

# 地下水情報をリアルタイムで検知可能なボーリング掘削工法に関する試み

ハイテック（株） ○朴 春澤, 小宮 国盛, 黒谷 愛理

## 1. はじめに

地下水環境をより正しく評価するためには、地下水位、地下水流動層などを正確に把握する必要がある。

ボーリング調査では掘削流体を用いて作業を実施するため、孔内水位という概念が存在する。孔内水位は平衡状態に回復するまで時間が必要となるため、現状としては孔内水位を地下水位とすることが多い。また、複数の帯水層あるいは岩盤の亀裂や割れ目に流れている裂か水（いわゆる水ミチ）が存在する場合、実際の地下水位と孔内水位が異なるケースが多く、孔内水位の観測だけでは複数存在する地下水位や水ミチを把握することはできないため、計測結果の信頼性がなくなる恐れが拭えない。

上記の問題点を解決するため、本研究では、一定濃度の塩水を掘削流体とし、コアチューブ内に設置する電気伝導率計（EC 計）と温度計を用いて、塩分濃度及び温度の変化を捉え、リアルタイムで地下水の流動性をキャッチし、より正確に地下水環境を評価する試みを行った。

## 2. システムの概要

本研究では掘削流体として一般的に使用されている清水、泥水などの代わりに、事前に配合した一定濃度の塩水を利用することが大きな特徴である。

掘削深度が地下水位に到達、もしくは裂か水に当たると、掘削流体の塩分濃度及び温度の変化をセンサーで検知する。迅速に地下水流動層の深度を把握することができ、複数の帯水層においても、それぞれの深度を確認できると考えられる。

### (1) 使用 EC 計と温度計について

図-1に示すように、ダブルコアチューブのヘッド部に EC 計と温度計、裏にデータ転送用の基板と専用ケーブルを設置する。そして、図2のように地上でデータロガーにデータを集約すると共に、ソフト上でモニタリングした。掘削流体の塩分濃度と温度を計測することによ

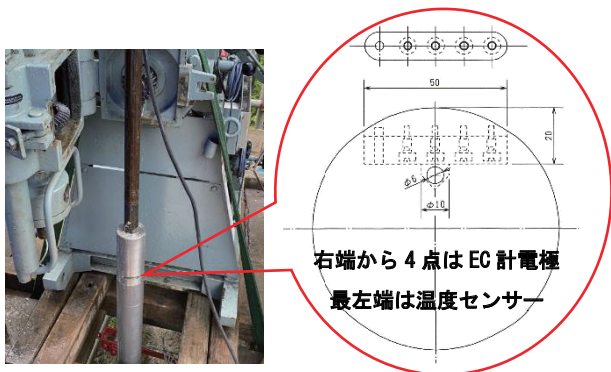


図-1 センサー設置状況

て、地中の水環境の変化をリアルタイムで捉える方法である。

また、諸データの変化をより捉えやすくなるため、水タンク

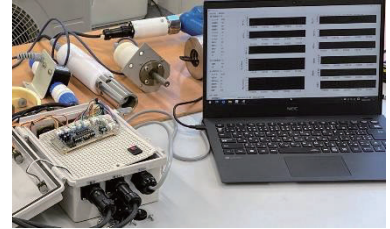


図-2 データロガーと表示画面

の中に別途 EC 計と温度計一式を入れ、参考基準値としてモニタリングを行った。

表-1は使用センサーのスペックを示す。

表-1 EC 計と温度計のスペック

EC 計	測定方式	交流4極
	材質	ステンレス
	測定レンジ	0-200mS/m
	精度	±4mS/m (温度補償なし)
	最小表示	1mS/m
温度計	測定方式	半導体センサー
	測定レンジ	0-50℃
	精度	±0.2℃
	最小表示	0.1℃

### (2) 掘削流体(塩水)

掘削流体として使われている塩水の適切な濃度について検討を行った。表 2 のように、導電率は塩分濃度と正比例している。急な数値の変化は見られないが、塩分濃度に対して非常に敏感に反応することが分かった。

また、同温度条件であれば、一定の塩分濃度に対し、導電率は非常に安定している。ただし、清水が流れ込むと、導電率はすぐに反応し、数値が下がり始める。この特徴を利用して掘削流体の初期値が分かれば、地下水脈による希釈現象が捉えられると考えられる。

本研究では、0.01%の塩分濃度を利用した。すなわち、1 m<sup>3</sup> の掘削流体に対し、100g の塩を投入した。前述のように、水タンクに別途 EC 計と温度計で参考基準値と

表-2 塩分濃度と導電率の関係

No	塩分濃度 (%)	導電率(ms/cm)
1	0	0.188
3	0.002	0.201
4	0.003	0.222
5	0.006	0.265
6	0.01	0.360
7	0.03	0.590
8	0.05	1.083
9	0.1	2.001
10	0.2	3.873
11	0.3	5.221
12	0.4	7.181
13	0.5	8.952
14	0.6	11.022
15	0.7	12.351
16	0.8	14.224
17	0.9	15.863
18	1.0	17.113

してモニタリングを行い、2 箇所の塩分濃度と温度を比較しながら、地下水環境を図ろうと試みた。これは塩分の絶対値を計測するのではなく、相対変化を捉えるため、異なる塩分濃度でも問題ないが、経済性、作業性などを考慮した上で、0.01%という濃度を採用した。海水の塩分濃度（3.4%）と比べると、かなり微量であり、周りの環境に及ぼす影響は最小限に抑えられると考えられる。

### 3. 計測状況

今回の実証テストは本研究の初期段階であるため、計測データを転送する専用ケーブルの長さが限られていた。従って、実際の対象空間は4m 以浅の地下水位以上の不飽和帯とした。また、地下水環境の変化を模擬するため、掘削流体の切換えによる検証実験を行った。すなわち、塩水と清水との切換え動作によって、地下水環境の変化を模擬させた。

#### (1) 調査地の地質状況

掘削地域の地質状況としては、深度8m 前後まで、礫混じり砂質土の段丘堆積物となり、その下部は基盤岩の超丹波帯砂岩で、頁岩と互層する箇所もある。今回の掘削深度は4m までにとどまるため、計測結果に影響するのは礫混じり砂質土の段丘堆積物となる。

#### (2) 実証テストの結果

図3と図4（①と②の縦軸は温度、③と④の縦軸は導電率、横軸は時刻となる）は、掘削流体の切換えによるモニタリング結果を示す。図3の①はコアチューブ付近の水温を示す。②は水タンク内部水温を示す。今回の掘削深度は浅く、地下水の影響が少ないため、水温の変化が見られず、①と②はほぼ同じ温度を示した。図4の①と②とも同様の結果だった。

図3の③はコアチューブ付近の導電率を示す。④は水タンク内部の導電率を示す。掘削流体を切換えする前、③と④はほぼ同じ値を示している。④は水タンク内部で安定した数値を示しているのに対し、③は回転しながら計測を行っているため、ノイズがみられる。ただし、大きなずれはなかったことが分かった。そして、塩水から清水に切り換えると（緑丸の時点）、約10分後、導電率の値が減り始め、約10.8mS/m に達すると、再び安定した横ばいの状態に回復した。10.8mS/m という数値は現地の地下水の導電率となり、掘削流体は完全に清水に変わったことが分かった。

図4の③の緑丸の箇所は、清水から塩水に切換えのタイミングであり、約2分後グラフが④の水タンク内部の導電率まで回復したことが分かった。

#### (3) 計測中の問題点について

コアチューブのヘッド部に設置するセンサーによる導電率と温度の計測は回転と振動という過酷な条件下で実施されたために、ノイズの影響は予想よりも大きかった。また、図5に示すように、センサーの電極部にスライムの

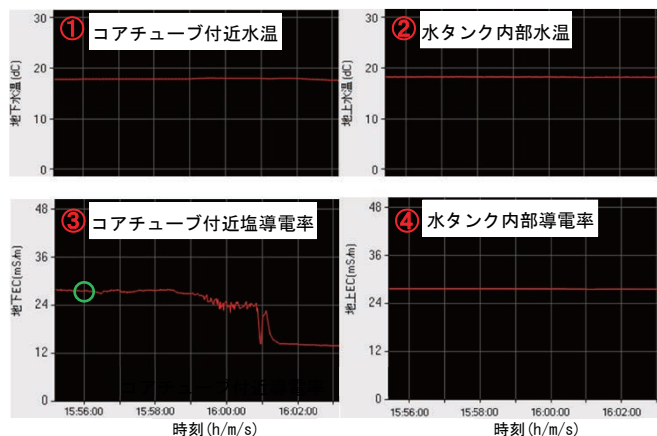


図-3 掘削流体切換え後のグラフ変化（塩水⇒清水）

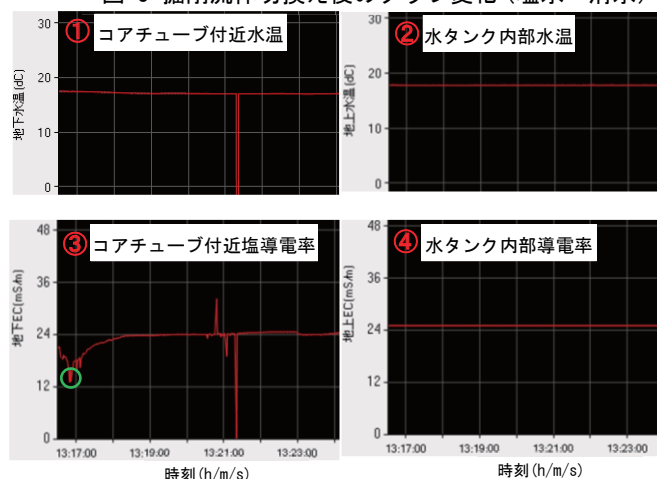


図-4 掘削流体切換え後のグラフ変化（清水⇒塩水）



図-5 センサー電極部のスライム堆積状況（左側は粘土質、右側は砂質）

堆積によって大きなノイズが発生し、計測不可に陥ることがあった。特に粘土質の地盤付近では顕著であった。

そして、掘削流体を切換えた後、センサーで検知するまでに時間差が生じた。この原因としては、先端ビットからセンサーまで約130cmの距離があること、軟弱地盤の漏水による循環速度の遅れも原因の一つと考えられる。

### 4. おわりに

今回の実証テストを通じて、当初に定めた本システムの方向性は、微調整が必要であるものの、ほぼ間違っていないことが分かった。システムの構成についての再検討、資機材の改良など、問題点と課題を解決しながら、計測精度の向上が今後の目標となる。