

環境省

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)

実証試験結果報告書

《詳細版》

平成23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 : (A) システム全体
実証申請者 : ミサワ環境技術株式会社
実証対象技術 : 学校法人森村学園における地中熱利用
ヒートポンプシステム



ヒートアイランド対策技術分野
実証番号 052 - 1003

第三者機関が実証した
性能を公開しています

実証年度
H 22

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。

目次

○ 実証全体の概要	1
1. 実証対象技術の概要（原理）	1
2. 実証試験の概要	2
3. 実証試験結果	3
4. 実証対象技術の設置状況写真	6
5. 参考情報	7
○ 本編	8
1. 実証試験の目的及び概要	8
1.1 環境技術実証事業の概要	8
1.2 実証対象技術の概要	8
1.3 実証項目の内容	9
2. 実証機関・実証申請者・実証試験体制	10
3. 実証対象技術の概要	12
3.1 実証対象技術の原理と特徴	12
3.2 実証試験実施施設の環境	13
3.3 実証対象技術のシステム構成	15
3.4 地中熱交換井と地盤状況	16
3.5 実証対象技術の参考情報	18
4. 実証試験の内容	19
4.1 目的	19
4.2 実証項目の実証の方法	19
4.3 実証単位（A）の測定システム	19
4.4 実証試験実施施設の測定時の運用条件	21
4.5 実証単位（A）システム全体の実証項目の実施日程	22
4.6 実証項目等の計算方法	22
4.7 実証単位（C）の実証項目における特例措置の適用検討	24
5. 実証単位（A）システム全体の実証試験結果	26
5.1 実証試験結果総括（システム全体の実証項目）	26
5.2 実証試験期間の各種日データの経時変化	28
5.3 実証試験期間の冷房試験代表日測定項目のグラフ	32
5.4 実証試験期間の暖房試験代表日測定項目のグラフ	35
6. 実証単位（C）地中熱交換部の実証試験の結果	39
6.1 地中熱交換部全体の実証項目(サーマルレスポンス試験)の代替の地質データ	39
6.2 熱媒循環部の実証項目	40
6.3 熱媒の実証項目	41
7. 考察	43
7.1 システム全般の挙動	43
7.2 プール加温のメリット	43
8. 実証試験の品質管理・監査	44
8.1 品質管理システムのあらまし	44
8.2 試験とデータの品質管理	44
8.3 実証試験の立会い	44
8.4 品質管理及び監査の内容	45
○付録	46
添付資料1 代替する地質データ	47

添付資料 2	熱媒循環部の性能を証明する書類の写し.....	61
添付資料 2-1	熱媒循環部（U字管）のカタログ.....	61
添付資料 2-2	熱媒循環部（硬質ポリエチレンパイプの試験報告書）.....	65
添付資料 2-3	地中熱交換器 損失水頭計算書.....	70
添付資料 3	熱媒の性能を証明する書類の写し.....	72
添付資料 3-1	熱媒のカタログ.....	72
添付資料 3-2	熱媒の製品安全データシート.....	83

〇 実証全体の概要

実証対象技術	学校法人森村学園における地中熱利用ヒートポンプシステム
実証申請者	ミサワ環境技術株式会社
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22年7月30日～平成23年2月2日

1. 実証対象技術の概要 (原理)

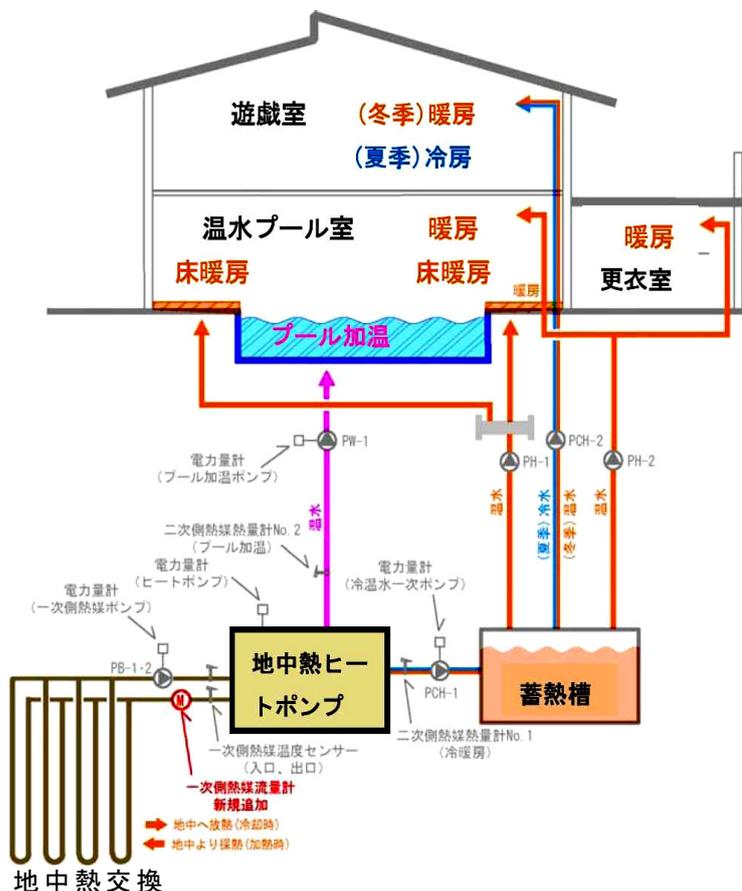
一般に地中熱利用ヒートポンプ空調システムは、地中を熱源として利用し、夏は地中に熱を放出し、冬は地中から熱を取って冷房や暖房に利用するシステムである。外気を熱源とする空気熱源ヒートポンプ空調システム (一般のエアコン) と比べると、地中の温度は外気の温度より夏は冷たく冬は暖かいので、外気を熱源とするよりも効率よく冷暖房ができる。また外気に冷房廃熱を排出しないので、ヒートアイランド現象の抑制効果が期待される。

この地中熱利用ヒートポンプシステムでは、地下 100m までボーリング孔を掘削し、掘削孔に地中熱交換器 (ポリエチレン製ダブルU字管) を設置している。地中熱交換器に熱媒を循環させ、地中から熱を採熱または地中に熱を放熱する。地中熱交換器を循環した熱媒が運んだ熱は地中熱ヒートポンプによって二次側 (利用側) の熱媒 (水) の冷却または昇温に利用される。冷却または昇温された二次側の熱媒は蓄熱槽に蓄えられた後、各部屋の冷房や暖房、床暖房などに用いられる。また昇温された熱媒の熱はプール加温にも用いられる。その特徴は次のとおりである。

①本実証対象技術は、深さ 100m の地中熱交換井を 23 本有し、学校施設の冷暖房、床暖房、および屋内プール加温を行う大規模な地中熱利用設備である。

②冬期は地中熱を採取し、地中熱ヒートポンプによる暖房・プール加温用熱源として利用する。夏期は、地中熱ヒートポンプで冷房を行うことにより生じる排熱を地中に放熱するとともに、冷房排熱をプール加温に利用する熱回収運転も行い、消費エネルギーを削減している。

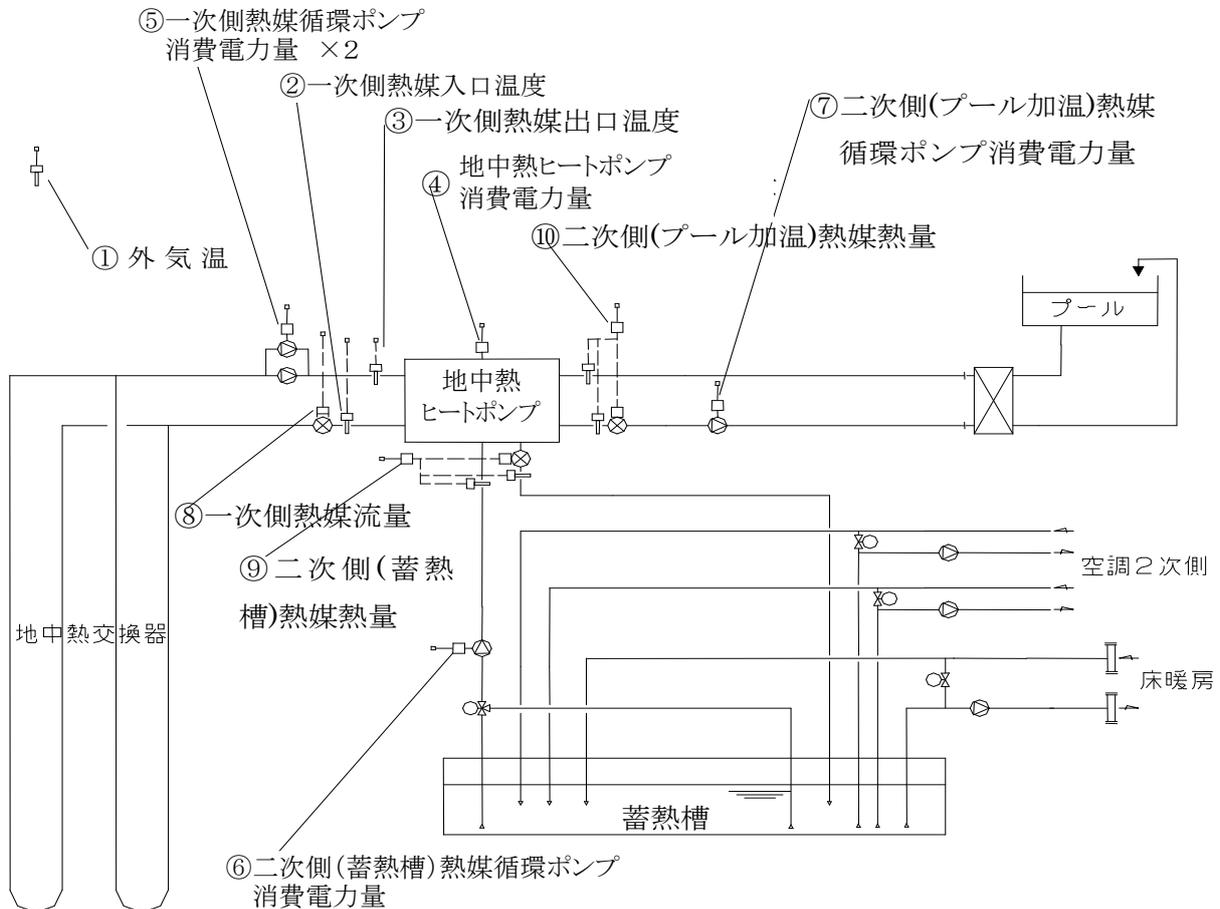
③本システムでは大きな蓄熱槽を備えていて、冷却または昇温された熱媒 (水) はいったん蓄えられた後に利用される。このため安価な夜間電力を利用して地中熱ヒートポンプの運転をすることができ、システムの電力コストの削減にも配慮している。



2. 実証試験の概要

2.1 実証試験時のシステム全体構成

実証対象技術のシステム構成および測定機器の位置を示す。(①～⑩の番号は下の表と同じ)
 なお、本実証対象技術は、地中熱ヒートポンプで冷却または昇温された冷媒の熱を熱媒(水)に移して利用する、間接式の熱利用システムである。



2.2 システム全体の測定項目

システム全体の測定項目を下の表に示す。(①～⑩の番号は上の図と同じ)

測定項目	測定機器	測定点数	備考
① 外気温	白金測温抵抗体	1	測定間隔：10分毎 (9月14日からは1分毎)
② 一次側熱媒入口温度	白金測温抵抗体	1	同上
③ 一次側熱媒出口温度	白金測温抵抗体	1	同上
④ 地中熱ヒートポンプ消費電力量	積算電力量計	3	同上
⑤ 一次側熱媒循環ポンプ消費電力量	積算電力量計	2	同上
⑥ 二次側(蓄熱槽)熱媒循環ポンプ消費電力量	積算電力量計	1	同上
⑦ 二次側(プール加温)熱媒循環ポンプ消費電力量	積算電力量計	1	同上
⑧ 一次側熱媒流量	電磁流量計	1	同上
⑨ 二次側(蓄熱槽)熱媒熱量	積算熱量計	1	同上
⑩ 二次側(プール加温)熱媒熱量	積算熱量計	1	同上
合計		13	同上

2.3 実証試験の環境

実証試験実施施設および地中熱交換井の概要を下表に示す。

施設概要	施設名：学校法人森村学園 屋内プール・幼稚園遊戯室 施設住所：神奈川県横浜市緑区長津田町 2695 番地 施設用途：プール・遊戯室
施設の規模	階数：2階、構造：RC造
当システムの空調対象（部屋）	部屋用途：プール・遊戯室 階数：2階 床面積：1,196m ²
空調方式	主熱源：地中熱ヒートポンプ 空調方式：ファンコイルユニット・ダクト併用
地中熱交換井	深度及び本数：100m×23本 坑径：深さ0～20mは160mm、20～100mは127mm。 地中熱交換器：ポリエチレン製ダブルU字管 ・製品名：硬質ポリエチレンパイプφ40（U字）（SINO-AUSTRARIA TIMES PLASTICS CO.,LTD 製造） ・寸法：深さ100m、外径40mm、内径32mm 充填材：地表～5m：セメントミルク注入 5m～100m：珪砂充填（1号珪砂、福島県いわき市産）

3. 実証試験結果

3.1 システム全体の实証項目

	項目	結果	条件・備考
必須項目	a. 冷房期間のシステムエネルギー効率 [—] *1	4.31	冷房試験期間：平成22年7月22日～平成22年9月25日
	b. 冷房期間のシステム消費電力 [kW]	35.0	
	c. 冷房期間の地中への排熱量 [kW] *1	109.6	
任意項目	d. 冷房・暖房期間のシステムエネルギー効率 [—]*1	3.13	
	e. 暖房期間のシステム消費電力 [kW]	50.4	暖房試験期間：平成22年10月27日～平成23年2月2日
	f. 暖房期間の地中からの採熱量 [kW]	101.6	
その他の項目	測定期間（冷房期間）の稼働率（%）	17.7	
	測定期間（暖房期間）の稼働率（%）	49.2	
	冷房期間のシステムの部分負荷率平均値（%）	94.7	
	暖房期間のシステムの部分負荷率平均値（%）	83.4	

*1：技術の性能の高さはシステムエネルギー効率で評価され、地中への排熱量が当該技術の性能の高さを必ずしもしめすものでない。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」と「冷房期間の地中への排熱量」の両値の総合で評価される。

3.2 地中熱交換部全体の実証項目【施工箇所の周辺の地質データによる代替】

実証対象技術では、23本の地中熱交換井が平面距離約100mの間に並んでおり、平成21年度クールシティ推進事業においてサーマルレスポンス試験を行ったものの、その調査孔は地中熱交換井の列の最も外側にあり、土壌部分の熱伝導率が全く同じとは限らない。そのため、本実証項目については、実証試験要領の「施工箇所の周辺の地質データやそれに準ずるデータ」の規定を適用し、実証試験結果として代替するが、参考値として扱うこととした。

項目	結果	条件・備考
a. 地中熱交換井の熱抵抗 [K/(W/m)]	—	データはなし
b. 土壌部分の熱伝導率 [W/(m・K)]	1.72 (参考値)	平成21年度クールシティ推進事業の試験結果により代替するが、参考値として扱う (添付資料1参照)。

3.3 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、熱媒循環部 (U字管) の性能を証明する書類を確認することで実証を代用する項目である。各実証項目の実証内容は、熱媒循環部の製造事業者の SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD によるカタログ、試験機関の試験報告書等の関係資料を確認し、引用した。引用した資料は、詳細版付録、添付資料1参照。

- ・製品名：硬質ポリエチレンパイプ φ40 (U字)
- ・製造事業者：SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD
- ・輸入販売：ミサワ環境技術株式会社

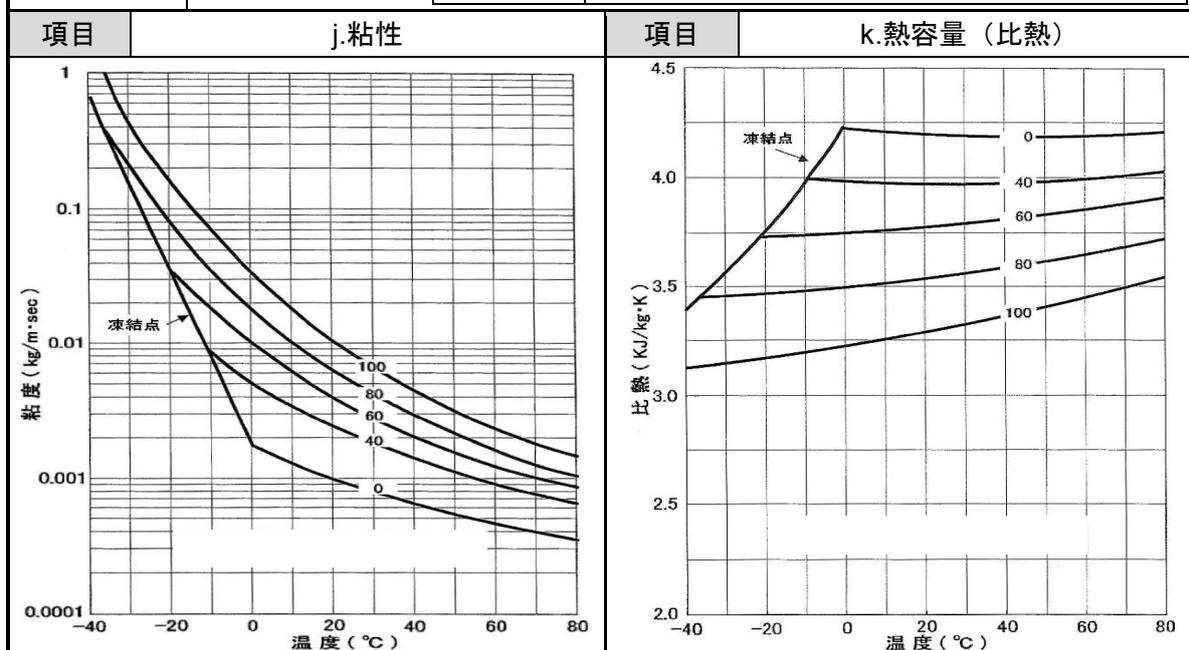
実証項目	結果								
c. 流量範囲	流量 [L/min]	20	25	30	35	40			
	管内流速 [m/sec]	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40			
	損失水頭 [mH ₂ O]	0.6	0.0	0.1	1.4	1.7			
	レイノルズ数	2,700	3,340	4,010	4,680	5,350			
d. 熱伝導性	熱伝導率	0.42W/m・K							
e. 耐熱性	軟化点温度	126℃							
f. 脆化温度	脆化温度	<-70℃							
g. 耐腐食性	参考情報	実証申請者から本熱媒循環部の単管としての以下の試験データが提出されたので、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-1) 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 (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。				
		試験項目	試料番号	引張伸び (%)		試験項目	試料番号	試験結果 (min)	
				測定値	平均値			測定値	平均値
	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、円周応力：5.0MPa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。								

3.4 熱媒の実証項目 (性能を証明する書類の写しからの転用)

本実証項目は、熱媒の性能を証明する書類を確認することで実証を代用する項目である。各実証項目の実証内容は、熱媒製造事業者のショーワ株式会社関係資料を確認し、引用した。引用した資料は、詳細版付録、添付資料1参照。

・製品名：CHICHUNETSU BRINE ・製造事業者：ショーワ株式会社

実証項目	結果																																																										
i.腐食性	<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">試験条件 JIS K 2234</td> <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>	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																																																									
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">試験片</td> <td rowspan="2">希釈液 温度</td> <td colspan="4">腐食量 (mg/cm²)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">水道水希釈</td> <td colspan="2">JIS調合水</td> </tr> <tr> <td></td> <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></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></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></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></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></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></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	<table border="1"> <tr> <td>試験条件 JIS K 2234</td> <td>温度</td> <td>88℃</td> </tr> <tr> <td></td> <td>通気量</td> <td>100ml/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td>時間</td> <td>336,1000,3000hr</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">濃度 50v/v%</td> <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></td> <td>336</td> <td>1000</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>銅</td> <td>-0.03</td> <td>-0.06</td> <td>-0.12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>黄銅</td> <td>-0.02</td> <td>-0.07</td> <td>-0.10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>鋼</td> <td>-0.02</td> <td>-0.07</td> <td>-0.11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>鋳鉄</td> <td>-0.02</td> <td>-0.06</td> <td>-0.13</td> </tr> </table>	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																
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																																																							



項目	結果
l.引火性	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	急性毒性(経口) ラット LD ₅₀ : 約 20g/kg
n.生分解性 ／残留性	・残留性はなく分解は良好である。 ・生体蓄積性：BCF (生物濃縮係数) は 1 以下である。

4. 実証対象技術の設置状況写真



屋内プール棟の外観



地中熱交換器設置状況



地中熱ヒートポンプ設置状況

5. 参考情報

本ページに示された情報は、全て実証申請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	実証申請者 記入欄	
製品名	地中熱ヒートポンプによる空調、プール加温システム	
製造（販売）企業名	ミサワ環境技術株式会社	
連絡先	TEL/FAX	0824-66-2281/0824-66-2975
	Web アドレス	http://www.ecomisawa.com
	E-mail	tanaka@ecomisawa.com
設置条件	<ul style="list-style-type: none"> ・地中熱交換器は 5m 間隔に設置。その他は設置場所、対象建物の制約はなし。 ・設備稼働率が高い場合、コスト回収期間の短縮が見込める。 	
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等	<ul style="list-style-type: none"> ・地中熱交換器は気密性の確認後埋設するため、メンテナンスは必要なし。 ・ヒートポンプ等の機器設備は毎年 2 回程度の定期点検が必要。 ・地中熱交換器は、対象建築物の耐用年数程度は利用可能。 ・ヒートポンプ等の機器設備の耐用年数は 10～15 年程度。 	
施工性	施工上の留意点 <ul style="list-style-type: none"> ・騒音、振動、排泥などの環境対策が必要 ・ダブルU字管設置時の気密性の確保が必要 ・二次側設備との工程、設備運用の調整が必要 	
技術上の特徴	<ol style="list-style-type: none"> ① 地中熱交換器は、採熱効率を高めるため掘削断面積を最大限活用し、外径 40mm のダブルU字管を採用。 ② 安全性確保のため、熱媒不凍液は消防法の危険物に該当しない独自ブレインを使用。 ③ 冷房と同時にプール加温の需要がある場合は、冷房排熱を熱源としてプール加温を行い、省エネを向上させた。 	
コスト概算	ヒートポンプ：22,630,000 円 地中熱交換器：27,354,000 円 その他（配管、計装、保温）：22,347,000 円	

○その他実証申請者からの情報（参考情報）

特になし

○ 本編

1. 実証試験の目的及び概要

1.1 環境技術実証事業の概要

(1) 環境技術実証事業の目的と定義

環境技術実証事業の目的と本事業の「実証」の定義は、「平成 22 年度 環境技術実証事業 実施要領」*1に次のように定められている。

『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、環境技術実証の手法・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。』

本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他環境の観点から重要な性能（以下、「環境保全効果等」という。）を、試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。

「実証」とは、一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なるものである。』

(2) 本実証試験の仕様

本実証試験は、「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）」*2に基づいて実施されたものである。

1.2 実証対象技術の概要

本実証試験の対象とする地中熱・下水等を利用したヒートポンプ空調システムとは、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のことである。当該システムは、多層的な技術の組み合わせで構成されており、図1-1のとおり階層的に分類される。

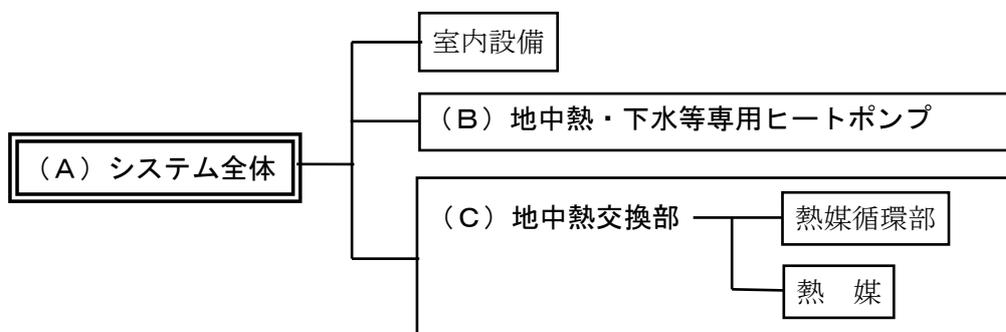


図 1-1 実証対象技術の全体像

本報告書はこれらの階層的技術のうち、実証単位「(A) システム全体」に関する報告書である。「システム全体」とは、「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」と実証試験要領（第 2 版）に定義されている。

* 1 : 環境省 平成 22 年 4 月 平成 22 年度 『環境技術実証事業 実施要領』
http://www.env.go.jp/policy/etv/pdf/intro/yoryo_h22.pdf

* 2 : 環境省 水・大気環境局 平成 22 年 5 月 18 日 『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=17387&hou_id=12495

1.3 実証項目の内容

実証単位 (A) の実証項目は、表 1-1 のとおりシステム全体及び実証単位 (C) で構成される。

表 1-1 実証単位 (A) の実証項目

実証項目		項目	内容
システム全体	必須項目	a. 冷房期間のシステムエネルギー効率	冷房期間における平均 COP* ¹
		b. 冷房期間のシステム消費電力	冷房期間内の稼働時間における平均値
		c. 冷房期間の地中への排熱量	冷房期間内の稼働時間における平均値
	任意項目	d. 冷房・暖房期間のシステムエネルギー効率	冷房・暖房期間において算出した APF* ²
		e. 暖房期間のシステム消費電力	暖房期間内の稼働時間における平均値
		f. 暖房期間の地中からの採熱量	暖房期間内の稼働時間における平均値
実証単位 (C) 地中熱交換部	地中熱交換部全体	a. 熱交換井の熱抵抗	熱抵抗値 [K/(W/m)]
		b. 土壌部分の熱伝導率	熱伝導率 [W/(m・K)]
	熱媒循環部	c. 流量範囲	適正流量 (上限と下限) [cm ³ /s]
		d. 熱伝導性	素材の熱伝導率 [W/(m・K)]
		e. 耐熱性	—
		f. 脆化温度	脆化温度 [°C]
		g. 耐腐食性	—
		h. 寿命	—
	熱媒	i. 腐食性	—
		j. 粘性	粘性率 [Pa・s]
		k. 比熱	[J/(kg・K)]
		l. 引火性	—
		m. 毒性	—
		n. 生分解性/残留性	—

* 1 : COP Coefficient Of Performance の略。エネルギー効率。投入エネルギーに対する生成熱量の比率のことで、同じ性能のヒートポンプにおいても外気温度と室内温度によって値が異なる。

* 2 : APF Annual Performance Factor の略。COP の年間平均値を表す。本試験では、厳密な年間平均値ではなく、実証試験期間 (7~8 ヶ月程度) の平均値として定義している。

2. 実証機関・実証申請者・実証試験体制

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 11 ページ）に示すとおりである。

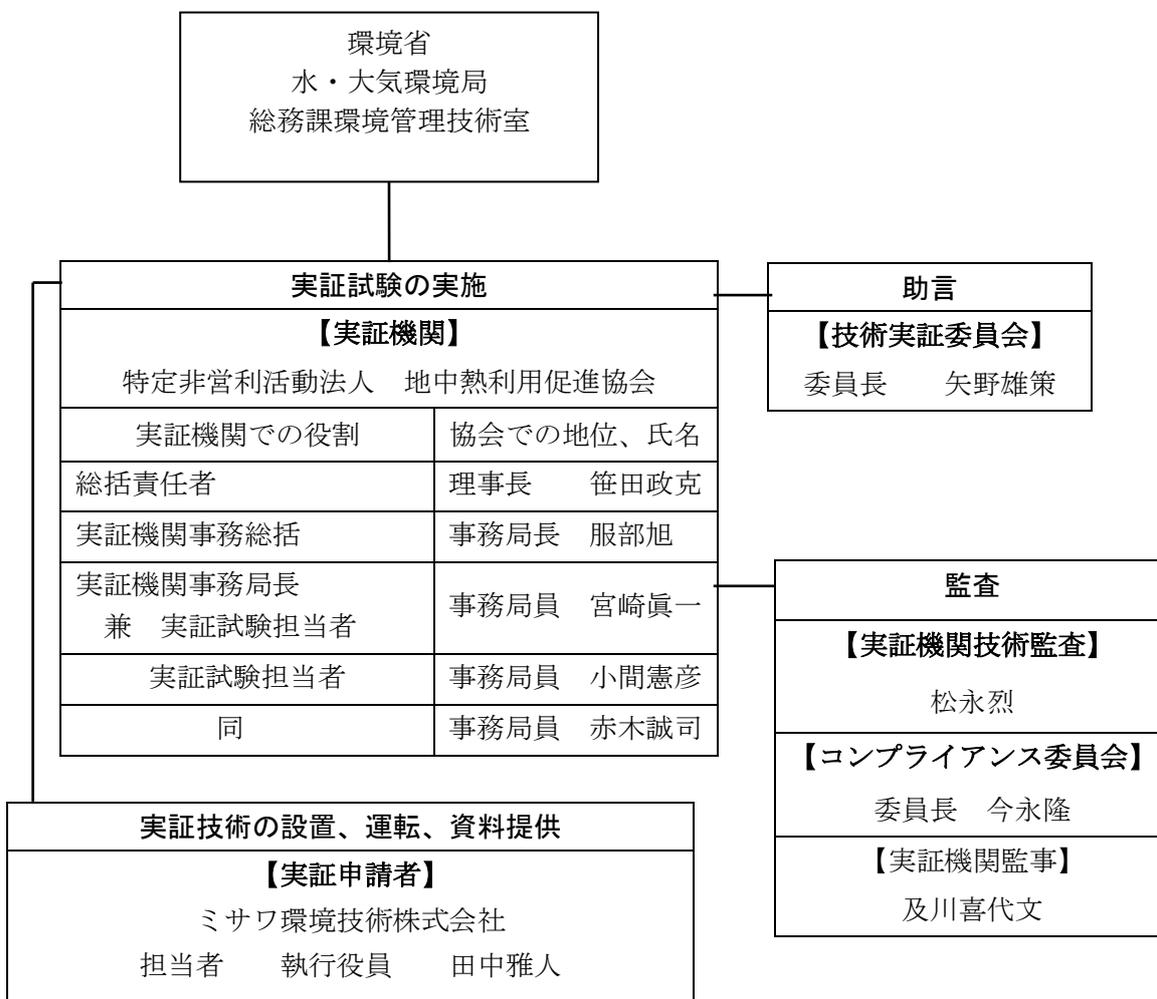


図 2-1 実証試験体制

表 2-1 実証試験参加機関、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 服部旭 宮崎眞一 小間憲彦 赤木誠司
		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	
		実証試験の実施・運営	
		実証試験データ・情報の管理	
		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	
		適法性及び公平性の確認	コンプライアンス委員会
実証 申請者	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	田中雅人
		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	

* 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) 実証対象技術の特徴

- ①本実証対象技術は、23本の地中熱交換井を持ち、多くの部屋の冷暖房、床暖房、プール加温など多くの場所で熱を利用する大規模な設備である。
- ②夏期は、地中熱ヒートポンプで冷水を生成して冷房を行っているが、冷水生成に伴い地中熱ヒートポンプ一次側で排熱が生じる。本実証対象技術では冷房排熱をプールの加温に利用し、その余剰のみを地中に放熱している。このような排熱の有効利用により、ヒートアイランド現象抑制面での効果のほか、エネルギー利用面でも有効なシステムとなっている。
- ③本システムでは大きな蓄熱槽を備えていて、冷却または昇温された熱媒（水）はいったん蓄えられた後に利用される。このため安価な夜間電力を利用して、地中熱ヒートポンプを運転することができ、システムの電力コストの削減にも配慮している。

3.2 実証試験実施施設の環境

実証試験実施施設の概要を表 3-1 に、所在地の地図を図 3-2 に示す。実証試験実施施設の写真を図 3-3（詳細版本編 14 ページ）に、地中熱交換器の設置状況及び地中熱ヒートポンプの設置状況の写真を図 3-4（詳細版本編 14 ページ）に示す。実証試験実施施設の配置図を図 3-5（詳細版本編 15 ページ）に示す。

表 3-1 実証試験実施施設の概要

施設概要	施設名 : 学校法人森村学園 屋内プール・幼稚園遊戯室 施設住所 : 神奈川県横浜市緑区長津田町 2695 番地 施設用途 : プール・遊戯室
施設の規模	階数 : 2 階 構造 : RC 造
当システムの空調対象 (部屋)	部屋用途 : 温水プール室、更衣室・ロビー、遊戯室 階数 : 2 階 床面積 : 1,196m ²
空調方式	主熱源 : 地中熱ヒートポンプ 空調方式 : ファンコイルユニット・ダクト併用



図 3-2 実証試験実施施設の所在地



図 3-3 実証試験実施施設（屋内プール棟）の外観



地中熱交換器設置状況



地中熱ヒートポンプ設置状況

図 3-4 地中熱交換器と地中熱ヒートポンプの設置状況の写真

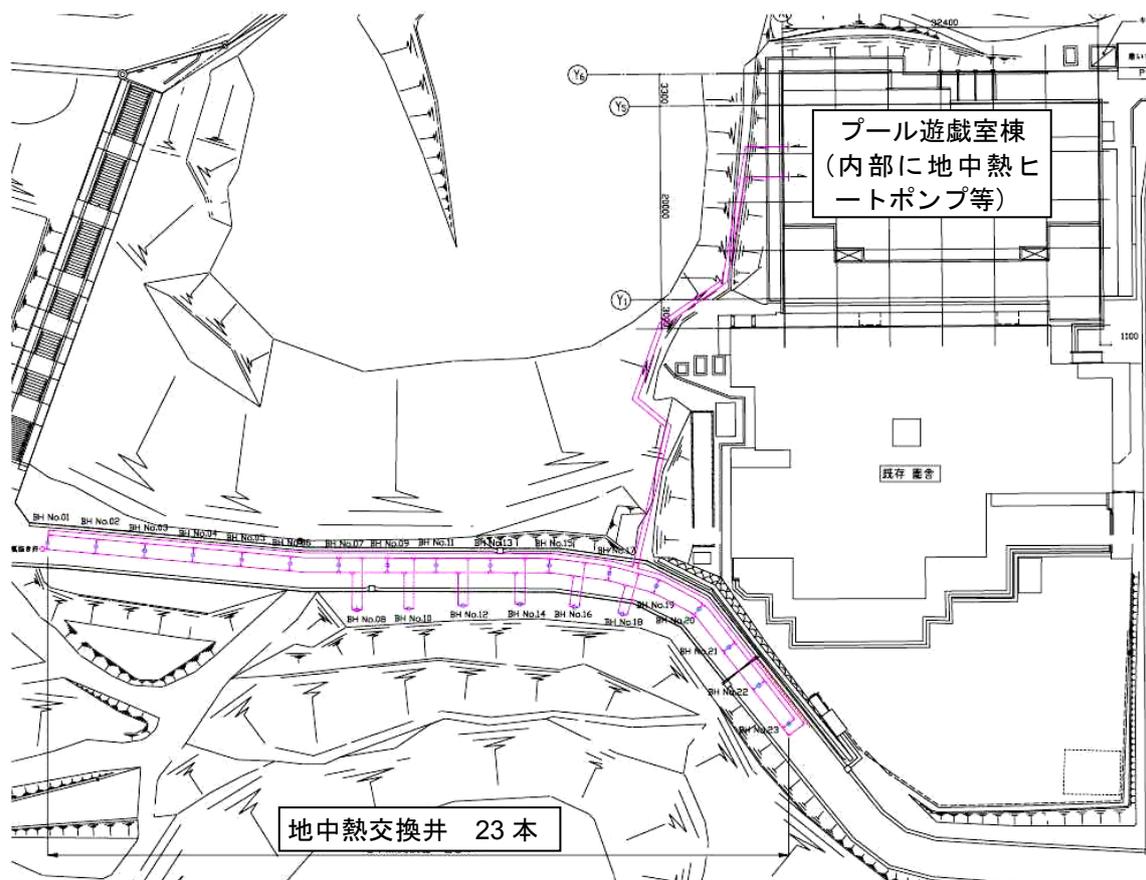


図 3-5 実証試験実施施設の配置図

3.3 実証対象技術のシステム構成

実証対象技術である地中熱利用ヒートポンプシステムは主に、地中熱交換井、地中熱ヒートポンプ、循環ポンプで構成されている。実証対象技術のシステム構成を表 3-2 に、実証試験実施施設のシステムを図 3-6 (詳細版本編 16 ページ) に示す。

表 3-2 実証試験実施施設のシステム構成及び仕様

地中熱交換井	<ul style="list-style-type: none"> ・深さ：100m、23 本。・坑径：深さ 0～20 m は 160mm、20～100m は 127mm。 ・地中熱交換器： ポリエチレン製ダブルU字管 深さ 100m、外径 40mm、内径 32mm 製品名：硬質ポリエチレンパイプ φ40(U字)、SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD 製、輸入販売：ミサワ環境技術株式会社 地表～5 m：セメントミルク注入 5 m～100 m：硅砂充填 (1号硅砂、福島県いわき市産)
地中熱ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名：ゼネラルヒートポンプ工業株式会社製 ZQH-108W36d-RH+H-C ・冷房能力：116.4kW、暖房能力：131.1kW、プール加温能力：262.2kW ・消費電力：冷房 30.3kW、暖房：36.3kW、プール加温：72.6 kW ・台数：1 台 ・制御構成：圧縮機 6 台の台数制御 ・冷媒：R407C
一次側循環ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・製品名：株式会社川本製作所製小型渦巻ポンプ GEI-655-C2.2 ・仕様 定格能力：0.35m³/min、17m、出力：2.2kW
熱媒の種類と形式	<ul style="list-style-type: none"> ・一次側：不凍液 (プロピレングリコール濃度 41%の希釈液) 製品名：CHICHUNETSU BRINE、ショーワ株式会社製。 販売：ミサワ環境技術株式会社 ・二次側：間接式で熱媒として清水を使用

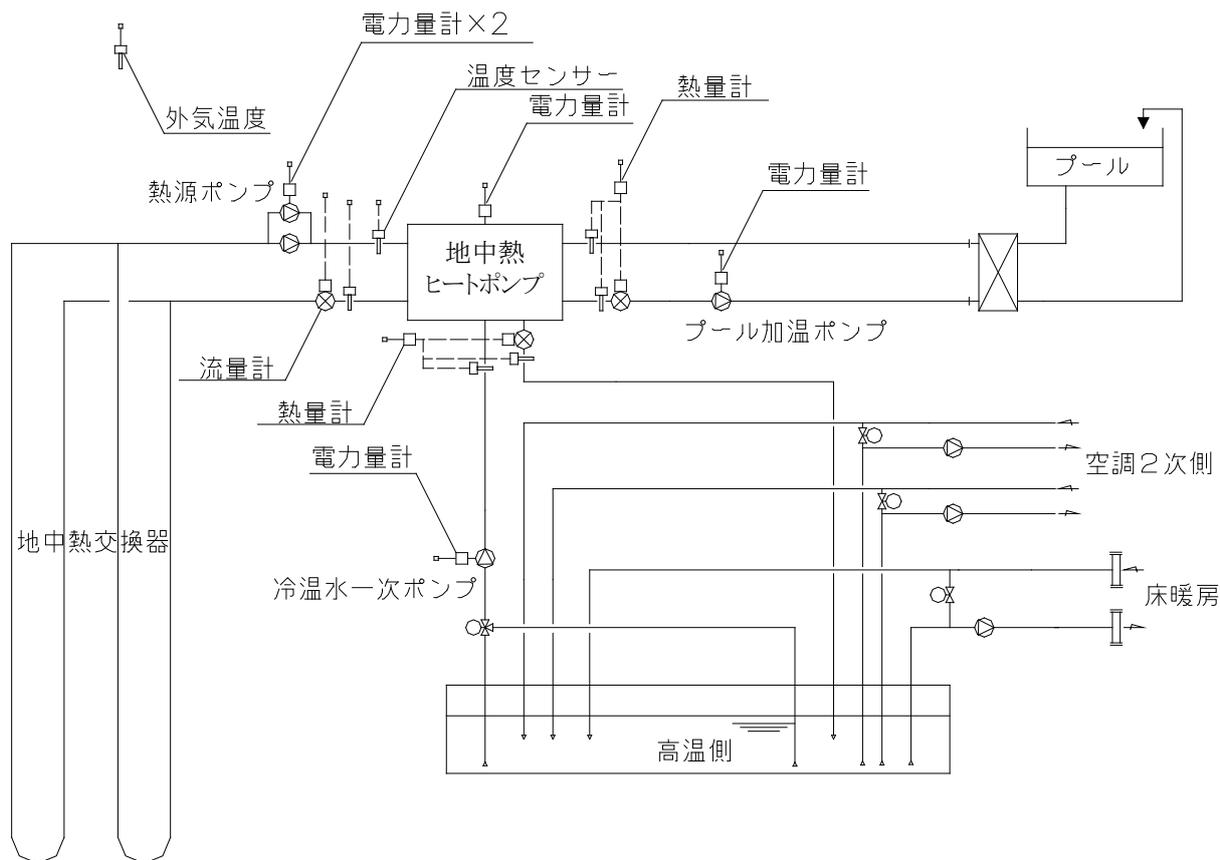


図 3-6 実証試験実施施設のシステム

3.4 地中熱交換井と地盤状況

地中熱交換井の仕上げ状況と地盤状況を図 3-7 (詳細版本編 17 ページ) に示す。

「土地分類基本調査 八王子 (1986)」によると、当地が属する多摩丘陵の地質は、第四紀前期更新世の上総層群が広く分布する。上総層群は、泥岩層ないし砂岩の互層が大部分を占め、一部に砂層、礫・砂・泥互層が分布する。上総層群の上位には、第四紀後期更新世の武蔵野ローム層が分布する。

現地の地中熱交換井の地質柱状図によれば、当地の地質は地表～6m までローム層に相当する粘土層が分布しており、6m～25m 付近までが砂層となる。それ以深は泥岩と砂岩の互層となるが、25m～50m 付近までは砂岩が、それ以深は泥岩が大部分を占める。

地中熱交換器仕上げ図

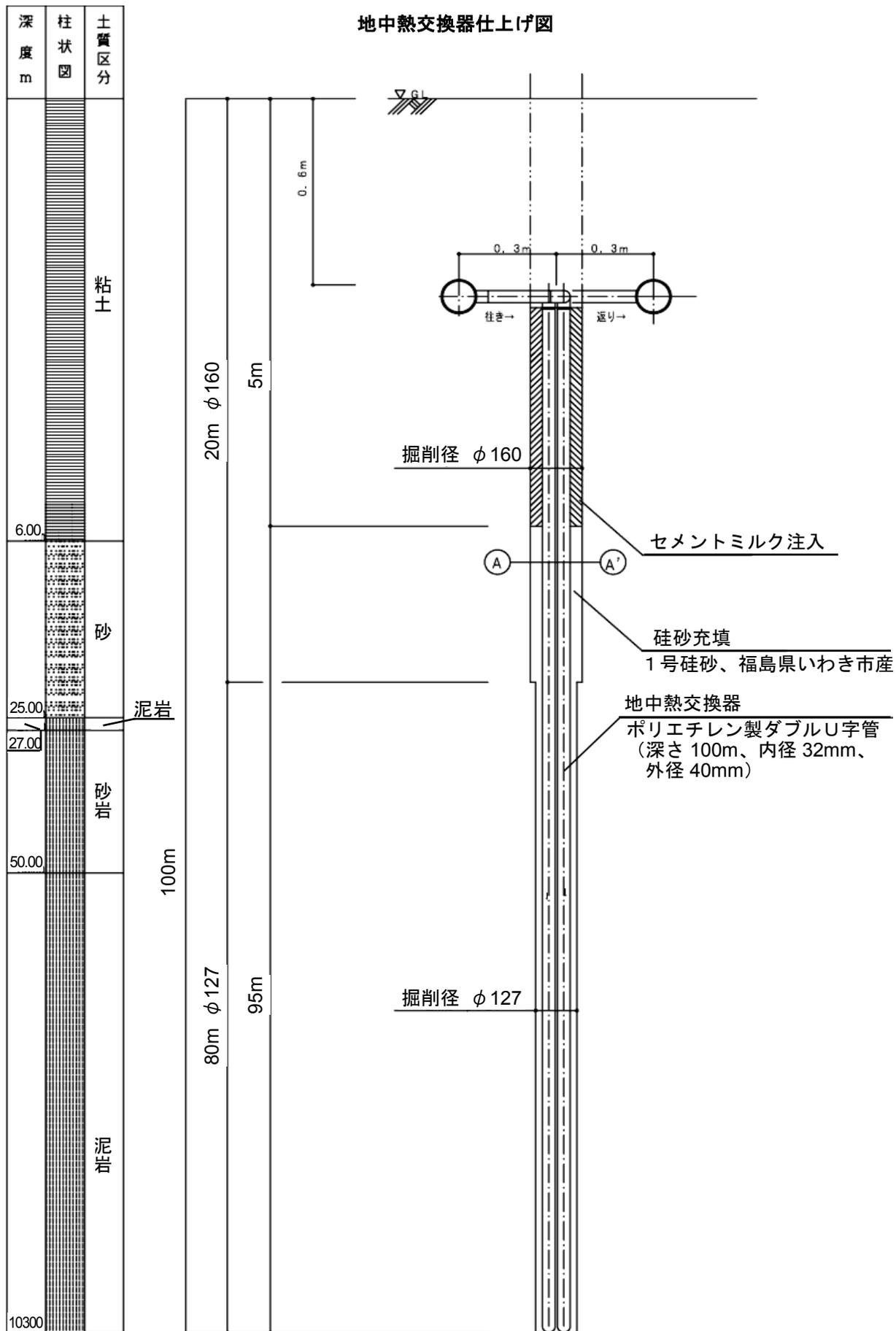


図 3-7 地中熱交換井と地盤状況

3.5 実証対象技術の特徴・長所を含む参考情報

本ページに示された情報は、全て実証申請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	実証申請者 記入欄	
製品名	地中熱ヒートポンプによる空調、プール加温システム	
製造（販売）企業名	ミサワ環境技術株式会社	
連絡先	TEL/FAX	0824-66-2281/0824-66-2975
	Web アドレス	http://www.ecomisawa.com
	E-mail	tanaka@ecomisawa.com
設置条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中熱交換器は 5m 間隔に設置。その他は設置場所、対象建物の制約はなし。 ・ 設備稼働率が高い場合、コスト回収期間の短縮が見込める。 	
メンテナンスの必要性・コスト・耐候性・製品寿命等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中熱交換器は気密性の確認後埋設するため、メンテナンスは必要なし。 ・ ヒートポンプ等の機器設備は毎年 2 回程度の定期点検が必要。 ・ 地中熱交換器は、対象建築物の耐用年数程度は利用可能。 ・ ヒートポンプ等の機器設備の耐用年数は 10～15 年程度。 	
施工性	施工上の留意点 <ul style="list-style-type: none"> ・ 騒音、振動、排泥などの環境対策が必要 ・ ダブルU字管設置時の気密性の確保が必要 ・ 二次側設備との工程、設備運用の調整が必要 	
技術上の特徴	<ol style="list-style-type: none"> ① 地中熱交換器は、採熱効率を高めるため掘削断面積を最大限活用し、外径 40mm のダブルU字管を採用。 ② 安全性確保のため、熱媒不凍液は消防法の危険物に該当しない独自ブレインを使用。 ③ 冷房と同時にプール加温の需要がある場合は、冷房排熱を熱源としてプール加温を行い、省エネを向上させた。 	
コスト概算	ヒートポンプ：22,630,000 円 地中熱交換器：27,354,000 円 その他（配管、計装、保温）：22,347,000 円	

○その他実証申請者からの情報（参考情報）

特になし

4. 実証試験の内容

4.1 目的

実証単位（A）のシステム全体として、実使用状態の建物で地中熱を利用した冷暖房を行い、実証項目である【冷房期間のシステムエネルギー効率（COP）】、【冷房期間のシステム消費電力】、【冷房期間の地中への排熱量】を求め、地中熱を利用した冷暖房システムの省エネ効果や夏期のヒートアイランド抑止効果を検証する。

また実証単位（C）の実証項目は、【地中熱交換部全体の実証項目】、【熱媒循環部の実証項目】、【熱媒の実証項目】に分かれている。【地中熱交換部全体の実証項目】はサーマルレスポンス試験によって、地中との熱交換効率を実証するものである。【熱媒循環部の実証項目】と【熱媒の実証項目】は地中との熱交換率に影響する要素の性質を実証するものである。

4.2 実証項目の実証の方法

(1) システム全体の実証項目

本実証項目は、地中熱ヒートポンプの一次側の熱媒の温度、流量、ならびに地中熱ヒートポンプや一次側循環ポンプの消費電力を測定し、実証試験要領に定められた方法によって算出した。

(2) 実証単位（C）の実証項目【地中熱交換部全体】

本実証項目は、地中熱交換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運転しているため、地下の熱的状況が乱されていない状態での試験を原則とするサーマルレスポンス試験を、本実証試験で改めて実施することができなかった。しかし、本実証対象技術では、環境省「平成 21 年度クールシティ推進事業[地下水等活用型・地中熱利用型]地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業」（以下、「平成 21 年度クールシティ推進事業」という。）において、サーマルレスポンス試験が行われている。本実証対象技術では、23 本の地中熱交換井が平面距離約 100m の間に並んでおり、サーマルレスポンス試験を行った調査孔は地中熱交換井の列の最も外側にあつて、地質や土壌部分の熱伝導率が全く同じと限らないため、実証試験要領（第 2 版）の 7 ページに定める【(5) 既存データ活用の特例措置】を適用することができない。そのため、当該事業における試験結果は「参考値扱い」としつつ、同実証試験要領（第 2 版）の表 3 注記（※）（15 ページ）に従い、「代替する地質データ」として活用することにした。本検討の詳細は、詳細版本編 4. 4.7（詳細版本編 24 ページ）に示す。

(3) 実証単位（C）の実証項目【熱媒循環部及び熱媒】

性能を証明する書類の写しを確認することにより、実証を行った。性能の証明の担保として、それらの製造事業者の品質管理システムを確認し、提出書類を転用した。なお、実証単位（C）の実証項目の結果詳細は、詳細版本編 6. 6.2～6.3（詳細版本編 40～41 ページ）に記載する。

4.3 実証単位（A）の測定機器について

(1) 測定機器の配置

実証単位（A）（システム全体）の計測器の配置を図 4-1（詳細版本編 20 ページ）に示す。

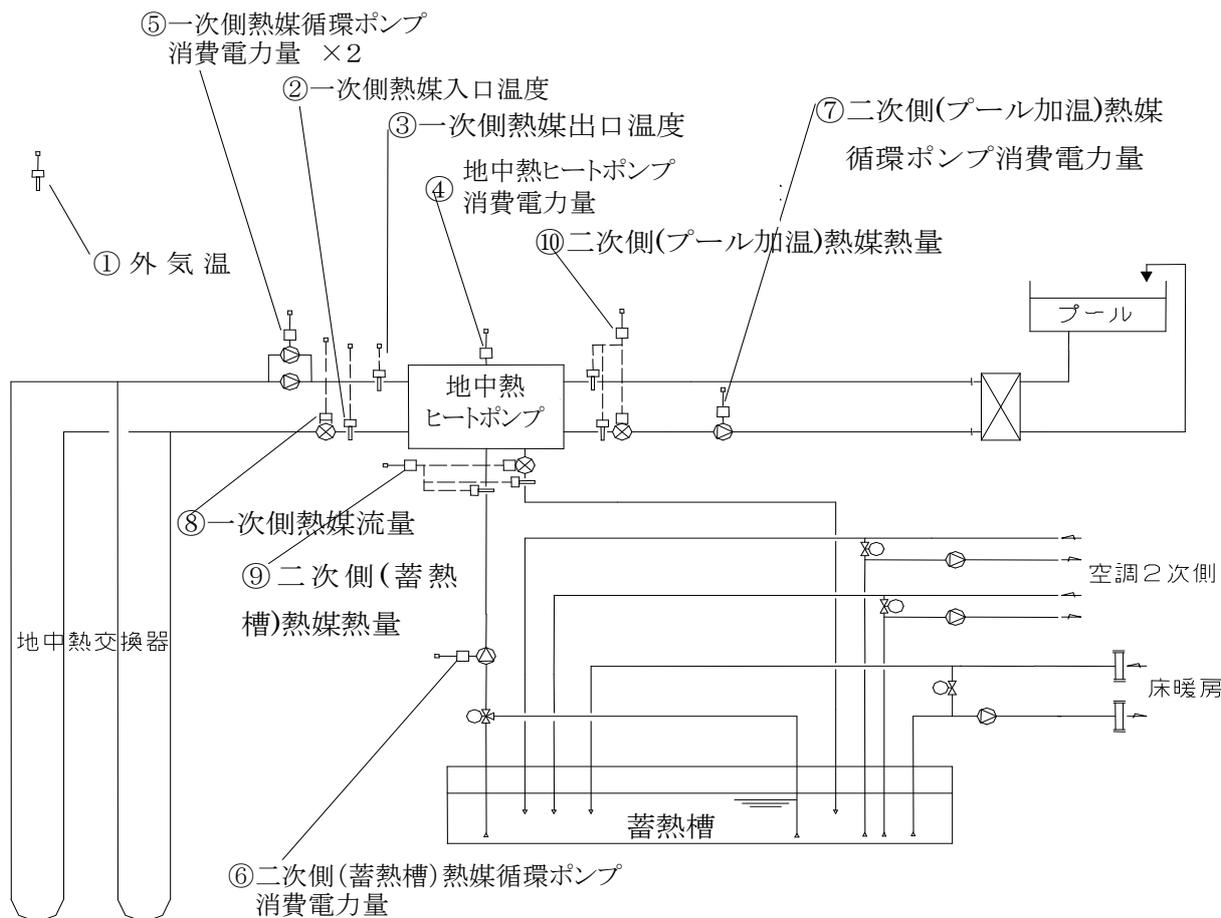


図 4-1 実証試験の測定機器

(2) 測定項目と測定機器

システム全体の測定項目を表 4-1 に示す。(①～⑩の番号は図 4-1 と同じ)

表 4-1 システム全体の測定項目

測定項目	測定機器	測点数	備考
① 外気温	白金測温抵抗体	1	測定間隔：10 分毎 (9月14日からは1分毎)
② 一次側熱媒入口温度	白金測温抵抗体	1	同上
③ 一次側熱媒出口温度	白金測温抵抗体	1	同上
④ 地中熱ヒートポンプ消費電力量	積算電力量計	3	同上
⑤ 一次側熱媒循環ポンプ消費電力量	積算電力量計	2	同上
⑥ 二次側(蓄熱槽)熱媒循環ポンプ消費電力量	積算電力量計	1	同上
⑦ 二次側(プール加温)熱媒循環ポンプ消費電力量	積算電力量計	1	同上
⑧ 一次側熱媒流量	電磁流量計	1	同上
⑨ 二次側(蓄熱槽)熱媒熱量	積算熱量計	1	同上
⑩ 二次側(プール加温)熱媒熱量	積算熱量計	1	同上
合計		13	同上

(3) 本実証試験に使用した測定機器、記録装置

本実証試験に使用した測定機器、記録装置を表 4-2 に示す。

表 4-2 測定機器、記録装置

温度センサー	製品名：白金測温抵抗体 Pt100 精度：クラス A、 $\pm (0.15 + 0.002 \times t)$ °C
データロガー	製品名：温度モニタモジュール（横河電機株式会社製） 型式：F3CX04 ・精度： $\pm 0.1\%F.S$
流量計	製品名：電磁流量計（株式会社キーエンス製） 型式：FD-UH100H ・精度： $\pm 0.5\%$
熱量計	製品名：積算熱量計（株式会社金門製作所製） 型式：NSE65、NSE80 ・精度：使用公差 $\pm 4.5\%$ 以内
電力計	製品名：積算電力量計（三菱電機株式会社製） 型式：M2LHM-K5V ・精度： $\pm 2.5\%$

(4) 測定機器の精度について

測定機器のうち、電力計の精度は $\pm 2.5\%$ であり、実証試験要領で規定する精度 $\pm 0.5\%$ を満たしていない。しかしこの精度は JIS B 8613 の規定する積算電力計の精度（ $\pm 1\%$ ）の $2/5$ であり、一方温度計の精度は $\pm 0.15^\circ\text{C}$ で規定の $\pm 0.5^\circ\text{C}$ の約 3 倍の精度であり、総合すれば実証試験要領が意図する精度を満たしていると考えられる。そのため、平成 22 年 7 月 21 日開催の第二回技術実証委員会において、当該測定機器による測定結果をそのまま使用することが承認された。

その他の測定機器の精度は実証試験要領の定める精度を満たしている。

4.4 実証試験実施施設の測定時の運用条件

(1) 冷房期間

本実証対象技術では、冷房期間には地中熱利用ヒートポンプで冷水を作って冷房に利用しているが、冷水を作った時に発生する排熱を利用して、プール加温を行っている。冷房期間のシステムの運転は原則的に月曜から金曜で、地中熱ヒートポンプの運転は夜間電力を利用して 22:05 から翌朝 7:55 に行い、蓄熱槽の水を冷却する。冷房は蓄熱槽の冷水を用いて 8:30 から 21:00 の運転である。

プール加温は冷水を作った時の排熱を利用し、温水を造成して行う。プールの使用は、原則的に月曜から金曜である。

(2) 暖房期間

暖房期間のシステムの運転は原則的に月曜から金曜で、地中熱ヒートポンプの運転は夜間電力を利用して 22:05 から翌朝 7:55 に行い、蓄熱槽の水を加熱する。空調暖房は蓄熱槽の温水を用いて 8:30 から 21:00 の運転である。床暖房は 8:00 から 20:00 の運転である。

プール加温も夜間電力を利用して 22:05 から翌朝 7:55 に地中熱ヒートポンプを運転して温水を生成して行う。プールの使用は、原則的に月曜から金曜である。

(3) 制御方法

冷暖房：蓄熱槽温度の制御

プール加熱：プール出口温度の制御

(4) 設定温度

冷房：蓄熱槽 6~10°C、プール出口 30°C

暖房：蓄熱槽 46℃、プール出口 30℃

4.5 実証単位（A）システム全体の実証項目の実施日程

実証試験実施日程は、次のとおりである（表 4-3 含む）。冷房試験期間及び暖房試験期間を表 4-4 に示す。なお、本報告書の実証項目名の記載で、「冷房期間」及び「暖房期間」との記載があるが、これらは『冷房期間中の実証試験期間』及び『暖房期間中の実証試験期間』という意味で、【冷房試験期間】及び【暖房試験期間】を便宜上記載を簡略化している。

実証試験期間：平成 22 年 7 月 30 日～平成 23 年 2 月 2 日

- ・冷房試験期間：平成 22 年 7 月 30 日～平成 22 年 9 月 25 日（58 日間）
- ・暖房試験期間：平成 22 年 10 月 27 日～平成 23 年 2 月 2 日（99 日間）

表 4-3 実証単位（A）システム全体の実証試験の実施日程

項目	平成 22 年							平成 23 年		
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
冷暖房試験期間			冷房試験				暖房試験			

4.6 実証項目等の算出方法

実証項目である【冷房期間のシステムエネルギー効率(COP)】、【冷房期間のシステム消費電力】、【冷房期間の地中への排熱量】の算出は、実証試験要領（第 2 版）20 ページの【(4) 実証項目の算出】に従った。実証項目を算出するための中間的項目の計算結果は、表 5-2（詳細版本編 27 ページ）に示す。表 5-2 で算出した項目の計算方法については、これより説明する。

表 5-2 の欄幅が狭く、各項目の計算方法をそのまま記載できない。そこで、計算方法を分かり易くするために、①、②、(i)、(ii)等の記号を用いて式を示した。表 5-2 に記載の項目の名称を項目のようにフォントを説明文と異なるものを用い、区別した。

(1) 測定及びシステム稼働の期間、日数、時間

- 1) **各測定期間の日数** ①は、冷房試験期間中及び暖房試験期間中の測定日数である。
- 2) **測定期間全体の時間** ②は、②=①×24 時間である。
- 3) **システム稼働時間** ③は、地中熱ヒートポンプが動いていた時間の合計（実測値）である。
- 4) **冷水又は温水生成稼働時間** (iv)は、システム稼働時間のうち、冷水又は温水生成のために地中熱ヒートポンプが動いていた時間の合計（実測値）である。
- 5) **プール加温稼働時間** (v)は、システム稼働時間のうち、プール加温のために地中熱ヒートポンプが動いていた時間の合計（実測値）である。
- 6) **システム稼働率** ④は、④=③÷②である。

(2) 消費電力量

消費電力量には地中熱ヒートポンプの消費電力量、一次側循環ポンプの消費電力量、二次側冷温水・プール加温ポンプの消費電力量がある。表 5-2 ではそれぞれの消費電力量を「**地中熱ヒートポンプ(i)**」、「**一次側循環ポンプ(ii)**」、「**二次側冷・温水、プール加温ポンプ(iii)**」とした。この呼称は、詳細版本編 4. 4.6(5) (詳細版本編 24 ページ) までの説明文中でも同様である。

1) 期間中の総和

期間中の総和は、地中熱ヒートポンプの消費電力量の測定期間中の総和、一次側循環ポンプの消費電力量の測定期間中の総和、及び二次側冷温水・プール加温ポンプの消費電力量の測定期間中の総和である。

地中熱ヒートポンプ(i)の期間中の総和 ⑤、**一次側循環ポンプ(ii)の期間中の総和** ⑦、**二次側冷温水・プール加温ポンプ(iii)の期間中の総和** ⑨は、それぞれ電力量計で測定した実測値である。

(i)+(ii)の期間中の総和 ⑪は、**地中熱ヒートポンプ(i)**と**一次側循環ポンプ(ii)**の消費電力量の期間中の総和で、⑪=⑤+⑦である。

(i)+(ii)+(iii)の期間中の総和 ⑬は、**地中熱ヒートポンプ(i)**と**一次側循環ポンプ(ii)**と**二次側冷・温水、プール加温ポンプ(iii)**の消費電力量の期間中の総和で、⑬=⑤+⑦+⑨である。

2) 時間平均値

時間平均値は、測定期間中の消費電力量の平均値である。

地中熱ヒートポンプ(i)の時間平均値 ⑥は、⑥=⑤÷③である。

一次側循環ポンプ(ii)の時間平均値 ⑧は、⑧=⑦÷③である。

その他の**時間平均値** ⑩、⑫、⑭はそれぞれ、⑩=⑨÷③、⑫=⑪÷③、⑭=⑬÷③である。

(3) 熱量

1) **二次側冷暖房生成熱量の期間中の総和** ⑮は、⑮=|⑰|+|⑲|である。

二次側冷暖房生成熱量の期間中の総和は、冷・温水生成熱量とプール加温熱量の和であるが、冷却と加温の数値の正負で熱量が相殺されないように絶対値の和とした。

2) **二次側冷暖房生成熱量の時間平均値** ⑯は、⑯=⑮÷③である。

3) **二次側冷暖房生成熱量の内訳**

これは、**冷・温水生成熱量** ⑰と**プール加温熱量** ⑲とに分けて示した。数値は冷却を正(+)、加温を負(-)とした。これらは下記の方法による実測値である。

$$\text{測定期間中の生成熱量の総和[Wh]} = \sum_{\text{試験期間}} |T_{2\text{次側-1}} - T_{2\text{次側-2}}| \cdot V_{2\text{次側}} \cdot c \cdot \rho$$

c : 熱媒の比熱[J/g·K]

ρ : 熱媒の比重[g/cm³]

(計算式は実証試験要領 第2版の p.21 より)

4) **二次側冷暖房生成熱量の内訳の時間平均値**

これらは、生成熱量の総和をそれぞれ該当する地中熱ヒートポンプの稼動時間で割ったものである。

冷・温水生成熱量の時間平均値 ⑱は、⑱=⑰÷(iv)である。

プール加温熱量の時間平均値 ⑳は、⑳=⑲÷(v)である。

5) **冷房期間中の地中への排熱量の期間中の総和** ㉑（地中からの冷熱の採熱量）

これは下記の方法による実測値に基づく計算値である。

$$\text{冷房期間中の地中への平均排熱量} = E_{\text{冷房期間}} \left(T_{1\text{次側-1}} - T_{1\text{次側-2}} \right) \cdot V_{1\text{次側}} \cdot c \cdot \rho$$

（実証試験要領 第2版の p.22 より）

期間中の平均値 ㉒は、 $㉒ = ㉑ \div ㉓$ である。

6) **暖房期間中の地中からの採熱量の期間中の総和** ㉓

暖房期間中の地中からの採熱量の**期間中の平均値** ㉔は、 $㉔ = ㉓ \div ㉓$ である。

計算式は冷房期間中の式に準じる。

(4) **部分負荷率**（実証試験要領（第2版）17 ページ※部分負荷率の算出方法より）

冷水又は温水生成の部分負荷率と**プール加温**の部分負荷率に分けて示した。

$$\text{部分負荷率} ㉕ (\%) = 100 \times \text{システムにおける生成熱量}(W) / \text{システムにおける定格能力}(W)$$

（実証試験要領 第2版の p.17 より）

この計算に用いたそれぞれの定格能力は、冷房能力(vi)=116.4kW、暖房能力(vii)=131.1kW、
プール加温能力(viii)=262.2kW である。

(5) **エネルギー効率**

1) **COPの期間平均値 (APF)** ㉖

地中熱ヒートポンプ(i)単独のCOPの期間平均値で、 $㉖ = ㉗ \div ㉘$ である。

2) **システムCOPの期間平均値 (APF) (システムCOP1)** ㉗

地中熱ヒートポンプ(i)と**一次側循環ポンプ(ii)**を含むシステム COP の期間平均値で、

$㉗ = ㉘ \div ㉙$ である。

3) **システムCOPの期間平均値 (APF) (システムCOP2)** ㉘

地中熱ヒートポンプ(i)と**一次側循環ポンプ(ii)**と**二次側冷・温水、プール加温ポンプ**

(iii)を含むシステムCOPの期間平均値で、 $㉘ = ㉗ \div ㉙$ である。

4.7 **実証単位（C）の実証項目における特例措置の適用検討**

(1) **検討の目的**

本技術分野の実証単位（A）では、実証単位（C）の地中熱交換部全体の実証方法として定められているサーマルレスポンス試験に関して、申請者が独自に実測して得た既存データがある場合にはそれを利用可能とする特例措置も規定されている。ここではまず、平成21年度クールシティ推進事業において実施されたサーマルレスポンス試験の結果について、この規定を適用できるかどうかを検討した。

(2) **本実証対象技術におけるサーマルレスポンス試験の状況**

本実証対象技術におけるサーマルレスポンス試験に関する問題は次のとおりである。

① ㉓本の熱交換井を用いているが、既に長期間熱交換井として使用しており、サーマルレスポンス試験の前提条件である、熱交換によって地下の熱的状态が乱されていない条件での試験を改めて実施することはできない。

② 本実証対象技術では、平成21年度クールシティ推進事業においてサーマルレスポンス試験が実施されており、この試験が「既存データ活用の特例措置」の各条件に合致するかどうかを検討する必要がある。

(3) 「既存データ活用の特例措置」の適用の判断

実証対象技術では、23本の地中熱交換井が平面距離約100mの間に並んでおり、平成21年度クールシティ推進事業においてサーマルレスポンス試験を行った調査孔は地中熱交換井の列の最も外側にあるため、その熱抵抗が全く同じとは限らない。そのため、既存データ活用の特例措置を適用することができない。

(4) 対応

実証試験要領（第2版）のp.15には、「当該項目の実証が難しい場合は、施工箇所の周辺の地質データを提出することで代替できることとする。」という規定がある。

そこで、この規定の趣旨に従い、平成21年度クールシティ推進事業で実施したサーマルレスポンス試験の結果（詳細は、詳細版付録46ページ）を「代替する地質データ」として活用することにした。ただし、上記(3)に示した状況に鑑み、本実証結果は「参考値」として扱うこととした。

5. 実証単位（A）システム全体の実証試験結果

5.1 実証試験結果総括（システム全体の実証項目）

実証試験要領に規定される実証試験項目の試験結果を表 5-1 に示す。また、実証項目の算出過程の数値や示すことが望ましいとされている項目も含めた実証試験結果を総括表として表 5-2（詳細版本編 27 ページ）に示す。

表 5-1 システム全体の実証項目の試験結果

		項 目	試験結果
システム全体の実証項目	必須項目	a. 冷房期間のシステムエネルギー効率	4.31
		b. 冷房期間のシステム消費電力	35.0kW
		c. 冷房期間の地中への排熱量	109.6kW
	任意項目	d. 冷房・暖房期間のシステムエネルギー効率	3.13
		e. 暖房期間のシステム消費電力	50.4kW
		f. 暖房期間の地中からの採熱量	101.6kW

表 5-2 実証単位 (A) 冷暖房試験結果総括表

項目		単位	冷房期間	暖房期間	期間全体	計算式		
期間・日数	各試験期間	—	平成 22 年 7 月 22 日 ～ 平成 22 年 9 月 25 日	平成 22 年 10 月 27 日～ 平成 23 年 2 月 2 日	—	—		
	各測定期間の日数	①	日	58	99	157	—	
	測定期間全体の時間	②	時間	1,392	2,376	3,768	②=①×24 時 間	
	システム稼働時間	③	時間	246.9	1169.1	1416.0	実測値	
	冷温水生成稼働時間	(iv)	時間	219.8	1144.8	1,364.6	実測値	
	プール加温稼働時間	(v)	時間	55.4	364.3	419.7	実測値	
	システム稼働率	④	%	17.7	49.2	37.6	④=③÷②	
消費電力量	地中熱ヒート ポンプ(i)	期間中の総和	⑤	kWh	7,540	48,572	56,112	実測値
		時間平均値	⑥	kW	30.5	41.5	39.6	⑥=⑤÷③
	一次側循環ポ ンプ(ii)	期間中の総和	⑦	kWh	1,110	5,416	6,526	実測値
		時間平均値	⑧	kW	4.5	4.6	4.6	⑧=⑦÷③
	二次側冷・温 水、プール加 温ポンプ(iii)	期間中の総和	⑨	kWh	653	4,896	5,549	実測値
		時間平均値	⑩	kW	2.6	4.2	3.9	⑩=⑨÷③
	(i)+(ii)	期間中の総和	⑪	kWh	8,650	53,988	62,638	⑪=⑤+⑦
		時間平均値	⑫	kW	35.0 ^{*1}	46.2	44.2	⑫=⑪÷③
(i)+(ii)+(iii)	期間中の総和	⑬	kWh	9303	58,884	68,187	⑬=⑤+⑦+⑨	
	時間平均値	⑭	kW	37.7	50.4 ^{*1}	48.2	⑭=⑬÷③	
熱量	二次側冷暖房 生成熱量	期間中の総和	⑮	kWh	37,311	159,015	196,326	⑮= ⑰ + ⑲
		時間平均値	⑯	kW	151.1	136.0	138.6	⑯=⑮÷③
	二次側冷暖房 生成熱量の内 訳*2	冷温水生成熱 量	⑰	kWh	24,221	-125,260	149,481	実測値
		時間平均値	⑱	kW	110.2	-109.4	—	⑱=⑰÷(iv)
		プール加温熱 量	⑲	kWh	-13,090	-33,755	-46,845	実測値
		時間平均値	⑳	kW	-236.3	-92.7	-111.6	⑳=⑲÷(v)
	冷房期間の地 中への排熱量	期間中の総和	㉑	kWh	27,055	0	27,055	(本文参照)
		時間平均値	㉒	kW	109.6 ^{*1}	0	19.1	㉒=㉑÷③
暖房期間の地 中からの採熱 量	期間中の総和	㉓	kWh	7,427	118,826	126,253	(本文参照)	
	時間平均値	㉔	kW	30.1	101.6 ^{*1}	89.2	㉔=㉓÷③	
部分負荷率	冷温水生成	㉕	%	94.7	83.4	—	⑱÷(vi) ^{*4} ⑱÷(vii) ^{*4}	
	プール加温			90.1	35.4	42.6	⑳÷(viii) ^{*4}	
エネルギー効 率	COP の期間 平均値(APF)	地中熱ヒート ポンプ単独 (i)単独 ^{*3}	㉖	—	4.95	3.27	3.50	㉖=⑮÷⑤
	システム COP の期間 平均値(APF)	(i)+(ii) ^{*3} (システム COP1)	㉗	—	4.31 ^{*1}	2.95	3.13	㉗=⑮÷⑪
	システム COP の期間 平均値(APF)	(i)+(ii)+ (iii) ^{*3} (シス テム COP2)	㉘	—	4.01	2.70	2.88	㉘=⑮÷⑬

*1 : **太字下線**の数値は実証項目の必須項目、**太字**のみの数値は実証項目の任意項目を表す。

*2 : 二次側冷暖房生成熱量は冷温水生成熱量とプール加温熱量よりなる。冷温水生成熱量は冷房生成熱量を+、暖房生成熱量を-で表示した。また、プール加温熱量は-で表示した。これら熱量の

合計を求めるときは、+で相殺されないよう熱量の絶対値で加算した。

* 3 : 後述のエネルギー効率のグラフ (p.30、図 5-1(5)) における「COP (地中熱ヒートポンプのみ)」、「システムCOP1」、「システムCOP2」は、上表の⑳、㉑、㉒に対応する。

* 4 : 部分負荷率の計算に用いた定格能力は次のとおり

冷房能力(vi)=116.4kW、暖房能力(vii)=131.1kW、プール加温能力(viii)=262.2kW

5.2 実証試験期間の各種項目の日ごとのデータの経時変化

実証期間中の各種測定項目及び算出項目の日ごとのデータの経時変化のグラフを以下の図 5-1(1)~5-1(9) (詳細版本編 28~31 ページ) に示す。

温度は 1 日の平均値を、電力及び熱量は 1 日の積算値または時間平均値を示した。なお、測定データのサンプリング間隔は冷房期間中の 9 月 13 日までは 10 分、それ以降は 1 分である。

熱量は、一次側熱源水熱量は、冷房を+、暖房を-とし、二次側冷温水生成熱量も冷房を+、暖房を-で表示した。プール加温熱量は常時暖房であるので、-で表示した。一日の中で冷房用冷水生成とプール加温があると、熱源水熱量は冷房+と暖房-が発生し、合計すると+が相殺されてしまうので、熱源水熱量は冷房と暖房熱量の絶対値で加算した。

(1) 日積算熱量

- ・一次側熱媒熱量 (絶対値) : 地中への放熱量又は地中からの採熱量の 1 日の総和
- ・二次側冷温水生成熱量 : 二次側 (室内側) の冷水又は温水熱量の 1 日の総和 (冷水 : +、温水 : -として合計)
- ・二次側プール加温熱量 : プール加温熱量の 1 日の総和 (常時暖房のため-で表示)

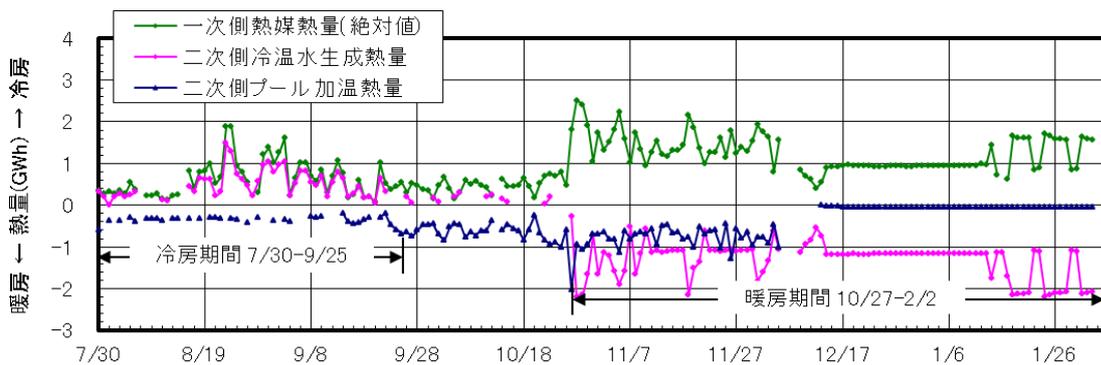


図 5-1(1) 熱量[GWh]

(2) システム稼働率

- ・システム稼働時間 : 1 日の地中熱ヒートポンプ稼働時間
- ・システム稼働率 : 地中熱ヒートポンプ稼働時間 / 24 時間

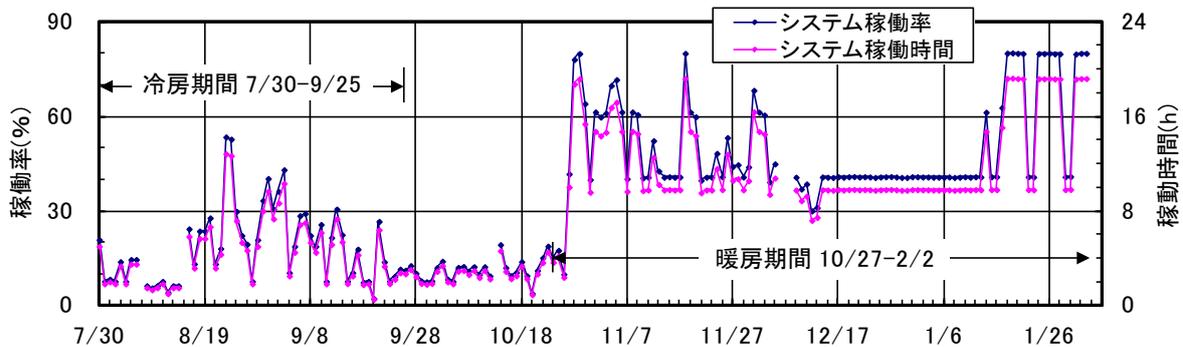


図 5-1(2) システム稼働率

(3) 時間平均熱量

- ・一次側熱媒熱量：1日の地中への放熱量又は地中からの採熱量の時間平均値(kW)
- ・冷温水生成熱量：1日に生成される冷水又は温水熱量の時間平均値(kW)
- ・プール加温熱量：1日に生成されるプール加温熱量の時間平均値(kW)

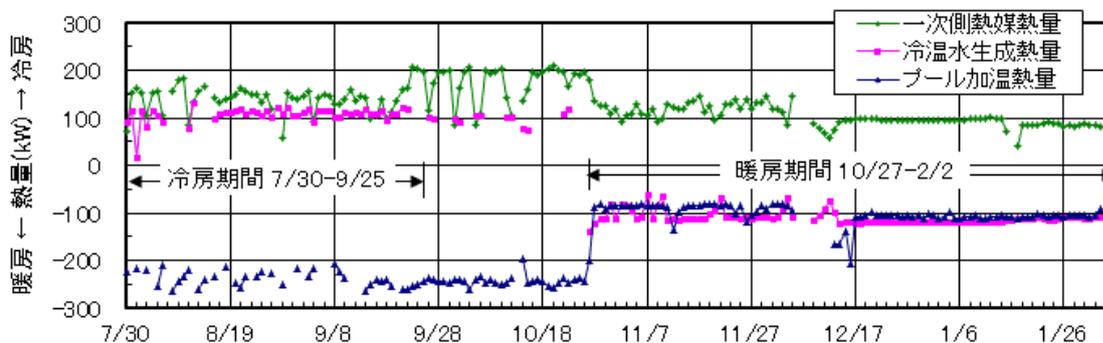


図 5-1(3) 時間平均熱量[kW]

(4) 部分負荷率

- ・冷温水生成部分負荷率：冷水又は温水生成熱量と地中熱ヒートポンプ定格値との比の1日の平均値
- ・プール加温部分負荷率：プール加温熱量と地中熱ヒートポンプ定格値との比の1日の平均値
- ・部分負荷率 (%) = $100 \times \text{システムにおける生成熱量(W)} / \text{システムにおける定格能力(W)}$

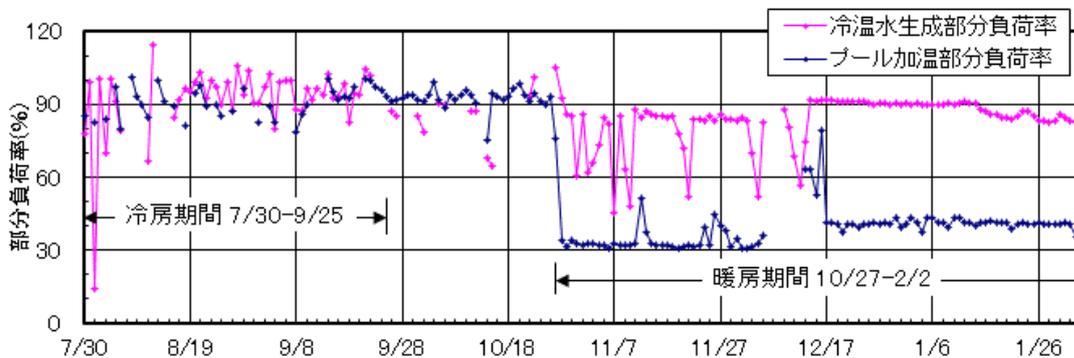


図 5-1(4) 部分負荷率

(5) エネルギー効率 (COP)

- ・ COP (地中熱ヒートポンプのみ) = 1日の地中熱ヒートポンプ生成熱量
 / 1日の地中熱ヒートポンプ消費電力量
- ・ システム COP1 = 1日の地中熱ヒートポンプ生成熱量
 / (1日の地中熱ヒートポンプ消費電力量 + 1日の一次側循環ポンプ消費電力量)
- ・ システム COP2 = 1日の地中熱ヒートポンプ生成熱量
 / (1日の地中熱ヒートポンプ消費電力量 + 一次側循環ポンプ消費電力量
 + 二次側冷・温水、プール加温ポンプ消費電力量)

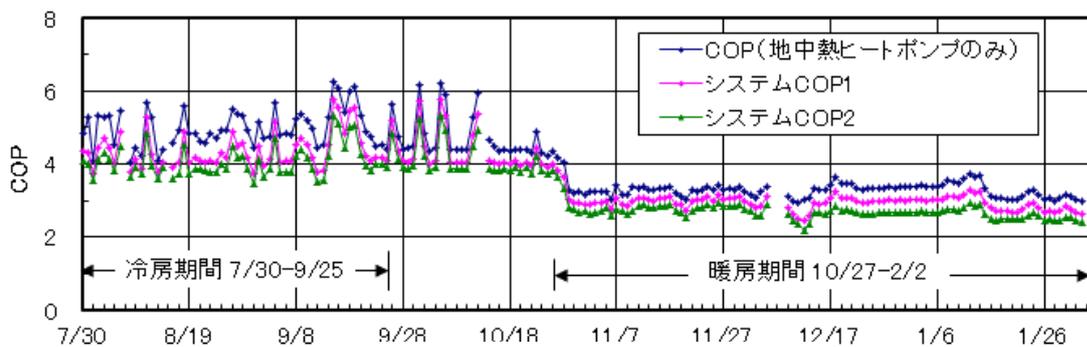


図 5-1(5) エネルギー効率

(6) 日消費電力量

- ・ 地中熱ヒートポンプ：1日の地中熱ヒートポンプ消費電力量の総和
- ・ 一次側熱媒ポンプ：1日の一次側熱媒ポンプ消費電力量の総和
- ・ 二次側冷温水ポンプ：1日の二次側冷・温水ポンプ消費電力量の総和
- ・ 二次側プール加温ポンプ：1日の二次側プール加温ポンプ消費電力量の総和

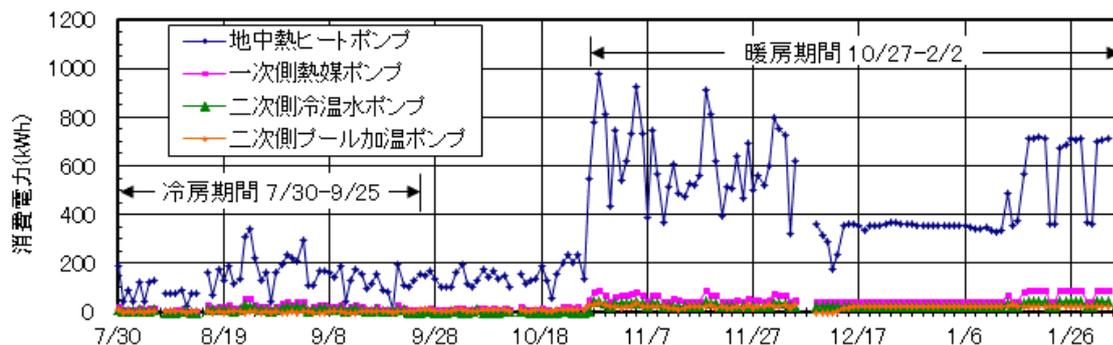


図 5-1(6) 日消費電力量[kWh]

(7) 時間平均消費電力

- ・ヒートポンプ電力：1日の地中熱ヒートポンプ消費電力量
 /1日の地中熱ヒートポンプ稼働時間
- ・一次側熱媒ポンプ電力：1日の一次側熱媒循環ポンプ消費電力量
 /1日の地中熱ヒートポンプ稼働時間
- ・二次側ポンプ電力：1日の二次側冷・温水ポンプ、プール加温ポンプ消費電力
 /1日の地中熱ヒートポンプ稼働時間

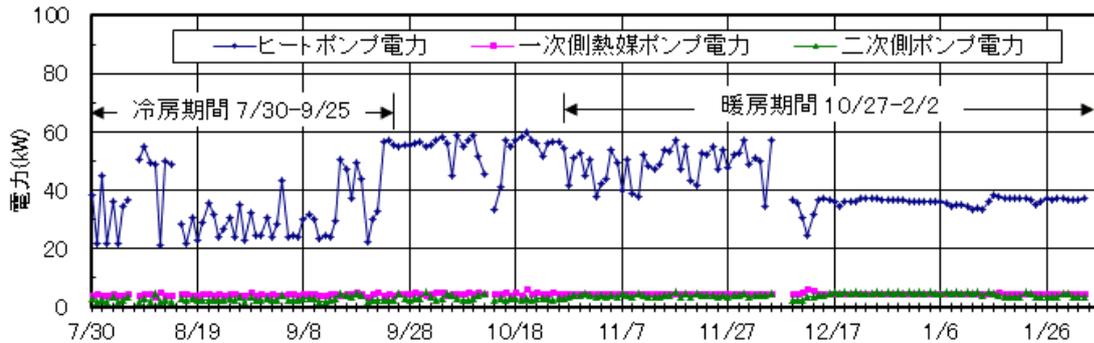


図 5-1(7) 時間平均消費電力[kW]

(8) 一次側熱媒温度

- ・一次側熱媒入口温度：一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ入口温度の1日の平均値
- ・一次側熱媒出口温度：一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度の1日の平均値
- ・入口出口温度差：一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ入口出口の温度差の1日の平均値

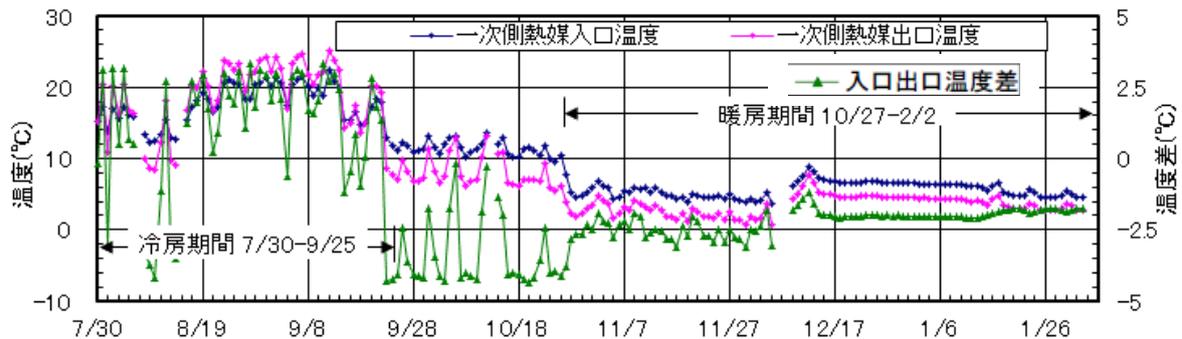


図 5-1(8) 一次側熱媒温度

(9) 外気温

- ・日平均：試験施設近傍の1日の外気温の平均値
- ・最高：試験施設近傍の1日の外気温の最高値
- ・最低：試験施設近傍の1日の外気温の最低値

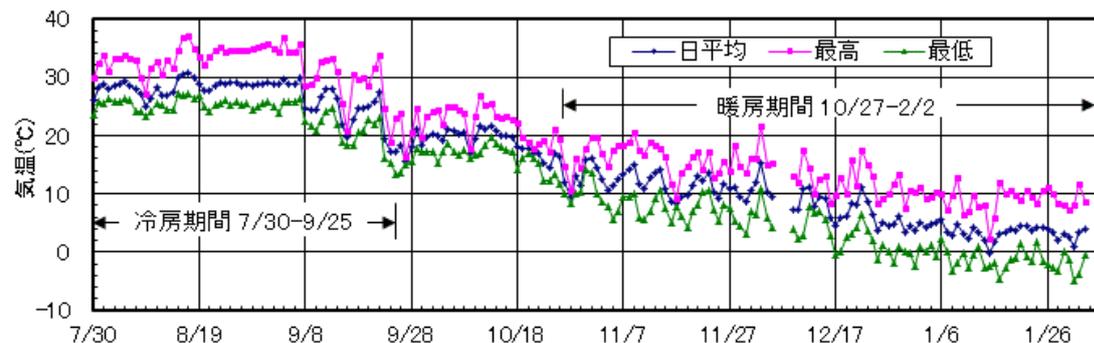


図 5-1(9) 外気温

5.3 実証試験期間の冷房試験代表日測定項目のグラフ

冷房試験中の代表的と思われる 1 日として平成 22 年 8 月 25 日を選定し、1 日のデータの経時変化を図 5-2(1)～5-2(8) (詳細版本編 32～35 ページ) に示す。凡例項目は基本的に図 5-1 と同じであるので、図 5-1 に記述がない代表日測定項目に関する事項についてのみグラフの下に注記した。本データのサンプリング周期は 10 分である。

冷房代表日、暖房代表日のグラフについて、以下に補足説明を述べる。

- ①暖房運転熱量 (kW)：二次側冷温水生成は冷暖房に使用する蓄熱槽に貯留される熱量、また二次側プール加温熱量は屋内プール加温に使用する熱量で、いずれも積算熱量計で 1MJ 単位に測定される。一次側熱源水熱量は、実証試験要領の規定に基づき、熱源水のヒートポンプ入口出口温度差と流量より算出した。
- ②部分負荷率 (%)：冷温水生成とプール加熱で地中熱ヒートポンプの定格出力や稼働時間が異なるため、それぞれについて求めた。
- ③消費電力：積算電力量計の最小分解能が 1kWh のため、消費電力の細部の変化を捉えきれていない。
- ④エネルギー効率：システム COP は、生成熱量を地中熱ヒートポンプと一側循環ポンプの消費電力で除した値である。
- ⑤熱源水流量：循環ポンプ稼働時の平均流量は約 700L/min であった。
- ⑥一次側熱源水温度：熱源水のヒートポンプ入口と出口の温度差は、冷房時は＋、暖房時は－で表示した。この日のプール加温は冷房と重なったので冷房排熱が利用され、不足分は地中熱により補足されている。
- ⑦冷温水生成、プール加温温度：冷温水生成は冷房、プール加温は暖房モードで稼働している。プール加温のため、冷房期間中は 1 日の内で、冷房と暖房が稼働することが多い。
- ⑧外気温：地中熱ヒートポンプを設置している試験施設近傍の屋外で測定した。

(1) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 熱量

- ・一次側熱媒：一次側熱媒熱量の 10 分毎の計算値
- ・二次側冷温水生成：地中熱ヒートポンプ冷水又は温水生成熱量の 10 分毎の計算値
- ・二次側プール加温：二次側プール加温熱量の 10 分毎の計算値

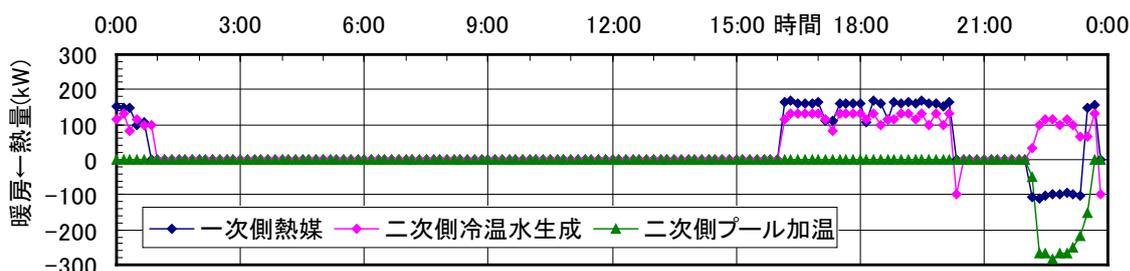


図 5-2 (1) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の熱量[kW]

(2) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 部分負荷率

- ・冷温水生成部分負荷率：冷・温水生成の部分負荷率の 10 分毎の計算値
- ・プール加温部分負荷率：プール加温の部分負荷率の 10 分毎の計算値

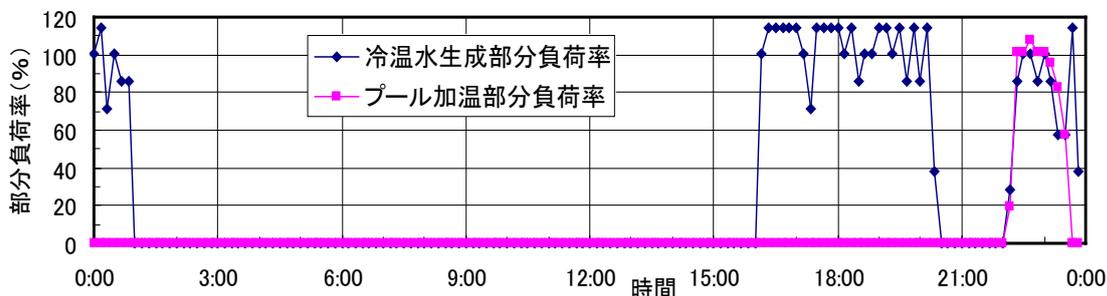


図 5-2 (2) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の部分負荷率

(3) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 消費電力

- ・ヒートポンプ：地中熱ヒートポンプ消費電力の 10 分毎の実測値
- ・一次側熱媒循環ポンプ：一次側熱媒循環ポンプ消費電力の 10 分毎の実測値
- ・二次側循環ポンプ：二次側冷・温水循環ポンプとプール加温循環ポンプ消費電力の 10 分毎の実測値

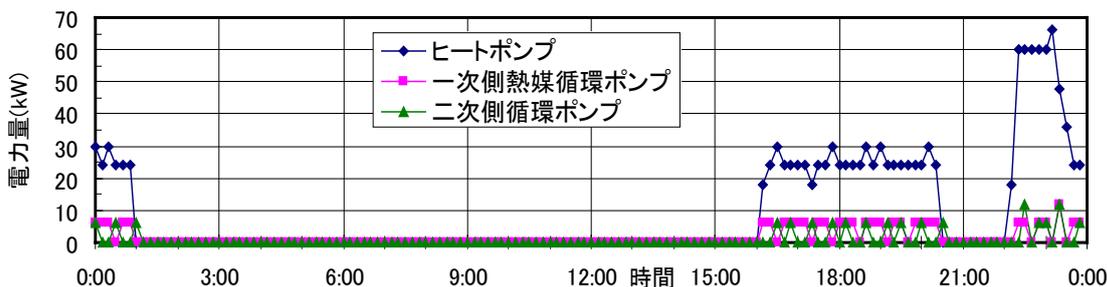


図 5-2 (3) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の消費電力[kW]

(4) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) のエネルギー効率

- ・システム COP (熱媒循環ポンプを含む)：地中熱ヒートポンプと一次側熱媒循環ポンプを含む COP の 10 分毎の計算値
- ・COP (ヒートポンプのみ)：地中熱ヒートポンプ COP の 10 分毎の計算値

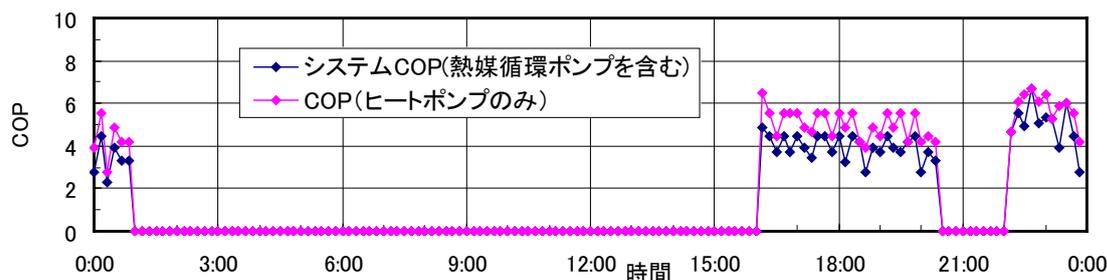


図 5-2 (4) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) のエネルギー効率

(5) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 一次側熱媒流量

- ・ 一次側熱媒流量：一次側熱媒流量の 10 分毎の実測値

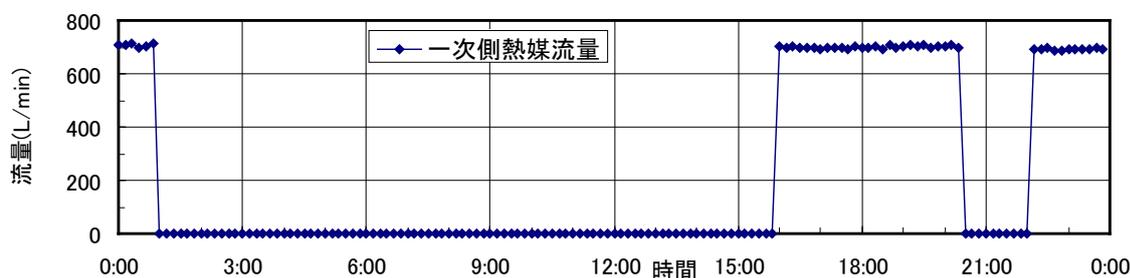


図 5-2 (5) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の一次側熱媒流量[L/min]

(6) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 一次側熱媒温度差

- ・ 熱媒入口温度：一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ入口温度の 10 分毎の実測値
- ・ 熱媒出口温度：一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度の 10 分毎の実測値
- ・ 入口出口温度差：一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度と入口温度の 10 分毎の差の計算値

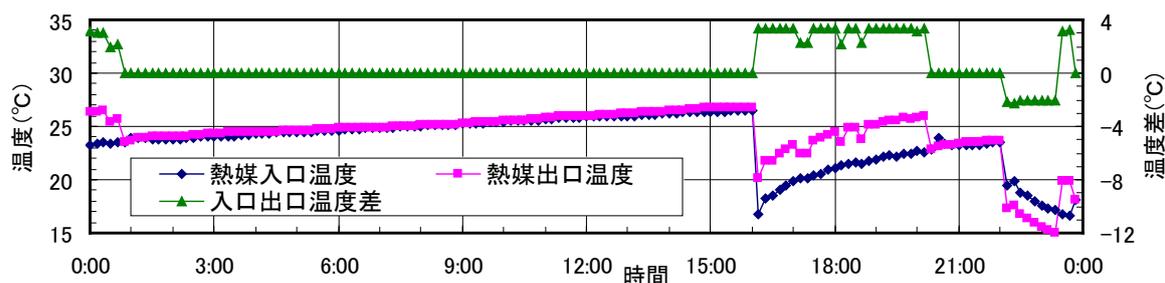


図 5-2 (6) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の一次側熱媒温度差[°C]

(7) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 二次側熱媒温度

- ・ プール加温入：二次側のプール加温熱媒の地中熱ヒートポンプ入口温度
- ・ プール加温出：二次側のプール加温熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度
- ・ 冷温水生成出：二次側の冷温水生成熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度
- ・ 冷温水生成入：二次側の冷温水生成熱媒の地中熱ヒートポンプ入口温度

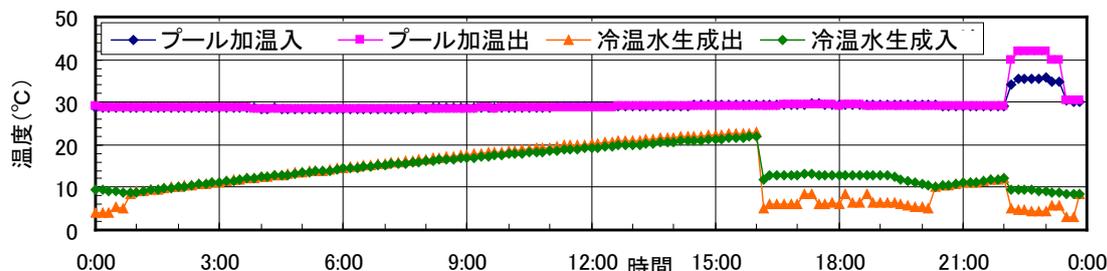


図 5-2 (7) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の二次側熱媒温度[°C]

(8) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) 外気温 (アメダスデータ)

- ・外気温：一日の外気温の 10 分毎の実測値

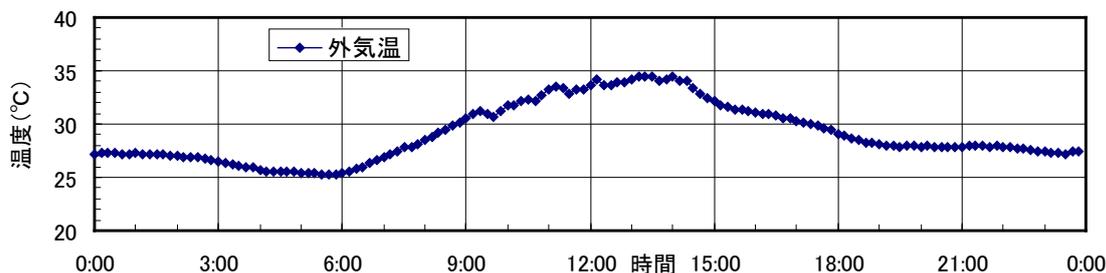


図 5-2 (8) 冷房運転代表日 (平成 22 年 8 月 25 日) の外気温[°C]

5.4 実証試験期間の暖房試験代表日測定項目のグラフ

暖房試験中の代表的と思われる 1 日として平成 22 年 11 月 18 日のデータの経時変化を図 5-3(1)～5-3(10) (詳細版本編 34 ページ～37 ページ) に示す。本データのサンプリング周期は 1 分である。サンプリング周期が 1 分になると、測定に使用している積算電力量計の最小分解能の 1kWh が測定されることが多くなり、グラフは同一の大きさの数値が継続する単調なグラフとなる。熱量のグラフでは、1 枚のグラフに複数の測定値を入れると重なって見にくくなるので、測定値毎にグラフを作成した。

(1) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 一次側熱媒熱量

- ・一次側熱媒：一次側熱媒熱量の 1 分毎の計算値

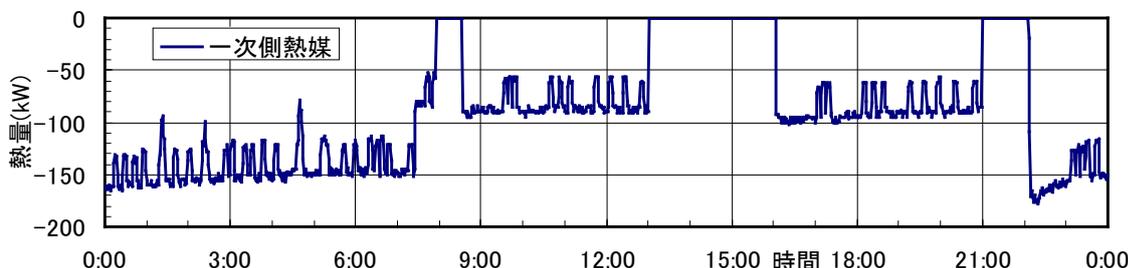


図 5-3 (1) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の一次側熱媒熱量[kW]

(2) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 二次側熱量

- ・二次側冷温水生成：二次側冷・温水熱量の 1 分毎の計算値

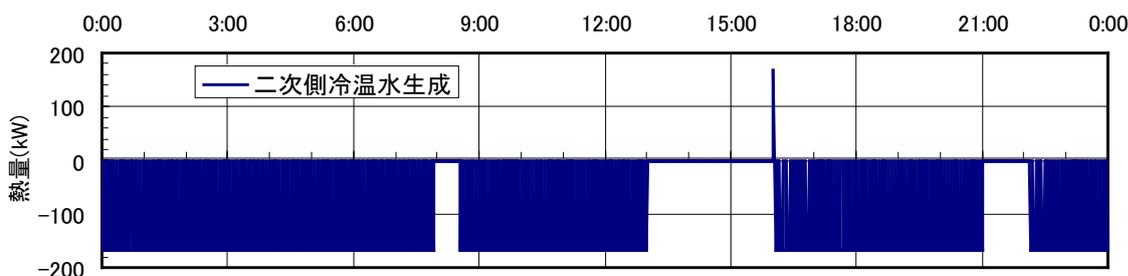


図 5-3 (2) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の二次側熱量[kW]

(3) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 二次側熱量

- ・ 二次側プール加温：二次側プール加温熱量の 1 分毎の計算値

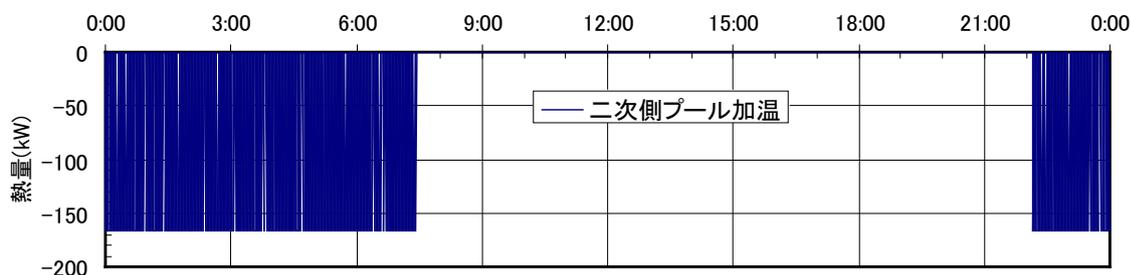


図 5-3 (3) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の二次側熱量[kW]

(4) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 部分負荷率

- ・ 冷温水生成：冷・温水生成の部分負荷率の 1 分毎の計算値
- ・ プール加温：プール加温の部分負荷率の 1 分毎の計算値

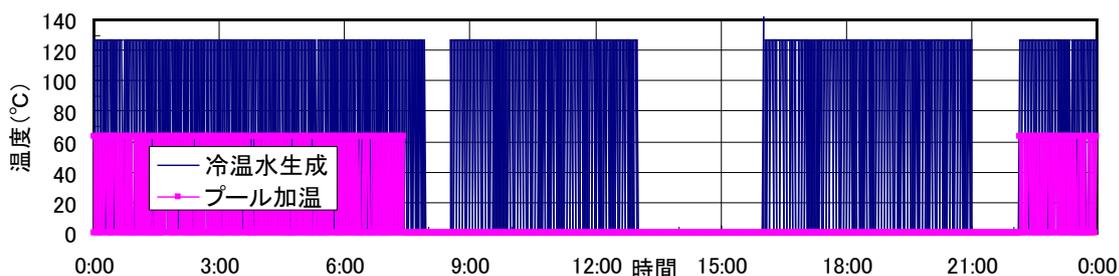


図 5-3 (4) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の部分負荷率

(5) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 消費電力

- ヒートポンプ：地中熱ヒートポンプ消費電力の 1 分毎の実測値
- 一次側熱媒循環ポンプ：一次側熱媒循環ポンプ消費電力の 1 分毎の実測値

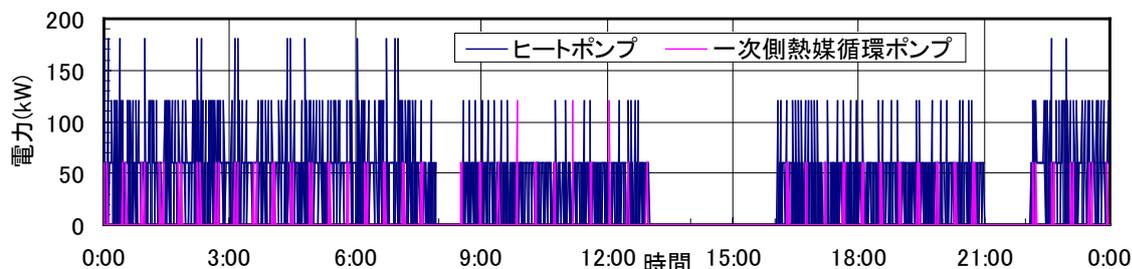


図 5-3 (5) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の消費電力[kW]

(6) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) エネルギー効率

- ・ SCOP : 地中熱ヒートポンプと一次側循環ポンプを含む COP の 1 分毎の計算値

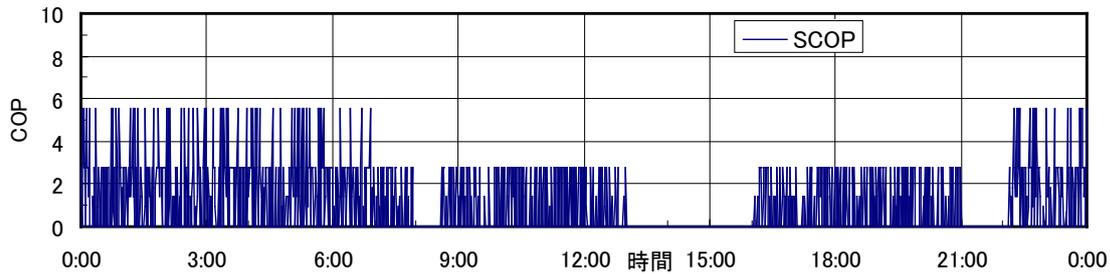


図 5-3 (6) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) のエネルギー効率

(7) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 一次側熱媒流量

- ・ 一次側熱媒流量 : 一次側熱媒流量の 1 分毎の実測値

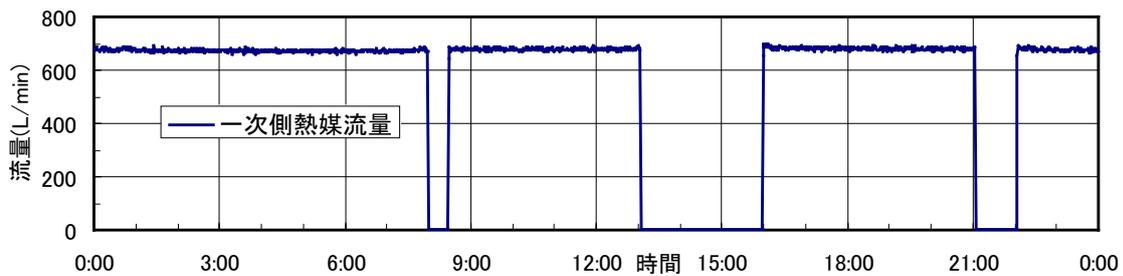


図 5-3 (7) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の一次側熱媒流量[L/min]

(8) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 一次側熱媒温度

- ・ 一次側熱媒入口 : 一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ入口温度の 1 分毎の実測値
- ・ 一次側熱媒出口 : 一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度の 1 分毎の実測値
- ・ 入口出口温度差 : 一次側熱媒の地中熱ヒートポンプ出口温度と入口温度の 1 分毎の差の計算値

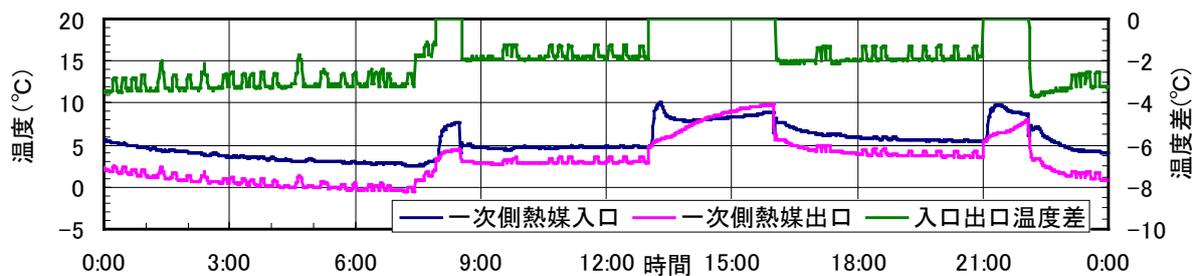


図 5-3 (8) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の一次側熱媒温度[°C]

(9) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 二次側熱媒温度

- ・ プール加温入：二次側熱媒のプール加温入口温度の 1 分毎の実測値
- ・ プール加温出：二次側熱媒のプール加温出口温度の 1 分毎の実測値
- ・ 冷温水出：二次側熱媒の冷温水の出口温度の 1 分毎の実測値
- ・ 冷温水入：二次側熱媒の冷温水の入口温度の 1 分毎の実測値

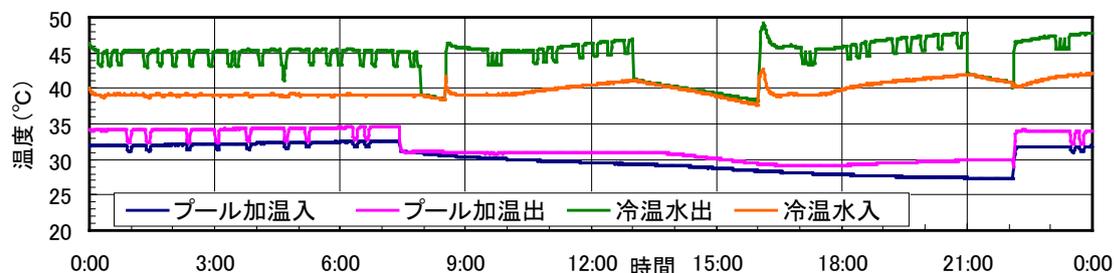


図 5-3 (9) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の二次側熱媒温度[°C]

(10) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) 外気温 (アメダスデータ)

外気温：一日の外気温の 10 分毎の実測値

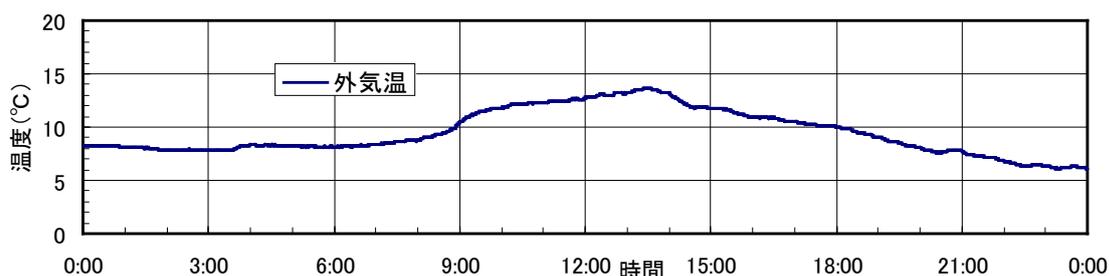


図 5-3 (10) 暖房運転代表日 (平成 22 年 11 月 18 日) の外気温[°C]

6. 実証単位 (C) 地中熱交換部の実証試験の結果【実証項目】

6.1 地中熱交換部全体の实証項目の代替とする地質データ

実証試験要領 (第 2 版) の p.15 の規定に基づき「代替する地質データ」として採用した、平成 21 年度クールシティ推進事業におけるサーマルレスポンス試験のデータを以下に示す。上記の規定を適用した根拠については 4.7 (詳細版 24 ページ) 参照。なお、平成 21 年度クールシティ推進事業の報告書から関係する部分を抜粋したものを添付資料 1 (詳細版添付資料 46 ページ) に示す。

(1) 試験を実施した坑井

試験坑井：試験用に掘削した調査孔 No.2

坑井仕様：坑径 150mm、深さ 100m

熱交換器：ダブルU字管、深さ 100m

サーマルレスポンス試験を実施した坑井の場所を図 6-1 に示す。

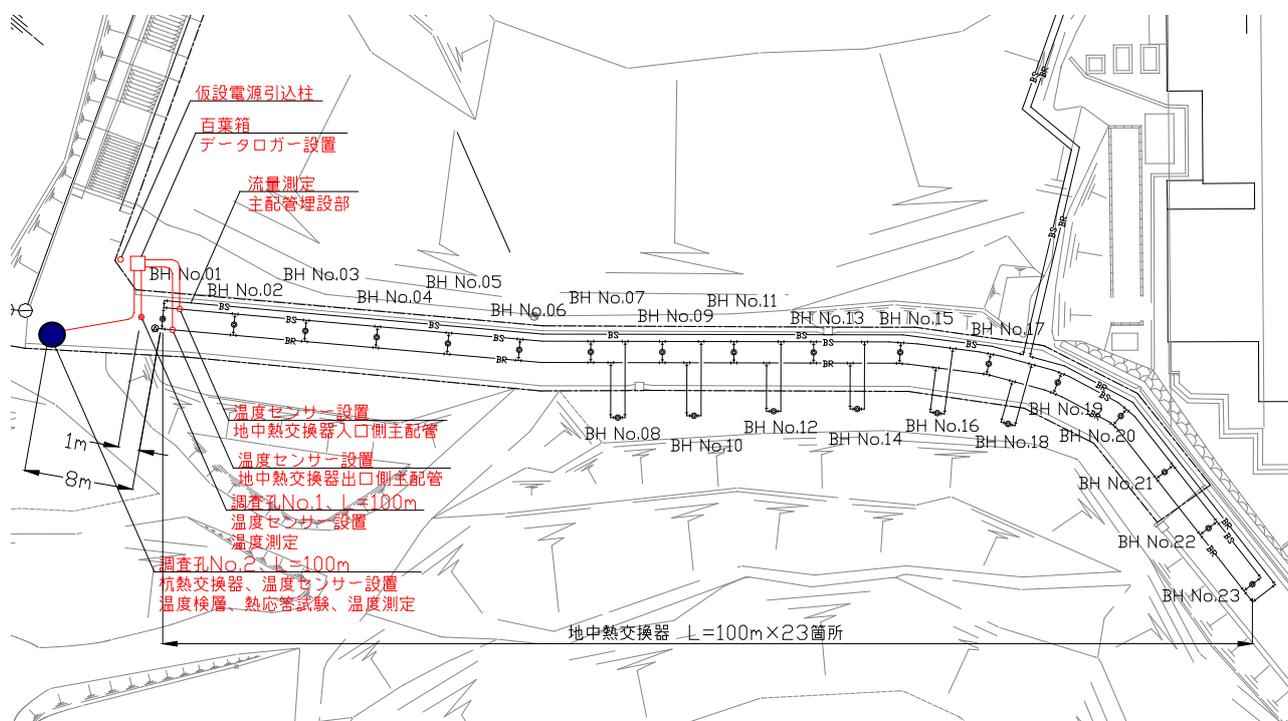


図 6-1 サーマルレスポンス試験を実施した坑井の場所

(2) サーマルレスポンス試験実施日程

- ・試験期間：平成 21 年 9 月 20 日～平成 21 年 9 月 26 日
- ・試験実施日程：サーマルレスポンス試験の各測定等の実施日程を表 6-1 に示す。

表 6-1 既存のサーマルレスポンス試験の実施日程

項目	平成 21 年 9 月						
	20 日	21 日	22 日	23 日	24 日	25 日	26 日
装置設置・準備	—						
加熱循環		—	—				
温度回復				—	—	—	
撤収							—

(3) サーマルレスポンス試験の結果

サーマルレスポンス試験の結果を表 6-2 に示す。

表 6-2 地中熱交換部全体の実証項目【代替する地質データ】

項目	結果	条件・備考
a. 地中熱交換井の熱抵抗 [K/(W/m)]	—	データはなし
b. 土壌部分の熱伝導率 [W/(m・K)]	1.72 (参考値)	平成 21 年度クールシティ推進事業の試験結果により代替するが、参考値として扱う。

(4) 「代替する地質データ」としての活用に対する実証機関のコメント

- ①平成 21 年度クールシティ推進事業でサーマルレスポンス試験を行ったのは調査用の調査孔（坑径 150mm）であり、実際に利用されている 23 本の地中熱交換井の坑径（深さ 0～20m : 160mm、20～100m : 127mm）と異なる。しかし、サーマルレスポンス試験で土壌部分の熱伝導率を求める方法は試験坑井の坑径に関係がないため、この試験結果は代替する地質データとして活用可能と考えられる。なお、23 本の地中熱交換井は平面距離約 100m の間に並んでおり、サーマルレスポンス試験をした調査孔は地中熱交換井の列の最も外側にあつて、地質や土壌部分の熱伝導率は全く同じとは限らないため、本試験結果は「参考値」として取り扱うことが適当である。
- ②平成 21 年度クールシティ推進事業で実施されたサーマルレスポンス試験では、熱交換井の熱抵抗は測定されていない。そのため、熱交換井の熱抵抗については代替する地質データは存在しない。

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）

熱媒循環部の概要を表 6-3 に示す。

表 6-3 熱媒循環部の概要

製品名	硬質ポリエチレンパイプφ40(U字)
製造事業者	SINO-AUSTRALIA TIMES PLASTICS CO.,LTD
輸入販売事業者	ミサワ環境技術株式会社

本実証項目は、性能を証明する書類の写しを確認する項目であるが、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、添付資料 2、3（詳細版添付資料 60～70 ページ）参照。

表 6-4 熱媒循環部の実証項目

実証項目	結 果																																				
c.流量範囲*1	流量 [L/min]	20	25	30	35	40																															
	管内流速 [m/sec]	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40																															
	損失水頭 [mH ₂ O]	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7																															
	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	0.42W/m・K																																			
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*2	参考情報	実証申請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 (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">試験結果 (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	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																																			
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、円周応力：5.0MPa 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・販売しているもので、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。

* 2：[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。)

6.3 熱媒の実証項目

熱媒の概要を表 6-5 に示す。

表 6-5 熱媒の概要

製品名	CHICHUNETSU BRINE*1
製造事業者	ショーワ株式会社
販売事業者	ミサワ環境技術株式会社
特徴	プロピレングリコールをベースとした不凍効果の熱媒体

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、添付資料 3 (詳細版添付資料 71～86 ページ) 参照。

表 6-6 熱媒の実証項目

実証項目	結 果																																																											
i. 腐食性* ³	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																																																										
	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">試験片</td> <td rowspan="2">希釈液 温度</td> <td colspan="4">腐 食 量 (mg/cm²)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">水道水希釈</td> <td colspan="2">JIS調合水</td> </tr> <tr> <td></td> <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></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></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></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></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></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></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	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																																																				
温度	88℃																																																											
通気量	100ml/min																																																											
時間	336,1000,3000hr																																																											
	濃度 50v/v%	<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* ³	項目	k. 熱容量 (比熱)* ³																																																									
実証項目	結 果																																																											
l. 引火性* ³	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* ³	急性毒性 (経口)	ラット LD ₅₀ * ⁴ : 約 20g/kg																																																										
n. 生分解性 / 残留性* ³	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留性はなく分解は良好である。 ・ 生体蓄積性 : BCF (生物濃縮係数) は 1 以下である。 																																																											

- * 1 : 詳細版添付資料によると、CHICHUUNETSU BRINE は、ショーワ株式会社*2が製造元である。
- * 2 : ショーワ株式会社は、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、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。

7. 考察

7.1 システム全般の挙動

本実証対象技術は、深さ 100m で 23 本の地中熱交換井を有し、地中熱ヒートポンプの時間平均消費電力でみると冷房期間は 30.5kW、暖房期間は 41.5kW であり、一次側熱源水循環量は約 700L/min で、実証対象技術として実証試験を行った他のシステムと比較して規模が大きい。また、冷暖房の空調とプール加温という運転が 1 日の中に混在しており、冷房期間中でも 1 日の内で冷房のための冷水生成とプール加温のための加熱があり、他の実証単位 (A) のシステムと比較して挙動が複雑であった。このような大規模で複雑な地中熱利用システムが順調に稼動していることは、ヒートアイランド現象の抑制や省エネルギーの推進に大きく貢献すると期待できる。

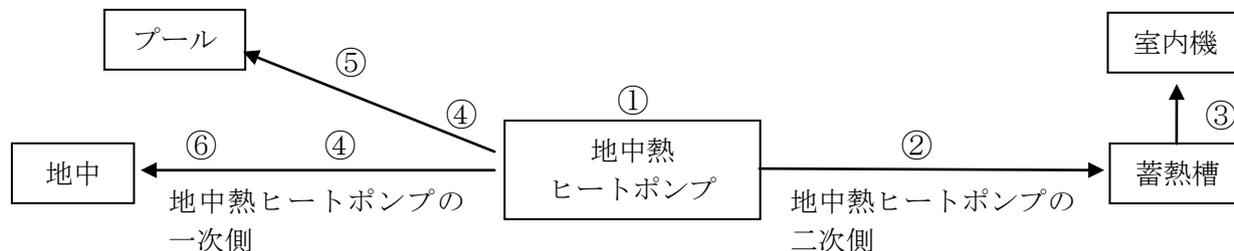
7.2 プール加温のメリット

冷房を行うことにより生じる排熱を利用してプール加温をしていることが、本実証対象技術の特徴である。そのメリットは実証試験で測定された数値にも表れている。冷房期間の生成熱量をみると、二次側冷水生成熱量は 24,221kWh、二次側プール加温の熱量は 13,090kWh である。これらの熱量を比較すると、二次側プール加温の熱量は二次側冷水生成熱量の約半分であり、二次側プール加温の熱量は二次側冷水生成時の排熱の利用で全てまかなっているものといえる。

空気熱源ヒートポンプ空調 (一般のエアコン) では、冷房排熱は大気中に排出されており、ヒートアイランド現象の原因の一つとなっている。地中熱利用ヒートポンプシステムでは冷房排熱が地中に排熱されているのでヒートアイランド現象を生じることはないが、冷房排熱を地中に放熱していることはエネルギーの有効利用という面ではまだ工夫の余地のあるものである。

この実証対象技術のように、冷房をしている時に熱を利用する需要が別にある場合は、冷房排熱を加熱に有効利用することにより、ヒートアイランド現象の抑制の面で大きな効果が期待できるほか、消費エネルギーの削減の面でも有効となるものである。

冷房排熱をプール加温に使用するメリットの原理を、熱の流れの順を追って下に説明する。



- ①地中熱ヒートポンプで冷却された熱媒を生成する。
- ②冷却された熱媒で蓄熱槽に冷水を生成する。
- ③冷水で室内を冷房する。
- ④地中熱ヒートポンプの二次側で冷却された熱媒を生成すると、同時に地中熱ヒートポンプの一次側では排熱が生じる。
- ⑤地中熱ヒートポンプの一次側で生じた排熱はプールの加温に利用する。

⑥地中熱ヒートポンプの一次側で生じた排熱の余剰は地中に放熱する。

このようにして、排熱は地中に捨て、大気中には放熱しないので、ヒートアイランド現象の原因とはならない。また排熱をプール加温に利用するので、エネルギーの有効利用となる。

8. 実証試験の品質管理・監査

8.1 品質管理システムのあらまし

実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）が、本実証試験で行った品質管理・監査について記す。

(1) 品質管理の方法

JIS Q 9001 および JIS Q 17025 の趣旨にしたがって品質管理を行った。

(2) 品質管理・監査体制

本実証試験における品質管理・監査体制は、表 8-1 のとおりである。なお、各担当の品質管理及び監査の内容については、表 8-3（詳細版本編 44 ページ）に示す。

表 8-1 実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）の品質管理・監査体制

品質管理・監査担当	実証機関での役職	氏名
総括責任者	総括責任者	笹田政克
品質管理責任者	実証機関事務局長	宮崎眞一
技術監査	実証機関技術監査	松永烈

8.2 試験とデータの品質管理

本実証対象技術では、実証試験開始前から計測設備が設置されていたが、実証試験開始に当たっては、実証対象技術および計測設備を実証機関の品質管理責任者が点検し、問題のないことを確認した。

また、実証試験中には実証機関の品質管理責任者、実証試験担当者が現地の確認を 3 回行って、試験の品質を確認した。実証試験の測定データは実証試験担当者が確認し、データ整理、解析は申請者の技師が実施して、実証試験担当者が確認をした。

8.3 実証試験の立会い

実証試験の立会・確認は、下記のように行った。実証試験での実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）の立会・確認者を表 8-2 に示す。

表 8-2 実証試験での実証機関（特定非営利活動法人地中熱利用促進協会）の立会・確認者

立会・確認月日	品質管理担当	実証機関での役職	氏名
平成 22 年 7 月 14 日	品質管理責任者	実証機関事務局長 実証試験担当者	宮崎眞一 小間憲彦
平成 22 年 7 月 30 日		実証試験担当者	小間憲彦
平成 22 年 9 月 14 日	品質管理責任者	実証機関事務局長 実証試験担当者	宮崎眞一 小間憲彦

8.4 品質管理及び監査の内容

表 8-1 に示した各担当による品質管理・監査の内容は表 8-3 にまとめて示した。

表 8-3 品質管理及び監査の内容

品質管理の対象	品質管理		監査	
	責任者	対策実施内容	担当	監査内容
試験方法の妥当性	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験は実証試験要領の規定にしたがって計画し実施した。 ・上記のことは、実証機関の総括責任者、品質管理責任者、実証試験担当者などが確認をした。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書の段階に、監査を行った。
測定機器の精度、測定設備の妥当性	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定機器の精度は実証試験要領にしたがって確認した。 ・実証試験要領の規定と異なる精度の測定機器を使用する場合は、技術実証委員会等の了承を得た。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書作成の時、及び計画と異なる測定機器での試験を行う際に、監査を行った。
データの吸い上げ	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験のデータの吸い上げは申請者の技師が行った。吸い上げたデータは実証機関の実証試験担当者が確認した。 	実証機関総括責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験期間の終了に際して、監査を行った。
データの保管	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・データの保管は、実証機関の品質管理責任者が行った。 	実証機関総括責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証期間中に適宜、監査を行った。
測定のトレーサビリティ	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・測定機器や測定方法は明瞭に記録しており、測定のトレーサビリティを確保した。 	実証機関総括責任者と実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験計画書作成時に監査を行った。
データの検証	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・データの整理・解析は実証機関の実証試験担当者が行った。また実証機関の品質管理責任者はデータ整理・解析の結果を確認して、その適正なことを確認した。 	実証機関総括責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・試験期間の終了に際して、監査を行った。
実証試験報告書の妥当性	品質管理責任者	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験報告書は、実証機関の総括責任者、品質管理責任者が確認した。また技術実証委員会の了承を得た。 	実証機関総括責任者及び実証機関技術監査	<ul style="list-style-type: none"> ・技術実証委員会の資料及び報告書の原稿に対して監査を行った。

○付録

付録として付表-1 に示すとおり、資料を添付する。

付表-1 添付資料内容

資料名	資料内容	掲載ページ
添付資料 1 代替する地質データ	平成 21 年度 クールシティ推進事業 [地下水等活用型・地中熱利用型] 地下水欠如地域における地中熱ヒートポンプシステム実証事業 報告書	詳細版付録 47～60 ページ
添付資料 2 熱媒循環部の性能を証明する書類の写し	添付資料 2-1 熱媒循環部（U字管）のカタログ	詳細版付録 61～64 ページ
	添付資料 2-2 熱媒循環部（硬質ポリエチレンパイプの試験報告書）	詳細版付録 65～69 ページ
	添付資料 2-3 地中熱交換器 損失水頭計算書	詳細版付録 70～71 ページ
添付資料 3 熱媒の性能を証明する書類の写し	添付資料 3-1 熱媒のカタログ	詳細版付録 72～82 ページ
	添付資料 3-2 熱媒の製品安全データシート	詳細版付録 83～87 ページ

添付資料 1 代替する地質データ

（TRTの部分抜粋）

平成 21 年度

クールシティ推進事業 [地下水等活用型・地中熱利用型]

地下水欠如地域における
地中熱ヒートポンプシステム実証事業

報告書

平成 22 年 3 月

ミサワ環境技術株式会社

（2）地盤の熱応答試験

試験用に掘削したボーリング孔（No.2：φ150、L=100m）に地中熱交換器を設置した。地中熱交換器に循環水を循環させながら、電気ヒーターによって一定の熱量で加熱を続け、循環水温度を測定した。試験は、下記の日程で平成21年9月20日から9月26日まで実施した。

表 4-5-1 熱応答試験実施工程

項目	日数	9/20	21	22	23	24	25	26
熱応答試験								
装置設置・準備	1日	■						
加熱循環	1日		■	■	■	■	■	
温度回復	1日			■	■	■	■	
撤収	1日						■	

熱応答試験装置写真を写真 4-5-5、熱応答試験装置の諸元を表 4-5-2 に、熱応答試験の模式図を図 4-5-6 に示す。熱応答試験の調査手順は次の通りである。なお、光ファイバー温度計を地中熱交換器に挿入し、1m 毎の温度測定を実施した。

- ① 加熱開始直前の地下循環水の往きの温度と還りの温度をモニタリングし、その温度を地層の初期温度とした。
- ② 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。
- ③ 加熱された地下循環水の往きの温度と還りの温度をモニタリングした。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した。今回の試験では、約48時間の加熱を実施した。
- ④ 加熱終了後、即時、地下循環水の循環を停止した。加熱停止後の温度回復データは、光ファイバー温度計によって測定した。



写真 4-5-5 制御・記録ユニット、加熱・ポンプユニット装置写真

表 4-5-2 熱応答試験装置の諸元

熱応答試験制御・記録ユニット (寸法 W600×D460×H280、重量 20kg)

品名	仕様	数量
電力計	単相 200V、測定レンジ 5kW、精度±0.5%	1
温度計	白金抵抗体 Pt100、測定範囲-50～+250℃	3
流量計	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

加熱・ポンプユニット (寸法 W310×D650×H570、重量 20kg)

品名	仕様	数量
加熱用電気ヒーター	シーズーヒーター 1kW	1
	シーズーヒーター 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

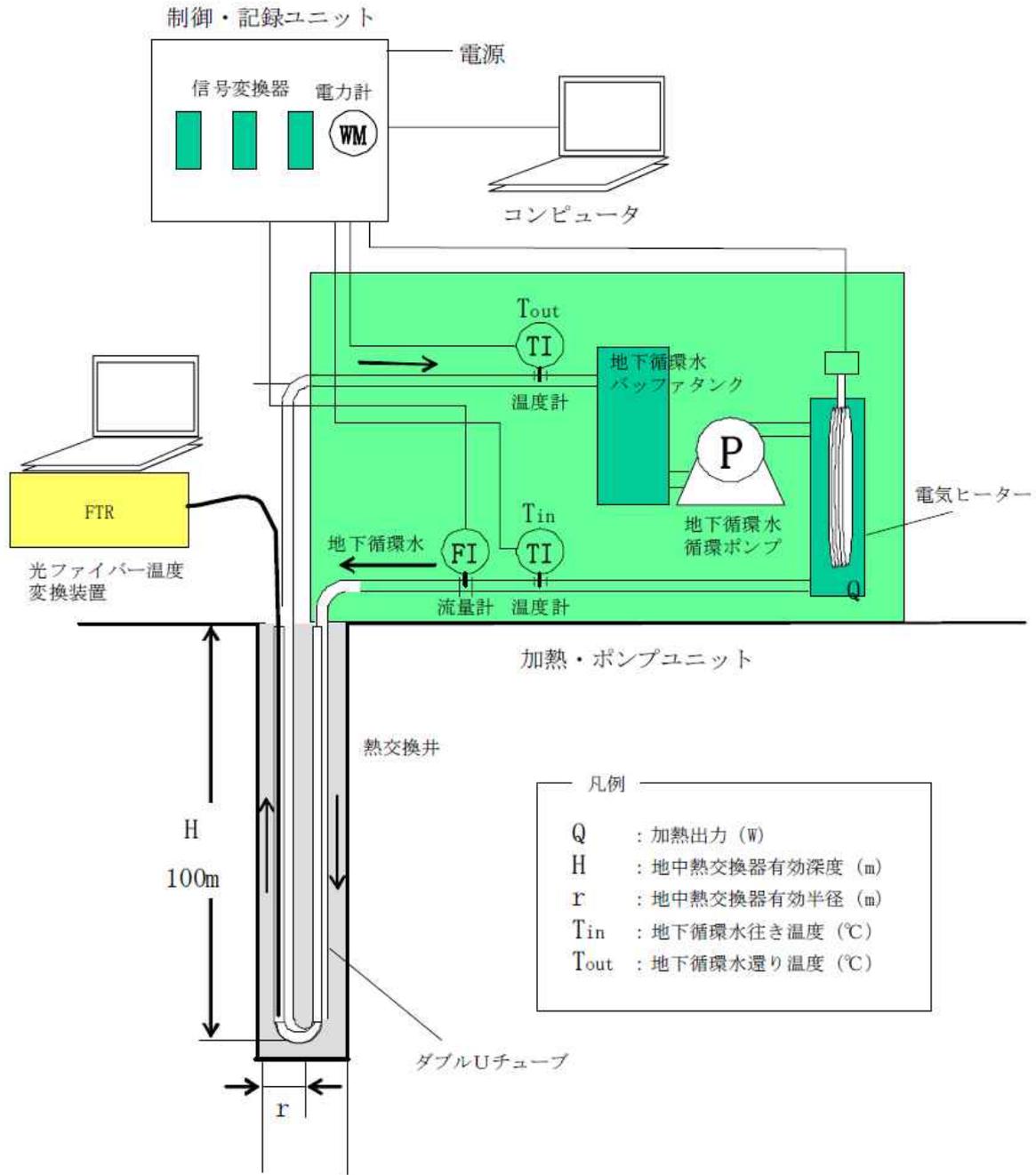


図 4-5-6 熱応答試験模式図

また、計測に使用した光ファイバー温度計の仕様・測定条件は次の通りである。

【計測器仕様】

- a. 名称・形式：光ファイバー温度計（日立電線製 FTR070）
- b. 測定範囲：-200～300℃
- c. 測定精度：±1℃
- d. 応答時間：60秒

【測定条件】

- a. 測定場所：Bor No. 2、深度1m毎
- b. 測定間隔：5分毎
- c. 使用機器数：1台

FTR®光ファイバ温度レーダ

リアルタイムで異常温度の管理ができます。



概要

光ファイバ温度レーダは、光ファイバ内部で発生する反射光を利用したセンシング技術です。光ファイバ自体を温度センサとして利用しますので、温度測定したい場所に沿わせるだけで連続的かつ精度の高い計測をリアルタイムに実施します。センサ用光ファイバは、あらゆる環境に合わせさまざまなタイプを取り揃えております。

特徴

広範囲の温度分布を細かく把握できます。（±1℃の精度で1m毎に計測）。
光ファイバ自体がセンサであり電磁誘導を受けずに正確な温度測定が可能です。
従来のGI型光ファイバの他に低コストなSM型光ファイバをご利用できます。
メンテナンスやシステム拡張も容易です。

図 4-5-7 光ファイバー温度計仕様(1)

センサ本体・仕様			
項目	FTR1000(GI)	FTR1000(SM)	FTR070(50)
サンプリング 間隔距離	2m	2m	1m
測定距離	5km	5km	1km
温度精度	±2°C	±2°C	±1°C
測定時間	約5分	約5分	約60秒
測定温度範囲	-200~300°C(光ファイバの被覆材種類による)		
動作周囲温度	0~40°C(但し上記記載温度精度は20~30°Cの場合)		
相対湿度	95%以下(結露なきこと)		
電源	AC100V 50/60HZ 1.5A以下		
外形寸法	FTR1000: 480Wx370Dx199H / FTR070:480Wx400Dx181H(突起部除く)		
質量	FTR1000:約10kg/FTR070:約15Kg		
適用光ファイバ	GI50/125	SM	GI50/125

FTRの原理

光強度
 レーリ散乱光
 ラマン散乱光 (アンチストークス光)
 ラマン散乱光 (ストークス光)
 波長
 強度が温度に依存

ストークス光
 ラマン散乱光
 アンチストークス光

ラマン散乱光

光ファイバ組成材料 (ガラス)の分子運動により入力端に戻る散乱光

分子運動エネルギーは温度に依存

光パルス

光ファイバに沿った縦断的温度計測への応用

図 4-5-8 光ファイバー温度計仕様 (2)

電力計の瞬時電力、温度計、循環水の流量計の信号は、熱応答試験装置内の 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により、1 分毎のサンプリング周期でデータロガーに収録した。計測に使用した機器の仕様は次の通りである。

データロガー (温度センサー用)

- a. 名称・形式 : エムシステム R1M-J3T
- b. 測定精度 : $\pm 0.05\%$
- c. 測定間隔 : 1分毎
- d. 使用機器数 : 1 台

データロガー (電力量計、流量計用)

- a. 名称・形式 : エムシステム R1MS-GH3T
- b. 測定精度 : $\pm 0.05\%$ (\pm 電力2.5W、流量 $\pm 0.05\text{L}/\text{min}$)
- c. 測定間隔 : 1分毎
- d. 使用機器数 : 1 台

電力計

- a. 名称・形式 : オムロン K3FL-WT3
- b. 測定精度 : $\pm 25\text{W}$ ($\pm 0.5\%$ of F.S.)

温度計

- a. 名称・形式 : オムロン E52-P6D B級
- b. 測定精度 : $\pm 1.0^\circ\text{C}$

流量計

- a. 名称・形式 : キーエンス FD-M50AY
- b. 測定精度 : $0.3\text{L}/\text{min}$ ($\pm 0.6\%$ of F.S.)

加熱・ポンプユニット、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。また、加熱ポンプユニットから地中熱交換器までの配管には断熱材を巻くとともに、日射の影響を避けるためにアルミ蒸着ポリエステルシートを断熱材表面に施した。

熱応答試験の試験実績を表 4-5-3 に示す。

表 4-5-3 熱応答試験実績表

坑名	月 日	時刻	イベント	非加熱時間 (h)	加熱時間 (h)	加熱出力 (W)
	9 月 20 日	12:26	循環開始			
	9 月 20 日	12:37	加熱開始	0.2		2,538
	9 月 22 日	12:36	加熱停止		48.0	(25.4W/m)
	9 月 22 日	12:37	循環停止	0		



写真 4-5-6 測定時の機器設置状況



写真 4-5-7 測定時の機器設置状況



写真 4-5-8 熱応答試験装置（加熱・ポンプユニット）



写真 4-5-8 地中熱交換器接続状況

4.5.2 測定・評価結果

(1) 熱応答試験の実施

1) 熱応答試験結果

図 4-5-14 に加熱循環中の熱媒体の温度と流量、熱交換量を示す。今回の試験では熱媒体は 9/20 の 12:36 から 9/22 の 12:36 までの 48 時間加熱循環した。試験期間中の熱交換量は最大で 400W の変動幅はあるものの全体として約 2500W で安定した値を示した。

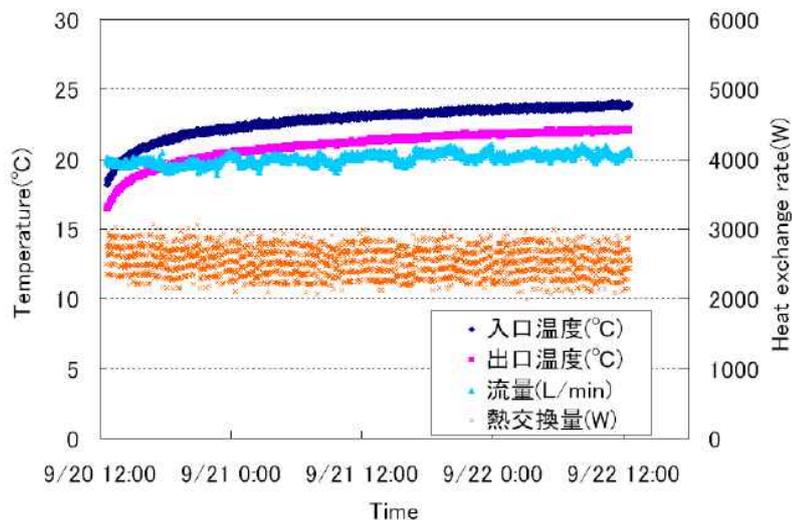


図 4-5-14 熱応答試験結果

次に U 字管内に挿入した光ファイバー温度センサーを用いた測定結果を示す。加熱循環中の地中温度分布を左図に、加熱循環終了後の地中温度分布を右図に示す。循環終了時には約 21°C まで上昇した地中温度は 12 時間で約 5°C 回復し、3 日後では浅部ではほぼ初期温度にまで回復した。

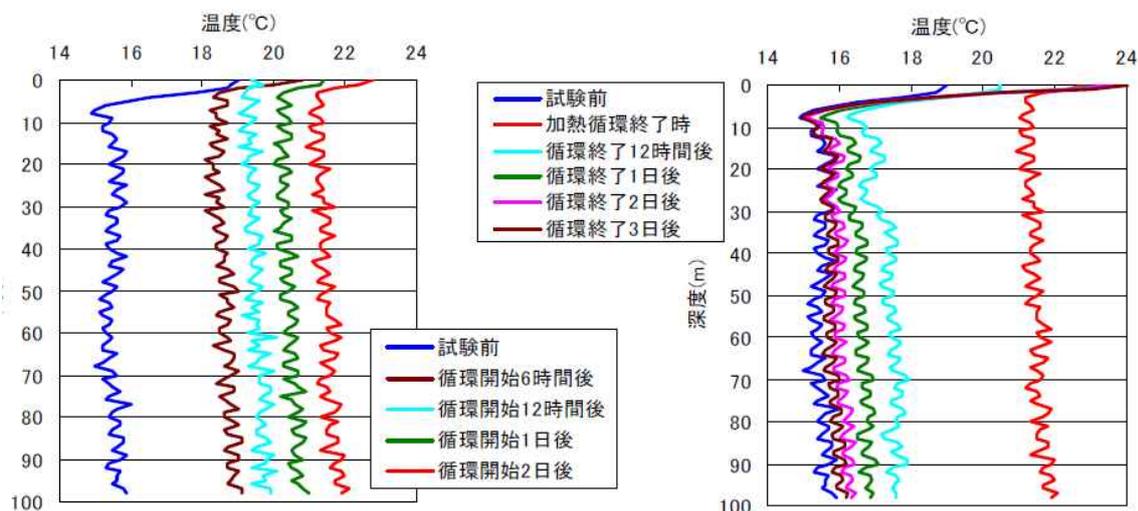


図 4-5-15 地中温度分布

2) 作図法を用いた解析

循環中の熱媒体の温度変化を用いて作図法によって解析を行った。この解析方法は、適用が容易であり、広汎に用いられている解析方法である。

図 4-5-16 に循環時間を対数で X 軸に、循環中の入口温度と出口温度の平均値を Y 軸にとり、解析結果を示す。図の傾きから、地層の平均熱伝導率は 1.72(W/m/K) と推定された。

後述する解析解を用いたモデルによる解析で求められた各深度の熱伝導率 (図 4-5-19) の平均値は 1.97(W/m/K) である。作図法を用いた解析でもこれとほぼ等しい結果が得られた。

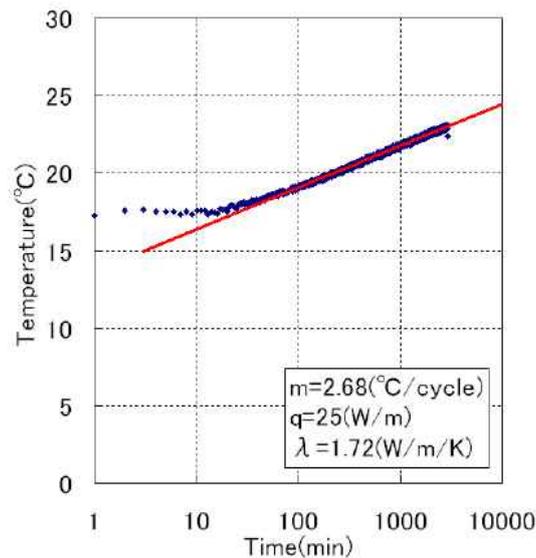


図 4-5-16 作図法を用いた解析結果

3) 解析解を用いたモデルによる解析

光ファイバー温度センサーで計測した循環終了後の U 字管内の温度分布を用いて、地層の熱伝導率解析をヒストリーマッチング法により行った。

ヒストリーマッチング法とは循環時における熱媒体の地中熱交換器温度を入力値とし、地盤の見かけ熱伝導率をマッチングパラメータとして解析解に基づいて地中熱交換器出口温度を計算し、計算値と実測値のヒストリーマッチングにより地盤の見かけ熱伝導率を推定する方法である。今回の試験では抗井長が 100m と長く、1m 毎の解析では計算時間が多大となるため、1 層 2m の計 50 層を定義して解析を行った。

入口温度から計算された出口温度のマッチング結果を図 4-5-17 に、循環終了後の U 字管内の温度分布マッチング結果を図 4-5-18 にそれぞれ示す。地中温度分布のマッチングは、図 4-5-15 より、循環終了 2 日後にほぼ初期温度まで回復しているため、1 日後と 2 日後の温度分布について行う。

出口温度、地中温度分布ともに良好な一致を示しており、熱応答試験の結果を十分に再現することができたと考えられる。

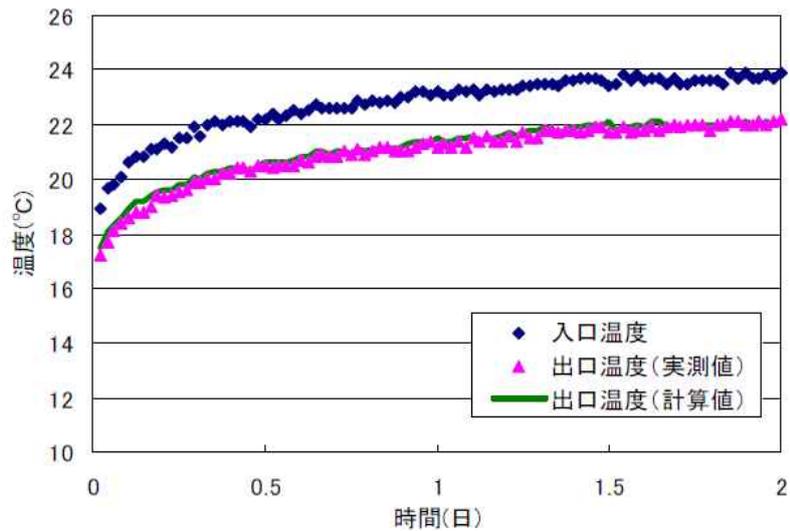


図 4-5-17 出口温度のマッチング結果

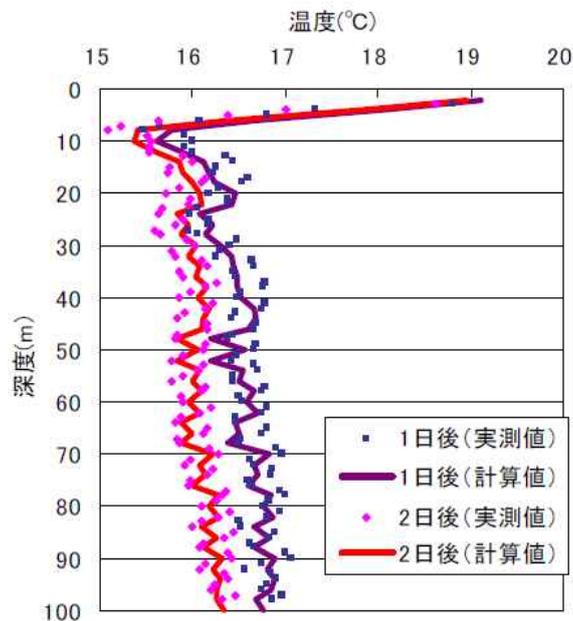


図 4-5-18 循環終了後の温度分布のマッチング結果

解析によって得られた深度毎の熱伝導率分布と地質柱状図を図 4-5-19 に示す。本施設の地質は地下約 50m までが砂や砂岩で、それ以降は泥岩である。推定された熱伝導率分布は、泥岩層では約 1.0~1.6(W/m/K) と低い値を示し、砂層では 2.1~5.1(W/m/K)、砂岩層では 1.3~3.7(W/m/K) の高い値を示し、地質と相関を示している。地下 10~30m では特に高い値を示しており、地下水流動の存在が示唆された。

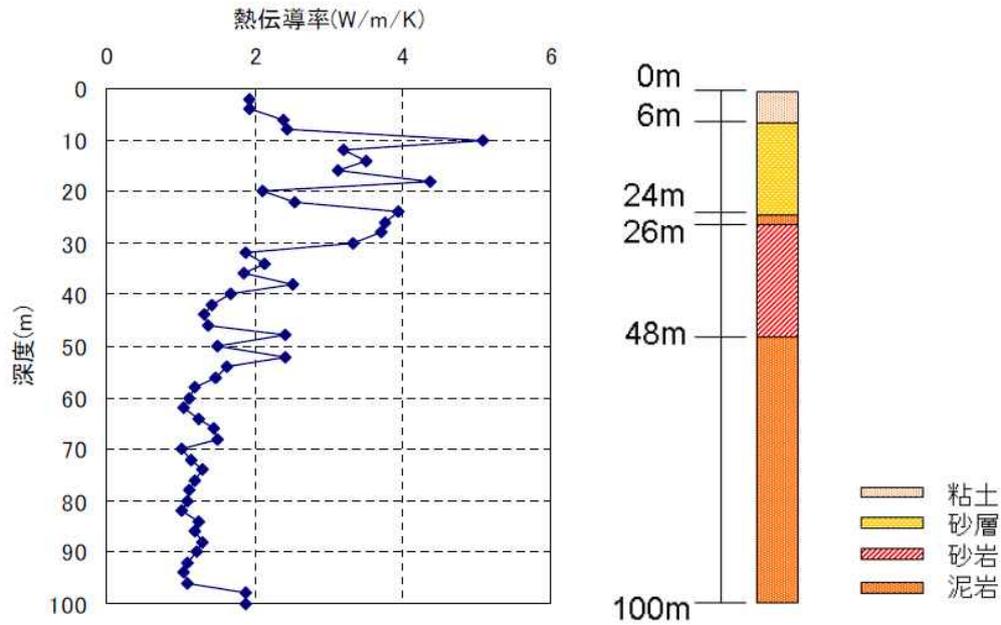


図 4-5-19 解析で得られた熱伝導率分布と地質柱状図

(2) 地中温度挙動

図 4-5-20 に観測井 No. 1、図 4-5-21 に観測井 No. 2 のそれぞれにおいて 10 分毎に測定した地中温度の 2009 年 10 月 6 日～12 月 17 日までの一週間毎における平均地中温度分布を示す。

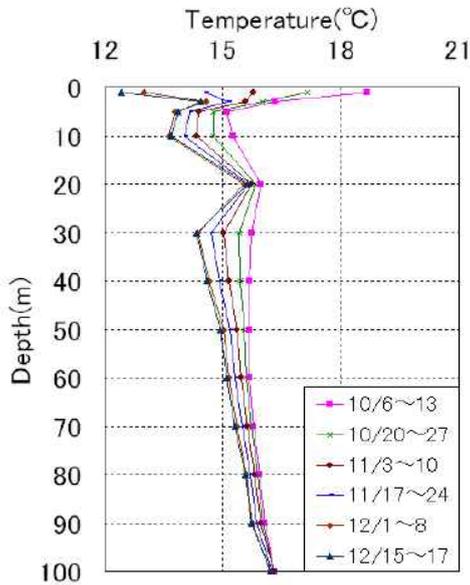


図 4-5-20 観測井 No. 1 地中温度分布

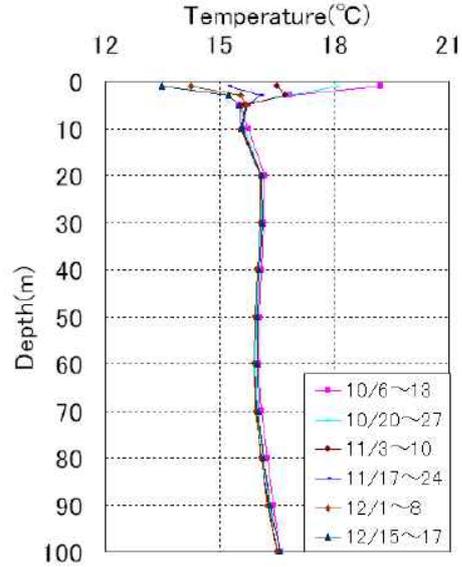


図 4-5-21 観測井 No. 2 地中温度分布

観測井 No. 2 では深度 10m 以深において時間の経過による地中温度の変化はほぼ見られないが、観測井 No. 1 では時間の経過とともに地中温度が低下している。これは観測井 No. 1 が地中熱交換器 No. 1 の近傍にあることで、地中熱ヒートポンプシステムの運転による影響を受けているためと考えられる。深度 20m における地中温度低下が他深度に比べて小さく、熱応答試験の結果と同様に深度 20m 付近では地下水流動の影響を受けていることが示唆される。

添付資料2 熱媒循環部の性能を証明する書類の写し

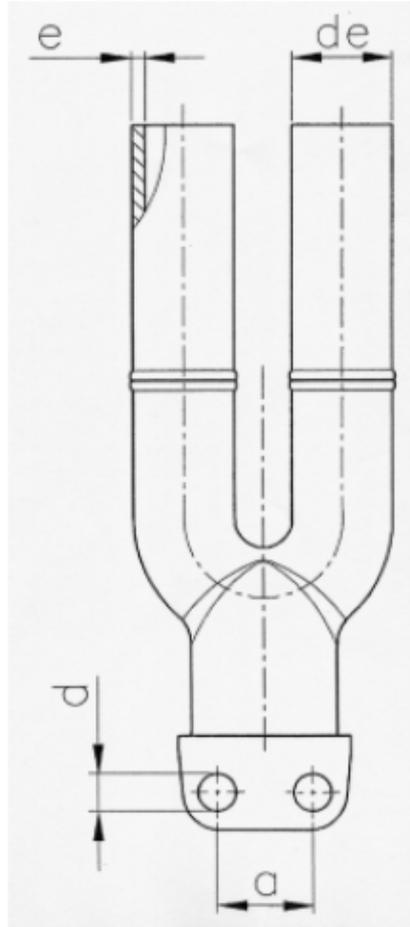
添付資料2-1 熱媒循環部（U字管）のカタログ

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Φ40(U字)



項目	寸法
de	40.0mm
e	3.7mm
d	9.0mm
a	29.0mm

WATER PIPES

PE給水管材系列



聚乙烯给水管的特点

- 1、使用寿命长达50年。
- 2、耐低温，抗冲击性能好。
- 3、具有良好的耐候性。
- 4、防腐蚀、耐强震、可绕性好。
- 5、内壁光滑、水流阻力小。
- 6、卫生性能好，无毒无锈。供饮用水安全可靠，不会产生异味、絮状物，更不会助长滋生微生物，无二次污染的问题。
- 7、搬运方便，施工费用低。
- 8、连接可靠，无滴漏现象、无污染，符合环保要求。

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°C
弹性模量	600-900MPa	脆化温度	<-70°C

PE 給水パイプ材シリーズ

ポリエチレン給水パイプ材の特徴

1. 仕様寿命は 50 年である。
2. 耐低温で、衝撃に強い。
3. 耐候性が良い。
4. 耐食性が良く耐震性が良く曲げに強い。
5. 内壁が滑らかで水流の抵抗が少ない。
6. 衛生的で毒も錆も無く飲用水供給には安全である。異臭や微生物も発生せず二次汚染の問題が無い。
7. 搬送しやすく工事費用が低い。
8. 接続は安心であり漏れることも無い。汚染問題が生じず環境にはやさしい。

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。耐圧では 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 $1.4 \times 10^{-4} \text{m/m}^{\circ}\text{C}$

熱伝導指数 0.42W/mk

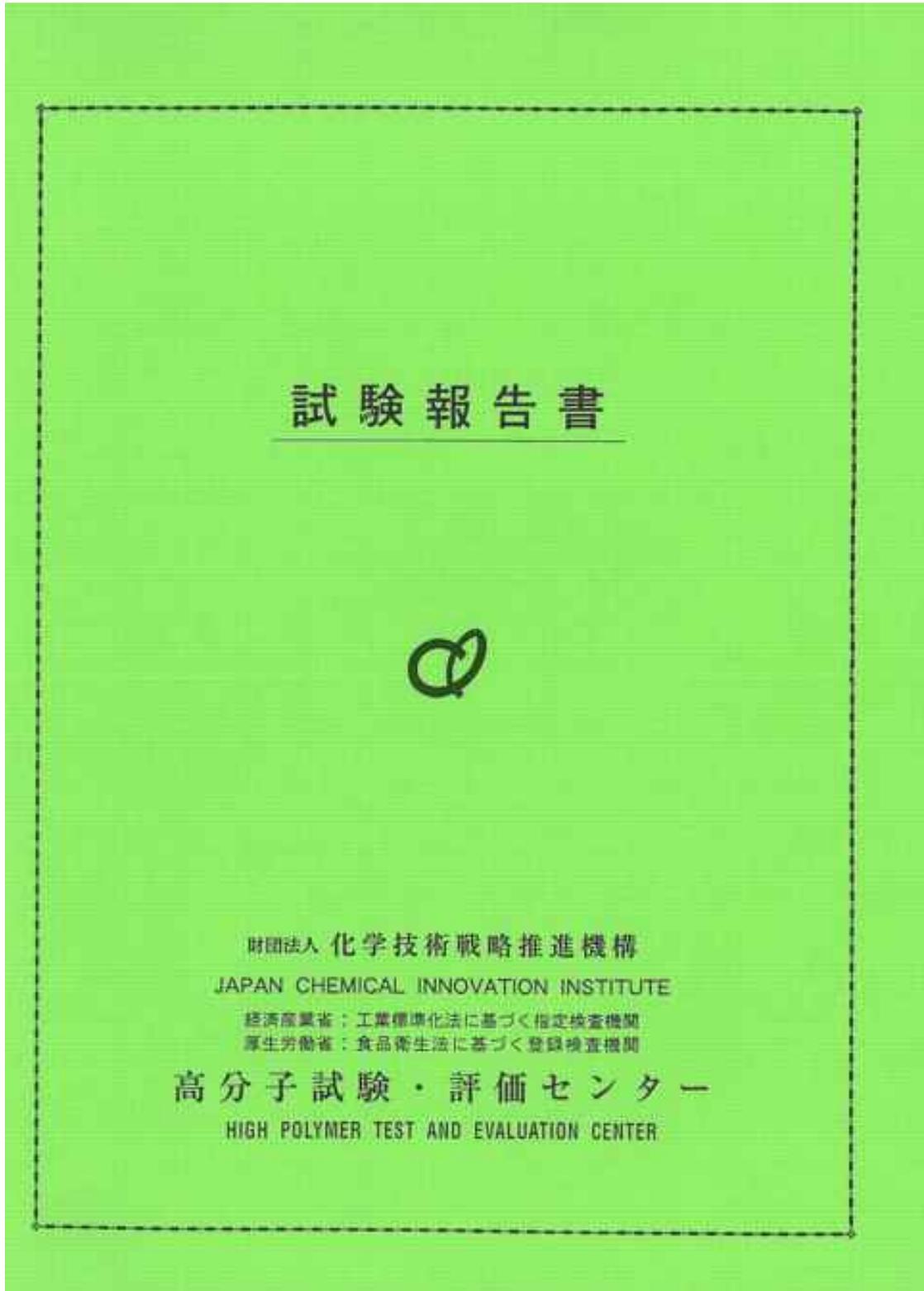
弾性係数 600-900Mpa

横方向変形指数 0.45

軟化点温度 126°C

脆化温度 <-70°C

添付資料2-2 熱媒循環部（硬質ポリエチレンパイプの試験報告書）





試験報告書

試 O6- 2842 号

平成 19年 3月 28日

広島県三次市向江田町4252-2
 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 栗本 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。

<p><u>試験方法</u></p> <p>管の性能</p> <p>耐候性：試料を 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。</p> <p>照射条件</p> <p>放射照射量：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 放射照射度：550 W/m² (波長290 nm ~ 800 nm) 0.5 W/m² (波長340 nm)</p> <p>引張試験：試験報告書2ページのとおり。</p> <p>熱安定性試験：JIS K 6761:2004 (一般用ポリエチレン管) による。</p> <p>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</p> <p>試験結果：別紙のとおり (試験報告書枚数合計 3枚)</p>	
---	--

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



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 (關島津製作所製) 「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



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
内圧クリーブ試験	異常なし

- 以下余白 -

承認者	担当者	担当者

- ☆ 工業標準化法に基づく公示検査ならびにその指導
- ☆ 食品衛生法に基づく衛生試験ならびにその証明
- ☆ 薬事法に基づく医療用具の材質・溶出及び生物学的試験ならびにその証明
- ☆ ISO、JIS、ASTM等に基づく各種試験ならびにその証明
- ☆ 高分子系新素材の試験・評価方法の確立及び研究開発の促進

財団法人 化学技術戦略推進機構

JAPAN CHEMICAL INNOVATION INSTITUTE

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

高分子試験・評価センター

HIGH POLYMER TEST AND EVALUATION CENTER

〈東京事業所〉 〒111-0052 東京都台東区柳橋2-22-13

TEL.03-3862-4841 FAX.03-3866-8340

〈大阪事業所〉 〒577-0065 大阪府東大阪市高井田中1-5-3

東大阪市立産業技術支援センター内
TEL.06-6788-8134 FAX.06-6788-7891

添付資料 2-3 地中熱交換器 損失水頭計算書

地中熱交換器 損失水頭計算書

ミサワ環境技術株式会社

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 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

地中熱交換器損失水頭

No.	配管径	流量 Q (m3/sec)	延長 L (m)	内径 D (mm)	損失水頭 h (mH2O)	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(ウェストン公式)
 (~ 内径 50mm)

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

$$Q = A \cdot V$$

- 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)

添付資料3 熱媒の性能を証明する書類の写し

添付資料3-1 熱媒のカタログ

地中熱システム専用ブライン
CHICHUUNETSU BRINE
(地中熱)

1. CHICHUUNETSU BRINE とは
2. CHICHUUNETSU BRINE の特長
3. CHICHUUNETSU BRINE の用途
4. CHICHUUNETSU BRINE の規格値
5. CHICHUUNETSU BRINE の防食性能
6. CHICHUUNETSU BRINE の非金属材質への影響
7. CHICHUUNETSU BRINE の使用方法および管理方法
8. CHICHUUNETSU BRINE の取り扱い注意事項
9. CHICHUUNETSU BRINE の物性値
 - 9-1. 密度
 - 9-2. 粘度
 - 9-3. 熱伝導率
 - 9-4. 比熱
 - 9-5. 凍結温度
 - 9-6. Wt%とV/V%の換算図

ミサワ環境技術株式会社

1. CHICHUUNETSU BRINEとは、
 地中熱を利用したシステムにおいては、一旦稼動すると液の交換が困難な場合が多いため、
 使用されるブラインは、使用材質に長期間悪影響をおよぼさないことが、必要となります。
 これらのことを考慮して開発された、従来のブラインよりも更に防食性能を向上した
 (長期腐食試験結果参照)、長寿命タイプの地中熱を利用したシステム専用のブラインが、
 CHICHUUNETSU BRINEです。

2. CHICHUUNETSU BRINEの特長
 ① プロピレングリコールをベースとした不凍効果の熱媒体であるため毒性が小さく安全です。
 ② 各種金属に有効な防食剤を添加していますので、システムを構成する金属に悪影響
 を与えません。
 ③ プラスチックやゴムには、悪影響を与えません。
 ④ 危険物(消防法)に該当しないように調整してあります。
 ⑤ 使用温度範囲は、-50℃～80℃と幅広く使用できます。

3. CHICHUUNETSU BRINEの用途
 ① 地中熱利用の空調・給湯システム(ヒートポンプの熱源側)
 ② 地中熱利用のロードヒーティングシステム

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 (°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°C	50v/v% 常 温	50v/v% 88°C
通 気 量	100ml/min. (-20°Cを除く)		
時 間	336±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°C	常 温	88°C	常 温	88°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

6. CHICHUUNETSU BRINEの非金属材質への影響

濃度: 50v/v%
 条件: 70°C × 120hr

ゴム類

種類	項目	重量変化率 (%)	体積変化率 (%)	固さ変化 (Hs)
クロロブレン		+2.7	+1.1	-2
EPDM		+0.4	+0.2	-1
NBR		+2.5	+0.8	-1
SBR		+2.4	+1.0	-1
シリコン		+0.2	+0.2	0
塩ビ系		+3.2	+2.4	-2

樹脂類

種類	項目	重量変化率 (%)	体積変化率 (%)	固さ変化 (Hs)
ポリプロ		+0.0	+0.1	0
ポリエチ		+0.0	+0.1	0
塩化ビニル		+0.1	+0.1	0
ノリル		+0.0	+0.1	0
ポリアセタール		+0.6	+0.4	0

7. CHICHUUNETSU BRINEの使用方法および管理方法

I 使用方法

①CHICHUUNETSU BRINEの凍結温度の図と、システムに必要な凍結防止温度からCHICHUUNETSU BRINEの必要濃度を定め、下式からCHICHUUNETSU BRINEの必要量を算出します。

$$\text{CHICHUUNETSU BRINEの必要量 (kg)} = \text{システムの保有水量 (kg)} \times \text{必要濃度 (wt\%)} / 100$$

CHICHUUNETSU BRINEを不凍液として使用する場合は、その地方の最低気温より余裕を持たせて必要濃度を定めてください。

②システム内を清水で洗浄し、漏れがないことを確かめたあと必要量のCHICHUUNETSU BRINEを投入してください。

③清水で満水にし循環ポンプなどでCHICHUUNETSU BRINEが均一になるように攪拌してください。

II 管理方法

①CHICHUUNETSU BRINEは、腐食防止やカビなどの微生物の繁殖防止のために必ず下記の管理基準値を遵守してください。

項目	濃度	pH
管理基準値	30~100%	6.5~10.0

②濃度はブラインテスターを使用して求めるか、密度と温度を測定して図-1から求めてくださいpHはpH計(市販品)にて測定してください。(1回以上 / 年)

③濃度が下回った場合はCHICHUUNETSU BRINEを追加してください。また濃度が上回った場合は清水を投入してください。

④pHが管理基準値を外れた場合は、システムをよく水洗いしたのち全量を交換してください。

⑤漏れによりシステムの水位が低下した場合、同じ濃度に調整したCHICHUUNETSU BRINEを補充してください。

【参考データ】

各種水溶液の腐食量
 試験条件

試験条件 (JIS K 2234)	
温度	88℃
通気量	100ml/min
時間	336±2hr

試験片	種類	(mg/cm ²)			
		地下水	純水	JIS調合水	エチレングリコール 30v/v%
銅		-0.156	-0.280	-0.668	-3.216
黄銅		-0.176	-0.244	-0.576	-1.360
鋼		-10.122	-13.292	-15.216	-8.380
鋳鉄		-7.450	-14.727	-14.283	-8.023
ステンレス(304)		-0.004	+0.016	+0.004	+0.032
亜鉛		-12.064	-6.992	-8.136	-72.048

試験片	種類	エチレングリコール	プロピレングリコール	塩化カルシウム	塩化カルシウム
		50v/v%	30v/v%	20wt%	30wt%
銅		-1.828	-1.052	-6.284	-2.576
黄銅		-1.788	-1.372	-3.200	-1.848
鋼		-6.492	-9.732	-2.436	-1.012
鋳鉄		-5.693	-8.017	-1.087	-0.437
ステンレス(304)		+0.028	+0.180	0	+0.176
亜鉛		-54.356	-49.656	-62.188	-140.256

【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%

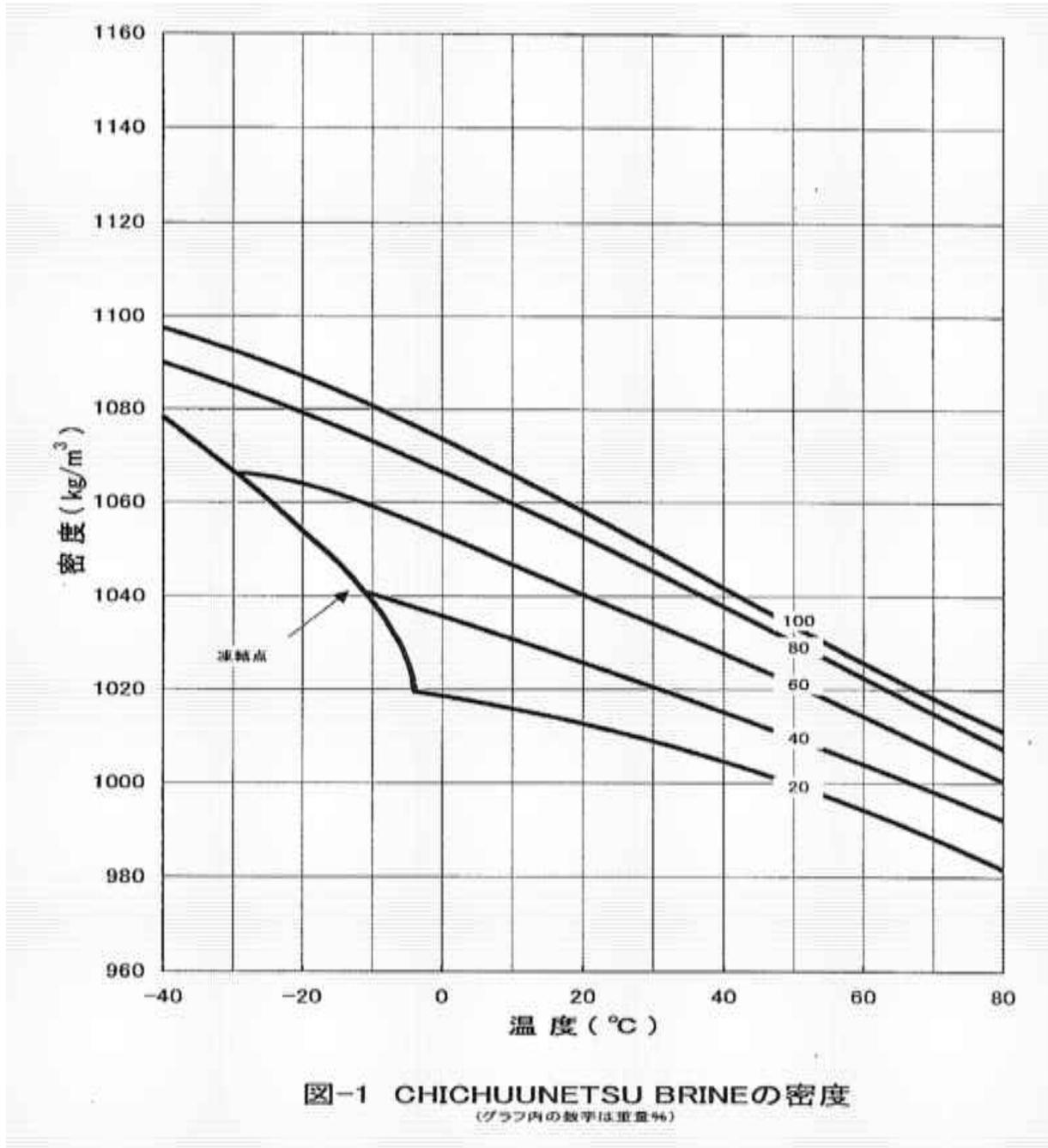
試験片	腐食量 (mg/cm ²)		
	時間(hr)		
	336	1000	3000
銅	-0.03	-0.06	-0.12
黄銅	-0.02	-0.07	-0.10
鋼	-0.02	-0.07	-0.11
鋳鉄	-0.02	-0.06	-0.13

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

8. CHICHUUNETSU BRINEの取扱い注意事項

- ①水とは物性が異なりますので注意してください。
- ②低濃度になった場合腐食事故や凍結事故が起こったり、氷などが発生することがありますので必ず管理基準値を遵守してください。
- ③高濃度で使用すると、ポンプに対する負荷が大きくなりますので注意してください。
- ④水に比べて浸透性が強い性質がありますので、締め付けはきつおこなってください。また、シール材は不凍液対応品を使用してください。
- ⑤流電防食は内容成分を分解させることがありますので、併用を避けるか抵抗を組み込んで電流量を下げてください。
- ⑥銅配管システムでは、よく水洗してフラックスを除去してください。
(フラックスが混じると不溶解物を生成します。)
- ⑦既に腐食があるシステムに初めて使用する場合は、予め腐食生成物を除去してから使用してください。
- ⑧飲用回路や給湯回路には使用できません。
- ⑨CHICHUUNETSU BRINEはプロピントリコールベースですが、飲用しないでください。万一誤飲した時は直ぐに吐かせて医師の診断を受けてください。また目に入った場合は直ぐに流水で洗い流してください。皮膚や衣服に付いたときはよく水で洗ってください。
- ⑩CHICHUUNETSU BRINEを加熱濃縮させると、引火することがありますので注意してください。
- ⑪保管に際しては、密栓をして内容を明示したうえ冷暗所に保管してください。



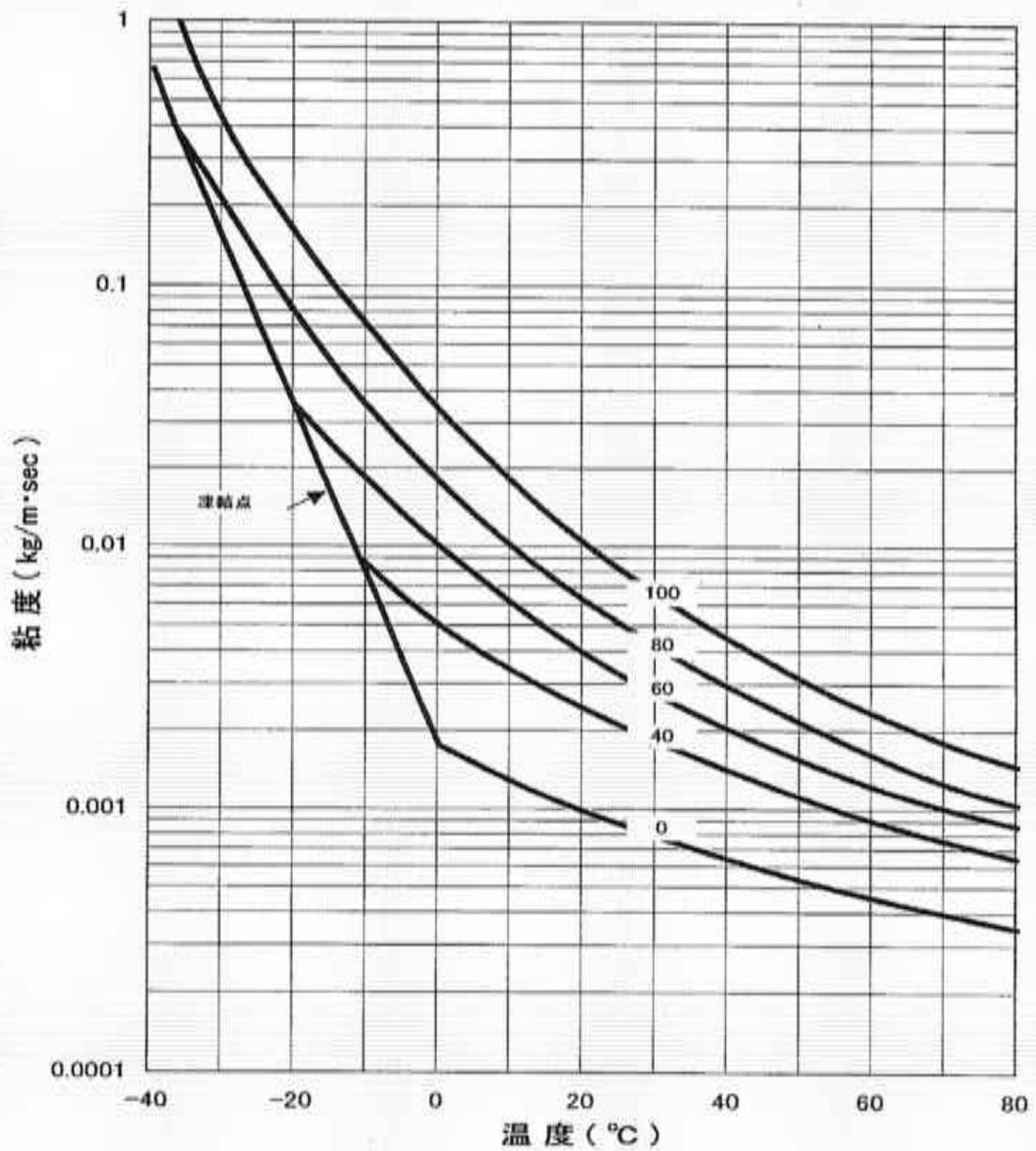


図-2 CHICHUUNETU BRINEの粘度
(グラフ内の数字は重量%)

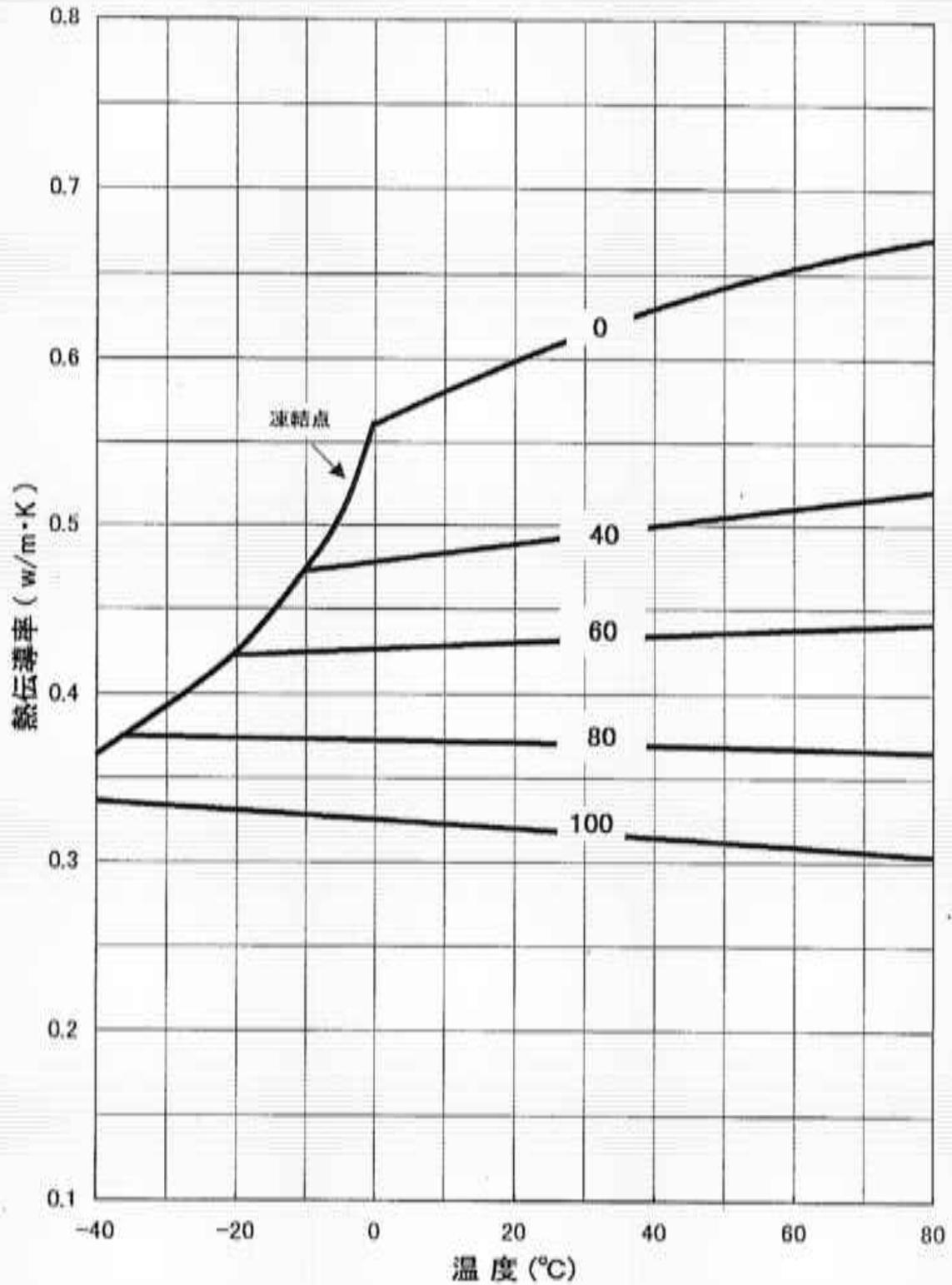


図-3 CHICHUUNETSU BRINEの熱伝導率
(グラフ内の数字は重量%)

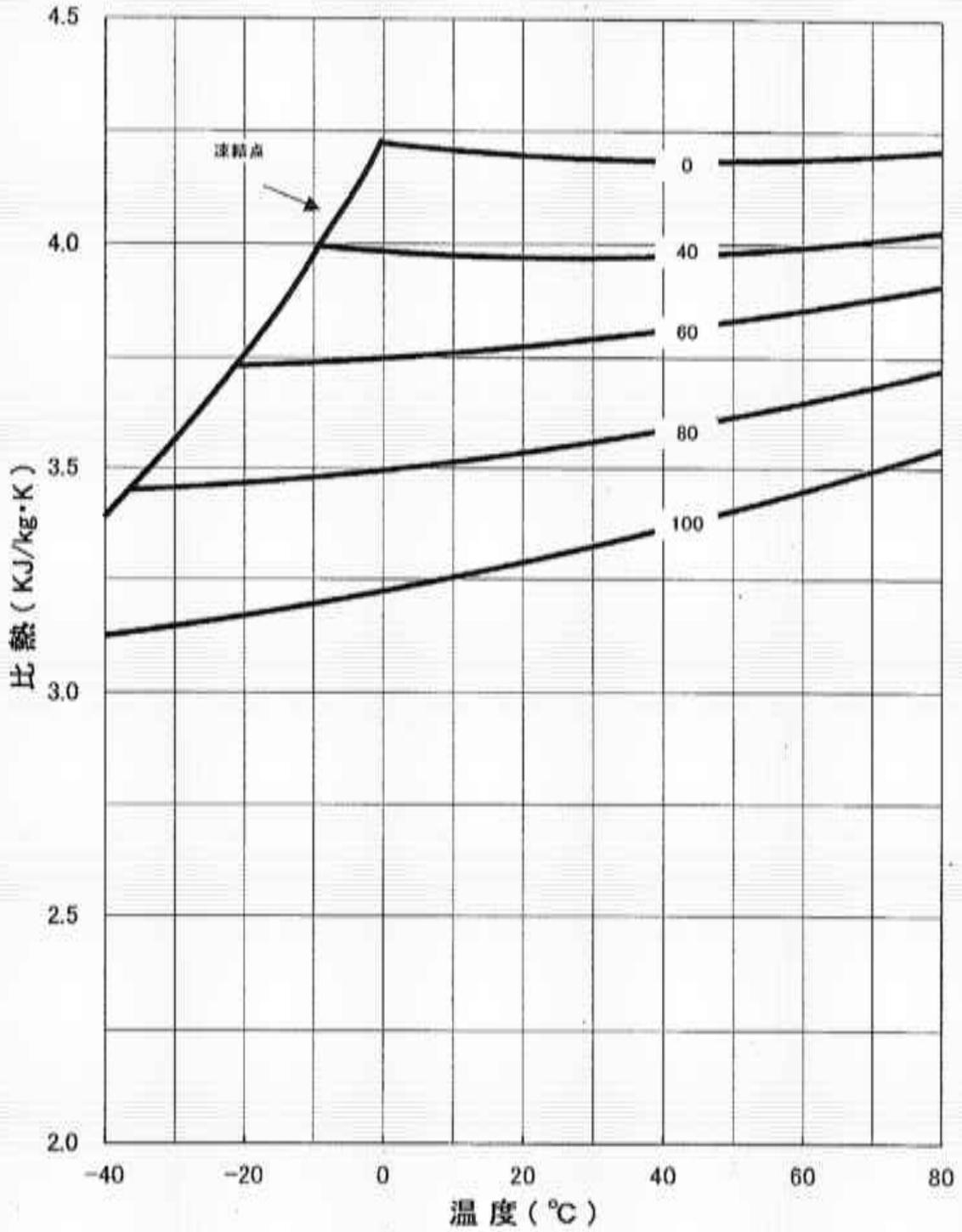


図-4 CHICHUUNETU BRINEの比熱
(グラフ内の数字は重量%)

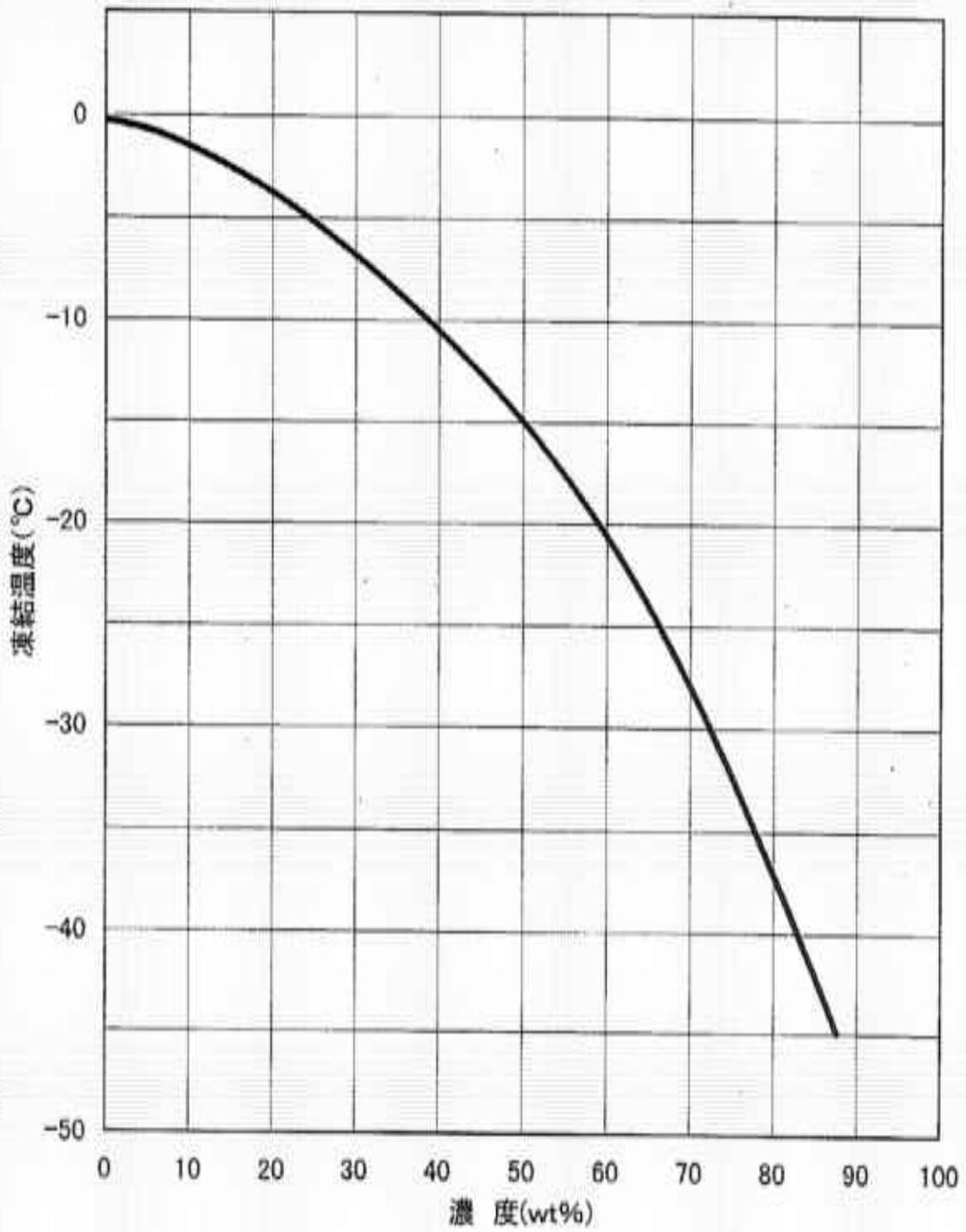
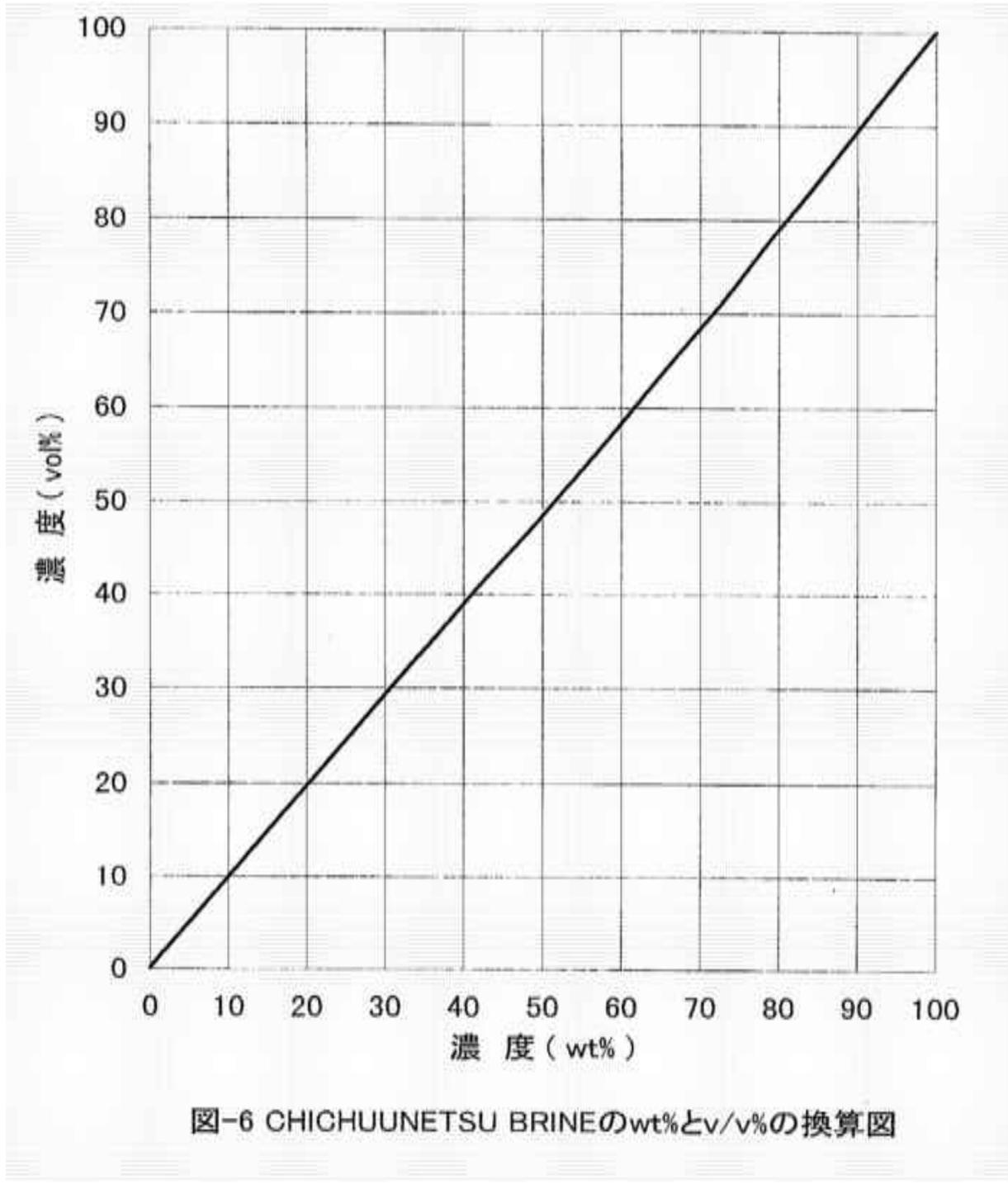


図-5 CHICHUUNETSU BRINE の凍結温度



添付資料 3-2 熱媒の製品安全データシート

CHICHUUNETSU BRINE 1/5

製品安全データシート(MSDS)

1. 製品及び会社情報

1.1 製品の特定

MSDS番号 : SWB-2090-03
製品名 : **CHICHUUNETSU BRINE**
製品分類 : 不凍液
主な用途 : 地中採熱専用不凍液

1.2 会社情報

会社名 : ショーワ株式会社
住所 : 〒502-0843 岐阜県岐阜市早田東町二丁目1番地
担当部門 : ブライン・オート技術室
電話番号 : 058-232-1131 FAX番号 : 058-294-2231
制定日 : 2002年6月13日 改訂日 : 2010年2月10日

2. 危険有害性の要約

最重要危険有害性及び影響 :

有害性 ; 飲用不可。

環境影響 ; 生分解性良好。

物理的及び化学的危険性 ; 消防法 非該当。但し、加熱し水分が蒸発すると引火しやすい液体。

特定の危険有害性 : 特になし。

主要な兆候 : 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。眼に入ると一時的な痛みを感じ、障害を生じることがある。人によりアレルギーを起こす場合がある。

想定される非常事態の概要 : 火災時、加熱により容器が爆発する恐れがある。

GHS 分類 :

- 呼吸器感作性 区分1
- 皮膚感作性 区分1

* 上記で記載がない危険有害性は、分類対象外または分類できない。

GHS ラベル要素 :

絵表示 ;



注意喚起語 ; 危険

危険有害性情報 :

- 吸入するとアレルギー、喘息または、呼吸困難を起こすおそれ
- アレルギー性皮膚反応を起こすおそれ

注意書き :

安全対策 ;

- ミスト、蒸気、スプレーの吸入を避けること。
- 換気が十分でない場合には、呼吸用保護具を着用すること。
- 保護手袋を着用すること。
- 汚染された作業衣は作業場から出さないこと。

応急措置 ;

- 吸入した場合、呼吸が困難な場合には、空気の新鮮な場所に移し、呼吸しやすい姿勢で休息させること。呼吸に関する症状が出た場合には、医師に連絡すること。
- 皮膚についた場合、多量の水と石鹸で洗うこと。皮膚刺激または発疹が生じた場合は、医師の診断/手当てを受けること。
- 汚染された衣類を再使用する場合には洗濯すること。

保管；

- ・ 特になし。

廃棄；

- ・ 内容物や容器を廃棄する場合は、都道府県知事の許可を受けた専門の廃棄物処理業者に業務を委託すること。

3. 組成・成分情報

単一製品・混合物の区別： 混合物

含有成分及び含有量

成分名・化学名	含有量 mass%	CAS No.	化審法 No.	安衛法 No.	PRTR 法 No.	毒劇法 No.
プロピレングリコール	61～64	57-55-6	2-234	非該当	非該当	非該当
水	32～35	7732-18-5	非該当	非該当	非該当	非該当
安息香酸ナトリウム、 その他	Rest	532-32-1, 非公開	3-1293, 非公開	非該当	非該当	非該当

注) 化審法 No. 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)官報公示整理番号。
 安衛法 No. 労働安全衛生法(安衛法)第 57 条の 2 第 1 項政令指定物質の政令番号。
 PRTR 法 No. 特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律(PRTR 法)対
 象化学物質の政令番号。
 毒劇法 No. 毒物及び劇物取締法の政令番号。

4. 応急措置

- 吸入した場合： 一般的に吸入するものでないが、多量に蒸気・ミスト等を吸い込んだ場合、直ちに空気の新鮮な場所に移し、保温して安静にすること。もし呼吸が不規則な場合や吐き気がする場合は、速やかに医師の診断を受けること。
- 皮膚に付着した場合： 汚染された衣服を脱ぎ、皮膚に付着した液を布紙等で吸い取り、多量の水及び石鹸で十分に洗浄すること。外観に変化が見られず、痛みがある場合は医師の診断を受けること。
 汚染された服は洗濯後に使用すること。
- 目に入った場合： 直ちに大量の清浄な流水で瞼の裏まで15分以上洗眼すること。コンタクトレンズを着用していて容易に外せる場合は外すこと。その後も洗浄を続け、目の刺激が続く場合は医師の診断を受けること。
- 飲み込んだ場合： 水でよく口をすすぎ、多量の水を飲ませた後直ちに吐き出させ、保温すること。異常が感じられる場合は、医師の診断を受けること。
- 予想される急性症状及び遅発性症状： 有用な情報なし。
 最も重要な兆候及び症状： 有用な情報なし。

5. 火災時の措置

- 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。
 水噴霧、炭酸ガス、泡、粉末、乾燥砂、その他(ハロゲン消火剤)
- 使ってはならない消火剤： 有用な情報なし。
- 特有の危険有害性： 加熱により容器が爆発するおそれがある。
- 特定の消火方法： 可燃性のあるものは周囲から速やかに取り除くこと。
 消火作業は風上から行ない、延焼を防ぐため周囲のタンク・建物にも放水すること。
 大規模火災には水又は泡消火剤を使用のこと。
- 消火を行なう者の保護： 適切な保護具(耐熱性着衣、手袋、呼吸保護マスク等)を着用する。

6. 漏出時の措置

人体に対する注意事項/保護具及び緊急時措置：

- ① 関係者以外の立ち入りを禁止する。
- ② 作業者は、適切な保護具(「8. 暴露防止及び保護措置」の項を参照)を着用し、眼、皮膚への接触や吸入を避ける。
- ③ 作業は風上から行う。
- ④ 屋内で漏洩した場合は、窓・ドアを開けて十分に換気を行なう。

環境に対する注意事項：

- ① 洗浄した水等は、地面や排水溝等にそのまま流さないこと。
- ② 原液が河川等に排出され、環境へ影響を起さないように注意すること。

除去方法：

- ① 少量の場合、おがくず、ウエス、砂、紙等を用いて吸着させて空容器に回収する。その後、漏出区域周辺を大量の水で洗い流すこと。
- ② 多量の場合は、土のうなどで流出を防ぎ、ポンプなどで回収すること。
- ③ 廃棄物は、関係法令等に基づいて処理すること。

二次災害の防止策：すべての発火源を速やかに取除く（近傍での喫煙、火花や火炎の禁止）。

7. 取扱い及び保管上の注意

取扱い：

技術的対策； 「8.暴露防止及び保護措置」に記載の設備対策を行い、保護具を着用する。

局所換気／全体換気； 「8.暴露防止及び保護措置」に記載の局所排気、全体換気を行う。

安全取扱い注意事項：

- ① 周囲での炎、火花または高温体の使用は避けること。みだりに蒸気を発生させないこと。
- ② 換気の良い場所で使用し、容器はその都度密栓すること。

接触回避； 「10.安定性及び反応性」を参照。

保管：

適切な保管条件； 密栓し、直射日光を避け、風通しの良い冷暗所に保管すること。

安全な容器包装材料； 容器は密栓できるものを用いること。ガラス瓶、金属缶、プラスチック缶などが望ましい。破損、腐食、割れ等ないものを使用する。

保管時における関係法規； 特になし。

8. 暴露防止及び保護措置

管理濃度； 規定なし

許容濃度； 規定なし(参考値;プロピレングリコール TWA(エアゾール)；10mg/m³ (WEEL)

設備対策； 許容濃度を守るために、全体換気装置又は局所排気装置を設置する。
 取り扱い場所の近くに安全シャワー、手洗い、洗眼設備を設け、その位置を明瞭に表示する。

保護具； 呼吸保護具； 必要に応じて防毒マスク(有機ガス用)を使用する。

手の保護具； 必要に応じて耐油性手袋、保護前掛けを使用する。

眼の保護具； 必要に応じて保護眼鏡を使用する。

皮膚及び身体の保護具； 保護衣、保護面、安全靴を使用する。

衛生対策； 取扱い後はよく手を洗うこと。汚れた衣服は脱ぎ、洗濯してから再使用する。

9. 物理的及び化学的性質

9.1 製品の物理的及び化学的性質

外 観；	桃色液体	臭 い；	わずかな臭い
pH値；	7.3～8.3	沸 点；	103～113℃
引火点；	なし	溶解度；	水；無限大(常温)
密 度；	1050～1070 kg/m ³ (20℃)		

9.2 主原料(プロピレングリコール)の物理的及び化学的性質

蒸気圧；	11Pa未満(20℃)	蒸気密度；	2.62
爆発範囲；	下限 2.6vol%、上限 12.5vol%	融点；	-59℃
引火点；	99℃	発火温度；	371℃

10. 安定性及び反応性

安定性； 通常の条件では安定である。

危険有害反応可能性； 発火性なし、酸化性なし、自己反応性なし、爆発性なし。
 常温では燃え難いが、加熱によりプロピレングリコール濃度が上昇し、引火することがある。

避けるべき条件：	高温。
混触危険物質：	特になし。
危険有害な分解生成物：	有用な情報なし。

11. 有害性情報(人についての症例、疫学的情報を含む)

11.1 製品に関する有害性情報

この製品に関する有用な情報なし。

11.2 成分ごとの有害性情報

◆プロピレングリコール

急性毒性(経口)：	ラットLD ₅₀ 約20g/kg
皮膚腐食性・刺激性：	10～30%溶液の2週間の反復塗布では刺激性を誘発するが、1～10%では刺激性は見られなかった。
眼に対する重篤な損傷・刺激性：	ヒトがプロピレングリコールの蒸気に暴露した場合、眼への刺激作用はない。動物実験で直接点眼した場合、軽度の刺激作用がある。50%溶液では眼刺激作用はなかった。
呼吸器感作性又は皮膚感作性：	20%水溶液では少数例(1.5%)に感作性の陽性が報告されたが、研究報告により発生率に差があり。
生殖毒性：	動物実験では生殖および繁殖を阻害しなかった。
発がん性	動物実験では発がん性は示していない。

◆安息香酸ナトリウム

皮膚感作性・呼吸器感作性：	非常に低レベルの暴露に対し激しい反応、つまり過敏症を起こす恐れがある。呼吸器系の障害、気道疾患および気腫や慢性気管支炎等の疾患を持つ者は、高濃度粒子の吸引によりさらなる障害を被ることがある。
---------------	---

12. 環境影響情報

製品に関する環境影響情報：有用な情報なし。

◆主成分(プロピレングリコール)の知見は以下の通り

生態毒性(魚毒性)：	水生生物に対して急性毒性を示さない。
残留性/分解性：	残留性はなく分解は良好である。
生体蓄積性：	BCF(生物濃縮係数)は1以下である。
土壤中の移動性：	きわめて大きい(Koc(土壌吸着係数) 0～50)。
その他：	漏洩時、廃棄などの際には注意を守ること。

13. 廃棄上の注意

残余廃棄物：	事業者は産業廃棄物を自ら処理するか、又は知事等の許可を受けた産業廃棄物処理業者、もしくは地方公共団体がその処理を行っている場合は、そこに委託して処理をする。 焼却処理する場合、安全で且つ燃焼ガスに注意し、他に危害又は損傷を及ぼす恐れがないように注意すること。
容器・包装：	容器は、中身の液を使い切ってから廃棄すること。 製品が付着している容器、機械装置等を洗浄した排水等は、地面や排水溝にそのまま流さないこと。 容器等の廃棄物は、認可を受けた産業廃棄物処理業者と委託契約をして処理を委託すること。

14. 輸送上の注意

- ・ 輸送の際は、容器漏れの無いことを確かめ、荷崩れのないように処置を講ずること。
- ・ 取扱い及び保管上の注意の項の一般的注意に従う。

国際規制： 国連分類/国連番号；該当せず。
 容器等級；該当せず。

国内規制：
 陸上輸送；特になし。
 海上輸送；船舶安全法に定めるところに従う。
 航空輸送；航空法に定めるところに従う。

15. 適用法令

- ① 廃棄物の処理及び清掃に関する法律
- ② 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律
- ③ 容器包装リサイクル法

※都道府県又は市町村条例により規制が異なる場合がありますので、詳細は当該自治体にご確認ください。

16. その他の情報(引用文献)

16.1 RoHS指令有害物質の有無

6物質(カドミウム、鉛、水銀、六価クロム、ポリブロモビフェニル、ポリブロモジフェニルエーテル)：何れも意図的含有は無し。

16.2 引用文献

- ① 自社データ及び原料メーカーのMSDSを引用
 - ② 製品評価技術基盤機構ホームページ(2010年1月のデータ)
 - ③ 安全衛生情報センターのホームページ(2010年1月のデータ)
 - ④ 法律に関するホームページ
 - ⑤ CHEMWATCH (2006年分のデータ)
-

※注意

製品安全データシートは、危険有害な化学製品について、安全な取扱いを確保するための参考情報モデルの一つとしてとして、取り扱う事業者提供されるものです。

取り扱う事業者は、これを参考として、自らの責任において、個々の取扱いなどの実態に応じた適切な処置を講ずることが必要であることを理解した上で、活用されるようお願いいたします。

従って、本データシートそのものは、安全の保証書ではありません。