



○全体概要

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

実証対象技術	栃木県宇都宮市の病院における地中熱交換井と U 字管 (GUP-25AN)
実証申請者	株式会社イノアック住環境
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 26 年 2 月 6 日～ 2 月 10 日 (現地試験期間)

1. 実証対象技術の概要

1.1 地中熱利用の特徴

地中熱は、夏場は外気よりも温度が低く、冬場は外気よりも温度が高いという特性を有するため、地中熱を空調に利用すると効率よく冷暖房を行うことができる。また、夏季においては、冷房排熱を外気中に放出しないため、ヒートアイランド現象の抑制効果が期待される。

実証単位 (C) 地中熱交換部は、地中熱利用において地中からの採熱と地中への放熱を行う重要な設備である。一般に地中熱交換部は、地中熱交換井、地中熱交換井の中に挿入した U 字管などの熱媒循環部、地中熱交換井を充填する砂などの充填材、及び熱媒循環部 (U 字管) を循環する熱媒からなる。熱媒は地中熱交換井と地上に設置されたヒートポンプの間を循環する流体で、熱を運ぶ媒質である。

1.2 地中熱交換器及び地盤の地質

本実証対象技術の設備は、栃木県宇都宮市の病院の地中熱利用空調設備として施工中のものである。本報告書作成の時点では病院の建物も建設中で、地中熱交換部はまだヒートポンプとはつながっていない。地中熱交換器はボーリング孔に U 字管を挿入して、珪砂を充填した一般的な構造である。

図 1 には、地中熱交換器の図と地質状況を示す。(なお、完成時とサーマルレスポンス試験 (TRT) 時の U 字管の長さとは若干の差があるが、これは TRT 後に横引き配管工事のため U 字管を短く切断したためである。)

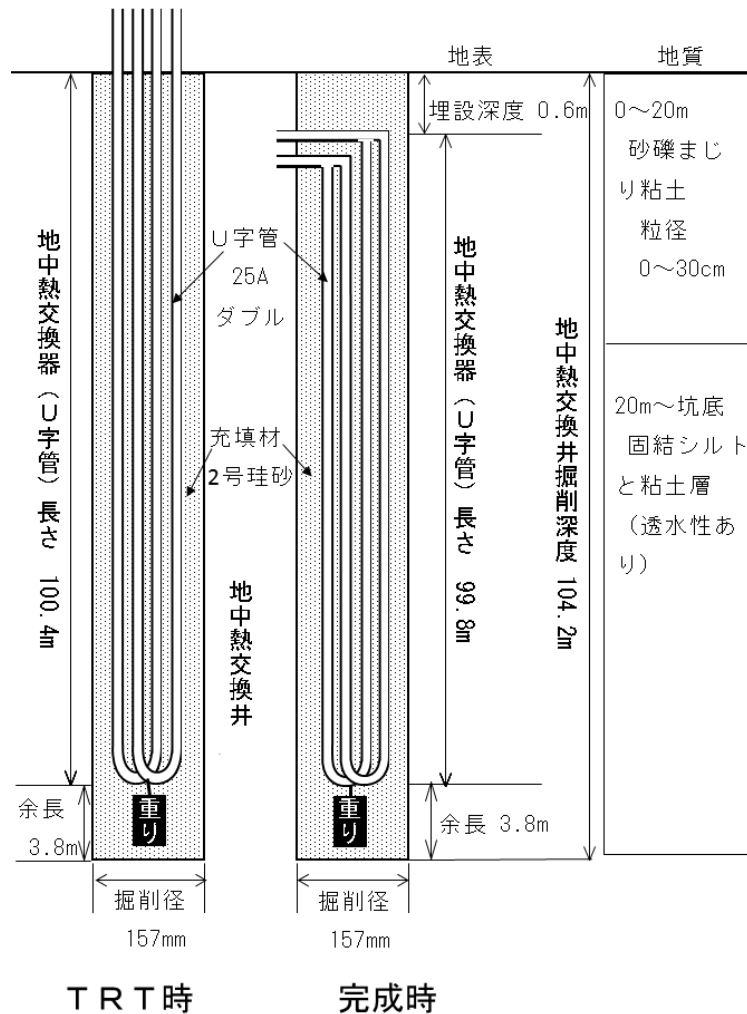


図 1 地中熱交換器と地質柱状図

1.3 熱媒循環部 (U 字管)

本実証試験で使用した熱媒循環部 (U 字管) の仕様を表 1 に、U 字管の先端部の写真を下に示す。

表 1 「U-ポリパイ」 GUP-25AN の仕様

製品名及び型式	地中熱交換システム用パイプ「U-ポリパイ」 GUP-25AN
製造・販売事業者	株式会社イノアック住環境
材質	高密度ポリエチレン材料 (PE100)
寸法	パイプ外径 34.0mm、厚さ 3.5mm、近似内径 27mm
設置方式	ダブルU字管
製品販売の長さ	105m



1.4 熱媒

報告書作成時点ではまだ冷暖房設備の工事は終了していないので、計画中の熱媒の情報を記載する。計画中の熱媒は、1 次側、2 次側ともにショーワ株式会社製のプロピレングリコールをベースとする熱媒である。熱媒の概要を表 2 に示す。

表 2 熱媒の概要

	1 次側、2 次側とも同じ
製品名	ショウブライン PP スーパー
主成分	プロピレングリコール (91～94%)
製造・販売事業者	ショーワ株式会社
計画のライン濃度	ショウブライン PP スーパー 39%

2. 実証試験の概要

本実証試験では、地中熱交換部全体の性能をサーマルレスポンス試験によって実証するとともに、熱媒循環部である U 字管、熱媒である不凍液の性能を既存資料により示したものである。なお、サーマルレスポンス試験は TRT (Thermal Response Test) あるいは熱応答試験とも呼ばれ、地中に一定の熱量を与えた温水を循環させ、その温度の経時変化から地中熱交換井の熱抵抗や地盤 (土壌部分) の熱伝導率を求める試験である。

3. 実証試験結果

3.1 地中熱交換器全体の实証項目 (サーマルレスポンス試験)

サーマルレスポンス試験は、実証試験要領に準拠して、循環時における熱媒 (水) の温度を用いる解析方法で行った。使用した計測器は、実証試験要領の精度規定を満たしている。

サーマルレスポンス試験の試験日程を図 2 に、サーマルレスポンス試験装置の模式図を図 3 に示す。

項 目	日数	平成 26 年 2 月				
		6 日	7 日	8 日	9 日	10 日
初期地層温度測定	0.1 日	■				
装置設置・準備	0.5 日	■				
非加熱循環	0.1 日	■				
加熱循環試験	3 日	■	■	■	■	
撤収	0.5 日					■

図 2 サーマルレスポンス試験の日程

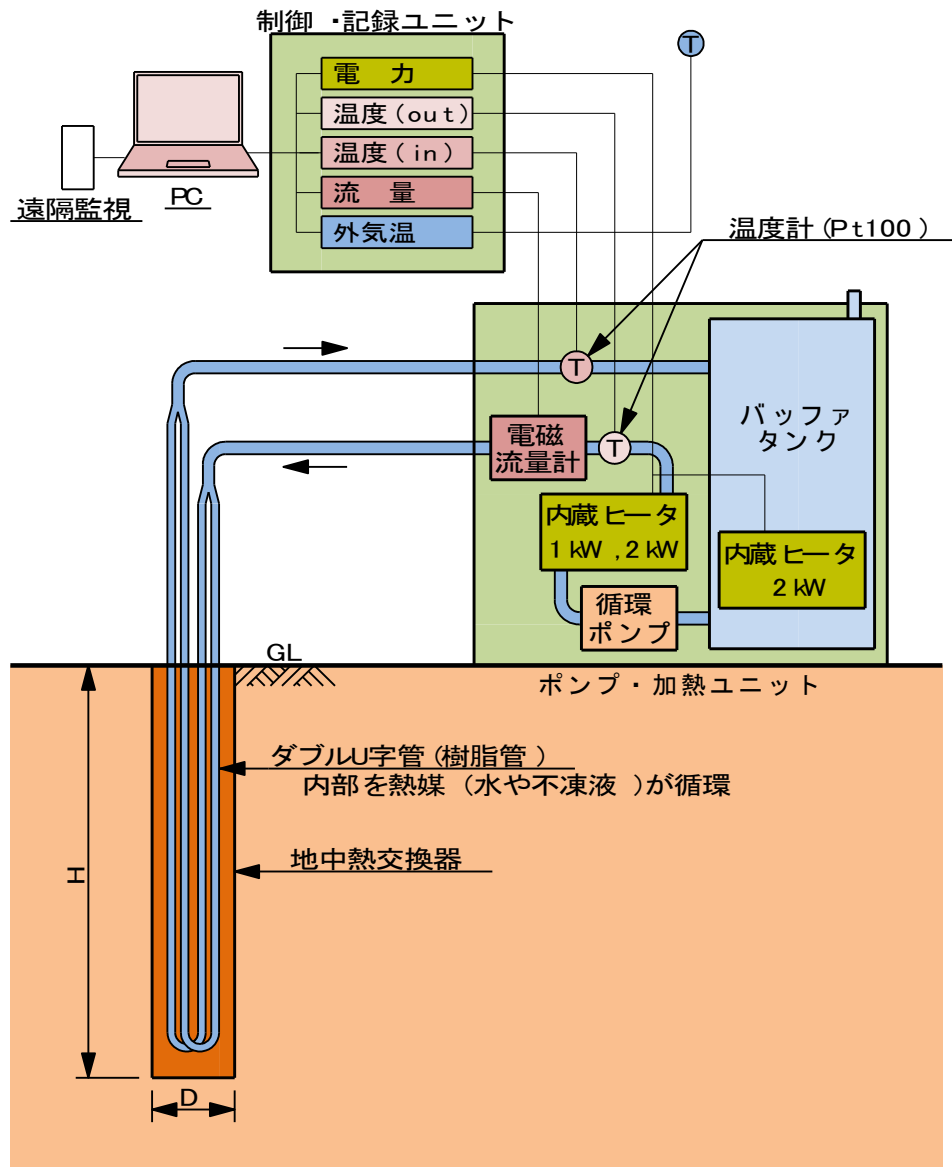


図3 サーマレスポンス試験装置の模式図

サーマルレスポンス試験により算出された、実証試験要領で規定される地中熱交換器全体の实証試験結果を表3に示す。

表3 地中熱交換部全体の实証項目と実証内容

実証項目	実証試験結果	TRT 実施時の地中熱交換器の諸元
a. 地中熱交換井の熱抵抗	0.061 [K/(W/m)]	坑径 157mm、25A ダブル U 字管 (外径 34.0mm)、 U 字管長さ 100.4m、2 号珪砂充填
b. 土壌部分の熱伝導率	1.16 [W/(m・K)]	

3.2 熱媒循環部の実証 (既存資料による)

実証試験要領に規定される熱媒循環部 (U字管) の実証項目及び既存資料のデータを表 4、表 5、表 6 に示す。既存資料は、U字管メーカーの資料を使用した。

表 4 熱媒循環部 (U-ポリパイ) の特性 (既存資料より)

項 目	内 容
c. 熱伝導性	熱伝導率: 0.46~0.50 [W/(m・K)]
d. 耐腐食性	耐薬品性: 表 5 に示す
e. 耐圧性	耐圧性: 表 6 に示す

表 5 U-ポリパイの耐薬品性

高密度ポリエチレン管材料の主な耐薬品性を示す。

(この表は ISO/ 10358 に基づいたものである。管に圧力または、他の応力を加えた状態では、別の挙動を示すことがある)

摘要 ◎: 優 ○: 良 ×: 不可 ※: 管に臭いが移行する。

薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	薬品名	温度 °C		臭い 移行	
	20	60			20	60			20	60			20	60		
酸及び酸性薬品				アルカリ				有機溶剤				ガ ス				
塩酸 35%	◎	◎		アンモニア水溶液	◎	◎		エチルアルコール40%	◎	○		亜硫酸ガス炭酸ガス	◎	◎		
硫酸 60%	◎	◎		苛性ソーダ	◎	◎		// 95%	○	○		炭酸ガス	◎	◎		
// 98%	○	×	※	苛性カリ	◎	◎		メチルアルコール	◎	○		天然ガス	◎	○		
硝酸 25%	◎	○		水酸化カルシウム	◎	◎		アセトン	○	×	※	一酸化炭素	◎	◎		
// 50%	○	×	※	塩 類				アニリン	○	×	※	二酸化炭素	◎	◎		
// >50%	×	×	※	重クロム酸カリウム	◎	◎		ベンゼン	×	×	※	オゾン	○	×		
燐酸 50%	◎	◎		過マンガン酸カリウム	◎	◎		四塩化炭素	×	×	※	塩素ガス	×	×	※	
酢酸 60%	◎	○	※	炭酸カルシウム	◎	◎		クロロホルム	×	×	※	その他				
氷酢酸	○	○	※	塩化第二鉄	◎	◎		二硫化炭素	×	×	※	写真現像液	◎	◎		
クロム酸	◎	○	※	塩化バリウム	◎	◎		アセトアルデヒド	○	×	※	海水	◎	◎		
蟻酸 <80%	◎	◎		硫酸	◎	◎		エチルエーテル	×	×	※	ガソリン	○	×	※	
蔞酸	◎	◎		過酸化 水素	10%	◎	◎	グリセリン	◎	○		灯油	○	×	※	
乳酸	◎	◎			30%	◎	○		ホルマリン 40%	◎	◎		尿素	◎	◎	
オレイン酸	○	×	※		90%	◎	×	※	トルエン	×	×		白蟻駆除剤	×	×	※
マレイン酸	◎	◎						エタノール 40%	◎	○						

表 6 U-ポリパイの耐圧性

使用温度	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
圧力(MPa)	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.41	1.32	1.21	1.12

これは U-ポリパイの材料である高密度ポリエチレン管 (PE100) の連続安全使用温度範囲における最大使用圧力である。

3.3 熱媒の実証 (既存資料による)

実証試験要領に規定される熱媒の実証項目及び既存資料のデータを表 7、表 8、図 4、図 5、図 6、表 9、表 10 に示す。既存資料は、ブラインメーカーの資料を使用した。

表 7 熱媒 (ショウブライン PP スーパー) の特性 (既存資料より)

項 目	内 容	実証方法
f. 腐食性	表 8 参照	・実証申請者から提出されたカタログ等、各項目の性能を示す資料を確認した。
g. 粘性 : 粘性率[Pa・s]	図 4 参照	
h. 比重 : [g/cm ³]	図 5 参照	
i. 比熱 : [J/(kg・K)]	図 6 参照	
j. 引火性	なし	
k. 毒性	毒性はなし。表 9 参照	
l. 生分解性/残留性	生分解性良好、残留性なし	

表 8 熱媒ショウブライン PP スーパーの腐食性

試験方法 : JIS K 2234(不凍液)に準拠する。ただし、各金属間はポリエチレンスペーサーで絶縁した。

条 件 ・ 濃 度 -20℃ …… 50vol%

室温 …… 30vol%

88℃ …… 30vol%

・ 通気量 100mℓ/min (-20℃の場合、通気なし)

・ 時 間 336hr

試験片	希釈液 温度	腐食量(mg/cm ²)					
		水道水希釈			JIS調合水希釈		
		-20℃	室温	+88℃	-20℃	室温	+88℃
銅		-0.04	-0.02	-0.05	-0.02	-0.02	-0.03
黄銅		-0.01	±0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02
鋼		-0.01	+0.01	-0.00	-0.01	-0.00	-0.02
鋳鉄		-0.01	+0.00	+0.01	-0.01	-0.00	+0.03
ステンレス(SUS304)		-0.01	±0.00	-0.00	-0.00	+0.01	-0.01

長期間腐食試験

条 件 ・ 濃 度 30vol%

・ 温 度 88℃

・ 通気量 100mℓ/min

・ 時 間 1000, 3000, 5000hr

試験片	時間	腐食量(mg/cm ²)		
		1000hr	3000hr	5000hr
銅		-0.04	-0.06	-0.15
黄銅		-0.02	-0.07	-0.14
鋼		-0.01	-0.04	-0.15
鋳鉄		-0.00	+0.03	-0.17
ステンレス(SUS304)		+0.00	+0.00	+0.00

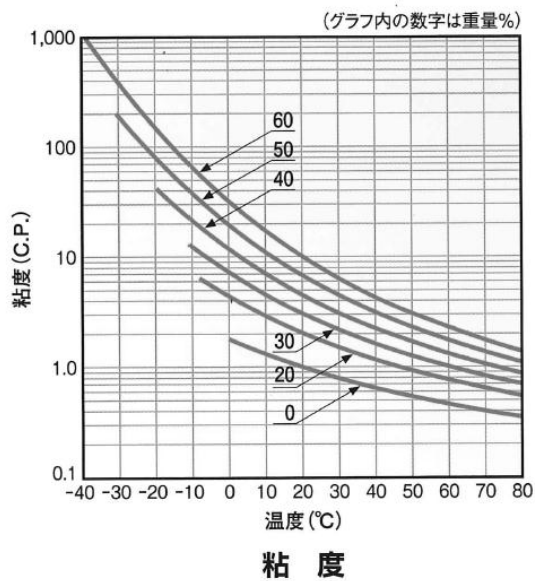


図4 ショウブライン PP スーパーの粘性

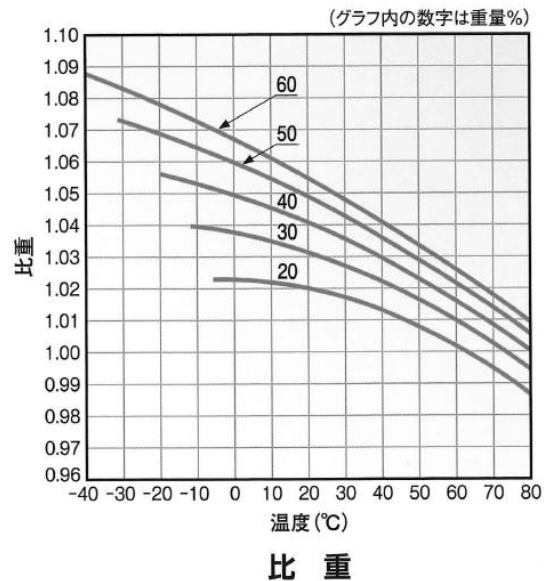


図5 ショウブライン PP スーパーの密度

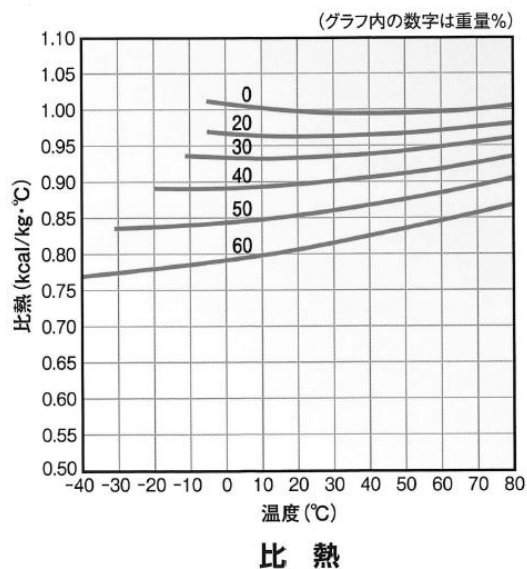


図6 ショウブライン PP スーパーの比熱

表9 ショウブライン PP スーパーの毒性

有害物質	なし
急性毒性	ショウブライン PP スーパーのマウス経口投与法による 急性毒性 LD50 値は 18.0ml/kg (表 10 参照)

表 10 (参考) 毒性の区分 (ラット経口投与)

	1	2	3	4	5	6
毒性の程度	超毒性	強毒性	中程度毒性	軽度毒性	実際無毒性	實際上無毒性
LD50 値	1mg 以下	1~50mg	50~500mg	0.5~5g	5~15g	15g 以上
人間の致死量	一滴	4mL	30g	250g	1L	1L 以上

3.4 実証試験状況写真



写真1 現場の全景



写真2 初期温度測定



写真3 加熱循環配管の状況



写真4 配管に保温材を巻く作業



写真5 保温材を巻終った状況



写真6 保温材の上を銀色シートを覆い、この状況で加熱循環試験を行った。

(参考情報)

項目		実証申請者または開発者 記入欄		
実証対象技術名		栃木県宇都宮市の病院における地中熱交換井と U 字管 (GUP-25AN) (英文表記: Ground Heat Exchanger (GUP-25AN U-tube) at a Hospital in Utsunomiya City, Tochigi Prefecture)		
製品名・型番		U-ポリパイ GUP-25AN		
製造(販売)企業名		株式会社イノアック住環境 (英文表記: INOAC Housing & Construction Materials Co., Ltd.)		
連絡先	TEL／FAX	TEL:052－684－0266 FAX:052－684－0277		
	ウェブサイト アドレス	http://www.inoac.co.jp/juukan/		
	E-mail	jyuhp@inoac.co.jp		
設置条件		・ 地中熱交換器を設置する場合、隣接する熱交換器は間隔を 5 m 以上離して設置します。 ・ 高温の温泉地などでの設置は使用温度と圧力の確認が必要です。		
メンテナンスの必要性・コスト、耐候性・製品寿命等		・ 地中熱交換器及び横引管は長期耐久性に優れた高性能ポリエチレン材料を採用しており、腐食の心配もなくメンテナンスは不要です。		
施工性		・ U ポリパイは巻径を大きくすることで巻癖が少なく、外気温が低い冬場でも挿入時の施工性が損なわれません。 ・ 管には先端 U 字継手部から 1 m おきに m 印字があるので、施工時に挿入深さがわかります。 ・ 先端 U 字継手はソケット融着接合を採用しており、高い融着強度で漏水の心配も少なくなります。		
コスト概算				
		機 器	数量	金額
		ダブル U チューブ (呼び径 25×105m)	1 式	280,000
		掘削費 (100m)	1 式	1,400,000

○ その他実証申請者または開発者からの情報

- ・U - ポリパイ (呼び径 25) は水道用ポリエチレン管規格の JISK6762 の寸法体系に基づき材料に高性能ポリエチレン材料を使用しているため、地中熱交換器として求められる長期の耐久性や耐圧性は優れた性能を有しています。
- ・地中熱交換器からヒートポンプまでの管と継手には豊富なバリエーションを揃えており、樹脂管でのシステム管路の構築が可能です。

このページに示された情報は、技術広報のために実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、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。