

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 : ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
実証対象技術 : 高温型水冷式ヒートポンプチラー
(製品名・型番) : ZQH-12.5W12.5



ヒートアイランド対策技術分野
実証番号 052 - 1004

第三者機関が実証した
性能を公開しています

実証年度
H 22

www.env.go.jp/policy/etv

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.....	5
○ 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 実証対象技術の仕様.....	10
3.3 実証対象技術の特徴・長所を含む参考情報.....	12
4. 実証試験期間、実証試験設備及び測定機器.....	13
4.1 実証試験期間.....	13
4.2 実証試験設備の概要.....	13
4.3 測定機器.....	19
5. 実証試験方法.....	20
5.1 実証試験要領の規定.....	20
5.2 本実証試験における試験方法.....	21
6. 実証試験の結果.....	23
6.1 各温度条件における測定結果の整理.....	23
6.2 実証試験結果のまとめ【実証項目】エネルギー効率（COP）.....	39
6.3 【参考】冷却能力及び加熱能力（ヒートポンプ生成熱量）.....	41
7. 実証試験の品質管理・監査.....	42
7.1 品質管理システムのあらまし.....	42
7.2 試験とデータの品質管理.....	42
7.3 実証試験の立会い.....	43
7.4 品質管理の内容.....	44

○ 全体の概要

実証対象技術	高温型水冷式ヒートポンプチラーZQH-12.5W12.5
実証申請者	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
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 23 年 1 月 11 日～平成 23 年 2 月 4 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高温型水冷式ヒートポンプチラー ZQH-12.5W12.5 は、地中熱利用冷暖房用ヒートポンプユニットであるが、ボイラーからのリニューアールなど高温の要求にも対応した高温型水冷式ヒートポンプ (70℃までの循環加温が可能) である。本実証対象技術を構成する圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器の内部を循環する冷媒は HFC-134a を使用し、本製品と外部とで熱をやりとりする熱媒は、水または不凍液を使用する。

本実証対象技術は、排熱を外気に放出しない地中熱利用ができるだけでなく、冷房廃熱で温水を製造する熱回収運転 (冷水と温水の同時製造) も可能であり、ヒートアイランド対策に効果が高い。冷却能力は 29.6kW/35.2kW、加熱能力は 54.7kW/64.8kW (50Hz/60Hz) (12.5 馬力相当) であるが、本製品はモジュール方式を採用しており、これを単位モジュールとして複数台連結することにより最適な負荷に対する容量の設計が可能である。

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ゼネラルヒートポンプ工業株式会社所有の試験設備は、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、試験を一定温度で行うための恒温設備を備えている。試験設備は、ゼネラルヒートポンプ工業株式会社本社工場内の 1 階と 2 階に設置されている。実証試験に使用した主な試験設備は以下のとおりに構成される。なお、各測定項目の測定機器のメーカー及び型式等は、詳細版本編の表 4-3 (詳細版本編 19 ページ) に示す。

試験設備の設置位置	実証試験に使用した主な試験設備	各測定項目で使用した測定機器
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社本社工場内 1 階	<ul style="list-style-type: none"> ・実証対象製品 ・温水クッションタンク ・熱交換器 	<ul style="list-style-type: none"> ・測温抵抗体 ・温度入力ユニット ・流量計
同 2 階	<ul style="list-style-type: none"> ・恒温設備用熱源機 ・蓄熱タンク 	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ入力ユニット ・変流器 (CT)、トランスデューサー

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。

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

本実証試験においては、冷房期間を想定した温度条件、暖房期間を想定した温度条件ともに、熱源側（一次側）熱媒も利用側（二次側）熱媒も水を使用した。

(2) 温度条件

本実証試験の温度条件は、実証試験要領（第2版）*¹に定めるもののほか、実証申請者と相談のうえ、暖房条件を想定した温度条件では任意条件を追加した。任意条件を追加した理由は、本実証技術は高温型ヒートポンプのため実際に使用される任意条件での温度条件の試験も有意義と考えたためである。

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

◎は実証試験要領の必須項目

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
温度条件3（△）	50±0.3	55±0.3	15±0.3	10±0.3
温度条件4（△）			10±0.3	5±0.3
温度条件5（△）	60±0.3	65±0.3	15±0.3	10±0.3
温度条件6（△）			10±0.3	5±0.3

○は実証試験要領の任意項目、△は今回追加した任意項目

*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

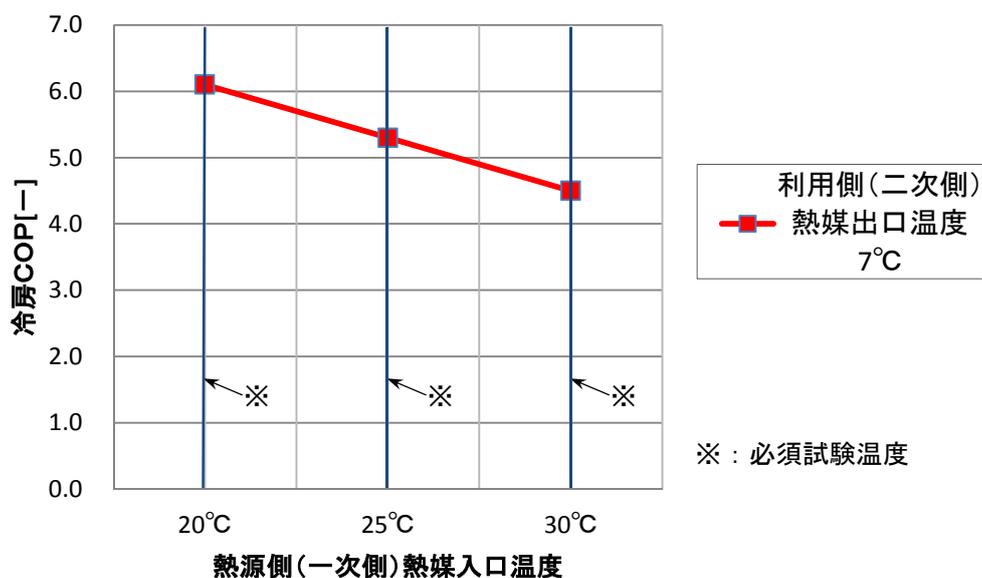
*²：表中の公差は、実証試験中の温度変動許容差である。

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℃	6.1	5.3	4.5



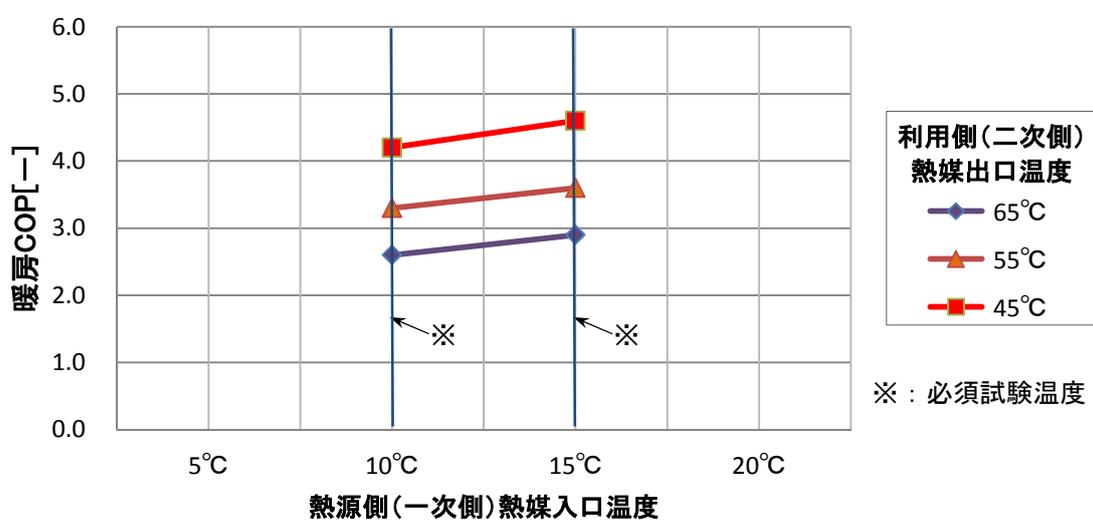
* 1 : 各温度条件で 3 回測定した平均値。

* 2 : 熱媒は、熱源側 (一次側)、利用側 (二次側) とともに水。

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°C	15°C
利用側 (二次側) 熱媒*2 出口温度	65°C*3	2.6	2.9
	55°C*3	3.3	3.6
	45°C*4	4.2	4.6



- * 1 : 各温度条件での測定は 1 回である。
- * 2 : 熱媒は、熱源側 (一次側)、利用側 (二次側) とともに水。
- * 3 : 今回追加した温度条件。
- * 4 : 実証試験要領に定められた温度条件。

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	高温型水冷式ヒートポンプチラー ZQH-12.5W12.5	
製造（販売）企業名	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社	
連絡先	TEL/FAX	TEL 052-624-6368 / FAX 052-624-6095
	Web アドレス	http://www.zeneral.co.jp/
	E-mail	daihyou@zeneral.co.jp
設置条件	<対応する建物> 事務所、学校、店舗、病院・福祉施設、ホテル・温浴施設、工場などの空調や給湯を使用する業務用施設や公共施設など（高温型機種につき、特に50℃以上の温水を必要とする施設） <施工上の留意点> 配管のエア抜きを行うなど <その他設置場所等の制約条件> メンテナンススペース必要、アンカーボルト固定、振動対策など	
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等	年二回程度の定期点検推奨 耐塩害仕様にも対応 法定耐用年数 15年	
技術上の特徴	高温型につき 70℃までの高温循環可能 モジュール方式を採用しており、単位モジュールを連結することにより容量設計が可能 四方弁内蔵型（水側で一次側と二次側の切替の必要がないため、ラインと冷温水が混ざることなく冷媒側で冷暖切替可能）や、排熱回収型（冷房排熱で温水製造）など、様々な用途に対応	
コスト概算	1 モジュール（12.5馬力相当）：5,560千円から 7,000千円（定価） ※用途により価格は変わります ※ヒートポンプのみの価格（制御盤代、試運転調整費等別途）	

○その他実証申請者からの情報（参考情報）

地中熱対応ヒートポンプチラーのラインナップとしては、水冷式ヒートポンプチラー（10、12、15、18、20、25、30、36、45、54馬力モジュール）、高温型水冷式ヒートポンプチラー（6.5、8、10、12.5、13、16、20、25、30、37.5馬力モジュール）があります。

○ 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、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、地中熱及び地下水熱、下水熱等を熱源とし、ヒートポンプによって効率的に暖冷房を行うシステム全般のことである。当該システムは、多層的な技術の組み合わせで構成されており、図1-1のとおり階層的に分類される。

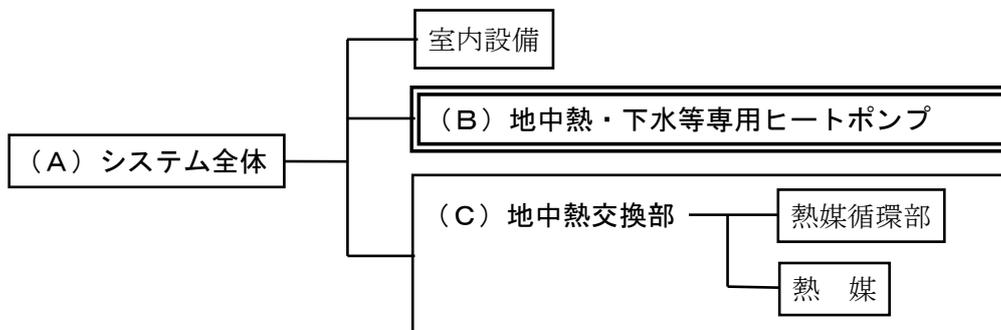


図 1-1 実証対象技術の全体像

* 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。

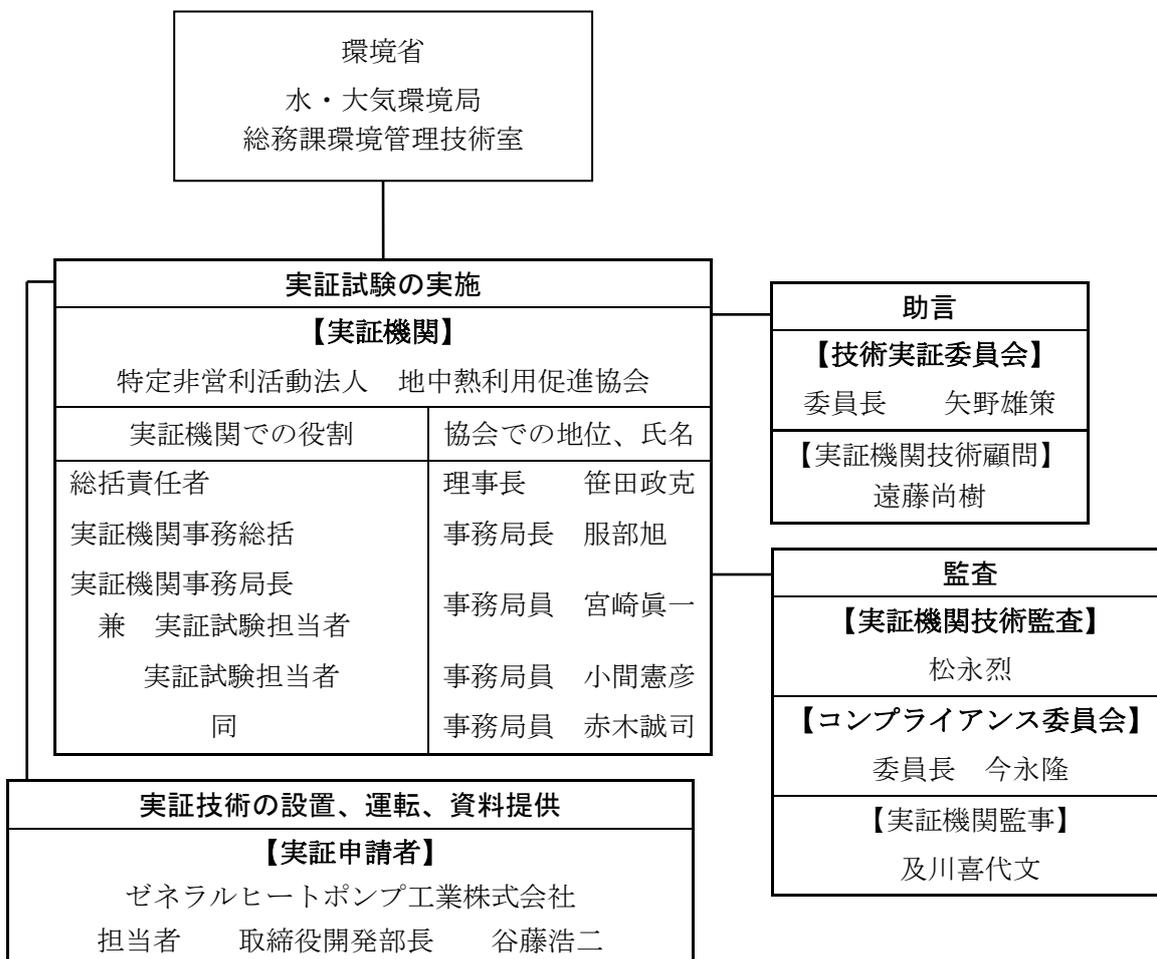


図 2-1 実証試験体制

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	ゼネラルヒート ポンプ工業株式会社	実証機関への必要な情報提供と協力	谷藤浩二
		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 実証対象技術の仕様

実証対象技術である高温型水冷式ヒートポンプチラー ZQH-12.5W12.5 は、地中熱利用冷暖房用ヒートポンプユニットであるが、ボイラーからのリニューアルなど高温の要求にも対応した高温型水冷式ヒートポンプ(70℃までの循環加温が可能)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 HFC-134a を使用し、本製品と外部とで熱をやりとりする熱媒は、水または不凍液を使用する。

本実証対象技術は、排熱を外気に放出しない地中熱利用ができるだけでなく、冷房廃熱で温水を製造する熱回収運転(冷水と温水の同時製造)も可能であり、ヒートアイランド対策に効果が高い。冷却能力は 29.6kW/35.2kW、加熱能力は 54.7kW/64.8kW (50Hz/60Hz) (12.5 馬力相当) であるが、本製品はモジュール方式を採用しており、これを単位モジュールとして複数台連結することにより最適な負荷に対する容量の設計が可能である。複数台連結したモジュールとしては、実証試験を行った 12.5 馬力の本製品が 1 筐体に 2 式入っている 25 馬力モジュール、12.5 馬力の本製品が 1 筐体に 3 式入っている 37.5 馬力モジュールもあるが、これらの能力は 12.5 馬力のものをそれぞれ 2 倍または 3 倍したものとなる。本実証試験では、モジュールの最小単位として 12.5 馬力の本製品の試験を行ったものである。

本実証対象技術の仕様は表 3-1 に、外形図を図 3-1 (詳細版本編 11 ページ) に、写真を図 3-2 (詳細版本編 11 ページ) に示す。

表 3-1 実証対象技術の仕様

製造企業名	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
形式	ZQH-12.5W12.5
名称	地中熱対応高温型水冷式ヒートポンプチラー
外形寸法 [mm]	1,800H×650W×1,000D
製品重量 [kg]	700
電源	三相 200V 60Hz
圧縮機	全密閉型スクロール式 定格出力 9.5kW
水熱交換器	ステンレス製プレート式熱交換器
冷媒	HFC-134a
能力	冷却能力 29.6kW/35.2kW (50Hz/60Hz) 加熱能力 54.7kW/64.8kW (50Hz/60Hz)

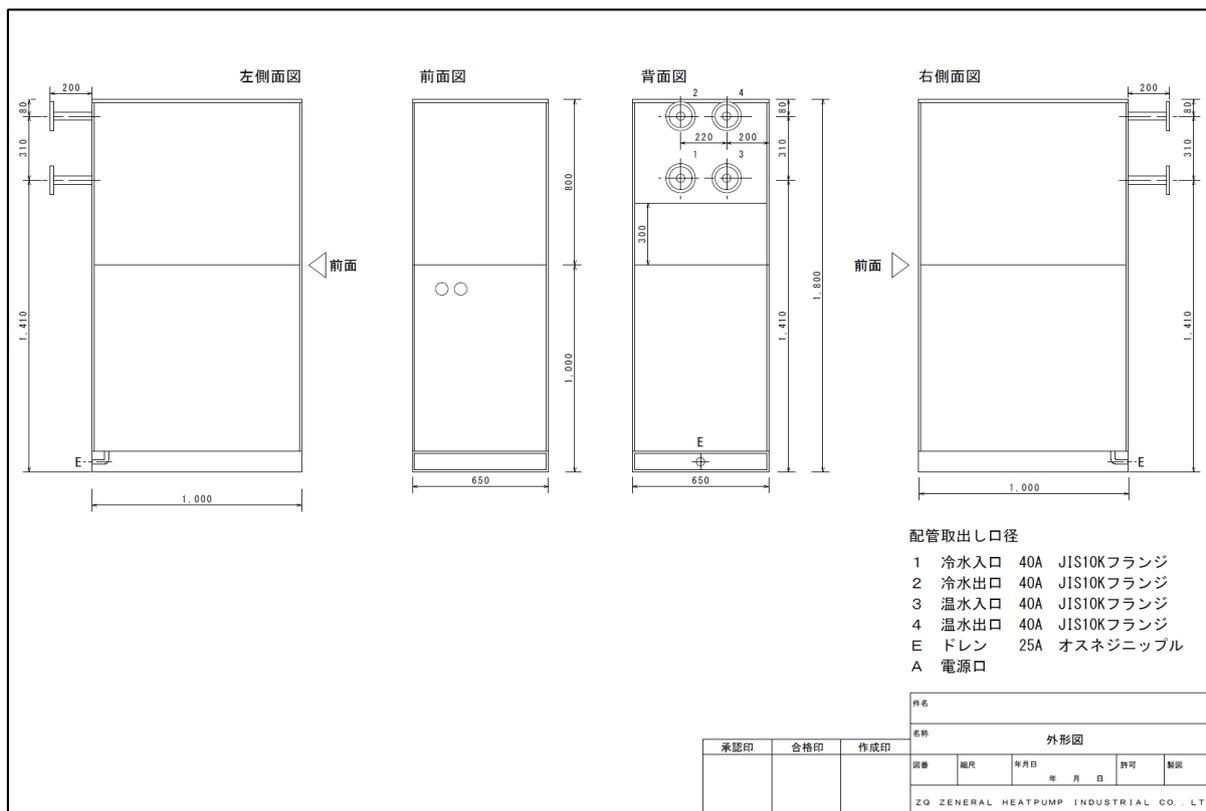


図 3-1 実証対象技術外形図 (地中熱対応高温型水冷式ヒートポンプチラー12.5馬力相当)



図 3-2 実証対象技術写真 (地中熱対応高温型水冷式ヒートポンプチラー12.5馬力相当)

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		高温型水冷式ヒートポンプチラー ZQH-12.5W12.5
製造 (販売) 企業名		ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
連絡先	TEL/FAX	TEL 052-624-6368 / FAX 052-624-6095
	Web アドレス	http://www.zeneral.co.jp/
	E-mail	daihyou@zeneral.co.jp
設置条件		<対応する建物> 事務所、学校、店舗、病院・福祉施設、ホテル・温浴施設、工場などの空調や給湯を使用する業務用施設や公共施設など (高温型機種につき、特に50℃以上の温水を必要とする施設) <施工上の留意点> 配管のエア抜きを行うなど <その他設置場所等の制約条件> メンテナンススペース必要、アンカーボルト固定、振動対策など
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		年二回程度の定期点検推奨 耐塩害仕様にも対応 法定耐用年数 15 年
技術上の特徴		高温型につき 70℃までの高温循環可能 モジュール方式を採用しており、単位モジュールを連結することにより容量設計が可能 四方弁内蔵型 (水側で一次側と二次側の切替の必要がないため、ブラインと冷温水が混ざることなく冷媒側で冷暖切替可能) や、排熱回収型 (冷房排熱で温水製造) など、様々な用途に対応
コスト概算		1 モジュール (12.5 馬力相当) : 5,560 千円から 7,000 千円 (定価) ※用途により価格は変わります ※ヒートポンプのみの価格 (制御盤代、試運転調整費等別途)

○その他実証申請者からの情報 (参考情報)

地中熱対応ヒートポンプチラーのラインナップとしては、水冷式ヒートポンプチラー (10、12、15、18、20、25、30、36、45、54馬力モジュール)、高温型水冷式ヒートポンプチラー (6.5、8、10、12.5、13、16、20、25、30、37.5馬力モジュール) があります。

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 23 年 1 月 11 日～平成 23 年 1 月 12 日
試験実施	平成 23 年 1 月 13 日～平成 23 年 1 月 15 日
試験結果解析	平成 23 年 1 月 17 日～平成 23 年 2 月 4 日

4.2 実証試験設備の概要

実証試験に使用した設備は、ゼネラルヒートポンプ工業株式会社本社工場内の試験設備である。実証試験設備の場所を表 4-1 に、設備概要を図 4-1 に示す。

表 4-1 実証試験設備の概要

使用設備	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 本社工場内試験設備
実施場所	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 本社工場試験室の 1 階及び 2 階
設備所在地	愛知県名古屋市緑区大高町巳新田 121

本実証試験に使用したゼネラルヒートポンプ工業株式会社本社工場内の試験設備は、通常は出荷前の製品の検査や開発用の試作機の性能試験を一定温度で行うための恒温試験設備である。実証対象技術を含め、主な実証試験設備は表 4-2 (詳細版本編 14 ページ) のように構成されている。

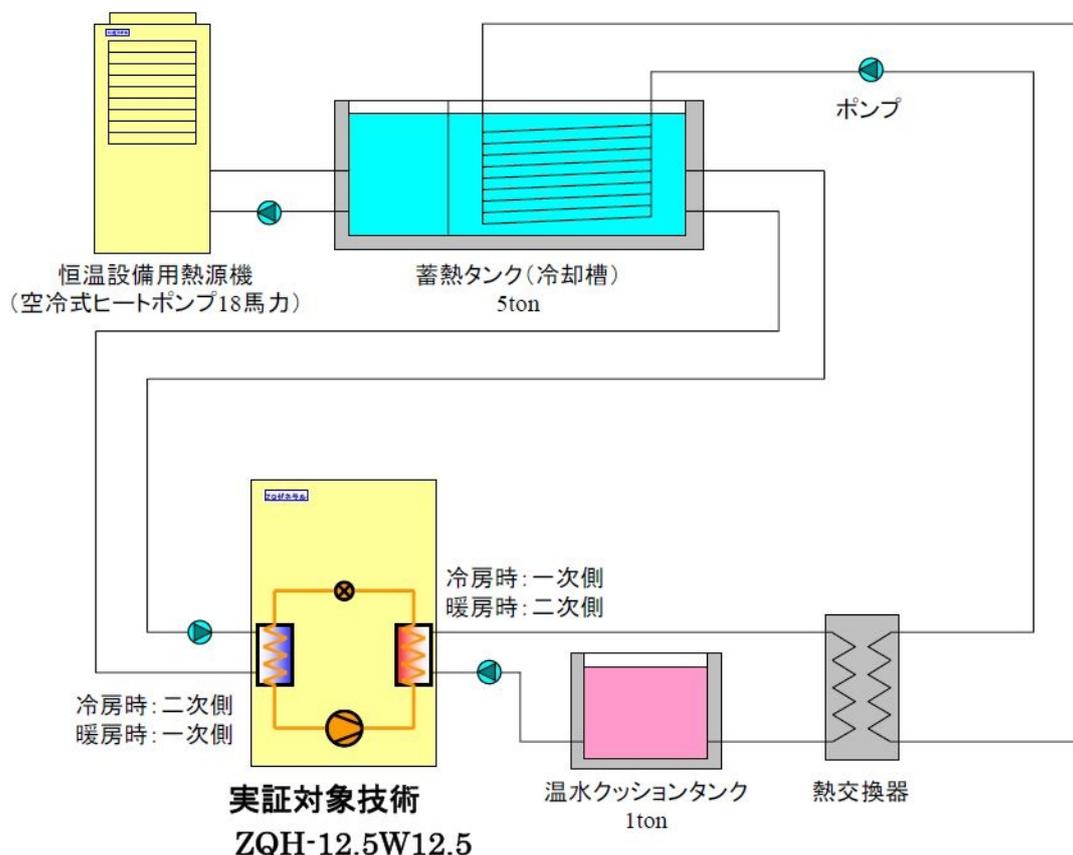


図 4-1 実証試験設備の概要

表 4-2 実証試験設備の概要と構成

試験設備の設置位置	実証試験に使用した主な試験設備	各測定項目で使用した測定機器
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 本社工場内 1 階	<ul style="list-style-type: none"> ・実証対象技術 ・温水クッションタンク ・熱交換器 	<ul style="list-style-type: none"> ・測温抵抗体 ・温度入力ユニット ・流量計
同 2 階	<ul style="list-style-type: none"> ・恒温設備用熱源機 ・蓄熱タンク 	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ入力ユニット ・変流器 (C T)、トランスデューサー

本社工場試験室の 1 階平面図を図 4-2 (詳細版本編 15 ページ) に、試験室 1 階及び 2 階の試験設備に関わる機器の設置図を図 4-3 (詳細版本編 16 ページ) 及び図 4-4 (詳細版本編 17 ページ) に示す。

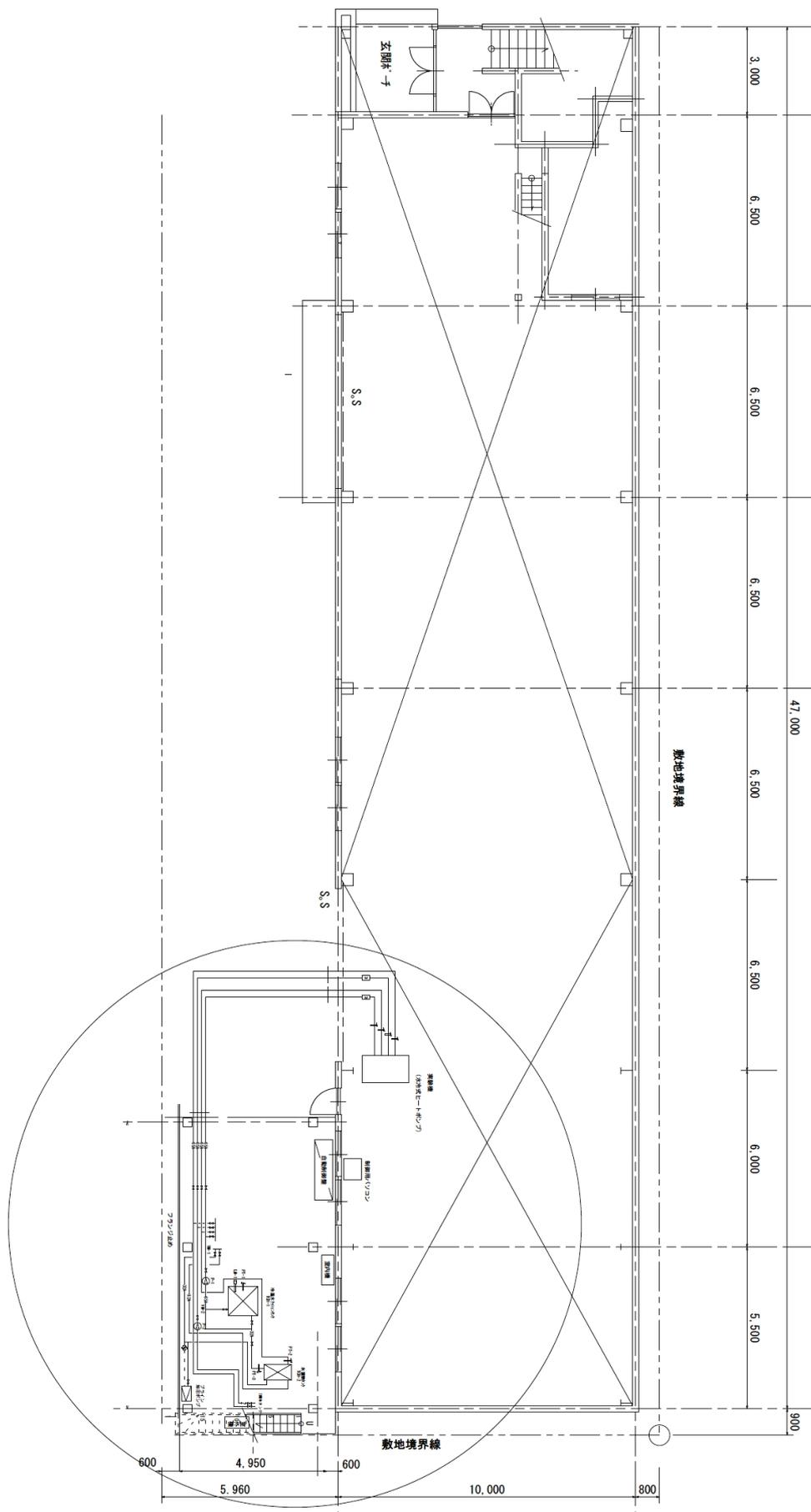


図 4-2 ゼネラルヒートポンプ工業本社工場試験室 1 階

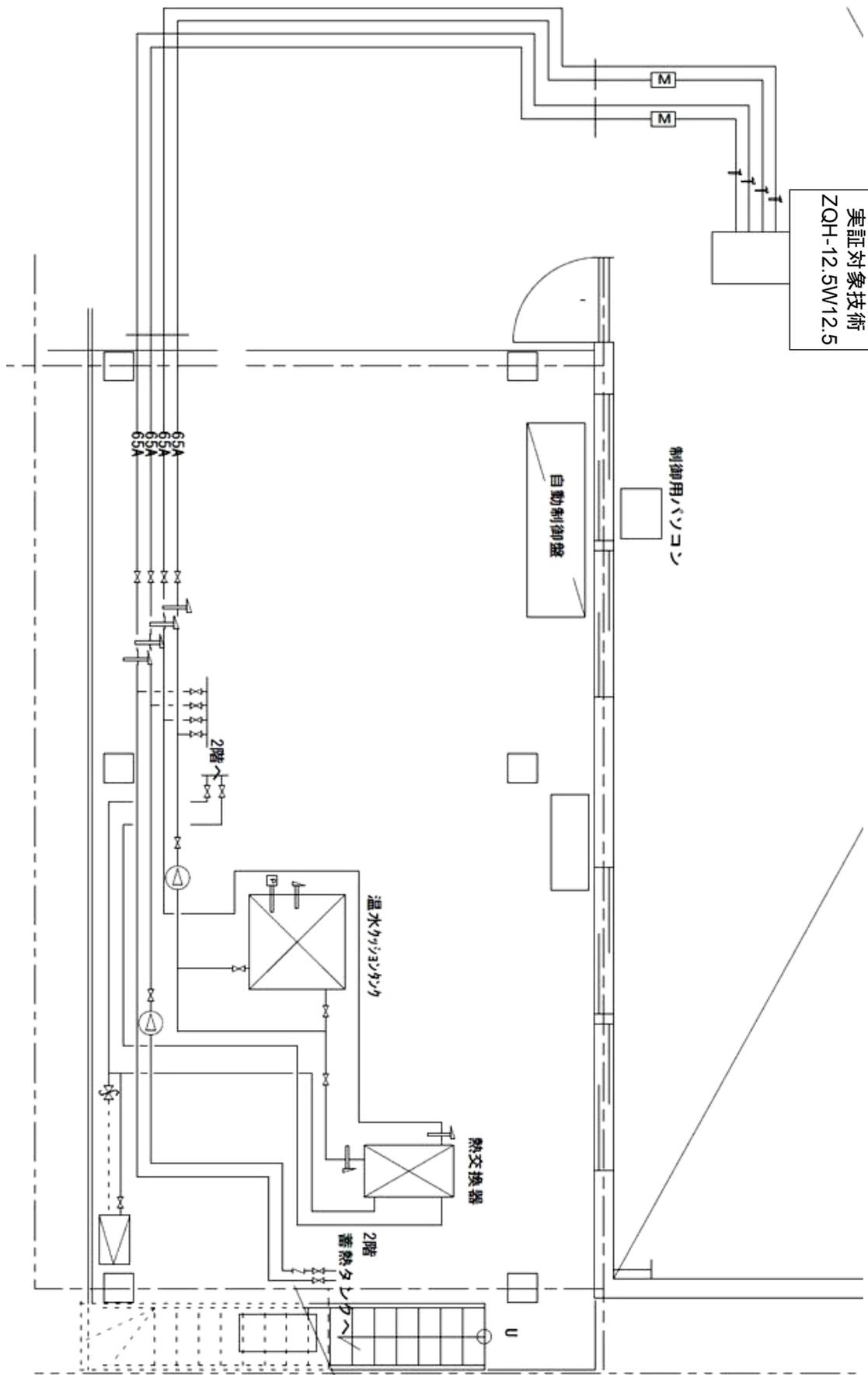


図 4-3 試験室 1 階機器配置図

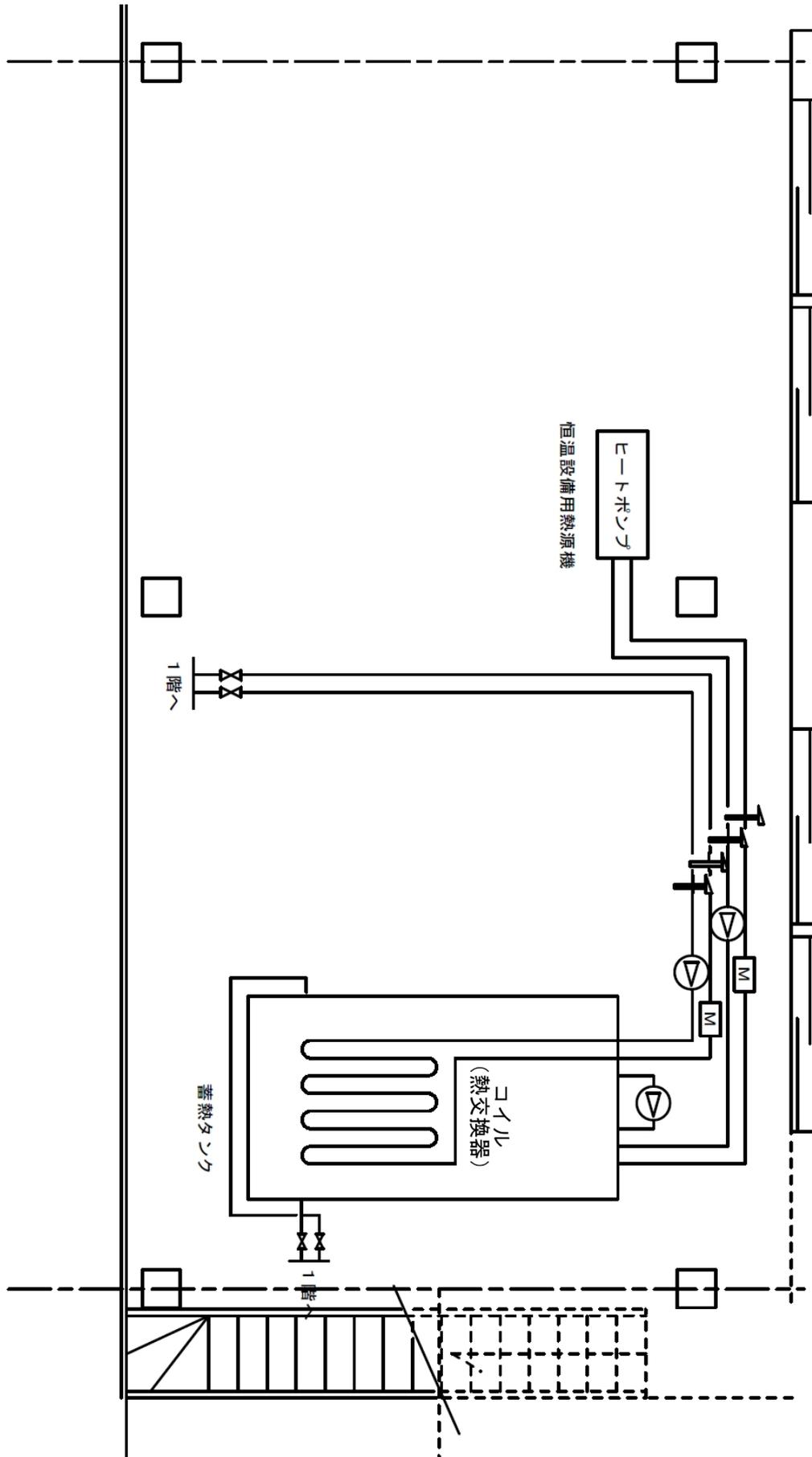


図 4-4 試験室 2 階機器配置図

実証対象技術は、本社工場試験室 1 階に設置した。試験設備の監視とデータの保存は、1 階工場内の制御用パソコンにおいて行った。監視及び測定画面例のコピーを図 4-5 及び図 4-6 に示す。

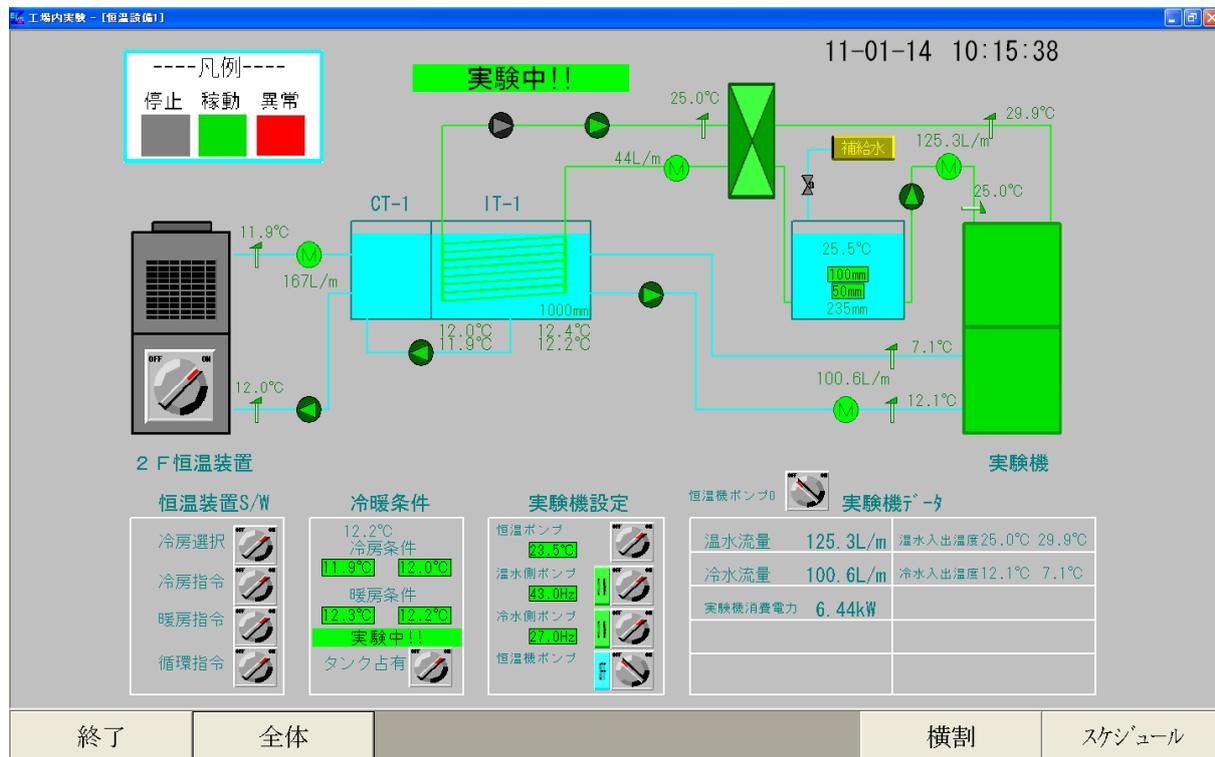


図 4-5 本社工場内試験設備監視画面例のコピー (冷房試験時)

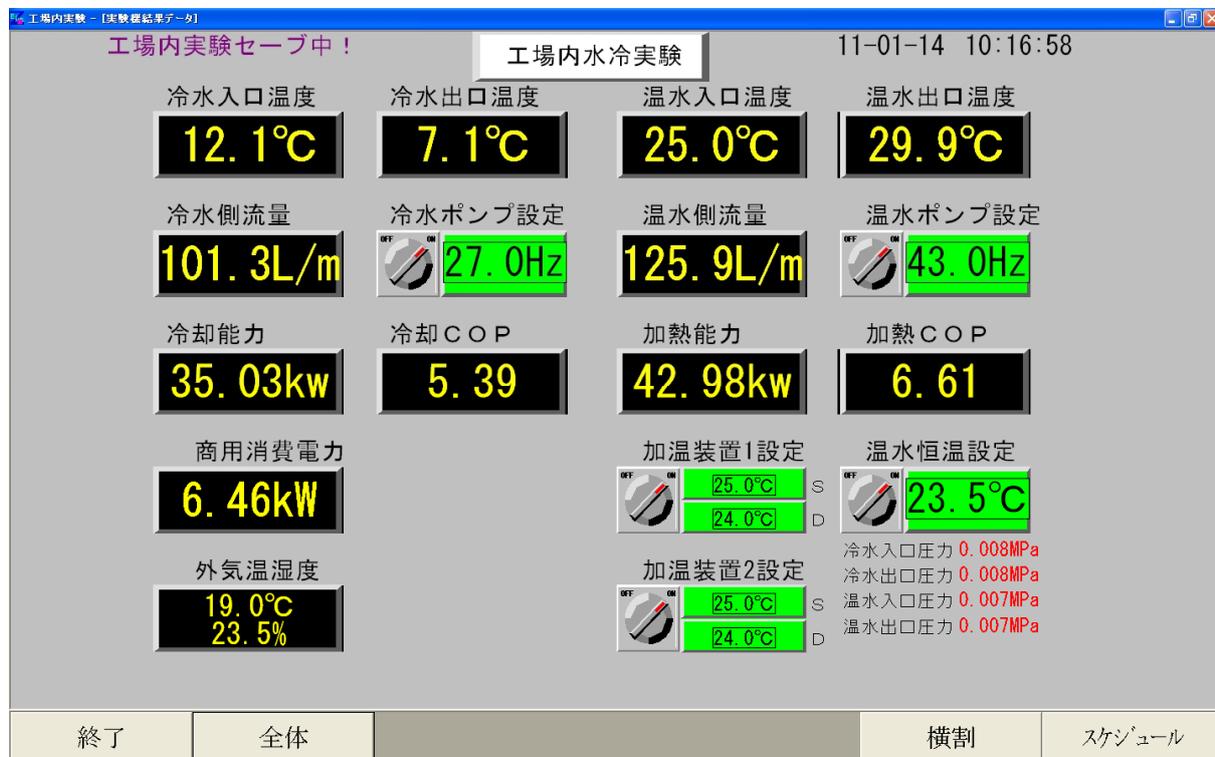


図 4-6 本社工場内試験測定画面例のコピー (冷房試験時)

4.3 測定機器

実証試験に使用した測定機器は表 4-3 のとおりである。ヒートポンプの熱媒（水）の出入口の温度測定にはクラス A の測温抵抗体を使用し、一次側及び二次側の流量については校正証明書付きの電磁流量計を使用した。

なお、本実証試験前に、表 4-3 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。

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	株式会社 シマデン	白金測温抵抗体	-100℃～100℃ クラス A ±0.15℃
	温度入力ユニット	オムロン 株式会社	CJ1W-TC101	シーケンサ温度入力ユニット
流量	流量計	株式会社 キーエンス	FD-UH40G	電磁流量計 DC4-20mA 出力 ±0.5%
	アナログ入力ユニット	オムロン 株式会社	CJ1W-AD081-V1	シーケンサアナログ (4-20mA) 入力ユニット
電力量	変流器 (CT)	三菱電機株 式会社	CW-5L	100AT/5A
	トランスデューサー	三菱電機 株式会社	T-101HW	ワットトランスデューサー DC4-20mA 出力 ±0.5%
	アナログ入力ユニット	オムロン 株式会社	CJ1W-AD081-V1	シーケンサアナログ (4-20mA) 入力ユニット

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 (°C)		熱源側 (一次側) 熱媒温度 (°C)	
	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、①入口温度 15°C / 出口温度 10°C、②入口温度 10°C / 出口温度 5°C 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 [cm³/s]
- $W_{\text{圧}}$: 圧縮機の消費電力 [W]

(2) 実証項目の算出

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

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

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

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°C 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

本実証試験の温度条件は、実証試験要領（第2版）に規定されている条件のほか、実証申請者と相談のうえ、暖房条件を想定した温度条件では高温の温度条件を追加した。温度条件を追加した理由は、本実証対象技術は高温型ヒートポンプのため実際に使用される高温の温度条件での試験も有意義と考えたためである。温度条件をまとめて表5-2、表5-3に示す。

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

◎は実証試験要領の必須項目

表 5-3 暖房期間を想定した温度条件*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（℃）	
	入口水温	出口水温	入口水温	出口水温
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
温度条件 3 (△)	50±0.3	55±0.3	15±0.3	10±0.3
温度条件 4 (△)			10±0.3	5±0.3
温度条件 5 (△)	60±0.3	65±0.3	15±0.3	10±0.3
温度条件 6 (△)			10±0.3	5±0.3

○は実証試験要領の任意項目、△は今回追加した任意項目

(2) 試験に使用した熱媒

本実証試験においては、冷房期間を想定した温度条件、暖房期間を想定した温度条件ともに、一次側（熱源側）熱媒も二次側（利用側）熱媒も水を使用した。

(3) ヒートポンプの圧縮機の回転数

実証対象技術の高温型水冷式ヒートポンプチラーZQH-12.5W12.5の圧縮機運転は、定格の回転数である60Hz（3600rpm）で試験を行った。

*1：表中の公差は、試験中の温度変動許容差である。

(4) 試験手順

冷房期間を想定した温度条件の試験の手順例を示す。試験室 2 階の蓄熱タンクの水を冷却側、タンク中のコイル内の水の系統を加熱側に使用する。試験手順は以下の通りである。

- ① 試験室 2 階の蓄熱タンクの冷却側の水を所定の冷水温度まで冷却する。例えば、冷却側入口 12℃、冷却側出口 7℃、加熱側入口 25℃、加熱側出口 30℃の条件であれば、恒温設備用熱源機にて蓄熱タンクを 12℃に冷却する。
- ② 試験室 1 階の実証試験機を運転開始し、加熱側の出口温度が 30℃になるまで運転を行う。
- ③ 実証試験機で 30℃に加熱された温水は、試験室 1 階の熱交換器に入る。ここで試験室 2 階の蓄熱タンク内のコイル（熱交換器）によって冷却された水との熱交換を行い 25℃に冷却される。
- ④ 実証試験機の加熱側入口温度を監視して、蓄熱タンクと熱交換器間にあるポンプで流量を調節し熱交換率を調整することにより加熱側の所定温度を維持する。
- ⑤ 冷却側については、蓄熱タンクから送られた 12℃の水は実証試験機により 7℃に冷却され蓄熱タンクに戻る。ここでは試験室 1 階の熱交換器で加熱側から回収した熱が、蓄熱タンク内部のコイル（熱交換器）で熱交換を行い蓄熱タンク内の冷水を加熱するため、蓄熱タンクの冷水温度を監視しながら試験室 2 階恒温設備用熱源機を運転して冷却側の実証試験機入口の所定温度 12℃を維持する。

6. 実証試験の結果

6.1 各温度条件における測定結果の整理

試験は、必須項目（冷房期間を想定した温度条件 1～3）については 3 回の試験をしてその平均を結果とした。実証試験要領の任意項目（暖房期間を想定した温度条件 1～2）と今回追加の任意項目（暖房条件を想定した温度条件 3～6）は、任意ということもあり、実証申請者の意向も考慮し、1 回の試験のみとした。

また、試験経過の参考として、必須項目と実証試験要領の任意項目については、各部水温の安定確認を示すグラフと、時間経過に伴う COP 測定結果の推移を示すグラフを、各温度条件の試験結果整理を示す表の後にそれぞれ示した。

また、冷房期間の温度条件 1 についてのみ監視画面のコピーを図 6-1（詳細版本編 25 ページ）に、測定画面のコピーを図 6-2（詳細版本編 25 ページ）に例として図示した。

(1) 冷房期間の温度条件 1 【必須項目】

表 5-2 (詳細版本編 21 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、監視画面のコピーを図 6-1 (詳細版本編 25 ページ) に、測定画面のコピー (測定 1 回目) を図 6-2 (詳細版本編 25 ページ) に、冷房期間の温度条件 1 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目) を図 6-3 (詳細版本編 26 ページ) に、冷房期間の温度条件 1 における COP 測定結果 (測定 1 回目) を図 6-4 (詳細版本編 26 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		1 月 14 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 (°C)		入口温度 20±0.3	
試験機種名		ZQH-12.5W12.5				二次側(利用側) 熱媒温度 (°C)		出口温度 25±0.3	
								入口温度 12±0.3	
								出口温度 7±0.3	
試験の回数			1回目	2回目	3回目	平均	備考		
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	20.0	20.1	20.1				
	② 出口温度	°C	24.9	25.0	25.0				
③ 温度差		deg	4.9	4.9	4.9		②-①		
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	127.3	127.3	127.4				
一次側(熱源側) 熱媒密度 (水)	⑤ 入口	g/cm ³	0.998	0.998	0.998				
	⑥ 出口	g/cm ³	0.997	0.997	0.997				
	⑦ 平均	g/cm ³	0.998	0.998	0.998				
一次側(熱源側) 熱媒比熱 (水)	⑧ 入口	J/g·K	4.182	4.182	4.182				
	⑨ 出口	J/g·K	4.179	4.179	4.179				
	⑩ 平均	J/g·K	4.180	4.180	4.180				
⑪ 地中への排熱量		kW	43	43	43	43	③×④×⑦×⑩÷60		
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	12.0	12.0	11.9				
	⑬ 出口温度	°C	7.0	7.0	6.9				
⑭ 温度差		deg	5.0	5.0	5.0		⑫-⑬		
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	103.0	102.9	102.8				
二次側(利用側) 熱媒密度 (水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.999	0.999	0.999				
	⑰ 出口	g/cm ³	1.000	1.000	1.000				
	⑱ 平均	g/cm ³	1.000	1.000	1.000				
二次側(利用側) 熱媒比熱 (水)	⑲ 入口	J/g·K	4.189	4.189	4.189				
	⑳ 出口	J/g·K	4.197	4.197	4.197				
	A 平均	J/g·K	4.193	4.193	4.193				
B ヒートポンプの生成熱量		kW	36	36	36	36	⑭×⑮×⑱×A÷60		
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	5.87	5.88	5.88				
COP		-	6.1	6.1	6.1	6.1	B÷C		

※測定値は 30 分間の測定の平均値



図 6-1 監視画面のコピー



図 6-2 測定画面のコピー (測定 1 回目)

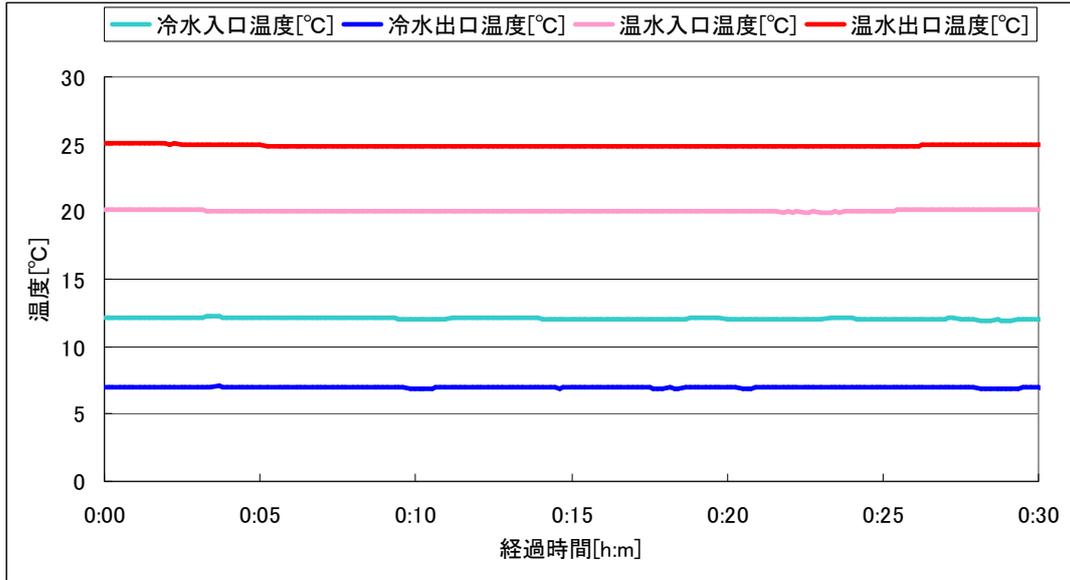


図 6-3 冷房期間の温度条件 1 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目)

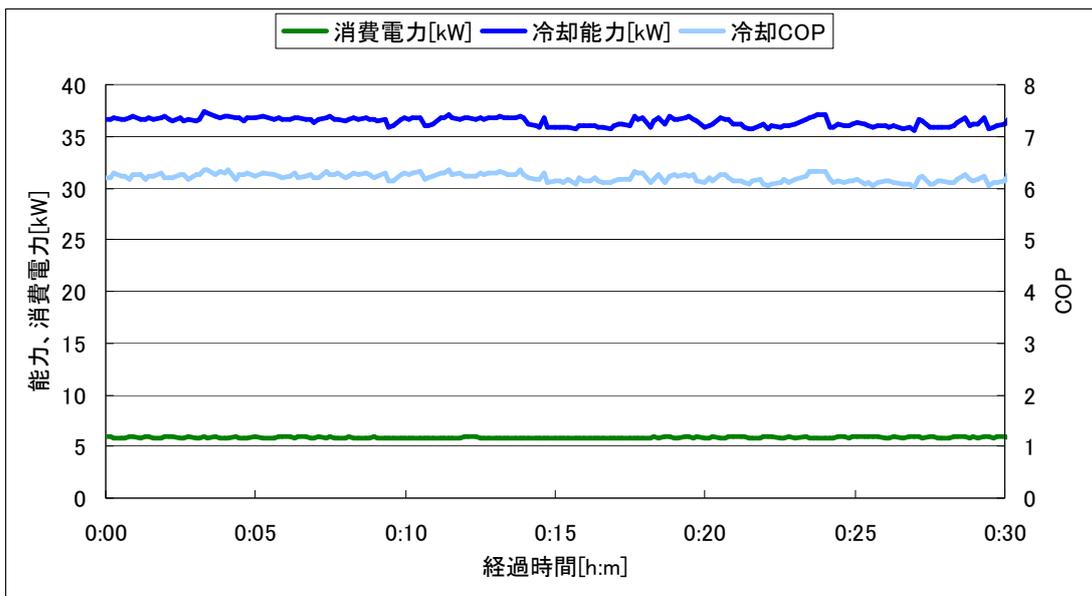


図 6-4 冷房期間の温度条件 1 における COP 測定結果 (測定 1 回目)

(2) 冷房期間の温度条件2【必須項目】

表 5-2 (詳細版本編 21 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 6-2 に、冷房期間の温度条件 1 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目) を図 6-5 (詳細版本編 28 ページ) に、冷房期間の温度条件 1 における COP 測定結果 (測定 1 回目) を図 6-6 (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	1 月 14 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 (°C)	入口温度 25±0.3 出口温度 30±0.3
試験機種名	ZQH-12.5W12.5		二次側(利用側) 熱媒温度 (°C)	入口温度 12±0.3 出口温度 7±0.3

試験の回数			1回目	2回目	3回目	平均	備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	25.0	25.0	25.1		
	② 出口温度	°C	29.9	29.9	30.0		
③ 温度差		deg	4.9	4.9	4.9		②-①
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	125.3	122.5	122.4		
一次側(熱源側) 熱媒密度 (水)	⑤ 入口	g/cm ³	0.997	0.997	0.997		
	⑥ 出口	g/cm ³	0.996	0.996	0.996		
	⑦ 平均	g/cm ³	0.996	0.996	0.996		
一次側(熱源側) 熱媒比熱 (水)	⑧ 入口	J/g・K	4.179	4.179	4.179		
	⑨ 出口	J/g・K	4.178	4.178	4.178		
	⑩ 平均	J/g・K	4.179	4.179	4.179		
⑪ 地中への排熱量		kW	43	42	42	42	③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	12.1	12.0	12.0		
	⑬ 出口温度	°C	7.1	7.0	7.0		
⑭ 温度差		deg	5.0	5.0	5.0		⑫-⑬
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	100.5	98.1	98.1		
二次側(利用側) 熱媒密度 (水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.999	0.999	0.999		
	⑰ 出口	g/cm ³	1.000	1.000	1.000		
	⑱ 平均	g/cm ³	1.000	1.000	1.000		
二次側(利用側) 熱媒比熱 (水)	⑲ 入口	J/g・K	4.189	4.189	4.189		
	⑳ 出口	J/g・K	4.197	4.197	4.197		
	A 平均	J/g・K	4.193	4.193	4.193		
B ヒートポンプの生成熱量		kW	35	34	34	34	⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	6.47	6.46	6.48		
COP		-	5.4	5.3	5.3	5.3	B÷C

※測定値は 30 分間の測定の平均値

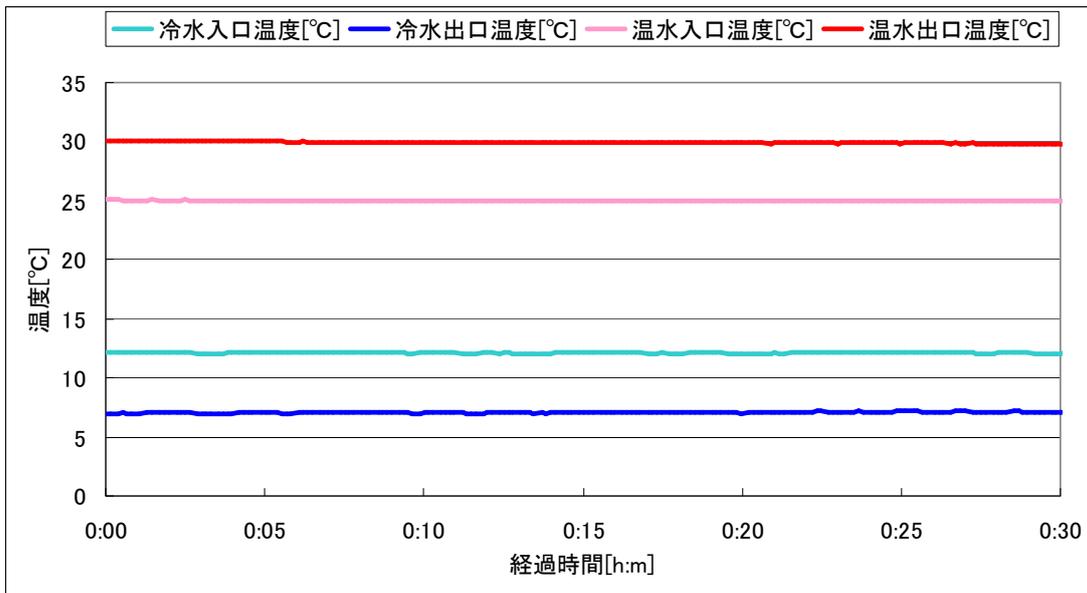


図 6-5 冷房期間の温度条件 2 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目)

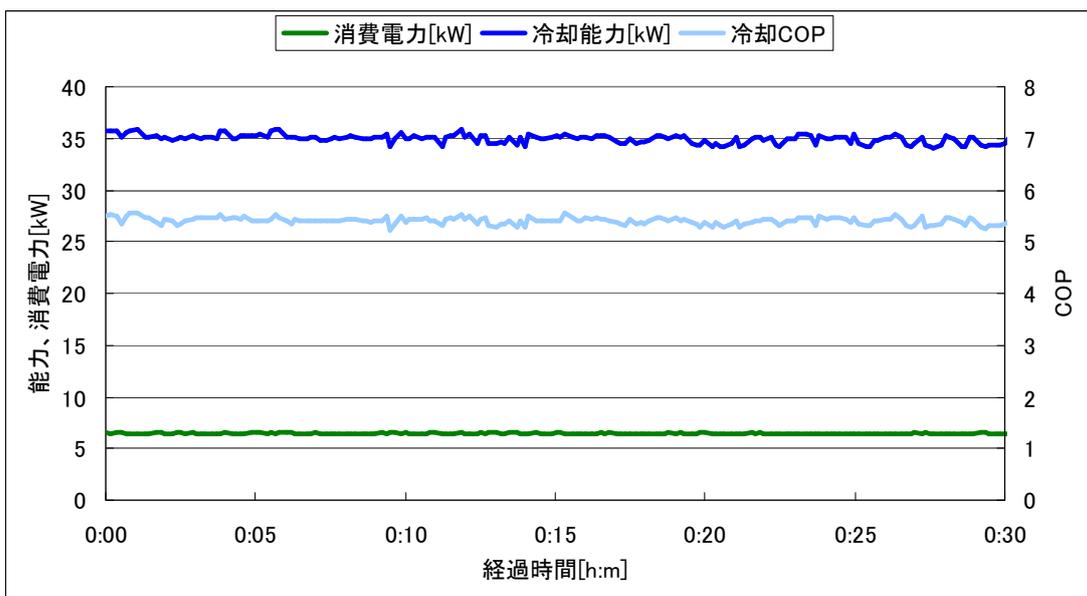


図 6-6 冷房期間の温度条件 2 における COP 測定結果 (測定 1 回目)

(3) 冷房期間の温度条件 3 【必須項目】

表 5-2 (詳細版本編 21 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 6-3 に、冷房期間の温度条件 1 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目) を図 6-7 (詳細版本編 30 ページ) に、冷房期間の温度条件 1 における COP 測定結果 (測定 1 回目) を図 6-8 (詳細版本編 30 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	1 月 13 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 (°C)	入口温度 30±0.3 出口温度 35±0.3
試験機種名	ZQH-12.5W12.5		二次側(利用側) 熱媒温度 (°C)	入口温度 12±0.3 出口温度 7±0.3

試験の回数			1回目	2回目	3回目	平均	備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	30.0	30.0	30.0		
	② 出口温度	°C	35.0	35.0	35.0		
③ 温度差		deg	5.0	5.0	5.0		②-①
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	118.7	118.7	118.7		
一次側(熱源側) 熱媒密度 (水)	⑤ 入口	g/cm ³	0.996	0.996	0.996		
	⑥ 出口	g/cm ³	0.994	0.994	0.994		
	⑦ 平均	g/cm ³	0.995	0.995	0.995		
一次側(熱源側) 熱媒比熱 (水)	⑧ 入口	J/g·K	4.178	4.178	4.178		
	⑨ 出口	J/g·K	4.178	4.178	4.178		
	⑩ 平均	J/g·K	4.178	4.178	4.178		
⑪ 地中への排熱量		kW	41	41	41	41	③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	12.0	12.0	12.0		
	⑬ 出口温度	°C	7.0	7.0	7.0		
⑭ 温度差		deg	5.0	5.0	5.0		⑫-⑬
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	93.3	93.5	93.2		
二次側(利用側) 熱媒密度 (水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.999	0.999	0.999		
	⑰ 出口	g/cm ³	1.000	1.000	1.000		
	⑱ 平均	g/cm ³	1.000	1.000	1.000		
二次側(利用側) 熱媒比熱 (水)	⑲ 入口	J/g·K	4.189	4.189	4.189		
	⑳ 出口	J/g·K	4.197	4.197	4.197		
	A 平均	J/g·K	4.193	4.193	4.193		
B ヒートポンプの生成熱量		kW	33	33	33	33	⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	7.26	7.23	7.25		
COP		-	4.5	4.5	4.5	4.5	B÷C

※測定値は 30 分間の測定の平均値

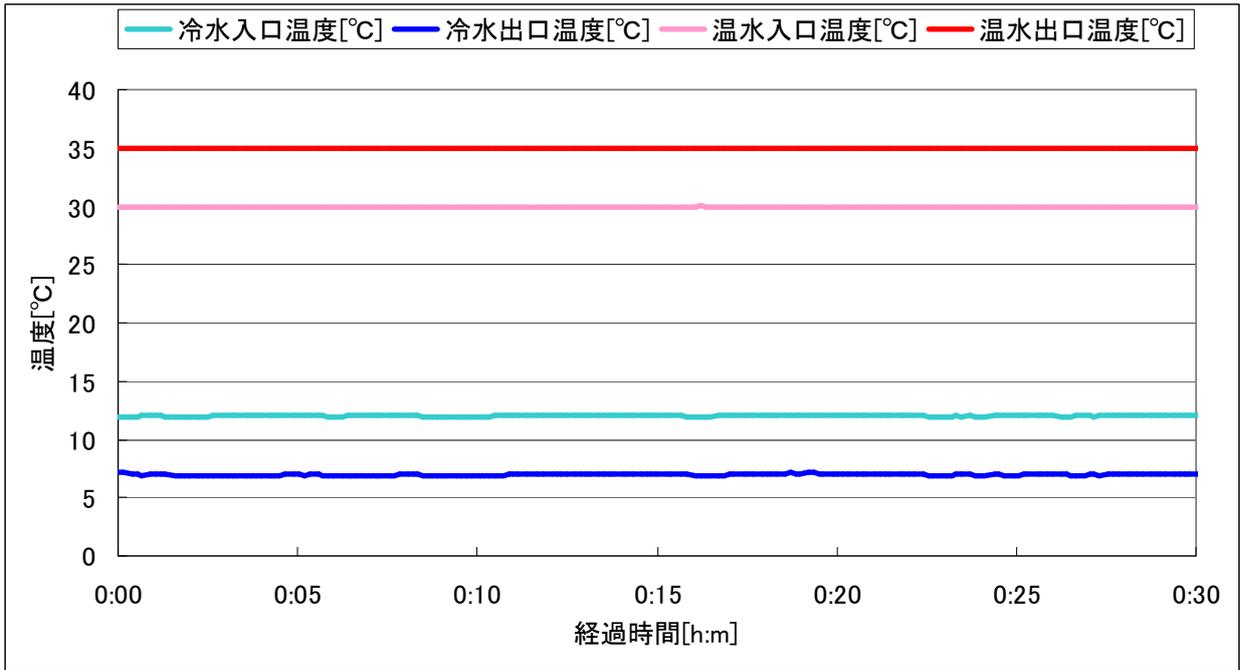


図 6-7 冷房期間の温度条件 3 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目)

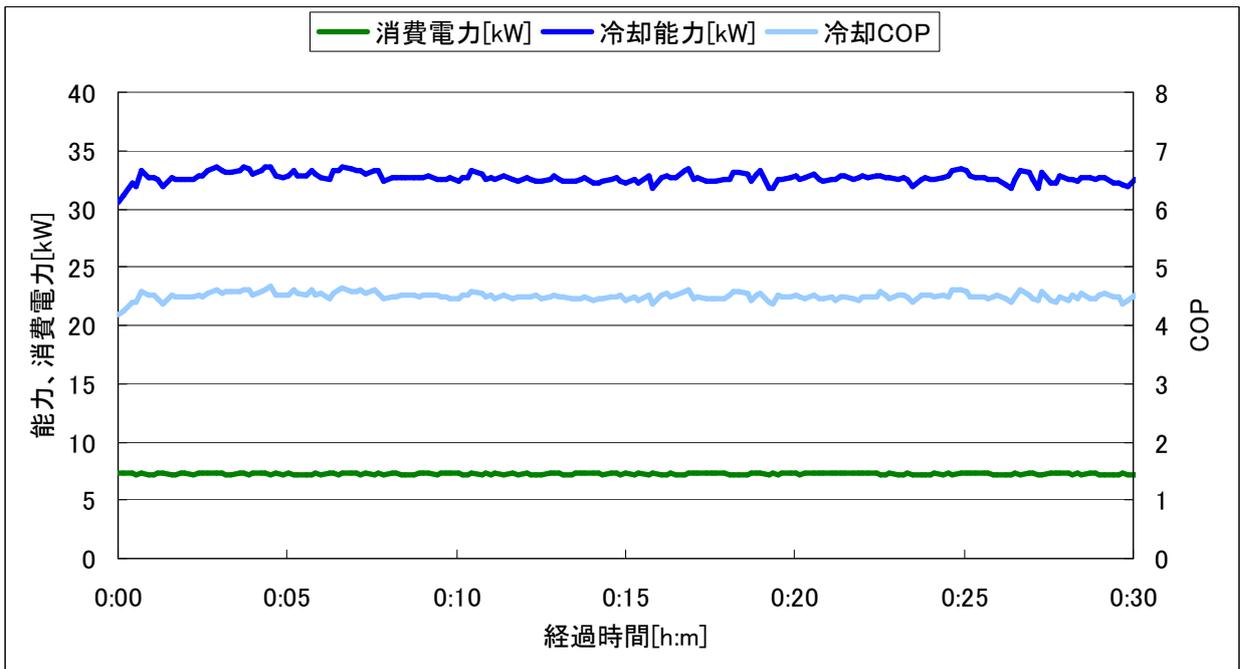


図 6-8 冷房期間の温度条件 2 における COP 測定結果 (測定 1 回目)

(4) 暖房期間の温度条件1【任意項目】

表 5-3 (詳細版本編 21 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、冷房期間の温度条件1における各部水温の安定確認 (測定1回目) を図 6-9 (詳細版本編 32 ページ) に、冷房期間の温度条件1における COP 測定結果 (測定1回目) を図 6-10 (詳細版本編 32 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	1月15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 (°C)	入口温度 15±0.3 出口温度 10±0.3
試験機種名	ZQH-12.5W12.5		二次側(利用側) 熱媒温度 (°C)	入口温度 40±0.3 出口温度 45±0.3

試験の回数		1回目				備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	15.0			
	② 出口温度	°C	9.9			
③ 温度差		deg	5.1			②-①
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	91.8			
一次側(熱源側) 熱媒密度 (水)	⑤ 入口	g/cm ³	0.999			
	⑥ 出口	g/cm ³	1.000			
	⑦ 平均	g/cm ³	0.999			
一次側(熱源側) 熱媒比熱 (水)	⑧ 入口	J/g・K	4.186			
	⑨ 出口	J/g・K	4.192			
	⑩ 平均	J/g・K	4.189			
⑪ 地中への排熱量		kW	33			③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	40.0			
	⑬ 出口温度	°C	44.9			
⑭ 温度差		deg	4.9			⑬-⑫
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	124.6			
二次側(利用側) 熱媒密度 (水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.992			
	⑰ 出口	g/cm ³	0.990			
	⑱ 平均	g/cm ³	0.991			
二次側(利用側) 熱媒比熱 (水)	⑲ 入口	J/g・K	4.178			
	⑳ 出口	J/g・K	4.179			
	A 平均	J/g・K	4.179			
B ヒートポンプの生成熱量		kW	42			⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	9.10			
COP		-	4.6			B÷C

※測定値は30分間の測定の平均値

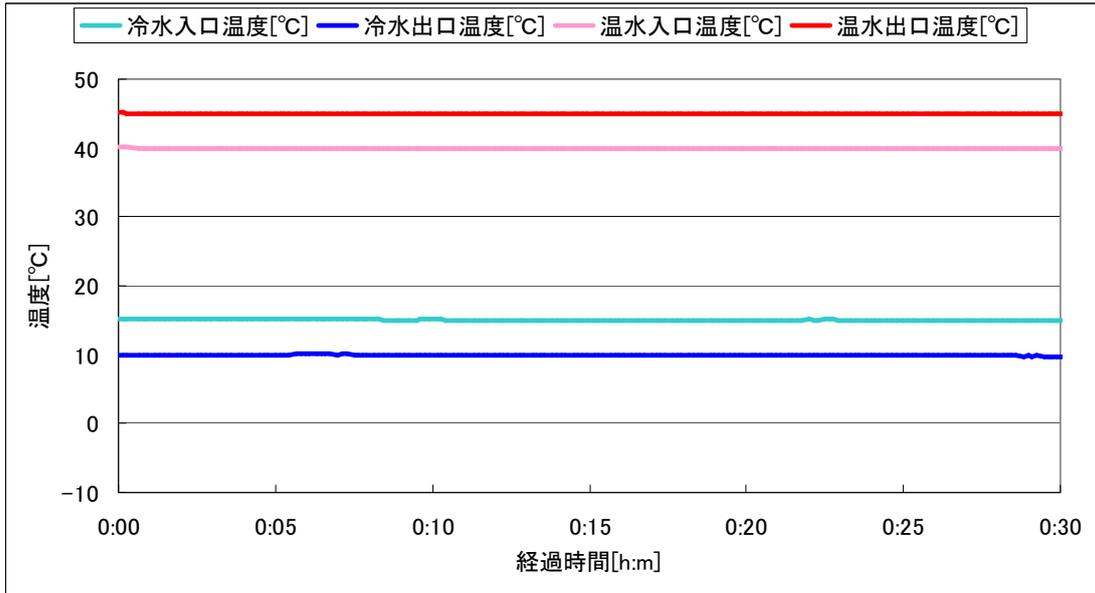


図 6-9 暖房期間の温度条件 1 における各部水温の安定確認

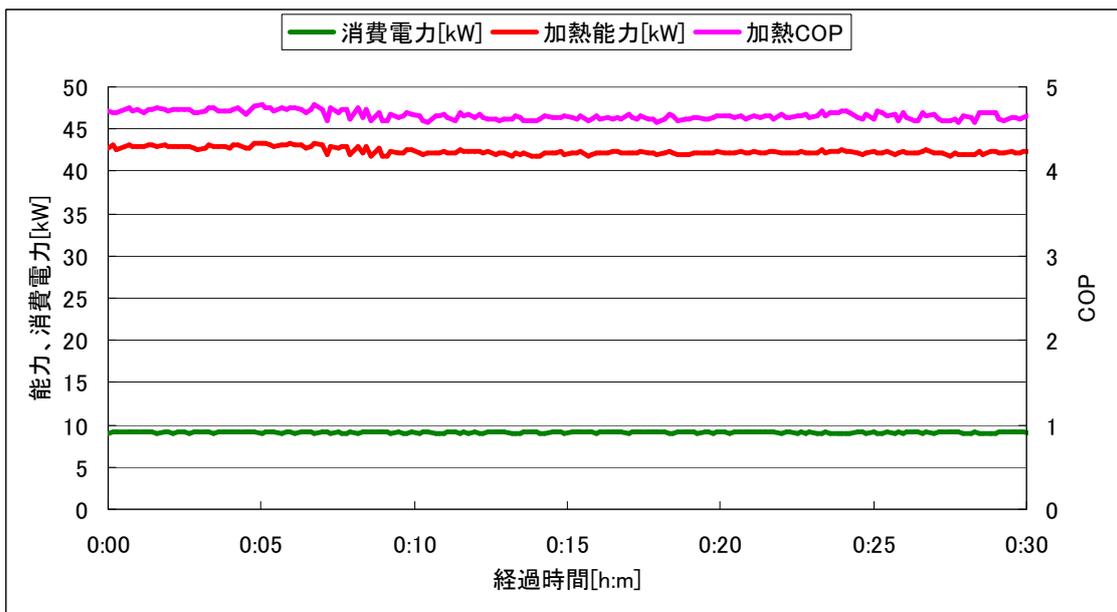


図 6-10 暖房期間の温度条件 1 における COP 測定結果

(5) 暖房期間の温度条件 2 【任意項目】

表 5-3 (詳細版本編 21 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、冷房期間の温度条件 1 における各部水温の安定確認 (測定 1 回目) を図 6-11 (詳細版本編 34 ページ) に、冷房期間の温度条件 1 における COP 測定結果 (測定 1 回目) を図 6-12 (詳細版本編 34 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		1月14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 (°C)	入口温度	10±0.3
試験機種名		ZQH-12.5W12.5			二次側(利用側) 熱媒温度 (°C)	出口温度	5±0.3
						入口温度	40±0.3
						出口温度	45±0.3
試験の回数				1回目			備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	10.1				
	② 出口温度	°C	5.2				
③ 温度差		deg	4.9				②-①
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	78.6				
一次側(熱源側) 熱媒密度 (水)	⑤ 入口	g/cm ³	1.000				
	⑥ 出口	g/cm ³	1.000				
	⑦ 平均	g/cm ³	1.000				
一次側(熱源側) 熱媒比熱 (水)	⑧ 入口	J/g·K	4.192				
	⑨ 出口	J/g·K	4.202				
	⑩ 平均	J/g·K	4.197				
⑪ 地中への排熱量		kW	27				③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	40.0				
	⑬ 出口温度	°C	45.0				
⑭ 温度差		deg	5.0				⑬-⑫
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	109.4				
二次側(利用側) 熱媒密度 (水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.992				
	⑰ 出口	g/cm ³	0.990				
	⑱ 平均	g/cm ³	0.991				
二次側(利用側) 熱媒比熱 (水)	⑲ 入口	J/g·K	4.178				
	⑳ 出口	J/g·K	4.179				
	A 平均	J/g·K	4.179				
B ヒートポンプの生成熱量		kW	38				⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	8.90				
COP		-	4.2				B÷C

※測定値は 30 分間の測定の平均値

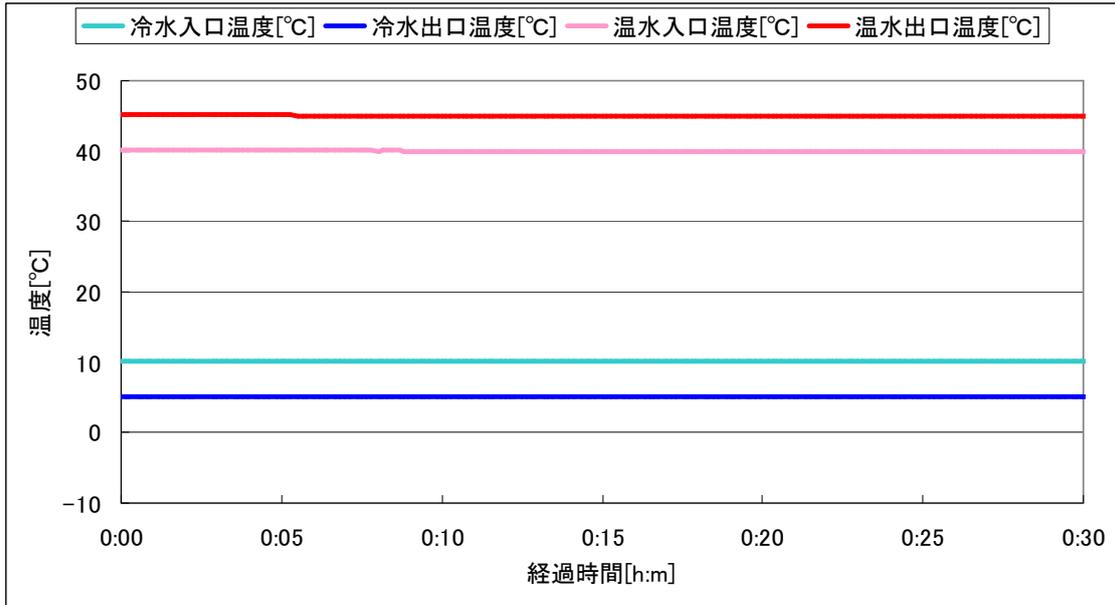


図 6-11 暖房期間の温度条件 2 における各部水温の安定確認

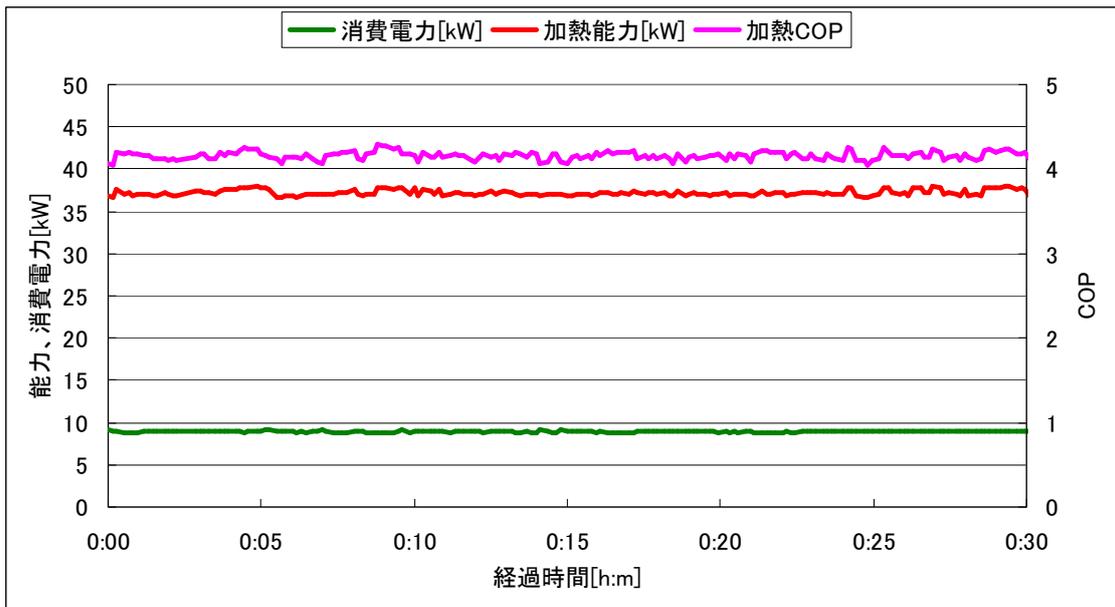


図 6-12 暖房期間の温度条件 2 における COP 測定結果

(6) 暖房期間の温度条件3【任意項目】

表 5-3(詳細版本編 21 ページ)に示した暖房期間の温度条件3での測定結果を表 6-6 に示す。

表 6-6 暖房期間の温度条件3の試験結果整理

試験年月日		1月15日		暖房期間を想定した 温度条件3	一次側(熱源側) 熱媒温度(°C)	入口温度	15±0.3
試験機種名		ZQH-12.5W12.5			二次側(利用側) 熱媒温度(°C)	出口温度	10±0.3
						入口温度	50±0.3
						出口温度	55±0.3
試験の回数				1回目			備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	14.9				
	② 出口温度	°C	10.0				
③ 温度差		deg	4.9				②-①
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	84.3				
一次側(熱源側) 熱媒密度(水)	⑤ 入口	g/cm ³	0.999				
	⑥ 出口	g/cm ³	1.000				
	⑦ 平均	g/cm ³	0.999				
一次側(熱源側) 熱媒比熱(水)	⑧ 入口	J/g·K	4.186				
	⑨ 出口	J/g·K	4.192				
	⑩ 平均	J/g·K	4.189				
⑪ 地中への排熱量		kW	29				③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	50.1				
	⑬ 出口温度	°C	54.9				
⑭ 温度差		deg	4.8				⑬-⑫
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	123.1				
二次側(利用側) 熱媒密度(水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.988				
	⑰ 出口	g/cm ³	0.986				
	⑱ 平均	g/cm ³	0.987				
二次側(利用側) 熱媒比熱(水)	⑲ 入口	J/g·K	4.180				
	⑳ 出口	J/g·K	4.182				
	A 平均	J/g·K	4.181				
B ヒートポンプの生成熱量		kW	41				⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	11.20				
COP		-	3.6				B÷C

※測定値は15分間の測定の平均値

(7) 暖房期間の温度条件4【任意項目】

表 5-3(詳細版本編 21 ページ)に示した暖房期間の温度条件4での測定結果を表 6-7に示す。

表 6-7 暖房期間の温度条件4の試験結果整理

試験年月日		1月15日		暖房期間を想定した 温度条件4	一次側(熱源側) 熱媒温度(°C)		入口温度	10±0.3
試験機種名		ZQH-12.5W12.5			二次側(利用側) 熱媒温度(°C)		出口温度	5±0.3
							入口温度	50±0.3
							出口温度	55±0.3
試験の回数				1回目				備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	① 入口温度	°C	10.0					
	② 出口温度	°C	5.1					
③ 温度差		deg	4.9					②-①
④ 一次側(熱源側)流量		L/min	69.3					
一次側(熱源側) 熱媒密度(水)	⑤ 入口	g/cm ³	1.000					
	⑥ 出口	g/cm ³	1.000					
	⑦ 平均	g/cm ³	1.000					
一次側(熱源側) 熱媒比熱(水)	⑧ 入口	J/g·K	4.192					
	⑨ 出口	J/g·K	4.202					
	⑩ 平均	J/g·K	4.197					
⑪ 地中への排熱量		kW	24					③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫ 入口温度	°C	50.1					
	⑬ 出口温度	°C	55.1					
⑭ 温度差		deg	5.0					⑬-⑫
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量		L/min	104.4					
二次側(利用側) 熱媒密度(水)	⑯ 入口	g/cm ³	0.988					
	⑰ 出口	g/cm ³	0.986					
	⑱ 平均	g/cm ³	0.987					
二次側(利用側) 熱媒比熱(水)	⑲ 入口	J/g·K	4.178					
	⑳ 出口	J/g·K	4.179					
	A 平均	J/g·K	4.179					
B ヒートポンプの生成熱量		kW	36					⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力		kW	11.00					
COP		-	3.3					B÷C

※測定値は15分間の測定の平均値

(8) 暖房期間の温度条件5【任意項目】

表 5-3(詳細版本編 21 ページ)に示した暖房期間の温度条件5での測定結果を表 6-8 に示す。

表 6-8 暖房期間の温度条件5の試験結果整理

試験年月日	1月15日		暖房期間を想定した 温度条件5	一次側(熱源側) 熱媒温度 (°C)	入口温度	15±0.3
試験機種名	ZQH-12.5W12.5			二次側(利用側) 熱媒温度 (°C)	出口温度	10±0.3
				一次側(熱源側) 熱媒密度 (水)	入口温度	60±0.3
					出口温度	65±0.3
試験の回数						
① 入口温度			°C	15.0		
② 出口温度			°C	10.1		
③ 温度差			deg	4.9		②-①
④ 一次側(熱源側)流量			L/min	72.5		
⑤ 入口			g/cm ³	0.999		
⑥ 出口			g/cm ³	1.000		
⑦ 平均			g/cm ³	0.999		
⑧ 入口			J/g・K	4.186		
⑨ 出口			J/g・K	4.192		
⑩ 平均			J/g・K	4.189		
⑪ 地中への排熱量			kW	25		③×④×⑦×⑩÷60
⑫ 入口温度			°C	60.0		
⑬ 出口温度			°C	64.9		
⑭ 温度差			deg	4.9		⑬-⑫
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量			L/min	117.9		
⑯ 入口			g/cm ³	0.983		
⑰ 出口			g/cm ³	0.981		
⑱ 平均			g/cm ³	0.982		
⑲ 入口			J/g・K	4.184		
⑳ 出口			J/g・K	4.187		
A 平均			J/g・K	4.185		
B ヒートポンプの生成熱量			kW	40		⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力			kW	13.70		
COP			-	2.9		B÷C

※測定値は 15 分間の測定の平均値

(9) 暖房期間の温度条件6【任意項目】

表 5-3(詳細版本編 21 ページ)に示した暖房期間の温度条件6での測定結果を表 6-9に示す。

表 6-9 暖房期間の温度条件6の試験結果整理

試験年月日		1月15日		暖房期間を想定した 温度条件6	一次側(熱源側) 熱媒温度(°C)		入口温度	10±0.3
試験機種名		ZQH-12.5W12.5			二次側(利用側) 熱媒温度(°C)		出口温度	5±0.3
							入口温度	60±0.3
							出口温度	65±0.3
試験の回数				1回目				備考
一次側(熱源側) 熱媒温度	①	入口温度	°C	10.1				
	②	出口温度	°C	5.2				
③ 温度差			deg	4.9				②-①
④ 一次側(熱源側)流量			L/min	59.8				
一次側(熱源側) 熱媒密度(水)	⑤	入口	g/cm ³	1.000				
	⑥	出口	g/cm ³	1.000				
	⑦	平均	g/cm ³	1.000				
一次側(熱源側) 熱媒比熱(水)	⑧	入口	J/g·K	4.192				
	⑨	出口	J/g·K	4.202				
	⑩	平均	J/g·K	4.197				
⑪ 地中への排熱量			kW	20				③×④×⑦×⑩÷60
二次側(利用側) 熱媒温度	⑫	入口温度	°C	60.2				
	⑬	出口温度	°C	65.0				
⑭ 温度差			deg	4.8				⑫-⑬
⑮ 二次側(利用側)熱媒流量			L/min	105.5				
二次側(利用側) 熱媒密度(水)	⑯	入口	g/cm ³	0.983				
	⑰	出口	g/cm ³	0.981				
	⑱	平均	g/cm ³	0.982				
二次側(利用側) 熱媒比熱(水)	⑲	入口	J/g·K	4.184				
	⑳	出口	J/g·K	4.187				
	A	平均	J/g·K	4.185				
B ヒートポンプの生成熱量			kW	35				⑭×⑮×⑱×A÷60
C ヒートポンプ(圧縮機)の消費電力			kW	13.50				
COP			-	2.6				B÷C

※測定値は15分間の測定の平均値

6.2 実証試験結果のまとめ【実証項目】エネルギー効率 (COP)

表 6-1 (詳細版本編 24 ページ) ~ 表 6-9 (詳細版本編 38 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。本実証試験で求めた実証項目のうち、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 6-10 及び図 6-13 に示し、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 6-11 (詳細版本編 40 ページ) 及び図 6-14 (詳細版本編 40 ページ) にそれぞれ示す。

表 6-10 【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°C	25°C	30°C
利用側 (二次側) 熱媒*2 出口温度	7°C	6.1	5.3	4.5

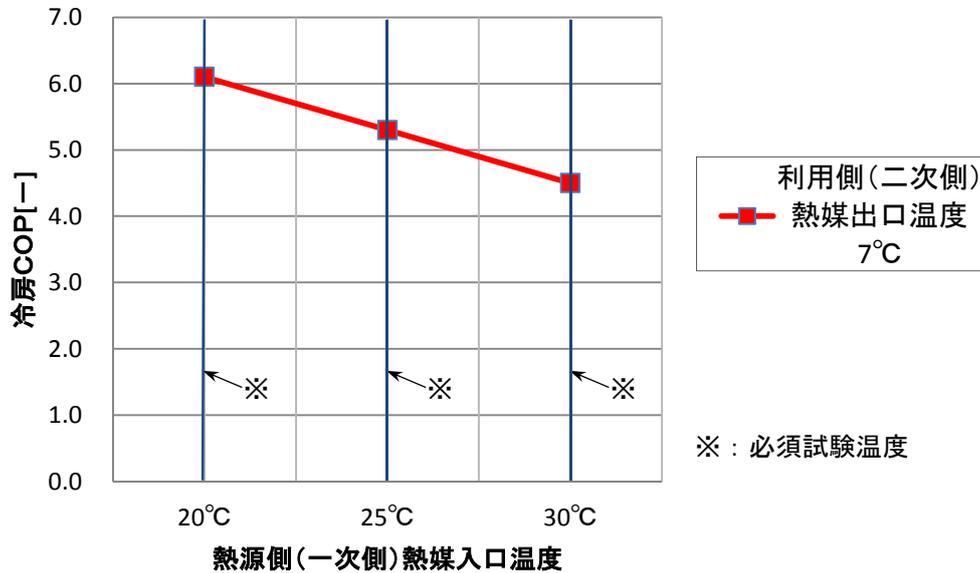


図 6-13 【必須項目】冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP)

* 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)、利用側 (二次側) とともに水。

表 6-11 【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°C	15°C
利用側 (二次側) 熱媒 *2 出口温度	65°C *3	2.6	2.9
	55°C *3	3.3	3.7
	45°C *4	4.2	4.7

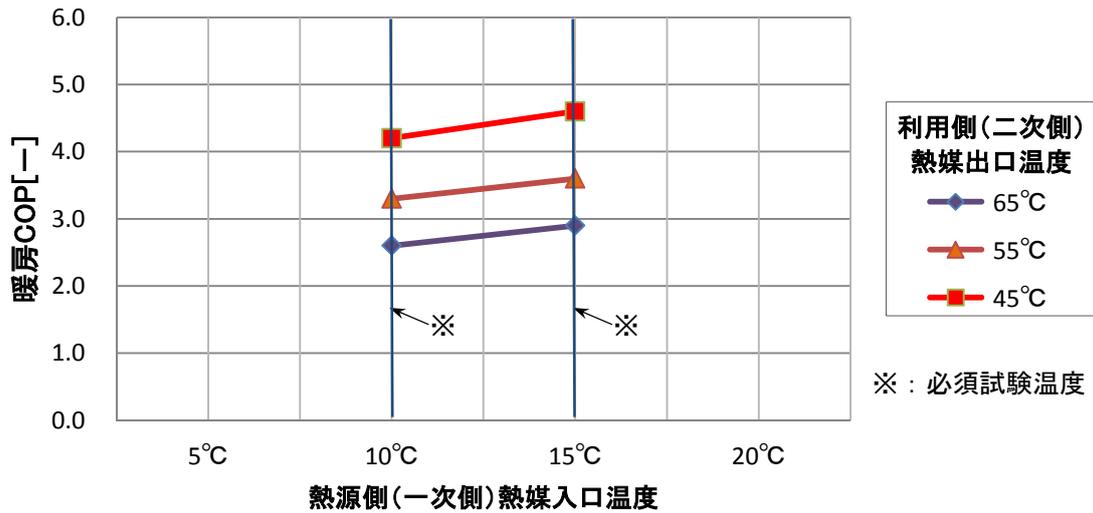


図 6-14 【任意項目】 暖房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率 (冷房 COP)

- * 1 : 各温度条件での測定は 1 回である。
- * 2 : 熱媒は、熱源側 (一次側)、利用側 (二次側) とともに水。
- * 3 : 今回追加した温度条件。
- * 4 : 実証試験要領に定められた温度条件。

6.3 【参考】冷却能力及び加熱能力 (ヒートポンプ生成熱量)

実証項目ではないが、参考として、冷房 COP および暖房 COP の算出に用いた各ヒートポンプ生成熱量 (冷却能力及び加熱能力) を、表 6-12 と表 6-13 に、ヒートポンプ生成熱量特性グラフとして図 6-15 と図 6-16 に示す。

表 6-12 冷却能力 (ヒートポンプ生成熱量)

冷却能力 (ヒートポンプ生成熱量) [kW]		熱源側 (一次側) 熱媒* ¹ 入口温度		
		20℃	25℃	30℃
利用側 (二次側) 熱媒* ¹ 出口温度	7℃	36	34	33

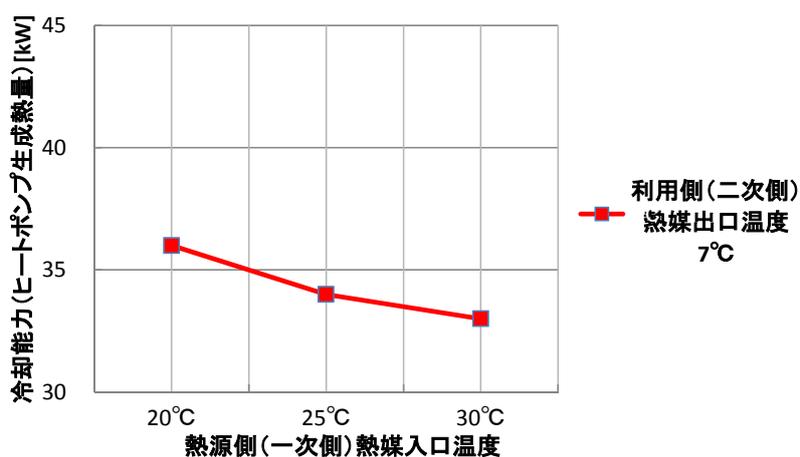


図 6-15 冷却能力 (ヒートポンプ生成熱量)

表 6-13 加熱能力 (ヒートポンプ生成熱量)

加熱能力 (ヒートポンプ生成熱量) [kW]		熱源側 (一次側) 熱媒* ¹ 入口温度	
		15℃	10℃
利用側 (二次側) 熱媒* ¹ 出口温度	45℃	42	38
	55℃	41	36
	65℃	40	35

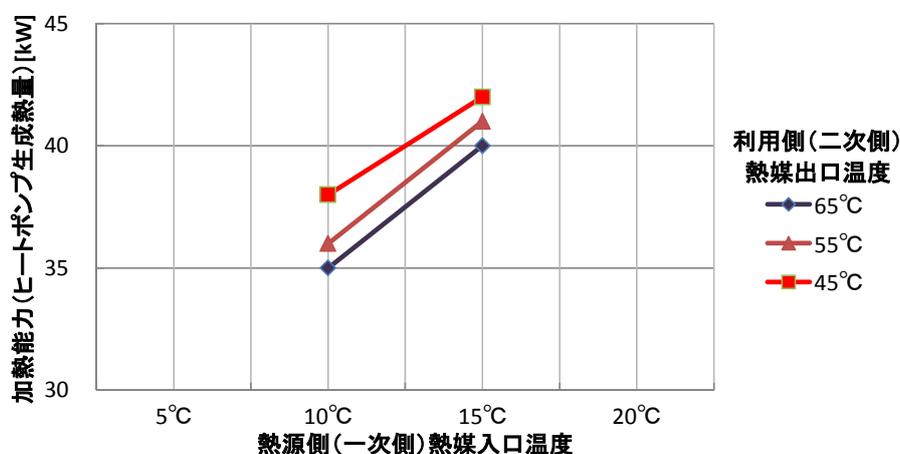


図 6-16 加熱能力 (ヒートポンプ生成熱量)

* 1 : 熱媒は、熱源側 (一次側)、利用側 (二次側) とともに水。

7. 実証試験の品質管理・監査

7.1 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 および 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 7-1 のとおりである。なお、各担当の品質管理及び監査の内容については、表 7-3（詳細版本編 44 ページ）に示す。

表 7-1 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

7.2 試験とデータの品質管理

本実証試験は、実証申請者（ゼネラルヒートポンプ工業株式会社）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える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（ゼネラルヒートポンプ工業株式会社）の本社工場試験設備を使用しても、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（ゼネラルヒートポンプ工業株式会社）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（ゼネラルヒートポンプ工業株式会社）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。

- ・建設大臣許可（般-9）第 17614 号機器製造事業 60 令計保第 63-4
- ・高圧ガス販売事業 60 令第 47-4
- ・冷凍施設工事事業所 B-愛-25
- ・ISO9001 品質マネジメントシステム審査登録（平成 12 年 11 月 16 日）JSAQ949

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。

7.3 実証試験の立会い

実証試験の立会・確認は、平成23年1月14日に試験にあわせて行った。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7-2に示す。

表 7-2 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	総括責任者	笹田政克
		実証試験担当者	小間憲彦

7.4 品質管理の内容

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

表 7-3 品質管理及び監査の内容

対象	品質管理		監査	
	責任者	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、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	<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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。実証機関の総括責任者と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	<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、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	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験期間中に適宜、監査を行った。
測定のトレーサビリティ	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定機器や測定方法は明瞭に記録しており、測定のトレーサビリティを確保した。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書作成時に監査を行った。
データの検証	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定データの整理・解析は実証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	<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、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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。