

最新版 (平成23年2月2日更新)



実証番号052-0903

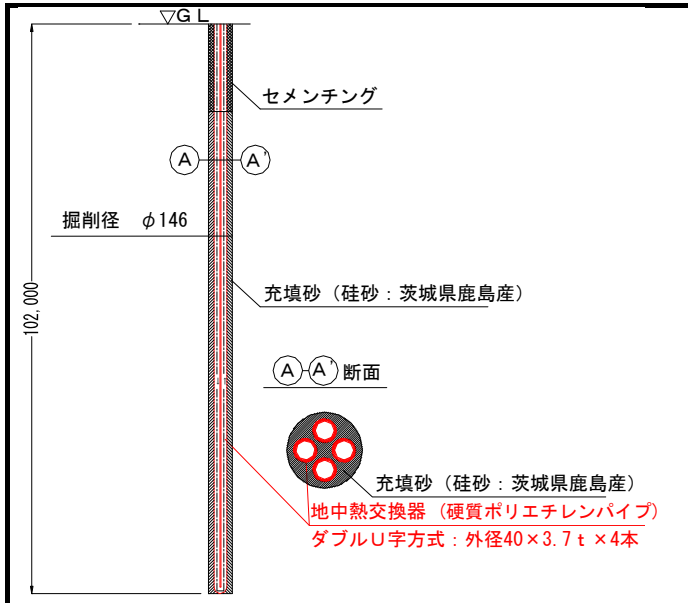
本技術及びその性能に関して、環境省等による
保証・認証・認可等を謳うものではありません。
www.env.go.jp/policy/etv

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

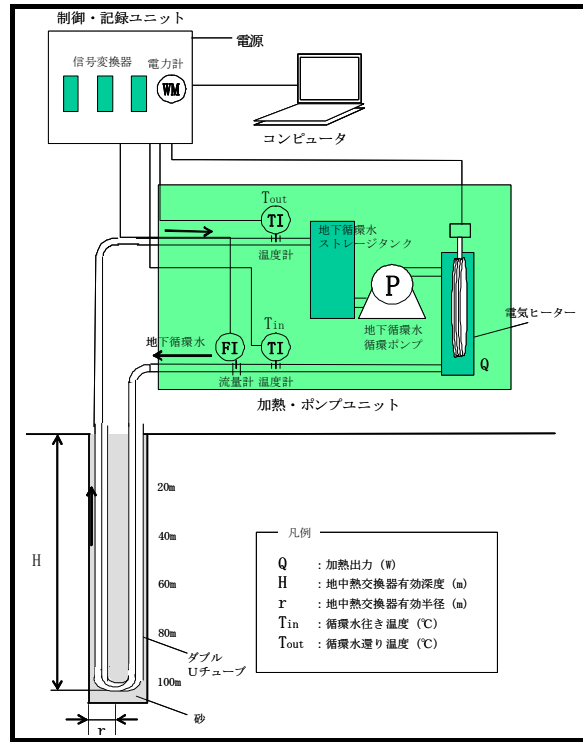


地下100m前後まで垂直ボーリングで掘削を行い、ダブルU字管を挿入し、空隙を地表から5m以深は珪砂で充填する。5m以浅は雨水等の浸透を防止するため、セメントミルクを注入する、ダブルU字管の運用時には地中熱ブライン(プロピレングリコールの不凍液)を注入充填する。

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。

地中熱交換部仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・硬質ポリエチレンパイプ ダブルU字管 (外径40mm) ・充填砂 (2号珪砂：茨城県鹿島産)
----------	--

2-2 実証試験の条件

実証試験の実施場所 及びその環境	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。	
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	加熱ポンプ ユニット 	実証試験実施場所の 制御・記録 ユニット 

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)

試験時 周辺の 状況	 <p>サーマルレスポンス 試験装置</p> <p>ダブルU字管</p>	 <p>坑口 周辺</p> <p>ダブルU字管</p> <p>工事名 港区立高輪福祉会館等 改築工事に伴う機械設備工事 工種 サーマルレスポンステスト 位置 BOR.1 機器設置 状況 H.21.7.24</p>
地中熱交換井の有効深度、口径	有効深度102m、口径146mm	

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.

*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。			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																															
内圧クリープ試験：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（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。

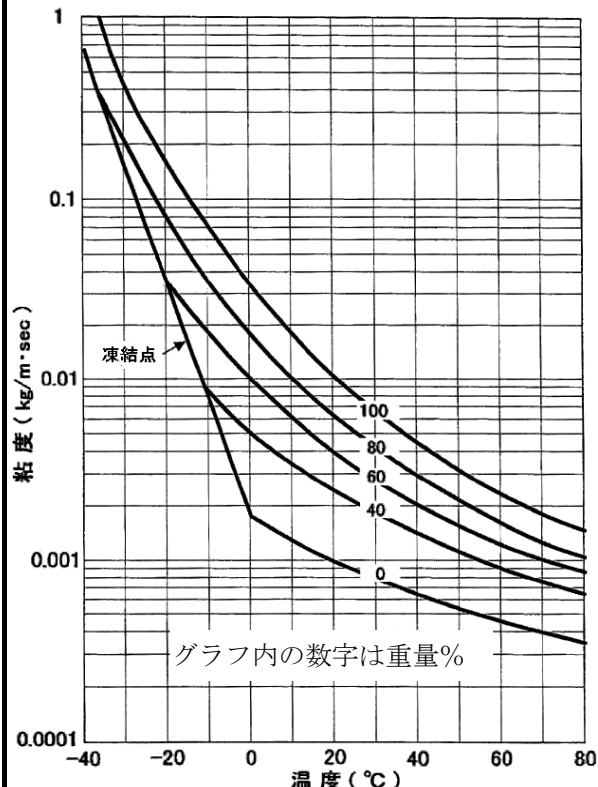
*4：本熱媒循環部の腐食試験に関するデータはない。そこで、参考情報として記載した。（一般にポリエチレンの耐腐食性が十分高いため、一般ポリエチレン管では腐食試験データがないが、耐塩素水性試験データ等が公開されていることがある。）

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）

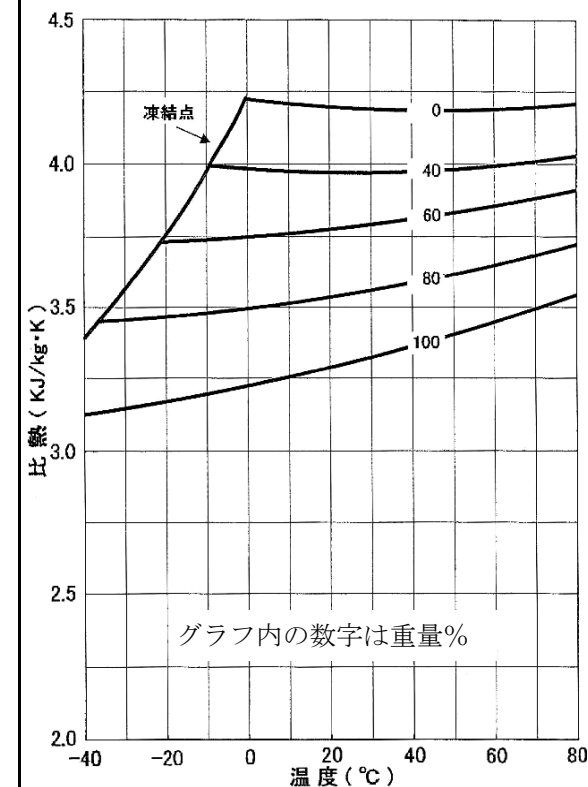
本実証項目は、性能を証明する書類の写しを提出する項目であるが、性能の証明の担保として、その製造業者の品質管理システムを確認した。性能を証明する書類の写しは、詳細版添付資料2.（詳細版添付資料43～48ページ）参照。

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">試験片</td> <td colspan="3">希釈液温度</td> <td colspan="2">腐食量 (mg/cm²)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">水道水希釈</td> <td colspan="2">JIS調合水</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-20℃</td> <td>常温</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>				試験片	希釈液温度			腐食量 (mg/cm ²)		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
試験片	希釈液温度			腐食量 (mg/cm ²)																																																					
	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																																																				
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。	試験条件 JIS K 2234	<table border="1"> <tr> <td>濃度</td> <td>50v/v%</td> </tr> <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>	濃度	50v/v%	温度	88℃	通気量	100ml/min	時間	336,1000,3000hr																																															
濃度	50v/v%																																																								
温度	88℃																																																								
通気量	100ml/min																																																								
時間	336,1000,3000hr																																																								
	試験片	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">試験片</td> <td colspan="3">腐食量 (mg/cm²)</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 ²)			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																										
試験片	腐食量 (mg/cm ²)																																																								
	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																																																						

項目 j.粘性*2



項目 k.熱容量（比熱）*2



※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 ₅₀ *3：20g/kg（経口ラット）LD ₅₀ *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（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		<ol style="list-style-type: none"> 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		<ol style="list-style-type: none"> 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ブラインである。