

# 一定加熱・温水循環方式熱応答試験(TRT)技術書

## <目次>

まえがき	1
1. 概要	2
2. 試験装置	3
(1)電気ヒーター	3
(2)循環ポンプ	3
(3)測定装置	4
(4)TRT 装置認定チェックシート	4
3. 試験装置の設計・設置、および実施における注意点	5
4. 実施方法	6
(1)自然地中温度分布の測定(オプション)	6
(2)温水循環試験	6
(3)温度回復試験(オプション)	7
5. 解析方法	7
(1)作図法(循環時法)	7
(2)作図法(回復時法)(オプション)	9
(3)ヒストリーマッチング法	10
6. 見かけ有効熱伝導率( $\lambda_a$ )の決定	10
7. 省エネ基準への適合性判定における TRT 測定結果の利用と TRT 装置認定	11

2018 年 8 月

NPO 法人 地中熱利用促進協会 編

## まえがき

熱応答試験 (TRT) は、地中熱ヒートポンプシステムの設計において必要となる地盤の見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda_a$ ) と地中熱交換器の熱抵抗を求めるために行われます。一定規模以上の建物に地中熱を導入するには不可欠な試験です。この度、地中熱利用促進協会では、省エネ基準にもとづく建築物の一次エネルギー消費量の WEB プログラムでの入力値に必要な地盤の有効熱伝導率 ( $\lambda$ ) を求めるために実施される TRT にかかる技術的な内容を、「IEA ECES (蓄熱実施協定) ANNEX21(TRT) 準拠 ボアホール型地中熱交換器に対する加熱法による熱応答試験の標準試験方法」に準拠して取りまとめました。

「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法) に基づく「住宅・建築物の省エネルギー基準」(省エネ基準) が 2013 年に改正され、外皮性能とともに一次エネルギー消費量が指標となっています。さらに 2015 年に成立した「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」(建築物省エネ法) では、大規模建築物から順次、新築時に省エネ基準への適合義務及び適合性判定の義務が課され、設計一次エネルギー消費量の算出が建築確認申請で必要になります。このための WEB が建築研究所により作成されており、地中熱ヒートポンプシステムについてもクローズドループのボアホール方式と水平埋設方式の WEB プログラムが整備されています。このプログラムの計算には、地盤の有効熱伝導率 ( $\lambda$ ) の値を用いる必要があり、精度の担保されたデータである必要があることから、信頼性のある測定手法を用いる必要があります。

TRT で得られるデータが十分な信頼性をもつものでなければならないことは言うまでもありませんが、このことは、わが国のみならず地中熱利用を進めている世界各国共通の課題です。このため IEA (国際エネルギー機関) が TRT を IEA ECES ANNEX21 の中でサブタスクとして取組み、報告書を取りまとめています。このサブタスクには、わが国からは北海道大学長野克則教授、葛隆夫准教授、秋田大学藤井光教授 (当時九州大学) が参加され、その成果は Sub-task 4. Standard TRT Procedures (Final Report 2013 年 11 月) として報告されています。わが国では、(一財) ヒートポンプ・蓄熱センター 地下熱利用・ヒートポンプシステム研究会により「IEA ECES (蓄熱実施協定) ANNEX21(TRT) 準拠 ボアホール型地中熱交換器に対する加熱法による熱応答試験の標準試験方法」(標準試験方法) として、2011 年 8 月に編纂されています。

地中熱利用促進協会では、地中熱ヒートポンプシステムの施工管理マニュアル (2014 年オーム社刊) の第 2 章で、国内での実施状況を考慮して、TRT の実施方法について取りまとめました。また、国土交通省においても、「官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン(案)」において、TRT の実施方法がとりまとめられています。これらは、いずれも上記の「標準試験方法」に準拠しておりますが、施工管理マニュアルでは協会内での検討を通じて解析ストーリーなどを追加した他、具体的な加熱量を示すなどの見直しをした内容となっています。このたび、「標準試験方法」及びこれらの資料に基づき、省エネ基準の計算に必要なデータの精度を確保するための手法を、わが国での実施状況を考慮して取りまとめたものが、この技術書になります。

この技術書には技術事項とともに省エネ基準適合性判定の際に必要な、TRT 装置認定とその認定基準、認定申請手続き等についても書いてあります。この TRT 技術書は、省エネ基準適合性判定申請の際に準拠すべきものとして国が求める「業界規格」に相当し、TRT 装置認定書は同じく国が求める「第三者認証に係る書類」に相当するものです。

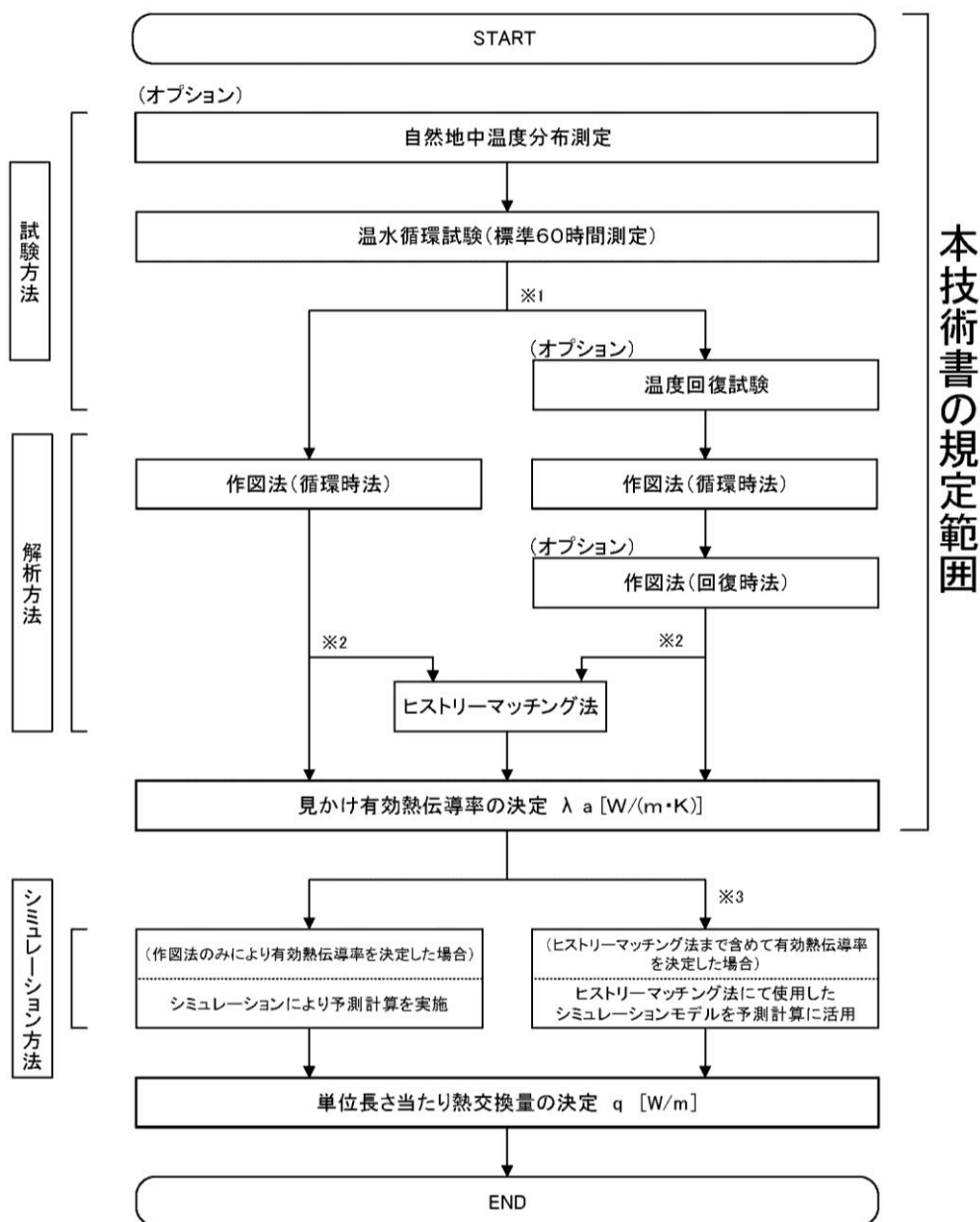
この技術書を取りまとめるにあたり、北海道大学長野克則教授、秋田大学藤井光教授および国土交通省未利用熱利用タスクグループ主査の国土技術政策総合研究所宮田征門主任研究官はじめ同グループの皆様にご指導ご助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 理事長 笹田 政克

## 1. 概要

熱応答試験 (TRT) は、地中熱交換器内に熱負荷を与えた循環流体を循環して得られる循環流体温度や地中温度の経時変化より、地盤の熱物性や地中熱交換器の熱交換能力を推定する地盤調査試験であり、試験結果は地中熱交換器の本数・長さを決定するためのデータとして利用される。本技術書では熱応答試験によって地盤の見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda_a$ ) [W/(m·K)] を求めるための試験装置、実施方法、解析方法に関する基準を示す。また、省エネ基準への適合性判定手続きにおける TRT 関係の事項についても示す。

注) 水飽和状態を考慮した岩石や土壌固有の熱伝導率を有効熱伝導率 ( $\lambda$ )、更に地下水流れの影響も基準への含む熱伝導率を見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda_a$ ) という。TRT では見かけ有効熱伝導率が求められる。



※1 温度回復試験はオプションとして実施する。

※2 作図法(循環時法)は、熱量一定に基づくため、片対数グラフ作成時に明確な直線部が得られない場合は、温水循環試験を再度実施するか、歴史マッチング法により見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda_a$ ) の決定を行う。

※3 解析方法で歴史マッチング法を選択した場合

図 1 熱応答試験と設計への流れ図

## 2. 試験装置

熱応答試験(図2)の主な試験装置は以下の性能や部材で構成され、それぞれ基準(必要条件)を満たしたものをを使用すること。

### (1) 電気ヒーター

実使用時と同等程度の一定の熱負荷を掛けられる発熱量を有していること。ヒーターの熱出力が可変できるものが望ましい。また、ヒーターには2つ以上の安全装置を設けること。例としては、空だき防止のフロースイッチ、最高温度以上になった場合に電流を切り切るサーモスタット、もう一つは、ある温度以上になったときに、それ

自体が溶融して電流を遮断する温度ヒューズなどである。熱負荷の際には、電圧の安定した電源に接続する。また、装置全体へのアース取り付け、主電源への漏電遮断器設置により、感電防止策を図ること。

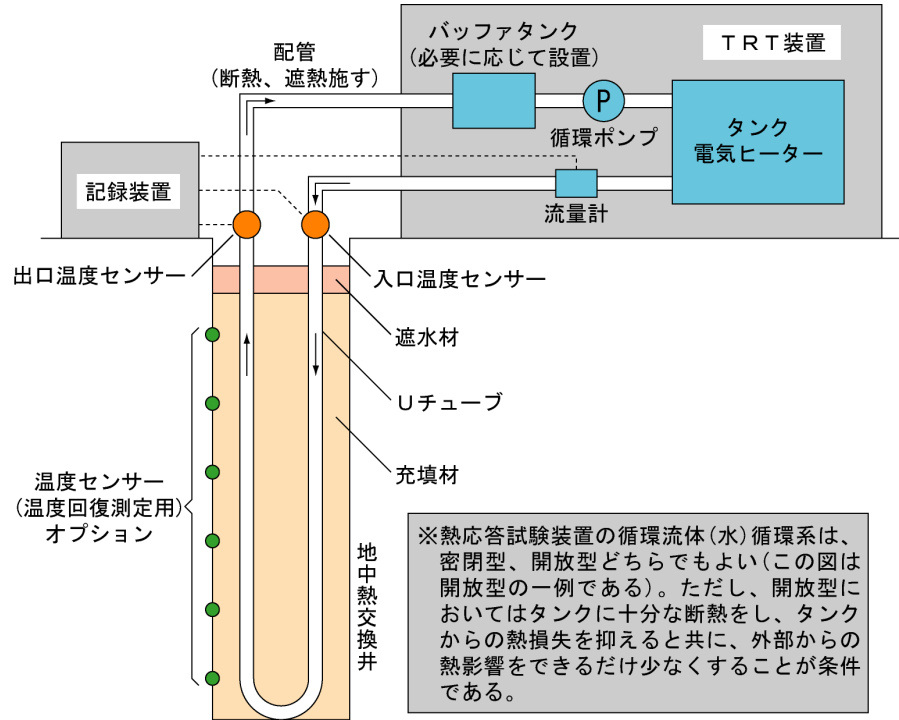


図2 熱応答試験概要図

※熱応答試験装置の循環流体(水)循環系は、密閉型、開放型どちらでもよい(この図は開放型の一例である)。ただし、開放型においてはタンクに十分な断熱をし、タンクからの熱損失を抑えると共に、外部からの熱影響をできるだけ少なくすることが条件である。

必要条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒーターの熱出力は可変とし、4kW以上の加熱能力を有すること。</li> <li>・2つ以上の安全装置(フロースイッチ、サーモスタット、温度ヒューズ等)を有すること。</li> </ul>
------	--

### (2) 循環ポンプ

実使用時と同程度の、低乱流領域(レイノルズ数 $> 2,300$ )の流量を循環できるだけの揚程を有していること。また、効率がよく消費電力が小さく、流量安定性の高いものを使用する。流量調整できるバルブかノイズ対策を施したインバーターが必要である。

レイノルズ数  $Re$  は次の式で求められる。

$$Re = V \cdot \frac{d_i}{\nu}$$

ここで、 $Re$ :レイノルズ数(無次元)

$V$ :管内流速(m/s)

$d_i$ :パイプ内径(m)

$\nu$ :流体の動粘性係数( $m^2/s$ )

必要条件	・ポンプ動力 100W 以上のポンプを選定すること。(不凍液 EG 30%を使用した場合の基準値)
------	---

なお、(一財)ヒートポンプ・蓄熱センター(2011)によれば、循環量と熱量、測定温度の精度に関しては、次のような記述があり、参考とした。

「実使用時を想定した循環量とするのが望ましい。管内流速を 0.5m/s を保つとすると、口径 20A のパイプでは約 10L/分、口径 25A のパイプでは約 15L/分とする。また、この循環流量は、設定した加熱負荷に対して十分な温度差を確保できるものでなければいけない。なぜなら、出入口温度差の測定誤差が $\pm 0.1^\circ C$ としているので、この温度差が $2^\circ C$ であれば $\pm 5\%$ の誤差が生じるということである。したがって、温度差は $4^\circ C$ 程度、測定誤差は $\pm$

2.5%を確保することが望ましい。このとき、加熱量は口径 20A のパイプでは約 10L/分の場合、約 2.8kW、口径 25A のパイプでは約 4.2kW となる。」

### (3) 測定装置

#### 1) 流量計:

高精度な流量計が必要で、具体的には測定精度±0.6%FS 以下の流量計が望ましい。一般的には、工業用の電磁流量計が使われる。出力信号は電流値もしくはパルスのいずれかが一般的である。

また、流量計の検定有効期間が8年であり、計量法における水道メーターの期限に準拠している。

必要条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流量計単体の測定精度が、カタログ値 ±0.6%FS (FS50L/min) 以下であること。</li> <li>・直近8年以内の国家標準または国際標準に対するトレーサビリティが確保された校正記録を有していること。製造番号と納入日が記載された納品書又は同等の書類でも可。</li> </ul>
------	---

#### 2) 温度センサー:

外部からの熱の影響を最小限とするため、温度計測はUチューブの頭頂部より1m以内で実施すること。

3線式以上の白金測温抵抗体(以下 Pt100 センサーと呼ぶ)のうちクラス AA またはクラス A を使用することでセンサー自体の精度を確保する。

実際の運用に当たっては、出入口温度測定用の2本の Pt100 センサーは、測定される温度範囲内において相互の温度指示値の差が 0.1℃以内とすることで、測定精度が確保される。

Pt100 の検定有効期間は3年とする。この基準は地中熱利用促進協会が調査した装置の精度確保実績を根拠として TRT 装置認定委員会で決定したものである。

なお、センサー自体の防水性能の低下や結線部分の絶縁低下は測定値に影響するため、絶縁テープ等での養生をすることが望ましい。

必要条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・温度計測はUチューブの頭頂部より半径 1m 以内で実施すること。</li> <li>・出入口温度測定用の Pt100 センサーは、3線式以上のクラス AA または A であること。</li> <li>・0℃および約 30℃における相互の Pt100 センサーの温度指示値の差が 0.1℃以内であること。</li> <li>・直近 3 年以内の国家標準または国際標準に対するトレーサビリティが確保された 0℃及び約 30℃での校正記録を有していること。</li> </ul>
------	--

なお、地中の熱伝導率の垂直変化を捉えるため、TRT 実施時に地中熱交換井内の複数深度において測定精度±1.0℃程度の温度センサーを設置し、観測を行う方法もある(オプション)。

#### 3) 記録装置:

電氣的に高い耐ノイズ性を有するもの。一般的なサンプリング時間である1分において十分な精度を保てるもの。Pt100 センサーおよび流量計からのアナログ信号やパルス信号が測定できることが条件となる。一般的には分解能 16bit 程度の A/D 変換装置を有したデータロガーなどが用いられる。

必要条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上記条件を満たす、製品として販売されているデータロガー、PLC および 同等(以上)の性能を有する記録装置を使用すること。</li> </ul>
------	--

### (4) TRT 装置認定チェックシート

認定を受けようとする装置は上述の「必要条件」をすべて満たしていなければならない。

当該装置がこれらの要件を満たしていることを、TRT 装置認定チェックシート(表1)に漏れなく記載する。申告

データのエビデンスとなる、カタログ、センサーの校正記録、検査成績書を添付すること。

なお、前回と同一の個体番号の装置に関しては、仕様等の変更の有無についてもチェックする。

認定の有効期間は全ての要件が満たされている期間とする。すなわち、流量計の検定有効期間(8年)と温度センサーの検定有効期間(3年)が重なる期間が認定有効期間(最長3年)となる。

認定申請日		20 年 月 日		TRT装置認定チェックシート				判定日		20 年 月 日			
認定申請者		名称: ○○○○○○				代表者: ○○○○○○ 印		判定者 NPO法人 地中熱利用促進協会 印					
申請装置		個体番号: ○○-××××											
対象項目	準拠確認事項(必要条件)				申告データ				適合判定	添付資料			
試	電気ヒーター	○加熱能力 ・ヒーターの熱出力は可変とし、4kW以上の加熱能力を有すること。				ヒーター容量 ○○V OkW + ○○V OkW または OkW~OkW					TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)		
		○安全装置 ・2つ以上の安全装置(フローズスイッチ、サーモスタット、温度ヒューズ等)を有すること。				最大熱負荷 OkW 安全装置 ( )フローズスイッチ ( )サーモスタット ( )温度ヒューズ ( )その他 ( )							
験	循環ポンプ	○ポンプ動力 ・100W以上のポンプを選定すること。				ポンプ出力 ○○ W					TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)		
装	測定装置	○流量計 ・流量計単体の測定精度が、カタログ値 ±0.6%FS(FS50L/min)以内であること。 ・直近8年以内の国家標準または国際標準に対するトレーサビリティが確保された校正記録を有していること。製造番号付きの納品書又は同等の書類でも可。				測定精度 ±0.0 %FS 最大流量 ○○ L/min					TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)		
		○温度センサー ・出入口温度測定用のPt100センサーは、3線式以上のクラスAA又はAであること。 ・0℃及び約30℃における2本のPt100センサーの温度指示値の差が0.1℃以内であること。 ・直近3年以内の国家標準または国際標準に対するトレーサビリティが確保された0℃及び約30℃での校正記録を有していること。				製造番号 ○○○○○○ 校正日または納品日 2016/3/1							
						製造番号 ○○○○○○ ○○○○○○ 指示値の差 (誤差の差)					校正記録		
						Pt100クラス AA A AA A							
				検査記録 0℃時の誤差# 0.00℃ 0.00℃ 0.00℃ 約30℃時の誤差# 0.00℃ 0.00℃ 0.00℃					(#) 誤差(℃) = 校正時の標準器の値(℃) - 被測定器の値(℃)				
				校正日 2017/3/1 2017/5/1									
				○記録装置 ・製品として販売されているデータロガー、PLCを使用すること。 例 データロガー: 横河電機、キーエンス、グラフテック、テノー、オムロン、日置電機、ジオテクサービス PLC: 横河電機、キーエンス、オムロン、三菱電機 ・上記と同等(以上)の性能を有する記録装置を使用する場合は、それを証する追加資料を添付すること				メーカー名 ( ) 型番 ( )					TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)
								総合判定	適合: ○ 不適合: ×	(*)TRT装置のカタログまたはTRT装置の仕様表に記載なき場合は、各機器・装置のカタログまたは各機器・装置の仕様表を添付			
協会記入欄				TRT装置認定番号 -									
				校正有効期間				認定有効期間					
流量計				2016/3/1 ~ 2024/2/29				2017/5/1 ~ 2020/2/29					
温度センサー				2017/5/1 ~ 2020/2/29				(左記校正有効期間が重なる期間)					

表1 TRT 装置認定チェックシート

### 3. 試験装置の設計・設置、および実施における注意点

- ① TRT を実施した地中熱交換井の見かけ有効熱伝導率(λa)は、TRT を実施した地中熱交換井と同じ工法、同じ仕上法で設置した近傍の地中熱交換井で適用できる。掘削径や掘削法、仕上法等が異なる場合は同じ条件とならないので注意が必要である。
- ② また、数多くの地中熱交換井を設置する場合、TRT を実施した地中熱交換井の地下状況とほぼ同じである必要がある。掘削状況で地下状況に大きな差が認められる場合は、TRT の追加の要否も検討する必要がある。
- ③ 地上配管における熱損失が大きいと地中熱交換器に与える負荷が不安定になるので、地上配管の長さは最小限にし、外気温条件に対して十分な性能を有する断熱材を施すとともに遮熱を施す。特にUチューブが短い(熱交換量が小さい)場合には地上部での熱損失・日射取得の影響が温度変化に大きく影響する。なお、ここで言う遮熱とは、日中の日射の影響を避けるためにアルミテープを巻く、アルミ蒸着シートなどで被覆することである。
- ④ 配管に、エア抜きを設置する。漏水やこれによる水タンクの空焚きには細心の注意を払う。

- ⑤ 循環流体としては、通常は水が用いられるが、実際に使用するシステムが不凍液を使用する場合で、かつ濃度が明らかである場合には、その濃度に調整した不凍液を使用してもよい。ただし、解析の際は、不凍液の濃度に対する密度、比熱を用いて熱量を補正する必要がある。
- ⑥ 地中熱交換井の施工完了後、井内の温度が地層温度と平衡になるには長時間を要するため、最低3日間、できれば4~7日程度放置して自然状態に復帰してから試験を開始するものとする。
- ⑦ 水井戸を熱交換井として利用する場合にも⑥と同様に、自然状態に復帰後に試験を開始する。また、井戸内での地下水流動が明らかな場合には、試験結果にはその状況について記載しておく。
- ⑧ 降雨時の雨水のボアホールへの浸入防止措置を図ることが望ましい。
- ⑨ 地中熱交換井近傍での地下水揚水(ディープウェル等)の有無の確認も重要である。

#### 4. 実施方法

試験方法は、「温水循環試験」と「温度回復試験」がある。

##### (1) 自然地中温度分布の測定(オプション)

Uチューブ内の自然状態での循環流体温度を測定することが望ましい。地中熱交換井内のUチューブに1本の温度センサー(例えば、精度 $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ をもつ Pt100 センサー クラス A)を静かに降下させながら、順次1m毎に温度を測定する。周辺の事前調査の地質情報等から、特徴的な地下水流動や温度構造が想定されるような場合、解析の手掛かりとなる情報を得ることができる可能性がある。

なお、センサーの引き上げ時に温度測定をするとセンサーおよびケーブルの影響により温度が乱れるため、できるだけ避ける。

##### (2) 温水循環試験

一定に保たれた電源及びヒーターによって一定加熱された循環流体をUチューブに循環させ、Uチューブの出入口温度や流量等をモニタリングする。モニタリング時間は、標準で60時間、最短でも48時間以上とする。温水循環試験の標準的な実施手順は次のとおりである。

- ① 試験装置とUチューブとを断熱を施したホース等で接続し、配管を循環流体で満たした後、エア抜きをする。
- ② 温度センサー、流量計を記録装置に接続する。温度測定はUチューブの出入口における循環流体温度については必ず行う。なお、出入口とは、循環ポンプからみた循環方向に対し、循環ポンプに近い方が入口、遠い方が出口となる。また、可能であれば、あらかじめ温度センサーを地中熱交換井内のUチューブに深度を変えて設置することで地中温度を測定し、更に、その地点の見かけ有効熱伝導率( $\lambda a$ )を評価することができる。ただし、この情報は、温度センサーを埋設した地点のみの情報となるので、留意が必要である。
- ③ 地中に温度センサーが設置されておらず、初期地中温度の推定が必要な場合は、ヒーターをオフにしたまま30分程度循環流体の循環を行い、Uチューブ出入口における循環流体温度が安定するのを確認した後、出入口温度の平均より初期地中温度を決定する。
- ④ ヒーターに通電し、循環流体の循環を開始する。流速は循環流体の循環が乱流域(レイノルズ数 $> 2300$ )となるように設定する。例えば、呼び径25のダブルUチューブを用いて $30^{\circ}\text{C}$ の水を循環する場合、循環流体流動が乱流域となる最小流量は約 $4.5\text{L}/\text{min}$ である。
- ⑤ 熱負荷は実際に設置予定の地中熱利用ヒートポンプシステムの負荷に近い大きさとする。目安として、見かけ有効熱伝導率( $\lambda a$ )の低い地盤では $30\text{W}/\text{m}$ 、見かけ有効熱伝導率( $\lambda a$ )の高い地盤では $80\text{W}/\text{m}$ とされている(Sanner et al, 2005)。
- ⑥ 循環流体の循環時間は、時間と循環流体平均温度の片対数プロットにおいて、地中熱交換器の影響がなくなり、その後出現する地層の熱伝導率により傾きが決まる直線部において十分な長さの直線が得ら

れる時間とする。

- ⑦ データのサンプリング時間は、特段の理由が無い限り1分以下とする。
- ⑧ 循環終了後は速やかに TRT 装置と地上配管の水抜きをし、その後試験装置を撤収する。

測定条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加熱中の温水循環試験の測定は標準で60時間、最短でも48時間以上行う。</li> <li>・データの測定サンプリング時間は、1分以下とする。</li> </ul>
------	---

### (3) 温度回復試験(オプション)

温水循環試験終了後に地中熱交換井内に設置した温度計により、地中熱交換井内の温度回復状況をモニタリングする。モニタリング時間は、60時間程度または、地層温度が加熱前の状態に戻るまでとする。なお、温度回復試験用の温度センサーを設置するために、実際に設置する井戸径よりも掘削孔径を大きめ設定した場合、地中熱交換量などが、実際に地中熱ヒートポンプシステムとして使用する場合と特性が全く同じにはならないことに留意が必要である。

## 5. 解析方法

熱応答試験によって得られた温度データより、地盤の平均的な見かけ有効熱伝導率( $\lambda_a$ )と地中熱交換器の熱抵抗を推定する。解析方法には、作図法(循環時法)、作図法(回復時法)およびヒストリーマッチング法があり、作図法(循環時法)による解析を基本とするが、必要に応じて併せて他の二つの方法を採用して見かけ有効熱伝導率( $\lambda_a$ ) [ $W/(m \cdot K)$ ]を決定する。ただし、経済性を考慮して一般には作図法(循環時法)を実施することが多い。また、線源理論の近似式に基づいた TRT 解析用逆解析ソフトなどを使用することも可能である。

解析方法に出てくる記号について以下にまとめる。

記号	意味	記号	意味
T	温度 (°Cまたは K)	t	経過時間 (s)
q	単位深度当たりの熱交換量(平均値) (W/m)	n	解析期間におけるパラメータ毎の計測点数
r	ボアホール半径 (m)	$q_i$	経過時間ごとの熱交換量 (W/m)
$T_0$	初期地層温度 (°C)	$\Delta T_i$	ある時間における地中熱交換器出入口温度差 (K)
$\lambda_a$	見かけ有効熱伝導率 [ $W/(m \cdot K)$ ]	$L_i$	ある時間における循環流量 ( $m^3/s$ )または(L/min)
$\alpha$	熱拡散係数 ( $m^2/s$ )	C	水の比熱 [ $J/(kg \cdot K)$ ]または[kJ/(kg·K)]
$R_b$	地中熱交換器の熱抵抗 [ $K/(W/m)$ ]	$\rho$	水の密度 ( $kg/m^3$ )または(kg/L)
$m'$	定数	D	地中熱交換器長さ (m)
b	定数		

### (1) 作図法(循環時法)

循環時法は、温水循環試験中の地中熱交換器出入口温度の平均値にケルビンの線源理論を適用し、経時変化曲線の傾きから地層の見かけ有効熱伝導率( $\lambda_a$ )を推定する手法である。

解析は、エクセルの直線近似計算機能を利用することが容易で一般的である。

#### 1) 解析方法(理論)

ケルビンの線源理論によると、ある無限固体内に位置する無限長さの線熱源から一定熱量  $q$  が発生するとき、ある任意の径方向位置における温度変化が求められる。これは、ある均一な土壤内に U チューブが埋設され、その表面に一定の熱量が流入するときの温度応答として置き換えて考えることができる。特に、フーリエ数と呼ばれる無次元時間が十分に大きな範囲では、式 1 のように温度 T は経過時間 t の関数である自然対数を用いて表される。ただし、右辺第 2 項は循環流体と U チューブ間の熱伝達、U チューブでの熱伝導、充填材での熱伝導によって生じる循環流体から地盤までの温度変化を熱抵抗  $R_b$  によって表したものであり、元の線源理論に



は無い項目である。

$$T = \frac{q}{4\pi\lambda_a} \left( \ln \frac{4\alpha t}{r^2} - 0.5772 \right) + qR_b + T_0 \quad (\text{式 1})$$

q が一定のとき、式 1 は定数  $m'$ ,  $b$  によって式 2 のように単純化される。 $m'$ ,  $b$  はそれぞれ式 3 および式 4 で表される。

$$T = m' \times \ln(t) + b \quad (b \text{ は定数}) \quad (\text{式 2})$$

$$m' = q / (4\pi\lambda_a) \quad (\text{式 3})$$

$$b = q \left[ \frac{1}{4\pi\lambda_a} \left\{ \ln \left( \frac{4\alpha}{r^2} \right) - 0.5772 \right\} + R_b \right] + T_0 \quad (\text{式 4})$$

式 3 の変形により、見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda_a$ ) は式 5 に示すように  $q$  と  $m'$  の値を用いて表される。

$$\lambda_a = q / (4\pi m') \quad (\text{式 5})$$

なお、 $m'$  は後述する適切な解析区間の全測定データの温度  $T$  と  $\ln(t)$  について近似式を求め、その傾きを  $m'$  として用いる。

また、熱抵抗 ( $R_b$ ) は、式 1 の変形により、式 6 で表される。

$$R_b = \frac{T - T_0}{q} - \frac{1}{4\pi\lambda_a} \left\{ \ln \left( \frac{4\alpha t}{r^2} \right) - 0.5772 \right\} \quad (\text{式 6})$$

熱抵抗は時間  $t$  毎に求められるので、実際には  $m'$  の解析区間の各データ毎に  $R_b$  を求め、その平均値を用いる。

ここで、直線近似区間  $t_1$  と  $t_2$  の間隔はより長時間であることが望ましい。ただし、加熱開始間近のデータにはボアホール内の熱容量の影響が残っているととも、式 1 などの近似式の適用条件の問題がある。このため、加熱時間が 48 時間を想定した場合に  $\ln(t)$  の 1 サイクル以上が取れる加熱開始後 17 時間を  $t_1$  とする。なお、測定データに外気温の変動に呼応した 1 日周期の温度変動が見られた場合、 $t_1$  と  $t_2$  の間隔を 24 時間の倍数にすることは見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda_a$ ) の推定誤差低減に有効である。

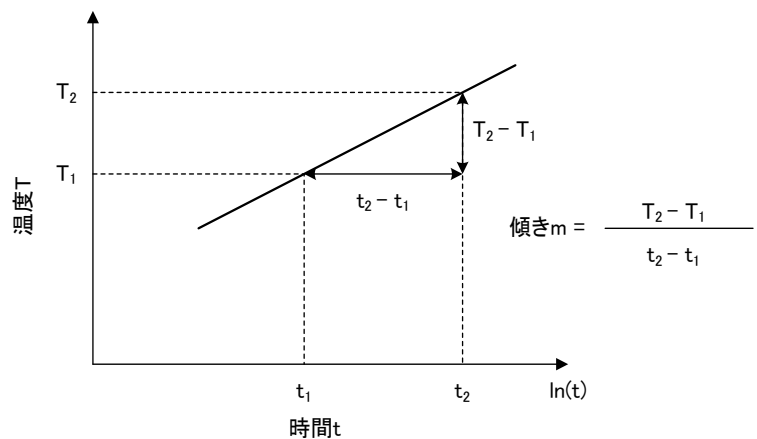


図3 熱応答試験による解析方法

解析条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加熱時間 <math>t_1=17</math> 時間、<math>t_2=48</math> 時間以降のより長いデータ区間を用いて作図法(循環時法)によって見かけ有効熱伝導率 (<math>\lambda_a</math>) を求める。</li> <li>・同様に、熱抵抗を求める。</li> </ul>
------	---

## 2) 解析手順

【手順 1】温水循環試験結果を基に、経過時間  $t$  [h] の対数を横軸、地中熱交換器出入口温度の平均値  $T$  [°C] を縦軸にとり、片対数グラフを作成する。

【手順2】片対数グラフの近似曲線を汎用表計算ソフト等から求め、傾き  $m'$  を決定する。

(十分な時間(60時間以上)経過後に、直線部が観測される)

$$T = 2.7117 \cdot \ln(t) + 21.318$$

ここで、 $T = m' \cdot \ln(t) + b$  より

$$m' = 2.7117$$

【手順3】経過時間ごとに熱交換量  $q_i$  [W/m] を算出し、その平均値を熱交換量  $q$  [W/m] とする

(この例では、循環試験時間は67時間で計測間隔は1分であるので、67[h]×60[min]=4,020個の計測点がある)。

$$q_i = (L_i \cdot C \cdot \rho \cdot \Delta t_i \cdot 10^3) / (60 \cdot D)$$

ここに、 $\Delta t_i$ : ある時間における地中熱交換器出入口温度差[°C]

$L_i$ : ある時間における循環流量[L/min]

$C$ : 水の比熱[kJ/(kg·K)] (=4.19)

$\rho$ : 水の密度[kg/L] (=1.0)

$D$ : 地中熱交換器長さ[m]

$$q = (q_1 + q_2 + \dots + q_n) / n$$

(参考) それぞれの平均値で熱交換量を算出した場合

$$Q = \{ (19.6[\text{L/min}] \times 4.19[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})] \times 1.0[\text{kg/L}] \times (32.2 - 27.9)[\text{°C}] \} / (60 \times 104.3[\text{m}])$$

$$\approx 0.05643[\text{kW/m}] = 56.4[\text{W/m}]$$

【手順4】見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) [W/(m·K)] を算出する。

$$\lambda a = q / (4 \pi m')$$

$$= 56.4 / 4 / 3.14 / 2.71 = 1.65[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

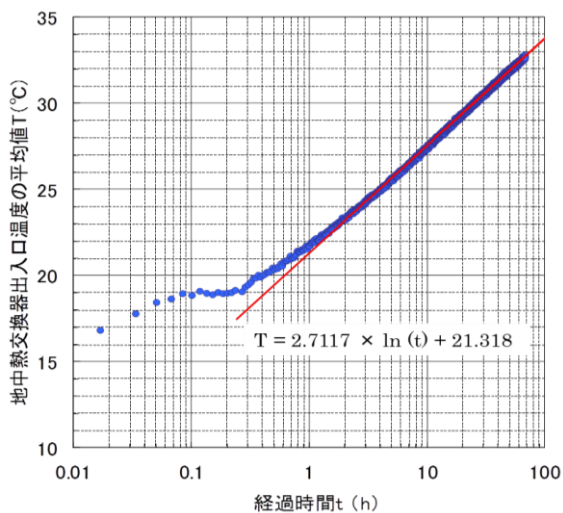


図4 温水循環試験の経過時間と  
出入口温度平均値のプロット例

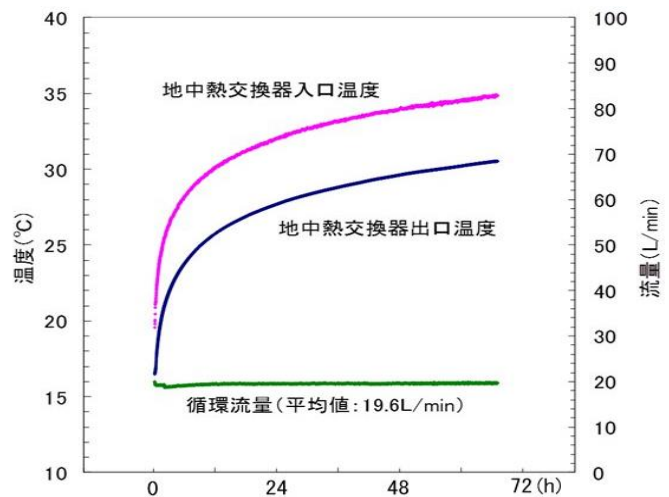


図5 経過時間ごとの循環流量  
および出入口温度プロット例

## (2) 作図法(回復時法)(オプション)

回復時法は、温水循環試験終了後の地層内温度挙動にケルビンの線源理論の重ね合わせを適用し、経時変化曲線の傾きから地層の見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) を推定する手法である。

### 1) 解析方法(理論)

循環時法と同様に、ケルビンの線源理論を適用し、熱媒体の総循環時間を  $\tau_{pt_p}$  とすると、初期地層温度  $T_i$  と

循環終了後時間  $t$  経過後の温度  $T_s$  の関係は、式 7 で表される。

$$T_s - T_i = m' \cdot \ln\{(t+t_p)/t\} \quad (\text{式 7})$$

ここで、 $m'$  は式 2 中の  $m'$  と同一である。以降については、循環時法と同様に式 5 より、見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) を算出する。

解析条件	<p>・解析区間は循環時法と同じく、加熱停止後の経過時間 <math>t_1=17</math> 時間から <math>t_2=60</math> 時間の間のデータもしくは <math>t_2=60</math> 時間以降のデータを用いて作図法(回復時法)によって見かけ有効熱伝導率 (<math>\lambda a</math>) を求める。</p>
------	--

## 2) 解析手順

**【手順 1】**温度回復試験結果をもとに、温度計を設置した深度ごとに、無次元時間  $(t+t_p)/t$  の対数を横軸、地中熱交換井温度  $T$  [°C] を縦軸にとり、片対数グラフを作成する(この例では、深度 80m 付近とした)。なお、無次元時間  $(t+t_p)/t$  は、ホーナー時間と呼ばれており、この片対数グラフはホーナープロットと呼ばれている。図 6 参照。

**【手順 2】**片対数グラフの近似曲線を汎用表計算ソフト等から求め、傾き  $m'$  を決定する。  
(十分な時間(72 時間以上)経過後に、直線部が観測される)

$$T = 2.8208 \cdot \ln(t) + 16.61$$

ここで、 $T = m' \cdot \ln(t) + b$  より

$$m' = 2.8208$$

**【手順 3】**見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) [W/(m·K)] を算出する。

$$\begin{aligned} \lambda a &= q / m' \\ &= 56.4 / 4 / 3.14 / 2.82 = 1.59 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

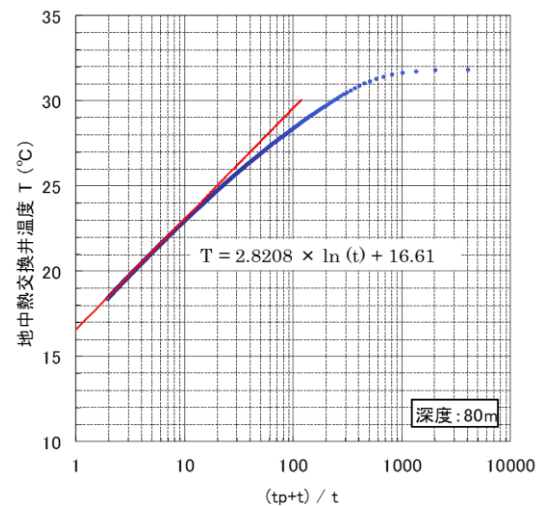


図6 回復試験のホーナープロット例

## (3) ヒストリーマッチング法

温水循環試験中の地中熱交換器入口温度を入力値とし、地層の見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) 等をマッチングパラメータとして、解析解に基づく数値シミュレーションモデルを用いて地中熱交換井出口温度を予測し、計算値と実測値とのマッチングによって地層の見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) を推定する手法である。特に、地中熱交換量が一定でなく、作図法による解析が適切では無い TRT データにおいてであっても、重ねあわせの原理を適用し、熱交換量の変動を考慮できるので、より確かな見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) を求められる。

ヒストリーマッチング法では、地層内の熱伝導計算には、熱交換井を線熱源とみなさないため熱交換井の温度変化を正確に表現でき、TRT 開始直後から循環流体温度を精度よく計算できる円筒型熱源関数の利用が望ましい(例えば、藤井, 2006)。なお、線源理論を使用することも可能であるが、計算においては、近似精度を考慮して適切な計算間隔で計算を行う必要がある。

循環水温度を計算する際に反復計算が必要となり手計算による実施は困難であるが、市販ソフト等を利用することで実施することができる。

## 6. 見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) の決定

見かけ有効熱伝導率 ( $\lambda a$ ) を求める解析方法としては3つの方法があるが、基本的には作図法(循環時法)で求められる  $\lambda a$  を採用し、作図法(回復時法)とヒストリーマッチング法の結果を用いる場合には、その採用理由について十分にコメントするようにする。例えば、温水循環試験にて地中熱交換量が一定ではなく、解析時に

明瞭な直線部が得られない場合には、ヒストリーマッチング法によって $\lambda_a$ を決定する。

また、深度毎の $\lambda_a$ を求めるためにオプションとして温度回復試験を実施する例が多いが、その深度間隔や平均値を求める手法については最適な方法が決まっていないので、作図法(回復時法)にて求めた $\lambda_a$ を参考値としてコメントする。図7参照。

## 7. 「省エネ基準への適合性判定」における TRT と TRT 装置認定

### (1) 本書の位置付け

建築物省エネ法に基づく「省エネ基準適合性判定申請」の手続きにおいて、地中熱利用をする建物の場合は地盤の有効熱伝導率( $\lambda$ )を使用して、WEB プログラムで建築物の一次エネルギー消費量を計算しなければならない。 $\lambda$ を求める方法は3つの方法が指定されているが、TRT による測定値を使う方法はその一つである。

TRT による測定値を使う場合には、使用する TRT 装置はあらかじめ TRT 装置認定書を取得しておく必要がある。また TRT の方法は本書に準拠し、TRT 結果報告書の書式も本書記載のものが標準である。

### (2) 建築物省エネ法に基づく TRT 関係の手続きの概要(図7参照)

1) 平成 29 年 4 月から始まる建築物省エネ法の適合義務化においては、地中熱ヒートポンプシステムを建築物に導入しようとする建築主等(申請者)は、省エネ基準への適合性判定申請を所管行政庁又は登録省エネ判定機関に提出し適合性判定通知書を得て、建築確認申請手続きの際にそれを提出しなければならない。

2) 省エネ基準への適合性判定申請書を作成するに際して、TRT を実施している場合には、「地盤の有効熱伝導率( $\lambda$ )」の値の根拠として「TRT 結果報告書」を添付する。

3) TRT 測定業者は、あらかじめ「TRT 装置認定書」を取得していることが必要条件となる。申請者は TRT 測定業者が「TRT 装置認定書」を取得していることを確認した上で TRT を発注することとなる。

4) 「TRT 装置認定書」を得るためには、TRT 測定業者は認定者である NPO 法人地中熱利用促進協会に「TRT 装置認定申請書」を提出して認定を受ける。TRT 装置認定の有効期間は最大 3 年間である。

図 7 に、上記の申請に必要な書類の内容とその流れについて図示する。

(手続きの詳細は別途公開する「TRT 装置認定申請の手引き」を参照)

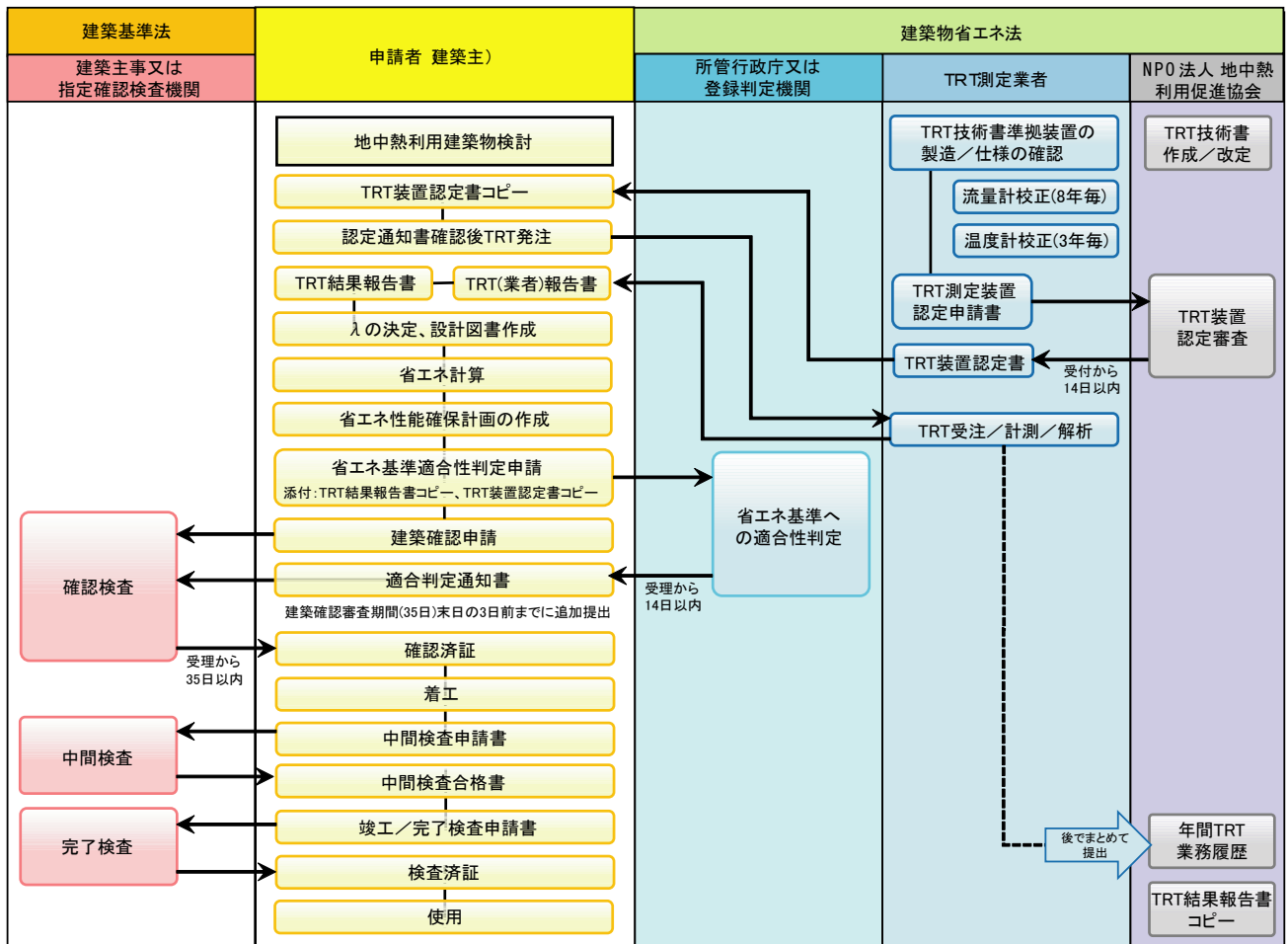


図7 省エネ基準への適合性判定及び建築確認・検査、TRT 装置認定のスキーム概要

### (3) TRT 装置認定に関する書類の様式

#### 1) TRT 装置認定申請書(別添-1 参照)

TRT 測定業者が、NPO 法人地中熱利用促進協会に提出する申請書である。

#### 2) TRT 装置認定書(別添-2 参照)

NPO 法人地中熱利用促進協会が、TRT 測定業者に交付する認定書である。

#### 3) TRT 結果報告書(別添-3 参照)

TRT 測定業者が、申請者(建築主等)に提出する資料である。申請者(建築主等)は省エネ基準への適合性判定の申請に際して、これを所管行政庁等に添付書類として提出する。

#### 4) TRT 業務履歴総括表(別添-4 参照)

TRT 測定業者が TRT 装置認定申請を行う際に、前回の装置認定以降当該測定装置を使用して行った TRT の結果を NPO 法人地中熱利用促進協会に報告する資料である。

### 参考文献

(財)ヒートポンプ・蓄熱センター(2011)IEA ECES (蓄熱実施協定) ANNEX21(TRT)準拠 ボアホール型地中熱交換器に対する加熱法による熱応答試験の標準試験方法 Ver.2.0.「地下熱利用とヒートポンプシステム研究会」編, 13p.

Sanner,B.,G.Hellstrom,J.Spittler ,and S.Gehlin (2005) Thermal Response Test–Current Status and Worldwide Application . In :Proceedings of the 2005 World Geothermal Congress, Antalya , Turkey , April 24～29, 2005 ,paper No.1436, 9p.

藤井光(2006)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. 日本地熱学会誌, Vol.28, No.2, 245-257.

以上

20 年 月 日

## 一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 装置認定申請書

特定非営利活動法人地中熱利用促進協会  
理事長 笹田 政克 様

申請者	住所	印
	名称	
	代表者	

貴協会が規定している「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 技術書」に基づき、一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 装置認定を申請します。

固体番号：	
認定の種類：	<input type="checkbox"/> 新規認定、 <input type="checkbox"/> 更新認定、 <input type="checkbox"/> 変更認定、 <input type="checkbox"/> 事後認定 (いずれかにチェック)

添付書類 (添付した書類にチェックを入れて下さい)

添付書類(1)	<input type="checkbox"/> TRT 装置認定チェックシート
添付書類(2)	<input type="checkbox"/> 流量計校正記録 (またはカタログと製造番号付きの納品書) <input type="checkbox"/> 0°C及び約 30°Cでの温度センサー校正記録
添付書類(3)	<input type="checkbox"/> TRT 装置カタログ
	<input type="checkbox"/> 外観写真、内部写真、装置構成図
	<input type="checkbox"/> 電気ヒーターカタログ
	<input type="checkbox"/> 循環ポンプカタログ
	<input type="checkbox"/> 流量計カタログ
	<input type="checkbox"/> 温度センサーカタログ
	<input type="checkbox"/> 記録装置カタログまたは追加資料
	TRT 装置カタログがない場合又は TRT 装置カタログに記載のない場合に添付
添付書類(4)	<input type="checkbox"/> TRT 業務履歴総括表
	<input type="checkbox"/> 個別 TRT の「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 結果報告書」

担当者連絡先	(〒 - )		
住所：			
部署・役職：			
氏名：		Mail：	
Tel：		Fax：	

協会記入欄 (以下の表は記入しないでください。)

判定欄		認定番号欄	
受付番号		認定番号	
受付日	年 月 日	認定日	年 月 日
手数料入金	年 月 日		
係員名		係員名	
認定有効期間	年 月 日 ~		年 月 日

対象項目	準拠確認事項(必要条件)	申告データ	適合判定	添付資料
電気ヒーター	○加熱能力 ・ヒーターの熱出力は可変とし、4kW以上の加熱能力を有すること。	ヒーター容量 ○○V ○kW + ○○V ○kW または ○kW~○kW		TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)
	○安全装置 ・2つ以上の安全装置(フローズスイッチ、サーモスタット、温度ヒューズ等)を有すること。	最大熱負荷 ( ) フローズスイッチ ( ) サーモスタット ( ) 温度ヒューズ ( ) その他 ( )		TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)
	○ポンプ動力 ・100W以上のポンプを選定すること。	ポンプ出力 ○○W		TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*)
流量計	○流量計 ・流量計単体の測定精度が、カタログ値 ±0.6%FS (FS50L/min) 以内であること。 ・直近8年以内の国家標準または国際標準に対するトレーサビリティが確保された校正記録を有していること。製造番号付きの納品書又は同等の書類でも可。	測定精度 ±0.0 %FS 最大流量 ○○L/min 製造番号 ○○○○○ 校正日または納品E 2016/3/1		TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*) 校正記録(またはカタログと製造番号付きの納品書)
	○温度センサー ・出入口温度測定用のPt100センサーは、3線式以上のクラスAA又はAであること。 ・0°C及び約30°Cにおける2本のPt100センサーの温度指示値の差が0.1°C以内であること。 ・直近3年以内の国家標準または国際標準に対するトレーサビリティが確保された0°C及び約30°Cでの校正記録を有していること。	製造番号 ○○○○○ Pt100 クラス AA A AA A 検査記録 0°C時の誤差 # 0.00°C 約30°C時の誤差 # 0.00°C 校正日 2017/3/1 2017/5/1	指示値の差 (誤差の差) 0.00°C 0.00°C	校正記録 (#) 誤差(°C) = 校正時の標準器の値(°C) - 被測定器の値(°C)
	○記録装置 ・製品として販売されているデータロガー、PLCを使用すること。 例 データロガー: 横河電機、キーエンス、グラファテック、チノー、オムロン、日置電機、ジオテックサーベイス PLC: 横河電機、キーエンス、オムロン、三菱電機 ・上記と同等以上の性能を有する記録装置を使用する場合は、それを証する追加資料を添付すること	メーカー名 ( ) 型番 ( )		TRT装置カタログ またはTRT装置の仕様表(*) 同等(以上の)性能を証する資料

協会記入欄	TRT装置認定番号 認定有効期間	総合判定
流量計	2016/3/1 ~ 2024/2/29	適合: ○
温度センサー	2017/5/1 ~ 2020/2/29 (左記校正有効期間が重なる期間)	不適合: ×



# 認定書

## 一定加熱・温水循環方式熱応答試験（TRT）装置

住 所：○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

名 称：○○○○○○○○○○○○

代表者：○○ ○○ 様

認定番号：00-00

認定装置 個体番号：00-0000-0000

認定有効期間：20 年 月 日～20 年 月 日

20 年 月 日付で申請があり、20 年 月 日付で受付した一定加熱・温水循環方式熱応答試験（TRT）装置認定申請は、当協会が規定している「一定加熱・温水循環方式熱応答試験（TRT）技術書」に適合していることを認定します。

20 年 月 日

Geo-Heat Promotion Association of Japan

特定非営利活動法人地中熱利用促進協会

理事長 笹田 政克

所管行政庁または登録判定機関宛て

申請者(省エネ基準への適合性判定申請の申請者)

住 所

名 称

代表者

印

## 一定加熱・温水循環方式熱応答試験(TRT)結果報告書

国立研究開発法人建築研究所が公開している「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」の規定に基づき、一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 結果報告書を提出いたします。

項目	記入欄	備考
測定場所	〇〇県〇〇市〇〇町〇-〇-〇 〇〇〇建設工事現場	
地中熱交換井概要	深度 m、孔径 mm 地中熱交換器(いずれかに○) シングルU、ダブルU、その他	
TRT 実施業者名	〇〇株式会社	
測定責任者氏名	氏名	
測定日	平成 年 月 日～ 月 日	
測定結果	見かけ有効熱伝導率( $\lambda_a$ ) W/(m・K) (WEB プログラムの有効熱伝導率( $\lambda$ )にはこの $\lambda_a$ の値を入力する。)	小数第二位を四捨五入して、 小数第一位まで表記のこと。
使用した TRT 装置	認定番号: 個体番号:	TRT 装置認定書添付
添付資料	添付資料-1 試験結果概要表(必須) 添付資料-2 測定解析データ(必須) 添付資料-3 測定状況写真(必須) 添付資料-4 その他(任意)	

## 参考

「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 結果報告書」を提出し、「TRT 装置認定書」を添付する根拠

本「TRT 結果報告書」および添付の「TRT 装置認定書」は、国立研究開発法人建築研究所が公開している「建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報」の「WEB プログラムの入力に関する参考情報」の規定に基づき提出するものである。

この規定は次の手順で関係のサイトから入手できる。

(1) 国立研究開発法人建築研究所が公開している「建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報」を開く。

<http://www.kenken.go.jp/becc/index.html>

ここから(2)に行く。

(2) 技術情報

「・非住宅建築物のエネルギー消費性能の評価方法に関する技術情報」を開く

<http://www.kenken.go.jp/becc/building.html>

ここから(3)に行く。

(3) 入力に関する参考情報

・地中熱ヒートポンプの評価方法(タイプの判別方法)

「地中熱ヒートポンプの評価方法(タイプの判別方法) (ZIP 約 1542KB) H28.04.27 公開」を開くと(4)が出る。

(4) 地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法\_v1\_20160427

「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法\_v1\_20160427」の p.12「附属書 A 地盤の有効熱伝導率の決定方法」の 11～15 行目に、(5)の記述がある。

(5) サーマルレスポンス試験による計測値を使う方法

『NPO 法人地中熱利用促進協会が規定している「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 技術書 (特定非営利活動法人地中熱利用促進協会 Web サイト(<http://www.geohpaj.org>)内で公開)』に従って試験した結果を使用する。なお、申請の際には「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 結果報告書」の添付が必要であると規定されている。

(6) (5) の「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 技術書」の p.12 に「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 装置認定書」についての記載がある。

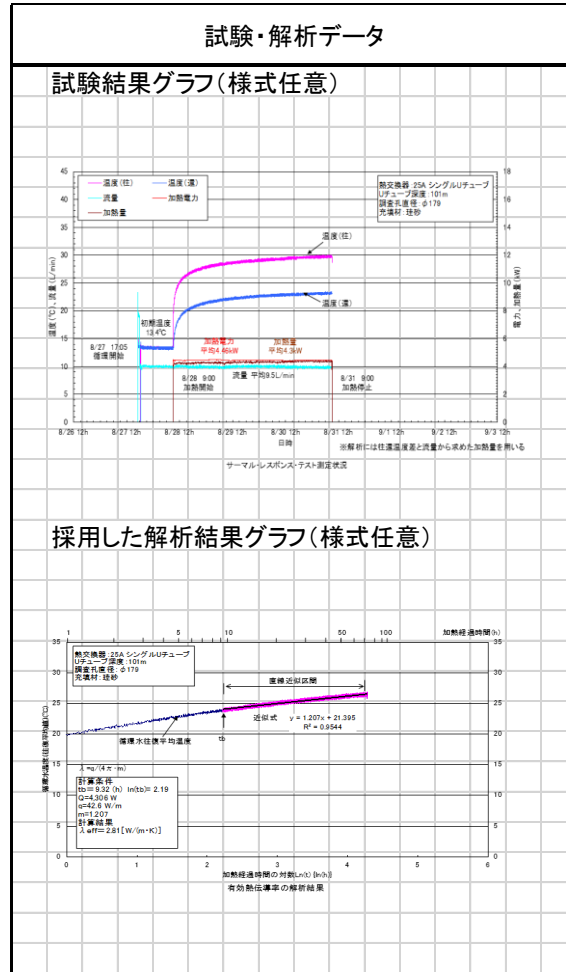
添付資料の記載例

添付資料－1 試験結果概要表(必須)

(赤字は申請者が記載する部分)

試験結果概要		
調査日時		
2017年4月1日～2017年4月7日		
調査場所(区市町村まででも可)		
東京都千代田区		
測定機関		
地中熱計測株式会社		
地中熱交換井の概要		
名称	熱交換井1	(任意)
掘削深度	102 m	
掘削径	179 mm	
熱交換器種類(いずれかに○)		
	シングルU	ダブルU
		その他( )
Uチューブ呼び径	25	
地中熱交換器長さ	101 m	
充填材	珪砂2号	
概略の地質	ローム、シルト、砂礫	(任意)
試験結果概要		
初期地中温度	16.9 °C	
初期温度評価方法	循環中	自然状態
平均加熱量	4.9 kW	
加熱時間	62 h	
平均循環流量	16 L/min	
循環流体	水	不凍液( )
解析結果		
解析方法	作図法(循環時)	ヒストリーマッチング
見かけ有効熱伝導率	1.79 W/(m・K)	
熱抵抗	0.08 K/(W/m)	

添付資料-2 測定解析データ(必須)



添付資料-3 測定状況写真(必須)

写真-1 掘削位置を確認できる写真

工事件名、認定番号を書いた黒板と全景



写真-2 TRT 測定装置写真  
個体番号が写っていること



写真-3 熱交換器頭頂部写真  
Uチューブの頭頂部と TRT 測定装置の配管状況の写真



添付資料-4 その他(任意)  
特徴的なデータ・解析結果などがあれば、任意で添付をお願いいたします。

20 年 月 日

特定非営利活動法人地中熱利用促進協会  
 理事長 笹田 政克 様

申請者 (TRT 調査会社)

住所

名称

代表者

印

## TRT 業務履歴総括表

貴協会が規定している一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 技術書に基づき、TRT 装置認定を受けた装置を使用して TRT を行った結果を報告いたします。

1. 認定を受けた TRT 装置を使用して行った TRT のリスト  
 (TRT 発注者の了解の上、できるだけ記載してください。)

使用した TRT 装置	TRT 装置認定番号:	
	個体番号:	認定日:

番号	①測定日	< 地中熱交換井概要 >		< 測定結果 >	
	②TRT 発注者	④深度、⑤孔径、 ⑥熱交換器(いずれか選択)		⑦見かけ有効熱伝導率( $\lambda a$ )、 ⑧熱抵抗、⑨初期地中温度	
1	① 2017 年 4 月 1 日～4 月 7 日	④ 102 m	⑤ 179 mm	⑦ 1.79 W/(m·K)	
	② ○○○○株式会社	⑥ <input type="checkbox"/> シングル U <input checked="" type="checkbox"/> ダブル U		⑧ 0.08 K/(W/m)	
	③ ○○県○○市○○町 1-2-3 ○○○建設工事現場	<input type="checkbox"/> その他( )		⑨ 16.9 °C	
2	① 年 月 日～月 日	④ m	⑤ mm	⑦ W/(m·K)	
	②	⑥ <input type="checkbox"/> シングル U		⑧ K/(W/m)	
	③	<input type="checkbox"/> ダブル U <input type="checkbox"/> その他( )		⑨ °C	
3					
4					

2. 各 TRT の詳細

所管行政庁等へ提出した個別の「一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 結果報告書」の写しを添付してください。