



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。

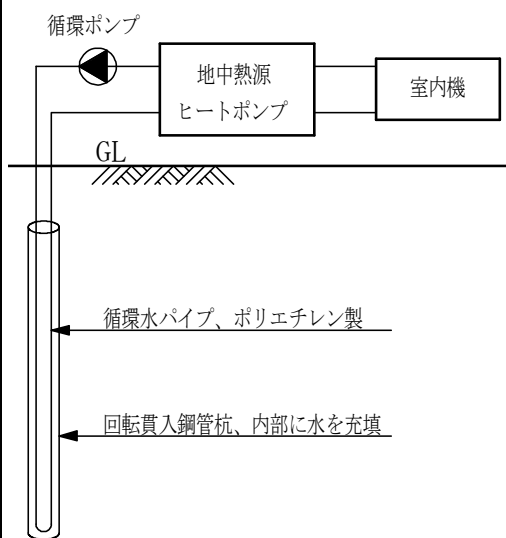
○ 実証全体の概要

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

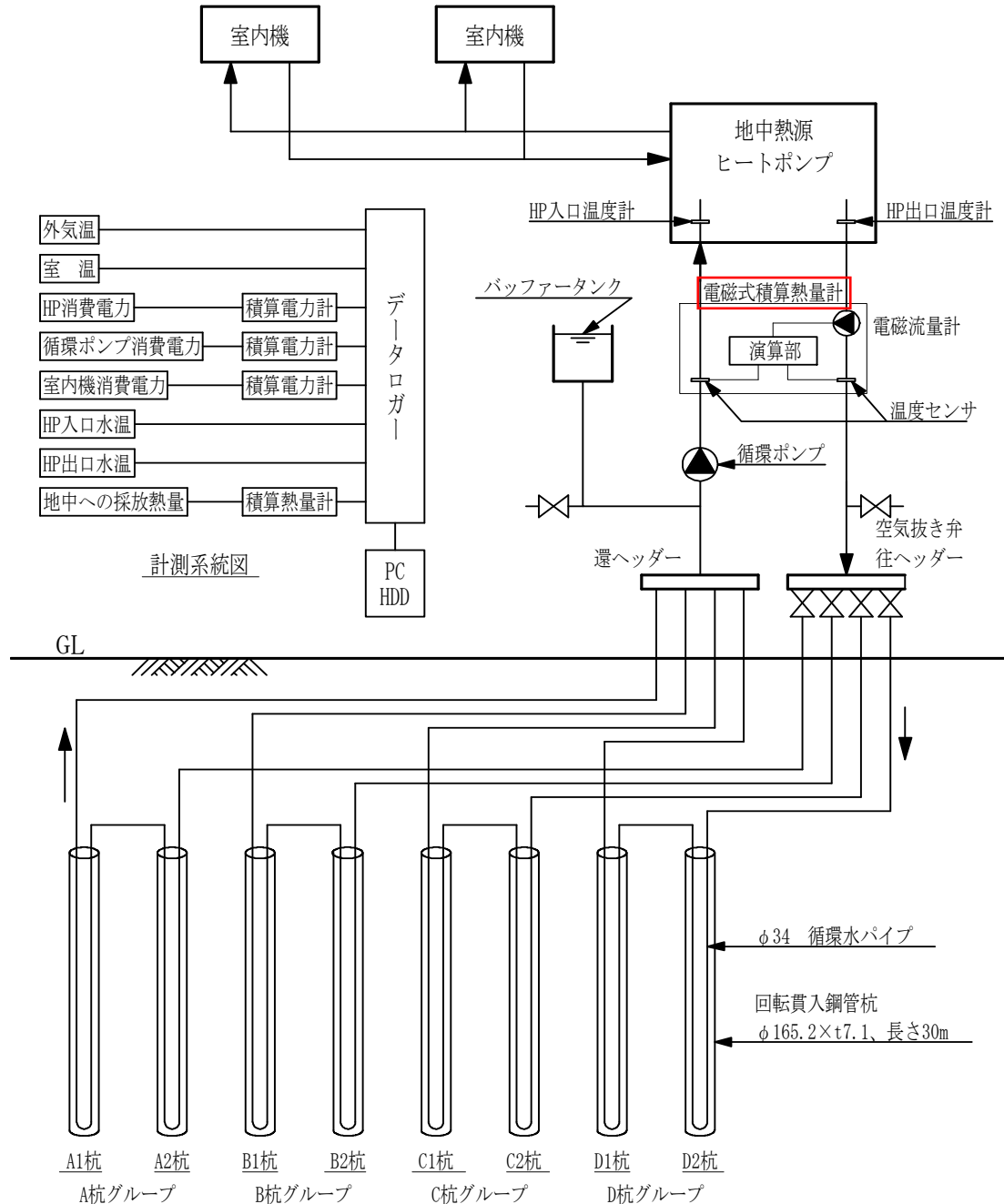
実証試験実施施設の概要は以下のとおりである。

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 ² 、RC2 階建て
室内機設置場所 (空調した部屋)	2 階集会室 80m ² 、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。

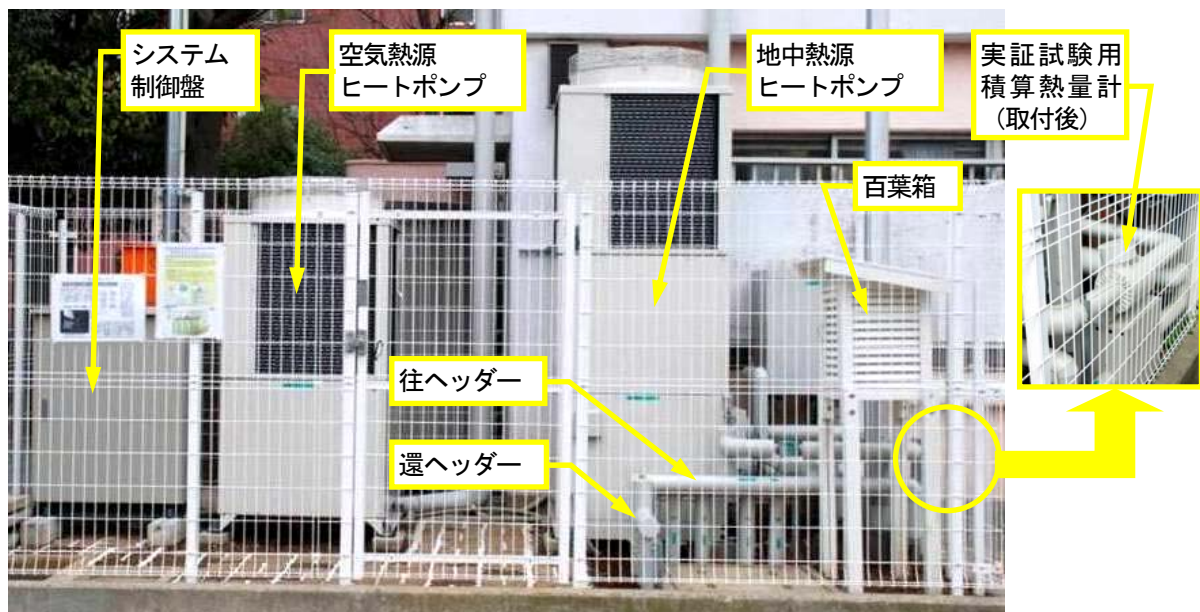
空水冷式ビル用マルチ空調システム (ゼネラルヒートポンプ工業株式会社製造)

地中熱源 ヒートポンプ*1	<ul style="list-style-type: none"> ・ ZP-XS280-T(10馬力相当)、冷房能力 28kW/暖房能力 31.5kW ・ 外径寸法 W 890×D 890×H 2,545 ・ 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
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一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"> ・ 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) ・ システムの適用建物の概要 規模：建築面積 200m²、RC2 階建て 空調対象：2階集会室 (広さ 80m²、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。 ・ 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。 ・ 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。
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"> ・ 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 ・ 空調設備の稼働時間：9:30～18:00 (土日は稼働せず) ・ 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。 ・ 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。
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"> ・ φ165.2×t7.1×深さ 30m、本数 8 本

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	
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 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	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
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)								※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 (G.P.M)	1	2	3	4	5	6	8	
	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 ₂ 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)

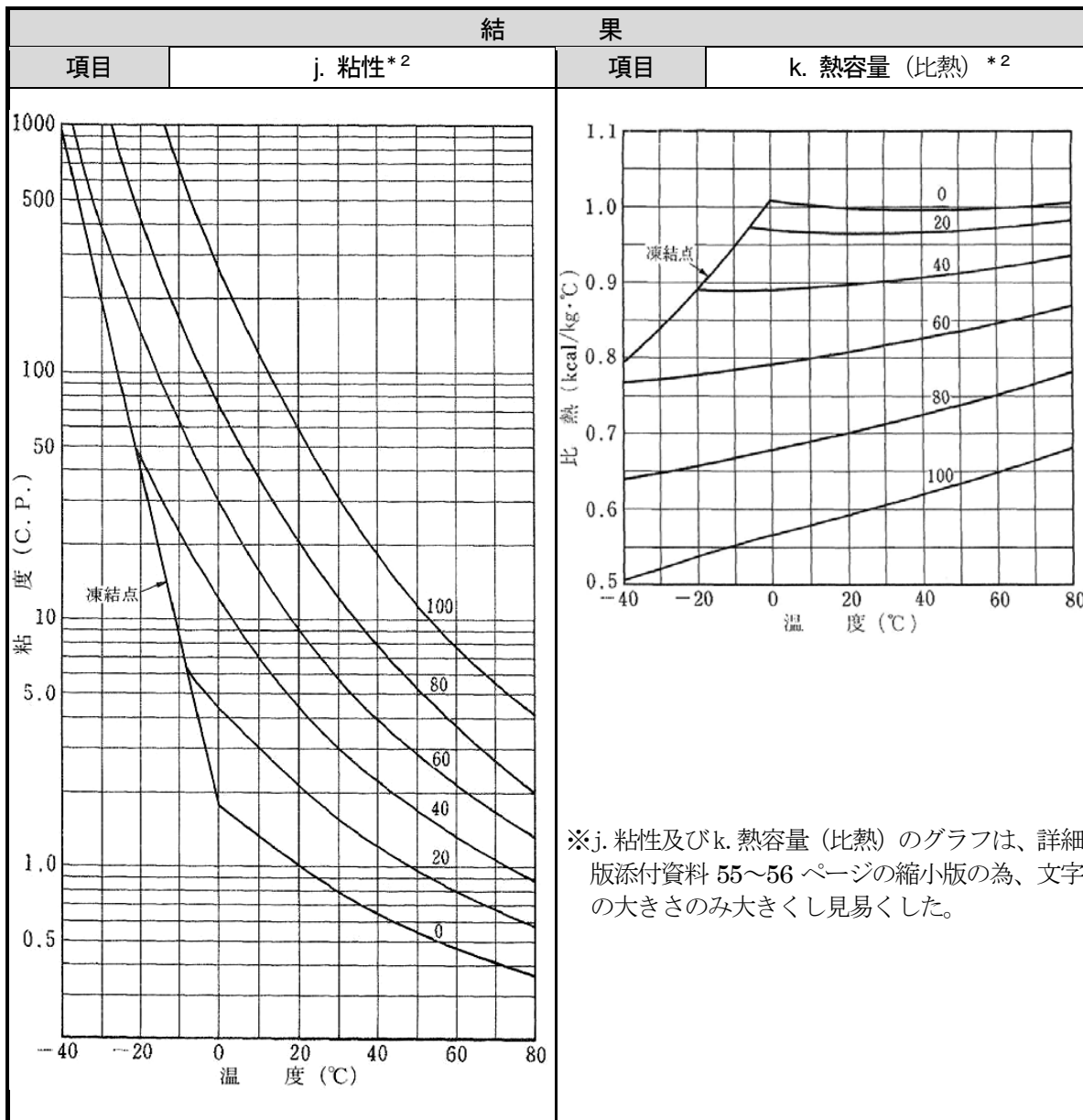
項目	結 果*3							
試験方法	JIS K 2234 (不凍液) に準拠。各金属間はポリエチレンスペーサーで絶縁。							
条件	濃度	-20℃	スーパー50vol%, (レギュラー67vol%)					
		室温	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)					
		88℃	スーパー30vol%, (レギュラー40vol%)					
	通気量	100ml/min (-20℃の場合、通気なし。)						
	時間	336hr						
i. 腐食性*2	試験片	希釈液 温度	腐 食 量 (mg/cm ²)					
			水 道 水 希 釈			JIS 調 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 ²)						
		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 ₅₀ *4 : 20g/kg (経口ラット) LD ₅₀ *4 : 24g/kg (経口マウス)
	亜急性毒性	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 : 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榘を設置し、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実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 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。
