

福島県葛尾村で実施した TRT による見かけ熱伝導率について

新協地水株式会社 ○幸田 英顕，藤沼 伸幸

1. はじめに

地中熱利用は、省エネルギーによって脱炭素に寄与する有力な手段であり、その利用のためには地下水の流れの影響を含む地盤の見かけ熱伝導率を求めることが重要である。見かけ熱伝導率は、熱応答試験 (TRT) ¹⁾ やケーブル方式熱応答試験 (ケーブル TCP) ^{2), 3)} などの方法によって求めることができる。これまでに福島県内の粘性土や凝灰岩を主とする 2 地点において 2022 年から 2024 年 1 月にかけて測定した見かけ熱伝導率について報告した ⁴⁾, ⁵⁾。今回は阿武隈山地の花崗岩地帯に位置する福島県葛尾村内 (図-1) において 2015 年 4 月および 2023 年 8 月に TRT によって見かけ熱伝導率を求めた結果について報告する。

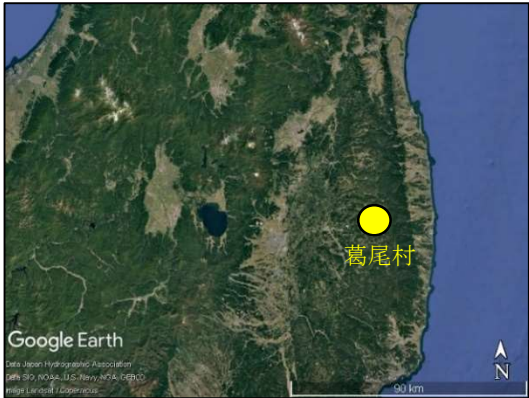


図-1 調査位置図

2. 方法

葛尾村の図-2 に示す地点の 2015 年 4 月と 2023 年 8 月に概ね深度 GL-100m を対象とした TRT を実施した。TRT は、一定加熱・温水循環方式熱応答試験 (TRT) 技術書 ¹⁾ に準拠して温水循環試験を実施した。地点 E は温水循環試験に続いて、地中熱交換器に 10m 間隔の深度に設置した T 型熱電対を使用して温度回復試験を実施した。TRT 装置は 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⁾ に則った認定装置である。なお、TRT とは別に 2023 年に地点 E から 20m 程度の距離に当社が揚水井戸を掘削している。

3. 結果

表-1 に TRT の結果である見かけ熱伝導率を示す。地点 E の温度回復試験の結果は、深度 10m ごとに求めた見かけ熱伝導率の平均値を示している。見かけ熱伝導率は 2.6 ～ 2.9W/(m・K) であった。

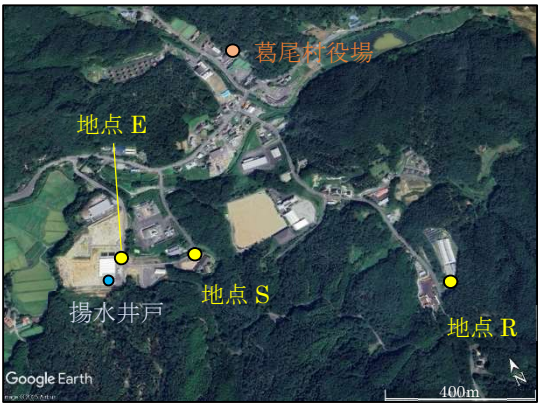


図-2 測定箇所

図-3 に揚水井戸と地点 E (ボアホール型地中熱交換器) 掘削時のさく井柱状図を示す。GL-10～15m まではまさ土であり、それ以深は風化花崗岩である。揚水井戸の掘削時は GL-24m, GL-45m, GL-60～67m において地下水の増量を確認し、GL-86～93m では 200L/min 程度の地下水量であった。施工後の適正揚水量は 160L/min である。また、地点 E の TRT の地中熱交換器設置のための掘削時には、GL-22m～23m において地下水の湧出量は数 L/min 程度であった。

表-1 熱応答試験測定結果

地点名	方法	測定期間	地中熱交換器長 m	見かけ熱伝導率 W/(m・K)
S	温水循環	2015/4/14 ～ 2015/4/17	102.0	2.97
R	温水循環	2023/7/7 ～ 2024/7/10	80.7	2.67
E	温水循環	2023/8/22 ～ 2023/8/25	100.5	2.94
E	温度回復	2023/8/25 ～ 2023/8/28	100.5	2.92

図-4 に地点 E の深度ごとの TRT (温度回復試験) の結果を示す。見かけ熱伝導率は 2.2 ～ 3.3W/(m・K) であり、GL-20m～30m 間、GL-50m～70m 間において見かけ熱伝導率が大きく変化し、より深い深度で大きな値を示している。

近接する揚水井戸の掘削時の地下水量の増加と比較すると、地点 E の深度ごとの見かけ熱伝導率が変化する深度が GL-20m～30m 間、GL-50m～70m 間において重複している。地点 E の地中熱交換器設置のための掘削時には地下水の湧出量はあまりなかったが、近接する揚水井戸の深度ごとの地下水量との関連が推定できる。

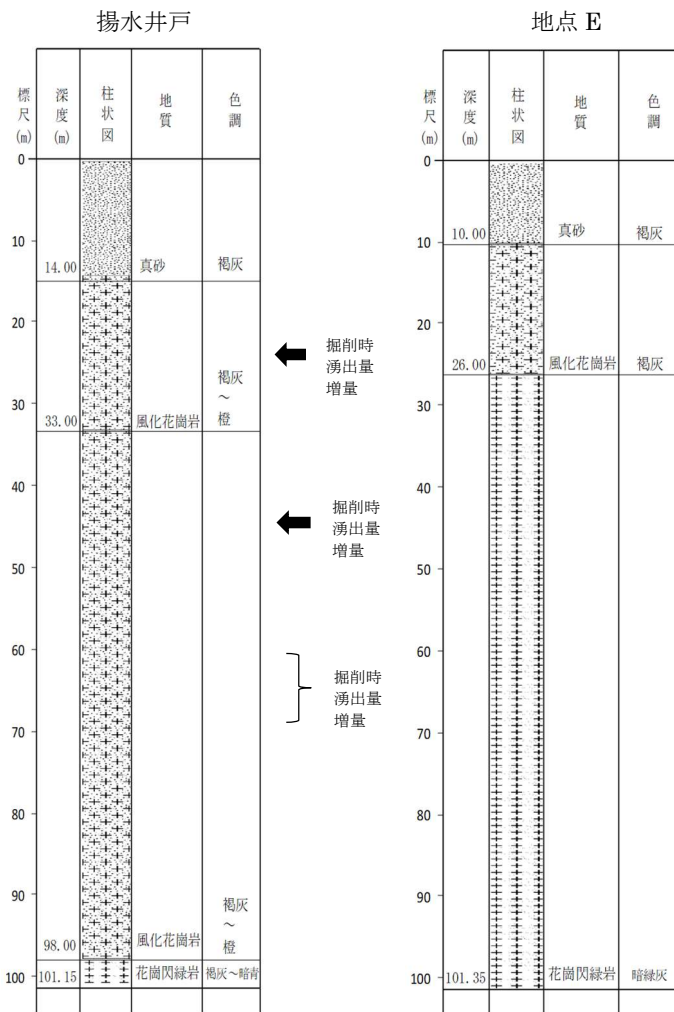


図-3 さく井柱状図

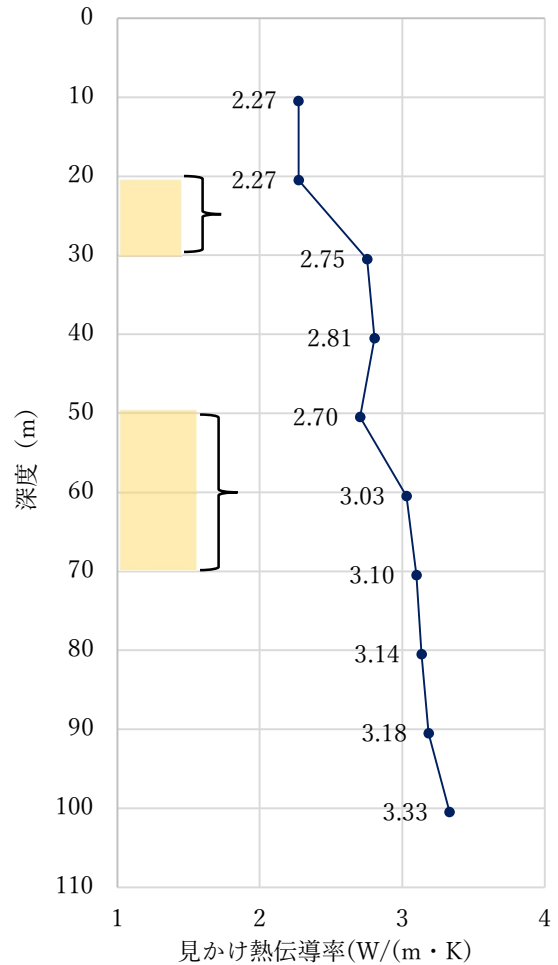


図-4 深度別の見かけ熱伝導率(地点 E)

4. まとめと今後の課題

本調査地の福島県葛尾村は花崗岩地帯であり、TRT の試験孔およびその付近の井戸のさく井柱状図から地質、地下水の状況を推定・比較した。さく井柱状図と温度回復試験の対比から、揚水井戸の湧出量が増加する深度付近において見かけ熱伝導率が増加することを確認した。TRT の試験孔にて地下水の湧出が確認できなくても、付近に揚水井戸があれば深度ごとの見かけ熱伝導率を推定できるときがあると考えられる。

揚水井戸掘削時の湧出量と温度試験結果の対比から、井戸掘削時の湧出量が増加する深度で見かけ熱伝導率が大幅に大きくなっており、原位置で地下水が確認されなくとも周辺の地下水の影響により数値が変化する可能性が示唆された。今後、揚水井戸のデータをボアホール型地中熱交換器の適地目安とできるよう同様の調査事例を増やす必要がある。

《引用・参考文献》

- 1) 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，2018. 8，p1-11.
<https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>.
- 2) 神宮寺元治，竹原孝，山口勉，国松直(2002)：貫入試験装置を用いた原位置地盤熱伝導率探査法，日本地熱学会誌，第24巻，第4号，p349-356.
- 3) 石原武志，富樫 聡，シュレスタ ガウラブ，内田洋平(2023)：地質調査孔を用いたケーブル方式熱応答試験の有効性実証，日本地熱学会誌，第45巻，第2号，p103-119.
- 4) 幸田 英顕，原 勝重，藤沼 伸幸(2023)：福島県内で測定した見かけ熱伝導率の季節変動について，全地連技術フォーラム 2023 論文集，論文 No. C049.
- 5) 幸田 英顕，原 勝重，藤沼 伸幸，富樫 聡，石原武志(2024)：福島県内で実施した TRT と TCP による見かけ熱伝導率について，全地連技術フォーラム 2024 論文集，論文 No. C074.
- 6))NPO 法人地中熱利用促進協会編：TRT 装置認定申請の手引き，2019. 10，p1-9.