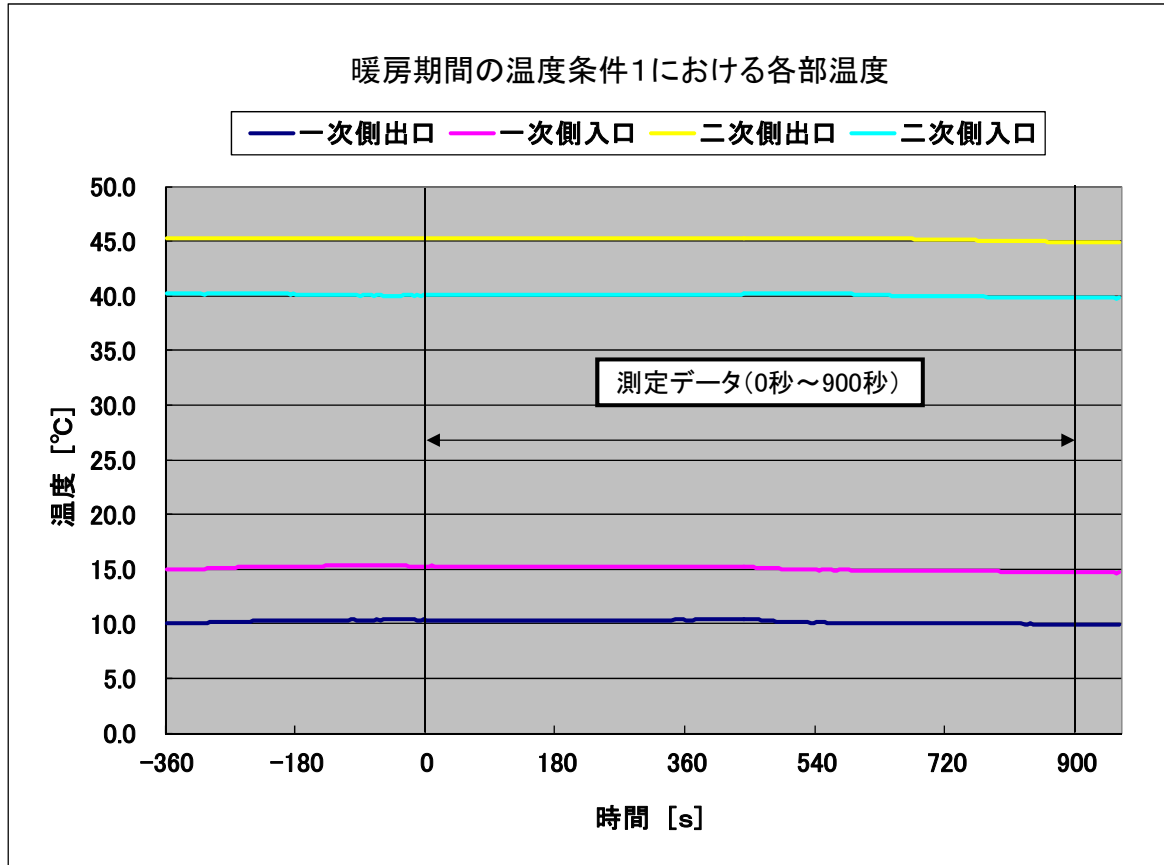


図 6-8 各部水温の安定確認 (暖房期間の温度条件 1)

(5) 暖房期間の温度条件 2 【任意項目】

表 5-3 (詳細版本編 22 ページ) に示した暖房期間の温度条件 2 での測定結果を表 6-5 に、測定時の測定器モニターの指示の写真を図 6-9 (詳細版本編 36 ページ) に、そして各部水温の安定確認のグラフを図 6-10 (詳細版本編 37 ページ) に示す。

表 6-5 暖房期間の温度条件 2 の試験結果整理

試験年月日	9 月 17 日		暖房期間を想定した 温度条件 2	一次側（熱源側） 熱媒温度（ ）		入口温度	10±0.3
試験機種名	GSHP-1001			二次側（利用側） 熱媒温度（ ）	出口温度	5±0.3	
					入口温度	40±0.3	
				出口温度	45±0.3		

温度安定後の経過時間			5分	10分	15分	平均	備考	
圧縮機回転数			r.p.m	3600	3600	3600		
一次側（熱源側） 熱媒温度	① 入口温度	℃	10.1	10.2	10.2			
	② 出口温度	℃	5.0	5.1	5.1			
③ 温度差			deg	5.1	5.1	5.1	②-①	
④ 平均温度			℃	7.6	7.7	7.7	(①+②)÷2	
⑤ 一次側（熱源側）流量			L／min	16.10	16.30	16.50		
一次側（熱源側） 熱媒密度 （EG濃度20%）	⑥ 入口	g/cm ³	1.038	1.038	1.038			
	⑦ 出口	g/cm ³	1.039	1.039	1.039			
一次側（熱源側） 熱媒比熱 （EG濃度20%）	⑧ 入口	kcal/kg・℃	0.921	0.921	0.921			
	⑨ 出口	kcal/kg・℃	0.918	0.918	0.918			
	⑩ 平均	kcal/kg・℃	0.919	0.919	0.919			
⑪ 地中からの採熱量			kW	5.5	5.5	5.6	5.5	⑩×⑤×⑥×③×4.186÷60
二次側（利用側） 熱媒温度	⑫ 入口温度	℃	39.7	40	39.9			
	⑬ 出口温度	℃	45.0	45.3	45.2			
⑭ 温度差			deg	5.3	5.3	5.3		⑬-⑫
⑮ 平均温度			℃	42.4	42.7	42.6		(⑫+⑬)÷2
⑯ 二次側（利用側）熱媒流量			L／min	22.95	22.99	22.98		
二次側（利用側） 熱媒密度 （PG濃度40%）	⑰ 入口	g/cm ³	1.033	1.033	1.033			
	⑱ 出口	g/cm ³	1.029	1.029	1.029			
二次側（利用側） 熱媒比熱 （PG濃度40%）	⑲ 入口	kcal/kg・℃	0.890	0.890	0.890			
	⑳ 出口	kcal/kg・℃	0.893	0.894	0.894			
	A 平均	kcal/kg・℃	0.892	0.892	0.892			
B ヒートポンプの生成熱量			kW	7.8	7.8	7.8	7.8	A×⑰×⑱×⑭×4.186÷60
入力電圧			V	208.6	208.5	207.9		
入力電流			A	10.96	10.99	10.99		
C ヒートポンプユニットの消費電力			kW	2.17	2.18	2.17		
D 全循環ポンプの消費電力			kW	0.228	0.228	0.228		
E 二次側循環ポンプの消費電力			kW	0.085	0.085	0.085		
F 圧縮機の消費電力			kW	1.94	1.95	1.94		C-D
COP			-	4.0	4.0	4.0	4.0	B÷F
SCOP			-	3.7	3.7	3.7	3.7	B÷(C-E)

* 熱媒の EG はエチレングリコール、PG はプロピレングリコールである。また、熱量への換算には、「15 度カロリー」の「1cal = 4.186J の換算値」を用いた。

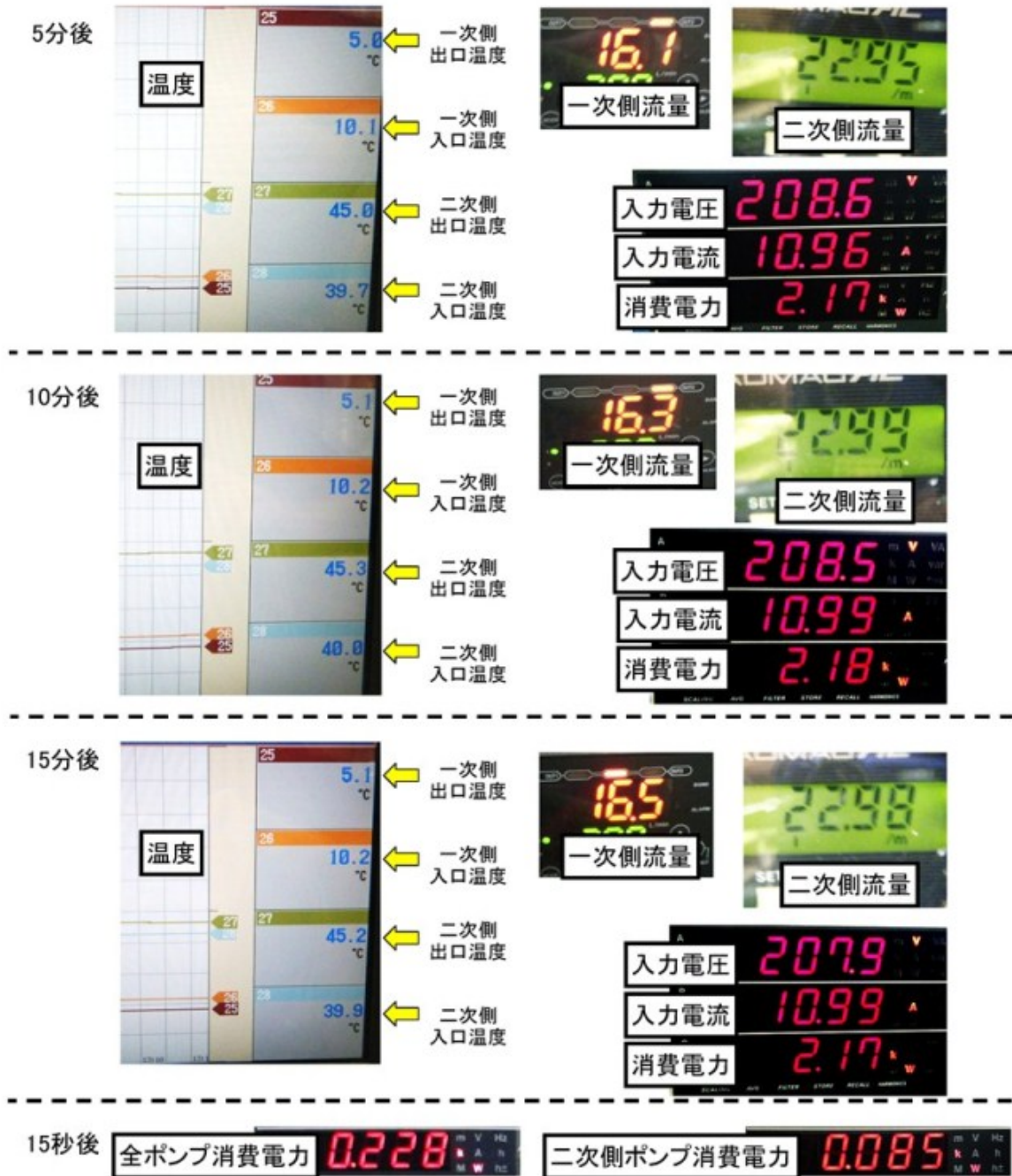


図 6-9 測定器モニターの指示の写真 (暖房期間の温度条件 2)

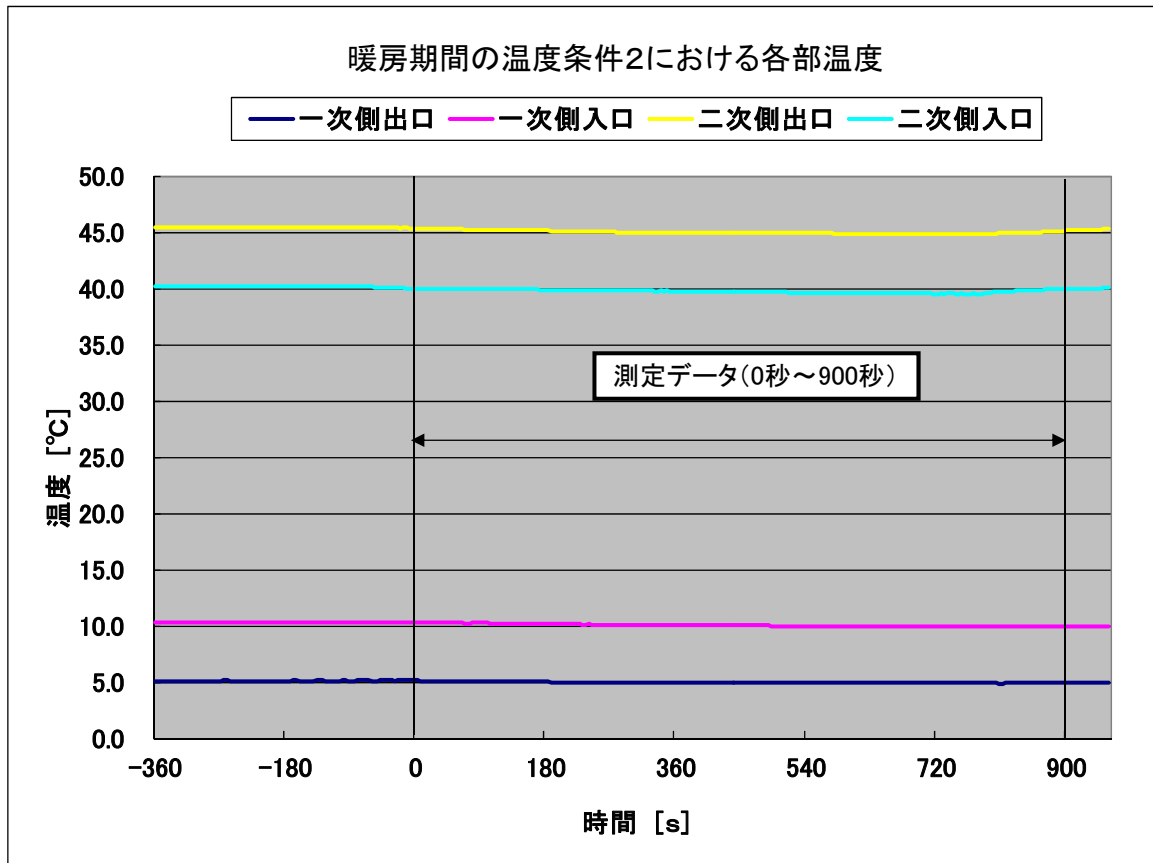


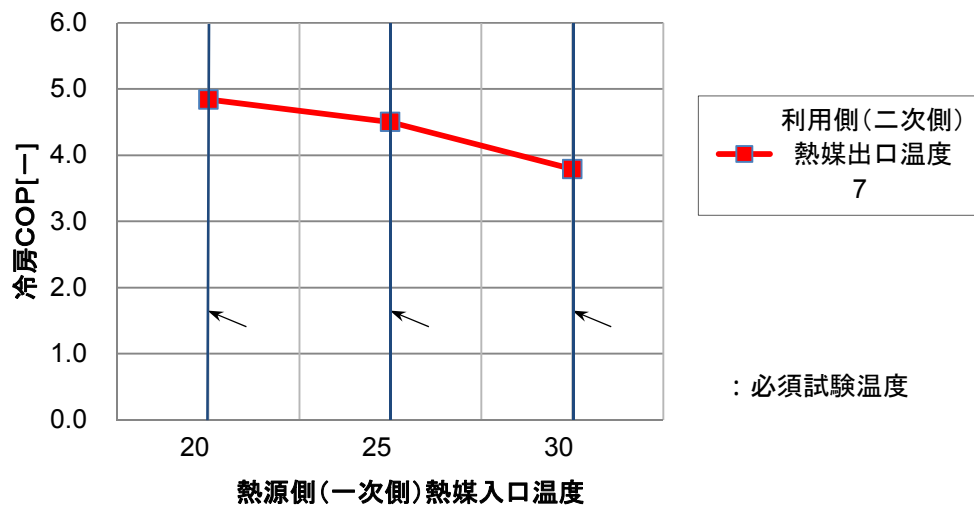
図 6-10 各部水温の安定確認 (暖房期間の温度条件 2)

6.2 実証項目の試験結果まとめ

表 6-1 (詳細版本編 23 ページ) ~ 表 6-5 (詳細版本編 35 ページ) に示した各温度条件における測定結果をまとめ、実証項目を求めた。そして、実証項目の必須項目である冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP) を表 6-6 及び図 6-11 に示す。また、同様に実証項目の任意項目である暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (暖房 COP) を表 6-7 及び図 6-12 (詳細版本編 39 ページ) に示す。

表 6-6 【必須項目】冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP) *¹

冷房 COP [—]		熱源側 (一次側) 熱媒* ² 入口温度		
		20	25	30
利用側 (二次側) 熱媒* ² 出口温度	7	4.8	4.5	3.8



図

6-11

【必須項目】冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP)

*¹ : 各温度条件で 3 回測定した平均値。

*² : 熱媒は、熱源側 (一次側) はエチレングリコール 20%希釈液、利用側 (二次側) はプロピレングリコール 40%希釈液。

表 6-7 【任意項目】暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (暖房 COP) *¹

暖房 COP [—]		熱源側 (一次側) 熱媒* ² 入口温度	
		10	15
利用側 (二次側) 熱媒* ² 出口温度	45	4.0	4.5

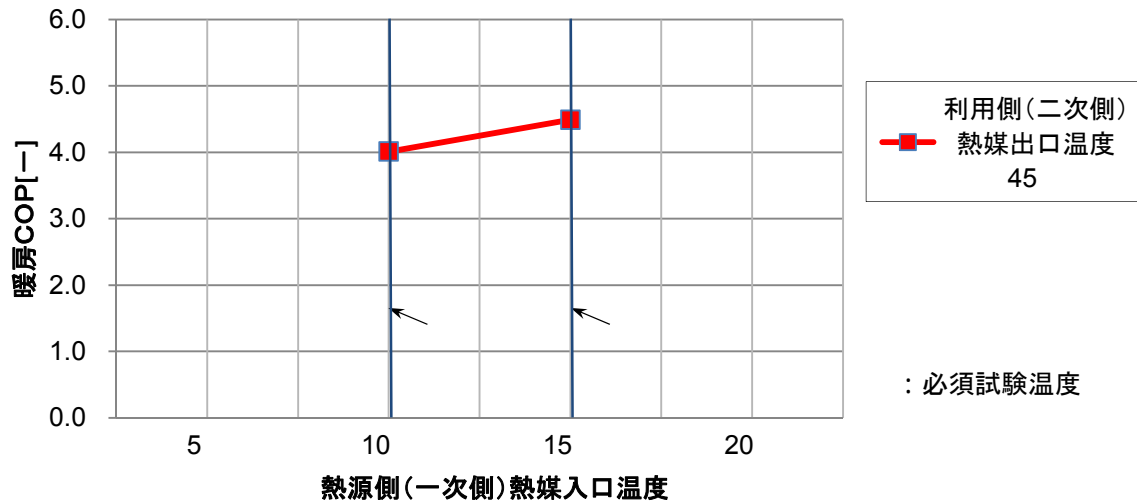


図 6-12 【任意項目】暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (暖房 COP)

*¹ : 各温度条件で 3 回測定した平均値。

*² : 熱媒は、熱源側 (一次側) はエチレングリコール 20%希釈液、利用側 (二次側) はプロピレングリコール 40%希釈液を使用。

7. 考察

表 6-1 (詳細版本編 23 ページ) ~ 表 6-5 (詳細版本編 35 ページ) の最下欄にシステムエネルギー効率 (SCOP) の値が示されている。本実証試験では熱媒として不凍液 (ブライン) を使用しているが、実証試験要領に規定されているとおり熱媒を水にした場合には、もう少し高いシステムエネルギー効率 (SCOP) が得られるものと考えられる。その理由は以下のとおりである。

本実証対象技術のシステムエネルギー効率 (SCOP) は次の式で求めている。なお、この式は、表 6-1 (詳細版本編 23 ページ) ~ 表 6-5 (詳細版本編 35 ページ) の最下欄の備考欄にも記載している。

システムエネルギー効率 (SCOP)

$$= \frac{(\text{ヒートポンプの生成熱量})}{(\text{ヒートポンプユニットの消費電力}) - (\text{二次側熱媒循環ポンプの消費電力})}$$

この式は、実証対象技術の内部に組み込まれているヒートポンプと一次側 (熱源側) 熱媒循環ポンプの合計の消費電力によって、どれだけのヒートポンプの生成熱量が得られるか、を示している。

ここで、熱媒循環ポンプの消費電力に着目すると、熱媒が水の場合よりも不凍液 (ブライン) の場合のほうが多くの電力を消費することとなる。その理由は不凍液のほうが水よりも体積比熱が低いいため同じ熱量を運ぶためには水よりも多くの流量が必要となること、及び不凍液のほうが水よりも粘性が高いため同じ流量の熱媒を運ぶためには多くのポンプ動力が必要なことによる。

ただし、不凍液を使用する場合の SCOP が水の場合よりも低くなる程度は、温度などの条件によって異なるが、通常使用する温度範囲では約 1 割未満低くなる程度である。

なお、本実証対象技術は、5.5.2 (2) (詳細版本編 22 ページ) に記載したとおり、実際に使用するときにも不凍液を使用することとなっているので、この実証試験で得られたシステムエネルギー効率 (SCOP) は本ヒートポンプシステムの利用の実情に合った値である。

8．実証試験の品質管理・監査

8.1 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。

(1) 品質管理の方法

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

(2) 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（詳細版本編 43 ページ）に示す。

表 8-1 実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）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	松永烈

8.2 実証試験とデータの品質管理

本実証試験は、実証申請者（サンポット株式会社）の本社工場試験設備を使用し実施したが、その状況下で公平性・公正性を保ち実証試験を実施するための品質管理は、次のとおりに行った。

本実証試験を実証申請者の本社工場試験設備を使用し実施した理由は、本実証対象技術である地中熱・下水等専用ヒートポンプの試験では、専門の試験装置とそれを扱うオペレーター技師が必要であるが、第三者実証の担保を確保しながら実証試験費用を適切にするために実証機関では試験設備及びオペレーター技師を準備していないからである。従って、第三者実証を担保する要件を以下のように設定した。

- 1) 実証申請者の試験能力や信頼性を確認する。
- 2) 試験にあたっては、実証試験計画書に沿って試験をしているかどうかを確認する。
- 3) 実証試験には実証機関担当者が実証試験実施場所に立ち会い、得られた測定データの確認をすることで、品質の確保をする。
- 4) 実証試験データの品質管理については、事前書類及び実証試験実施場所に実証機関が立ち会い、実証申請者と共に、試験設備、測定機器及びその精度、熱媒の物性データの測定方法、試験条件等の確認を行い、実証申請者で通常業務で行われている高い精度の品質管理を忠実に実行することを確認する。

なお、実証試験実施場所を、実証申請者（サンポット株式会社）の本社工場試験設備を使用しても、実施できると判断した理由は、次のとおりである。

- イ) 実証申請者（サンポット工業株式会社）は、永年、地中熱用のヒートポンプを開発・製造・販売し、運転を行っている実績を有し、十分な技術力を有している。
- ロ) 実証申請者（サンポット株式会社）の技術管理及び品質管理^{*1}が、確立されている。

^{*1}：同社は以下の資格を有している。

- ・ISO9001 品質マネジメントシステム審査登録（初回認証 1999.3.2）JHIA-Q011
- ・ISO14001 環境マネジメントシステム審査登録（初回認証 2001.5.28）JHIA-E006
- ・国土交通大臣許可 一般建設業の許可（般 - 17）第 16452 号

更に、測定機器の品質管理については、実証申請者の社内規定の「サンポット株式会社計測器管理規程」により測定機器においても較正区分、較正・点検方法の内容が規定されている。詳細は、4.4.3 測定機器（詳細版本編 19 ページ～20 ページ参照。）

実証単位（Ｂ）地中熱・下水等専用ヒートポンプ（H22）
地中熱ヒートポンプユニット GSHP-1001
サンポット株式会社

以上から、実証機関が立ち会い、第三者実証を担保する要件１）～４）及びイ）～ロ）を満たすことにより、実証試験の公平性及び公正性を保つことができると判断した。また、このことについては、環境省及び技術実証委員会の了承を得た。

8.3 実証試験の立会い

実証試験の立会・確認は、平成 22 年 9 月 29 日から 10 月 1 日に実証試験期間にあわせて行った。実証試験での実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）の立会・確認者を表 8-2 に示す。

表 8-2 実証試験での実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）の立会・確認者

	品質管理担当	実証機関での役職	氏名
実証試験の 立会・確認者	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎真一

8.4 品質管理の内容

表 8-1（詳細版編 41 ページ）に示した実証機関の各担当者による品質管理・監査の内容は表 8-3 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	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	・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、実証機関の総括責任者、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、技術実証委員会等の了承を得た。 ・ヒートポンプの専門家である実証機関技術顧問遠藤尚樹氏に現地及びメールで、確認及び助言を得た。	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	・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	・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機関の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	・実証試験計画書作成時、及び計画と異なる測定機器での試験を行う際に、監査を行った。
データの吸い上げ	品質管理責任者	・実証試験及び測定データの吸い上げは、専門技術が必要なため実証申請者の技師が行った。実証機関の実証試験担当者が実証試験実施場所で、一部の試験に立ち会い確認した。	実証機関総括責任者	・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	・測定データの保管は、実証機関の品質管理責任者が行った。	実証機関総括責任者	・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	・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	・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	・測定データの整理・解析は実証申請者の技師が行い、その結果は実証機関の実証試験担当者が確認した。	実証機関総括責任者	・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	・実証試験報告書は、実証機関の品質管理責任者、総括責任者、技術監査が確認した。また技術実証委員会の了承を得た。	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	・技術実証委員会の資料及び報告書の原稿に対して、監査を行った。