

環境省

平成29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)

実証報告書

《詳細版》

平成30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
東京都杉並区荻窪 5-29-20

実証単位 : (B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ

実証申請者 : 日本ピーマック株式会社
神奈川県厚木市飯山 3150

実証対象技術 : 水熱源ヒートポンプユニット再生可能エネルギー対応
WD X 2 5 C A

実証番号 : 番号 052—1702

発行日 平成30年4月17日



本実証報告書の著作権は、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	2
3. 実証試験結果	3
4. 実証試験結果の考察	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目的と定義	6
1.2 実証単位の概要	6
1.3 実証単位 (B) の実証目的と実証項目	7
2. 実証機関・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
(参考情報)	16
4. 実証試験場所(実証試験設備)の概要	17
4.1 実証試験設備の概要	17
4.2 測定機器	19
4.3 試験設備と試験中の写真	19
5. 実証試験の内容	21
5.1 実証試験要領の規定	21
5.2 本試験における試験方法	22
6. 実証試験結果	26
6.1 実証試験日程	26
6.2 試験条件のモニター	27
6.3 各温度条件における測定結果の詳細	28
6.4 試験結果のまとめ	32
7. 考察	34
○ 付録	35
1. 地中熱用語集	35
2. 品質管理に関する事項等の情報	38



本実証報告書の著作権は、環境省に属します。

○ 全体概要

実証対象技術	水熱源ヒートポンプユニット再生可能エネルギー対応 WDX25CA
実証申請者	日本ピーマック株式会社
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 東京都杉並区荻窪 5-29-20 (取得している認証等はない)
実証試験期間	平成 29 年 9 月 5 日～9 月 7 日 (試験室での試験期間)

1. 実証対象技術の概要

1.1 地中熱利用と地中熱用ヒートポンプ

地中の温度は一年中ほぼ一定で、夏は外気よりも温度が低く、冬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効率よく冷暖房を行うことができる。また、夏季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。

一般にヒートポンプは、圧縮機、凝縮器、膨張弁、蒸発器とそれらを接続する配管から構成され、冷媒が圧縮、凝縮、膨張、蒸発の四つの過程を繰り返して循環することにより、熱を温度の低いところから高いところへ移動することができる装置である。

1.2 実証対象技術の概要

本実証対象技術は、水熱源ヒートポンプ・再生可能エネルギー対応型である。これは熱源水温度の低温域を拡大させたことにより、再生可能エネルギー（地中熱、地下水等）及び未利用エネルギー（工場、病院、ホテル等の排熱）を冷暖房熱源として有効利用できるものである。特徴は以下のとおり。

- ① ユニットごとに圧縮機を搭載しており、ユニットを利用室ごとに分散配置する。一次側は地中熱交換井に繋がる熱媒循環配管が複数のユニットに繋がっている。二次側は直膨式で、ダクトを使い冷暖の空気を室内に吹き出す。
- ② 冷房時の水温 7℃～45℃、暖房時の水温 5℃～45℃と低水温域での熱源水で運転が可能であり、再生可能エネルギー対応である。
- ③ 空調負荷に応じ、冷房、暖房を内蔵室温サーミスタにより自動で切り替えて運転する。

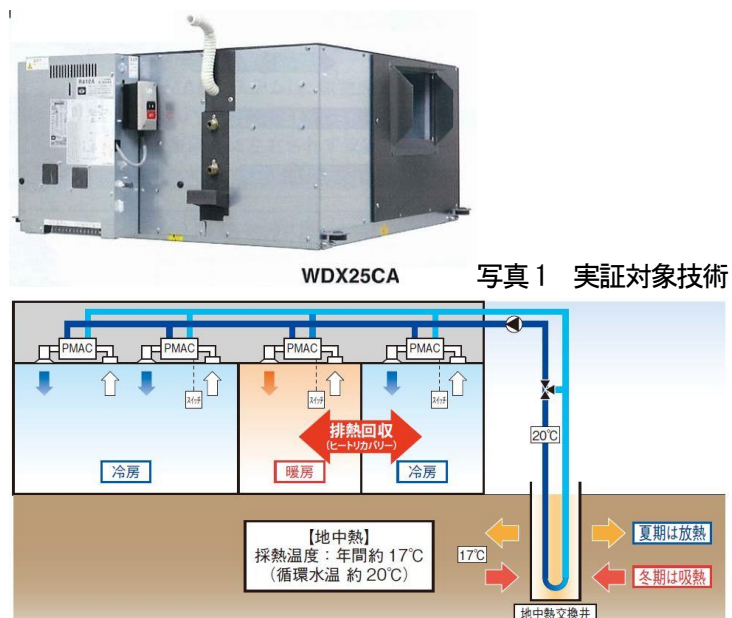


図1 実証対象技術の利用の模式図

(天井の「PMAC」が実証対象技術のヒートポンプ)

表1 実証対象技術 (WDX25CA) の主な仕様

型式	WDX25CA	
名称	水熱源ヒートポンプ・再生可能エネルギー対応型	
電源	三相 200V 50Hz/60Hz	
消費電力	冷房 0.280 (最大 0.680) kW、暖房 0.560 (最大 0.930) kW	
性能	冷房	2.5 (1.5~4.0) kW
	暖房	2.5 (0.9~3.3) kW
外形寸法 高×幅×奥	430×850×850mm	
製品質量	86kg	
圧縮機	形式	全密閉ロータリ型
熱交換器	空気側：プレートフィン型、水側：二重管式	
冷媒	R410A	

仕様の条件：冷房：室内側吸込空気乾球 27℃、湿球 19℃。入口水温 20℃。標準水量 9L/min。

暖房：室内側吸込空気乾球 20℃。入口水温 10℃。標準水量 9L/min。

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

使用した設備は日本ピーマック株式会社所有のもので、通常は同社の製品の試験に使用している。この試験設備は、JIS B8615 に規定されている室形熱量測定装置（試験室）であり、一次側は定温の水を一定量で供給でき、二次側は室内の空気温度・湿度を一定にコントロールできるものである。

試験設備及び各測定項目の測定機器は、以下のように構成されている。

表2 実証試験設備の概要と構成

設置場所	試験設備を構成する主な機器	試験設備を構成する主な測定機器
日本ピーマック株式会社本社工場内	・冷凍機、加熱器、加湿器、冷却コイル ・水槽：1kℓ 1基 ・循環ポンプ ・制御盤 ・試験コントロール記録用パソコン	・水温計（測温抵抗体） ・空気用乾球、湿球温度計 ・電磁流量計 ・電力計 ・データロガー

2.2 実証試験の実証項目

実証試験は実証要領の規定に基づいて実施した。規定されている実証項目は表3のとおりである。なお、今回の暖房試験では、本機種の標準流量で運転可能な温度条件での試験とした。

表3 実証試験の実証項目

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（原則的に水を熱媒とする）
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

温度条件：必須項目は実証要領に規定する温度条件で、任意項目は参考暖房温度条件で試験を行った。

表4 試験の温度条件

	2次側(利用側) 吸込空気温度(℃)		1次側(熱源側) 熱媒温度(℃)		1次側熱媒流量
	乾球温度	湿球温度	入口水温	出口水温	
冷房温度条件1	27	19	20±0.3	25±0.3	標準流量
冷房温度条件2			25±0.3	30±0.3	
冷房温度条件3			30±0.3	35±0.3	
参考暖房温度条件	20	—	10±0.3	7±0.3	標準流量

(1次側熱媒の本機の標準流量は9L/minである。)(参考暖房温度条件は任意の試験)



写真2 試験室の外観



写真3 試験室内の状況

3. 実証試験結果

表5 各条件における冷房エネルギー効率(冷房COP)

温度条件		冷房温度条件1	冷房温度条件2	冷房温度条件3	備考
熱源側(一次側)	入口温度	20℃	25℃	30℃	
	出口温度	25℃	30℃	35℃	
冷房COP[—]		9.20	7.08	5.41	

利用側(二次側) 吸込空気温度：乾球温度27℃、湿球温度19℃。

熱源水流量：9L/min(本機の標準流量)、能力(出力)：2.5kW

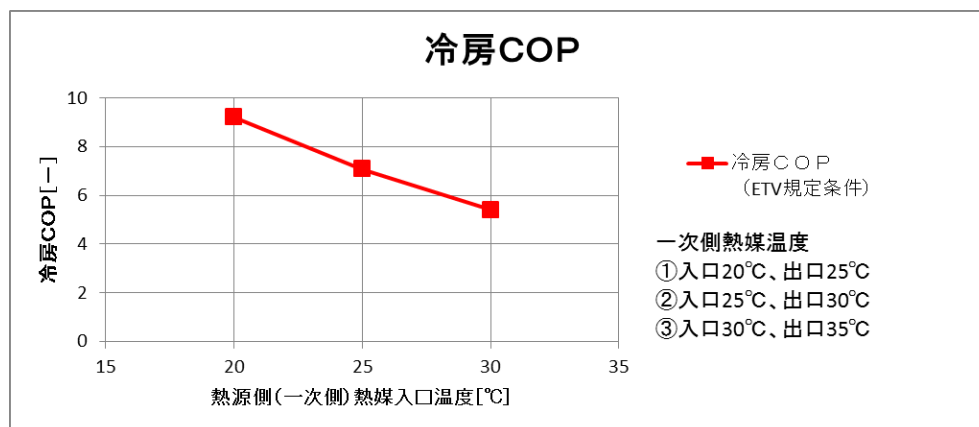


図2 熱媒温度と冷房エネルギー効率(冷房COP)の関係

表 6 参考暖房温度条件における暖房エネルギー効率（暖房 COP）

温度条件		参考暖房温度条件	備考
熱源側（一次側） 熱媒温度	入口温度	10℃	入口温度は ETV 規定の暖房温度条件 2 に相当
	出口温度	7℃	出口温度は ETV 規定外 (出入口温度差と流量は本機の標準条件)
暖房 COP[-]		4.88	

利用側（二次側）吸込空気温度：乾球温度 20℃、湿球温度 ー。

熱源水流量：9L/min（本機の標準流量）、能力（出力）：2.5kW

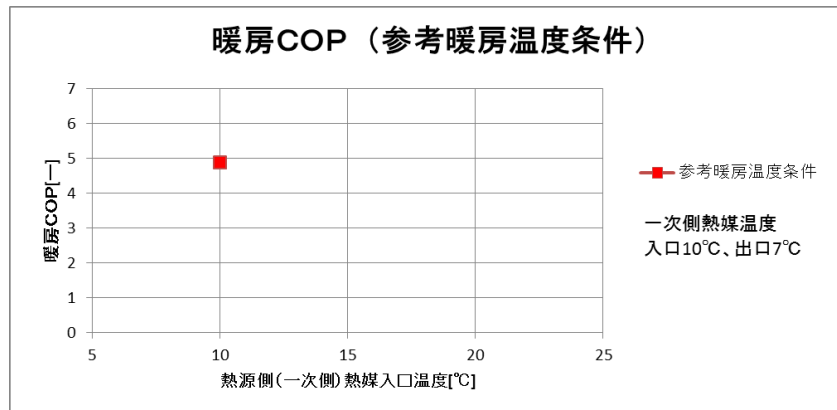


図 3 熱媒温度と暖房エネルギー効率（暖房 COP）の関係（参考暖房温度条件）

（入口温度のみ ETV 規定の暖房温度条件 2 に相当。出入口温度差と流量は本機の標準条件）

実証試験の実績日程は以下のとおりである。

表 7 実証試験の実績日程

項目	期間
試験計画の作成	平成 29 年 6 月 14 日～7 月 10 日
試験方法の確認打合せ	平成 29 年 9 月 4 日
試験室での試験準備	平成 29 年 8 月 28 日～9 月 4 日
試験室での試験	平成 29 年 9 月 5 日～9 月 7 日
試験結果の解析・検討	平成 29 年 9 月 8 日～9 月 14 日
実証報告書の作成	平成 29 年 12 月 11 日～平成 30 年 3 月 16 日

4. 実証試験結果の考察

(1) 本実証対象技術は、多数の部屋を持つ中～大規模建物において地中熱冷暖房を普及させるために新たなシステムの選択肢を与えるもので、今後の地中熱利用の普及に大きく貢献できるものと考えられる。

(2) 実証試験結果は、実証申請者から実証申請時に示された目標値「冷房試験にて入口水温 20℃、標準水量のときに COP が 8 以上」に対して 9.20 が得られており、目標値を満たしている。

この試験結果により、比較対象技術とした通常の冷却水利用のヒートポンプよりも地中熱利用の本実証対象技術のほうが効率の良い運転ができることが実証された。

(3) ETV のこの試験での COP の値はメーカーカタログ記載の COP とは数値が若干異なっている。その理由は、メーカーカタログ記載の性能は JIS に定める試験条件で、熱源水入口温度 20℃、出口温度は任意であるのに対して、ETV の試験条件は熱源水入口温度が 20℃、出口温度を 25℃と規定しているため試験条件が異なっていることによるものであり、COP の値は一致するものではない。

(4) 本実証報告書概要版の内容は、実証申請者の確認を得たものである。

(参考情報)

項 目		実証申請者 記入欄
製品名・型番		水熱源ヒートポンプユニット再生可能エネルギー対応 WDX25CA (英文表記: Water Heat Source Heat Pump Unit Renewable Energy Sourced Type WDX25CA)
製造(販売)企業名		日本ピーマック株式会社 (英文表記: NIPPON PMAC Co., Ltd)
連絡先	TEL/FAX	046-247-1611
	Web アドレス	http://www.pmac.co.jp
	E-mail	
設置条件		事務室、病室、店舗等の天井裏や、機械室に設置する。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		メンテナンス必要。ただし、構造はメンテナンスし易い構造に設計している。中性能フィルターの使用でフィルターの交換周期が1年以上(室内の空気条件による)。修理等により当該ユニットを取り外す際は、柔軟性がある高圧ホースの使用により容易に熱源水配管より取り外すことが可能である。製品寿命は法定耐用年数13年。
施工性		ユニットは工場で作成品として出荷するので、現場での施工工事を簡略化できる。
技術上の特徴		一次側熱源水水温(冷房:7~45℃、暖房 5~45℃)で運転可能。内蔵のサーモセンサーの室温検知により、自動的に冷房、暖房ができる。地中熱の水温が低水温時、高効率運転が可能である。
コスト概算		ユニット定価 117.9 万円(2017,12 現在)

○その他実証申請者からの情報

弊社の製品である水熱源ヒートポンプは、設備設計で各ユニットに一定水量が流れるよう配管設計するため熱源水の水量は一定水量(標準水量)で運転を行う必要があります。
 水量を標準水量以外(変流量等)で運転する場合は、設備工事会社または弊社に別途ご相談ください。

このページに示された情報は、技術広報のために実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○ 本編

1. 実証試験の目的及び概要

1.1 環境技術実証事業の目的と定義

環境技術実証事業の目的と実証の定義は、「平成 29 年度 環境技術実証事業 実施要領」*¹に次のように定められている。

『1. 目的

環境技術実証事業（以下「実証事業」という。）は、既に適用可能な段階にありながら、その環境保全効果、副次的な環境影響、その他環境の観点から重要な性能（以下「環境保全効果等」という。）についての客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、環境保全効果等を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の利用者による技術の購入、導入にあたり、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にすることにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とする。

2. 「実証」の定義

本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。

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

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）実証要領（平成 29 年 6 月 5 日付）」*²に基づいて実施する。

特にこの「実証単位(B)地中熱・下水等専用ヒートポンプ」の実証試験は、定められた試験条件により試験室でヒートポンプの試験を行って成績等を求める点が特徴である。

1.2 実証単位の概要

本技術分野である「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に示す(A)、(B)、(C)の3つの実証単位に分けて実証試験をおこなう。

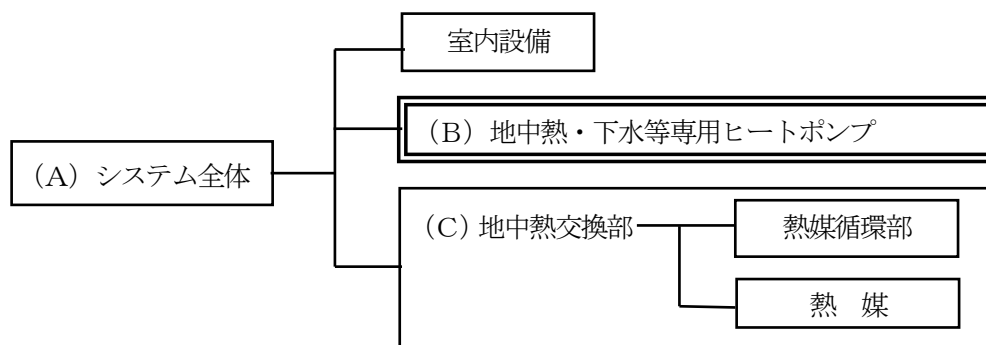


図 1-1 実証対象技術の全体像

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「地中熱や下水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。」と実証要領に定義されている。

- *1 : 環境省総合環境政策局総務課 環境研究技術室 平成 29 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 29 年 6 月 5 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）実証要領』
http://www.env.go.jp/policy/etv/system/page_3.html

1.3 実証単位（B）の実証目的と実証項目

(1) 実証目的

地中熱・下水等専用ヒートポンプ自体の性能の実証を目的としている。

(2) 実証試験方法

実証試験は、試験室において、定められた熱媒温度で熱媒を循環させて、ヒートポンプの生成熱量や消費電力量などを測定する。

(3) 実証単位（B）の実証項目

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（原則的に水を熱媒とする）
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、実証要領に記載された「冷房期間を想定した温度条件におけるエネルギー効率」などの用語は長く文字数が多いので、本実証報告書では表 1-2 に示す用語の省略形を主に用いることとする。

表 1-2 用語の省略形

	実証試験要領に基づく用語	用語の省略形
冷房試験に関するもの	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
	冷房期間を想定した温度条件 「温度条件 1」	冷房温度条件 1
	冷房期間を想定した温度条件 「温度条件 2」	冷房温度条件 2
	冷房期間を想定した温度条件 「温度条件 3」	冷房温度条件 3
	冷房期間を想定した温度条件における運転	冷房運転
暖房試験に関するもの	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
	暖房期間を想定した温度条件 「①の温度条件」	暖房温度条件 1
	暖房期間を想定した温度条件 「②の温度条件」	暖房温度条件 2
	暖房期間を想定した温度条件における運転	暖房運転
参考の試験条件に関するもの (ETV 規定外の試験条件)	暖房期間を想定した温度条件で、参考の温度条件	参考暖房温度条件

2. 実証機関・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に示すとおりである。

実証機関は、技術の実証に関して、実証対象技術の選定、実証計画作成、実証試験実施、実証報告書作成等について責任を持って実施する機関である。

実証申請者は実証対象技術の製造販売事業者である。

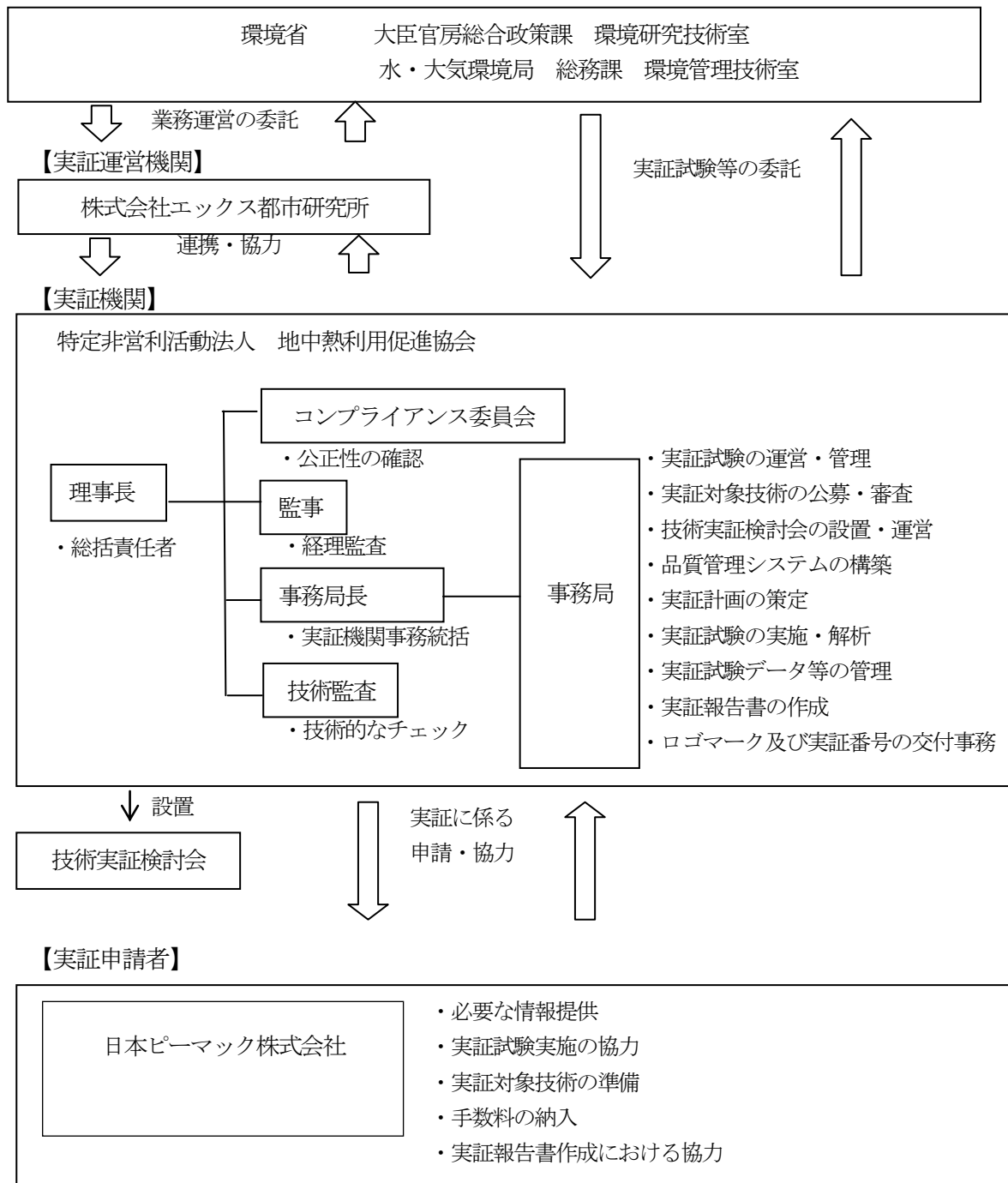


図2-1 実証試験に参加する組織

表 2-1 実証試験参加者と責任分掌

区分	実証試験参加組織	責任分掌	参加者
実証機関	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会	実証試験の運営・管理	笹田政克 宮崎眞一 小間憲彦 赤木誠司 安田博和 安原暉之
		実証対象技術の公募・審査資料作成	
		技術実証検討会の運営	
		品質管理システムの構築	
		実証計画の策定	
		実証試験の実施・解析	
		実証試験データ・情報の管理	
		実証報告書の作成	
		その他実証要領で定められた業務	
		内部監査の総括	後藤 文彦
		実証試験の技術的監査	安川香澄
		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	日本ピーマック株式会 社	実証機関への必要な情報提供と協力	斉藤 寧 五十嵐俊夫
		実証対象技術の準備と関連資料の提供	
		手数料の納入	
		既存の性能データ等の提供	
		実証試験における試験作業	
		実証報告書の作成における協力	

なお、必要な試験設備は、実証要領の規定を満たす実証申請者の設備を借りて実施し、計測データ整理、データ解析は実証機関が行った。

表 2-2 実証機関に関する情報

名称	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会
所在地	東京都杉並区荻窪 5-29-20
e-mail	geohpajs@geohpaj.org
実証機関が取得している認証等	なし

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、蒸発器とそれらを接続する配管から構成され、その中に充填された冷媒が圧縮、凝縮、膨張、蒸発の四つの過程（ヒートポンプサイクル）を順次繰り返しながら、循環することにより、熱を温度の低いところから高いところへ移動させる装置である。凝縮側と蒸発側の温度差が小さいと消費電力は少なくなり、エネルギー効率は向上する。地中の温度は、外気温に比べ夏は低く、冬は高いため、地中を夏季の放熱源、冬季の採熱源として利用すれば、年間を通して効率の良い冷暖房ができる。また、冷房時の排熱は地中に放出して、外気中に放出しないため、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

本実証対象技術の特徴は、多数の部屋で地中熱利用冷暖房をする場合に、一台の大きなヒートポンプで多数の部屋に冷温水や冷媒を回すのではなく、部屋ごとに小型のヒートポンプを設置して部屋ごとに冷暖房をコントロールするものである。このために、地中熱交換井を循環して戻ってきた熱媒（水）を、配管を通じて部屋ごとのヒートポンプに供給するシステムとなっている。この部屋ごとに個別に設置するヒートポンプが本実証対象技術である。（図 3-1 参照）

実証申請者（日本ピーマック株式会社）では、冷房運転時は冷却塔、暖房運転時は補助ボイラ等の温熱源を熱源装置とし、ヒートポンプは各部屋ごとに設置するシステムとして、水熱源ヒートポンプユニットを製作していたが、本実証対象技術は熱源装置として地中熱交換井を用いるように設計し直し「再生可能エネルギー対応」として開発したものである。これは熱源水温度の低温域を拡大させたことにより、再生可能エネルギー（地中熱、地下水等）及び未利用エネルギー（工場、病院、ホテル等の排熱）を冷暖房熱源として有効利用できるものである。

特徴は以下のとおり。

① ヒートポンプの種類：水対空気ヒートポンプ

再生可能エネルギー対応 天吊ユニット/ダクトタイプ

②性能：冷房 2.5kW （室温 27°CDB/19°CWB、熱源水入口水温 20°C、標準水量）

暖房 2.5kW （室温 20°CDB、熱源水入口水温 10°C、標準水量）

③ ユニットごとに圧縮機を搭載しており、ユニットを利用室ごとに分散配置する。一次側は地中熱交換井に繋がる熱媒循環配管が複数のユニットに繋がっている。二次側は直膨式で、ダクトを使い冷暖の空気を室内に吹き出す。

④ 冷房時の水温 7°C～45°C、暖房時の水温 5°C～45°Cと低水温域での熱源水で運転が可能であり、再生可能エネルギー対応である。

⑤ 空調負荷に応じ、冷房、暖房を内蔵室温サーミスタにより自動で切り替えて運転する。

⑥ 同一地中熱交換井につながる系統中に暖房の部屋と冷房の部屋がある場合は、排熱回収運転ができ、エネルギー効率は非常によくなる。

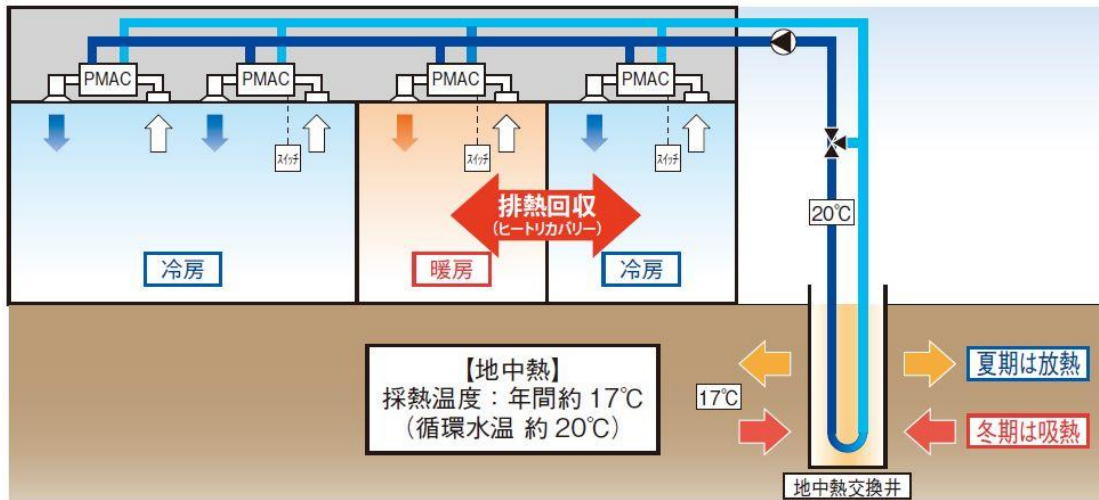


図 3-1 実証対象技術の設置と利用の模式図
 (天井の「PMAC」が実証対象技術のヒートポンプ)



写真 3-1 実証対象技術の写真

(2) 実証対象技術の仕様

表 3-1 実証対象技術（WDX25CA）の主な仕様

型式	WDX25CA	
名称	水熱源ヒートポンプ・再生可能エネルギー対応型	
電源	三相 200V 50Hz/60Hz	
消費電力	冷房 0.280 (最大 0.680) kW、暖房 0.560 (最大 0.930) kW	
性能	冷房：2.5 (1.5～4.0) kW、暖房：2.5 (0.9～3.3) kW	
外形寸法 高×幅×奥	430×850×850mm	
製品質量	86kg	
圧縮機	形式	全密閉ロータリ型
熱交換器	空気側：プレートフィン型、水側：二重管式	
冷媒	R410A	

仕様の条件：冷房：室内側吸込空気乾球 27℃、湿球 19℃。入口水温 20℃。標準水量 9L/min。

暖房：室内側吸込空気乾球 20℃。入口水温 10℃。標準水量 9L/min。

表 3-2 実証対象技術 (WDX25CA) の詳細仕様

仕様書

型式 WDX25CA M (再生可能エネルギー対応型)

No. WDX25CA-0010

項 目			単 位	仕 様
性 能 ※1	冷 房 能 力		kW	2.5 (1.5～4.0)
	暖 房 能 力		kW	2.5 (0.9～3.3)
	エネルギー消費効率	定 格 冷 房	—	8.93
		定 格 暖 房	—	4.46
冷 暖 平 均		—	6.70	
電 源			V/Hz	三相200V 50Hz／60Hz
電 気 特 性 ※1	冷 房	消 費 電 力	kW	0.280 (最大0.680)
		運 転 電 流	A	1.0 (最大2.2)
		力 率 ※2	%	81
	暖 房	消 費 電 力	kW	0.560 (最大0.930)
		運 転 電 流	A	1.8 (最大2.9)
		力 率 ※2	%	90
最 大 運 転 電 流			A	4.50
コンプレッサ	型 式		—	全密閉ロータリ型
	定 格 出 力 × 台 数		kW	0.7×1
送 風 装 置	フ ァ ン 型 式 × 台 数		—	シロッコファン×1
	風 量		m ³ /min	急：10、強：8、弱：6.5
	機 外 静 圧		Pa	50、高静圧：75
	ファンモータ定格出力		kW	0.06
熱 源 水	入口温度(年間任意) ※3		—	冷房：20 (7～45)、暖房：10 (5～45)
	水 量		L/min	9
	水 圧 損 失		kPa	33
保 有 水 量			L	0.87
空 気 側 熱 交 換 器			—	プレートフィン型
水 側 熱 交 換 器			—	二重管式
冷 媒 (GWP値) ・ 封 入 量			kg	R410A (2090) ・ 0.82
保 護 装 置	コ ン プ レ ッ サ		—	サーモスタット、カレントトランス
	フ ァ ン モ ー タ		—	DC過電流、オーバーヒート
	冷 凍 サ イ ク ル		—	高圧スイッチ
	制 御 回 路		—	ヒューズ
	そ の 他		—	ドレンセンサ
配 管 接 続 部	熱 源 水 入 口		—	Rc3／4 (PT20Aめねじ)
	熱 源 水 出 口		—	Rc3／4 (PT20Aめねじ)
	ド レ ン 出 口		—	R1 (PT25Aおねじ)
電 源 接 続 部			—	押釦開閉器 (過電流保護付 定格電流5A)
運 転 音 ※4	冷 房		dB (PWL)	ダクト吸込：50、ダクト吹出：53、ケーシング放射：49
	暖 房		dB (PWL)	ダクト吸込：50、ダクト吹出：53、ケーシング放射：50
外 形 寸 法	高 さ ・ 幅 ・ 奥 行		mm	430 ・ 850 ・ 850
製 品 質 量 ※5			kg	86
本 体 付 属 品			ボールバルブ、熱源水ホース、ドレンポンプ、ドレンホース、ドレン接続アダプタ、フィルタ(比色法65%)	
工 事 用 付 属 品 (別 送 品)				

注記

★ 冷暖房能力及び電気特性表示は、JIS B 8616:2015及びJRA 4002:2013Rに準拠した値です。

1. 冷房能力及び電気特性は、室内側吸込空気乾球27℃、湿球19℃、入口水温20℃、標準水量、風量急運転時の値です。(※1)

暖房能力及び電気特性は、室内側吸込空気乾球20℃、入口水温10℃、標準水量、風量急運転時の値です。(※1)

2. 力率の値は総合力率です。(※2)

3. 機外静圧の中にはフィルタの圧損は含まれません。(ダクト設計はフィルタ圧損分を考慮してください。)

フィルタは初期圧損9Paです。

4. 冷暖フリーの水温範囲は7~45℃です。(※3)

5. 運転音(音響パワーレベル)は、JIS B 8616:2015及びJRA 4002:2013Rに準拠した値です。(※4) 音圧レベル(SPL)は表1の値となります。

表1に示す値は、ユニット直下1.5mの無響室データです。運転条件は、弊社標準条件、定格及び最大出力、急風運転時です。

6. 本製品には漏電遮断器(高調波対応品)を必ず設置ください。選定については技術資料「インバータユニットへの電源供給について」をご参照ください。

7. 製品質量には、ボールバルブ、熱源水ホースは含まれていません。(※5)

8. 本仕様書は標準仕様での内容を記載しています。

9. 仕様は改良により変更することがあります。

表1.音圧レベル(SPL)

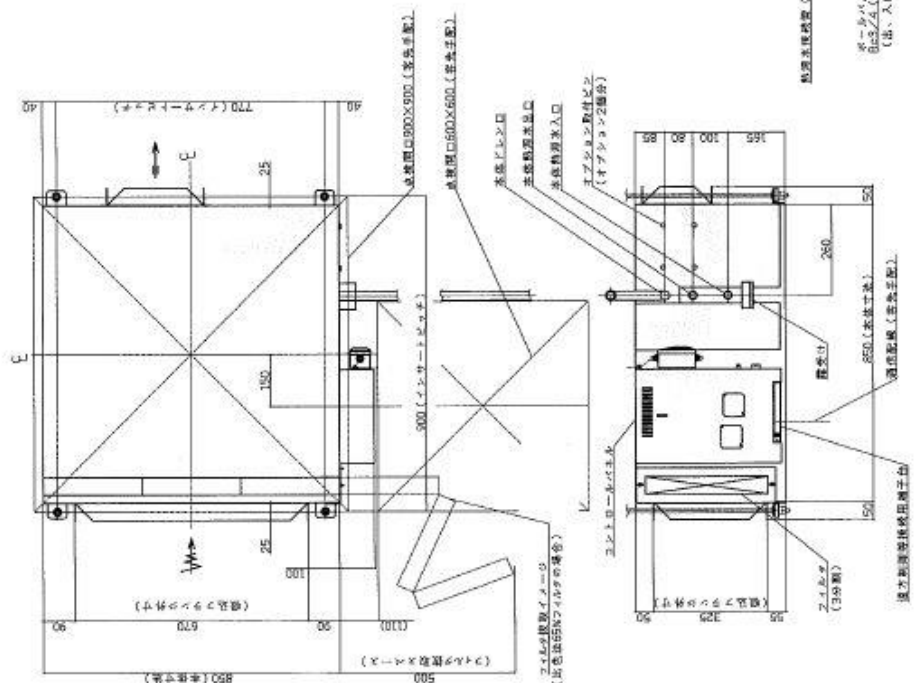
運転状態	dB(A)	NC
冷房(定格/最大)	28.5/32.5	21.0/25.0
暖房(定格/最大)	28.5/30.5	21.5/22.0

日本ピーマック株式会社

(三相200V)

性	能	単位	WDX25CA
冷房	能力	kW	2.5(1.5~4.0)
暖房	能力	kW	2.5(0.9~3.3)
エネルギー			
消費効率	冷房		8.93
	暖房		4.46
	冷暖平均		6.70

《再生可能エネルギー対応》



注 記

1. 本体直下の天井面に本体交換用点検口(900×900以上)を用意してください。
点検口が設けられない場合には、本体交換が可能な天井仕上げて施工してください。
2. 又、本体の通常メンテナンスベースとして図に示す点検口を施工し、周囲及び下部と
も障害物等のないように施工してください。
3. ポールバルブ・熱源水ホース・ドレン接続アダプタ・電源線・計装線の接続は客先にて施工
をお願いします。
4. 又、バルブ、ドレン接続部等は点検口より手のとどく位置に施工してください。
5. ドレンホースはトラップにならず、引に張り過ぎないようにしてください。
6. ドレン配管の勾配は、1/100以上で施工してください。
7. 熱源水配管は水温範囲に応じて、適宜保温してください。
8. 熱源水配管は、圧力開閉器が上下左右に100mm位移動できるように施工してください。
9. 1次側電源は、圧力開閉器が上下左右に100mm位移動できるように施工してください。
10. 熱源水(15℃以下)の通水は、必ず通電後行ってください。通電前に長時間通水すると
ドレンポンプが稼働できず、結露水による漏水の危険があります。

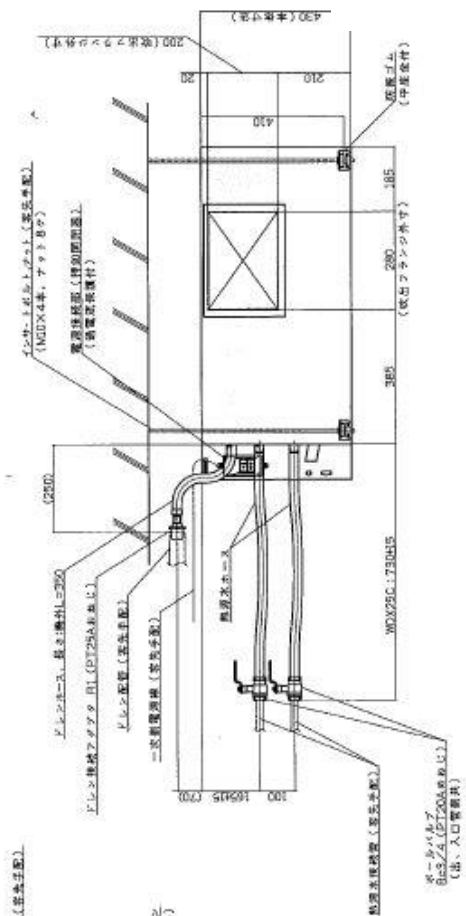


図 3-2 実証対象技術外形寸法図 (WDX25CA)

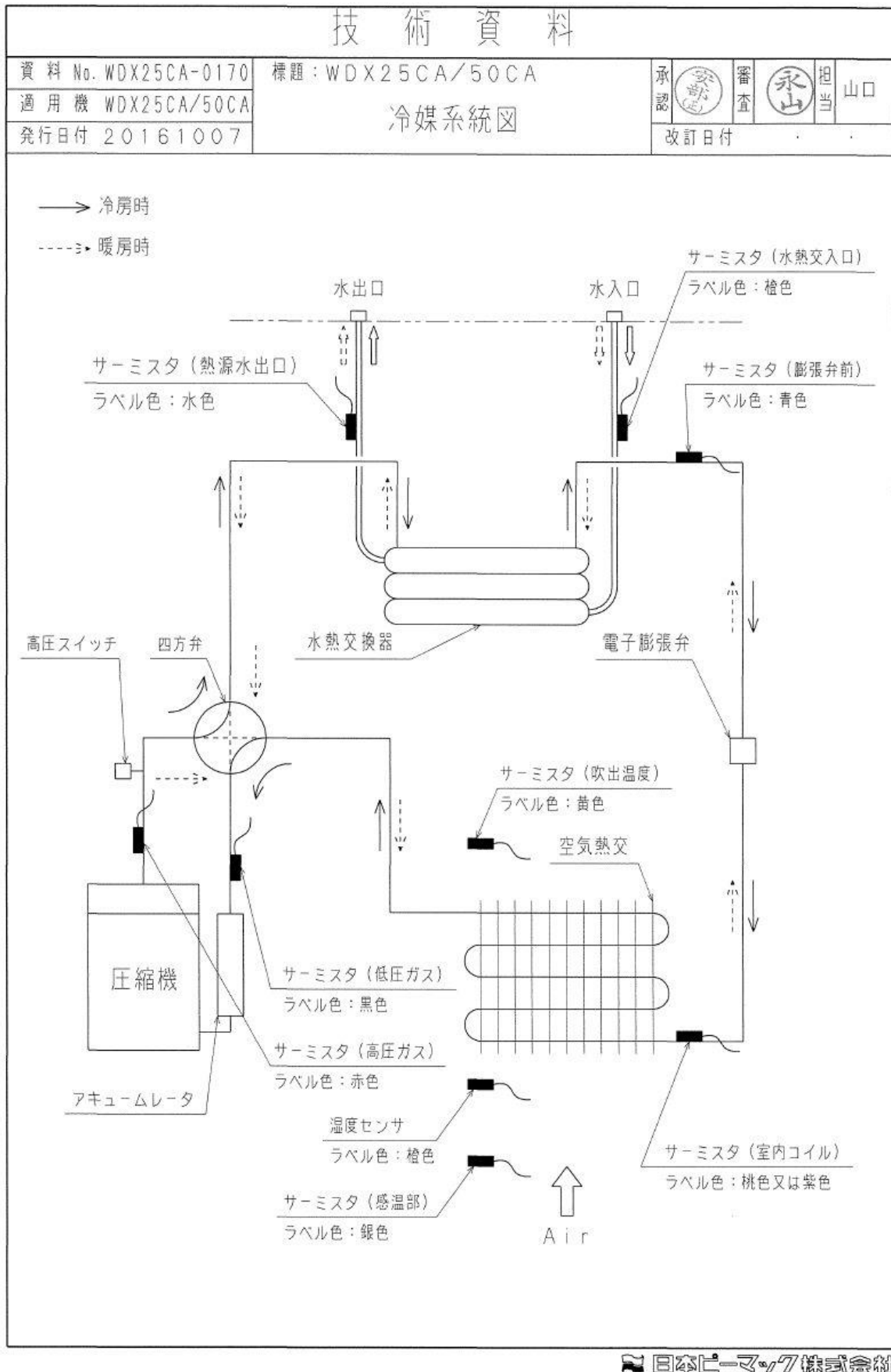


図 3-3 実証対象技術の構造 (冷媒系統図)

(3) 本実証対象技術についての実証試験の目的

本実証試験では、実証単位(B)の実証項目について、実証要領に示された試験方法と試験条件で試験を行い、その性能としてエネルギー効率 (COP) を実証することが目的である。

(4) 目標値と比較可能な技術

実証申請者は実証申請時に目標値と比較可能な技術を示すことになっている。実証申請者によって示された目標値と比較可能な技術は次のとおり。

目標値： 冷房試験にて入口水温 20℃、標準水量のときに COP が 8 以上。

比較可能な技術： 冷却塔で放熱した冷却水を熱源とする水熱源ヒートポンプユニット。具体的には、同社の同じ製品シリーズの中の、能力が同じで仕様が「標準仕様」の機種とする。

実証申請者作成の製品カタログではこれらについて次の数値が掲載されている。

	比較対象技術とするもの：	本実証対象技術：
	WDX25CA 標準仕様 (冷却水利用の仕様)	WDX25CA 再生可能エネルギー仕様
定格冷房 COP	4.90	8.93
試験条件	室内側吸込空気乾球 27℃、湿球 19℃。標準水量。	
	熱源水入口水温 32℃	熱源水入口水温 20℃

注) 比較対象技術として挙げた「WDX25CA 標準仕様」は実証対象技術である「WDX25CA 再生可能エネルギー仕様」と同一製品である。しかし、空調システムとして、冷却水の一次側の放熱技術を地中熱交換器としているか冷却塔としているかが異なることによってエネルギー消費量が異なり、成績係数(COP)も異なるものである。比較対象技術の熱源水入口温度が 32℃であるのは、標準仕様では熱源水の入口温度を冷却塔の冷却水出口温度の基準値に合わせて 32℃としているためである。

(参考情報)

項 目		実証申請者 記入欄
製品名・型番		水熱源ヒートポンプユニット再生可能エネルギー対応 WDX25CA (英文表記: Water Heat Source Heat Pump Unit Renewable Energy Sourced Type WDX25CA)
製造(販売)企業名		日本ピーマック株式会社 (英文表記: NIPPON PMAC Co., Ltd)
連絡先	TEL/FAX	046-247-1611
	Web アドレス	http://www.pmac.co.jp
	E-mail	
設置条件		事務室、病室、店舗等の天井裏や、機械室に設置する。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等		メンテナンス必要。ただし、構造はメンテナンスし易い構造に設計している。中性能フィルターの使用でフィルターの交換周期が1年以上(室内の空気条件による)。修理等により当該ユニットを取り外す際は、柔軟性がある高圧ホースの使用により容易に熱源水配管より取り外すことが可能である。製品寿命は法定耐用年数13年。
施工性		ユニットは工場で作成品として出荷するので、現場での施工工事を簡略化できる。
技術上の特徴		一次側熱源水水温(冷房:7~45℃、暖房 5~45℃)で運転可能。内蔵のサーモセンサーの室温検知により、自動的に冷房、暖房ができる。地中熱の水温が低水温時、高効率運転が可能である。
コスト概算		ユニット定価 117.9 万円(2017,12 現在)

○その他実証申請者からの情報

弊社の製品である水熱源ヒートポンプは、設備設計で各ユニットに一定水量が流れるよう配管設計するため熱源水の水量は一定水量(標準水量)で運転を行う必要があります。水量を標準水量以外(変流量等)で運転する場合は、設備工事会社または弊社に別途ご相談ください。

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. 実証試験場所（実証試験設備）の概要

4.1 実証試験設備の概要

(1) 試験場所

実証試験に使用した試験設備は、日本ピーマック株式会社の本社工場に設置してある試験設備である。実証試験設備の所在地を表 4-1 に示す。

表 4-1 実証試験設備の所在地

使用設備	室形熱量測定装置（試験室）
実施場所	日本ピーマック株式会社 本社工場
設備所在地	神奈川県厚木市飯山 3150 番地

(2) 試験設備

本実証試験に使用した日本ピーマック株式会社所有の試験設備は、通常は同社の製品の試験に使用しているものである。

試験設備は、JIS B8615 に規定されている室形熱量測定装置（試験室）である。一次側は定温の水を一定量で供給でき、二次側は室内の空気温度・湿度を一定にコントロールできるものである。試験装置の概略図を図 4-1 に示す。

試験設備は試験室と試験室外の機器からなる。試験室は室全体が断熱を施された密閉空間である。試験室内には実証対象技術である試験対象のヒートポンプが据えられ、このヒートポンプの運転によって試験室内には冷気または暖気が吹き出されるが、試験室内の空気の温度と湿度は試験室内外に置かれた冷凍機、加湿器、加熱器等によって常に二次側の試験条件の温度と湿度に保たれる。試験対象のヒートポンプの一次側は試験室外に置かれた水槽と配管でつながっている。試験対象のヒートポンプの運転によって一次側熱媒（水）は加熱または冷却されるが、水槽には加熱器や冷凍機がついており一次側熱媒の入口温度は常に試験条件の温度に保たれる。試験室内外には所要の計測器が付けられており、試験室外の制御盤とコントロール用パソコンによって試験条件が設定され、測定結果が記録される。

試験設備は、主に表 4-2 に示す機器で構成されている。

表 4-2 実証試験設備の概要と構成

設置場所	試験設備を構成する主な機器	試験設備を構成する主な測定機器
日本ピーマック株式会社本社工場内	・ 冷凍機、加熱器、加湿器、冷却コイル ・ 水槽：1kℓ 1 基 ・ 循環ポンプ ・ 制御盤 ・ 試験コントロール記録用パソコン	・ 水温計（測温抵抗体） ・ 空気用乾球、湿球温度計 ・ 電磁流量計 ・ 電力計 ・ データロガー

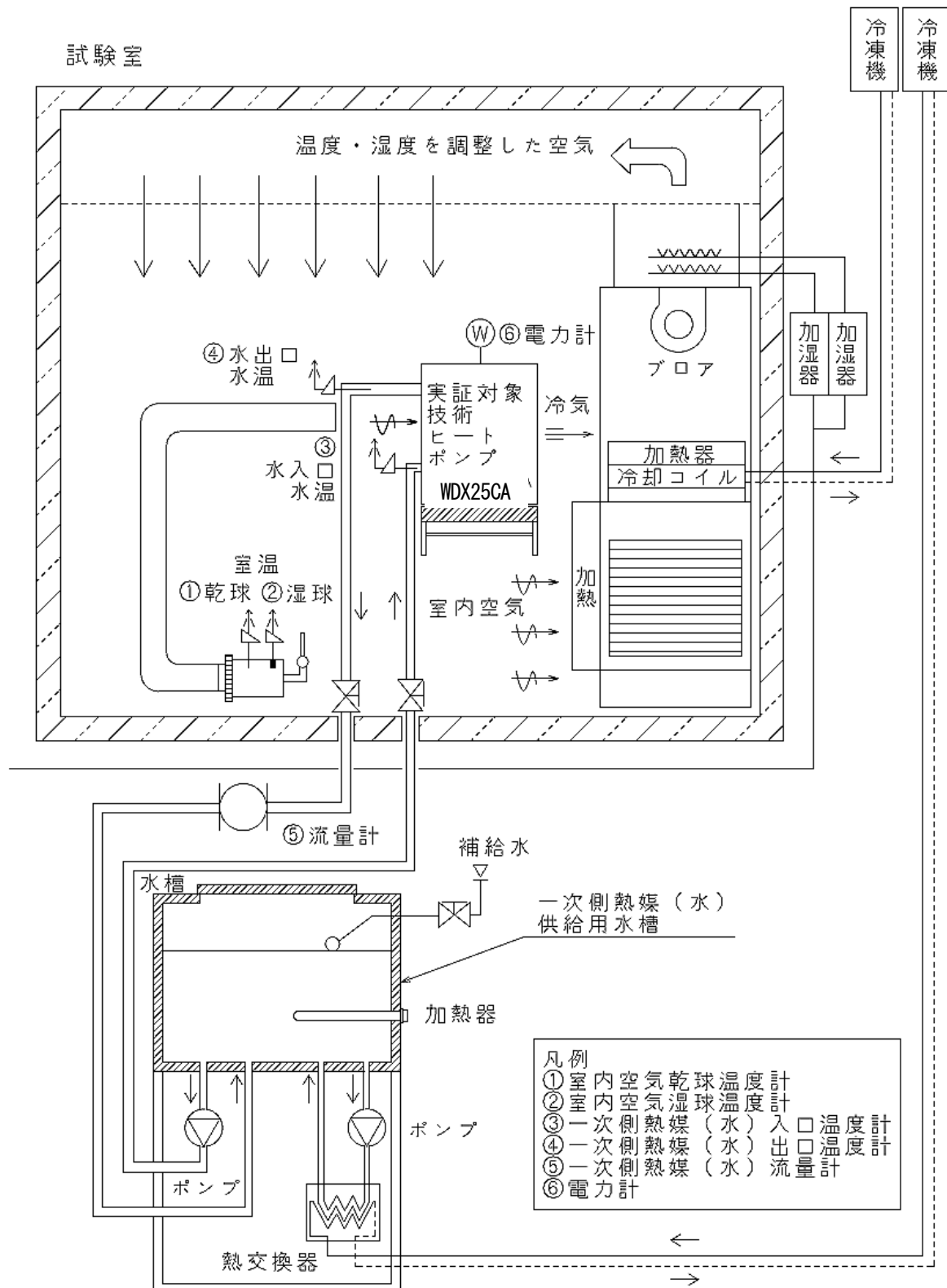


図 4-1 実証試験装置概略図

4.2 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。

表 4-3 試験装置の計測器

測定項目	測定器	メーカー	型式、仕様	精度
室内空気乾球温度	測温抵抗体	(株)チノー	R220-10SP(6.4φ150 乾球温度) Pt100Ω JISA 級	±0.15℃
室内空気湿球温度	測温抵抗体	(株)チノー	R220-10SP(6.4φ150 湿球温度) Pt100Ω JISA 級	±0.15℃
一次側水温 (水入口、水出口)	測温抵抗体	(株)チノー	1NRHS3-0(6.4φ1000mm) Pt100Ω JISA 級	±0.15℃
一次側水流量	電磁流量計	東京計測(株)	EGM 1100C	±0.5% of rdg
HP 消費電力	デジタル AC メーター	日置電気(株)	3331-01	±0.5%
各測定値	データロガー	(株)チノー	KE3000	±0.1%±digit

(2) 測定機器の精度の確認

試験装置の計測器は校正したものを用いた。校正日は全て 2015 年 10 月 6 日である。

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。

*実証試験要領 (平成 29 年 6 月 5 日付) p.47 第 10 章 1. 1.1 データ品質管理の方法 表 16 参照。
 これらの計測器は、実証試験要領に定められている精度規定を満たしている。

4.3 試験設備と試験中の写真



写真 4-1 試験室の外観

H.30年4月17日

実証単位(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ (H29)

水熱源ヒートポンプユニット再生可能エネルギー対応 WDX25CA

日本ピーマック株式会社



写真 4-2 試験室の内部



写真 4-3 実証対象技術のヒートポンプ、二次側吸込み空気温度の測定装置



写真 4-4 一次側熱媒（水）の定温設定用の水タンクとポンプ、流量計（試験室外に設置）

5. 実証試験の内容

5.1 実証試験要領の規定

実証試験要領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、一般的なこととして、ヒートポンプで作られた熱の利用方式は、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（水またはブライン）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、冷媒の熱を直接空気に伝えて室内に吹き出す直膨式なので、冷房期間を想定した温度条件は、直膨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 p.33、34 から関係する箇所を抜粋・引用して示す。

3 実証単位(B)「地中熱・下水等専用ヒートポンプ」の実証

3.1 実証項目

実証単位(B)「地中熱・下水等専用ヒートポンプ」における実証項目を以下の表 5-1 に示す。

なお、実証対象システムの「騒音」や「低周波音」について、実証機関が認める方法で試験を行った場合には、参考値として実証試験結果報告書に掲載することができる。

表 5-1 地中熱・下水等専用ヒートポンプの実証項目

必須 or 任意	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（原則的に水を熱媒とする）
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）

※実証対象システムの「騒音」や「低周波音」について、実証機関が認める方法で試験を行った場合には、参考値として実証試験結果報告書に掲載することができる。

3.2 実証の考え方

冷房期間を想定した温度条件に関して、間接式のものを表 5-2 に、直膨式のものを表 5-3 に示す。

利用側の各温度条件は、間接式ヒートポンプの場合は JIS B 8613（ウォータチリングユニット）における「冷却能力試験」、直膨式の場合は JIS B 8615-1（エアコンディショナー第 1 部：直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ一定格性能及び運転性能試験方法）の「冷房能力試験」における条件を採用している。

熱源側の各温度条件は、地中熱を想定した値を採用しており、間接式、直膨式、いずれも全ての温度条件において試験を行わなければならない。

なお、試験方法に関しては、「3.3 実証方法」に基本的な規定を示すが、それ以外の特記がない試験条件に関しては、JIS B 8613、JIS B 8615-1(2013)及び JIS B8616(2015)（パッケージエアコンディショナ）附属書 C に準拠するものとする。また、当要領に示す規定での試験が難しい場合は、JIS B 8613、JIS B 8615-1(2013)及び JIS B8616(2015)における規定を参考として、試験方法を検討するものとする。

表 5-2 冷房期間を想定した温度条件（間接式の場合）

	2 次側（利用側）熱媒温度（℃）		1 次側（熱源側）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

※表中の公差は、試験中の温度変動許容差である。

表 5-3 冷房期間を想定した温度条件（直膨式の場合）

	2 次側（利用側）吸込空気温度（℃）		1 次側（熱源側）熱媒温度（℃）	
	乾球温度	湿球温度	入口水温	出口水温
温度条件 1	27	19	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

なお、暖房期間を想定した場合の温度条件は、原則的に JIS B 8613 における「加熱能力試験」、直膨式の場合は JIS B8616(2015)の「暖房能力試験」に準拠するものとする。ただし、一次側（熱源側）熱媒温度は、地中熱を想定した値として、①入口水温 15℃／出口水温 10℃、②入口水温 10℃／出口水温 5℃の 2 条件を必須とする。

5.2 本試験における試験方法

(1) 準拠する規定

実証対象技術は二次側直膨式である。実証試験要領の「3.3 実証方法」に記載があるのは二次側間接式の場合のみで、二次側直膨式のヒートポンプの試験方法は記載がない。したがって、実証試験要領 p.33 の『なお、試験方法に関しては、「3.3 実証方法」に基本的な規定を示すが、それ以外の特記がない試験条件に関しては、JIS B 8613、JIS B 8615-1(2013)及び JIS B8616(2015)（パッケージエアコンディショナ）附属書 C に準拠するものとする。』の規定に従い、二次側直膨式のヒートポンプの試験方法を規定する JIS B8616(2015)附属書 C に準拠して試験した。

(2) 試験方法

JIS B8616(2015)附属書 C の p.76 の「C.2.2.1.2 試験に対する要求事項」には「全熱冷房能力の測定には、水側熱量計法（C.2.6 参照）を用いてもよい。」と、p.78 の「C.2.3.1.2 試験に対する要求事項」には「暖房能力の測定には、水側熱量計法（C.2.6 参照）を用いてもよい。」と書いてあるので、実証対象技術の試験方法は「水側熱量計法」を用いて試験した。

JIS B8616(2015)附属書 C で「水側熱量計法」を規定している「C.2.6 水側熱量計法」は次のとおりである。

C.2.5 試験結果

能力試験の測定値の記録には、機器の水側熱交換器の通水量、入口温度及び出口温度を加える。

C.2.6 水側熱量計法

C.2.6.1 一般

C.2.6.1.1

水側熱量計法では、機器の水側熱交換器の出入口水温、並びにそのときの通水量及び機器の消費電力を測定することによって、能力を決定する。

C.2.6.1.2

水側熱量計法は、次の場合適用してはならない。

- a) 水側熱交換器が断熱されないで室外側にある場合
- b) 圧縮機が断熱されないで室外側にある場合

C.2.6.2 測定方法

C.2.6.2.1

水温の測定は、次による。

- a) 水温測定装置の例は、図 C.1 による。温度測定計器の検出部を、水中又は循環水配管の中に挿入されている保護管の中に直接入れ、水に接触するようにして、機器のできるだけ近い位置で測定する。
- b) 棒状温度計を浸せきする場合、浸せき線があるものはその位置まで、ないものについては温度計の直径の 10 倍の位置まで浸せきする。

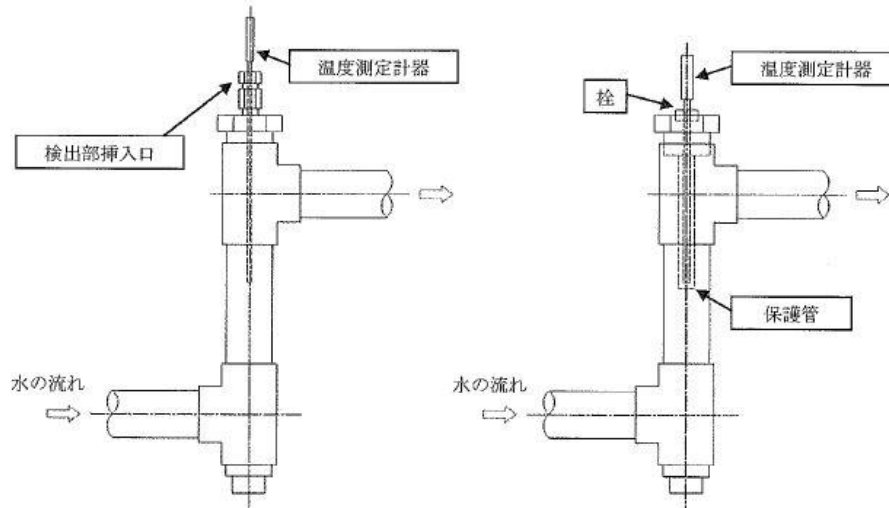


図 C.1－水温測定装置（例）

C.2.6.2.2

水側熱交換器を流れる通水量の測定に用いる流量計は、記録式、指示式又は積算式のいずれかとし、流量計は機器の接続部近くに設置する。

C.2.6.2.3

測定機器の配置の例は、図 C.2 による。

80

B 8616 : 2015

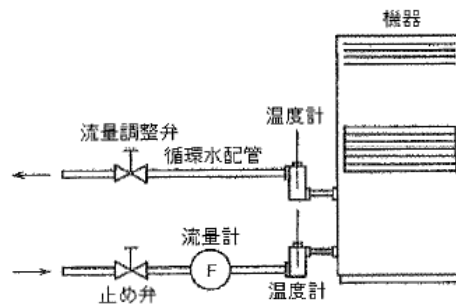


図 C.2-水側熱量計法機器配置 (例)

C.2.6.3 試験方法

空気調整装置、水側装置及び機器が標準定格条件で定常状態に達してから、1 時間以上運転した後、30 分間以上測定を行う。

C.2.6.4 冷暖房能力算出方法

冷暖房能力は、次による。

a) 冷房能力 冷房能力は、次の式(C.1)で算出する。

$$\phi_{tcw} = C_{pw} \times W_w \times (t_{w4} - t_{w3}) - P_t \quad \text{..... (C.1)}$$

b) 暖房能力 暖房能力は、次の式(C.2)で算出する。

$$\phi_{thw} = C_{pw} \times W_w \times (t_{w3} - t_{w4}) + P_t \quad \text{..... (C.2)}$$

ここに、
 ϕ_{tcw} : 水側熱交換器の熱交換量から算出した全冷房能力 (W)
 W_w : 機器の水側熱交換器の通水量 (kg/s)
 t_{w3} : 機器の水側熱交換器の入口水温 (°C)
 t_{w4} : 機器の水側熱交換器の出口水温 (°C)
 ϕ_{thw} : 水側熱交換器の熱交換量から算出した全暖房能力 (W)
 C_{pw} : 水の比熱 [J/(kg・°C)]
 P_t : 機器の総合消費電力 (W)

(3) 試験の温度条件

本ヒートポンプは直膨式なので、冷房期間を想定した温度条件は、実証要領の規定に従って実施した。

暖房期間を想定した温度条件の試験は、実証要領に定める 1 次側（熱源側）熱媒温度の入口温度と出口温度の温度差 5°C の条件は、本実証対象技術の標準運転条件に合致せず、無理な運転条件となる。また、実証要領では暖房運転の試験は任意項目となっている。これらのことから本実証試験では、暖房温度条件の試験は本実証対象技術の標準運転条件である温度差 3°C での試験とし、試験結果は参考暖房温度条件として示した。具体的な試験の温度条件は表 5-4 に示す。

表 5-4 冷房及び暖房期間を想定した温度条件

	2 次側 (利用側) 吸込空気温度 (°C)		1 次側 (熱源側) 熱媒温度 (°C)		1 次側熱媒流量
	乾球温度	湿球温度	入口水温	出口水温	
冷房温度条件 1	27	19	20±0.3	25±0.3	標準流量
冷房温度条件 2			25±0.3	30±0.3	
冷房温度条件 3			30±0.3	35±0.3	
参考暖房温度条件	20	—	10±0.3	7±0.3	標準流量

(1 次側熱媒の本機の標準流量は 9L/min である。)

(4) 使用する熱媒

試験に使用する 1 次側熱媒は、水とした。

(5) 試験手順

冷房運転と暖房運転の試験は、試験設備により熱媒（水）を循環させて、温度と流量が試験条件に合うように調整しながら、1 次側（水側）熱媒供給装置及び実証対象技術が標準定格条件で定常状態に達した後、1 時間以上運転を行い、測定を開始後 30 分以上経ってから、熱媒温度が安定したことを確認した後、5 分後、10 分後、15 分後に熱媒温度、熱媒流量、消費電力などの測定を行った。試験結果の数値は 3 回の平均をとった。

(6) 試験の実施

本実証試験の実施に当たっては、実証機関の担当者が試験設備を確認するとともに、試験作業は実証申請者と共に行い、公正性を確保した。

6. 実証試験結果

6.1 実証試験日程

実証の実績日程は、試験計画、試験実施、解析検討等を含めて次の日程で実施した。表 6-1、図 6-1 に示す。

表 6-1 実証試験の実績日程

項目	期間
試験計画の作成	平成 29 年 6 月 14 日～7 月 10 日
試験方法の確認打合せ	平成 29 年 9 月 4 日
試験室での試験準備	平成 29 年 8 月 28 日～9 月 4 日
試験室での試験	平成 29 年 9 月 5 日～9 月 7 日
試験結果の解析・検討	平成 29 年 9 月 8 日～9 月 14 日
実証報告書の作成	平成 29 年 12 月 11 日～平成 30 年 3 月 16 日

	平成 29 年							平成 30 年		
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
試験計画の作成	6/14 ←→	7/10								
試験方法の確認打合せ				9/4 ◆						
試験室での試験準備			8/28 ←→	9/4						
試験室での試験				9/5-9/7 ◆						
試験結果の解析・検討				9/8-9/14 ↔						
実証報告書の作成							12/11 ←→			3/16

図 6-1 実証試験実施日程線図

6.2 試験条件のモニター

実証試験中の測定装置の画面表示の例を図 6-2 に示す。

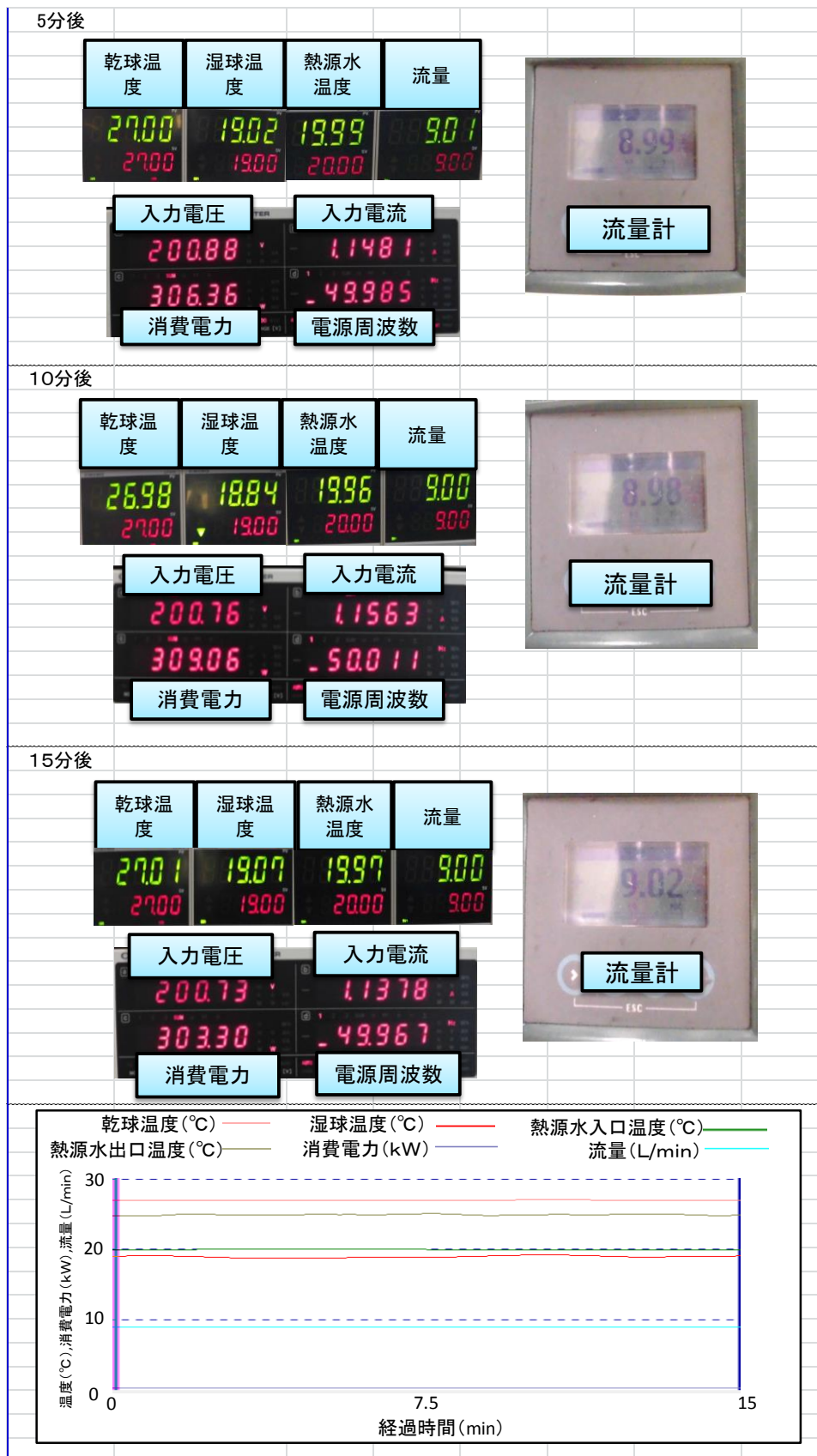


図 6-2 測定時の計測器の表示例 (冷房温度条件 1 の例)

6.3 各温度条件における測定結果の詳細

(1) 冷房温度条件の試験結果

冷房期間を想定した温度条件 1、2、3 での測定結果を表 6-2、6-3、6-4 に、各水温の安定確認のグラフを図 6-3、6-4、6-5 に、それぞれ示す。

表 6-2 冷房温度条件 1 の試験結果整理

試験年月日	平成29年9月5日	冷房期間を想定した 温度条件1				入口温度	20±0.3
試験機種	WDX25CA					出口温度	25±0.3
熱源水 温度(°C)							
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(Hz)		40	40	40	40		
空気温度	乾球温度(°C)	27.00	26.98	27.01	27.00		
	湿球温度(°C)	19.03	18.83	19.07	18.98		
熱源水温度	①入口温度(°C)	19.98	19.99	19.96	19.98		
	②出口温度(°C)	24.92	24.94	24.93	24.93		
③温度差(deg)		4.94	4.95	4.97	4.95	②-①	
④熱源水 流量(L/min)		9.00	9.00	9.00	9.00		
⑤水の密度(g/cm³)		0.997	0.997	0.997	0.997		
⑥水の比熱(kcal/kg・°C)		0.998	0.998	0.998	0.998		
入力電圧(V)		200.7	200.8	200.7	200.7		
入力電流(A)		1.15	1.14	1.14	1.14		
⑦消費電力(kW)		0.31	0.30	0.30	0.30		
⑧能力(kW) (体積流量)		2.79	2.81	2.82	2.81	③×④×60÷860-⑦	
⑨能力(kW) (質量流量)		2.78	2.79	2.80	2.79	③×④×60×⑤×⑥÷860-⑦	
⑩COP		8.97	9.30	9.33	9.20	⑨÷⑦	

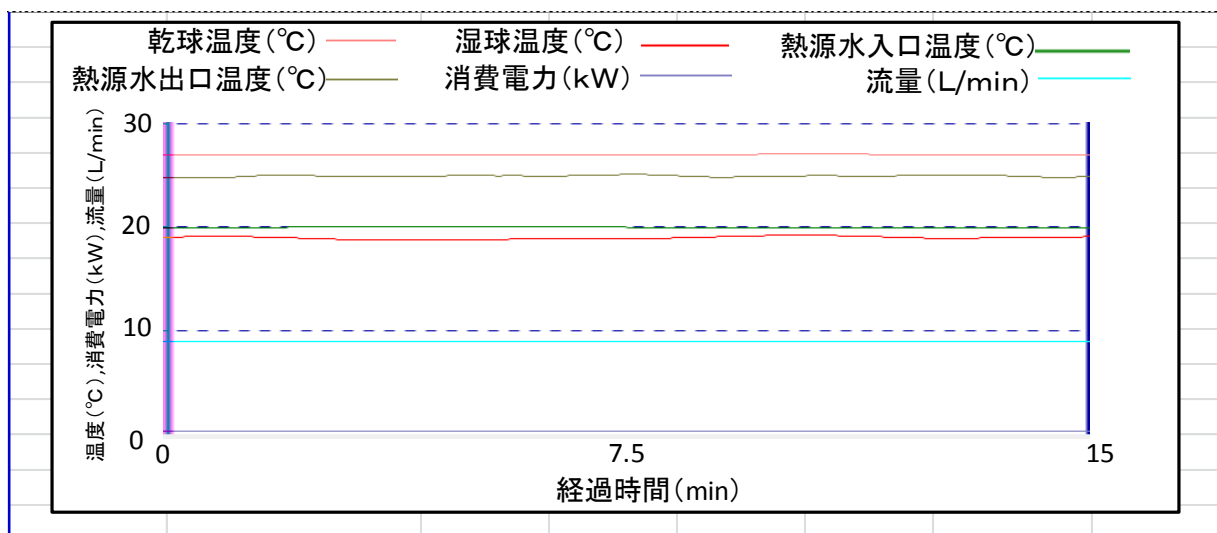


図 6-3 各水温の安定確認

表 6-3 冷房温度条件2の試験結果整理

試験年月日	平成29年9月5日	冷房期間を想定した 温度条件2			熱源水 温度(°C)	入口温度	25±0.3
試験機種	WDX25CA					出口温度	30±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(Hz)		42	42	42	42		
空気温度	乾球温度(°C)	27.00	27.00	26.99	27.00		
	湿球温度(°C)	18.99	18.98	18.99	18.99		
熱源水温度	①入口温度(°C)	25.05	24.94	24.93	24.97		
	②出口温度(°C)	29.97	29.88	29.84	29.90		
③温度差(deg)		4.92	4.94	4.91	4.92	②-①	
④熱源水 流量(L/min)		9.00	9.00	9.00	9.00		
⑤水の密度(g/cm³)		0.996	0.996	0.996	0.996		
⑥水の比熱(kcal/kg・°C)		0.998	0.998	0.998	0.998		
入力電圧(V)		200.4	200.4	200.3	200.4		
入力電流(A)		1.35	1.35	1.34	1.35		
⑦消費電力(kW)		0.38	0.38	0.38	0.38		
⑧能力(kW) (体積流量)		2.71	2.72	2.70	2.71	③×④×60÷860-⑦	
⑨能力(kW) (質量流量)		2.69	2.70	2.68	2.69	③×④×60×⑤×⑥÷860-⑦	
⑩COP		7.08	7.11	7.05	7.08	⑨÷⑦	

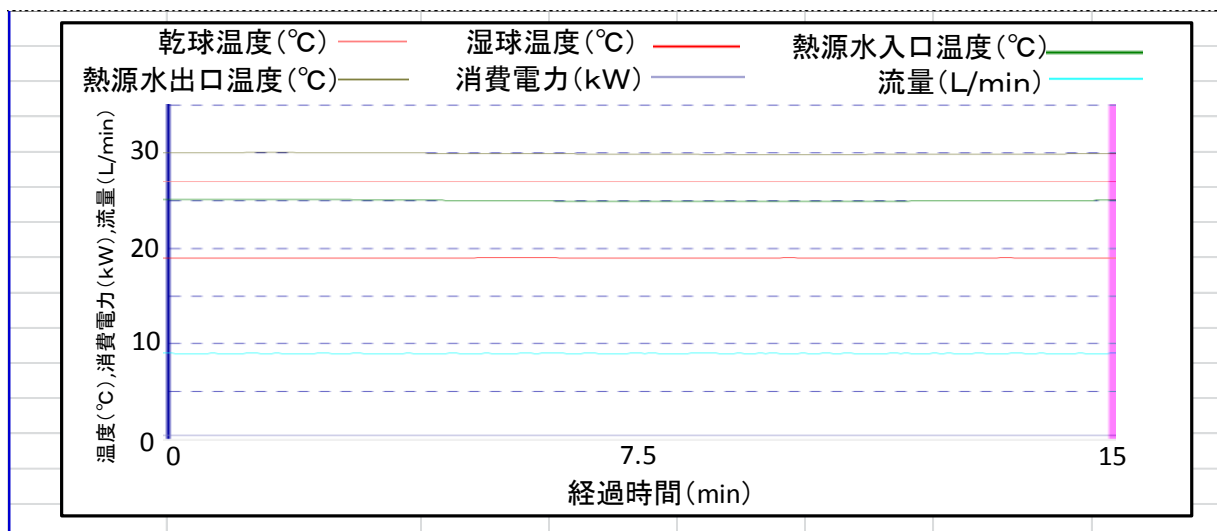


図 6-4 各水温の安定確認

表 6-4 冷房温度条件 3 の試験結果整理

試験年月日	平成29年9月6日	冷房期間を想定した 温度条件3				入口温度	30±0.3
試験機種	WDX25CA					出口温度	35±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(Hz)		45	45	45	45		
空気温度	乾球温度(°C)	27.00	27.01	27.00	27.00		
	湿球温度(°C)	18.98	19.02	19.07	19.02		
熱源水温度	①入口温度(°C)	29.99	29.97	29.97	29.98		
	②出口温度(°C)	35.02	35.01	35.04	35.02		
③温度差(deg)		5.03	5.04	5.07	5.05	②-①	
④熱源水 流量(L/min)		9.00	9.00	9.00	9.00		
⑤水の密度(g/cm³)		0.994	0.994	0.994	0.994		
⑥水の比熱(kcal/kg・°C)		0.998	0.998	0.998	0.998		
入力電圧(V)		200.5	200.5	200.5	200.5		
入力電流(A)		1.61	1.6	1.61	1.61		
⑦消費電力(kW)		0.49	0.49	0.49	0.49		
⑧能力(kW) (体積流量)		2.67	2.67	2.69	2.68	③×④×60÷860-⑦	
⑨能力(kW) (質量流量)		2.64	2.65	2.67	2.65	③×④×60×⑤×⑥÷860-⑦	
⑩COP		5.39	5.41	5.45	5.41	⑨÷⑦	

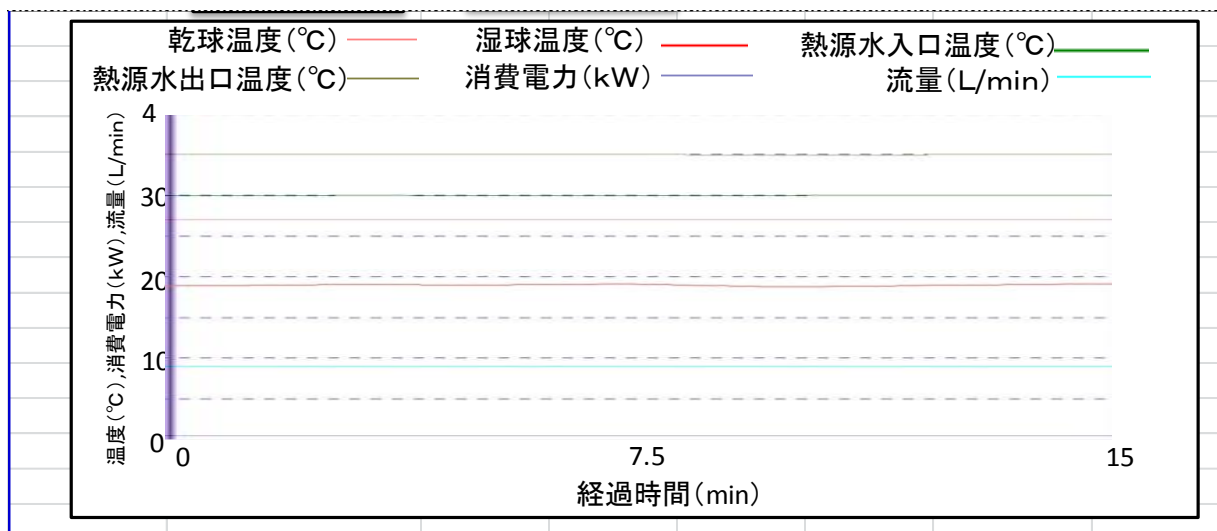


図 6-5 各水温の安定確認

(2) 暖房参考温度条件の試験結果

暖房期間の参考暖房温度条件での測定結果を表 6-5 に、各水温の安定確認のグラフを図 6-6 に、それぞれ示す。

表 6-5 参考暖房温度条件の試験結果整理

試験年月日	平成29年9月7日	参考暖房温度条件				熱源水 温度(°C)	入口温度	10±0.3
試験機種	WDX25CA						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(Hz)		45	45	45	45			
空気温度	乾球温度(°C)	20.00	20.00	20.01	20.00			
	湿球温度(°C)	11.61	11.60	11.61	11.61			
熱源水温度	①入口温度(°C)	10.04	9.98	10.02	10.01			
	②出口温度(°C)	7.02	6.96	6.99	6.99			
③温度差(deg)		3.02	3.02	3.03	3.02	①-②		
④熱源水 流量(L/min)		9.00	9.00	9.00	9.00			
⑤水の密度(g/cm³)		1.000	1.000	1.000	1.000			
⑥水の比熱(kcal/kg・°C)		1.004	1.004	1.004	1.004			
入力電圧(V)		200.4	200.5	200.5	200.5			
入力電流(A)		1.63	1.63	1.63	1.63			
⑦消費電力(kW)		0.49	0.49	0.49	0.49			
⑧能力(kW) (体積流量)		2.39	2.39	2.39	2.39	③×④×60÷860+⑦		
⑨能力(kW) (質量流量)		2.39	2.39	2.40	2.39	③×④×60×⑤×⑥÷860+⑦		
⑩COP		4.88	4.88	4.90	4.88	⑨÷⑦		

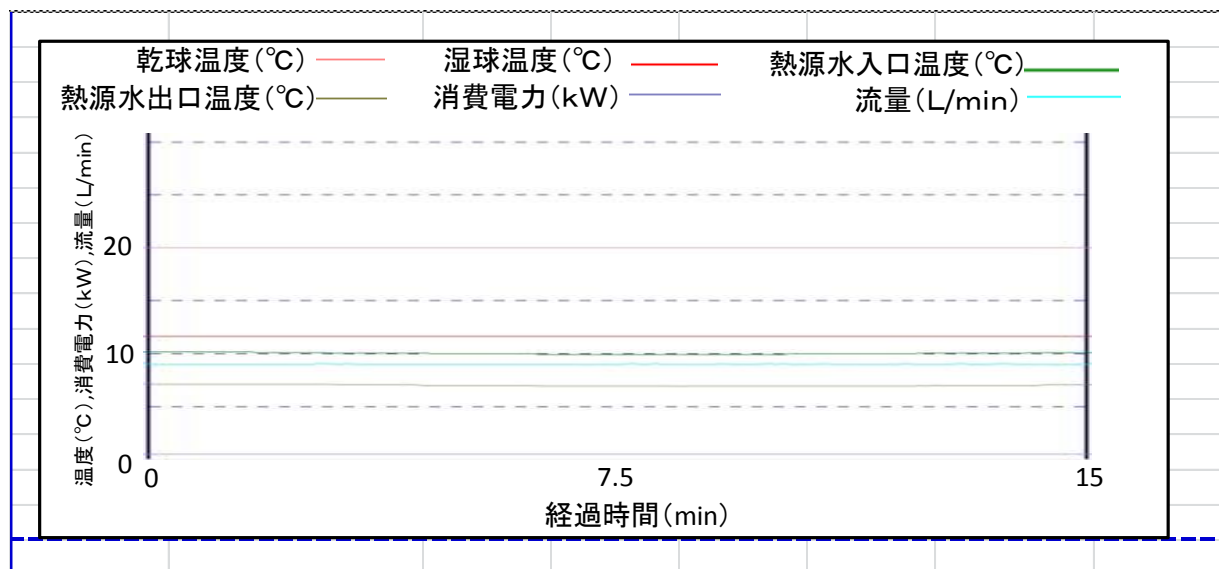


図 6-6 各水温の安定確認

6.4 試験結果のまとめ

実証試験要領に定められた各温度条件、および参考試験条件における試験結果を整理して表 6-6 と図 6-7、表 6-7 と図 6-8 に示す。図は、熱源側（1 次側）熱媒温度に対する COP の関係を示す。

(1) 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）

表 6-6 各条件における冷房エネルギー効率（冷房 COP）

温度条件		冷房温度条件 1	冷房温度条件 2	冷房温度条件 3	備考
熱源側（一次側） 熱媒温度	入口温度	20℃	25℃	30℃	
	出口温度	25℃	30℃	35℃	
冷房COP[-]		9.20	7.08	5.41	

利用側（二次側）吸込空気温度：乾球温度 27℃、湿球温度 19℃。

熱源水流量：9L/min（本機の標準流量）、能力（定格出力）：2.5kW

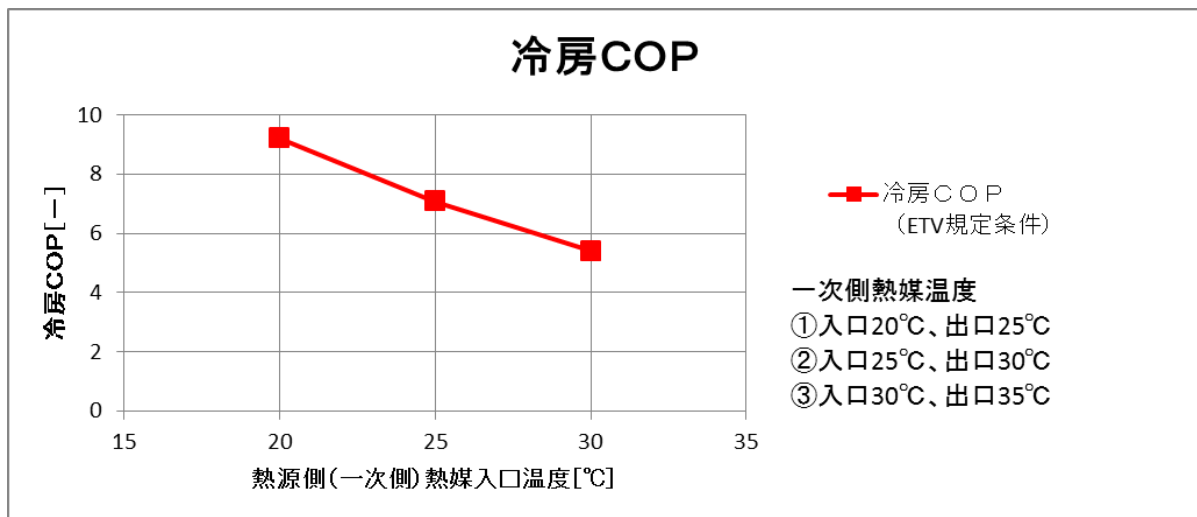


図 6-7 熱媒温度と冷房エネルギー効率（冷房 COP）の関係

(2) 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）

表 6-7 参考暖房温度条件における暖房エネルギー効率（暖房 COP）

温度条件		参考暖房温度条件	備考
熱源側（一次側） 熱媒温度	入口温度	10℃	入口温度は ETV 規定の暖房温度条件 2 に相当
	出口温度	7℃	出口温度は ETV 規定外 (出入口温度差と流量は本機の標準条件)
暖房COP[-]		4.88	

利用側（二次側）吸込空気温度：乾球温度 20℃、湿球温度 ー。

熱源水流量：9L/min（本機の標準流量）、能力（定格出力）：2.5kW

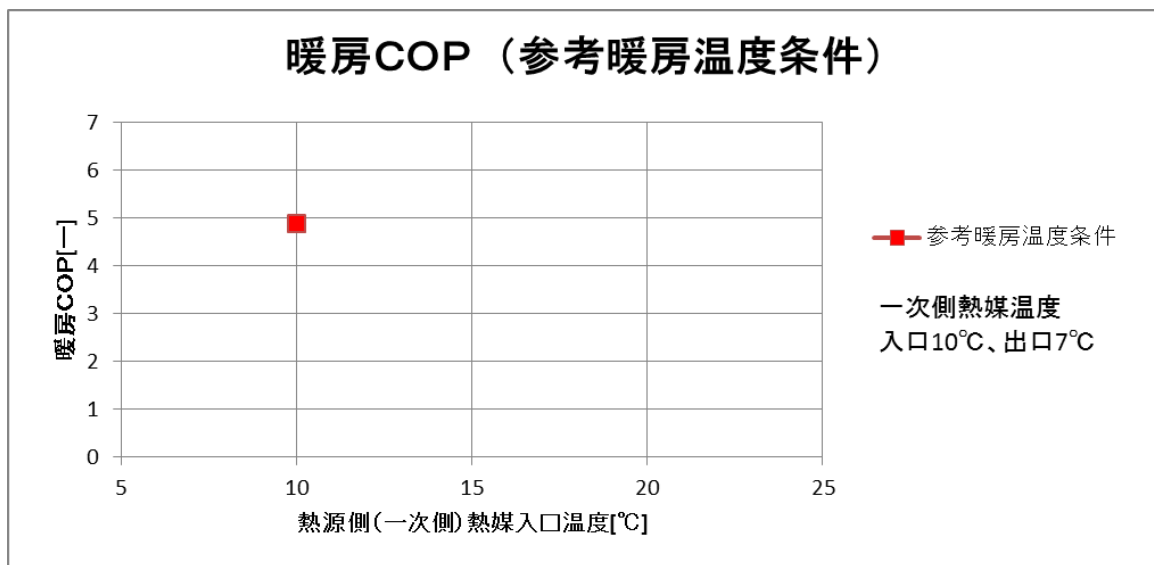


図 6-8 熱媒温度と暖房エネルギー効率（暖房 COP）の関係（参考暖房温度条件）

7. 考察

(1) 本実証対象技術の意義

本実証対象技術の特徴は、多数の部屋で地中熱利用冷暖房をする場合に、一台の大きなヒートポンプで多数の部屋に冷温水や冷媒を回すのではなく、部屋ごとに小型のヒートポンプを設置して部屋ごとに冷暖房をコントロールするものである。このために、地中熱交換井を循環して戻ってきた熱媒（水）を、配管を通じて部屋ごとのヒートポンプに供給するシステムとなっている。この部屋ごとに個別に設置するヒートポンプが本実証対象技術である。

このようなシステムは、多数の部屋を持つ中～大規模建物において地中熱冷暖房を普及させるために新たなシステムの選択肢を与えるもので、今後の地中熱利用の普及に大きく貢献できるものと考えられる。

実証申請者（日本ピーマック株式会社）では、冷房運転時は冷却塔、暖房運転時は補助ボイラ等の温熱源を熱源装置とし、ヒートポンプは各部屋ごとに設置するシステムとして、水熱源ヒートポンプユニットを製作していたが、本実証対象技術は熱源装置として地中熱交換井を用いるように設計し直し「再生可能エネルギー対応」として開発したものである。なお、地中熱を用いる「再生可能エネルギー対応」としては、定格出力 2.5kW の本実証対象技術（WDX25CA）を含めて、出力が 5.0kW、2.5kW、1.4kW の機種をシリーズとしており、各部屋の大きさや所要の冷暖房負荷に応じて出力を選定できるので、適用性が高い。

(2) 目標値と実証結果

実証試験結果は、実証申請者から実証申請時に示された目標値「冷房試験にて入口水温 20℃、標準水量のときに COP が 8 以上」に対して 9.20 が得られており、目標値を満たしている。

この試験結果により、比較対象技術とした通常の冷却水利用のヒートポンプよりも地中熱利用の本実証対象技術のほうが効率のよい運転ができることが実証された。

(3) メーカーカタログ記載値との関係

ETV のこの試験での COP の値はメーカーカタログ記載の COP とは数値が若干異なっている。その理由は、メーカーカタログ記載の性能は JIS に定める試験条件で、熱源水入口温度 20℃、出口温度は任意であるのに対して、ETV の試験条件は熱源水入口温度が 20℃、出口温度を 25℃と規定しているため試験条件が異なっていることによるものであり、COP の値は一致するものではない。

(4) 実証申請者の確認結果

本実証報告書の内容は、実証申請者の確認を得たものである。

○ 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。

● 地下水熱利用

地下水は年間を通じて温度がほとんど変わらず、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。利用方法は、地下水を汲み上げてヒートポンプの熱源とする方法、地下や地上のタンクに地下水を汲み上げて熱交換器を設置して熱だけを取り出してヒートポンプの熱源にする方法などがある。地下水を汲み上げて熱利用する方式は「オープンループ」と呼ばれることもある。これに対して地下水を汲み上げずに、地下に熱交換器を設置して熱だけを熱媒に回収する方法は「クローズドループ」と呼ばれる。

● 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（通常の家庭用エアコン）では、0～5℃程度の冷たい外気から熱を取り入れて 30 数℃まで昇温しているので、地中熱利用に比べると昇温の程度が大きく、その分多くのエネルギーを要する。冷房時には、地中熱ヒートポンプシステムでは、室内の 30℃程度の熱を 15℃程度の冷たい地中に捨てているので、熱を捨てやすい。空気熱源ヒートポンプでは、室内の 30℃程度の熱を、さらに温度の高い外気に捨てるので熱を捨てにくく、無理に捨てるために余分なエネルギーがかかる。

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

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

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

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

● COP_{ETV}

COP_{ETV} は、環境技術実証 (ETV) 事業で独自に定めたエネルギー効率の指標である。実証試験での実測値から算出した、実証試験期間中（冷房期間と暖房期間を合わせた期間）のシステムエネルギー効率の平均値である。

● サーマルレスポンステスト、熱応答試験

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

● 熱媒、熱媒体

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

地中熱ヒートポンプシステムでは、一次側の熱媒は 0℃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℃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。

● 温度差の単位

温度差の単位はJISでは、K（ケルビン）と℃（セルシウス度）の両方が示されている。本ETVの報告書では一般読者に分かりやすいように、通常は℃を用いることとしている。ただし、熱伝導率の単位[W/(m・K)]のようにセットになっている場合はKも使用する。なお、空調関係では[deg]が慣用的に用いられることがある。

● 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。

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。

1) 品質管理の方法

JIS Q 17025 および JIS Q 17020 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（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) 試験とデータの品質管理

本実証試験は、実証申請者（日本ピーマック株式会社）の本社工場に設置した試験設備を使用して実施したが、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、実証機関では試験設備及びオペレーター技師を保有していないためである。これらを保有することは大きな費用がかかり、実証試験費用（手数料：実証申請者負担）が非常に高額になり、現実的ではない。そこで、実証申請者の設備を借りて行う試験を第三者実証として実施するために、以下の対応をした。

- 1) 実証試験現場で事前の確認や準備を行い、試験設備の試験能力や妥当性を確認した。
 - 2) 試験にあたっては、実証計画書に沿って試験をしているかどうかを確認した。
 - 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、公正性を確保した。
 - 4) 実証試験データの品質管理については、実証申請者と共に、試験設備、計測器及びその精度、試験条件等の確認を行い、実証試験実施場所に実証機関の担当者が立会って確認をおこなった。
- この対応については、環境省及び技術実証検討会の了承を得た。

(3) 実証試験の立会い確認

実証試験の立会い確認は平成 29 年 9 月 4 日と 9 月 7 日に行った。実証試験での実証機関の立会・確認日と確認者を表 8-2 に示す。

表 8-2 実証試験での実証機関の現地確認日と立会・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
確認日と立会・確認者	試験確認	9月4日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
	試験確認	9月7日	品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一

(4) 品質管理の内容

表 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 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	・実証試験は、実証要領の規定に従い計画し実施した。 ・上記のことは、品質管理責任者が現地で確認をした。	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	・実証計画書作成時に、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要領に従い実施した。 ・測定機器の精度を品質管理責任者が確認した。	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	・実証試験開始時に担当者から確認を行った。
データの取得	品質管理責任者	・実証試験及び測定データの取得は、専門技術が必要なため実証申請者の技師が行った。実証試験担当者が実証試験実施場所で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、品質管理責任者が行った。	実証機関総括責任者	・実証試験終了後、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	・実証試験終了後に監査を行った。
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、その結果は品質管理責任者が確認した。	実証機関総括責任者	・実証試験期間の終了後監査を行った。
実証報告書の妥当性	品質管理責任者	・実証報告書は、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	・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。