

【FE07】

地下水の流向流速測定において、ボアホールカメラと食紅を用いて測定した事例

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○今村 陽太, 遠藤 理, 藤永 優

1. はじめに

地下水観測井内において、流向流速を測定する際、一般的には熱量法地下水流向流速計を用いる。しかし、熱量法地下水流向流速計には「測定深度 60m 以内・ストレーナ開孔率が 10%以上¹⁾」といった条件がある。今回の測定対象箇所はストレーナ開孔率が 10%未満であった。そこで、食紅とコンパスを主体とした簡易な流向流速測定器具を孔内に挿入し、食紅の拡散する方向をボアホールカメラで撮影することで流向流速を測定した。その結果についてまとめ、報告する。

2. 一般的な孔内流向流速測定の概要

(1) 熱量法地下水流向流速計の概要

孔内流向流速測定の測定方法は、一般的に熱量法地下水流向流速計を用いて測定することが主流である。熱量法地下水流向流速計の概要を図-1に示す。

測定原理は、測定器の中央にあるヒーターが暖められ、地下水の流れにより上流側は温度センサーが冷やされる。同時に下流の温度センサーは温度が上昇するため、温度差の傾向により流向と流速を測定する方法である。

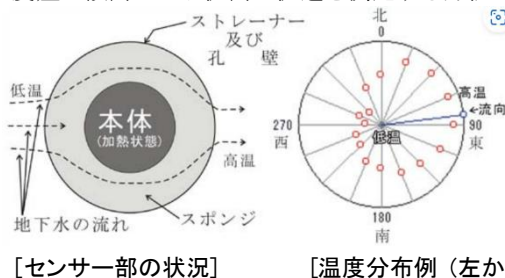


図-1 流向・流速計測定原理²⁾

(2) 測定条件

熱量法地下水流向流速計には、測定にあたって以下の条件がある。

- ・測定深度60m 以内
- ・ストレーナ開孔率が10%以上

今回の測定対象箇所はストレーナ開孔率が10%未満であった。したがって、熱量法地下水流向流速計以外の手法で、流向・流速を計測する。

3. 簡易な流向流速測定器具について

(1) 簡易流向流速測定器の概要

井戸の孔内の映像をリアルタイムで確認できるボアホールカメラを用意する。それに、中心に水に溶けるカプセルが固定できるように加工したコンパスを取り付ける。カプセルの中に食紅を注入し、ボアホールカメラを井戸孔内の対象深度まで下ろし、カプセルが水に溶けだし、食紅が拡散する状況をカメラで確認する。

簡易流向流速測定器の仕様器具を表-1、簡易流向流速測定器を写真-1、概略図を図-2に示す。

表-1 使用器具一覧

| 使用器具一覧 | 備考 |
|----------|-------------------------------|
| ボアホールカメラ | サンコー製 ケーブル長 40m ³⁾ |
| コンパス | 半径 2.0 cmのもの |
| 食紅 | - |
| カプセル | 水に溶けるもの |



写真-1 簡易流向流速測定器

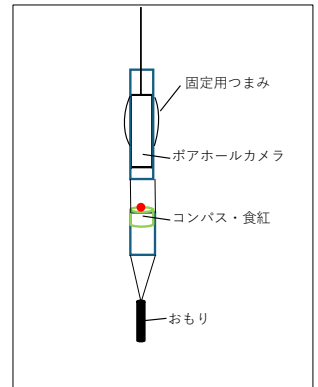


図-2 先端概略図

(2) 測定方法

簡易流向流速測定器のコンパスを対象深度のストレーナ開口部分に設置する。カプセルが溶け、食紅が拡散し始めた時間と、食紅がコンパスの外縁に到着した時間を記録する。半径2.0cmのコンパスを使用しているため、食紅の拡散時間を計測することによって、流速を求める。また、流向については、コンパスの方位を読むことにより地下水の流れの方向を確認する。

(3) 測定時の工夫点

流向流速測定を行う際、事前にグルンドフォスを使用し、観測孔内の地下水（対象深度付近）を循環させ、より鮮明に食紅の拡散状況を観察できるように試みた。

また、簡易流向流速測定器について、ボアホールカメラが調査孔の中心になるようにボアホールカメラにつまみを取り付け、孔の中心で測定するようにした。(写真-1、写真-2参照)



写真-2 つまみ取付無し



写真-3 つまみ取付あり

4. 測定結果

今回の調査では、中層部を対象に14孔、深層部を対象に4孔の計18孔で観測を行った。

今回観測を行ったうちの1孔について、観測状況、食紅拡散状況を写真-4、写真-5に示す。

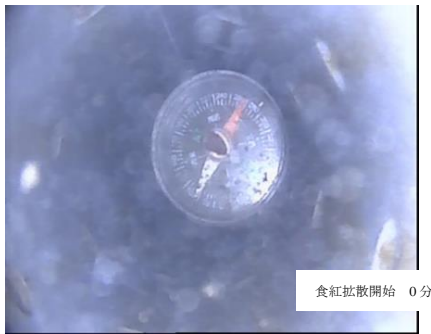


写真-4 観測状況

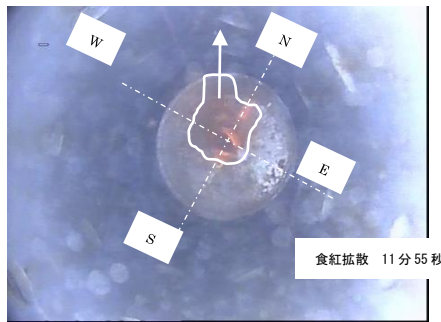


写真-5 食紅拡散後状況

簡易流向流速測定器を対象深度（16.0m）に設置してから、約8分後に食紅が拡散し始めた。拡散し始めは、じわじわと全体的に広がり、拡散開始から5分ほど経過したころから、次第にNNW方向に拡散し始め、拡散開始から11分55秒経過した時に、コンパスの外縁まで、食紅が到着した。

結果として、拡散速度は $20\text{mm}/715\text{秒} \approx 0.03\text{mm}/\text{秒}$ となり、流向はNNW方向であった。

以下に、今回観測で得られた結果の一覧表を示す。

表-2 測定結果 一覧

| | | 中層部 | | | | | |
|------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 調査箇所 | | 1-72 | 1-19 | 260+70 | 261+40 | (No.6) 1-8 | (No.13) 1-18 |
| | 対象層 | Ds2 | Ds2 | Ds2u | Ds2u | Ds2 | Ds2 |
| | 深度 (GL-m) | 22.0 | 18.5 | 17.2 | 16.0 | 23.5 | 19.0 |
| 調査結果 | 拡散方向 | 測定不可 | SSE方向 | SW方向 | NNW方向 | SE方向 | 測定不可 |
| | 流速 (mm/sec) | | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | |
| | | 中層部 | | | | | |
| 調査箇所 | | (No.10) | (No.11) | (No.20) 1-24 | (No.22) W-8 | (No.29) 1-31 | (No.31) 1-34 |
| | 対象層 | Ds2 | Ds2 | Ds2 | Ds2 | Ds2 | Ds2u |
| | 深度 (GL-m) | 20.3 | 20.2 | 24.5 | 19.8 | 22.0 | 22.8 |
| 調査結果 | 拡散方向 | S方向 | SE方向 | NWS方向 | E方向 | NNE方向 | E方向 |
| | 流速 (mm/sec) | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 0.04 |
| | | 中層部 | | | 深層部 | | |
| 調査箇所 | | (No.32) 1-33 | (No.34) 1-68 | (No.8) 1-10 | (No.9) | (No.43) 1-16 | (No.22) W-8 |
| | 対象層 | Ds2u | Ds2u | Ds3 | Ds3 | Ds3u | Ds3 |
| | 深度 (GL-m) | 22.0 | 24.6 | 37.5 | 48.0 | 38.0 | 36.5 |
| 調査結果 | 拡散方向 | WVN方向 | S E 方向 | WWS方向 | EES方向 | EES方向 | NW方向 |
| | 流速 (mm/sec) | 0.04 | 0.2 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.05 |

測定結果について、流速は概ね0.02mm/秒～0.05mm/秒の値となった。また、中層部と深層部において流速に大きな変化等はないことがわかった。

また、今回調査した18孔の内の2孔においては、孔内の浮遊物等によって食紅の拡散状況が確認できず、結果を得ることができなかった。（状況写真を写真-6に示す。）

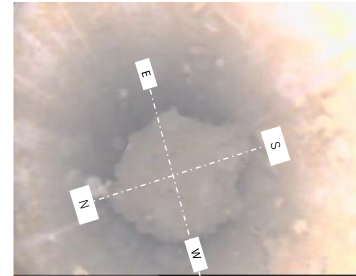


写真-6 測定不可地点 観測状況

浮遊物等で、食紅の拡散状況が確認できなかった原因は、簡易流向流速測定器に、ボアホールカメラが調査孔の中心になるようにつまみを取り付けたことによって、つまみが孔壁に付着していた、ごみ等を削りながら対象深度まで下ろしたため、剥がれた付着物がコンパスの上に堆積したためと考えられる。

対策として、観測作業をする前に、事前に井戸の孔壁等を洗浄し、付着物を取ったのちに観測することが必要である。

5. まとめ

ストレーナ開孔率が10%未満の地下水観測孔において、食紅とコンパスを主体とした簡易な流向流速測定器具を孔内に挿入し、食紅の拡散する方向をボアホールカメラで撮影することで地下水の流向流速を測定した。結果として、食紅の拡散状況を観察することによって、大まかな流向と流速を把握することができた。

しかし、井戸の孔壁についての付着物や、浮遊物の影響で、食紅の拡散状況が見えず、流向流速を測定できない箇所があった。食紅の拡散状況を正確に把握するために、測定前に井戸内（孔壁）を洗浄し、井戸の中がきれいになった状態で観測する必要がある。

《引用・参考文献》

- 1) , 2) NPG 日本物理探査株式会社 地質調査手法 熱量法地下水流向流速測定（最終閲覧日2024.5.20）
https://www.nbuturi.co.jp/technology/geology/gw_ater/current/heat.html
- 3) サンコー株式会社配管用内視鏡スコープ premier40M 商品概要（最終閲覧日2024.5.20）
https://www.data.thanko.jp/download/catalog/CA_RPSCA_catalog.pdf