

福島県内の有効熱伝導率測定結果について

新協地水株式会社

○原 勝重、藤沼 伸幸、幸田 英顕

1. はじめに

福島県は、2011年3月に「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」を策定したが、東日本大震災後にエネルギー情勢が変化したことから、2012年3月に「再生可能エネルギーの飛躍的な推進による新たな社会づくり」と位置付けたビジョンに改訂し、再生可能エネルギーによる自給率100%を2040年頃までに目指すという導入目標とした。再生可能エネルギーには、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、水力発電、地熱発電、太陽熱利用、雪氷熱利用、温度差熱利用、地中熱利用、その他などがある。

福島県の再生可能エネルギー導入実績を図-1に示す。2019年度において34.7%の導入となっている。



図-1 福島県内の再生可能エネルギーの導入実績¹⁾

地質調査を生業とする我々がこのビジョンに賛同して再生可能エネルギーの推進を事業として行うことを考えた場合には、これまで蓄積したノウハウを生かすことのできるボアホール方式の地中熱利用を行うことによる再生可能エネルギーの推進が可能ではないかと考えた。

この地中熱は、図-2に示すように深度10m以深においては一年中一定温度であることを利用するものであり、夏季と冬季において省エネルギーとなる。

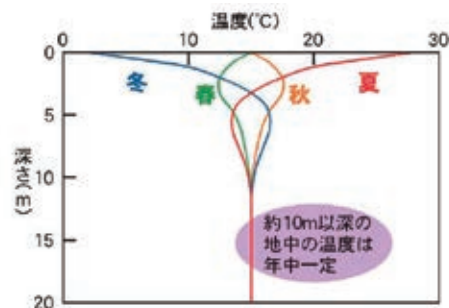


図-2 季節による地中温度の変化イメージ²⁾

欧米で進んでいる地中熱利用は、岩盤に100m程度のボアホールを掘削してUチューブを埋設する方法が主流である。しかし、人口の約半分が平野部に居住している我が国においては、未固結地盤にUチューブを埋設することになり、地中熱の利用可能量（ポテンシャル）を把握する必要がある。このため、図-3に示す福島県内の8地点においてサーマルレスポンス試験（TRT：Thermal Response Test）を16回実施して有効熱伝導率λを求めたのでその結果について報告する。

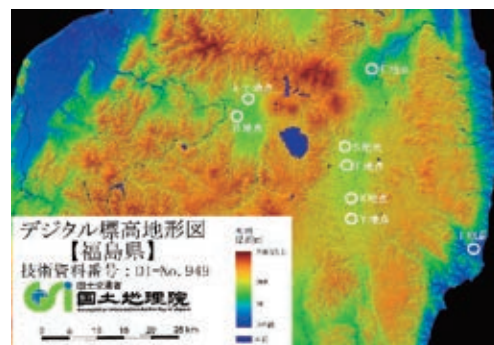


図-3 福島県内におけるTRT実施地点³⁾

2. サーマルレスポンス試験 (TRT)

サーマルレスポンス試験は、熱応答試験とも呼ばれ、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の有効熱伝導率 λ_a と地中熱交換器の熱抵抗を求めるために行うものである。今回は、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法である一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 技術書⁴⁾ に準拠して実施した。これは省エネ基準に基づく建築物の一次エネルギー消費量のプログラム⁵⁾ の入力値である地盤の有効熱伝導率 λ を求めることが出来るものである。用いた熱応答試験機は、(株)アグリクラスター製の AGC-003 で、2017年2月15日に NPO 法人地中熱利用促進協会から発行された TRT 装置認定申請の手引き⁶⁾ に則って認定されたものである。



写真-1 TRT 測定状況

3. サーマルレスポンス試験 (TRT) 結果

表-1と図-4にサーマルレスポンス試験 (TRT) を行った深度と得られた有効熱伝導率 λ [W/(m·k)] を示す。

深度19.64~103.8mのボアホール内における有効熱伝導率は $\lambda = 1.277 \sim 2.530$ [W/(m·k)] であり、深度方向の λ 値の増加傾向は直線的ではなく図-4中に示すように指数関数で近似される。

深度22.79mと深度102.60mの有効熱伝導率の比は、1.98倍であり、深度の比が4.5倍であるものの深度増加による有効熱伝導率 λ の増加は、小さいことが分かる。

表-1 ボアホール深度と有効熱伝導率

測定場所	深 度 z (m)	有効熱伝導率 λ [W/(m·k)]	測定日
郡山市 (T地点)	22.79	1.277	1月31日
	28.69	1.722	1月25日
	100.0	2.303	3月7日
郡山市 (S地点)	58.67	2.030	8月18日
	70.80	2.410	8月5日
	103.80	2.440	7月23日
会津坂下町 (B地点)	22.70	1.732	12月16日
	26.70	1.440	12月6日
	32.05	1.740	9月25日
鏡石町 (K地点)	24.50	1.552	1月16日
	24.10	1.280	1月21日
	31.38	1.990	1月27日
矢吹町 (Y地点)	19.64	1.570	2月17日
いわき市 (I地点)	28.70	1.293	2月8日
福島市 (F地点)	21.70	1.511	1月13日
喜多方市 (kt地点)	102.60	2.530	2月26日

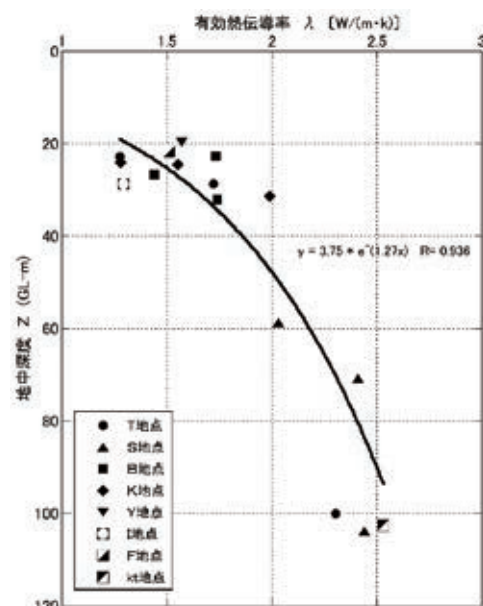


図-4 ボアホール深度と有効熱伝導率の関係

図-4に示すように比較的浅い深度約20~32mの有効熱伝導率は $\lambda = 1.277 \sim 1.99$ [W/(m·k)] の範囲であり、深度50m以上の比較的深い深度58.67~103.8mでは $\lambda = 2.03 \sim 2.53$ [W/(m·k)] である。深度約20~32mの比較的浅い深度のサーマルレスポンス試験結果の有効熱伝導率でも $\lambda = 1.2$ [W/(m·k)] 以上を示し、地中熱ヒートポンプのシステム設計に用いる有効熱伝導率 λ となっている。

4. 今後の課題について

深度40m以上の比較的深い深度のデータ数が少ないため、深度40～100mの測定データを増やす必要がある。

深度20～32mのサーマルレスポンス試験における有効熱伝導率が設計に十分に用いることが可能であることは、平野部における地盤調査の調査深度が通常40m未満であり、概ね20～30mであることを考えると調査ボーリング孔を拡幅してサーマルレスポンス試験を行うことが可能となれば経済的となることが考えられる。

さらに、20～30mの深さであればボーリング削孔時に使用する泥水や削孔水を使わず鋼管を回転貫入させてUチューブを設置する方法も可能である。この方法は低騒音・低振動・非排水・非排土で行える利点があり、今後、Uチューブの設置方法としての可能性が考えられる。

サーマルレスポンス試験の測定日は、12月6日～3月7日の低気温時と7月23日～9月25日の高気温時であり、低気温時と高気温時における有効熱伝導率の違いの

有無や季節的な地下水位変動の影響等について確認し、年間を通じた地中熱利用に関するデータの収集が必要である。

現在、S地点の深度100mのボアホールにダブルUチューブを設置したクローズドループ方式の地中熱ヒートポンプシステムを稼働中であり、夏季と冬季の省エネルギーの効果についてデータを取得中である。

《引用・参考文献》

- 1) 福島県：令和元（2019）年度福島県内における再生可能エネルギー導入実績，2020.9.
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/401460.pdf>（確認日：2021.5.15.）
- 2) 環境省 水・大気環境局 土壤環境課 地下水・地盤環境室：地中熱利用システム（2021年版），p.3，2012.3.
- 3) 国土地理院ウェブサイト，2019.7.
<https://www.gsi.go.jp/common/000215429.jpg>（確認日：2021.5.20.）
- 4) NPO法人地中熱利用促進協会編：一定加熱・温水循環方式熱応答試験（TRT）技術書，2017.4.
- 5) 建築物のエネルギー消費性能計算プログラム（非住宅用）Ver.3.0.1：国立開発法人建築研究所，2021.5.21.
- 6) TRT装置認定申請の手引き：NPO法人地中熱利用促進協会編，2017.2.15.