

## [環境技術実証事業]

平成21年度実証試験結果報告書の概要

**ヒートアイランド対策技術分野**  
(オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術)  
地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム

# 目次

- I. はじめに . . . . . 1
- II. ヒートアイランド対策技術分野  
（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）地中熱・下水  
等を利用したヒートポンプ空調システムについて . . . . . 6
- III. 実証試験の方法について（平成21年度） . . . . . 13
- IV. 平成21年度実証試験結果について . . . . . 19

## 1. はじめに

本レポートは、環境省の「環境技術実証事業」の「ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」について、平成21年度に完了した実証試験の結果概要等を取りまとめたものです。

### ■ 『環境技術実証事業』とは？

既に適用可能な段階にあり、有用と思われる先進的環境技術でも、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、地方公共団体、企業、消費者等のエンドユーザーが安心して使用することができず、普及が進んでいない場合があります。環境技術実証事業とは、このような普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者機関が客観的に実証する事業です。本事業の実施により、ベンチャー企業等が開発した環境技術の普及が促進され、環境保全と環境産業の発展による経済活性化が図られることが期待されます。

平成21年度は、以下の9分野を対象技術分野として事業を実施しました。

- (1) 自然地域トイレし尿処理技術分野
- (2) 小規模事業場向け有機性排水処理技術分野
- (3) 湖沼等水質浄化技術分野
- (4) 閉鎖性海域における水環境改善技術分野
- (5) VOC排出抑制技術・脱臭技術分野（中小事業所向けVOC排出抑制技術・脱臭技術）
- (6) VOC簡易測定技術分野
- (7) ヒートアイランド対策技術分野（建築物外皮による空調負荷低減等技術）
- (8) ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）  
IT機器等グリーン化技術
- (9) ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）  
地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム

## ■ 事業の仕組みは？

環境省が有識者の助言を得て選定する実証対象技術分野において、公募により選定された第三者機関（「実証機関」）が、実証申請者（技術を有する開発者、販売者等）から実証対象技術を募集し、その実証試験を実施します。実証試験を行った技術に対しては、その普及を促すため、また環境省が行う本事業の実証済技術である証として、「環境技術実証事業ロゴマーク」（図1）及び実証番号を交付しています。なお、本事業において「実証」とは、環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響等を、当該技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が試験等に基づいて客観的なデータとして示すことを言い、これは、一定の判断基準を設けてそれに対する適合性を判定する「認証」や「認定」とは異なります。



図1：環境技術実証事業ロゴマーク（共通ロゴマーク）  
（技術分野により、ロゴマークの仕様が異なります。）

(1) 事業の実施体制 (図2)

各技術分野について、実証システムが確立するまでの間、原則として分野立ち上げ後最初の2年間は、実証試験の実費を環境省が負担する「国負担体制」で実施し、その後は受益者負担の考え方に基づき、実証試験の実費も含めて申請者に費用を負担いただく「手数料徴収体制」で実施しています。

各技術分野の事業のマネジメント（実証試験要領の作成、実証機関の選定等）については、「国負担体制」の場合は環境省が実施し、「手数料徴収体制」の場合は「実証運営機関」が手数料項目の設定と実証申請者からの手数料徴収も含めて実施します。実証運営機関は、公募により、公平性や公正性確保の観点、さらに、体制、技術的能力等も勘案して選定しています。

実証対象技術の募集・選定、実証試験の実施、実証試験結果報告書の作成等は「国負担体制」、「手数料徴収体制」のどちらの体制においても、「実証機関」が行います。実証機関は、公募により、試験の公平性や公正性確保の観点、さらに、体制、技術的能力等も勘案して選定しています。

業務全体の運営にあたっては、有識者からなる環境技術実証事業検討会及びその下に設置された分野別ワーキング（以下分野別WG）にて専門的見地から助言をいただいています。

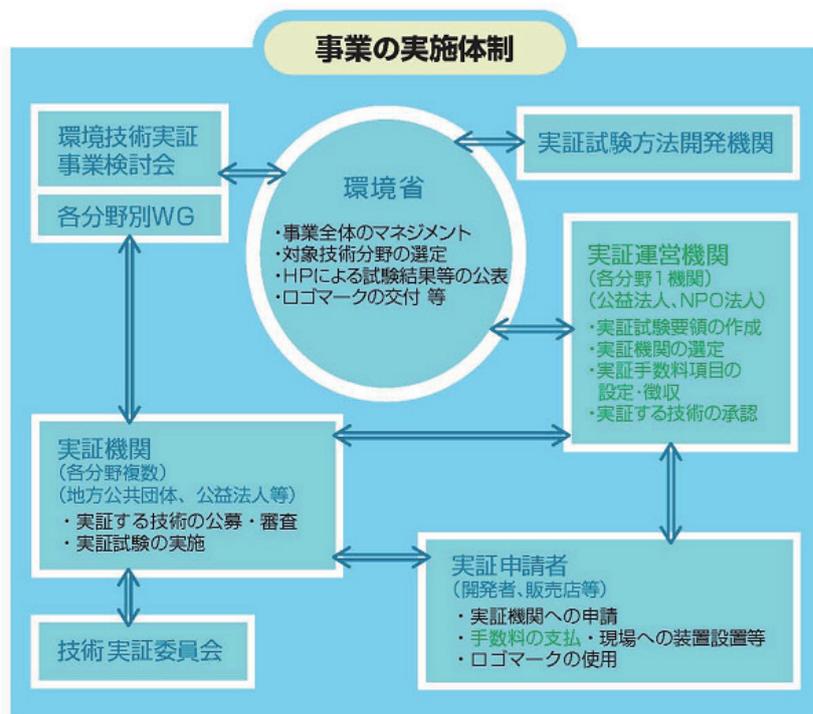


図2:『環境技術実証事業』の実施体制(平成21年度)

(緑色の記載は、「手数料徴収体制」に適用)

## (2) 事業の流れ

実証試験は、主に以下の各段階を経て実施されます。(図3)

### ○実証対象技術分野の選定

環境省が、環境技術実証事業検討会における議論を踏まえ、実証ニーズや、技術の普及促進に対する技術実証の有効性、実証可能性等の観点に照らして、既存の他の制度で技術実証が実施されていない分野から選定を行います。

### ○実証運営機関(手数料徴収体制のみ)・実証試験要領の策定・実証機関の選定

技術分野ごと、実証運営機関は1機関、実証機関は予算の範囲内で、分野別WGで検討の上、必要数選定します。また、実証試験を行う際の基本的考え方、試験条件・方法等を定めた「実証試験要領」を策定します。

### ○実証対象技術の募集・実証試験計画の策定

実証機関が実証対象技術を募集し、有識者からなる技術実証委員会での検討を踏まえて対象技術を選定します。その後実証機関は、実証申請者との協議を行いつつ、有識者からなる技術実証委員会で検討した上で、実証試験計画を策定します。

### ○実証試験の実施

実証機関が、実証試験計画に基づき実際の実証試験を行います。

### ○実証試験報告書の作成・承認

実証機関において実証試験データの分析検証を行うとともに、実証試験結果報告書を作成します。報告書は、分野別WGにおける検討を踏まえ、環境省が承認します。承認された報告書は、実証機関から実証申請者に報告されるとともに、一般に公開されます。

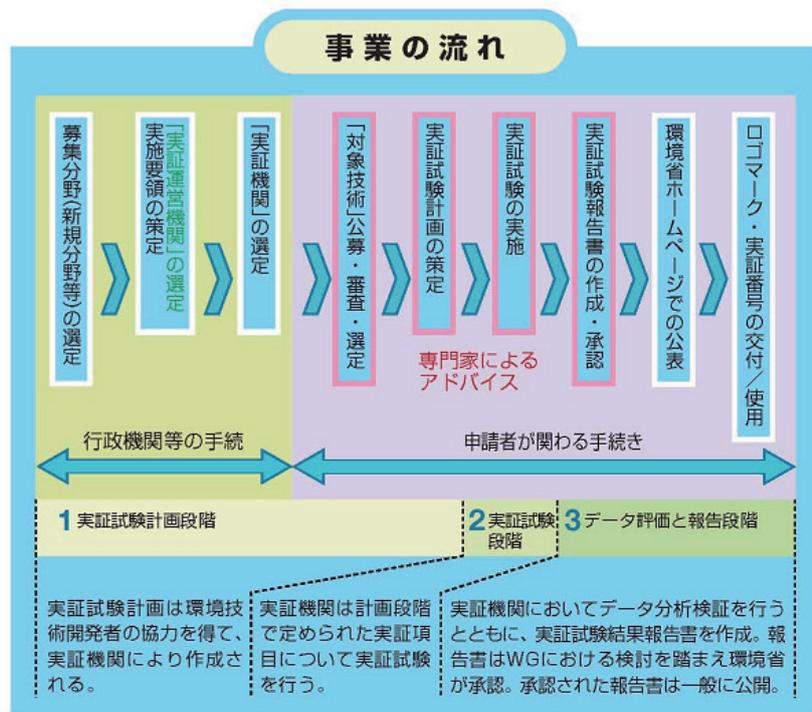


図3:『環境技術実証事業』の流れ

(「実証運営機関」の選定は、「手数料徴収体制」に適用)

## ■ 環境技術実証事業のホームページについて

環境技術実証事業では、事業のデータベースとして環境技術実証事業ホームページ (<http://www.env.go.jp/policy/etv/>) を設け、以下の情報を提供していますので、詳細についてはこちらをご覧ください。

### [1] 実証技術一覧

本事業で実証が行われた技術及びその環境保全効果等の実証結果（「実証試験結果報告書」等）を掲載しています。

### [2] 実証試験要領／実証試験計画

技術分野ごとに、実証試験を行う際の基本的考え方、試験条件・方法等を定めた「実証試験要領」、及び実証試験要領に基づき対象技術ごとの詳細な試験条件等を定めた「実証試験計画」を掲載しています。

### [3] 実証運営機関・実証機関／実証対象技術の公募情報

技術分野ごとに、実証運営機関・実証機関あるいは実証対象技術を公募する際、公募の方法等に関する情報を掲載しています。

### [4] 検討会情報

本事業の実施方策を検討する検討会、各WGについて、配付資料、議事概要を公開しています。

## II. ヒートアイランド対策技術分野

### (オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術) 地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムについて

#### ■ヒートアイランド対策技術分野について

平成22年度現在、本事業が対象としているヒートアイランド対策技術分野は、「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」以外に、図4のとおり技術が分かれ、実証事業を進めています。なお、平成21年度の技術分野名は、「ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」でしたが、平成22年度からは「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）」に、技術分野名を変更しています。

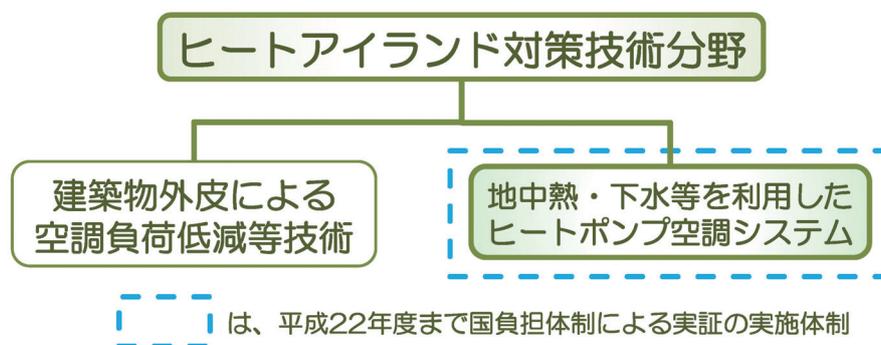


図4:ヒートアイランド対策技術分野の技術の種類

#### ■なぜヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムを対象技術分野としたのか？

ヒートアイランド現象とは、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象で、主に、

- ①空調システム(空気熱源ヒートポンプなどによるもの)、電気機器、自動車等の人間活動より排出される人工排熱の増加
- ②緑地、水面の減少と建築物・舗装面の増大による地表面の人工化

により生じ、近年都市に特有の環境問題として注目を集めています。ヒートアイランド現象は、長期間に渡って累積してきた都市化全体と深く結びついており、対策も長期的なものとならざるを得ないため、実行可能なものから対策を進めていくことが必要です。

政府では、平成16年3月にヒートアイランド対策に関する基本方針、実施すべき具体の対策を示した「ヒートアイランド対策大綱」を策定しました。ヒートアイランド対策のための人工排熱の低減に向けた対策は、大都市を中心とした各地方公共団体においても、建築物の省エネ対策が推進されています。

### ●ヒートアイランド対策大綱の概要

平成16年3月に策定されたヒートアイランド対策大綱とは、ヒートアイランド対策に関する国、地方公共団体、事業者、住民等の取組を適切に推進するため、基本方針を示すとともに、実施すべき具体の対策を体系的に取りまとめたものです。対策の柱として、

**①人工排熱の低減、②地表面被覆の改善、③都市形態の改善、④ライフスタイルの改善**の4つが位置づけられています。

詳細は、[http://www.env.go.jp/air/life/heat\\_island/taikou.pdf](http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/taikou.pdf) から pdf ファイルをダウンロードしてご覧ください。

環境省が平成13年度に行った調査では、東京23区における気温の上昇に影響を与える熱（空気への顕熱）のうち、人工排熱によるものが約5割を占め、ヒートアイランド現象の主な原因となっています。さらに、平成15年度に行った調査では、人工排熱のうち、オフィス、住宅などの建築物における空調機器（空気熱源ヒートポンプなどによる機器）などから外気への排熱が起因するものがその5割を占め、大都市の気温上昇の主な要因となっているため対策が急務とされています。そこで、平成16年度から平成17年度まで本事業のモデル事業として、ヒートアイランド対策の効果が比較的大きいと考えられる「空冷室外機から発生する顕熱抑制技術」を対象技術分野として、環境技術の実証を行ってきました。

また、本技術分野の設置が決定された平成20年度に環境省が公表した「2007年度（平成19年度）の温室効果ガス排出量（速報値）」によると、温室効果ガスの約95%を占める二酸化炭素の排出量について、京都議定書の規定による基準年（原則1990年）に対し、業務その他部門（オフィスビル等）では約42%増、家庭部門では約41%増と増加しており、二酸化炭素排出量の削減が目下の課題となっています。

そこで、ヒートアイランド対策を更に推進するために、空調機器から発生する熱を外気でなく地中や地下水（貯水池）・河川・下水等へ排熱する「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」をヒートアイランド対策技術分野の対象技術分野とする検討を行ってきました。

「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」は、次のようなヒートアイランド対策効果が期待できます\*。

1. 人工排熱を外気中へ放出せず、地中・河川等へ排熱する空調システムは、外気中へ人工排熱を排出しないため、年間を通じてヒートアイランド抑制効果が期待できる。加えて空気熱源に比べてシステム効率が高い場合が多く、二酸化炭素排出削減効果も期待できる。
2. 地中熱及び河川水熱利用においては、ヒートアイランド対策効果として、空調機器等からの熱を地中等に排出するため、外気を直接に暖めず、ヒートアイランド抑制に寄与する。都市の人工排熱の約5割(夏季)を占める空調排熱を大幅に削減することができる。
3. 地中熱及び河川水熱利用においては、地球温暖化対策効果として、空調機器等の熱交換効率が向上するため、冷暖房や給湯に必要なエネルギー消費量が削減され、地球温暖化対策に寄

与する。地中熱利用においては、エネルギー機器構成、気候の違いにより10～50%程度削減する。また、河川水熱利用においては、熱交換効率の向上により、エネルギー消費量が14%削減した(関電エネルギー開発株式会社の資料より)。

4. 地中熱利用及び河川水熱利用の双方において、冷却塔(クーリングタワー)等の設備が必要なくなるため、屋上などの設置スペースの有効利用が可能となるとともに、水道料金が削減される。

※ヒートアイランド現象の実態把握及び対策評価手法に関する調査報告書(平成19年3月環境省)及びヒートアイランド対策の計画的実施に関する調査報告書(平成20年3月環境省)から要約。

こうした検討を踏まえ以下の観点により、空調機器の熱を外気でなく地中や地下水(貯水池)・河川・下水等へ排熱する「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」を「ヒートアイランド対策技術分野(オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術)」の対象技術分野としました。

1. 人工排熱削減技術のうち、「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」については現時点では普及が十分ではなく、本事業で技術分野として位置づけ、普及を行うことが有効である。
2. 環境行政(ヒートアイランド対策)の観点からも実証結果を公表していくことで適切な技術の普及が促されることが期待される。また、未利用エネルギーの活用という観点からも普及を行うことが適当と思われる。

#### 【参考】「空気熱源ヒートポンプなどによる空調システム」と「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」との違い及び業務用エアコン(パッケージエアコン)について

空気熱源ヒートポンプなどによる空調システムは、夏季の日射や屋外からの熱移動、OA機器などの電気機器、人間活動及び給湯設備などの熱で室温が上昇した室内から冷房で奪った熱を、空調排熱として室外機などから外気へ排熱するものを指します。例えば、室内の熱を室外機で排熱する一般のエアコン、業務用エアコン(パッケージエアコン)としてビル空調で使用されるビル用マルチ/空冷ヒートポンプチラー(空気熱源ヒートポンプ)/冷却塔などが該当し、外気へ排熱することが気温上昇につながっています(図5)。

それ以外の空調システムとして、室内冷房で奪った熱を地中や下水等に排熱し、外気へ排熱しないものがあります(図6)。そのような空調システムを本事業では「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」と呼んでいます。地中熱等(地下水・河川・下水等の熱も含む)は、冬は外気よりも暖かく、夏は外気より温度が低いという特性を有することから、この空調システムは、地中等(地下水・河川・下水等も含む)と外気との温度差を利用して、空気を熱源とするよりも効率よく建築物の冷暖房を行うことができます。

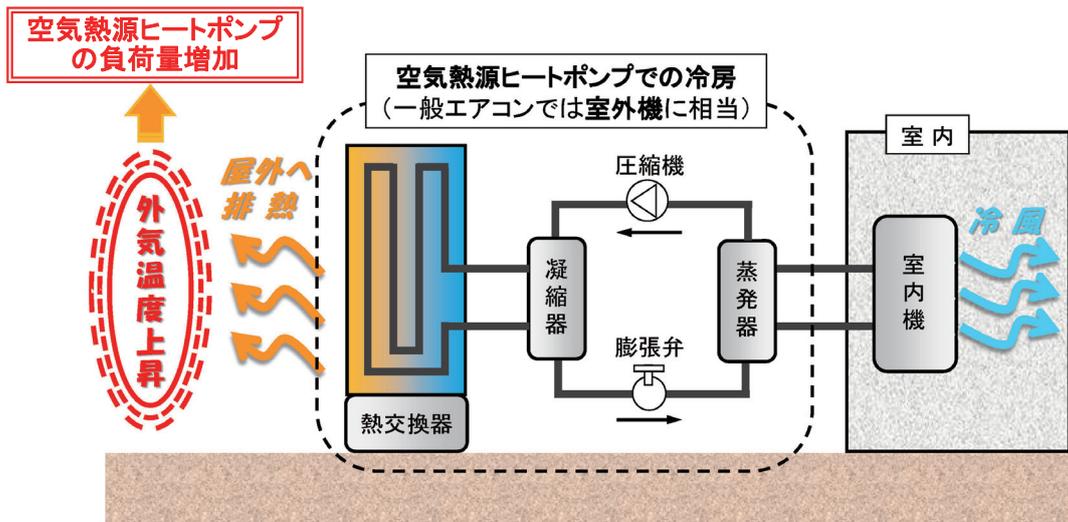
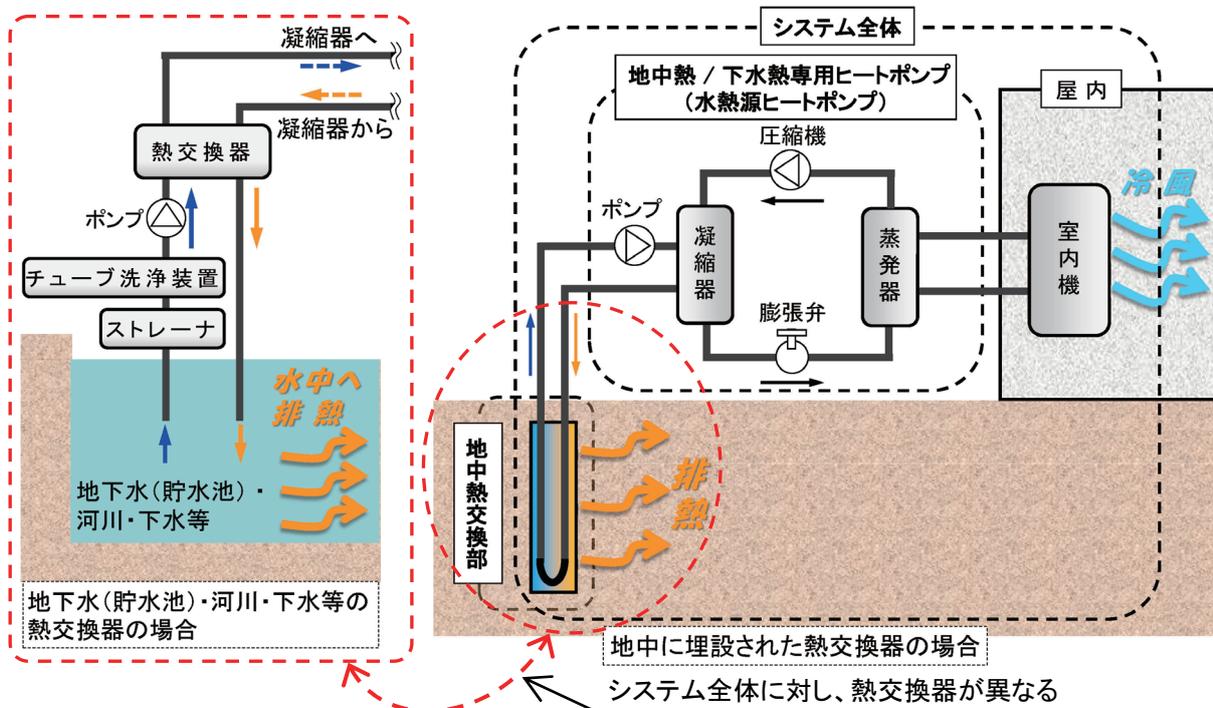


図5:室内から奪った熱を外気へ排熱する空調システムでの冷房稼働の例(イメージ図)



※本図は、ヒートポンプ・室内間の熱の輸送を熱媒で行う間接方式、地中熱交換部はUチューブ式の例。

図6:室内から奪った熱を地中や下水等へ排熱する空調システムでの冷房稼働の例(イメージ図)

その他に、業務用エアコン（パッケージエアコン）については以下の報告があります。

1. 図7に示すとおり、業務用エアコンの国内出荷台数は、毎年70万台前後で推移しており、平成7年(1995年)以降の出荷台数は平成19年までの累計で約955万台※になる。

※パッケージエアコンの法定耐用年数(減価償却資産の耐用年数)は、大きさや出力で年数は異なるが、最長のもので15年である。そのため、平成22年時点で法定耐用年数内にある最大累積台数を目安として算出した。

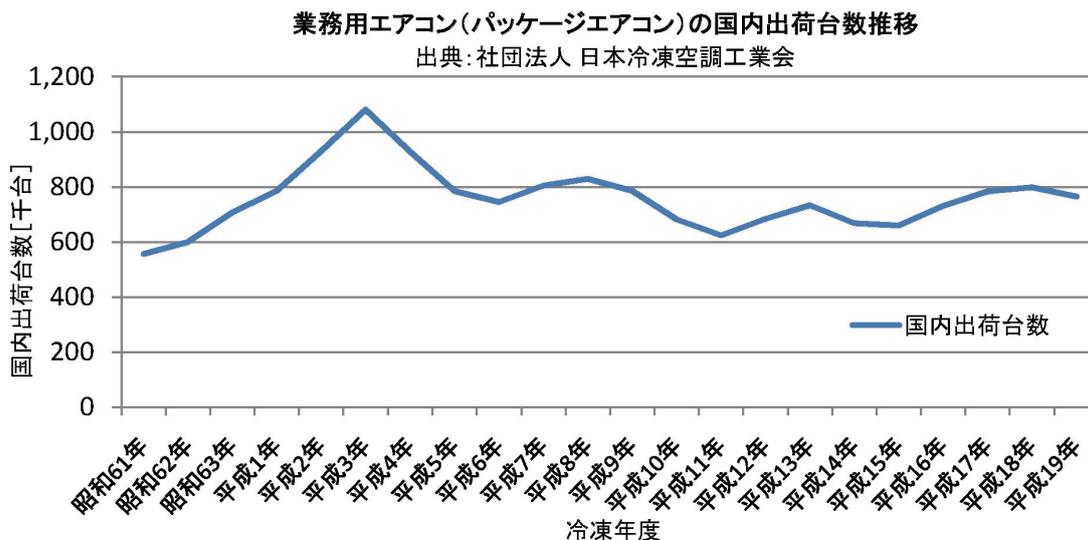


図7: 業務用エアコン(パッケージエアコン)の国内出荷台数推移

2. 空調排熱はその熱源システムにより、空気(外気)へ排熱するもの(空冷式)と、それ以外のもの(地中熱・下水等を利用した水熱源ヒートポンプ等の水を介して地中等に排熱するもの)とがあるが、ヒートアイランド対策の観点からは、冷房効率の向上等による総排出熱量の抑制、空冷式以外の熱源システム選択による空気(外気)への排熱抑制が望ましいと考えられる。一方、空冷式(空気熱源ヒートポンプなどによる)空調機器は、パッケージエアコンの出荷台数の98%以上を占めるといわれている。(平成15年度本事業のヒートアイランド対策技術の第1回検討会より。)

■ヒートアイランド対策技術分野(オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術) 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?

平成21年度の本事業が対象とする「ヒートアイランド対策技術分野(オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術) 地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」は、オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術で、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です。当該システムは、多層的な技術の組み合わせで構成され、各層での製品や技術を有する企業からの実証申請を想定していることから、実証対象として想定される技術は、図8のように、階層的に分類されています。図8に示す各構成技術の定義を表1に示します。

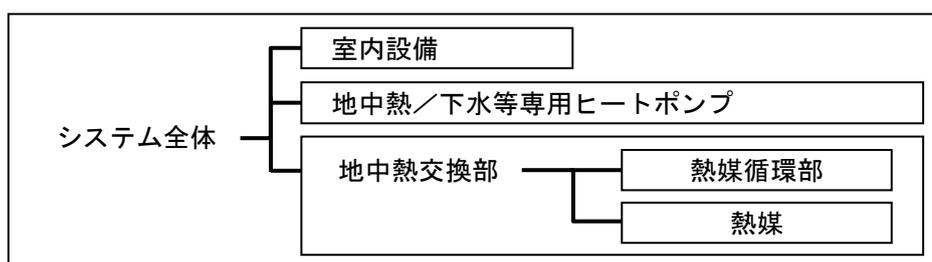


図8: 実証対象技術の全体像

表1：構成技術の定義

用語	定義
システム全体	地中熱交換部からヒートポンプまでを含めた、当システムに関わる技術全体。
地中熱／下水等専用ヒートポンプ	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。
地中熱交換部	地中熱交換井からヒートポンプの地中熱源側の熱媒出入口までを範囲とするシステム。土木系企業の技術のみで設置が可能な技術範囲である。
熱媒循環部	U チューブを代表とする、地中と熱交換する熱媒を循環させるための管。開口部のない閉鎖型と、孔内に熱媒を放出する開放型を対象とする。
熱媒	地中及びヒートポンプ内で熱交換を行なう物質で、水や不凍液がある。
(室内設備)	ヒートポンプの二次側熱媒出入口よりも室内側に設置される空調関連機器を指す。平成21年度の実証試験では、室内設備は実証の対象外として位置づけしており、室内設備を含めた実証試験を任意試験としている。

当実証試験は、ヒートアイランドの抑制効果の実証を目的とするため、主に当該システムによる地中との熱交換量、または当該システムのエネルギー効率を測定しています。そのため、図9に示す(A)～(C)の技術のまとめ(単位)で実証試験を実施する必要があります。この単位を「実証単位」と定義しています。また、実証単位により、実証項目も異なります。実証項目については、次章の「Ⅲ. 実証試験の方法について(平成21年度)」に記載しました。

#### ○実証単位(A) システム全体

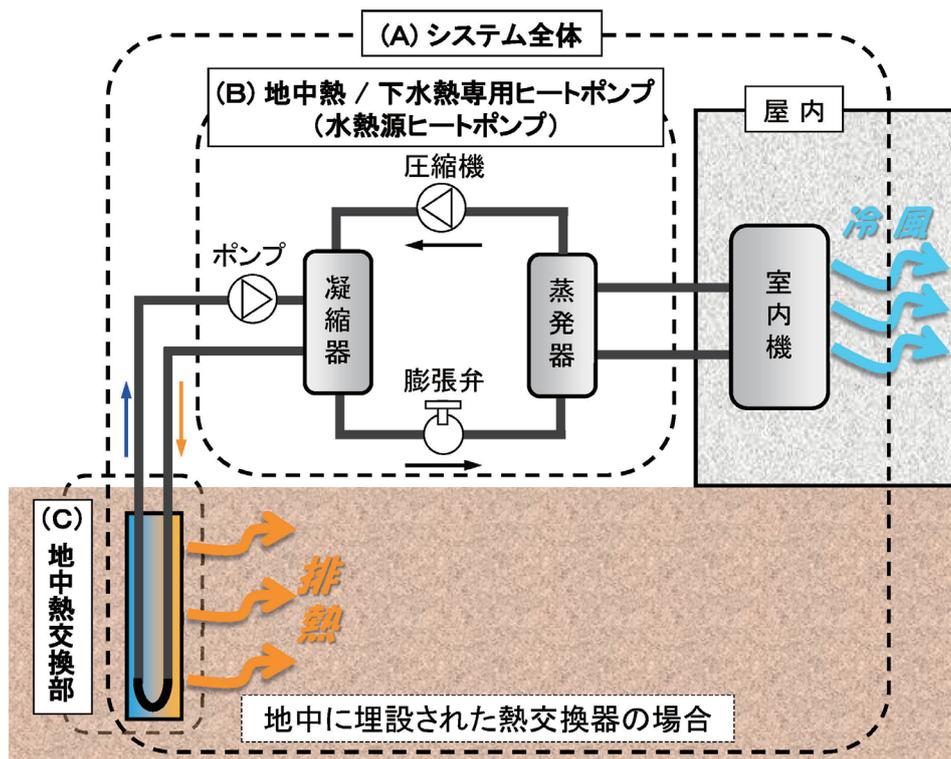
地中熱交換部からヒートポンプまでを含めた、当システムに関わる技術全体。

#### ○実証単位(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ

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。

#### ○実証単位(C) 地中熱交換部

地中熱交換井からヒートポンプの地中熱源側の熱媒出入口までを範囲とするシステム。土木系企業の技術のみで設置が可能な技術範囲である。



※本図は、ヒートポンプ・室内間の熱の輸送を、熱媒を通して行う間接方式の例で、地中熱交換部はUチューブ(U字管)式の冷房稼働時の例を示す。なお、図6の左側に示すような地下水(貯水池)・河川・下水等の熱交換機の場合には、実証単位(C)は省略される。

図9: 地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムにおける各実証単位

#### 【参考文献】

- 1) 平成 13 年度 ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書  
<http://www.env.go.jp/air/report/h14-02/index.html>
- 2) ヒートアイランド対策大綱 [http://www.env.go.jp/air/life/heat\\_island/taikou.pdf](http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/taikou.pdf)
- 3) 平成 15 年度 都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査(国交省・東京都・環境省)  
<http://www.env.go.jp/air/report/h16-05/index.html>
- 4) 平成 20 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野(オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術)ワーキンググループ会合(第1回)  
[http://www.env.go.jp/air/tech/model/heat\\_aeh20\\_01/index.html](http://www.env.go.jp/air/tech/model/heat_aeh20_01/index.html)
- 5) 環境省報道発表資料(平成 20 年 11 月 12 日)「2007 年度(平成 19 年度)の温室効果ガス排出量(速報値)について」  
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=10411>
- 6) 社団法人 日本冷凍空調工業会 統計データ [http://www.jraia.or.jp/frameset\\_statistic.html](http://www.jraia.or.jp/frameset_statistic.html)
- 7) 平成 15 年度 環境技術実証モデル事業検討会ヒートアイランド対策技術ワーキンググループ会合(第1回) [http://www.env.go.jp/air/tech/model/w\\_heat01/index.html](http://www.env.go.jp/air/tech/model/w_heat01/index.html)
- 8) 平成 20 年度第2回環境技術実証事業検討会 [http://www.env.go.jp/policy/etv/comm/h20\\_02.html](http://www.env.go.jp/policy/etv/comm/h20_02.html)
- 9) ヒートアイランド現象の実態把握及び対策評価手法に関する調査報告書(平成 19 年 3 月)  
<http://www.env.go.jp/air/report/h19-02/index.html>
- 10) ヒートアイランド対策の計画的実施に関する調査報告書(平成 20 年3月)  
<http://www.env.go.jp/air/report/h20-02/index.html>
- 11) 平成 21 年度環境技術実証事業 ヒートアイランド対策技術分野(オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術)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1版)  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=13460&hou\\_id=11083](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=13460&hou_id=11083)
- 12) 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) 実証試験要領(第2版)  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=15651&hou\\_id=12495](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=15651&hou_id=12495)

### Ⅲ. 実証試験の方法について（平成21年度）

#### ■ 実証試験の概要

実証試験は、ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムの「実証試験要領」に基づき実施されます。実証の対象となるシステム・製品について、以下の各項目を実証しています。

- システム効率（システムエネルギー効率、地中との熱交換効率）
- 地中との熱交換効率を決定する要素
- 地中熱交換部における熱性能以外の要素

#### ■ 実証対象技術について

実証対象技術の選定は、実証対象技術を保有する企業等から申請された技術・製品の内容に基づいて行われます。申請内容が記入された実証申請書を、以下の各観点に照らし、総合的に判断した上で実証機関が対象とする技術を審査・選定し、実証運営機関の承認を得た後、環境省に報告されます。

##### （1）形式的要件

- 申請技術が、対象技術分野に該当するか。
- 申請内容に不備はないか。
- 商業化段階にある技術か。

##### （2）実証可能性

- 予算、実施体制等の観点から実証が可能であるか。
- 実証試験計画が適切に策定可能であるか。

##### （3）環境保全効果等

- 技術の原理・仕組みが科学的に説明可能であるか。
- 副次的な環境問題等が生じないか。
- 高い環境保全効果が見込めるか。
- 先進的な技術であるか。

## ■ 実証項目について

「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム」の技術分野での実証項目は、実証単位により異なりますが、各実証単位での実証項目の構成を図10に示します。

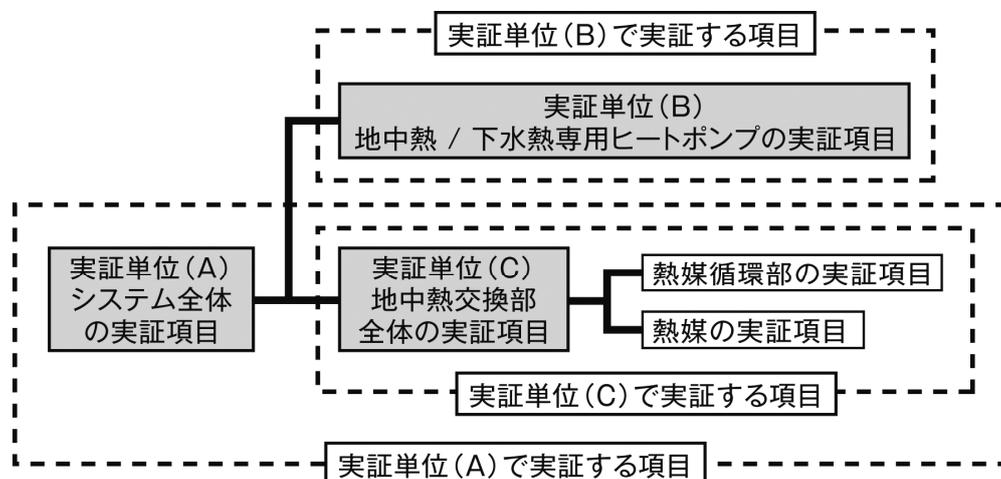


図 10: 各実証単位の実証項目の構成

ここで、「実証単位(A)システム全体」では、「実証単位(A)システム全体の実証項目」に加えて、「実証単位(C)地中熱交換機全体の実証項目」も実証することになっています。それは、「実証単位(C)地中熱交換機全体の実証項目」の結果は、「実証単位(A)システム全体の実証項目」の参考となるからです。しかしながら「実証単位(A)システム全体」の場合、実証対象技術において実証単位(C)地中熱交換部の建設工事が既に完了している場合、「実証単位(C)地中熱交換部全体の実証項目」について改めて測定機器を設置して実証試験を行うことが困難です。そのため実証試験要領では、「既存データ活用の特例措置」として、実証試験要領に定めた条件を満たす場合に限り、環境技術開発者(実証申請者)が独自に実測して得たデータを活用できる規定を設けています。

なお、ここに記載の内容は、実証試験要領及び対応するJIS規格の記載の内容に、より解り易い表現となるように加筆・修正等の変更を加えてあります。そのため、学術的な視点からはなじみ難い表現の場合があります。その他、各実証項目、試験内容・条件及び数値計算式等の詳細は、各実証試験結果報告書詳細版に記載してあります。同報告書詳細版のpdfファイルは、環境技術実証事業ウェブサイト(<http://www.env.go.jp/policy/etv/>)からダウンロードできます。

### (1) 実証単位(A)システム全体

実証単位(A)システム全体の実証項目を表2に示します。なお、実証単位(A)システム全体の実証項目においての「実証単位(C)地中熱交換機全体の実証項目」は、この後の「(2)実証単位(C)地中熱交換部」の表4で説明します。

表2:実証単位(A)システム全体の实証項目

実証項目	内容
システムエネルギー効率(APF)	<p>実証試験期間において算出したAPF<sup>※1</sup>で、室内機を除く場合及び室内機を含む場合の両方を算出している。システムエネルギー効率は、以下のように求められる。</p> $\text{システムエネルギー効率 (APF)} = \frac{\text{試験期間中のシステムにおける生成熱量の総和}}{\text{試験期間中のシステムにおける消費電力量の総和}}$ <p>ここでいうシステムにおける生成熱量とは、地中熱/下水熱専用ヒートポンプが二次側(室内機側)の熱媒に与えた熱量を指す。また、ここでいうシステムにおける消費電力とは、「地中熱/下水熱専用ヒートポンプ自体の消費電力+ポンプ類による消費電力量」の場合、そして「地中熱/下水熱専用ヒートポンプ自体の消費電力+ポンプ類による消費電力量+室内機による消費電力」の場合について(室内機側を含む場合、室内機側を含まない場合の両方について)算出している。</p>
冷房期間のシステムエネルギー効率(COP) <sup>※2</sup>	<p>冷房期間において算出したAPF<sup>※1</sup>で、室内機を除く場合及び室内機を含む場合の両方を算出している。</p> $\text{システムエネルギー効率} = \frac{\text{システムにおける生成熱量[W]}}{\text{システムにおける消費電力[W]}}$ <p>ここでいうシステムにおける生成熱量と消費電力については、上の欄と同じ。</p>
システム消費電力	<p>地中熱/下水熱専用ヒートポンプ自体とポンプ類、そして室内機を含む場合と含まない場合の、実証試験期間内の運転期間における平均値で、単位時間における消費電力量[W]を、冷房期間中で平均したもの。</p>
地中への排熱量	<p>単位時間における地中への排熱量[J]を、冷房期間中で平均したもの。この項目は、外気へ排熱する空調システム(室内の熱を室外機で排熱する一般のエアコン、業務用エアコン(パッケージエアコン)としてビル空調で使用されるビル用マルチ/空冷ヒートポンプチラー(空気熱源ヒートポンプ)/冷却塔などに対し、ヒートアイランド対策効果としての特徴的な項目である。</p>

※1: APFは、Annual Performance Factorの略で、システムエネルギー効率(COP)の年間の値を表す。実証試験要領(第1版)で示すAPFは、厳密な年間値ではなく、年度毎の環境技術実証事業の運営上、実証試験期間(最大7~8ヶ月間程度)の値として定義している。

※2: ヒートアイランド対策技術の性能の高さは「システムエネルギー効率(APF及びCOP)」で評価されるが、この値のみがその技術の性能の高さを必ずしも示すものでない。ヒートアイランド抑制に関する性能は、「冷房期間のシステムエネルギー効率(COP)」と「冷房期間の地中への排熱量平均値」の両値で評価される。

(2) 実証単位(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプ

実証単位(B) 地中熱・下水等専用ヒートポンプの実証項目を表3に示します。

表3:実証単位(B)地中熱・下水熱専用ヒートポンプの実証項目

実証項目	内容
エネルギー効率(COP)	<p>地中熱/下水熱専用ヒートポンプ単体のエネルギー効率であるCOPを、1次側(図9の「凝縮器」側)の熱媒をエチレングリコールとして、冷房時及び暖房時でそれぞれ測定する。</p> $\text{COP} = \frac{\text{地中熱/下水熱専用ヒートポンプ生成熱量[W]}}{\text{地中熱/下水熱専用ヒートポンプ消費電力[W]}}$ <p>ヒートポンプ消費電力量とは、地中熱/下水熱専用ヒートポンプ自体の消費電力量であり、1次、2次側冷媒の輸送ポンプの消費電力は含まない。熱媒については、エチレングリコールを用いるとシステムの正常な稼動が困難である等、やむを得ない理由があると実証機関が認める場合に限り、環境技術開発者(実証申請者)が指定する任意の熱媒を使用し測定できるが、測定値は参考値となる。</p>

### (3) 実証単位 (C) 地中熱交換部

実証単位 (C) 地中熱交換部の実証項目については、当実証単位を構成する複数の技術に分割できます。そのため実証項目は、図11に示すように、実証単位全体でのみ実証が可能な項目と、各技術個別の実証項目から構成されます。

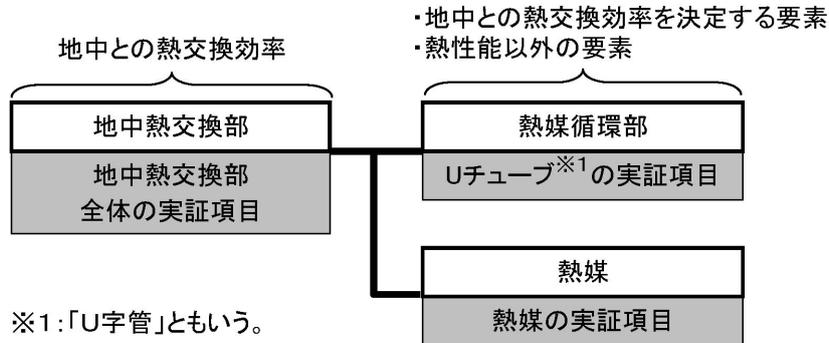


図 11: 実証単位(C)地中熱交換部の実証項目の構

実証単位 (C) 地中熱交換部の実証項目を表4に示します。

表4: 実証単位(C)地中熱交換部の実証項目

実証項目	内容
地中熱交換井の熱抵抗	地中交換井の熱抵抗は、Uチューブ(U字管)内の一次側熱媒から土壤に達するまでの熱流路(地中熱交換部)における熱の伝わりにくさ(抵抗)の合計を表す。この熱抵抗は水とUチューブ内壁での熱伝達、Uチューブ、充填材(水、珪砂等)での熱伝導の際に生じる。なお、地中熱交換部の外側の土壤は含まない。熱抵抗が低いほど、地中熱交換部から外側(地中)へ、また外側(地中)から地中熱交換部へ熱が伝わり易く、同じ熱交換量の場合、Uチューブ内の一次側熱媒と土壤間の温度差が小さくなる。この温度差が小さければ、Uチューブ内の一次側熱媒と地中熱/下水熱専用ヒートポンプの二次側との温度差も小さく、また地中熱/下水熱専用ヒートポンプが使用する電気エネルギーも小さくなるので、システムエネルギー効率(成績係数)が高くなる。本実証試験ではサーマルレスポンス試験※によって算出している。
土壤部分の熱伝導率	土壤部分の熱伝導率は、システムが施工された土壤部分のみの熱伝導率であるため、熱交換器の種類、充填材の種類によらない。地中熱交換部の外側の土壤についての熱の伝わり易さを示す。熱伝導率が高いと、冷房時には地中熱交換部からの放熱が土壤に伝わり易く拡がり易い、また暖房時には土壤から地中熱交換部へ熱が伝わり易く、採熱がし易い。土壤部分の熱伝導率が高いと、一次熱媒の温度は遠方の土壤の初期温度により近い値となり、地中熱/下水熱専用ヒートポンプが使用する電気エネルギーが小さくなり、システムエネルギー効率(成績係数)が高くなる。本実証試験ではこの土壤の熱伝導率をサーマルレスポンス試験※によって算出している。

※サーマルレスポンス試験とは、一般に地中熱交換部に一定熱量で加熱した熱媒をUチューブに循環し、温度上昇データを取得・解析することで、地中熱交換部の熱抵抗、土壤の熱伝導率を推定する試験である。本実証試験でのサーマルレスポンス試験は「講座「地中熱利用ヒートポンプシステム」温度応答試験の実施と解析;九州大学大学院工学研究院 藤井光、日本地熱学会誌 第28巻 第2号(2006)」の論文に準拠している。

実証単位 (C) の熱媒循環部の実証項目を表5に示します。この実証項目は、性能を証明する書類の写しを提出する項目ですが、性能の証明の担保として、その製造物の規格または製造業者の品質管理システム等を確認しています。

表5: 実証単位(C)の熱媒循環部の実証項目

実証項目	内容
流量範囲	適正流量の上限と下限を示す。熱媒の流量が適正範囲より低いと熱媒循環部での熱媒の流れが層流になる。層流状態では、熱媒循環部であるUチューブ(U字管)のチューブ中央付近と内壁付近の熱媒は混合せず、温度分布が生じる。このため、熱媒の熱が熱媒循環部を通し、地中(土壌)へ伝わりにくい。これに対し、熱媒の流量が適正な場合には、熱媒がUチューブの中央と内壁付近関係なく乱れて流れる(熱媒が乱流で流れる)と、Uチューブの中央と内壁付近の熱媒が混ざり合い、Uチューブ内部の熱媒の温度はほぼ均一になり、熱媒の熱が熱媒循環部を通し、地中(土壌)へ伝わり易くなる。
熱伝導性	熱媒循環部は、主に硬質ポリエチレンなどでできているUチューブが使用されており、ポリエチレン素材の物性値で記載される場合もある。この熱伝導性は、地中熱交換部の熱抵抗に影響する。
耐熱性	熱媒循環部は、主に硬質ポリエチレンなどでできているUチューブが使用されており、ポリエチレン素材の物性値で記載される場合もある。耐熱性については、素材の軟化温度で記載される場合もある。耐久性を示す指標の一つである。
脆化温度	熱媒循環部は、主に硬質ポリエチレンなどでできているUチューブが使用されており、ポリエチレン素材の物性値で記載される場合もある。地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムにおいては、一次側の熱媒温度が0℃以下になる場合が多いため、熱媒循環部が脆性破壊しないことを確認するための指標である。「JIS K 7216 プラスチックのぜい化温度試験方法」による脆化温度を記載する。耐久性を示す指標の一つである。
耐腐食性	耐久性を示す指標の一つである。
寿命	熱媒循環部の製造企業によるUチューブ(U字管)製品*の仕様書に基づき、耐用年数についての記載があれば、参考値として記載する。耐久性を示す指標の一つである。

※単管の状態ではなく、U字継手が融着された状態のもの。

実証単位(C)の熱媒の実証項目を表5に示します。地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムにおいては、一次側の熱媒が0℃以下になる場合が多いため不凍液(ブライン)を用いることが多く、気温が0℃以下になる地域では二次側においても不凍液が使用されます。そのため、空調システムに影響する項目だけでなく、環境負荷の項目も実証項目としました。これらの実証項目は、熱媒循環部と同じく性能を証明する書類の写しを提出する項目ですが、性能の証明の担保として、その製造物の規格または製造業者の品質管理システム等を確認しています。

表6: 実証単位(C)の熱媒の実証項目

実証項目	内容
腐食性	メンテナンス性を示す項目。「JIS K 2234 不凍液」の試験方法での結果を記載する。
粘性	熱媒の粘度が高くなると、熱媒の循環ポンプの動力に負荷がかかり消費電力の上昇につながる。消費電力の上昇は、空調システムのエネルギー効率(COP)の低下を招く。空調システムの性能に影響する項目である。
熱容量	実証単位(A)システム全体の実証試験では熱媒の温度を測定しているために、それを熱量に換算するために必要な項目である。
引火性	熱媒の使用時、保管中、廃棄された場合の影響をみるための、安全性、環境負荷に関する項目である。
毒性	熱媒が廃棄された場合の自然界への影響をみるために、環境負荷の項目としている。
生分解性/ 残留性	熱媒が廃棄された場合の自然界への影響をみるために、環境負荷の項目としている。

実証試験を行う際の基本的考え方、試験条件・方法を定めた「実証試験要領」の最新版は、本事業のウェブサイト (<http://www.env.go.jp/policy/etv/>) でご覧いただくことができます。

また平成 21 年度の実証試験要領（第 1 版）は、環境省報道発表資料【平成 21 年度環境技術実証事業 ヒートアイランド対策技術分野「オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術 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」の策定及び実証機関の公募の開始について（お知らせ）】 (<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11083>) のウェブページに添付資料として掲載されています。

## IV. 平成21年度実証試験結果について

平成21年度は、国負担体制で実施しました。

### ■実証機関

#### ○特定非営利活動法人地中熱利用促進協会

<連絡先>

特定非営利活動法人地中熱利用促進協会 実証機関事務局

〒167-0051東京都杉並区荻窪4丁目30番9号グリーンパークマンション103

TEL/FAX：03-3391-7836

E-mail：geohpaj@geohpaj.org

URL：http://www.geohpaj.org/

### ■ 実証対象技術の一覧

実証機関	実証単位	環境技術開発者 (実証申請者)	実証対象技術	実証試験期間	実証番号	掲載ページ
特定非営利活動法人地中熱利用促進協会	実証単位(A) システム全体	JFE鋼管株式会社/JFEスチール株式会社	「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム	平成21年8月1日～平成22年1月29日	052-0901	30
	実証単位(B) 地中熱/下水熱専用ヒートポンプ	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社	水冷式ヒートポンプ(地中熱対応水冷式ヒートポンプチラー・ZQH-18W18)	平成21年7月25日～平成22年2月28日	052-0902	39
	実証単位(C) 地中熱交換部	ミサワ環境技術株式会社	東京都港区高輪福祉会館において掘削された地中熱交換器	平成21年7月24日～平成21年8月8日	052-0903	44

## ■ 実証番号を付した固有の環境技術実証事業ロゴマーク（個別ロゴマーク）

「1. はじめに」の図 1 では共通ロゴマークについて説明しましたが、ここでは個別ロゴマークについて説明します。ヒートアイランド対策技術分野（オフィス、住宅等から発生する人工排熱低減技術）地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムにおいて実証試験を行った実証対象技術については、環境省が行う本事業の実証済技術である証として、1つの実証済技術に対し1つの実証番号が付された固有の環境技術実証事業ロゴマーク（個別ロゴマーク）（図 6）を交付しました。同時に、実証試験結果報告書の概要の1ページ目左上及び実証試験結果報告書詳細版の表紙にも貼付しました。これにより、以下のような効果を期待しています。

1. 実証申請者として、固有の個別ロゴマークを実証済技術が掲載されたカタログやウェブサイト等に掲載することにより、次のことから実証済技術（製品）の付加価値を高めることができます。
  - ① 固有のロゴマークであること。
  - ② 製品カタログ等に掲載された個別ロゴマークと同じ個別ロゴマークが掲載された実証試験結果報告書を示すことで、実証済技術（製品）の技術的裏付けになる。
2. 実証済技術（製品）を購入・採用するエンドユーザーにとって、製品カタログと実証試験結果報告書の双方に同じ固有の個別ロゴマークが掲載されることで、双方の繋がりがより明確になります。さらに、実証試験結果報告書に掲載の個別ロゴマークの実証番号を確認することで、実証済技術の実証試験結果を容易に知ることができます。



図6: 実証番号を付した固有の環境技術実証事業ロゴマーク（個別ロゴマーク）の例

## ■ 実証試験結果報告書概要の見方

本レポートには対象技術別に実証試験結果報告書全体概要が掲載されています。ここでは、「実証単位（A）」の実証試験結果報告書の全体概要を例にとり、掲載項目とその見方を紹介します。

### (1) 1 ページ目

#### 環境技術実証事業ロゴマーク

1つの実証済技術に対し、1つの実証番号を付したロゴマークを1ページ目に貼付してあります。同じロゴマークが環境技術開発者(実証申請者)に交付されています。

#### 実証対象技術の紹介

実証の対象となる技術(実証対象技術、ここでは実証単位(A)の名称(システム名及び施設名等)、開発者[環境技術開発者(実証申請者)]、実証機関(実証試験を行った第三者機関)及び実証試験期間を記載しています。

#### 実証対象技術の概要

実証対象技術(地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム全体)の原理と各設備の配置写真を記載しています。

#### 実証試験の実施施設の概要

実証試験を行う施設について、施設名、所在地、規模等について記載しています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)

最新版 (平成 23 年 2 月 2 日更新) 「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム

JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社



ETV  
環境技術  
実証事業

実証番号 052-0901

本技術及びその性能に関して、開発者等による  
保証・認証・認可等を謳うものではありません。  
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。

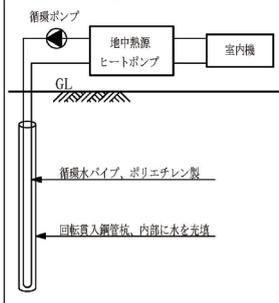
**○ 実証全体の概要**

実証対象技術	「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム
環境技術開発者	JFE鋼管株式会社/JFEスチール株式会社
実証単位	(A) システム全体
実証機関	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会
実証試験期間	平成 21 年 8 月 1 日～平成 22 年 1 月 29 日

**1. 実証対象技術の概要 (原理)**

実証単位 (A) システム全体における実証対象技術の原理 (イメージ図を下図左に示す。) は、以下のとおりである。

- ・地中熱交換器として先端閉塞の回転貫入鋼管杭を利用した地中熱利用空調システムで、基礎杭兼用と採熱専用杭の 2 種類がある。本実証対象技術は採熱専用杭である。
- ・鋼管杭内部には水を充填し、その中に熱媒を循環させるポリエチレン樹脂製循環水パイプを挿入し、地中との熱交換を行う。熱媒として水 (不凍液) を使用している。





①地中熱交換器 (鋼管杭深さ 30m×8 本) の埋設位置  
②地中熱源ヒートポンプ  
③室内機設置場所 (2階集会室)

実証単位 (A) システム全体における  
実証対象技術の原理

実証対象技術が設置された「川崎市 南河原こども文化センター」(実証試験実施施設) 外観

実証試験実施施設の概要は以下のとおりである。

施設名 (住所)	川崎市 南河原こども文化センター (神奈川県川崎市幸区都町 74 番地 2)
施設の用途	川崎市こども文化センター条例で定められた「こども文化センター」
施設の規模	建築面積 200m <sup>2</sup> 、RC2 階建て
室内機設置場所 (空調した部屋)	2階集会室 80m <sup>2</sup> 、天井高さ 3.6m

### 実証試験結果報告書の詳細版について

実証試験における測定機器の構成、測定条件、数値計算内容及び測手結果等の詳細情報は、実証試験結果報告書の詳細版で確認することができます。実証試験結果報告書詳細版は、環境技術事業ウェブサイト(<http://www.env.go.jp/policy/etv/>)でご覧いただくことができます。

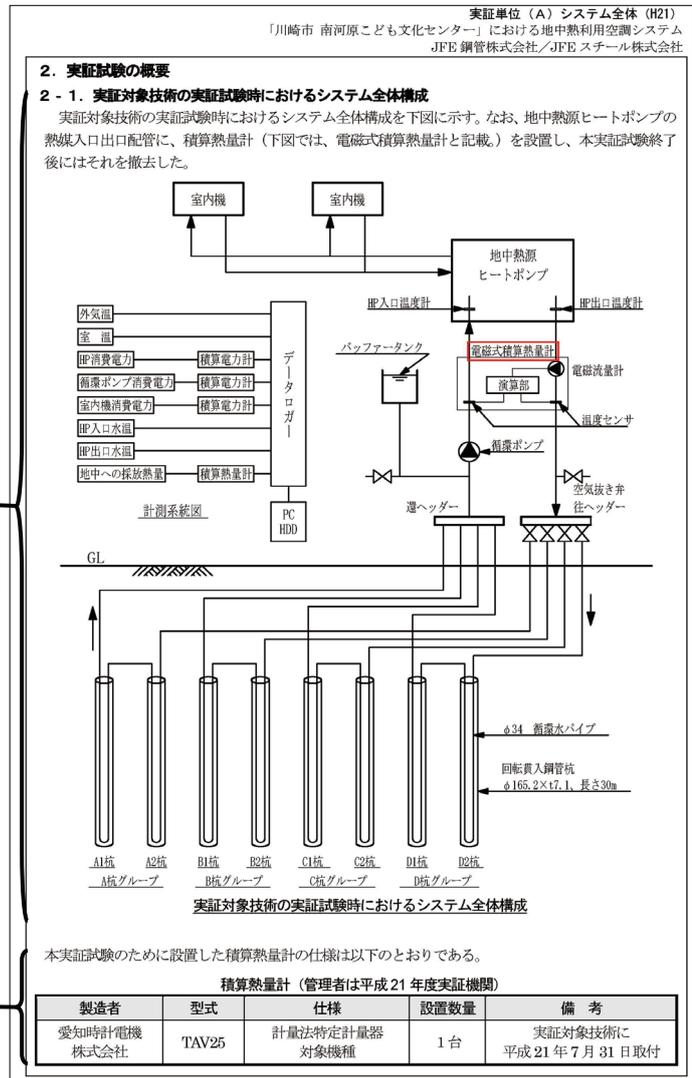
(2) 2ページ目

実証試験の概要(システム構成)①

実証対象技術に設置された測定器を含むシステム構成図を記載しています。その中で、本実証試験のために設置した「積算熱量計」を赤枠で囲ってあります。

積算熱量計の仕様

本実証試験のために設置した「積算熱量計」の仕様を記載しています。



(3) 3 ページ目

実証試験の概要(システム構成)②

(続き)

実証対象技術で使用されている地中熱源ヒートポンプの仕様について記載しています。

実証試験の概要(システム構成)③

実証対象技術で使用されている地中熱源ヒートポンプ及びシステム制御盤などの設置状況の写真です。

実証試験の環境

実証試験の実施環境、実証試験時の実証試験実施施設の使用状況、地中熱交換井の井戸の深さ、口径等について記載しています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)  
「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

本実証対象技術で使用の地中熱源ヒートポンプは以下のとおりである。

空水冷式ビル用マルチ空調システム (ゼネラルヒートポンプ工業株式会社製造)	
地中熱源ヒートポンプ* 1</td <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ZP-XS280-T(10馬力相当)、冷房能力28kW/暖房能力31.5kW</li> <li>・外径寸法 W890×D890×H2,545</li> <li>・地中熱源ヒートポンプ2台中1台停止して5馬力として使用</li> </ul> </td>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ZP-XS280-T(10馬力相当)、冷房能力28kW/暖房能力31.5kW</li> <li>・外径寸法 W890×D890×H2,545</li> <li>・地中熱源ヒートポンプ2台中1台停止して5馬力として使用</li> </ul>
室内機	天井吊形71形、2台使用、冷房7.1kW/暖房8.0kW

\*1: 環境技術開発者と川崎市の共同研究\*2で、冷暖房期間に地中熱源ヒートポンプと同性能の空気熱源ヒートポンプを同期運転し性能を比較したが、比較し評価することは本実証試験では対象外である。また、同期運転した空気熱源ヒートポンプには本実証試験で使用したものと同じ積算熱量計を設置していないため、本実証試験で測定されたデータとは単純比較はできない。  
\*2: 環境技術開発者と川崎市の共同研究の詳細については、詳細版参考38ページを参照。

地中熱源及び空気熱源ヒートポンプ、そしてシステム制御盤等の設置状況の写真を下に示す。

2-2 実証試験の環境

実証試験の実施環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実施施設: 川崎市 南河原こども文化センター (2階集会室を空調)</li> <li>・システムの適用建物の概要</li> <li>規模: 建築面積200m<sup>2</sup>、RC2階建て</li> <li>空調対象: 2階集会室 (広さ80m<sup>2</sup>、天井高さ3.6m)</li> <li>実施施設の平面図及び機器配置図を詳細版本編の図4-4 (詳細版本編20ページ) 及び図4-5 (詳細版本編21ページ) に示す。</li> <li>・地質環境: 地盤柱状図及びN値の分布を詳細版本編の図4-6 (詳細版本編23ページ) に示す。</li> <li>・地下水の流速・流向: GL-4.8mの細砂層で北東方向に流速毎分0.1cm程度の流れあり。</li> </ul>
実証試験時の使用状況	実証試験機関の施設の使用状況 (運転モード、建物内での生活スタイル等) <ul style="list-style-type: none"> <li>・こども文化センターの利用時間: 月~土9:30~21:00、日祝9:30~18:00</li> <li>・空調設備の稼働時間: 9:30~18:00 (土日は稼働せず)</li> <li>・生活スタイル: 空調対象の2階集会室は、上記時間帯において、卓球や体操等のスポーツや映画鑑賞などに適宜使用される。</li> <li>・設定温度: 冷房期間27℃/暖房期間20℃ (実証試験期間中も同じ設定温度)</li> <li>この設定温度はこども文化センター事務室で手動制御される。</li> </ul>
井戸の深さ、口径等	地中熱交換器としての鋼管杭の寸法等 <ul style="list-style-type: none"> <li>・φ165.2×t7.1×深さ30m、本数8本</li> </ul>

(4) 4ページ目

実証項目の内容

実証単位(A)システム全体における各実証項目の種類について、記載しています。特に「システム全体の实証項目」は、本実証試験で実証する項目です。「実証単位(C)の实証項目」は、既存データを活用しています。また、技術的な用語についての説明を注記に記載しています。

「既存データ活用の特例措置」の適用についての判断結果

実証単位(C)の「地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システム熱交換部全体の实証項目」について、「既存データ活用の特例措置」の適用検討とその判断結果を記載しています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)

「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

2-3 実証項目の内容

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

実証単位 (A) の実証項目	
システム全体の实証項目	実証単位 (C) の実証項目
a. システムエネルギー効率 (APF) *1*2	地中熱交換部全体の 実証項目 *3
	a. 熱交換井の熱抵抗 b. 土壌部分の熱伝導率 c. 流量範囲 d. 熱伝導性
b. 冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) *2	熱媒循環部の 実証項目 *4
	e. 耐熱性 f. 脆化温度 g. 耐腐食性 h. 寿命
c. システム消費電力 (1秒間における消費電力量 [W] を、冷房期間中で平均したもの)	熱媒の実証項目 *4
d. 冷房期間の地中への排熱量の平均値 *2 (1秒間における地中への排熱量 [J] を、冷房期間中で平均したもの)	

\*1: APF: Annual Performance Factor の略。システムエネルギー効率 (COP) の年間の値を表す。実証試験要領 (第1版) で示す APF は、厳密な年間値ではなく、年度毎の環境技術実証事業の運営上、実証試験期間 (最大7~8ヶ月程度) の値として定義している。

\*2: 技術の性能の高さは「システムエネルギー効率 (APF 及び COP)」で評価されるが、この値のみが当該技術の性能の高さを必ずしも示すものでない。ヒートアイランド抑制に関する性能は、「冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP)」と「冷房期間の地中への排熱量平均値」の両方で評価される。

\*3: 地中熱交換器部全体のサーマルレスポンス試験を行い、測定されたデータから算出する項目であるが、システム全体として施設がすでに完成しているため、サーマルレスポンス試験を本実証試験では行うことができない。そこで、実証試験要領 (第1版) の8ページ【既存データ活用の特例措置】に定める条件を満たすかを検討した上で、既存の測定結果を転用した。

\*4: 性能を証明する書類の写しを提出する項目であるが、性能の証明の担保として、その製造物の規格または製造業者の品質管理システム等を確認した。性能を証明する書類の写しは、詳細版添付資料 51~58ページを参照。

【地中熱交換部全体の实証項目における既存データ活用の特例措置\*5の適用検討及びその判断結果】

既存データとして提出された報告書\*6のサーマルレスポンス試験は、環境技術開発者がジオシステム株式会社にて観測及び報告書作成を平成20年10月に実施させたものである。本サーマルレスポンス試験の測定方法 (初期温度測定の間隔、測定周期、平均流量及び測定期間等\*6) については以下の通りであり、実証試験要領 (第1版) 28ページに規定の【測定方法】\*7により得られたもので、本実証試験要領 (第1版) を満足しているため、妥当性・信頼性があると判断し、測定結果を転用した。

初期温度測定間隔	測定周期	平均流量	測定期間	その他備考
1 m 間隔	1秒間隔	11.2 L/min	6日間 10月20日16時5分 ~10月25日9時24分	参考データとして 熱電対を8個追加

\*5: 実証試験要領 (第1版) の【既存データ活用の特例措置】(8ページ) を参照。

\*6: 詳細は、詳細版付録39~50ページを参照。

\*7: 講座「地中熱利用ヒートポンプシステム」温度応答試験の実施と解析; 九州大学大学院工学研究院 藤井光、日本地熱学会誌 第28巻 第2号 (2006) 準拠。

(5) 5ページ目

実証試験結果 ①

各実証項目の実証試験結果について

- ・システム全体の实証項目
  - ・地中熱交換部全体の实証項目  
(既存データ活用の特例措置の適用)
  - ・熱媒循環部の実証項目  
(性能を証明する書類の写しから転用)
- に分類して記載しています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)  
「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

**2-4 実証試験結果**  
**システム全体の实証項目 (熱的性能)**

項目	結果	条件・備考
システムエネルギー効率 (APF) *1 [-] (室内機を除く)	3.9	実証試験期間 (8月~9月の冷房試験期間及び12月~1月の暖房試験期間のうち、空調システム稼働日*2) において算出した APF
システムエネルギー効率 (APF) *1 [-] (室内機を含む)	3.8	同上
冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) *1 [-] (室内機を除く)	7.1	8月~9月の冷房試験期間のうち、空調システム稼働日*2の COP
冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) *1 [-] (室内機を含む)	6.5	同上
システム消費電力平均値 [kW] (室内機を除く)	2.48	実証試験期間内の稼働時間における平均値
システム消費電力平均値 [kW] (室内機を含む)	2.55	同上
冷房期間の地中への排熱量平均値*1 [kW]	9.27	8月~9月の稼働時間における平均値

\*1: 概要版 4 ページの表 (実証単位 (A) の実証項目) に記載のシステム全体の实証項目を参照。  
\*2: 各試験期間から、空調停止日及び地中熱源ヒートポンプの停止日と稼働しなかった日を除いた日。詳細は図 5-1 (詳細版本編 31 ページ) 及び図 5-2 (詳細版本編 32 ページ) を参照。

**地中熱交換部全体の实証項目 (熱的性能) 【既存データ活用の特例措置の適用】**

項目	結果	条件・備考
a. 地中熱交換機の高熱抵抗 [K/(Wm)]	0.074	既存データとして提出されたサーマルレスボンス試験の報告書*3から転用
b. 土壤部分の熱伝導率 [W/(m・K)]	1.70	同上

\*3: 本実証試験以前の平成 20 年 10 月 20 日~10 月 25 日に実施されたサーマルレスボンス試験の報告書、概要版 4 ページの下段のとおり検討し測定結果を転用。

**熱媒循環部\*4の实証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用)**

項目	結果								
c. 流量範囲 (上限と 下限の 適正 流量)	ASTM 規格ポリエチレン (PE3408) パイプの SDR-11 (外径/肉厚比 11 のパイプ) 呼び径: 1 inch、内径: 1.077inch (27.4mm)								
	流量 (G.P.M)	1	2	3	4	5	6	8	※この欄のデータは、IGSHPA (国際地中熱ヒートポンプ協会) のテキストからの転記であり、本熱媒循環部の実測値ではない。
	流量 (L/min)	3.8	7.6	11.4	15.1	18.9	22.7	30.3	
	流速 (m/s)	0.11	0.21	0.32	0.43	0.53	0.64	0.86	
	長さ 100m 当たりの 損失水頭 (mH <sub>2</sub> O)	0.07	0.36	0.71	1.16	1.73	2.38	3.92	
出典: Closed-Loop/Ground-Source Heat Pump Systems Installation Guide (IGSHPA)									
d. 熱伝導性 (素材の熱伝導率)	0.39 [W/(m・K)]	項目 e. 耐熱性	記載なし						
f. 脆化温度	-60 [°C] 以下*6	項目 g. 耐腐食性	記載なし						
項目 h. 寿命	記載なし								

\*4: ジオシステム株式会社が輸入・販売の「高密度ポリエチレン製U字管」\*5で、Standard Pipe & Supply 社 (所在地: 512 Indiana Ave, Wichita Falls, TX 76301, U.S.A., TEL: 1-940-767-5712) が製造し、製品名 (サイズ呼称) は、STANDARD (25A) である。  
\*5: 熱媒循環部 (U字管及び継ぎ手) は、それぞれ米国規格 ASTM D3035 (外径が制御されるポリエチレンパイプの標準仕様)、継ぎ手は ASTM D2683 (外径が制御されるポリエチレンパイプのための継ぎ手の標準仕様)、ASTM F1055 (外径が制御されるポリエチレンパイプのための継ぎ手の電気融着タイプの標準仕様) を準拠していることを確認した。よって、提出された資料のデータ (詳細版添付資料 51~53 ページ) を実証項目に転用した。  
\*6: 米国規格 ASTM D3350 (ポリエチレンパイプ及び付属器具の標準仕様) から引用。

(6) 6ページ目

実証試験結果 ②

実証単位(C)の熱媒の実証項目の実証試験結果について、性能を証明する書類の写しから転用して記載しています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)  
「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

**熱媒\*1の実証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用)**

項目		結 果*3					
試験方法	JIS K 2234 (不凍液) に準拠。各金属間はポリエチレンスベーパーで絶縁。						
条件	濃度	-20℃	スーパー50vol%, (レギュラー67vol%)				
	室温	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)					
	88℃	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)					
通気量	100ml/min (-20℃の場合、通気なし。)						
時間	336hr						
試験片	希釈液 温度	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )					
		水 道 水 希 釈			JIS 調 合 水 希 釈		
		-20℃	RT	+88℃	-20℃	RT	+88℃
銅		-0.04	-0.02	-0.05	-0.02	-0.02	-0.03
黄銅		-0.01	±0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02
銅		-0.01	+0.01	-0.00	-0.01	-0.00	-0.02
鋳鉄		-0.01	+0.00	+0.01	-0.01	-0.00	+0.03
ステンレス (SUS304)		-0.01	±0.00	-0.00	-0.00	+0.01	-0.01
亜鉛		±0.00	+0.12	+0.17	-0.02	+0.03	+0.19
i. 腐食性*2							
長期腐食試験							
試験方法	JIS K 2234 (不凍液) に準拠。各金属間はポリエチレンスベーパーで絶縁。						
条件	濃度	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)					
	温度	88℃					
	通気量	100ml/min					
	時間	100, 3000, 5000hr					
試験片		腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )					
		1000hr	3000hr	5000hr			
銅		-0.04	-0.06	-0.15			
黄銅		-0.02	-0.07	-0.14			
銅		-0.01	-0.04	-0.15			
鋳鉄		-0.00	+0.03	-0.17			
ステンレス (SUS304)		+0.00	+0.00	+0.00			
亜鉛		-0.03	-0.16	-0.24			
*1: 詳細版添付資料 54 ページによると、東北総合器材株式会社が販売する「エスケープライン PP (エスケープライン SKAF-2L, 10L, 18L)」であり、ショーワ株式会社*2が製造する「ショウブライン PP」の物性データと同じである。							
*2: ショーワ株式会社にて、品質マネジメントシステムの国際規格 ISO9001:2000 JSQA712 の認証を取得。そしてショーワ株式会社の本社・工場において、環境マネジメントシステムの国際規格 ISO14001:2004 JSAE846 の認証を取得していることを確認した。よって、熱媒の製造者が作成した物性データ及び製品安全シートのデータを実証項目に転用した。							
*3: 結果の記載内容は、熱媒の製造者が作成した物性データ及び製品安全シートのデータ*2 (詳細版添付資料 54~58 ページ) からの転用であり、意味が変わらない程度に簡潔にした。							

(7) 7ページ目

実証試験結果 ③

実証単位(C)の熱媒の実証項目の実証試験結果について、性能を証明する書類の写しから転用して記載しています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)  
「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

熱媒\*1の実証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用) (続き)

結 果							
項目	項目						
j. 粘性*2	k. 熱容量 (比熱) *2						
<p>※j. 粘性及びk. 熱容量 (比熱) のグラフは、詳細版添付資料 55～56 ページの縮小版の為、文字の大きさのみ大きくし見易くした。</p>							
<p><b>l. 引火性*2</b></p>	<p>引火点 109°C (常温では燃え難い) が、可温時は容易に引火する。</p>						
<p><b>m. 毒性*2</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">急性毒性</td> <td>LD<sub>50</sub>*4 : 20g/kg (経口ラット) LD<sub>50</sub>*4 : 24g/kg (経口マウス)</td> </tr> <tr> <td>亜急性毒性</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6250～50000mg/L の飲料水をラットに 13 週間最高投与量の所見で対照群との差異は全く無。</li> <li>• 授乳期の牛、鶏の雛、ブロイラーなどでの亜急性毒性の結果報告があるが、有意な病理学的変化は見られていない。</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>慢性毒性</td> <td>体重 1kg 当たり 2g のプロピレングリコールを餌に混ぜ、犬に 2年間与えた試験では、悪影響は観察されていない。</td> </tr> </table>	急性毒性	LD <sub>50</sub> *4 : 20g/kg (経口ラット) LD <sub>50</sub> *4 : 24g/kg (経口マウス)	亜急性毒性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6250～50000mg/L の飲料水をラットに 13 週間最高投与量の所見で対照群との差異は全く無。</li> <li>• 授乳期の牛、鶏の雛、ブロイラーなどでの亜急性毒性の結果報告があるが、有意な病理学的変化は見られていない。</li> </ul>	慢性毒性	体重 1kg 当たり 2g のプロピレングリコールを餌に混ぜ、犬に 2年間与えた試験では、悪影響は観察されていない。
急性毒性	LD <sub>50</sub> *4 : 20g/kg (経口ラット) LD <sub>50</sub> *4 : 24g/kg (経口マウス)						
亜急性毒性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6250～50000mg/L の飲料水をラットに 13 週間最高投与量の所見で対照群との差異は全く無。</li> <li>• 授乳期の牛、鶏の雛、ブロイラーなどでの亜急性毒性の結果報告があるが、有意な病理学的変化は見られていない。</li> </ul>						
慢性毒性	体重 1kg 当たり 2g のプロピレングリコールを餌に混ぜ、犬に 2年間与えた試験では、悪影響は観察されていない。						
<p><b>n. 生分解性 / 残留性*2</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 生分解性は良好であり、蓄積性による影響はないものと判断される。</li> <li>• 残留性については、蓄積性として、(オクタール/水分配係数)、Log Pow=-1.27</li> </ul>						

\*1 : 概要版 G ページの表 (熱媒の実証項目) の \*1 と同じ。  
 \*2 : 概要版 G ページの表 (熱媒の実証項目) の \*2 と同じ。  
 \*3 : 概要版 G ページの表 (熱媒の実証項目) の \*3 と同じ。  
 \*4 : 半数の動物が死ぬ体重 1kg 当たりの経口摂取量。

(8) 8ページ目

実証対象技術の地中熱交換器としての先端閉塞の回転貫入鋼管杭の施工時及び設置後の写真

写真は、本実証試験実施場所に地中熱交換部が設置された際の工事の様子です。

まとめ

実証試験の内容を簡単に記載し、得られた実証試験結果について、本実証試験を実施した実証機関の見解が記されています。

実証単位 (A) システム全体 (H21)  
「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

2-5 実証対象技術の地中熱交換器としての先端閉塞の回転貫入鋼管杭の施工時及び設置後の写真



先端閉塞の回転貫入鋼管杭 (Φ165.2) の施工状況 (GL-30m まで設置)



先端閉塞の回転貫入鋼管杭の頭部にコンクリート製樹を設置し、鋼管杭内部に循環水パイプ (ポリエチレン製) を挿入

3. まとめ

実証単位 (A) の本実証対象技術は、地中熱交換部からヒートポンプまでを含めた当システムに関わる技術全体である。実証試験では実使用状態の建物で地中熱を利用し冷暖房を行い、室内機を含む場合と除く場合の冷暖房期間 (実証試験期間) の各システムエネルギー効率 (APF) 及び冷房期間の各システムエネルギー効率 (COP)、ヒートポンプ消費電力平均値、そして冷房期間の地中への排熱量平均値をシステム全体の検証項目として算出した。

本実証試験では、次の2点から、ヒートアイランドの抑制効果を示すデータが取得できたといえる。  
①冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) は、昨今の業務用空冷式ヒートポンプの空調システムと比較して高い値\*1であった。  
②空冷式ヒートポンプの排熱は大気で行われることに対し、本実証対象技術のシステムでは排熱は地中で行われたことが確認された。

\*1 : 高効率と言われているもので、冷房時のCOPが4~6のものが、インターネットの検索上で見受けられる。(平成21年度3月現在。)

(9) 9ページ目

実証対象技術の参考情報

各実証単位の実証試験結果報告書のこのページに示された情報は、実証試験によって得られた情報ではなく、実証試験の対象外で、環境技術開発者(実証申請者)の責任において申請された内容です。また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。

ここに書かれた情報に関するお問い合わせは、直接環境技術開発者(実証申請者)までお願いします。

(1)実証対象技術の概要

環境技術開発者(実証申請者)より申請された、実証対象技術に関する情報が示されています。

- ・実証対象製品の名称及び型番:実証対象技術の名称、型式。
- ・環境技術開発者:実証対象技術の製造(販売)企業名[環境技術開発者(実証申請者)の名称]。
- ・連絡先:実証対象技術の製造(販売)企業の連絡先(環境技術開発者の連絡先)。
- ・設置条件:環境技術開発者(実証申請者)により申請された実証対象技術が対応する建築物及び留意点等。
- ・メンテナンスの必要性・耐候性・製品寿命など:環境技術開発者(実証申請者)により申請されたメンテナンス情報及び耐用年数等。
- ・施工性:実証対象技術を施工上の特徴、留意点及び制約条件等。
- ・技術上の特徴:環境技術開発者(実証申請者)により申請された実証対象技術に関する特徴等。
- ・コスト概算:実証対象技術の材料費・工事費・設備等を記載。

実証単位(A)システム全体(H21)

「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム  
JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社

実証対象技術の参考情報

本ページに示された情報は、全て環境技術開発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	環境技術開発者 記入欄
製品名	「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム
製造(販売)企業名	JFE 鋼管株式会社
連絡先	TEL/FAX TEL 03-5298-0101 FAX 03-5298-0102
	Web アドレス http://www.jfe-wp.co.jp/
	E-mail y-sugie@jfe-wp.co.jp
設置条件	地中熱交換器として先端閉塞の回転貫入鋼管杭を利用した地中熱利用空調システム。実証試験では採熱専用杭を使用。鋼管杭内部には水を充填し、その中に熱媒を循環させるポリエチレン樹脂製循環水パイプを挿入し、地中との熱交換を行う。熱媒として水(不凍液)を使用。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等	地中熱交換井に使われている鋼管には水が充填されているが、腐食は10年に0.1mmであり、問題はない。
施工性	地中熱交換用鋼管杭は、回転貫入鋼管杭であり、比較的軟弱な地層に適している。30mの坑井を1日に3~4本貫入可能であるため、施工性がよい。
技術上の特徴	地中熱交換井に先端閉塞回転貫入鋼管杭を使用することで (1) 環境保全・循環型社会対応工法・掘削残土が出ない ・杭施工時上下滞水層を結合することがなく、かつ泥水を使用しないので地下水を汚染しない。また、地上の工事環境も良好である。 ・低騒音、低振動で施工できる。 ・鋼管杭は逆回転することにより、引抜き、現状復帰、リユース、リサイクルが可能である。 ・現状復帰が容易である。 (2) 地中熱交換井の低コスト化が図れる ・建築基礎杭との兼用で、さらに低コスト化(初期投資の低減)が図れる。 ・工期を短縮できる。 ・深い深度で高効率の採放熱が見込める。 (3) 高い熱交換率 ・杭内部に水を充填し、水の対流を利用するので熱交換効率が高い。
コスト概算	今回の実証試験における材料費、工事費、設備費の概算は700万円。(実用設備は別途) 実際のコストは現場条件(基礎杭兼用等)や土質条件により異なる。

○その他環境技術開発者からの情報(参考情報)

特になし。

実証対象技術の参考情報

(2)その他メーカーからの情報

製品データの項目以外に環境技術開発者(実証申請者)より申請された、実証対象機器に関する情報を記載。

■ 実証試験結果報告書の概要

次ページ以降に実証番号の順に、各実証対象技術の実証試験結果報告書概要を示します。



実証番号 052-0901

本技術及びその性能に関して、環境省等による  
保証・認証・認可等を謳うものではありません。  
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。

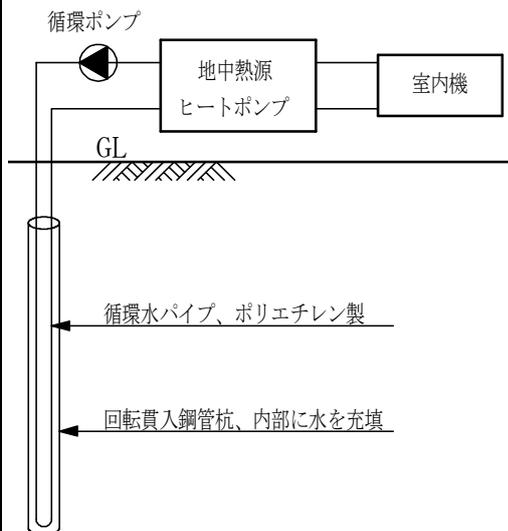
## 〇 実証全体の概要

実証対象技術	「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム
環境技術開発者	JFE 鋼管株式会社/JFE スチール株式会社
実証単位	(A) システム全体
実証機関	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会
実証試験期間	平成 21 年 8 月 1 日～平成 22 年 1 月 29 日

### 1. 実証対象技術の概要 (原理)

実証単位 (A) システム全体における実証対象技術の原理 (イメージ図を下図左に示す。) は、以下のとおりである。

- ・地中熱交換器として先端閉塞の回転貫入鋼管杭を利用した地中熱利用空調システムで、基礎杭兼用と採熱専用杭の 2 種類がある。本実証対象技術は採熱専用杭である。
- ・鋼管杭内部には水を充填し、その中に熱媒を循環させるポリエチレン樹脂製循環水パイプを挿入し、地中との熱交換を行う。熱媒として水 (不凍液) を使用している。



①地中熱交換器 (鋼管杭深さ 30m×8 本) の埋設位置

②地中熱源ヒートポンプ

③室内機設置場所 (2階集会室)

実証単位 (A) システム全体における  
実証対象技術の原理

実証対象技術が設置された「川崎市 南河原こども  
文化センター」(実証試験実施施設) 外観

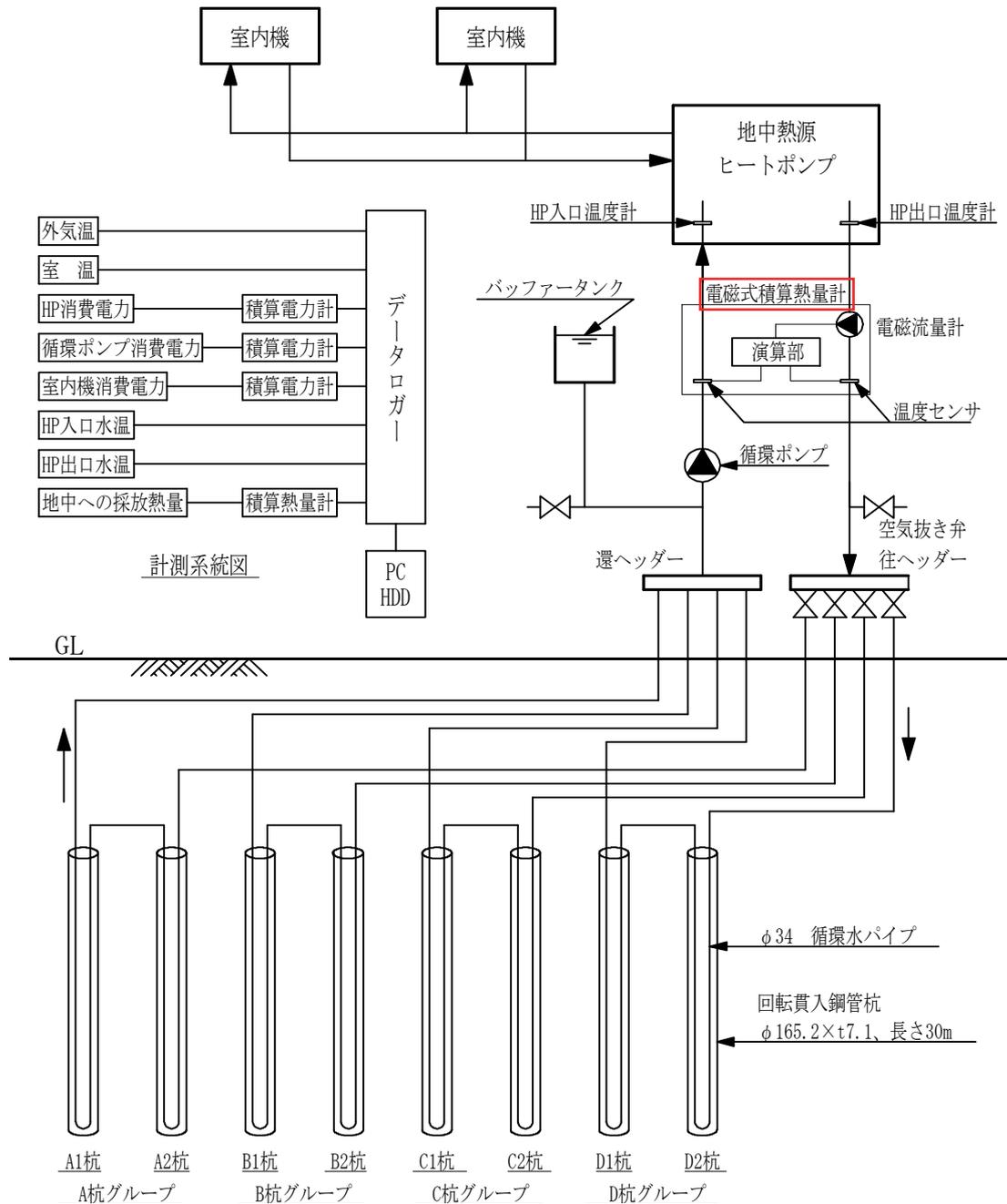
実証試験実施施設の概要は以下のとおりである。

施設名 (住所)	川崎市 南河原こども文化センター (神奈川県川崎市幸区都町 74 番地 2)
施設の用途	川崎市こども文化センター条例で定められた「こども文化センター」
施設の規模	建築面積 200m <sup>2</sup> 、RC2 階建て
室内機設置場所 (空調した部屋)	2 階集会室 80m <sup>2</sup> 、天井高さ 3.6m

## 2. 実証試験の概要

### 2 - 1. 実証対象技術の実証試験時におけるシステム全体構成

実証対象技術の実証試験時におけるシステム全体構成を下図に示す。なお、地中熱源ヒートポンプの熱媒入口出口配管に、積算熱量計（下図では、電磁式積算熱量計と記載。）を設置し、本実証試験終了後にはそれを撤去した。



実証対象技術の実証試験時におけるシステム全体構成

本実証試験のために設置した積算熱量計の仕様は以下のとおりである。

#### 積算熱量計（管理者は平成 21 年度実証機関）

製造者	型式	仕様	設置数量	備考
愛知時計電機株式会社	TAV25	計量法特定計量器対象機種	1台	実証対象技術に平成 21 年 7 月 31 日取付

本実証対象技術で使用の地中熱源ヒートポンプは以下のとおりである。

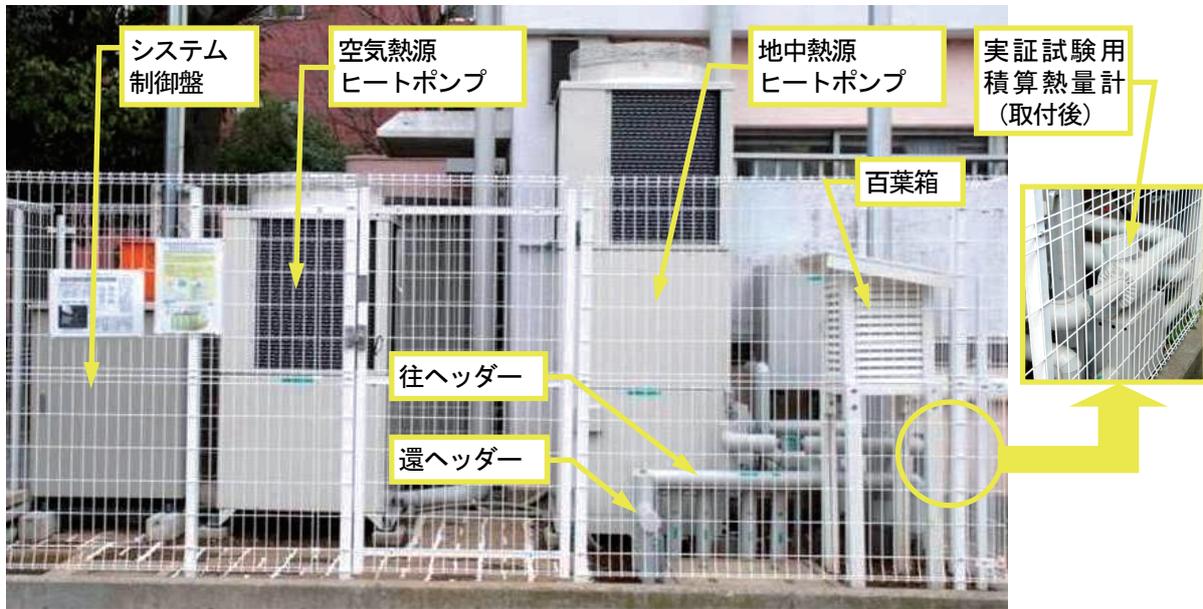
空水冷式ビル用マルチ空調システム (ゼネラルヒートポンプ工業株式会社製造)

地中熱源 ヒートポンプ*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZP-XS280-T(10 馬力相当)、冷房能力 28kW/暖房能力 31.5kW</li> <li>• 外径寸法 W 890×D 890×H 2,545</li> <li>• 地中熱源ヒートポンプ 2 台中 1 台停止して 5 馬力として使用</li> </ul>
室内機	天井吊形 71 形、2 台使用、冷房 7.1kW/暖房 8.0kW

\*1 : 環境技術開発者と川崎市の共同研究\*2で、冷暖房期間に地中熱源ヒートポンプと同性能の空気熱源ヒートポンプを同期運転し性能を比較したが、比較し評価することは本実証試験では対象外である。また、同期運転した空気熱源ヒートポンプには本実証試験で使用したものと同じ積算熱量計を設置していないため、本実証試験で測定されたデータとは単純比較はできない。

\*2 : 環境技術開発者と川崎市の共同研究の詳細については、詳細版参考 38 ページを参照。

地中熱源及び空気熱源ヒートポンプ、そしてシステム制御盤等の設置状況の写真を下に示す。



2 - 2 実証試験の環境

実証試験の実施環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実施施設：川崎市 南河原こども文化センター (2階集会室を空調)</li> <li>• システムの適用建物の概要 規模：建築面積 200m<sup>2</sup>、RC2 階建て 空調対象：2階集会室 (広さ 80m<sup>2</sup>、天井高さ 3.6m) 実施施設の平面図及び機器配置図を詳細版本編の図 4-4 (詳細版本編 20 ページ) 及び図 4-5 (詳細版本編 21 ページ) に示す。</li> <li>• 地質環境：地盤柱状図及びN値の分布を詳細版本編の図 4-6 (詳細版本編 23 ページ) に示す。</li> <li>• 地下水の流速・流向：GL-4.8m の細砂層で北東方向に流速毎分 0.1cm 程度の流れあり。</li> </ul>
実証試験時の使用状況	<p>実証試験機関の施設の使用状況 (運転モード、建物内での生活スタイル等)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• こども文化センターの利用時間：月～土 9:30～21:00、日祝 9:30～18:00</li> <li>• 空調設備の稼働時間：9:30～18:00 (土日は稼働せず)</li> <li>• 生活スタイル：空調対象の2階集会室は、上記時間帯において、卓球や体操等のスポーツや映画鑑賞などに適宜使用される。</li> <li>• 設定温度：冷房期間 27℃/暖房期間 20℃ (実証試験期間中も同じ設定温度) この設定温度はこども文化センター事務室で手動制御される。</li> </ul>
井戸の深さ、口径等	<p>地中熱交換器としての鋼管杭の寸法等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• φ 165.2×t7.1×深さ 30m、本数 8 本</li> </ul>

## 2 - 3 実証項目の内容

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

実証単位 (A) の実証項目		
システム全体の実証項目	実証単位 (C) の実証項目	
a. システムエネルギー効率 (APF) *1*2	地中熱交換部全体の 実証項目 *3	a. 熱交換弁の熱抵抗 b. 土壌部分の熱伝導率
b. 冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) *2	熱媒循環部の 実証項目 *4	c. 流量範囲 d. 熱伝導性 e. 耐熱性 f. 脆化温度
c. システム消費電力 (1秒間における消費電力量 [W] を、冷房期間中 で平均したもの)		g. 耐腐食性 h. 寿命
d. 冷房期間の地中への排熱量の平均値 *2 (1秒間における地中への排熱量 [J] を、冷房期 間中で平均したもの)		i. 腐食性 j. 粘性 k. 熱容量 (比熱) l. 引火性 m. 毒性 n. 生分解性/残留性

\*1 : APF : Annual Performance Factor の略。システムエネルギー効率 (COP) の年間の値を表す。実証試験要領 (第1版) で示す APF は、厳密な年間値ではなく、年度毎の環境技術実証事業の運営上、実証試験期間 (最大7~8ヶ月程度) の値として定義している。

\*2 : 技術の性能の高さは「システムエネルギー効率 (APF 及び COP)」で評価されるが、この値のみが当該技術の性能の高さを必ずしも示すものでない。ヒートアイランド抑制に関する性能は、「冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP)」と「冷房期間の地中への排熱量平均値」の両値で評価される。

\*3 : 地中熱交換器部全体のサーマルレスポンス試験を行い、測定されたデータから算出する項目であるが、システム全体として施設がすでに完成しているため、サーマルレスポンス試験を本実証試験では行うことができない。そこで、実証試験要領 (第1版) の8ページ【既存データ活用の特例措置】に定める条件を満たすかを検討した上で、既存の測定結果を転用した。

\*4 : 性能を証明する書類の写しを提出する項目であるが、性能の証明の担保として、その製造物の規格または製造業者の品質管理システム等を確認した。性能を証明する書類の写しは、詳細版添付資料 51~58ページを参照。

### 【地中熱交換部全体の実証項目における既存データ活用の特例措置\*5の適用検討及びその判断結果】

既存データとして提出された報告書\*6のサーマルレスポンス試験は、環境技術開発者がジオシステム株式会社に観測及び報告書作成を平成20年10月に実施させたものである。本サーマルレスポンス試験の測定方法 (初期温度測定の間隔、測定周期、平均流量及び測定期間等\*6) については以下の通りであり、実証試験要領 (第1版) 28ページに規定の【測定方法】\*7により得られたもので、本実証試験要領 (第1版) を満足しているため、妥当性・信頼性があると判断し、測定結果を転用した。

初期温度測定間隔	測定周期	平均流量	測定期間	その他備考
1 m 間隔	1 秒間隔	11.2 L/min	6 日間 10月20日16時5分 ~10月25日9時24分	参考データとして 熱電対を8個追加

\*5 : 実証試験要領 (第1版) の【既存データ活用の特例措置】 (8ページ) を参照。

\*6 : 詳細は、詳細版付録39~50ページを参照。

\*7 : 講座「地中熱利用ヒートポンプシステム」温度応答試験の実施と解析 ; 九州大学大学院工学研究院 藤井光、日本地熱学会誌 第28巻 第2号 (2006) 準拠。

## 2 - 4 実証試験結果

### システム全体の实証項目 (熱的性能)

項目	結果	条件・備考
システムエネルギー効率 (APF) *1 [—] (室内機を除く)	3.9	実証試験期間 (8月~9月の冷房試験期間及び12月~1月の暖房試験期間のうち、空調システム稼働日*2) において算出した APF
システムエネルギー効率 (APF) *1 [—] (室内機を含む)	3.8	同上
冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) *1 [—] (室内機を除く)	7.1	8月~9月の冷房試験期間のうち、空調システム稼働日*2の COP
冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) *1 [—] (室内機を含む)	6.5	同上
システム消費電力平均値 [kW] (室内機を除く)	2.48	実証試験期間内の稼働時間における平均値
システム消費電力平均値 [kW] (室内機を含む)	2.55	同上
冷房期間の地中への排熱量平均値*1 [kW]	9.27	8月~9月の稼働時間における平均値

\*1 : 概要版 4 ページの表 (実証単位 (A) の実証項目) に記載のシステム全体の实証項目を参照。

\*2 : 各試験期間から、空調停止日及び地中熱源ヒートポンプの停止日と稼働しなかった日を除いた日。詳細は図 5-1 (詳細版本編 31 ページ) 及び図 5-2 (詳細版本編 32 ページ) を参照。

### 地中熱交換部全体の实証項目 (熱的性能) 【既存データ活用の特例措置の適用】

項目	結果	条件・備考
a. 地中熱交換井の熱抵抗 [K/(W/m)]	0.074	既存データとして提出されたサーマルレスポンス試験の報告書*3から転用
b. 土壌部分の熱伝導率 [W/(m·K)]	1.70	同上

\*3 : 本実証試験以前の平成 20 年 10 月 20 日~10 月 25 日に実施されたサーマルレスポンス試験の報告書。概要版 4 ページの下段のとおり検討し測定結果を転用。

### 熱媒循環部\*4の实証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用)

項目	結果								
c. 流量範囲 (上限と下限の適正流量)	ASTM 規格ポリエチレン (PE3408) パイプの SDR-11 (外径/肉厚比 11 のパイプ) 呼び径 : 1 inch、内径 : 1.077inch ( 27.4mm)								
	流量 (G.P.M)	1	2	3	4	5	6	8	※この欄のデータは、IGSHPA (国際地中熱ヒートポンプ協会) のテキストからの転記であり、本熱媒循環部の実測値ではない。
	流量 (L/min)	3.8	7.6	11.4	15.1	18.9	22.7	30.3	
	流速 (m/s)	0.11	0.21	0.32	0.43	0.53	0.64	0.86	
	長さ 100m 当たりの損失水頭 (mH <sub>2</sub> O)	0.07	0.36	0.71	1.16	1.73	2.38	3.92	
出典 : Closed-Loop/Ground-Source Heat Pump Systems Installation Guide (IGSHPA)									
項目 d. 熱伝導性 (素材の熱伝導率)	0.39 [W/(m·K)]			項目 e. 耐熱性	記載なし				
項目 f. 脆化温度	-60 [°C] 以下*6			項目 g. 耐腐食性	記載なし		項目 h. 寿命	記載なし	

\*4 : ジオシステム株式会社が輸入・販売の「高密度ポリエチレン製U字管」\*5で、Standard Pipe & Supply 社 (所在地 : 512 Indiana Ave, Wichita Falls, TX 76301, U.S.A.、TEL : 1-940-767-5712) が製造し、製品名 (サイズ呼称) は、STANDARD (25A) である。

\*5 : 熱循環部 (U 字管及び継ぎ手) は、それぞれ米国規格 ASTM D3035 (外径が制御されるポリエチレンパイプの標準仕様)、継ぎ手は ASTM D2683 (外径が制御されるポリエチレンパイプのための継ぎ手の標準仕様)、ASTM F1055 (外径が制御されるポリエチレンパイプのための継ぎ手の電気融着タイプの標準仕様) を準拠していることを確認した。よって、提出された資料のデータ (詳細版添付資料 51~53 ページ) を実証項目に転用した。

\*6 : 米国規格 ASTM D3350 (ポリエチレンパイプ及び付属器具の標準仕様) から引用。

熱媒\*1の実証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用)

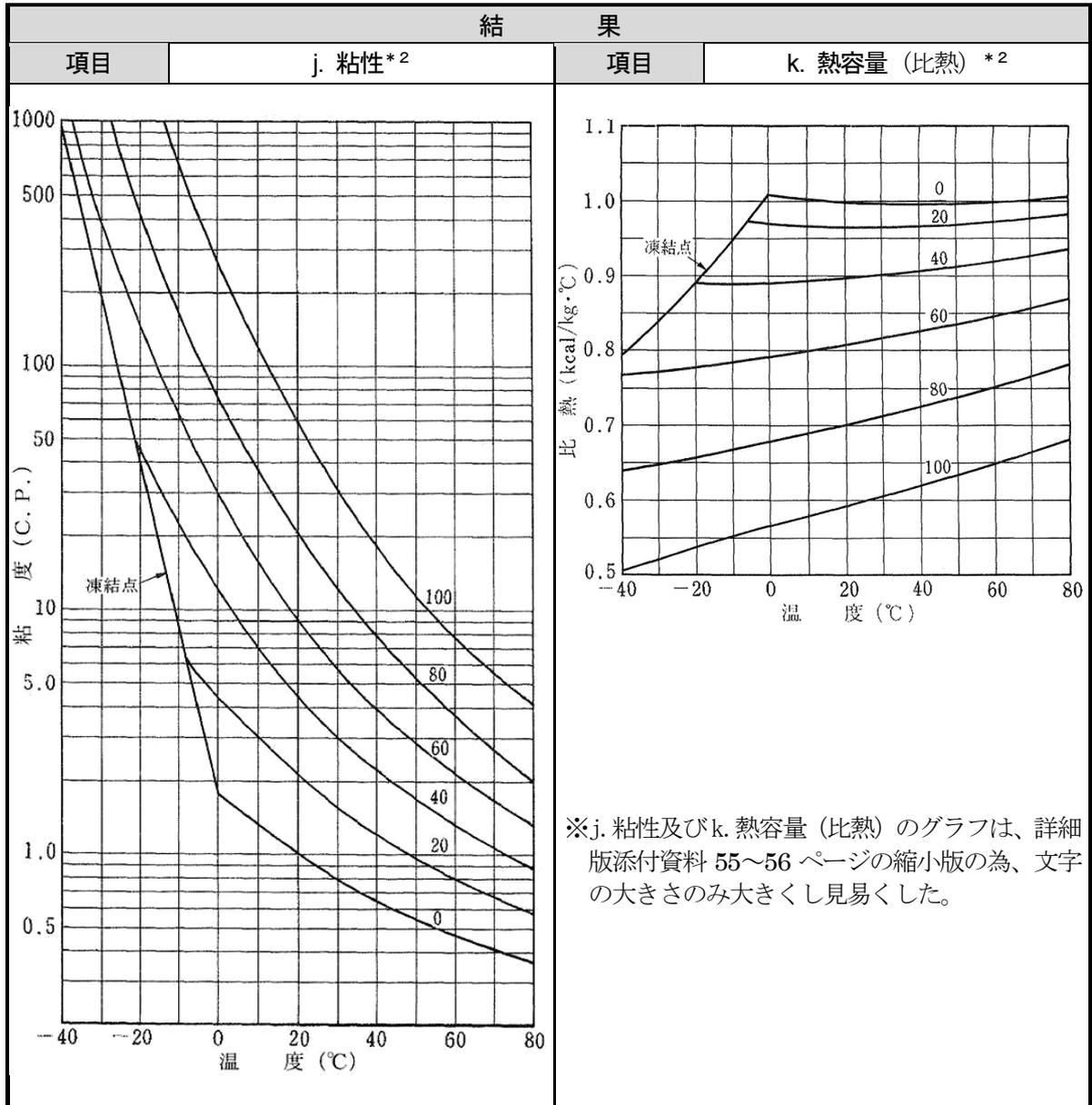
項目	結 果*3						
試験方法	JIS K 2234 (不凍液) に準拠。各金属間はポリエチレンスペーサーで絶縁。						
条件	濃度	-20℃	スーパー50vol%, (レギュラー67vol%)				
		室温	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)				
		88℃	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)				
	通気量	100ml/min (-20℃の場合、通気なし。)					
時間	336hr						
i. 腐食性*2	試験片 \ 希釈液 温度	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )					
		水 道 水 希 釈			JIS 調 合 水 希 釈		
		-20℃	RT	+88℃	-20℃	RT	+88℃
	銅	-0.04	-0.02	-0.05	-0.02	-0.02	-0.03
	黄銅	-0.01	±0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02
	鋼	-0.01	+0.01	-0.00	-0.01	-0.00	-0.02
	鋳鉄	-0.01	+0.00	+0.01	-0.01	-0.00	+0.03
	ステンレス (SUS304)	-0.01	±0.00	-0.00	-0.00	+0.01	-0.01
亜鉛	±0.00	+0.12	+0.17	-0.02	+0.03	+0.19	
長期腐食試験							
試験方法	JIS K 2234 (不凍液) に準拠。各金属間はポリエチレンスペーサーで絶縁。						
条件	濃度	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)					
	温度	88℃					
	通気量	100ml/min					
	時間	100, 3000, 5000hr					
試験片 \ 腐食量 (mg/cm <sup>2</sup> )	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )						
		1000hr	3000hr	5000hr			
	銅	-0.04	-0.06	-0.15			
	黄銅	-0.02	-0.07	-0.14			
	鋼	-0.01	-0.04	-0.15			
	鋳鉄	-0.00	+0.03	-0.17			
	ステンレス (SUS304)	+0.00	+0.00	+0.00			
亜鉛	-0.03	-0.16	-0.24				

\*1 : 詳細版添付資料 54 ページによると、東北総合器材株式会社が販売する「エスケープライン PP (エスケープライン SKAF-2L, 10L, 18L)」であり、ショーワ株式会社\*2が製造する「ショウブライン PP」の物性データと同じである。

\*2 : ショーワ株式会社にて、品質マネジメントシステムの国際規格 ISO9001:2000 JSQA712 の認証を取得。そしてショーワ株式会社の本社・工場において、環境マネジメントシステムの国際規格 ISO14001:2004 JSAE846 の認証を取得していることを確認した。よって、熱媒の製造者が作成した物性データ及び製品安全シートのデータを実証項目に転用した。

\*3 : 結果の記載内容は、熱媒の製造者が作成した物性データ及び製品安全シートのデータ\*2 (詳細版添付資料 54~58 ページ) からの転用であり、意味が変わらない程度に簡潔にした。

熱媒\*1の実証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用) (続き)



※j. 粘性及びk. 熱容量 (比熱) のグラフは、詳細版添付資料 55～56 ページの縮小版の為、文字の大きさのみ大きくし見易くした。

l. 引火性*2	引火点 109°C (常温では燃え難い) が、可温時は容易に引火する。	
m. 毒性*2	急性毒性	LD <sub>50</sub> *4 : 20g/kg (経口ラット) LD <sub>50</sub> *4 : 24g/kg (経口マウス)
	亜急性毒性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6250～50000mg/L の飲料水をラットに 13 週間最高投与量の所見で対照群との差異は全く無。</li> <li>• 授乳期の牛、鶏の雛、ブロイラーなどでの亜急性毒性の結果報告があるが、有意な病理学的変化は見られていない。</li> </ul>
	慢性毒性	体重 1kg 当たり 2g のプロピレングリコールを餌に混ぜ、犬に 2年間与えた試験では、悪影響は観察されていない。
n. 生分解性 / 残留性*2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 生分解性は良好であり、蓄積毒性による影響はないものと判断される。</li> <li>• 残留性については、蓄積性として、(オクタール/水分係数)、Log Pow=-1.27</li> </ul>	

\*1 : 概要版 6 ページの表 (熱媒の実証項目) の \*1 と同じ。

\*2 : 概要版 6 ページの表 (熱媒の実証項目) の \*2 と同じ。

\*3 : 概要版 6 ページの表 (熱媒の実証項目) の \*3 と同じ。

\*4 : 半数の動物が死ぬ体重 1kg 当たりの経口摂取量。

## 2-5 実証対象技術の地中熱交換器としての先端閉塞の回転貫入鋼管杭の施工時及び設置後の写真



先端閉塞の回転貫入鋼管杭 (Φ165.2) の施工状況 (GL-30m まで設置)



先端閉塞の回転貫入鋼管杭の頭部にコンクリート製柵を設置し、鋼管杭内部に循環水パイプ (ポリエチレン製) を挿入

### 3. まとめ

実証単位 (A) の本実証対象技術は、地中熱交換部からヒートポンプまでを含めた当システムに関わる技術全体である。実証試験では実使用状態の建物で地中熱を利用し冷暖房を行い、室内機を含む場合と除く場合の冷暖房期間 (実証試験期間) の各システムエネルギー効率 (APF) 及び冷房期間の各システムエネルギー効率 (COP)、ヒートポンプ消費電力平均値、そして冷房期間の地中への排熱量平均値をシステム全体の实証項目として算出した。

本実証試験では、次の2点から、ヒートアイランドの抑制効果を示すデータが取得できたといえる。

- ①冷房期間のシステムエネルギー効率 (COP) は、昨今の業務用空冷式ヒートポンプの空調システムと比較して高い値\*1であった。
- ②空冷式ヒートポンプの排熱は大気で行われることに対し、本実証対象技術のシステムでは排熱は地中で行われたことが確認された。

\*1 : 高効率と言われているもので、冷房時のCOPが4~6のものが、インターネットの検索上で見受けられる。(平成21年度3月現在。)

## 実証対象技術の参考情報

本ページに示された情報は、全て環境技術開発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	環境技術開発者 記入欄
製品名	「川崎市 南河原こども文化センター」における地中熱利用空調システム
製造（販売）企業名	J F E 鋼管株式会社
連絡先	TEL/FAX TEL 03-5298-0101 FAX 03-5298-0102
	Web アドレス <a href="http://www.jfe-wp.co.jp/">http://www.jfe-wp.co.jp/</a>
	E-mail <a href="mailto:y-sugie@jfe-wp.co.jp">y-sugie@jfe-wp.co.jp</a>
設置条件	地中熱交換器として先端閉塞の回転貫入鋼管杭を利用した地中熱利用空調システム。実証試験では採熱専用杭を使用。 鋼管杭内部には水を充填し、その中に熱媒を循環させるポリエチレン樹脂製循環水パイプを挿入し、地中との熱交換を行う。熱媒として水（不凍液）を使用。
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等	地中熱交換井に使われている鋼管には水が充填されているが、腐食は 10 年に 0.1mm であり、問題はない。
施工性	地中熱交換用鋼管杭は、回転貫入鋼管杭であり、比較的軟弱な地層に適している。 30m の坑井を 1 日に 3~4 本貫入可能であるため、施工性がよい。
技術上の特徴	地中熱交換井に先端閉塞回転貫入鋼管杭を使用することで (1) 環境保全・循環型社会対応工法・掘削残土が出ない ・杭施工時に上下滞水層を結合することがなく、かつ泥水を使用しないので地下水を汚染しない。また、地上の工事環境も良好である。 ・低騒音、低振動で施工できる。 ・鋼管杭は逆回転することにより、引抜き、現状復帰、リユース、リサイクルが可能である。 ・現状復帰が容易である。 (2) 地中熱交換井の低コスト化が図れる ・建築基礎杭との兼用で、さらに低コスト化（初期投資の低減）が図れる。 ・工期を短縮できる。 ・浅い深度で高効率の採放熱が見込める。 (3) 高い熱交換率 ・杭内部に水を充填し、水の対流を利用するので熱交換効率が高い。
コスト概算	今回の実証試験における材料費、工事費、設備費の概算は 700 万円。（実験用設備は別途）実際のコストは現場条件（基礎杭兼用等）や土質条件により異なる。

### ○その他環境技術開発者からの情報（参考情報）

特になし。
-------



実証番号 052-0902

本技術及びその性能に関して、環境省等による  
保証・認証・認可等を謳うものではありません。  
[www.env.go.jp/policy/etv](http://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。

## ○ 実証全体の概要

実証対象技術/ 環境技術開発者	水冷式ヒートポンプ (地中熱対応水冷式ヒートポンプチラー・ZQH-18W18) / ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
実証単位	(B) 地中熱/下水熱専用ヒートポンプ
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 21 年 7 月 25 日～平成 22 年 2 月 28 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。凝縮側と蒸発側の温度差が大きいと動力は大きくなり能力は低下する。温度差が小さければ動力は小さくなり能力が増加する。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、冬季の採熱源として利用すれば、年間を通して効率が良い。また、冷房時の排熱を地中に放熱し、外気に排熱を出さないため、ヒートアイランド対策として効果が期待されている。

実証対象技術の水冷式ヒートポンプ (地中熱対応水冷式ヒートポンプチラー・ZQH-18W18、左写真) は、ブラインが使用可能な地中熱源対応の水冷式ヒートポンプチラーで、18馬力である。

### 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

本実証試験に使用する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を、一定温度で行うための恒温設備である。実証試験は、本社工場試験室 (1階及び2階) を使用する。

主な試験設備は下表のように本社工場試験室内に構成される。

試験設備の設置位置	冷房試験時に使用の主な試験設備	暖房試験時に使用の主な試験設備
1階	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証対象技術</li> <li>・温水クッションタンク</li> <li>・熱交換器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証対象技術</li> <li>・ブライン側恒温設備用熱源機</li> <li>・ブラインタンク</li> <li>・温水クッションタンク</li> <li>・熱交換器</li> </ul>
2階	<ul style="list-style-type: none"> <li>・恒温設備用熱源機</li> <li>・蓄熱タンク</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・恒温設備用熱源機</li> <li>・蓄熱タンク</li> </ul>

また、各測定項目で使用した測定機器は以下の種類である。

測温抵抗体、温度入力ユニット、流量計、アナログ入力ユニット、変流器 (CT)  
トランジェーサー、不凍液用濃度計

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 16 ページ) に示す。

## 2-2. 実証試験の実証項目

実証単位(B)の実証項目：エネルギー効率(COP)(冷房COP及び暖房COPをそれぞれCOP特性グラフで表示)

## 2-3. 実証試験の条件

実証試験の 実施環境	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階所在地：愛知県名古屋市長区大高町巳新田 121
実証試験時 の使用状況	ゼネラルヒートポンプ工業本社工場内試験設備は、通常、出荷製品の検査などに使用している。本実証試験では、その試験設備を使用した。 また、本実証試験は、熱媒出入口温度を固定した定常条件下における試験である。通常、一次側、二次側ともに熱媒は水を使用しているが、本実証試験においては、設備を一部改修し、温度条件により一次側はエチレングリコールを主成分とする不凍液(以下「ブライン」と示す。)を使用した。

### エネルギー効率(COP)測定の試験条件

実証項目であるエネルギー効率(COP)(以下、「COP」と示す。)の測定において、実証試験要領(第1版)とは異なる温度条件で実証試験を行った。実証試験要領(第1版)において定められた温度の固定条件及び一次側の熱媒にエチレングリコールを主成分とする不凍液(ブライン)を使用する条件では、コストの点で実証試験の実施が難しいため、条件の緩和を検討した。そして、下表に示す条件緩和後の温度の固定条件及び暖房試験の一次側熱媒のみにブラインを使用する条件でも当該製品の性能を十分に実証できると、平成21年10月16日開催の第3回技術実証委員会において認められたため、下表の温度の固定条件\*1において試験を実施した。

	本実証試験での測定条件		実証試験要領(第1版)規定	
冷房 試験	一次側(水) 入口温度	15~35℃の範囲	一次側(ブライン*2) 入口温度	10~35℃の範囲
	二次側(冷水) 出口温度	5~10℃の範囲	二次側(冷水) 出口温度	0~20℃ (5℃間隔)
暖房 試験	一次側(ブライン*3) 入口温度	-5~15℃の範囲	一次側(ブライン*2) 入口温度	-10~15℃の範囲
	二次側(温水) 出口温度	40~50℃の範囲	二次側(温水) 出口温度	30~50℃ (5℃間隔)

\*1：冷房試験及び暖房試験の一次側と二次側の温度の固定条件の詳細は、詳細版本編の表5-3及び表5-4(詳細版本編19~20ページ)にそれぞれ示すとおりである。

\*2：実証試験要領(第1版)の規定では、一次側の熱媒は、原則的にエチレングリコールを主成分とするものでなければならない。

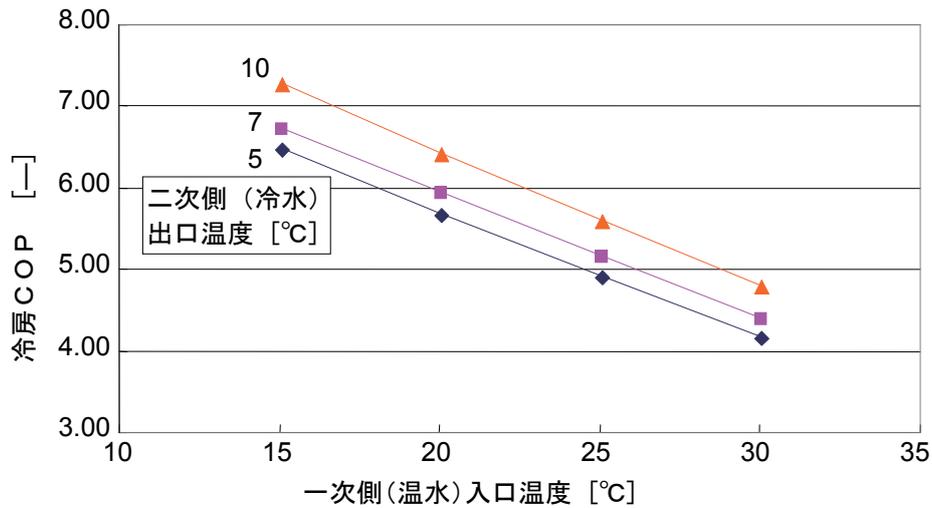
\*3：本実証試験では、暖房試験の一次側の熱媒は、30%濃度のエチレングリコールを主成分とする不凍液(ブライン)である。

### 3. 実証試験結果

冷房時及び暖房時のエネルギー効率(COP)のCOP特性グラフは以下のとおりである。

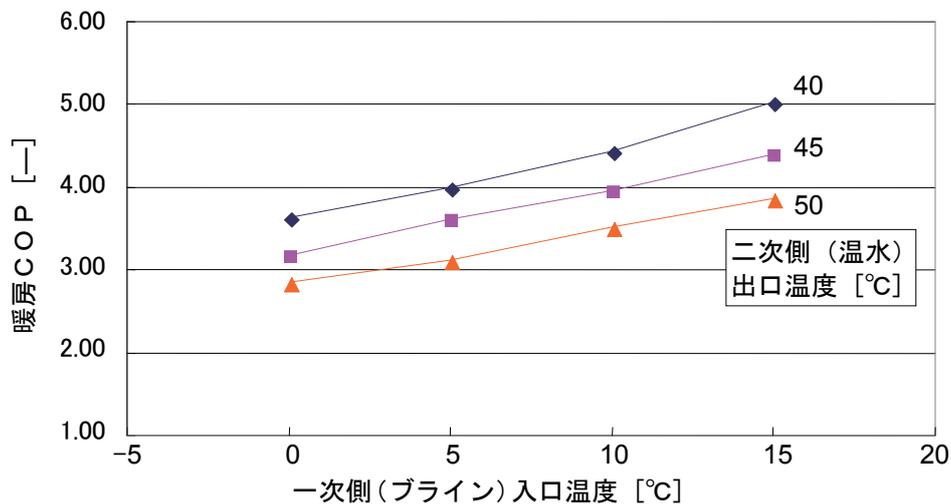
#### 冷房時エネルギー効率 (冷房COP)

冷房COP [—]		一次側 (温水) 入口温度				注) *印は、測定時の条件緩和データであり、詳細は、詳細版本編 19 ページ表 5-3 による。
		15°C	20°C	25°C	30°C	
二次側 (冷水) 出口温度	10°C	7.30*	6.43*	5.61*	4.81*	
	7°C	6.75*	5.96	5.18	4.41	
	5°C	6.50*	5.70*	4.92*	4.18*	



#### 暖房時エネルギー効率 (暖房COP)

暖房COP [—]		一次側 (温水) 入口温度				注) *印は、測定時の条件緩和データであり、詳細は、詳細版本編 20 ページ表 5-4 による。
		15°C	10°C	5°C	0°C	
二次側 (温水) 出口温度	50°C	3.86*	3.51*	3.11*	2.85*	
	45°C	4.39*	3.95	3.62	3.18*	
	40°C	5.03*	4.43*	3.99*	3.63*	



#### 4. 実証対象技術の設置状況の写真



加熱出入口



電磁流量計



エチレングリコール濃度計

### 実証対象技術の参考情報

本ページに示された情報は、全て環境技術開発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。

#### ○製品データ (参考情報)

項目	環境技術開発者 記入欄	
製品名・型番	水冷式ヒートポンプチラー・ZQH-18W18 モジュールシリーズ	
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、工場などの空調を使用する業務用施設や公共施設など <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・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	モジュール方式の採用しており、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（18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）	

#### ○その他環境技術開発者からの情報 (参考情報)

最新版 (平成23年2月2日更新)



実証番号052-0903

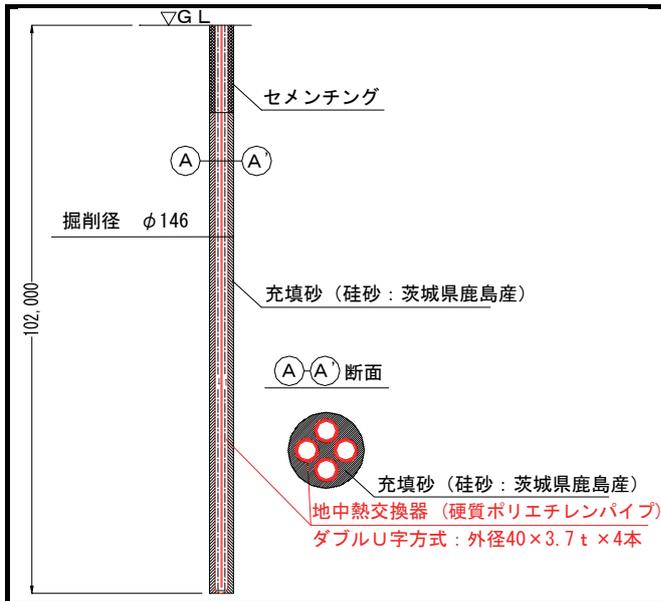
本技術及びその性能に関して、環境省等による  
保証・認証・認可等を謳うものではありません。  
www.env.go.jp/policy/etv

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

## 〇実証全体の概要

実証対象技術／ 環境技術開発者	東京都港区 高輪福祉会館において掘削された地中熱交換器／ ミサワ環境技術株式会社
実証単位	(C) 地中熱交換部
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21年7月24日～8月8日

### 1. 実証対象技術の概要

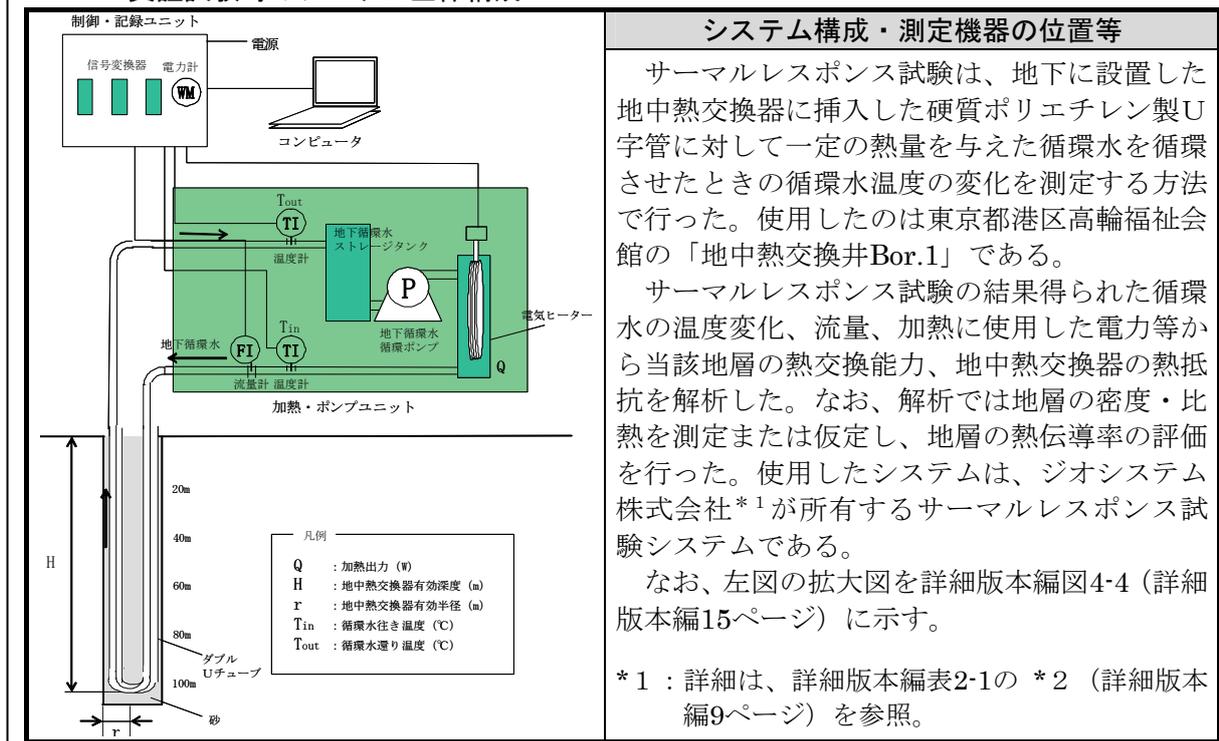


地下100m前後まで垂直ボーリングで掘削を行い、ダブルU字管を挿入し、空隙を地表から5m以深は珪砂で充填する。5m以浅は雨水等の浸透を防止するため、セメントミルクを注入する、ダブルU字管の運用時には地中熱ブライン(プロピレングリコールの不凍液)を注入充填する。

なお、左図の拡大図は、詳細版本編の図3-3(詳細版本編11ページ)に示す。

### 2. 実証試験の概要

#### 2-1 実証試験時のシステム全体構成



#### システム構成・測定機器の位置等

サーマルレスポンス試験は、地下に設置した地中熱交換器に挿入した硬質ポリエチレン製U字管に対して一定の熱量を与えた循環水を循環させたときの循環水温度の変化を測定する方法で行った。使用したのは東京都港区高輪福祉会館の「地中熱交換井Bor.1」である。

サーマルレスポンス試験の結果得られた循環水の温度変化、流量、加熱に使用した電力等から当該地層の熱交換能力、地中熱交換器の熱抵抗を解析した。なお、解析では地層の密度・比熱を測定または仮定し、地層の熱伝導率の評価を行った。使用したシステムは、ジオシステム株式会社\*1が所有するサーマルレスポンス試験システムである。

なお、左図の拡大図を詳細版本編図4-4(詳細版本編15ページ)に示す。

\*1: 詳細は、詳細版本編表2-1の\*2(詳細版本編9ページ)を参照。

<p>地中熱交換部仕様</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硬質ポリエチレンパイプ ダブルU字管 (外径40mm)</li> <li>・充填砂 (2号硅砂：茨城県鹿島産)</li> </ul>	
<p>2-2 実証試験の条件</p>		
<p>実証試験の実施場所 及びその環境</p>	<p>東京都港区高輪3丁目18-15 高輪福祉会館 (平成21年3月現在)                  地質は、地表から20mまではローム層、20~30mはシルト混り砂、                  30~35mは礫層、以下は固結シルトの互層よりなる。</p>	
<p>実証試験装置 (サーマルレスポンス 試験装置) 加熱ポンプユニット 及び 制御・記録ユニット</p>	<p>加熱 ポン プ ユ ニ ツ ト</p> 	<p>実証 試験 実 施 場 所 の 制 御 ・ 記 録 ユ ニ ツ ト</p> 
<p>実施試験装置の設置状況 (東京都港区 高輪福祉会館 基礎工事建設中の現場)</p>		
<p>試験 時 周 辺 の 状 況</p> 	<p>坑口 周 辺</p> 	
<p>地中熱交換井の有効深度、口径</p>	<p>有効深度102m、口径146mm</p>	

本サーマルレスポンス試験は、実証試験要領 (第1版) \*128ページに規定の【測定方法】\*2に  
 従い実施した。その確認として、測定方法の主な項目 (初期温度測定の間隔、測定周期及、平  
 均流量及び測定期間等) を下表に示す。例えば、平均流量は、熱媒循環部の適正流量範囲\*3であ  
 り、実証試験要領 (第1版) \*128ページに規定の【測定方法】\*2に従っている。

本サーマルレスポンス試験の初期温度測定間隔、測定周期、平均流量及び測定期間等

初期温度 測定間隔*4	測定周期*4	平均流量*5	測定期間*6	その他 備考
1 m間隔	1 分毎	27.6 L/min	12日間 7月27日午前8時53分~ 8月8日午前8時21分	—

\*1：環境省水・大気環境局 平成21年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野「オフィス、  
 住宅等から発生する人工排熱低減技術 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1版, 平成21年4月27日, 55p,  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=13460&hou\\_id=11083](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=13460&hou_id=11083).

\*2：講座「地中熱利用ヒートポンプシステム」温度応答試験の実施と解析；九州大学大学院工学  
 研究院 藤井光、日本地熱学会誌 第28巻 第2号 (2006) 準拠。

\*3：表6-2 (詳細版本編30ページ) のc.流量範囲を参照。本平均流量は、\*2で設定された乱流域 (レ  
 イノルズ数2,300以上) にあることが判る。

\*4：表4-4 (詳細版本編19ページ) より。

\*5：図5-2 (詳細版本編23ページ) より。

\*6：表4-3 (詳細版本編18ページ) より。

2-3 実証試験結果

地中熱交換部全体の実証項目(熱的性能)

項目	結果	条件・備考
a.地中熱交換井の熱抵抗 (R) [K/(W/m)]	0.052	サーマルレスポンス試験から算出
b.土壌部分の熱伝導率*1 (λ) [W/(m・K)]	1.85	

\*1: 実証項目の「土壌部分の熱伝導率」は、一般的には「有効熱伝導率」と言われている。

熱媒循環部(U字管)\*2の実証項目(性能を証明する書類の写しからの転用)

本実証項目は、性能を証明する書類の写しを提出する項目である。性能の証明の担保として、その製品を取り扱う企業(環境技術開発者)及び製造企業の品質管理システムを確認した。性能を証明する書類の写しは、詳細版添付資料1。(詳細版添付資料37~42ページ)を参照。

項目	結果																																			
c.流量範囲*2	流量	20 ℓ/min	25 ℓ/min	30 ℓ/min	35 ℓ/min	40 ℓ/min																														
	管内流速	0.20 m/sec	0.25 m/sec	0.30 m/sec	0.35 m/sec	0.40 m/sec																														
	損失水頭	0.6 mH2O	0.8 mH2O	1.1 mH2O	1.4 mH2O	1.7 mH2O																														
	レイノルズ数	2,670	3,340	4,010	4,680	5,350																														
d.熱伝導性*3	熱伝導率	0.42 [W/(m・K)]			※左記のd.熱伝導性、e.耐熱性、f.脆化温度のデータは、「ポリエチレンパイプ工事設計指数」と添付資料に記載されているため、実測値ではない可能性がある。																															
e.耐熱性*3	軟化点温度	126 [°C]																																		
f.脆化温度*3	脆化温度	<-70 [°C]																																		
g.耐腐食性*4	参考情報	環境技術開発者から本熱媒循環部の単管としての以下の試験データが提出されたので、参考情報として記載した。試験条件は、JIS K 7350-2:1995(プラスチック実験室光源による暴露試験方法一)に規定される方法で照射後、引張試験、熱安定性試験、内圧クリープ試験を行った結果を転記した。詳細は詳細版添付資料g.耐腐食性(詳細版添付資料40~42ページ)を参照。																																		
		引張試験(引張伸び) JIS K 6761:2004(一般用ポリエチレン管)による。	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験項目</th> <th rowspan="2">試験番号</th> <th colspan="2">引張伸び (%)</th> </tr> <tr> <th>測定値</th> <th>平均値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">引張試験</td> <td>1</td> <td>710</td> <td rowspan="5">660</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>680</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>680</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>660</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>580</td> </tr> </tbody> </table>		試験項目	試験番号	引張伸び (%)		測定値	平均値	引張試験	1	710	660	2	680	3	680	4	660	5	580	熱安定性試験 JIS K 6761:2004(一般用ポリエチレン管)による。	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験項目</th> <th rowspan="2">試験番号</th> <th colspan="2">引張伸び (min)</th> </tr> <tr> <th>測定値</th> <th>平均値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">熱安定性試験</td> <td>1</td> <td>102</td> <td rowspan="3">104</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>106</td> </tr> </tbody> </table>	試験項目	試験番号	引張伸び (min)		測定値	平均値	熱安定性試験	1	102	104	2	105
試験項目	試験番号	引張伸び (%)																																		
		測定値	平均値																																	
引張試験	1	710	660																																	
	2	680																																		
	3	680																																		
	4	660																																		
	5	580																																		
試験項目	試験番号	引張伸び (min)																																		
		測定値	平均値																																	
熱安定性試験	1	102	104																																	
	2	105																																		
	3	106																																		
		内圧クリープ試験: JIS K 6761:2004(一般用ポリエチレン管)準拠。 試験温度: 80°C、試験時間: 1000時間、演習応力: 50MPaにて、異常なし。																																		
h.寿命	g.耐腐食性のデータがないので、記載できない。																																			

\*2: ミサワ環境技術株式会社が輸入・販売によるもので、本事業者が品質マネジメントシステムの国際規格ISO9001の認証を取得していることを確認した。よって、地中熱交換器損失水頭計算書のデータ(詳細版添付資料37ページ)を熱媒循環部の実証項目に転用した。

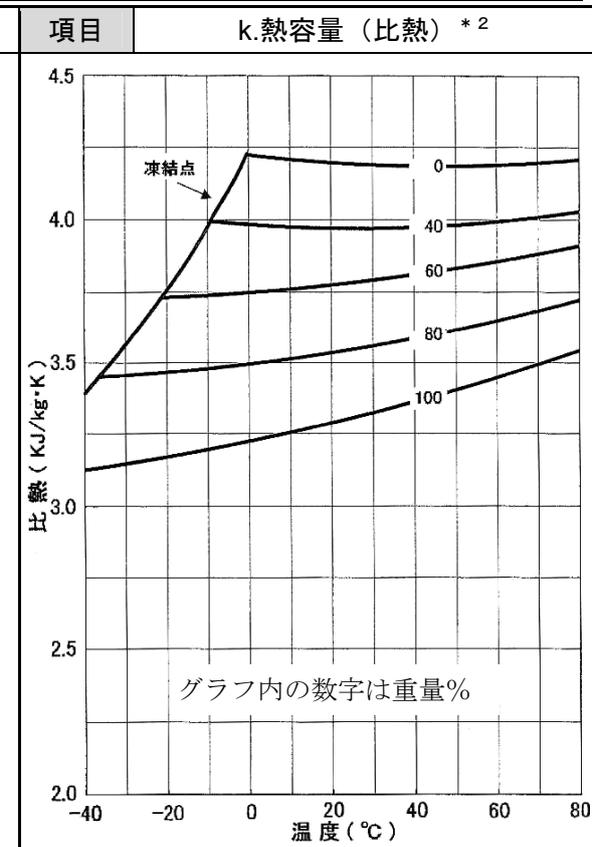
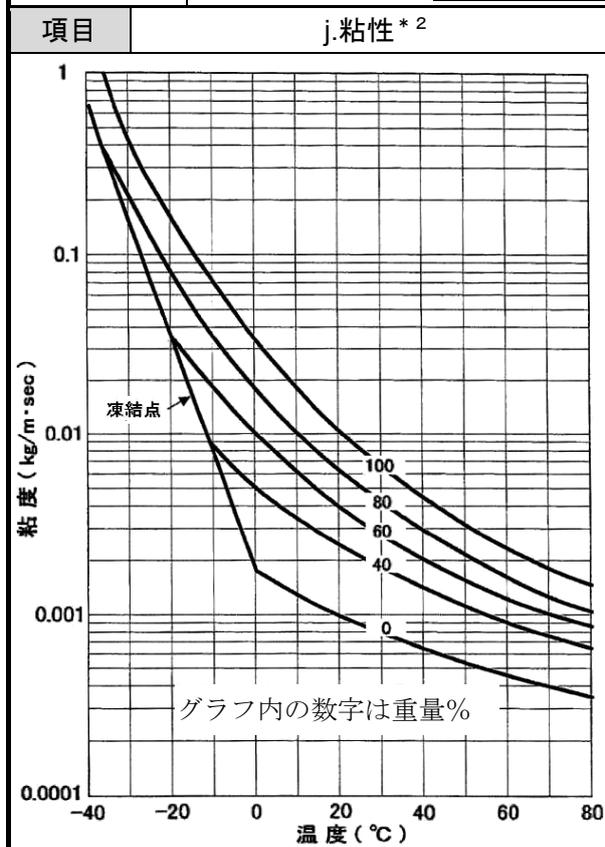
\*3: 中国の国家標準(GB/T13663-2000: 給水用ポリエチレン管)に基づきSINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTDが製造する硬質ポリエチレンパイプである(詳細版添付資料38~39ページを参照)。製造元の所在地は、表3-2(詳細版本編10ページ)を参照。

\*4: 本熱媒循環部の腐食試験に関するデータはない。そこで、参考情報として記載した。(一般にポリエチレンの耐腐食性が十分高いため、一般ポリエチレン管では腐食試験データがないが、耐塩素水性試験データ等が公開されていることがある。)

**熱媒\*1の実証項目（性能を証明する書類の写しからの転用）**

本実証項目は、性能を証明する書類の写しを提出する項目であるが、性能の証明の担保として、その製造業者の品質管理システムを確認した。性能を証明する書類の写しは、詳細版添付資料2.（詳細版添付資料43～48ページ）参照。

項目	結 果																																																		
i.腐食性*2	試験条件 JIS K 2234	<table border="1"> <tr> <td>濃度と温度</td> <td>70v/v% -20℃</td> <td>50v/v% 常温</td> <td>50v/v% 88℃</td> </tr> <tr> <td>通気量</td> <td colspan="3">100ml/min. (-20℃を除く)</td> </tr> <tr> <td>時間</td> <td colspan="3">336±2hr</td> </tr> </table>	濃度と温度	70v/v% -20℃	50v/v% 常温	50v/v% 88℃	通気量	100ml/min. (-20℃を除く)			時間	336±2hr																																							
	濃度と温度	70v/v% -20℃	50v/v% 常温	50v/v% 88℃																																															
	通気量	100ml/min. (-20℃を除く)																																																	
	時間	336±2hr																																																	
試験片	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">希釈液 温度</td> <td colspan="3">腐 食 量 (mg/cm<sup>2</sup>)</td> <td colspan="2">JIS調合水</td> </tr> <tr> <td>水道水</td> <td>希 釈</td> <td>88℃</td> <td>常 温</td> <td>88℃</td> </tr> <tr> <td>銅</td> <td>-0.01</td> <td>-0.01</td> <td>-0.04</td> <td>-0.01</td> <td>-0.03</td> </tr> <tr> <td>黄銅</td> <td>-0.01</td> <td>-0.01</td> <td>-0.03</td> <td>-0.02</td> <td>-0.02</td> </tr> <tr> <td>鋼</td> <td>-0.01</td> <td>-0.01</td> <td>-0.02</td> <td>-0.01</td> <td>-0.02</td> </tr> <tr> <td>鋳鉄</td> <td>-0.01</td> <td>-0.01</td> <td>-0.01</td> <td>-0.01</td> <td>-0.02</td> </tr> <tr> <td>ステンレス(304)</td> <td>-0.00</td> <td>-0.00</td> <td>-0.00</td> <td>-0.00</td> <td>-0.00</td> </tr> <tr> <td>亜鉛</td> <td>-0.01</td> <td>-0.08</td> <td>-0.13</td> <td>-0.12</td> <td>-0.21</td> </tr> </table>				希釈液 温度	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )			JIS調合水		水道水	希 釈	88℃	常 温	88℃	銅	-0.01	-0.01	-0.04	-0.01	-0.03	黄銅	-0.01	-0.01	-0.03	-0.02	-0.02	鋼	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	鋳鉄	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	ステンレス(304)	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	亜鉛	-0.01	-0.08	-0.13	-0.12	-0.21
希釈液 温度	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )			JIS調合水																																															
	水道水	希 釈	88℃	常 温	88℃																																														
銅	-0.01	-0.01	-0.04	-0.01	-0.03																																														
黄銅	-0.01	-0.01	-0.03	-0.02	-0.02																																														
鋼	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02																																														
鋳鉄	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02																																														
ステンレス(304)	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00																																														
亜鉛	-0.01	-0.08	-0.13	-0.12	-0.21																																														
試験条件 JIS K 2234	<table border="1"> <tr> <td>温 度</td> <td>88℃</td> </tr> <tr> <td>通気量</td> <td>100ml/min</td> </tr> <tr> <td>時 間</td> <td>336,1000,3000hr</td> </tr> </table>	温 度	88℃	通気量	100ml/min	時 間	336,1000,3000hr	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">試験片</td> <td colspan="3">腐 食 量 (mg/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">時間(hr)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>336</td> <td>1000</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td>銅</td> <td>-0.03</td> <td>-0.06</td> <td>-0.12</td> </tr> <tr> <td>黄銅</td> <td>-0.02</td> <td>-0.07</td> <td>-0.10</td> </tr> <tr> <td>鋼</td> <td>-0.02</td> <td>-0.07</td> <td>-0.11</td> </tr> <tr> <td>鋳鉄</td> <td>-0.02</td> <td>-0.06</td> <td>-0.13</td> </tr> </table>	試験片	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )			時間(hr)				336	1000	3000	銅	-0.03	-0.06	-0.12	黄銅	-0.02	-0.07	-0.10	鋼	-0.02	-0.07	-0.11	鋳鉄	-0.02	-0.06	-0.13																
温 度	88℃																																																		
通気量	100ml/min																																																		
時 間	336,1000,3000hr																																																		
試験片	腐 食 量 (mg/cm <sup>2</sup> )																																																		
	時間(hr)																																																		
	336	1000	3000																																																
銅	-0.03	-0.06	-0.12																																																
黄銅	-0.02	-0.07	-0.10																																																
鋼	-0.02	-0.07	-0.11																																																
鋳鉄	-0.02	-0.06	-0.13																																																
長期腐食試験 ※結果欄内に記載するために、添付資料の表幅を調整した。	濃度 50v/v%																																																		



※粘性及び熱容量 (比熱) のグラフは、性能を証明する書類の写し (詳細版添付資料45～46ページ) の縮小版の為、文字の大きさのみ大きくし見易くした。

\*1 : 概要版5ページの熱媒の実証項目の表の\*1を参照。

\*2 : 概要版5ページの熱媒の実証項目の表の\*2を参照。

熱媒\*1の実証項目（性能を証明する書類の写しからの転用）（続き）

項目	結 果	
l.引火性*2	引火点なし。引火するものではないが、加熱によりプロピレングリコール濃度が上昇し、引火しやすくなる。	
m.毒性*2	急性毒性	LD <sub>50</sub> *3：20g/kg（経口ラット）LD <sub>50</sub> *3：24g/kg（経口マウス）
	亜急性毒性	・6250～50000mg/Lの飲料水をラットに13週間最高投与量の所見で対照群との差異は全く無。 ・授乳期の牛、鶏の雛、ブロイラーなどでの亜急性毒性の結果報告があるが、有意な病理学的変化は見られていない。
	慢性毒性	体重1kg当たり2gのプロピレングリコールを餌に混ぜ、犬に2年間与えた試験では、悪影響は観察されていない。
n.生分解性／残留性*2	・生分解性は良好であり、蓄積毒性による影響はないものと判断される。 ・残留性については、蓄積性として、（オクタール／水分配係数）、Log Pow=-1.27	

\*1：CHICHUUNETSU BRINEはショーワ株式会社\*2が製造元である（詳細版添付資料47ページ）。

\*2：ショーワ株式会社にて、品質マネジメントシステムの国際規格ISO9001:2000 JSQA712の認証を取得。そしてショーワ株式会社の本社・工場において、環境マネジメントシステムの国際規格ISO14001:2004 JSAE846の認証を取得していることを確認した。よって、熱媒の製造者が作成した物性データ及び製品安全シートのデータ（詳細版添付資料43～48ページ）を実証項目に転用した。その際に意味が変わらない程度に簡潔にした。

\*3：半数の動物が死ぬ体重1kg当たりの経口摂取量。

### 3. まとめ

本実証試験（サーマルレスポンス試験）から、「地中熱交換井Bor.1（熱媒循環部：ダブルU字管 外径40mm、充填砂：茨城県鹿島産2号硅砂、土質区分：ローム、シルト混じり砂、レキ、固結シルト）（詳細版本編14ページの図4-3）」においては、以下のイ）とロ）について地中熱交換部として妥当な値であると認められる。

イ）地中熱交換井の熱抵抗（概要版3ページの地中熱交換部全体の实証項目参照。）においては、

- ①参考文献2）（詳細版参考文献36ページ）に示すドイツで実施されたサーマルレスポンス試験に使用された外径32mm\*4のダブルU字管と第四紀と第三紀の砂・粘土では0.11K/(W/m)、ダブルU字管と中生代の堆積物では0.18K/(W/m)であり、共に本実証試験結果の方が低い\*。
- ②東京都千代田区一番町4-4にある笹田ビルにおいて、ジオシステム株式会社が実施したサーマルレスポンス試験の報告書（未公開）には、熱抵抗として0.069K/(W/m)が記録されていて、本実証試験結果の方が低い\*。

※熱抵抗が小さいほど、地中からの採熱及び地中への排熱等が容易に行われる傾向にある。

ロ）土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率）（概要版3ページの同項目参照。）においては、

- ①参考文献2）（詳細版参考文献36ページ）に示すドイツで実施されたサーマルレスポンス試験により求められた第四紀と第三紀の砂・粘土では2.79 W/(m・K)、中生代の堆積物では2.78 W/(m・K)であり、共に本実証試験結果の方が低い。
- ②詳細版本編の表5-2（詳細版本編25ページ）に示した砂+粘土の値は2.1W/(m・K)であり、本実証試験結果の方が若干低い。
- ③参考文献4）（詳細版参考文献36ページ）に示す東京都千代田区一番町4-4にある笹田ビル（薬層を間に挟む砂まじり粘土層）において、九州大学の藤井光他により実施されたサーマルレスポンス試験での有効熱伝導率は1.87 W/(m・K)で、本実証試験結果とほぼ同じ。

\*4：本実証対象技術の熱媒循環部は外径40mmであるが、外径32mmのダブルU字管のものが多く使用されているため、その1例として挙げた。

## 実証対象技術の参考情報

本ページに示された情報は、全て環境技術開発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。

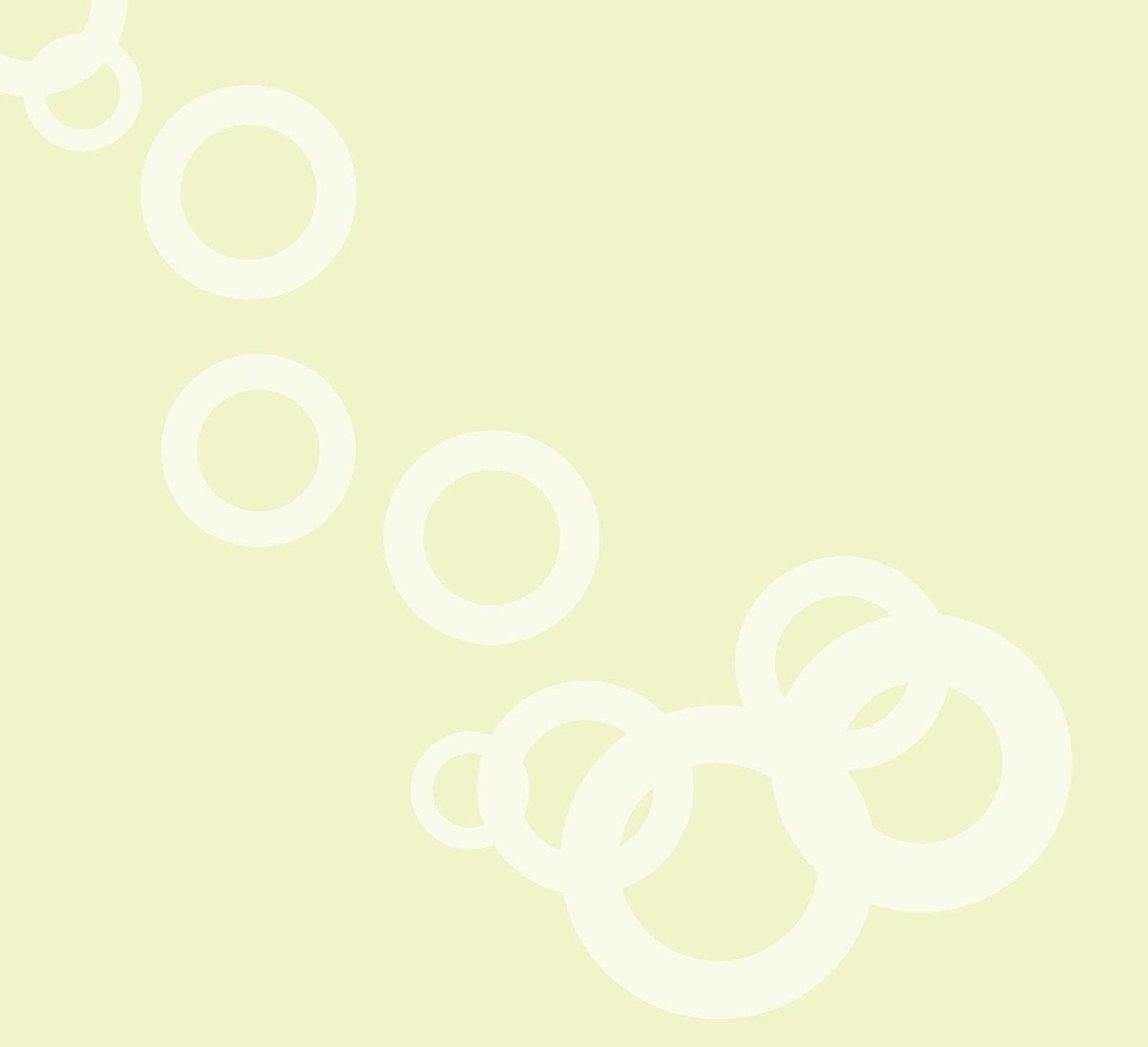
### ○製品データ（参考情報）

項目		環境技術開発者記入欄		
製品名・型番		東京都港区 高輪福祉会館において掘削された地中熱交換器		
製造（販売）企業名		ミサワ環境技術株式会社		
連絡先	TEL/FAX	TEL : 0824-66-2281 / FAX : 0824-66-2975		
	Web アドレス	http://www.ecomisawa.com		
	E-mail	info@ecomisawa.com		
設置条件		隣接する地中熱交換器相互の熱干渉を防ぐため、5m 間隔で設置する。その他には特に制約はない。		
メンテナンスの必要性・コスト 耐候性・製品寿命等		1. 配管接続部は熱溶着にて接続し、気密性の確認後に埋設する。そのため、漏水の可能性はほとんどなく、メンテナンスの必要はない。 2. ポリエチレン管は可とう性を有しており、周囲地盤の変形にも追従できるため、耐震性が高い。 3. 管の腐食や錆などはなく、管内を専用の不凍液が循環するためスケールも生じない。そのため、半永久的に使用することができる。		
施工性		1. 市街地での騒音、振動、排泥などの環境対策が必要。 2. 建物基礎工事との工程調整、安全管理が必要。 3. ダブルU字管設置時の気密性の確認が必要。		
技術上の特徴				
コスト概算 (坑井数 1 本)		イニシャルコスト		
		ダブルU字管	1 組	140,000
		掘削費 L=100m	1 箇所	1,500,000
		不凍液	140L	100,000
		合 計		1,740,000

### ○その他環境技術開発者からの情報（参考情報）

特徴・長所・セールスポイント

- ①採熱効率を高めるため、地中熱交換器は掘削断面積を最大限活用し、外径40mmのダブルU字管（硬質ポリエチレンパイプPE100）を採用している。
- ②熱媒の不凍液は、消防法の適用を受けない濃度に調整し、安全性を確保した独自のラインである。



リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [Aランク] のみを用いて作製しています。

●「環境技術実証事業」全般に関する問合せ先

環境省総合環境政策局総務課 環境研究技術室  
〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2 中央合同庁舎5号館 TEL:03-3581-3351(代表)

●「ヒートアイランド対策技術分野」に関する問合せ先

環境省水・大気環境局総務課 環境管理技術室  
〒100-8095 東京都千代田区霞が関1-2-2 中央合同庁舎5号館 TEL:03-3581-3351(代表)

●本事業に関する詳細な情報は、右記のホームページでご覧いただけます。

<http://www.env.go.jp/policy/etv/>

このホームページの中では、実証試験要領、検討会における検討経緯、実証試験結果等をご覧いただけます。