

段階揚水試験における揚水量と温度変化について

(株)日さく ○高松 泉歩, 峯浦 康平, 若槻 望美

1. はじめに

温度検層は、ボーリング孔内における温度を深度方向に連続的に測定する検層方法である¹⁾。温度検層によって得られた鉛直水温プロファイルは、帯水層の位置検討等に利用される。一般に帯水層では、地下水流動量が多く、水温プロファイル上で特徴的な形状を示す。また、同一帯水層内であっても、水温プロファイルに変化が生じる事例も多い。これは、地下水が帯水層中を一様に流動するのではなく、透水性が良い箇所を選択的に流動していることを示唆するものと考えられる²⁾。

既報(全地連技術フォーラム2019)において、揚水試験に伴う水温変化について報告した。本報では、比較的深い被圧帯水層を対象として、揚水試験時に温度検層を実施した。既報と同様、揚水に伴う水温変化が確認された。また、井戸洗浄前後に実施した段階揚水試験においても水温プロファイルの変化が確認されたので、以下に報告する。

2. 調査概要

(1) 段階揚水試験

水源開発のために新設した揚水井 W-1において、揚水能力を把握するため、段階揚水試験を実施した。揚水試験は、井戸洗浄前後とも揚水量80~480L/minの範囲内で6段階に区分し、各段階60分間の揚水を行った。

調査地における地質断面図を図-1に示す。浅層にはローム層および凝灰質粘土層が分布し、その下位に洪積層の複数の砂質土層および粘性土層が分布する。

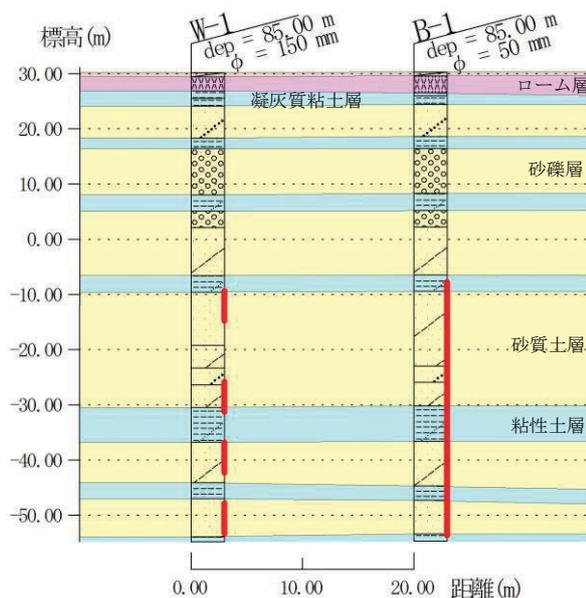


図-1 地質断面図

(2) 温度検層

段階揚水試験とあわせ、観測井 B-1において精密温度検層器(高分解能温度電気伝導度検層装置)を用いた温度検層を実施した。

測定方法は、精密温度検層器の温度センサを孔底まで降下もしくは引き揚げ、2cmごとに水温測定を行った²⁾。温度センサはできる限り低速度(2.0m/min以下)で上下させ、孔内の攪乱を防ぐものとした。

(3) 水質分析

段階揚水試験時に各段階の終盤に採水し、主要イオン分析を行った。

水質分析結果よりヘキサダイアグラム等を作成し、段階揚水試験における水質変化についても確認することとした。

3. 結果

(1) 段階揚水試験

段階揚水試験の結果を図-2に示す。井戸洗浄前の揚水試験における $Q-s$ 曲線の傾きは約55° となった。明瞭な変曲点は認められないものの、第4段階以降で揚砂が認められたため、揚水井の限界揚水量を第4段階の320L/minと判断した。

井戸洗浄後の段階揚水試験における $Q-s$ 曲線は約49°の傾きの直線上にプロットされ、明瞭な変曲点は認められなかった。また、揚砂は認められず、限界揚水量に達していないと考えられる。 $Q-s$ 曲線の傾きが緩くなり、比湧出量が増加したことから、井戸洗浄の効果が確認された。

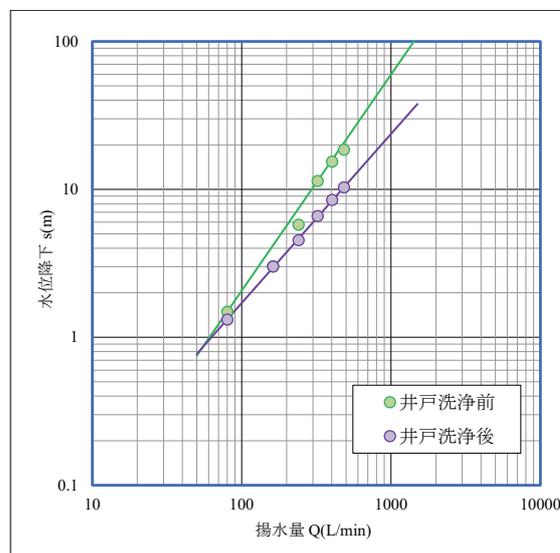


図-2 段階揚水試験結果($Q-s$ 曲線)

■ スクリーン位置

(2) 温度検層

①井戸洗浄前

井戸洗浄前の観測井 B-1における温度検層結果を図-3に示す。

深度38～50m 区間では、揚水量の違いによる温度変化はほとんど見られなかった。しかし、4段階目(揚水量320L/min)以降、60m 前後で約0.5℃の温度変化が見られた。60m 以深においては、揚水量の増加に伴い、水温が高くなる傾向が見られた。

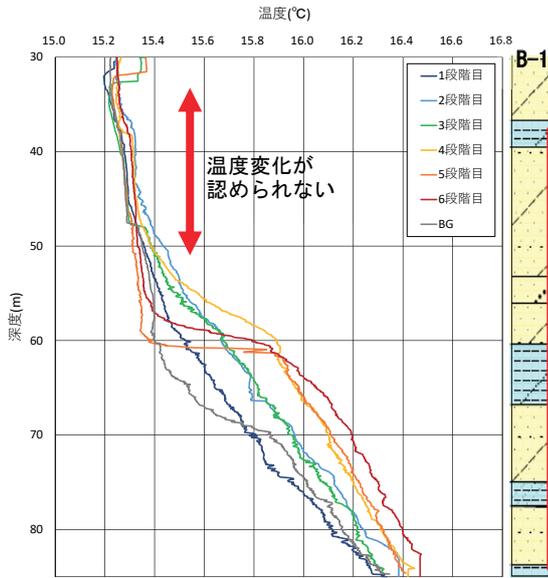


図-3 温度検層結果(井戸洗浄前)

②井戸洗浄後

井戸洗浄後の温度検層結果(図-4)では深度38～50m 区間においても、揚水量の違いによる温度変化が認められた。これは、揚水井の井戸洗浄により、スクリーンの目が開き、当該深度における地下水流動が促進されたものと考えられる。

とくに深度55～70m 区間における温度変化が大きく、1～3段階目と4～6段階目では、0.2～0.4℃程度の温度差が見られた。

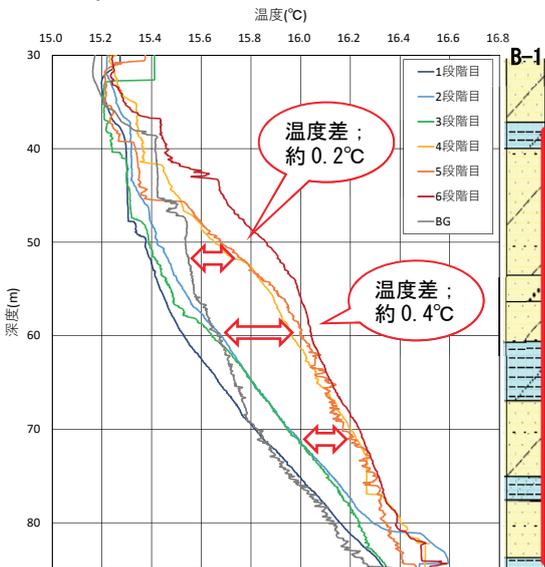


図-4 温度検層結果(井戸洗浄後)

(3) 水質分析結果

段階揚水試験の各段階時の水質分析結果を図-5に整理した。

井戸洗浄前は温度検層結果同様、段階揚水試験4段階目以降において、水質の変化が見られた。

井戸洗浄後は、各段階でほぼ同じ水質を示し、揚水量の違いによる水質変化は認められなかった。

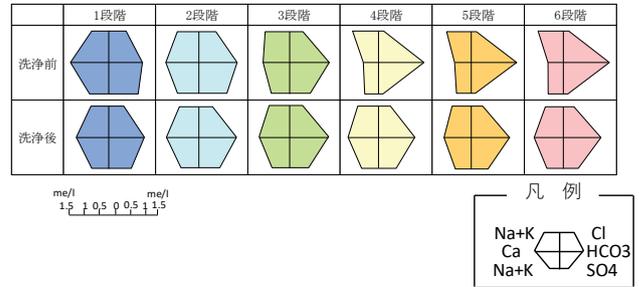


図-5 水質分析結果(ヘキサダイアグラム)

4. 考察・まとめ

深層の被圧帯水層において、井戸洗浄前後に関わらず、揚水量の増加に伴い水温が上昇する傾向が認められた。既報では、浅層地下水において同様の傾向であったことから、帯水層深度によらず、揚水量の増加に伴い水温が変化する傾向にあることが確認できた。

井戸洗浄前の段階揚水試験において、4段階目以降、深度60m 前後で水温上昇が約0.5℃と大きく、水質の変化も4段階目以降で認められた。また、井戸洗浄後の温度検層では、揚水量の増加に伴う水温上昇幅がスクリーン区間で一様ではなく、揚水量により、各帯水層からの地下水の混合割合が変化していることが示唆された。

井戸洗浄前、深度38～50m 区間においては揚水による水温変化が認められなかったが、井戸洗浄後は水温変化が見られたことから、温度検層によって、井戸洗浄の効果を確認できた。

今回、既報同様、揚水に伴う水温プロファイルの変化が確認されたが、揚水量増加に伴う水温変化のプロセスについては明らかになっていないため、今後も事例を増やし、引き続き検討していきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 山本荘毅(1983.3.10,古今書院):新版 地下水調査法, p.119
- 2) 竹内篤雄(1996.3.12,古今書院):温度測定による流動地下水調査法,p.18,p.254