

環境省
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
実証試験結果報告書
《詳細版》

平成22年3月

実証機関 : 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会
実証単位 : (C) 地中熱交換器
環境技術開発者 : ミサワ環境技術株式会社
実証対象技術 : 東京都港区 高輪福社会館において掘削された
(製品名・型番) : 地中熱交換器



本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

目 次

○実証全体の概要	1
○本編	7
1. 実証試験の概要	7
1.1 実証試験の概要と目的	7
1.2 実証単位（C）地中熱交換器の実証項目	7
2. 実証試験参加組織と参加者の責任分掌	8
3. 実証対象技術の概要	10
3.1 実証対象技術の仕様	10
3.2 実証対象技術の参考情報	12
4. 地中熱交換部全体の実証項目の実証試験の内容	13
4.1 実証試験の実施場所	13
（1）実証試験の実施施設の情報	13
（2）実証試験の実施場所の地質	14
4.2 実証試験時の機器・設備構成	15
4.3 実証試験の実施過程	18
4.4 サーマルレスポンス試験の概要及び実施手順	18
4.5 実証試験要領（第1版）に規定するサーマルレスポンス試験の測定方法の確認	20
5. 地中熱交換部全体の実証項目の実証試験の結果	21
5.1 地中温度の測定結果	21
5.2 サーマルレスポンス試験の実証試験結果	23
（1）測定結果	23
（2）【実証項目】土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率）と熱抵抗の解析	24
（3）解析結果（実証試験結果）	25
（4）パラメータの信頼性の確認	27
5.3 解析結果の考察	28
（1）有効熱伝導率に関する考察	28
（2）熱抵抗に関する考察	28
6. まとめ	29
6.1 地中熱交換部全体の実証項目結果まとめ	29
6.2 熱媒循環部（U字管）の実証項目（性能を証明する書類の写しからの転用）	30
6.3 熱媒の実証項目（性能を証明する書類の写しからの転用）	31
7. データの品質管理、監査	34
7.1 データの品質管理	34
（1）測定データの記録方法	34
（2）精度管理に関する情報	34
7.2 監査	35
○参考文献	36
○添付資料（性能を証明する書類の写し）	37
1. 熱媒循環部（U字管）の実証項目の性能を証明する書類の写し	37
2. 熱媒の実証項目の性能を証明する書類の写し	43

本実証試験結果報告書の「実証全体の概要（概要版1～6ページ）」は、平成22年6月29日の環境省報道発表資料（<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12663>）の添付資料に掲載の「実証単位（C）実証番号052-0903の実証試験結果報告書概要版」に対し、修正が織り込まれた最新版（平成23年2月2日更新）である。



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

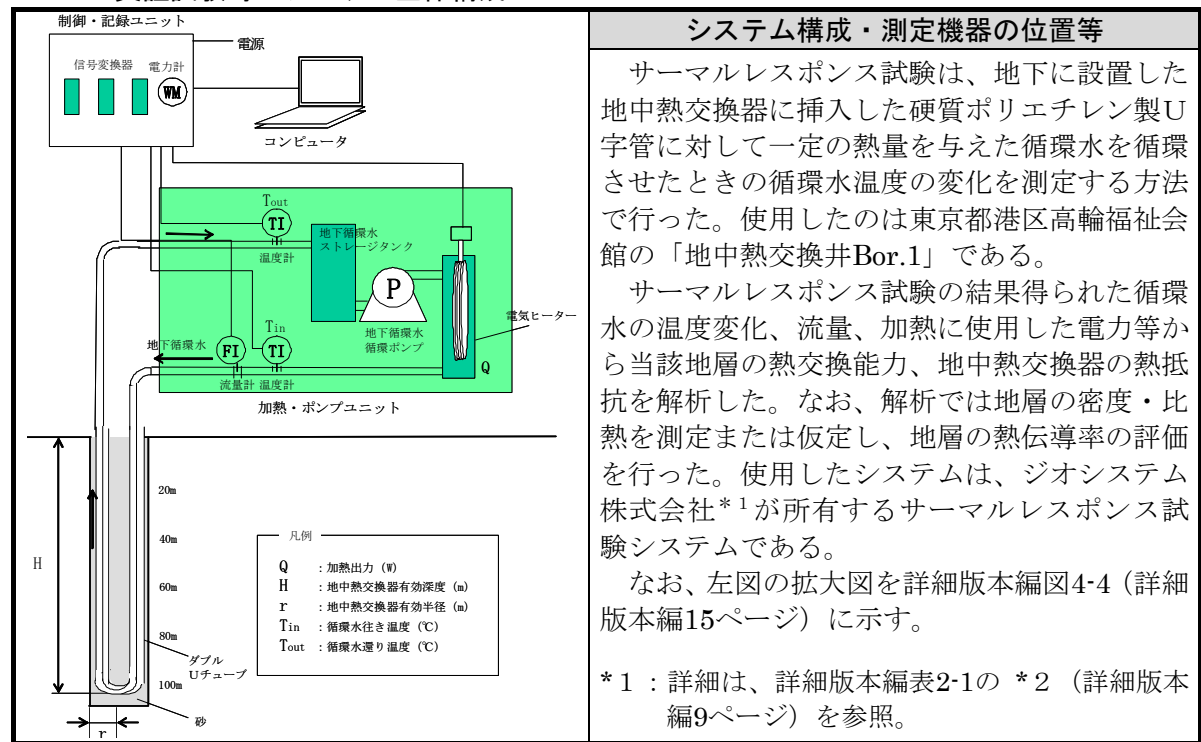
実証対象技術／ 環境技術開発者	東京都港区 高輪福祉会館において掘削された地中熱交換器／ ミサワ環境技術株式会社
実証単位	(C) 地中熱交換部
実証機関	特定非営利活動法人地中熱利用促進協会
実証試験期間	平成21年7月24日～8月8日

1. 実証対象技術の概要



2. 実証試験の概要

2-1 実証試験時のシステム全体構成



地中熱交換部仕様	・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 	坑口 周辺 	
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 [℃]							
f.脆化温度* 3	脆化温度	<-70 [℃]							
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。				
		試験項目	試料番号	引張伸び（％）		試験項目	試料番号	引張伸び（min）	
		引張試験	1	710	660	熱安定性試験	1	102	104
			2	680			2	105	
3	680		3	106					
4	660								
5	580								
		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。

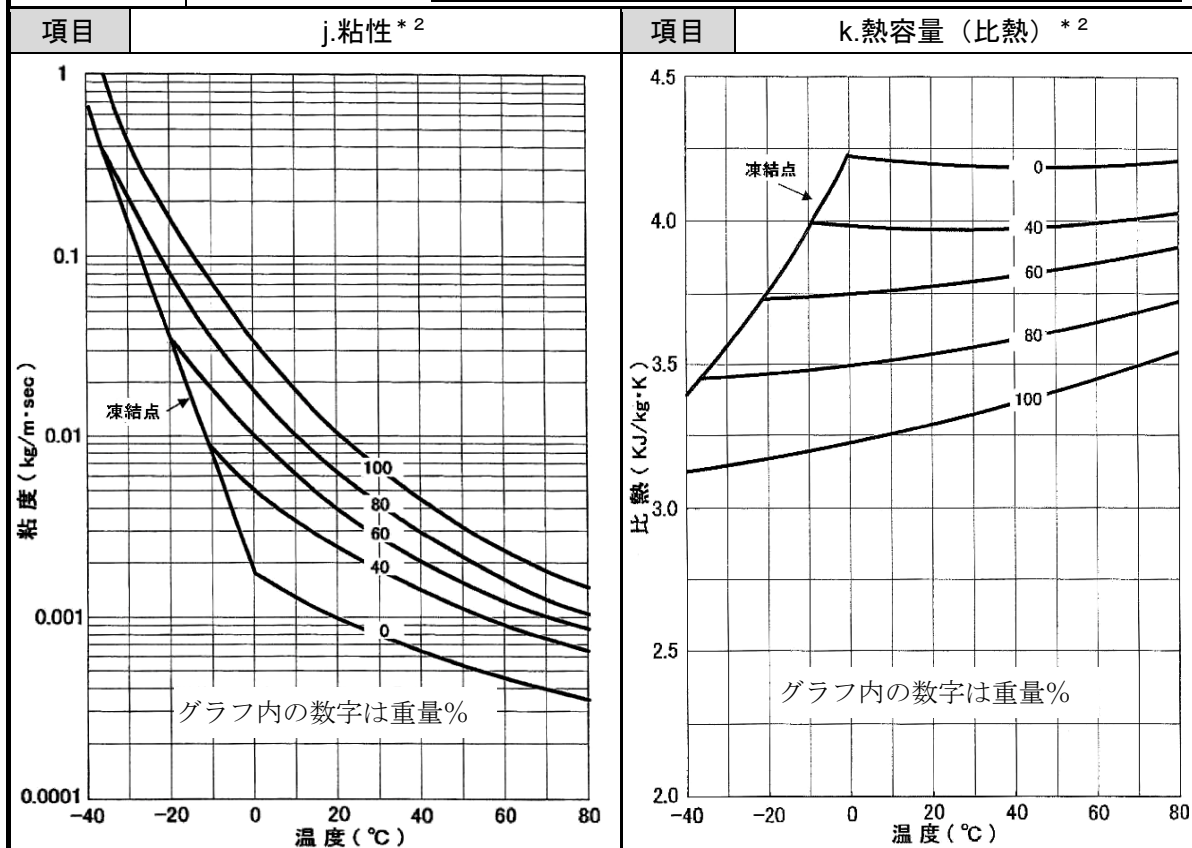
*3：中国の国家標準（GB/T13663-2000：給水用ポリエチレン管）に基づきSINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTDが製造する硬質ポリエチレンパイプである（詳細版添付資料38～39ページを参照）。製造元の所在地は、表3-2（詳細版本編10ページ）を参照。

*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		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	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		温 度	88℃				
			通 気 量	100ml/min				
			時 間	336,1000,3000hr				
	濃度 50v/v%	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				



※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実証項目参照。)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		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ブラインである。

○本編

1. 実証試験の概要

1.1 実証試験の概要と目的

環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、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、その環境保全効果を第三者が客観的に実証することにより、環境技術を実証する手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とする。

本実証試験は、平成21年4月27日に環境省水・大気環境局が策定した実証試験要領（第1版）^{*1}に基づいて選定された実証対象技術について、同実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証したものである。

1.2 実証単位（C）地中熱交換器の実証項目

地中熱交換器は、当実証単位を構成する複数の技術に分割できる。そのため実証項目は、図1-1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る。また各技術個別の実証項目を表1-1に示した。

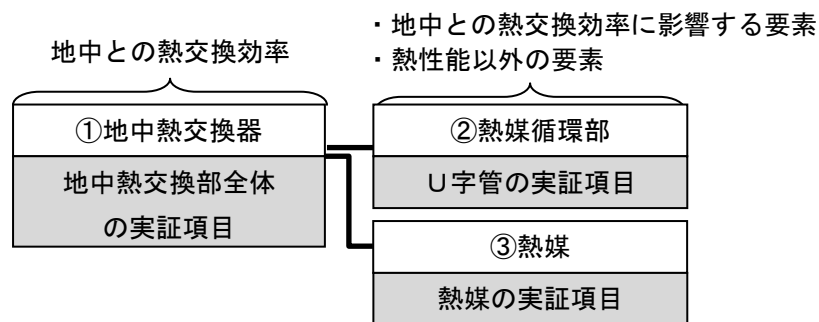


図 1-1 地中熱交換器における実証項目の構成

表 1-1 実証単位（C）本実証試験における各実証項目

①地中熱交換部全体の実証項目	②熱媒循環部の実証項目	③熱媒の実証項目
a. 熱交換井の熱抵抗	c. 流量範囲	i. 腐食性
b. 土壌部分の熱伝導率	d. 熱伝導性	j. 粘性
①のa.及びb.の実証項目は、詳細版本編4.（詳細版本編13～20ページ）に示すサーマルレスポンス試験を行い算出し、詳細版本編5.（詳細版本編21～28ページ）に記載する。	e. 耐熱	k. 熱容量
	f. 脆化温度	l. 引火性
	g. 耐腐食性	m. 毒性
	h. 寿命	—
②及び③の実証項目では、各項目の性能を証明する書類を確認して実証し、その書類の写しを添付資料（詳細版添付資料37～48ページ）に記載する。		

^{*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. 実証試験参加組織と参加者の責任分掌

実証試験に参加する組織は、図2-1に示すとおりである。また、実証試験参加者とその責任分掌は、表2-1（詳細版本編9ページ）に示すとおりである。

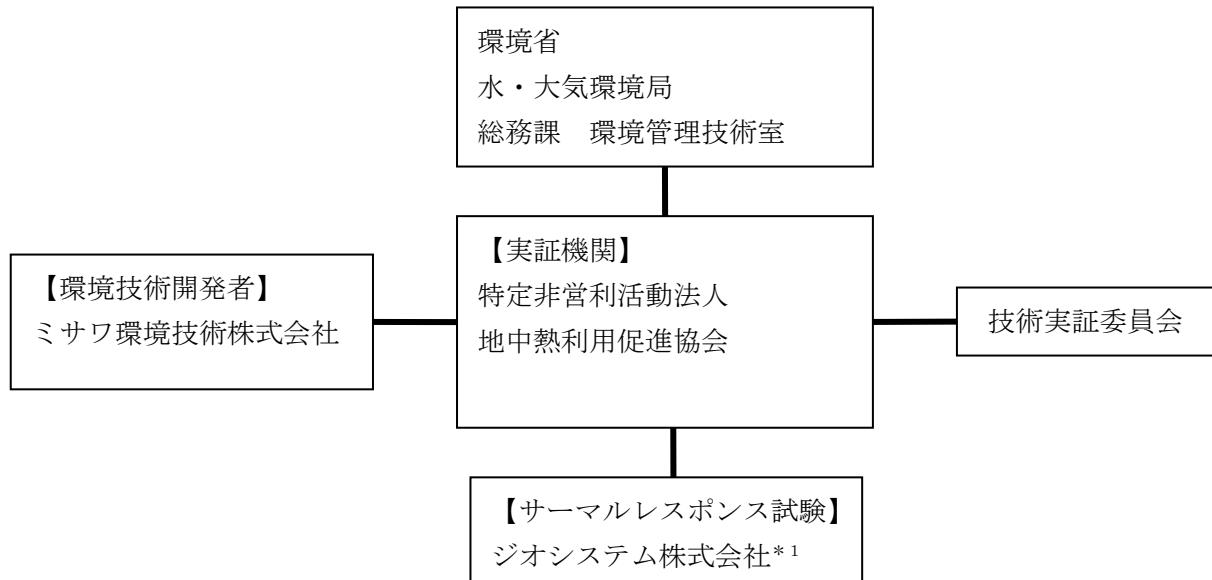


図 2-1 実証試験参加組織

*1：サーマルレスポンス試験は、外部委託した。詳細は、表2-1（詳細版本編9ページ）の*2を参照。

表 2-1 実証試験参加者と責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者
実証 機関	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会	実証試験の運営管理	笹田 政克
		実証対象技術の公募・審査	
		技術実証委員会の設置・運営	
		品質管理システムの構築	
		実証試験計画の策定	服部 旭 (総括事務局長)
		実証試験の実施・運営	
		実証試験データ・情報の管理	赤木 誠司
		実証試験結果報告書の作成	
		その他実証試験要領で定められた業務	
		技術実証委員会の設置・運営補助	
		内部監査の総括	松永 烈 ^{*1}
		実証試験データの検証	
環境 技術 開発者	ミサワ環境技術 株式会社	実証機関への必要な情報提供と協力	森山 和馬 田中 雅人 庄司 英喜 長尾 泰
		実証対象製品の準備と関連資料の提供	
		費用負担及び責任をもって 実証対象製品の運搬等を実施	
		既存の性能データの提供	
		実証試験報告書の作成における協力	
外部委 託先	ジオシステム 株式会社 ^{*2}	サーマルレスポンス試験の実施 及び試験装置	高杉 真司

*1：独立行政法人産業技術総合研究所 つくばセンター次長

*2：所在地：東京都練馬区関町北3-39-17（会社概要：<http://www.geo-system.jp/gaiyo.htm>）
理学博士、技術士（応用理学）、工学博士からなり、一級管工事施工管理技士、IGSHPA公認地中熱利用システムインストーラ^{*3}の資格を有する。地中熱利用の総合的技術力があり、国内の実績が多い。また、サーマルレスポンス試験装置を所有し、高い精度の観測実績が豊富である。本実証試験の公平性・公正性を維持するために、外部委託先にはサーマルレスポンス試験以外に関わらせていない。

*3：国際地中熱ヒートポンプ協会（IGSHPA：International Ground Source Heat Pump Association）公認の地中熱交換器部のための掘削、U字管挿入、ヒートポンプシステムの配管等を含めたシステム構築に関する地中熱ヒートポンプの技術資格。

3. 実証対象技術の概要

3.1 実証対象技術の仕様

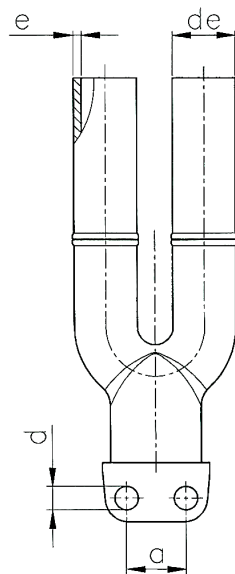
実証対象技術の熱媒循環部（U字管）の各仕様を、表3-1、図3-1、図3-2及び表3-2に示す。

表 3-1 実証対象技術・実証単位（C）の製品名及びその取扱い企業名

製品名	熱媒循環部 製品名：地中熱交換器 熱媒 製品名：地中熱ブライン
取り扱い企業名	ミサワ環境技術株式会社



図 3-1 熱媒循環部（U字管）（左写真）及び熱媒循環部挿入状況（右写真）



項 目	寸 法
de	40.0mm
e	3.7mm
d	9.0mm
a	29.0mm

※本図は、本熱媒循環部を取り扱うミサワ環境技術株式会社（環境技術開発者）から提出の SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTDの承認図から転記した。

図 3-2 熱媒循環部（U字管）先端部と形状

表 3-2 熱媒循環部の製品名及び製造企業名

製品名	硬質ポリエチレンパイプΦ40（U字管）
製造企業名	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

実証試験の実施場所において掘削された地中熱交換器の仕様図を図3-3に示す。

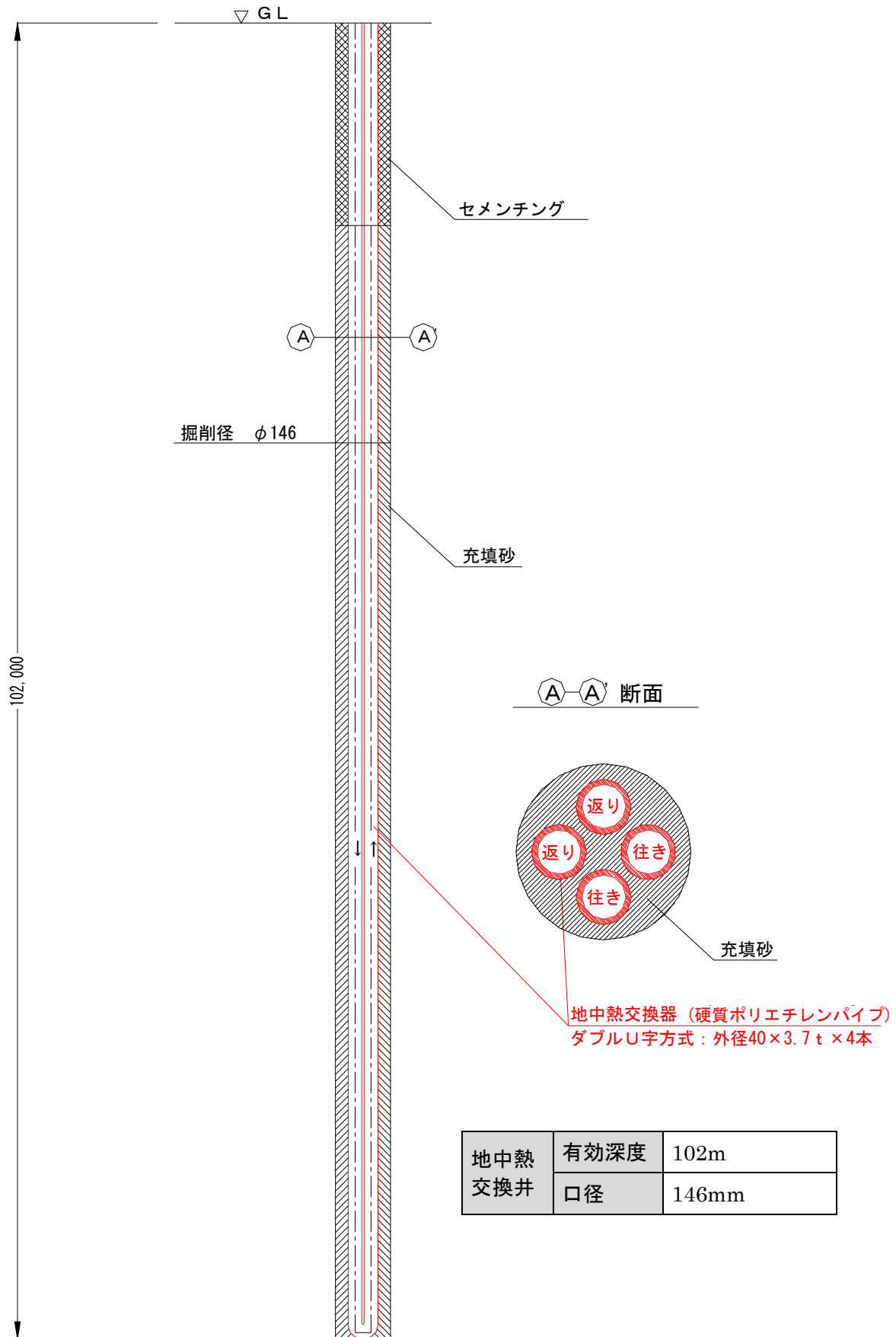


図3-3 実証試験の実施場所において掘削された地中熱交換器詳細図

3.2 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ブラインである。

4. 地中熱交換部全体の実証項目の実証試験の内容

4.1 実証試験の実施場所

(1) 実証試験の実施施設の情報

所在地：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）

所在地の地図を図4-1に、実証試験実施場所の敷地内の測定器配置図を図4-2に示す。

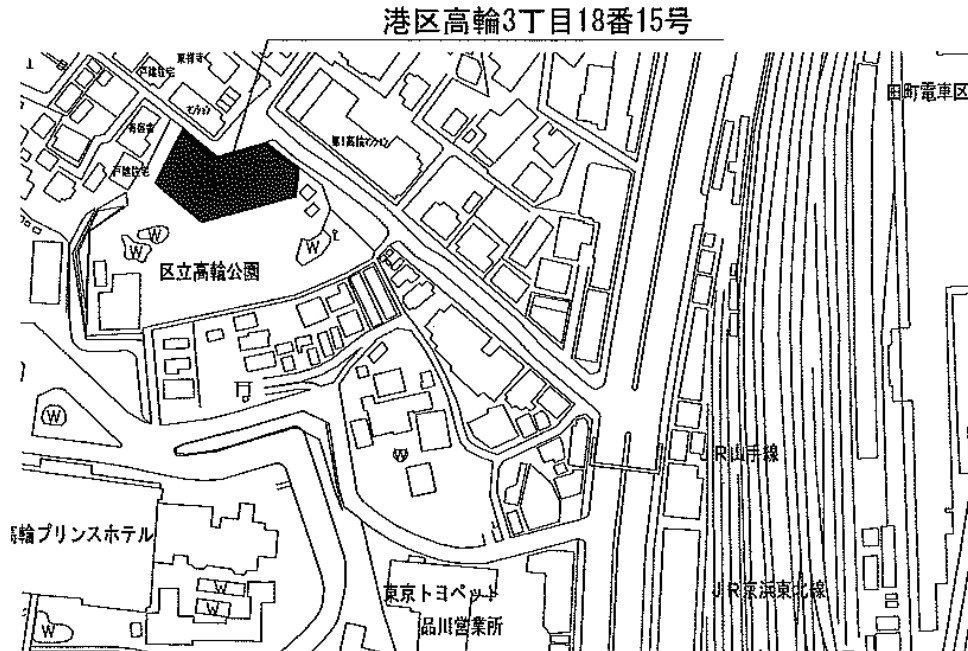


図 4-1 調査位置図

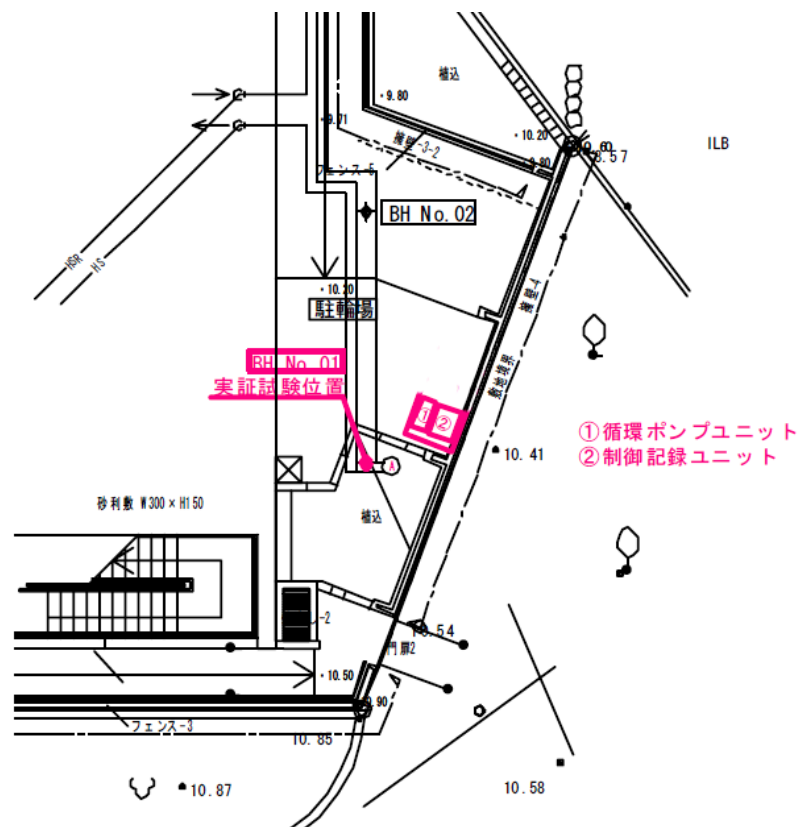


図 4-2 測定機器配置図

(2) 実証試験の実施場所の地質

熱交換器の施工場所における地質の状況として、地質柱状図を図4-3に示す。

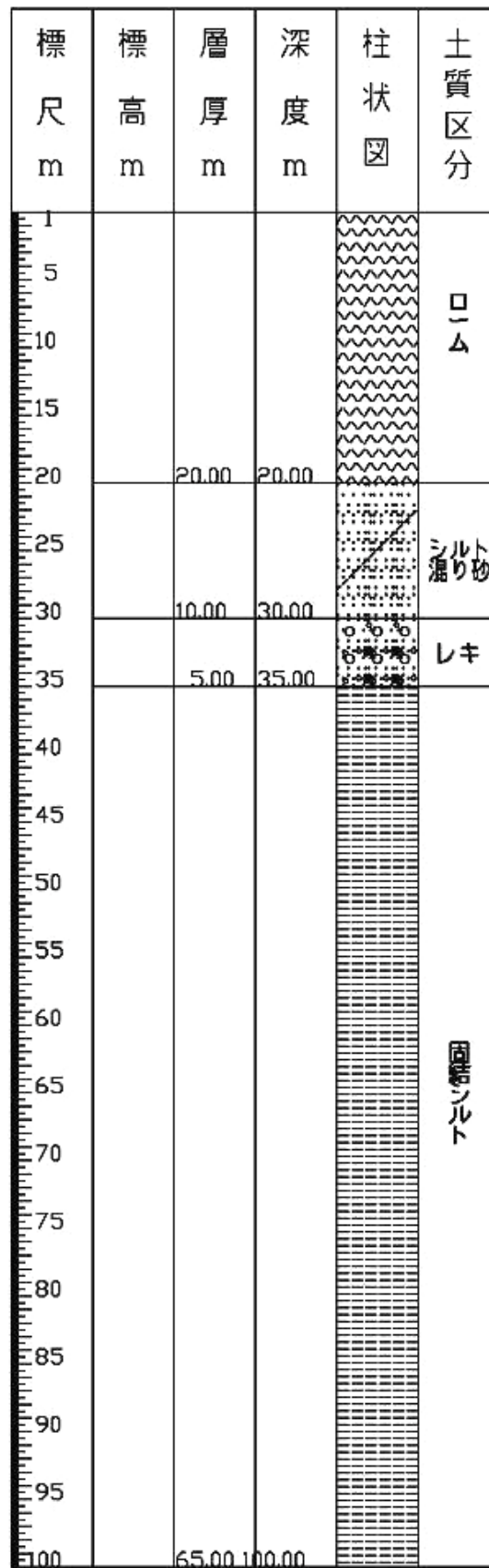


図 4-3 地質柱状図

4.2 実証試験時の機器・設備構成

実証試験時の機器・設備構成を図4-4に示す。また、使用機器の仕様諸元を表4-1（詳細版本編16ページ）に、サーマルレスポンス試験装置の写真を図4-5（詳細版本編16ページ）に、サーマルレスポンス試験装置（制御・記録ユニット）及びサーマルレスポンス試験装置設置状況を図4-6（詳細版本編17ページ）に示す。

地中熱交換井の近傍に電気ヒーター内蔵の加熱ポンプユニットを設置し、硬質ポリエチレン製U字管に循環水用の配管を接続した。温度計、流量計出力を制御・記録ユニットに接続し、循環・加熱制御を行うと共にデータ収録をした。加熱ポンプユニット及び制御・記録ユニットはブルーシートで覆い風雨の影響を受けないようにした（図4-6の上写真参照）。また、加熱ポンプユニットからU字管までの配管には断熱材を巻くとともに、日射の影響をさけるためにアルミテープを断熱材表面に施した。

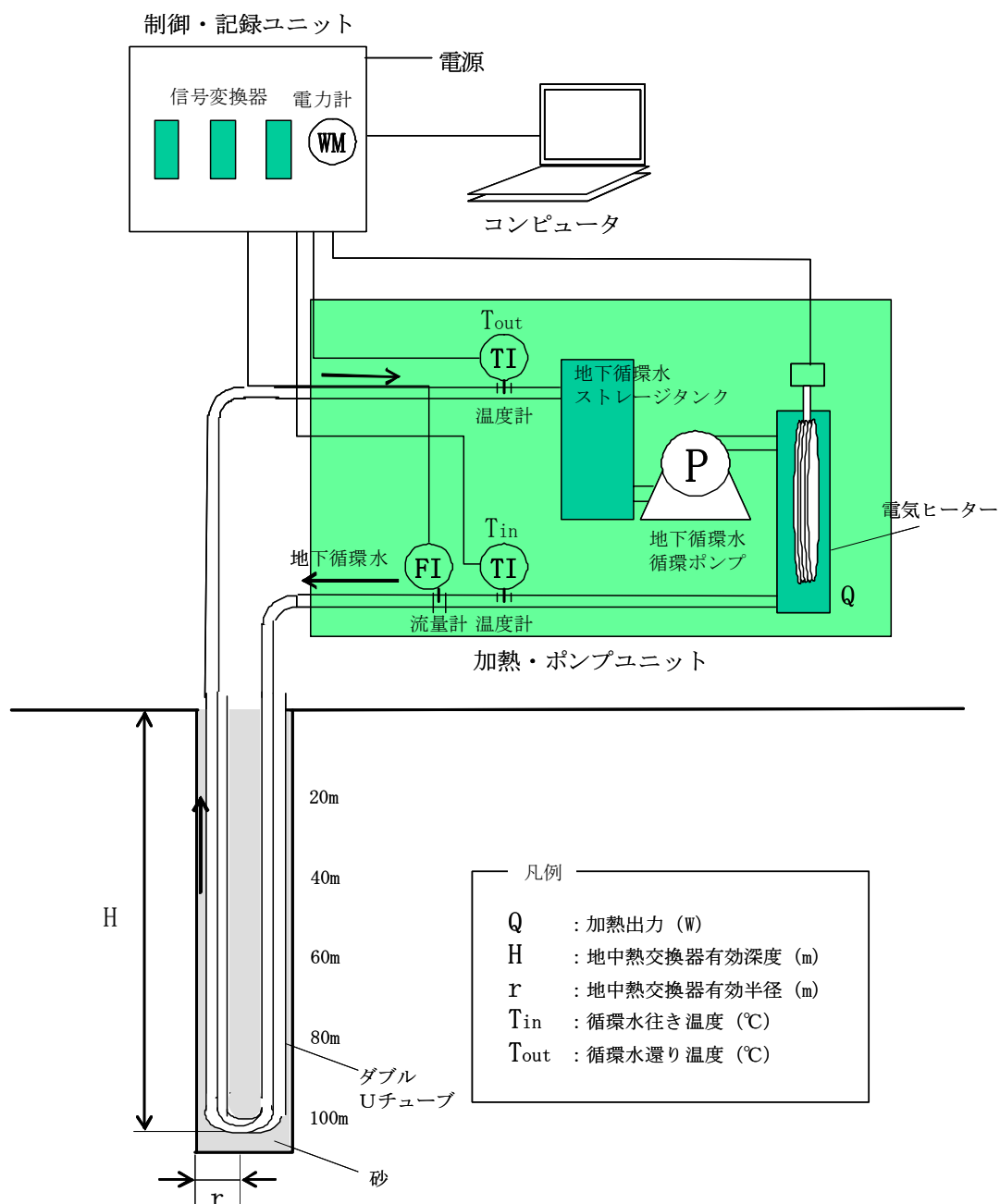


図 4-4 サーマルレスポンス試験模式図

表 4-1 サーマルレスポンス試験装置の仕様諸元

品名	仕 様	数量
①サーマルレスポンス試験制御・記録ユニット（寸法W600×D460×H280、重量20kg）		
電力計* ¹	単相200V、測定レンジ5kW、精度±0.5%	1
温度計* ¹	白金測温抵抗体Pt100、測定範囲-50～+250℃、 精度±(0.3+0.005t* ²) °C	3
流量計* ¹	電磁流量計、測定範囲2.5～50L/min、精度±0.6%	1
A/D変換装置	白金測温抵抗体用、8ch、温度精度±0.2%	1
	電圧測定用、8ch、直流電圧精度±0.05%（±10mV）	1
②加熱ポンプユニット(寸法 W310×D650×H570、重量 20kg)		
加熱用 電気ヒーター	シーザーヒーター 1kW	1
	シーザーヒーター 2kW	1
循環水ポンプ	単相100V、30L/min、水頭7m	1
バッファタンク	ステンレス製 実容量12L	1

* 1：計測器の精度管理に関する情報は、詳細版本編 7. 7.1（2）（詳細版本編34ページ）を参照。

* 2：t は、温度を示す。

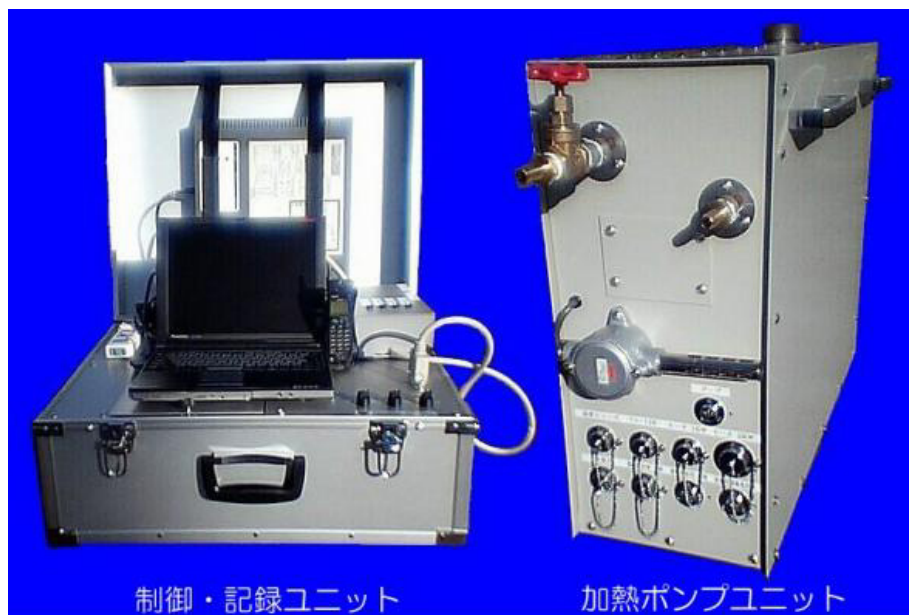


図 4-5 制御・記録ユニット、加熱ポンプユニット装置写真

実証試験実施場所での 試験時周辺の状況	 サーマルレスポンス 試験装置 ダブルU字管
実証試験実施場所での 制御・記録ユニット	
実証試験実施場所での 坑口周辺	 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 ダブルU字管

図 4-6 サーマルレスポンス試験装置の制御・記録ユニット及び試験装置の設置状況

4.3 実証試験の実施過程

サーマルレスポンス試験の試験実施日程を表4-2、表4-3に示す。7月25日から一旦加熱を開始したが、制御用電力の電圧異常により連続した加熱ができなくなったため、7月27日に加熱を停止した。その後温度回復を待ち、8月1日から予定通りの加熱と温度回復測定を実施した。

実証試験期間：平成21年7月24日～8月8日（内訳は表4-2、表4-3に示す。）

表 4-2 サーマルレスポンス試験の試験実施の日程

サーマルレスポンス 試験の実施項目	期間	日程																	
		7/ 24	7/ 25	7/ 26	7/ 27	7/ 28	7/ 29	7/ 30	7/ 31	8/ 1	8/ 2	8/ 3	8/ 4	8/ 5	8/ 6	8/ 7	8/ 8	8/ 9	8/ 10
装置設置・準備	1 日	■																	
非加熱循環	1 日	■																	
加熱循環	2 日		■	■	■	制御電圧異常により、正常な加熱ができなかった													
温度回復	5 日				■	■	■	■	■										
加熱循環	3 日									■	■	■	■	■					
温度回復	4 日												■	■	■	■	■		
撤収	1 日																■		

表 4-3 サーマルレスポンス試験の試験過程

坑名	月日	時刻	実施項目	非加熱時間 [h]	加熱時間 [h]	平均加熱出力 * 1 [W]	単位長さ当たりの熱交換量 * 2 [W/m]
地中熱交換井 Bor.1	7月24日	15:38	循環開始	17.4			
	7月25日	09:00	加熱開始		47.9	834	8.2
	7月27日	08:53	加熱停止	122.1			
	8月1日	11:00	加熱開始				
	8月4日	11:13	加熱停止	93.1			
	8月8日	08:21	循環停止				

*1：詳細版5. 5.2（1）及び図5-2（詳細版本編23ページ）参照。

*2：詳細版本編24ページの（②式）の qを参照。

4.4 サーマルレスポンス試験の概要及び実施手順

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。サーマルレスポンス試験に使用した地中熱交換井は表4-3に示すとおり、「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*³が所有するサーマルレスポンス試験システムである。

サーマルレスポンス試験の実施手順を表4-4（詳細版本編19ページ）に示す。

*3：図2-1（詳細版本編8ページ）及び表2-1（詳細版本編9ページ）を参照。

表 4-4 サーマルレスポンス試験の実施手順

実施項目	目的・内容	結果及び留意点	期間* 1
装置の 設置・準備	サーマルレスポンス試験を実施するため、測定システムを現地に搬入し、測定可能なように設置する。	① 試験開始前における熱交換井内の水温を1 m間隔で測定する。 ② U字管内の温度分布を均一にするために、非加熱状態で地下循環水をU字管内に循環させる(24時間程度)。 ③ 試験開始前における熱交換井内の水温を1 m間隔で測定する。	1 日間
非加熱 循環	循環水を加熱することなく、坑内を循環させる。	④ U字管内の温度分布を均一にするために、非加熱状態で地下循環水をU字管内に循環させる(24時間程度)。 ⑤ 地下循環水の往きの温度と還りの温度を測定周期1分毎でモニタリングし、温度が変化しなくなったならば、その温度を地層の初期温度と見なす。	1 日間
加熱循環	循環水を加熱し、坑内を循環させる。	⑥ 電気ヒーターを用いて、地下循環水を一定出力で加熱しながら、循環を行う。 ⑦ 加熱された地下循環水の往きの温度と還りの温度を測定周期1分毎でモニタリングする。モニタリングしたデータから、横軸に加熱循環時間の対数、縦軸に還り温度をとったグラフを描き、加熱による熱的影響が十分地層に到達し、その温度カーブ(以下、「レスポンスカーブ」)が直線状になったところで加熱を終了する。加熱終了の時間的な目安としてはφ150mmの井戸の場合、加熱開始から72時間と推定される。	3 日間
温度回復	加熱終了後の温度回復を観測する。	⑧ 加熱終了後の温度低下を測定するために、地下循環水はU字管を循環したままにする。加熱時間と同程度の時間この温度低下を測定する。	4 日間
撤収	循環ポンプを停止し、測定システムを解体、撤収する。	⑨ 測定データに欠落やノイズなどの問題がないことを確認し、コンピュータからデータを回収した。	半日

* 1 : 8月1日以降の実施項目の期間のみ。

4.5 実証試験要領（第1版）に規定するサーマルレスポンス試験の測定方法の確認

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）を表4-5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。

表4-5 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。

5. 地中熱交換部全体の実証項目の実証試験の結果

5.1 地中温度の測定結果

U字管への水循環前に測定した地中熱交換器内温度測定データを表5-1にそのグラフを図5-1(詳細版本編22ページ)に示す。地中温度は、深度0～5mでは地表面での日射などの影響を受けているが、深度5～16mではほぼ等温である。これに対し、深度16～45mでは地中温度は変動しており、深度20～24mが18.8℃でピークとなって、以深では深度と共に温度低下している。深度45～51mでは地中温度はほぼ等温であるが、深度52～56mでは温度低下している。深度56m以深では深度と共に温度はほぼ一定勾配で上昇している。

以上のような浅部における地中温度の変化は、都内で一様に認められ、ヒートアイランド現象の一部とも考えられるが、地質の違いや地下水の移動の影響による可能性もある。

表 5-1 地中熱交換器内温度測定データ

標高(m)	深度(m)	温度(℃)	標高(m)	深度(m)	温度(℃)	標高(m)	深度(m)	温度(℃)
10.0	0.0	24.9	-30.0	40.0	17.5	-70.0	80.0	16.9
9.0	1.0	22.5	-31.0	41.0	17.5	-71.0	81.0	16.9
8.0	2.0	20.4	-32.0	42.0	17.4	-72.0	82.0	16.9
7.0	3.0	18.9	-33.0	43.0	17.4	-73.0	83.0	16.9
6.0	4.0	18.3	-34.0	44.0	17.4	-74.0	84.0	16.9
5.0	5.0	18.1	-35.0	45.0	17.3	-75.0	85.0	17.0
4.0	6.0	18.1	-36.0	46.0	17.3	-76.0	86.0	17.0
3.0	7.0	18.2	-37.0	47.0	17.4	-77.0	87.0	17.0
2.0	8.0	18.2	-38.0	48.0	17.4	-78.0	88.0	17.1
1.0	9.0	18.2	-39.0	49.0	17.4	-79.0	89.0	17.1
0.0	10.0	18.2	-40.0	50.0	17.4	-80.0	90.0	17.1
-1.0	11.0	18.1	-41.0	51.0	17.4	-81.0	91.0	17.1
-2.0	12.0	18.1	-42.0	52.0	17.3	-82.0	92.0	17.1
-3.0	13.0	18.1	-43.0	53.0	17.0	-83.0	93.0	17.2
-4.0	14.0	18.0	-44.0	54.0	16.9	-84.0	94.0	17.2
-5.0	15.0	18.0	-45.0	55.0	16.8	-85.0	95.0	17.2
-6.0	16.0	18.0	-46.0	56.0	16.6	-86.0	96.0	17.2
-7.0	17.0	18.4	-47.0	57.0	16.6	-87.0	97.0	17.2
-8.0	18.0	18.7	-48.0	58.0	16.6	-88.0	98.0	17.3
-9.0	19.0	18.8	-49.0	59.0	16.6	-89.0	99.0	17.3
-10.0	20.0	18.8	-50.0	60.0	16.6	-90.0	100.0	17.3
-11.0	21.0	18.8	-51.0	61.0	16.6	-91.0	101.0	17.3
-12.0	22.0	18.8	-52.0	62.0	16.6	-92.0	102.0	17.4
-13.0	23.0	18.8	-53.0	63.0	16.6			
-14.0	24.0	18.8	-54.0	64.0	16.6			
-15.0	25.0	18.7	-55.0	65.0	16.6			
-16.0	26.0	18.6	-56.0	66.0	16.6			
-17.0	27.0	18.5	-57.0	67.0	16.6			
-18.0	28.0	18.4	-58.0	68.0	16.8			
-19.0	29.0	18.4	-59.0	69.0	16.7			
-20.0	30.0	18.2	-60.0	70.0	16.7			
-21.0	31.0	18.1	-61.0	71.0	16.7			
-22.0	32.0	18.1	-62.0	72.0	16.7			
-23.0	33.0	18.0	-63.0	73.0	16.7			
-24.0	34.0	17.9	-64.0	74.0	16.7			
-25.0	35.0	17.9	-65.0	75.0	16.8			
-26.0	36.0	17.8	-66.0	76.0	16.8			
-27.0	37.0	17.8	-67.0	77.0	16.8			
-28.0	38.0	17.7	-68.0	78.0	16.8			
-29.0	39.0	17.6	-69.0	79.0	16.8			

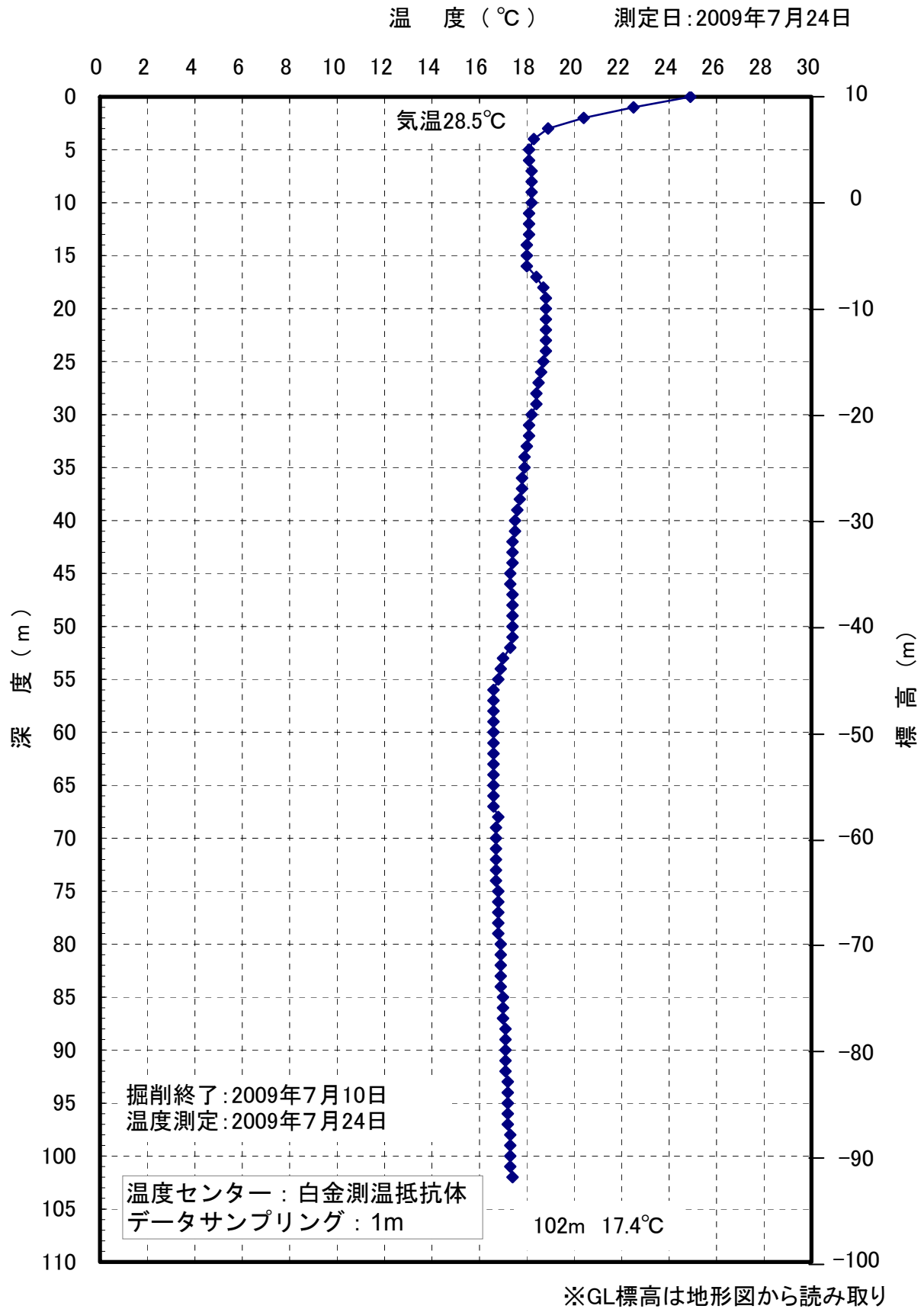


図 5-1 地中熱交換器（地中熱交換井 Bor.1）の温度測定結果

5.2 サーマルレスポンス試験の実証試験結果

(1) 測定結果

非加熱循環と加熱循環を詳細版本編の表4-2及び表4-3（詳細版本編18ページ）の通り行い、循環水の温度変化を測定した。正常な加熱と温度回復を測定できた8月1～8日の結果を図5-2に示す。この図には、U字管を通して循環する循環水の往復の温度、外気温、流量、加熱電力の時間変化を示している。

なお、図5-2に示している加熱出力は循環水のU字管入口（温度（往））と出口（温度（還））の温度差と流量から求めた加熱出力である。測定した温度にノイズがあるため、加熱出力は±1kW程度ばらついていた。そのまま図示すると見難いため、ここでは10分間の移動平均値をプロットしてある。

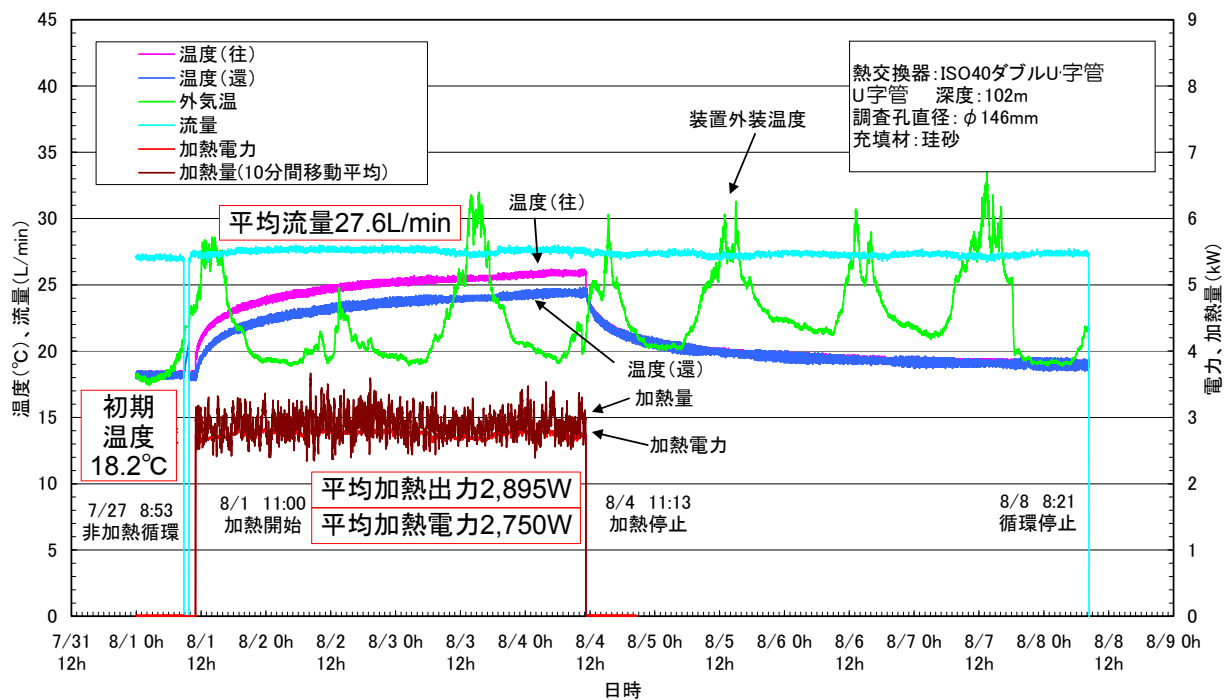


図 5-2 サーマルレスポンス試験測定結果

(2) 【実証項目】土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率）と熱抵抗の解析

地中熱交換器に関する地層の熱伝導率と熱交換器の熱抵抗を、加熱時の温度上昇データを用いて、線形理論によって解析した。ここで求められるのは地中熱交換器全体に対する見かけの熱伝導率（有効熱伝導率）である。本実証試験では「土壌部分の熱伝導率」というが、一般的には「有効熱伝導率」と言われている。

土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率）の値は、以下のように算出した。

$T-T_i$ （熱交換器入口温度と出口温度の熱媒の平均温度）を被説明変数、 t （加熱時間）の自然対数 $\ln(t)$ を説明変数とした、単回帰分析を行い、単回帰式の傾き m を導出する。 b は単回帰式（①式）の切片である。

熱交換井における単位長さ当たりの熱交換量の測定値と、導出した m の値を（②式）に代入して土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率） λ を算出する。

$$T - T_i = m \cdot \ln(t) + b \quad (①式)$$

$$\lambda = \frac{q}{4\pi \cdot m} \quad (②式)$$

T : 熱交換器入口温度と出口温度の熱媒の平均温度 [K]

T_i : 熱交換器入口温度と出口温度の熱媒の平均温度（初期値） [K]

m : 上記単回帰分析における回帰式の傾き

t : 時間 [s]

q : 単位長さ当たりの熱交換量^{*1} [W/m]
(平均加熱出力^{*2}を地中熱交換器有効深度^{*2}で除した値)

一方、地中熱交換器の熱抵抗 R の値は、以下のように熱伝導率 λ を③式に代入し、算出する。

$$T - T_i = \frac{q}{2\pi\lambda} \left(-\ln \frac{r}{2\sqrt{\alpha t}} - 0.2519 \right) + qR \quad (③式)$$

r : 地中熱交換井中心から地中熱交換器表面までの半径 [m]

α : 地層の温度伝導率（熱拡散率） [m²/s]

*1 : 地中熱交換器の単位長さ当たりの熱交換量は、表4-3（詳細版本編18ページ）参照。

*2 : 詳細版本編5. 5.2 (3)（詳細版本編25ページ）参照。

(3) 解析結果（実証試験結果）

前述の線源理論に基づきデータを解析し、地層の有効熱伝導率、地中熱交換器の熱抵抗を求めた。

解析に使用したパラメータは、表5-2の下に記載した通りである。なお、地中熱交換器は硬質ポリエチレン製U字管、水、珪砂によって構成されている。ここでは珪砂で充填された坑壁までを熱交換器とみなし、それよりも外側を地盤とした場合の有効熱伝導率と熱抵抗の計算を行った。表5-2のとおり、地盤の密度、比熱は周辺の地質である砂混じり粘土、粘土混じり砂に近い砂+粘土の値を使用した。

表 5-2 地盤の熱物性の例*1

種類	密度 [kg/m ³]	比熱 [J/(kg・K)]	熱伝導率 [W/(m・K)]	熱拡散率 [m ² /s]	備考 (含水率)
有機質土	1,340	1,700	0.7	0.30×10^{-6}	41.5%
ローム	1,230	2,800	0.9	0.26×10^{-6}	36.6%
粘土	1,700	1,800	1.2	0.39×10^{-6}	27.7%
砂	1,510	1,100	1.1	0.68×10^{-6}	7.9%
砂+粘土*2	1,960	1,200	2.1	0.93×10^{-6}	21.6%
粘土質土	1,860	680	1.5	0.48×10^{-6}	
普通コンクリート	2,200	880	1.4	0.72×10^{-6}	

*1：空気調和・衛生工学便覧ほかより。

*2：空気調和・衛生工学便覧 第13版より。参考文献2）（詳細版参考文献36ページ）参照。

Q ：平均加熱出力*3 2,895 [W] （測定値）

H ：地中熱交換器有効深度*4 102 [m] （測定値）

r ：地中熱交換器有効半径 0.073 [m]
（地中熱交換井の口径 ϕ 146 mm*4）

ρ ：地盤の代表密度 1,960 [kg/m³] （推定値）

C ：地盤の代表比熱 1,200 [J/(kg・K)] （推定値）

T_i ：地中熱交換器の初期温度*5 18.2 [°C] （測定値）

*3：表 4-3（詳細版本編18ページ）より。

*4：図3-3（詳細版本編11ページ）より。

*5：図5-2（詳細版本編23ページ）より。

試験で得られたデータについて横軸を加熱経過時間の自然対数、縦軸を循環水温度とした解析グラフを図5-3（詳細版本編26ページ）に示す。

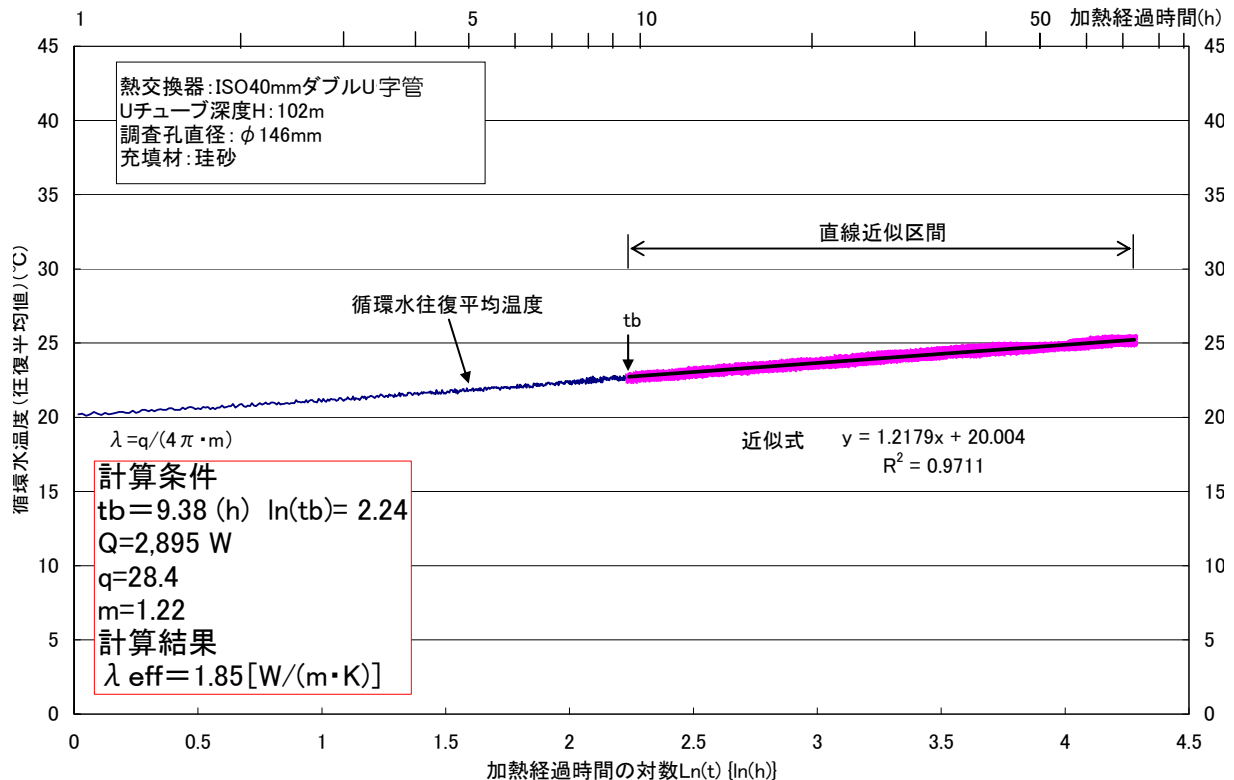


図5-3 有効熱伝導率の解析結果

図5-3の通り、温度上昇データは片対数グラフ上ではほぼ直線で近似される。なお、レスポンスカーブの直線近似を行う場合、レスポンスカーブのどの領域で近似を行うかによって傾き m の値が変化する。線形理論の近似式の直線近似可能な領域の最小加熱循環時間は次式で表される。

$$t_b = \frac{5r^2}{\alpha} \quad (4式)$$

t_b : 最小加熱循環時間 (S)

ここで、熱拡散率 α は、

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C} \quad (5式)$$

で定義される。

そこで、ある仮定した t_b 以降のデータの直線近似から λ を求め、その λ から④式を使って計算される t_b が一致するように収束計算を実施し、 t_b と λ を同時に求めた。

この解析の結果、土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率）（ λ ）を求め、詳細版本編5. 5.2（2）の③式（詳細版本編24ページ）により熱抵抗（ R ）を求め、表5-3に示した。

表5-3 地中熱交換部全体の実証項目の解析結果（実証試験結果）

地中熱交換部全体の実証項目	解析結果（実証試験結果）
a. 熱交換井の熱抵抗（ R ）	0.052 [K/(W/m)]
b. 土壌部分の熱伝導率*1（ λ ）	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。

(4) パラメータの信頼性の確認

解析結果によって得られた地層の熱パラメータを用いて、理論値と実測値の比較（ヒストリ-マッチング）を行い、パラメータの信頼性の確認を行った。この結果を図5-4に示す。なお、この図における計算値は循環水の往復温度の平均に相当する。この図の通り、加熱時の実測値と計算値は良く合致しており、解析から求められた熱伝導率と熱抵抗が確からしいことを示している。

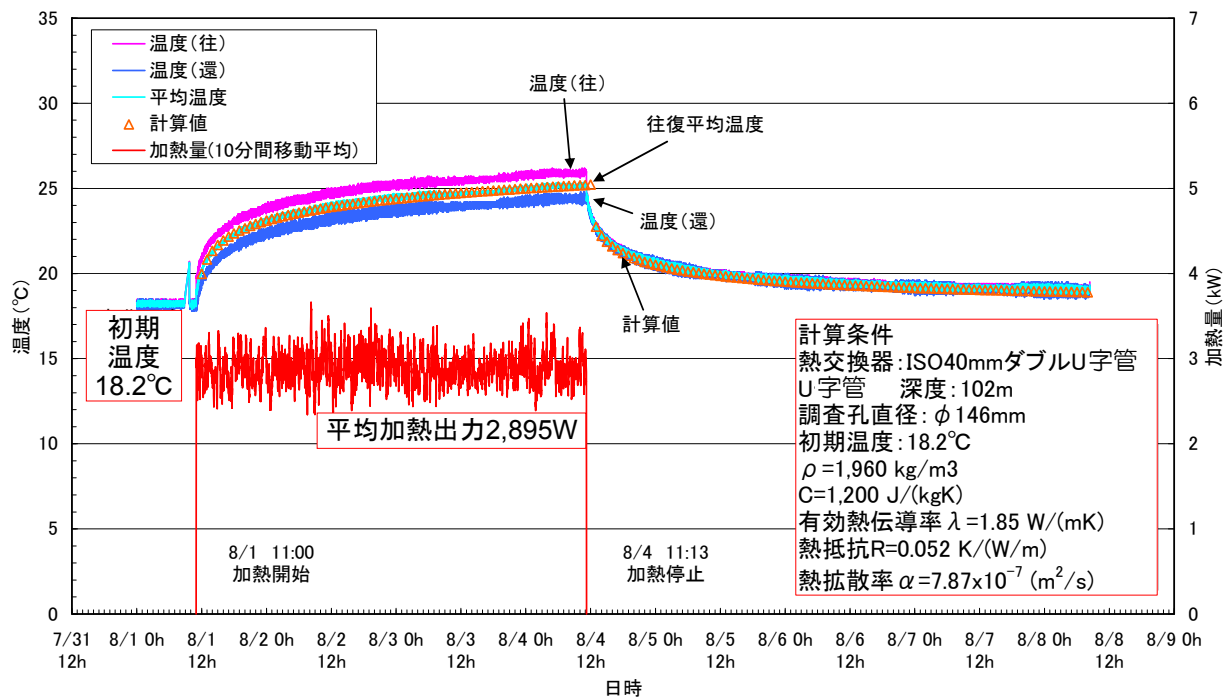


図 5-4 解析結果によるマッチング確認

5.3 解析結果の考察

(1) 有効熱伝導率に関する考察

詳細版本編 5. 5.2 (詳細版本編23～27ページ) で説明の通り、循環水のU字管出入口温度差と流量より求めた平均加熱出力は、2,895W (詳細版本編18ページ表4-3の平均加熱出力) を用いて②式 (詳細版本編24ページ) によって求められた土壌部分の熱伝導率 (有効熱伝導率) は、表5-3 (詳細版本編26ページ) に示したとおり、 $1.85 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ であった。

これに対して、電気ヒーターの平均加熱電力は、図5-2 (詳細版本編23ページ) の図中に示すとおり、2,750Wであり、この値を用い同様に②式 (詳細版本編24ページ) によって求めると、土壌部分の熱伝導率 (有効熱伝導率) は $1.76 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ と約5%小さな値となる。温度計、流量計、電力計はそれぞれ検定を行っており、表4-1 (詳細版本編16ページ) に示す仕様から考慮すると、5%の誤差は生じないと考えられる。また、サーマルレスポンス試験装置と配管には、日射影響を避けるために遮光シート、断熱材で覆っており、循環水のU字管出入口温度差と流量より求めた平均加熱出力と電気ヒーターの平均加熱電力の差である100Wの熱量を外界から取り入れることは考えにくい。両者の差については、今後の検討課題である。

(2) 熱抵抗に関する考察

熱抵抗を求めるためには、地盤の密度、比熱を仮定する必要があるが、本解析では砂+粘土の値を仮定し算出したところ、表5-3 (詳細版本編26ページ) に示したとおり、熱抵抗値 0.052 K/(W/m) が求められた。仮に、熱抵抗の値の推定に影響を与える「密度 ρ と比熱 C の積 (熱容量)」*¹が今回の仮定よりも20%増減した場合*²、求められる熱抵抗値は、 0.043 K/(W/m) と 0.06 K/(W/m) となり、 ± 0.009 程度の差が生じると考えられる。

*1 : 熱抵抗 R を求める③式 (詳細版本編24ページ) に含まれる熱拡散率 α は、⑤式 (詳細版本編26ページ) に示すとおり、密度 ρ と比熱 C の積が含まれている。

*2 : 特定非営利活動法人地中熱利用促進協会内の地中熱に関し十分に知識をもったメンバーによる検討会において設定された定性的な値であり、定量的及び具体的な根拠ないが、土壌及び地盤の密度と比熱の測定は一般的にされていないので、この程度の推定誤差は十分にあると推察し設定した値。

6. まとめ

本実証単位である地中熱交換部は、地中熱交換井からヒートポンプシステムの手前までのシステムで、実証試験では、サーマルレスポンス試験により、地中熱交換井の熱抵抗と土壌部分の熱伝導率（有効熱伝導率）を求めるとともに、熱媒循環部および熱媒の実証項目については、性能を証明する書類を確認することにより各項目の性能を実証した。

6.1 地中熱交換部全体の実証項目結果まとめ

サーマルレスポンス試験により得られた地中熱交換部全体の実証項目を表6-1に示す。

表6-1 地中熱交換部全体の実証項目の解析結果（実証試験結果）^{*1}

地中熱交換部全体の実証項目	解析結果（実証試験結果）
a. 熱交換井の熱抵抗（R）	0.052 [K/(W/m)]
b. 土壌部分の熱伝導率 ^{*2} （λ）	1.85 [W/(m・K)]

^{*1}：表5-3（詳細版本編26ページ）からの転記。

^{*2}：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。

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号珪砂、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（表6-1参照）においては、

- ①参考文献3）（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^{*3}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）（表6-1参照）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。

^{*3}：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。

6.2 熱媒循環部（U字管）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。各実証項目の結果を表6-2に示す。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。

表6-2 熱媒循環部（U字管）の実証項目

項目		結 果																																	
c.流量範囲*1	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*2	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*2	軟化点温度	126 [℃]																																	
f.脆化温度*2	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）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><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><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></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><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><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></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	3	106
		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。																																		

- *1：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。
- *2：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。
- *3：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。）

6.3 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）

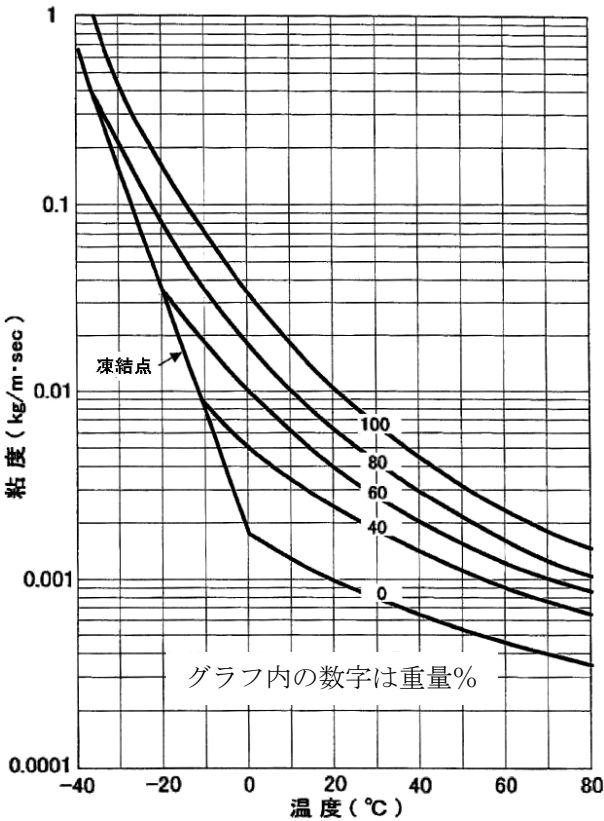
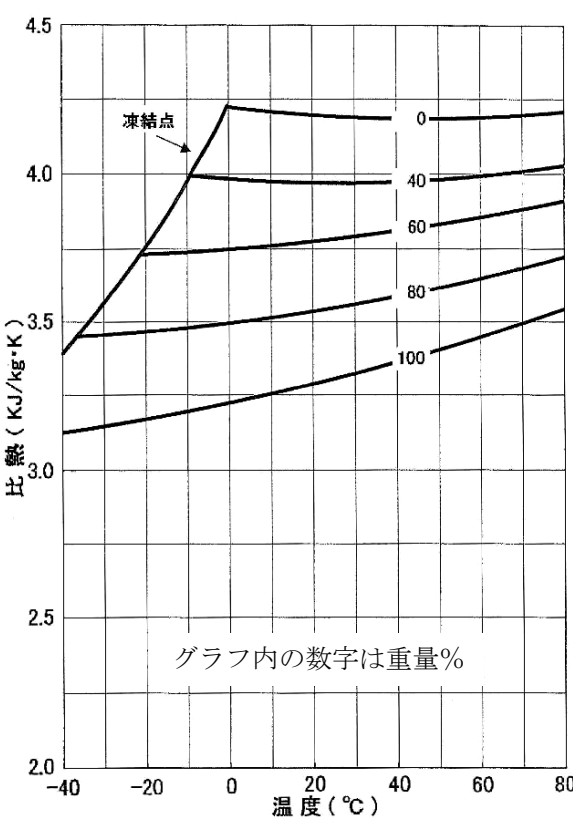
本実証項目は、性能を証明する書類の写しを提出する項目である。性能の証明の担保として、その製造業者の品質管理システムを確認した。各実証項目の結果を表6-3～表6-5（詳細版本編31～33ページ）に示す。各実証項目の性能を証明する書類の写しは、詳細版添付資料2.（詳細版添付資料43～48ページ）を参照。

表6-3 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）（その1）

項目	結 果								
i.腐食性* 2	試験条件 JIS K 2234		濃 度 と 温 度				70v/v%	50v/v%	50v/v%
			通 気 量				100ml/min. (-20℃を除く)		
			時 間				336±2hr		
	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				
試験条件 JIS K 2234		温 度		88℃					
		通 気 量		100ml/min					
		時 間		336,1000,3000hr					
長期腐食試験 濃度 50v/v%		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						
※結果欄内に記載するために、添付資料の表幅を調整した。									

- *1：性能を証明する写し（詳細版添付資料47ページ）によると、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、性能を証明する書類の写し（詳細版添付資料47～48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。

表6-4 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）（その2）

結 果			
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：性能を証明する写し（詳細版添付資料47ページ）によると、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。

表6-5 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）（その3）

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：性能を証明する写し（詳細版添付資料47ページ）によると、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（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。

以上、これらの結果は、本実証試験の目指す実証項目を満たしており、この実証試験によりヒートアイランド対策技術としての環境保全効果をデータとして示すことができた。

7. データの品質管理、監査

7.1 データの品質管理

(1) 測定データの記録方法

電力計の瞬時電力、温度計、循環水の流量計の信号は、サーマルレスポンス試験装置内のA/D変換器によってデジタルデータに変換される。このデータをコンピュータ上のデータ収録ソフトで、1分毎のサンプリング周期（測定周期）で収録する。測定データの記録計器を表7-1に示す。

表7-1 測定データの記録計器

品名		仕様
データロガー	温度計用	エムシステム R1M-J3T
		精度±0.02%
	電力計用及び流量計用	エムシステム R1MS-GH3T
		精度±0.05%（±電力2.5W、流量±0.05L/min）

(2) 精度管理に関する情報

品名（項目）	仕様
電力計*1	オムロン株式会社 K3FL-WT3
	精度±25W（±0.5% of F.S.）
	検定は、メーカーによる検定を2009年2月に実施済み。
温度計*1	オムロン株式会社 E52-P6D B級
	精度±1.0℃
	検定は、ジオシステム株式会社内で標準温度計との比較による自主検定を2008年9月に実施済み。
流量計*1	株式会社キーエンス FD-M50AY
	精度0.3L/min（±0.6% of F.S.）
	検定は、ジオシステム株式会社内で規定容器を使用した時間計量との比較による検定を2008年9月に実施済み。
測定周期	1分毎

*1：各仕様諸元は、表4-1（詳細版本編16ページ）参照。

7.2 監査

実証試験の開始時点の平成21年7月24日及び終了時点の平成21年8月6日において、実証機関担当者の赤木誠司が測定に立会い、観測が正常に行われていることを確認した。

また、実証試験着手前と実証試験終了後には、環境技術開発者のミサワ環境技術株式会社と実証機関総括事務局長の服部旭が現地において、東京都港区役所建設担当者に調査内容とその結果を報告した。

そして技術監査の松永烈（独立行政法人産業技術総合研究所 つくばセンター次長）が報告書の監査を行った。

○参考文献

- 1) 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）
- 2) 空気調和・衛生工学便覧 第13版 編集・発行 社団法人 空気調和・衛生工学会
- 3) Sanner, B., Reuss, M., Mands, E. & Muller, J. (2000) Thermal Response Test - Experiences in Germany. Proc. Ter-rastock 2000, 177-182.
- 4) H. Fujii, H. Okubo, M. Chono; Application of Optical Fiber Thermometers for Detailed Geological Descriptions in the Thermal Response Tests
Proceedings of EFFSTOCK2009, Paper No.21, June 2009

○添付資料（性能を証明する書類の写し）

本熱媒循環部及び熱媒を取り扱うミサワ環境技術株式会社（環境技術開発者）から提出された資料で、各実証項目に該当する部分の写しを以下に示す。

1. 熱媒循環部（U字管）の実証項目の性能を証明する書類の写し

c. 流量範囲

ミサワ環境技術株式会社作成の本実証項目に該当する写しを以下に示す。

地中熱交換器						
■ 地中熱交換器		形状	ポリエチレン製ダブルU字型 φ40(内径 32.6mm)			
		延長	100m			
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 mH ₂ O	0.8 mH ₂ O	1.1 mH ₂ O	1.4 mH ₂ O	1.7 mH ₂ O	
レイノルズ数	2,670	3,340	4,010	4,680	5,350	

地中熱交換器損失水頭						
No.	配管径	流量 Q (m ³ /sec)	延長 L (m)	内径 D (mm)	損失水頭 h (mH ₂ O)	流速 V (m/sec)
・流量 Q = 20ℓ/min						
直管部	PE φ40(内径32.6mm)	0.00017	200.0	32.6	0.563	0.204
L	(L = 1.2m x 2個)	0.00017	2.4	32.6	0.007	0.204
地中熱交換器損失水頭 H2					0.570	
・流量 Q = 25ℓ/min						
直管部	PE φ40(内径32.6mm)	0.00021	200.0	32.6	0.799	0.252
L	(L = 1.2m x 2個)	0.00021	2.4	32.6	0.010	0.252
地中熱交換器損失水頭 H2					0.809	
・流量 Q = 30ℓ/min						
直管部	PE φ40(内径32.6mm)	0.00025	200.0	32.6	1.067	0.300
L	(L = 1.2m x 2個)	0.00025	2.4	32.6	0.013	0.300
地中熱交換器損失水頭 H2					1.080	
・流量 Q = 35ℓ/min						
直管部	PE φ40(内径32.6mm)	0.00029	200.0	32.6	1.361	0.347
L	(L = 1.2m x 2個)	0.00029	2.4	32.6	0.016	0.347
地中熱交換器損失水頭 H2					1.377	
・流量 Q = 40ℓ/min						
直管部	PE φ40(内径32.6mm)	0.00033	200.0	32.6	1.691	0.395
L	(L = 1.2m x 2個)	0.00033	2.4	32.6	0.020	0.395
地中熱交換器損失水頭 H2					1.711	

水理計算(ウエストン公式)
(～ 内径 50mm)

$$h = (0.0126 + \frac{0.01739 - 0.1087D}{\sqrt{V}}) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad Q = A \cdot V$$

ただし

D: 管内径(m)
V: 管内平均流速(m/s)
L: 管の長さ(m)
g: 重力加速度(9.8m/s²)
Q: 流量(m³/s)
A: 管断面積(m²)

d. 熱伝導性（素材の熱伝導率）、e. 耐熱性、f. 脆化温度

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の承認図表紙を下記に示す。また、詳細版添付資料39ページにその承認図に含まれているカタログに記載の各実証項目に該当する部分の写しを以下に示す。

硬質ポリエチレンパイプΦ40(U字)

承認図

SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD

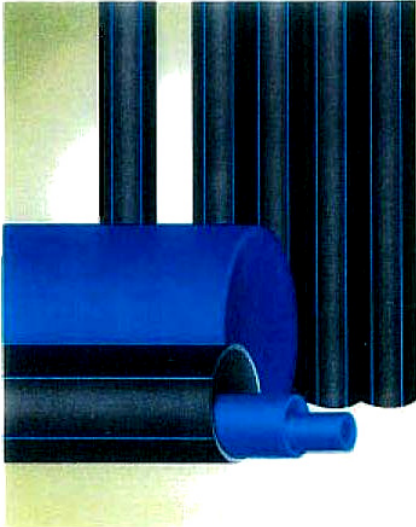
硬質ポリエチレンパイプのカタログの中で、各実証項目に該当する部分の写しを以下に示す。

时代塑业从国外引进先进的设备和生产技术，采用进口高密度聚乙烯生产的PE80级和PE100级两大类给水管材。产品主要分为SDR11，SDR13.6，SDR17，SDR21，SDR26和SDR33六大系列，耐压分为0.4MPa，0.6MPa，0.8MPa，1.0MPa，1.25MPa，1.6MPa六个等级。

时代PE给水管材是按国家标准GB/T13663-2000生产，同时也可以根据用户的要求按照国际标准ISO4427或其他国家标准生产。产品各项卫生性能指标符合GB/T17219-1998标准。

时代PE给水管可作为矿沙泥浆输送、污水排放、化工液体输送及电缆防护管道等。

时代PE给水管材有黑色加蓝条、黑色、蓝色等颜色供用户选择。



聚乙烯管道工程设计参数

线膨胀系数	$1.4 \times 10^{-4} \text{m/m}^{\circ}\text{C}$	泊桑比	0.45
导热系数	0.42W/mk	软化点温度	126 $^{\circ}\text{C}$
弹性模量	600-900MPa	脆化温度	<-70 $^{\circ}\text{C}$

上記硬質ポリエチレン管カタログの日本語翻訳

ミサワ環境技術株式会社が外部委託で作成させた上記カタログの日本語翻訳を以下に示す。

当社では先進的な設備と生産技術を導入し高密度ポリエチレン原料で PE80 レベルと PE100 レベルの二種類給水パイプ材を生産している。製品は大きく SDR11、SDR13.6、SDR17、SDR21、SDR26 と SDR33 の 6 シリーズに分類している。耐压では 0.4Mpa、0.6Mpa、0.8Mpa、1.0Mpa、1.25Mpa そして 1.6Mpa の 6 レベルになる。

時代 PE 給水パイプ材は国家基準 GB/T13663-2000 に基づき生産しているが、ユーザーの要望により国際基準の ISO4427 あるいは他の国の基準で生産することもできる。製品の性能指数などすべて GB/T17219-1998 基準を満たしている。

当社の PE 給水パイプは鉱さや泥水の輸送や泥水排出、化学液体輸送及び電線保護管にも使用されている。

また線状の青、黒、青などのデザインがありユーザーが選ぶことができる。

ポリエチレンパイプ工事設計指数[※]

線膨張係数	$1.4 \times 10^{-4} \text{m/m}^{\circ}\text{C}$	横方向変形指数	0.45
熱伝導指数	0.42W/mk	软化点温度	126 $^{\circ}\text{C}$
弾性係数	600-900Mpa	脆化温度	<-70 $^{\circ}\text{C}$

※上の写しに記載の実証項目は「ポリエチレンパイプ工事設計指数」と記載されているため、数値は実測値ではない可能性がある。

g. 耐腐食性（参考情報）

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本熱媒循環部の単管としての試験報告書を本実証項目に該当する部分の写しとして以下に示す。（1／3 ページ目）

- 1 -



試験報告書

試 06- 2842 号

平成 19 年 3 月 28 日

広島県三次市向江田町 4 2 5 2 - 2
ミサワ環境技術 株式会社 殿

〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3
経済産業省：工業標準化法に基づく指定検査機関
厚生労働省：食品衛生法に基づく登録検査機関
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 大阪事業所
所長 東 本 徹
TEL. 06-6788-8134 FAX 06-6788-7891

品 名	工事名：国道9号篠目融雪設備工事 硬質ポリエチレンパイプφ40（PE100）
試験方法	下記のとおり。
試験年月日	平成 19 年 3 月 28 日 完了

貴社から提出された試験体の試験結果は下記のとおりです。

試験方法

管の性能

耐 候 性：試験を 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 第2部：キセノンアーク光源）に規定される方法で照射を行った後、下記試験を行った。

照射条件

放 射 照 量：3.5 G J
ブラックパネル温度：63±3℃
湿 度：50±5%
水 噴 霧 条 件：120分中18分
放 射 照 度：550 W/m²（波長290 nm～800 nm）
0.5 W/m²（波長340 nm）

引 張 試 験：試験報告書2ページのとおり。

熱 安 定 性 試 験：JIS K 6761:2004（一般用ポリエチレン管）による。

内圧クリープ試験：JIS K 6761:2004（一般用ポリエチレン管）に準拠。
試験温度：80℃ 試験時間：1000時間
円周応力：5.0 MPa

試験結果：別紙のとおり
(試験報告書枚数合計 3 枚)

本試験報告書を他に掲載するときは当センターの承認を受けて下さい。

承認者	担当者	担当者
		

(2/3 ページ目)

- 2 -



試 06- 2842 号

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 大阪事業所



引張試験 (引張伸び)

- (1) 試験方法: JIS K 6761:2004 (一般用ポリエチレン管) による。
- (2) 試験片作製方法: センターで作製
- (3) 試験片加工方法: 打ち抜き加工
- (4) 試験片の種類: タイプ2試験片
- (5) 試験片の採取方向: 管の軸方向
- (6) 試験速度: 100 mm/min
- (7) 標線間距離: 25 mm
- (8) 試験片状態調整の温度、湿度及び時間: $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $50 \pm 5\%$, 48時間以上
- (9) 試験室の温度及び湿度: $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $50 \pm 5\%$
- (10) 試験した試験片の数: $n = 5$
- (11) 使用試験機: オートグラフ AGS-5kND (備島津製作所製) 「使用ロードセル 5kN」
- (12) 試験機の精度: 1 等級 (JIS B 7721:2002)

承認者	担当者	担当者

(3 / 3 ページ目)

- 3 -



試 06- 2842 号

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 大阪事業所



試験結果

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	試験結果 (min)	
		測定値	平均値
熱安定性試験	1	102	104
	2	105	
	3	106	

試験項目	試験結果
内圧クリープ試験	異常なし

— 以下余白 —

承認者	担当者	担当者

2. 熱媒の実証項目の性能を証明する書類の写し

熱媒は、ショーワ株式会社が製造する「CHICHUUNETSU BRINE」であり、その物性データ及び製品安全シートの各実証項目に該当する部分の写しを以下に示す。

i. 腐食性

4. CHICHUUNETSU BRINEの規格値

項 目	規 格 値
外 観	薄桃色 透明液体
密度 $g/cm^3(20/20^{\circ}C)$	1.06 ± 0.01
pH(原液)	7.8 ± 0.5
RA(予備アルカリ度)	1.5 ± 1.0
沸 点 ($^{\circ}C$)	108 ± 5.0

5. CHICHUUNETSU BRINEの防食性能

① 試験条件

試験条件 (JIS K 2234)			
濃 度 と 温 度	70v/v% -20 $^{\circ}C$	50v/v% 常 温	50v/v% 88 $^{\circ}C$
通 気 量	100ml/min. (-20 $^{\circ}C$ を除く)		
時 間	$336 \pm 2hr$		

② 試験結果

試験片	希釈液 温度	腐 食 量 (mg/cm^2)			
		水 道 水 希 釈			JIS調合水
		-20 $^{\circ}C$	常 温	88 $^{\circ}C$	常 温 88 $^{\circ}C$
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

i. 腐食性 (続き)

【 参 考 デ ー タ 】

長期腐食試験結果
試験条件

試験条件 (JIS K 2234)	
温 度	88℃
通気量	100ml/min
時 間	336,1000,3000hr

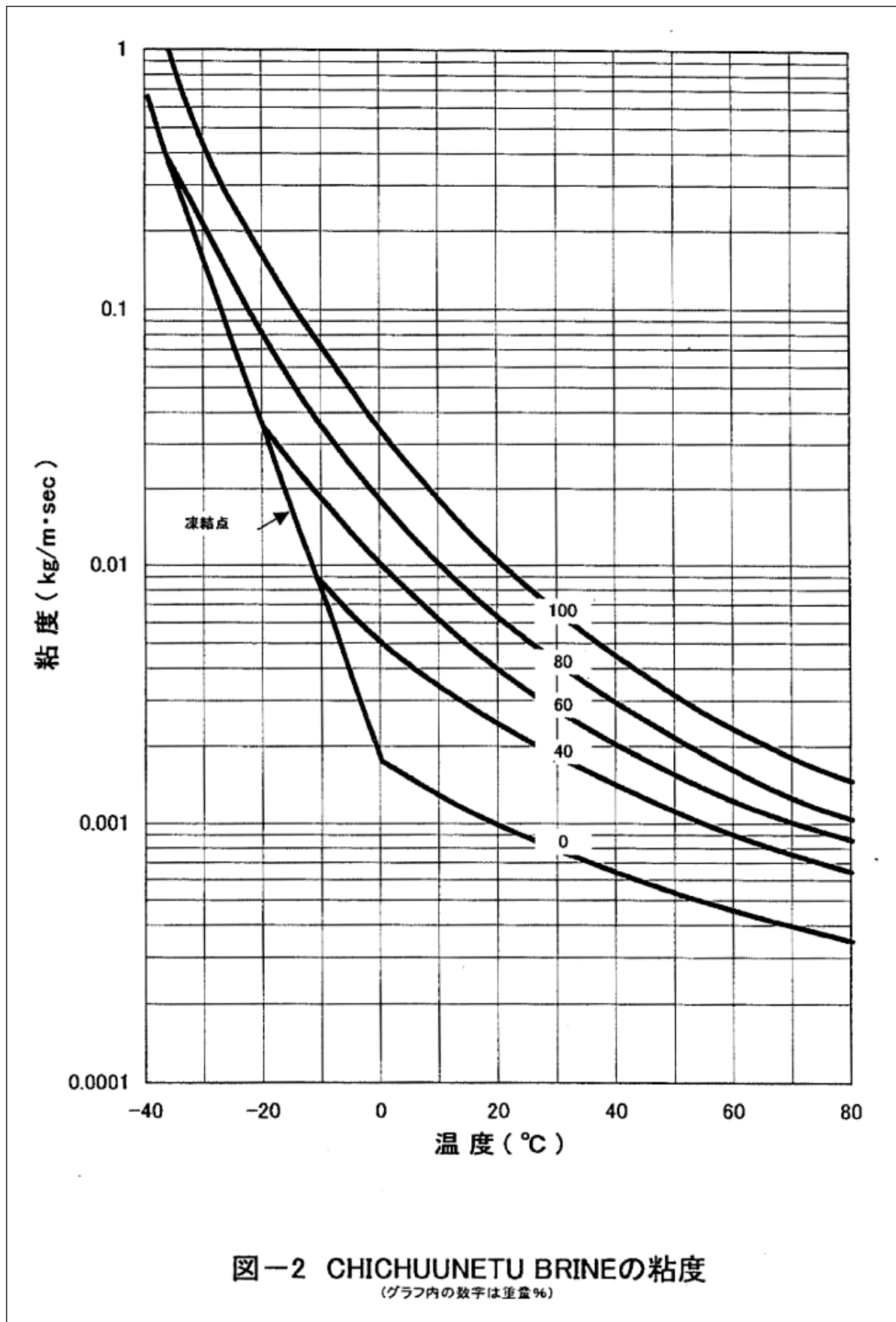
CHICHUUNETSU BRINE 濃度:50v/v%

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

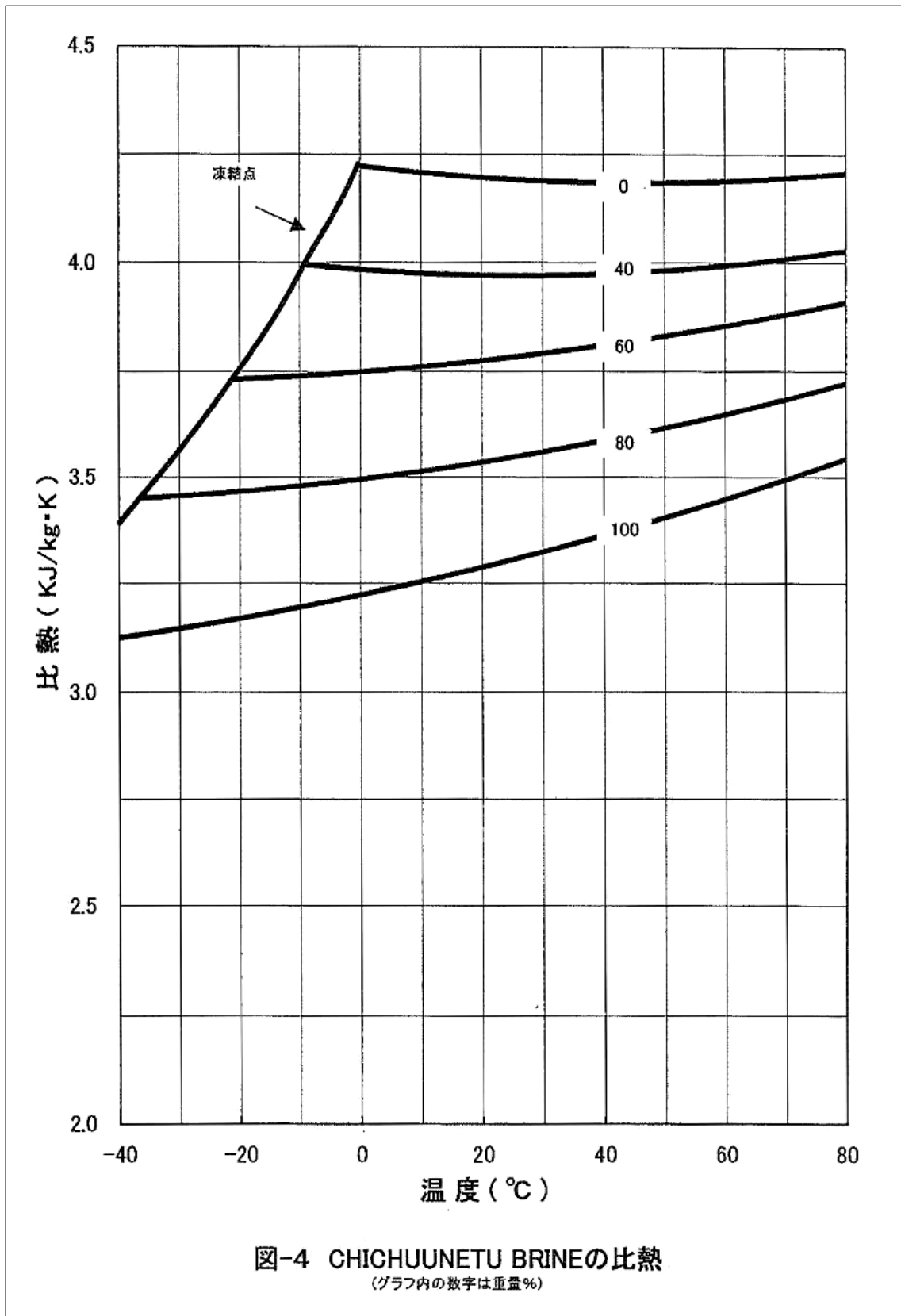
プロピレングリコール系ブライン 濃度:40v/v%

試験片	腐 食 量 (mg/cm ²)		
	時間(hr)		
	336	1000	3000
銅	-0.05	-0.08	-0.17
黄 銅	-0.02	-0.08	-0.14
鋼	-0.02	-0.09	-0.15
鋳 鉄	-0.02	-0.08	-0.16

j. 粘性



k. 熱容量 (比熱)



I. 引火性

SWW-2090-01 CHICHUUNETSU BRINE 制定日: 2002年 6月 13日 1/3
改定日: 2006年 3月 17日

製品安全データシート

1. 【化学物質等及び会社情報】 製品名 : CHICHUUNETSU BRINE
- 会社 : ショーワ株式会社
住所 : 岐阜市早田東町二丁目1番地 〒 502-0843
作成者 : 嵯峨崎明宏
電話番号 : 058-232-1131 FAX番号 : 058-294-2231
-
2. 【組成, 成分情報】 単一製品・混合物の区別 : 混合物
化学名 : プロピレングリコール, 水,
各種添加剤
成分及び含有量 : プロピレングリコール 約 63wt%
水 約 33wt%
各種添加剤 約 4wt%
- 化学式又は構造式 : $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$,
その他非公開
官報公示整理番号 : 化審法 (2)-234 (プロピレングリコール)
安衛法 2-(8)-323, その他非公開
CAS No. : 57-55-6, その他非公開
国連分類 : 該当しない。
P R T R対象物質 : 該当しない。
-
3. 【危険・有害性の要約】 分類の名称 : 分類基準に該当しない。
危険性 : 加熱すると水分が蒸発して引火しやすい液体。
有害性 : 毒性はきわめて弱い。皮膚に繰り返し触れると湿疹を生じることがある。目に入ると一時的な痛みを生じ、障害を生じることがある。
-
5. 【火災時の措置】 消火方法 : 引火するものではない。
消火剤 : 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。水、炭酸ガス、泡、粉末、乾燥砂、ハロゲン消火剤(大規模火災には水又は消火剤を使用して下さい。)を使用しても、反応することはない。
-
10. 【安定性及び反応性】 引火点: なし 発火点: なし
※爆発限界 上限:12.5vol% 下限:2.6vol%
可燃性: 常温では燃え難い。
発火性(自然発火性, 水との反応性): なし
酸化性 : なし
自己反応性・爆発性 : なし
安定性・反応性 : 常温では安定。
その他 : 吸湿性。
(※上記爆発限界情報はプロピレングリコールに対する記載である)

m. 毒性

CHICHUUNETSU BRINE (2006年3月17日) 2/3		

11. 【有害性情報】	皮膚腐食性	: なし。
	刺激性 (皮膚, 目)	: 刺激性は弱いが長時間の接触は避ける。 : 人への皮膚への影響については殆ど無であったと報告されている。 ^{※1} : 眼の刺激性は一時的な痛み, 瞼の痙攣, 涙の過剰分泌などを起こすが回復する
	感作性	: 知見なし。
	急性毒性	: LD ₅₀ 20 g/Kg (経口ラット) ^{※3} LD ₅₀ 24 g/Kg (経口マウス) ^{※3}
	亜急性毒性	: 6250~50000mg/l の飲料水をラットに投与し, 投与期間13週最高投与量での所見では, コントロール群との差異は全く見られなかった。 ^{※4} : 授乳期の牛, ニワトリのひな ^{※5} , プロイラー ^{※5} などでの亜急性毒性の結果が報告されているが, とくに有意な病理学的変化は見られなかった。
	慢性毒性	: 餌の中に8% (2 g/kg/day) のプロピレングリコールを含有させて, 犬に与えたところ炭水化物エネルギー源と ^{※7} り2年間の間に悪影響は観察されなかった。 ^{※7}

n. 生分解性/残留性

CHICHUUNETSU BRINE (2006年3月17日) 3/3		

12. 【環境影響情報】	分解性	: 知見なし。
	蓄積性	: 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。 Log Pow=-1.27(n-オクタノール/水 分配係数)
	魚毒性	: TLM ₅₀ (金魚) 1000mg/L 以上 ^{※11}
	(上記環境影響情報はプロピレングリコールに対する記載である)	
	その他	: 製品に関する有害性情報 特になし。 : 漏洩時, 廃棄などの際には注意を守ること。

「CHICHUUNETSU BRINE」の製品安全シートの【その他】主な引用文献

CHICHUUNETSU BRINE (2006年3月17日) 3/3		

16. 【その他】	主な引用文献:	* 1. Tranceik, R.j. et al. :Contact Dermatitis.8,185~189 (1982) * 2. Zesch, A. :Dermatitis 31,Nr.3,74~78(1983) * 3. NIOSH:Resistry of Toxic Effects of Chemical Substances (1985~86) * 4. Gannt, I.F. et al. ;Fd. Cosmet. Toxicol.10,151~162 (1972) * 5. Patty's Industrial Hygiene and Toxicology,3rd Ed.3852~3861 (1982) * 6. Harnish,S.:Arsh,Gefluegelkud.37,187(1973) * 7. Weil, C.S et. al. ;Food Cosmet.Toxicol.9,479(1971) * 8. Haworth, S. et al. :Environ.Mutageneses 5,14~15.46~47,126~27 (1983) * 9. Isidate, .Ed.:Chromosomal Aberration Test in vitro,L.I.C.,Inc., Tokyo(1987) * 10. Gulai, D.K. et al. :Med&Boil.,86(10),35(1986) * 11. 危険物ハンドブック:ギュンター・ホンメル編、新居六三郎訳 (1991)
危険・有害性の評価は必ずしも十分ではないので, 取り扱いには十分注意して下さい。		