



実証番号052-0903

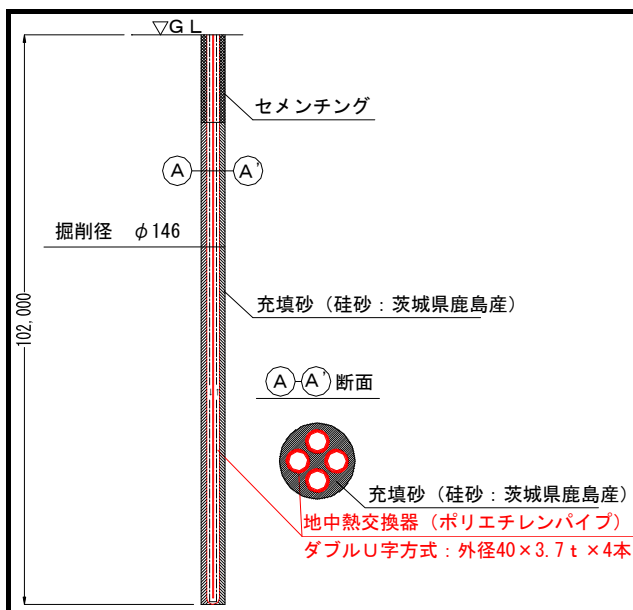
本技術及びその性能に関して、環境省等による  
 保証・認証・認可等を謳うものではありません。  
[www.env.go.jp/policy/etv](http://www.env.go.jp/policy/etv)

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

## 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10日

### 1. 実証対象技術の概要

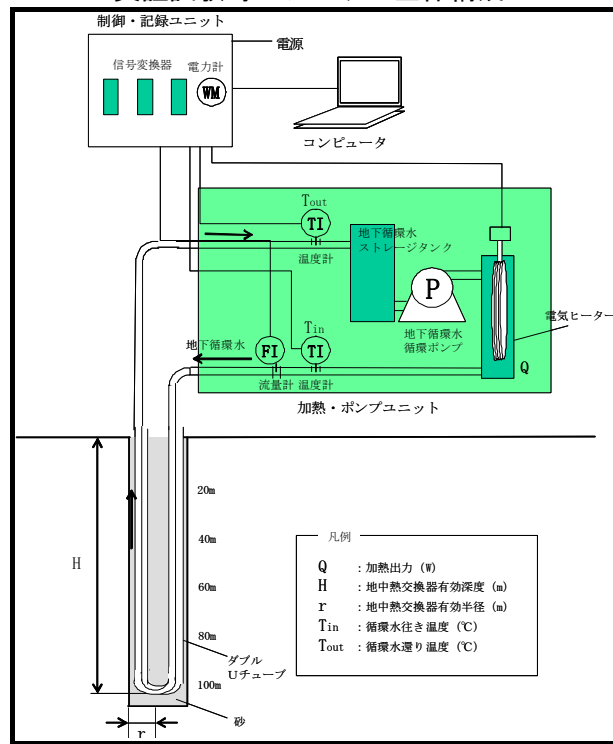


地下100m前後まで垂直ボーリングで掘削を行い、ダブルU字管を挿入し、空隙を地表から5m以深は珪砂で充填する。5m以浅は雨水等の浸透を防止するため、セメントミルクを注入する、ダブルU字管の運用時には地中熱ブライン（プロピレングリコールの不凍液）を注入充填する。

なお、左図の拡大図は、詳細版本編の図5（詳細版本編12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 (TRT) 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9（詳細版本編16ページ）に示す。

\*1：詳細は、詳細版本編表2（詳細版本編10ページ）参照。

地中熱交換部仕様	
<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号珪砂：茨城県鹿島産)</li> </ul>	
<b>2-2 実証試験の条件</b>	
実証試験の実施環境	東京都港区高輪3丁目18-15 港区高輪福祉会館 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。
実施試験時の 使用状況	<p style="text-align: center;"><b>港区高輪福祉会館 建設（基礎工事）中の現場</b></p>  <p style="text-align: center;">試験時周辺の状況</p>  <p style="text-align: center;">坑口周辺</p>
井戸の深さ、口径等	深度102.00m、口径146mm

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) [m・K/W]	0.052 [m・K/W]	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 [W/(m・K)]	

\*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	0.42W/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、実測値でない可能性がある。																														
e.耐熱性*3	軟化点温度	126℃																															
f.脆化温度*3	脆化温度	<-70℃																															
g.耐腐食性*3	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、内圧クリーブ試験を行った結果を転記した。詳細は詳細版添付資料（財団法人化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センターによる試験報告書）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。		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">試料番号</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	試料番号	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	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験項目</th> <th rowspan="2">試料番号</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	試料番号	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	試料番号	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	試料番号	引張伸び (min)																															
		測定値	平均値																														
熱安定性試験	1	102	104																														
	2	105																															
	3	106																															
内圧クリーブ試験：JIS K 6761:2004（一般用ポリエチレン管）準拠。 試験温度：80℃、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を熱媒循環部の実証項目に転用した。

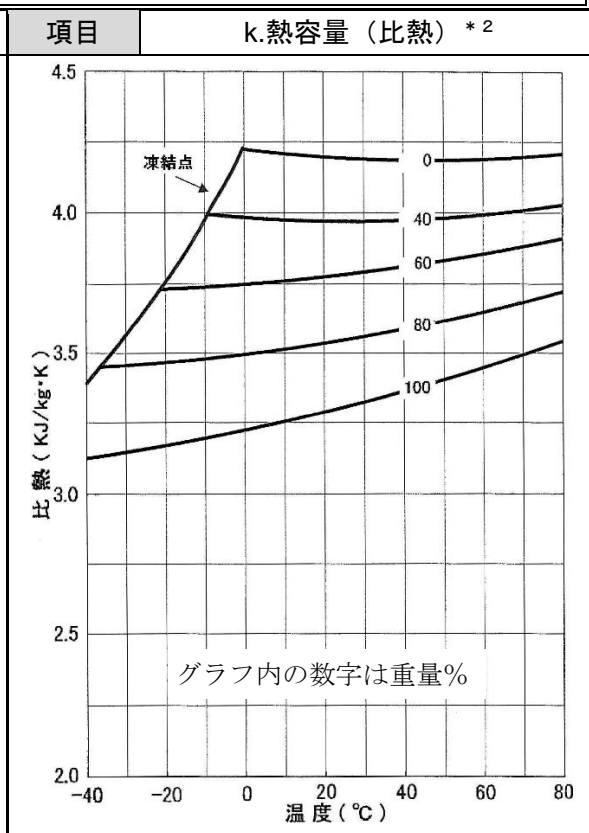
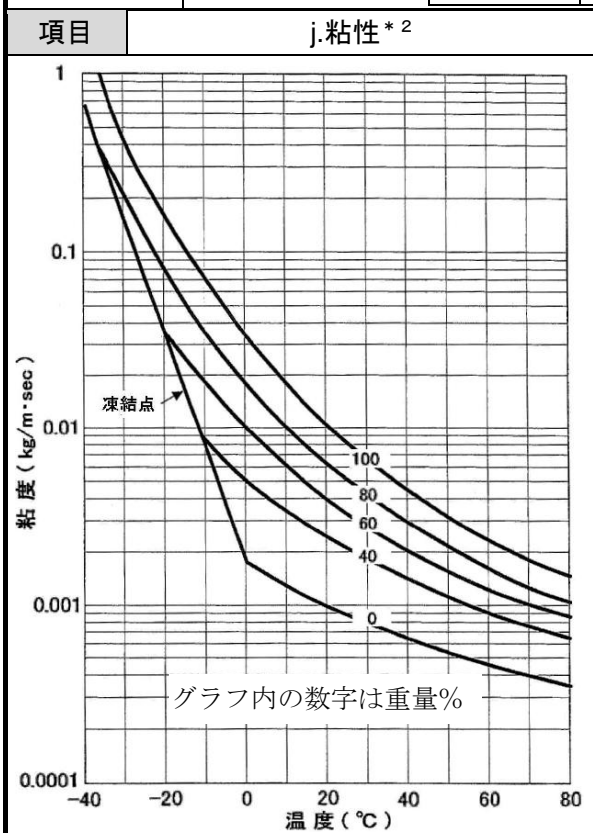
\*3：[SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD 所在地：No.397, Daqing South Road, Bengbu, Anhui, China, 233010, China TEL：（中国86）0552-492-2741、0552-492-8876]が製造の中国国家標準（GB/T13663-2000：給水用ポリエチレン管）に基づき生産された硬質ポリエチレン管である。本熱媒循環部の腐食試験に関するデータはない。（一般にポリエチレンの耐腐食性が十分高いため、一般ポリエチレン管では腐食試験データがないが、耐塩素水性試験データ等が公開されていることがある。）

**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、詳細版添付資料参照。

項目	結 果				
i.腐食性*2	試験条件 JIS K 2234	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	腐食量 (mg/cm <sup>2</sup> )			
	希釈液温度	水道水希釈			JIS調合水
		-20℃	常温	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	温度	88℃		
長期腐食試験		通気量	100ml/min		
		時間	336,1000,3000hr		
	濃度 50v/v%	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	

※結果欄内に記載するために、添付資料の表幅を調整した。



※粘性及び熱容量 (比熱) のグラフは、詳細版添付資料の縮小版の為、文字の大きさのみ大きくし見易くした。

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）

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> *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	・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。

\*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、詳細版添付資料からの転用であり、意味が変わらない程度に簡潔にした。

\*4：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）」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）熱抵抗（表13、詳細版本編28ページ参照。）においては、

①参考文献2）（詳細版参考文献を参照。）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\*1のダブルU字管と第四紀と第三紀の砂・粘土では0.11[K/(W/m)]、ダブルU字管と中生代の堆積物では0.18[K/(W/m)]であり、共に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には、熱抵抗として0.069[K/(W/m)]が記録されていて、実証試験結果の方が低い。

熱抵抗が小さいほど、地中からの吸熱及び排熱等がスムーズ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）（表13、詳細版本編28ページ参照。）においては、

①参考文献2）（詳細版参考文献を参照。）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シルト\*2・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、共に実証試験結果の方が低い。

②詳細版本編の表11（詳細版本編24ページ）に示した砂+粘土の値は、2.1W/(m・K)であり、実証試験結果の方が若干低い。

③東京周辺のローム、シルト混じり砂、礫（レキ）、固結シルトについて測定された有効熱伝導率である2.0前後という値であり、実証試験結果の方が若干低い。

④参考文献4）（詳細版参考文献を参照。）に示す東京都千代田区一番町4-4にある笹田ビル（礫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0.36 W/(m・K)で、実証試験結果の方が高い。

\*1：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。

\*2：シルトとは、砂より小さく粘土より粗い碎屑物。

## 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		<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol>		
施工性		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 市街地での騒音、振動、排泥などの環境対策が必要。</li> <li>2. 建物基礎工事との工程調整、安全管理が必要。</li> <li>3. ダブルU字管設置時の気密性の確認が必要。</li> </ol>		
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ブラインである。