

ペーパーディスク型地下水流向流速計を用いた地下水流動の予測

(株)宇部セントラルコンサルタント ○植田敏史, 白石輝智, 池永廉
山口大学 山本浩一, 松本暁, 浜本悠樹

1. はじめに

建設工事において、井戸水の利用障害を未然に防ぐためには、事前に地下水流動を把握し、その結果を施工に結び付けていく必要がある。地下水の流向・流速を把握するためには、観測井（単孔式）を設置して、画像解析法、熱量法、超音波反射エコー等の方法により調査されるが、通常、現地で用いる流向流速計は電源が必要であり、また、装備が高価である。

そこで、本調査は、電源が不必要で誰でも手軽に計測できる「ペーパーディスク型地下水流向流速計（以降、PDV と記す）」を用いて、安価に調査成果を得ることを試みた。ここで、PDV 測定器は、VP50や VP65等の観測孔を対象に、帯水層と密着させて行うものであるが、今回調査では予算の関係上、観測孔を設けることができなかったため、堀井戸に観測井を設置して流向を分析した。

本調査に先立ち、事前に堀井戸を対象とした水位の一次観測や代表井戸による地下水の主要な化学成分調査により、地下水位分布図の作成やヘキサダイアグラムによる水質組成を評価し、地下水流動を予測した。

PDV 測定による調査成果は、上述の成果を用いて検証した。

2. 調査方法

(1) 流速計の構造と測定原理

本計測器の構造は、図-1に示すように、透水性スポンジによって挟まれたろ紙上にドットが印刷されており、ドットから溶出した染料インクが透水体内を移動する地下水によって輸送されることを利用したものである。

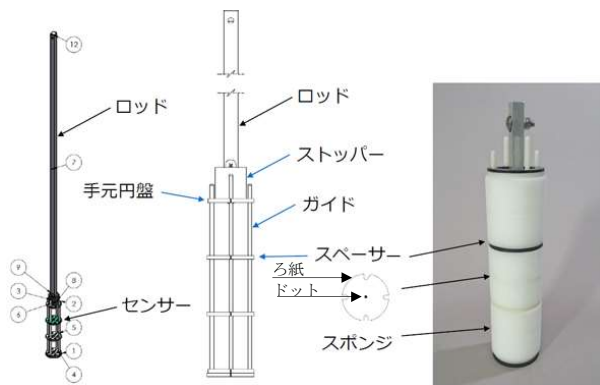


図-1 ペーパーディスク型地下水流向流速計の構造

(2) 組立て方法

- ①ロッド組立：ロッドに手元円盤をネジで取り付ける。
- ②下部センサー組立：センサーユニットに下部スポンジを挿入し、ペーパーの方位をノッチに合わせて挿入し、上部スポンジを挿入する。
- ③中部センサー組立：同上

- ④上部センサー組立：同上のようにスポンジを挿入したら、ロッドに付属した手元円盤をセンサーと結合させる。
- ⑤ストッパーリングを挿入する。これで固定される。

(3) 観測井の設置

本調査では2つの堀井戸において観測井を設けた。地下水観測井の仕様（保護管）は、以下に示すとおりである。ここで、PDV が示す流向を検証する上で、水中カメラを設置して流向を撮影した。

①井戸1（Z-W-7）

- ・PVC50：50×1050 有孔管 開孔率＝20％：1本
- ・PVC50：50×1050 無孔管：3本
- ・PVC50：50× 550 無孔管：1本
- ・先端コーン（PP） 50メスネジ：1個
- ・スポンジの高さ：井戸直径の1.5倍程度
- ・井戸深度：3.85m 井戸内径：50cm



図-2 PDV の設置状況(スポンジあり)

②井戸2（Z-W-2）

- ・PVC50：50×1050 有孔管 開孔率＝20％：1本
- ・PVC50：50×1050 無孔管：5本
- ・先端コーン（PP） 50メスネジ：1個
- ・井戸深度：5.05m 井戸内径：70cm



図-3 PDV の設置状況(スポンジなし)

(4) 計測手順

- ①堀井戸に観測井を設置し、固定する。
- ②ノッチの方位を磁北に合わせ、角棒にコンパスをあてて方位を確認し、素早く挿入する。
- ③ストレーナにセンサーが位置してから60分静置する。
- ④計測終了後は、センサーを観測井から取出し、センサーのロッドを外し、センサーは鉛直に保つ。上部スポンジを外し、ペーパーを画用紙等に挟んで水気を取る。
- ⑤スペーサーを外して、中部、下部ペーパーも同様に回収する。
- ⑥目視測定キットにより、方位とテーリングの長さを測定する。

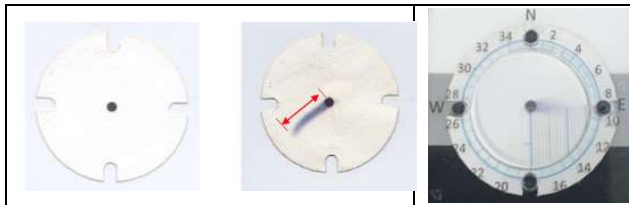



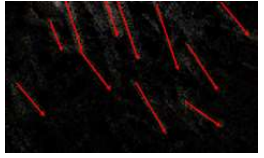
図-4 流向・流速の計測手順

3. 調査結果

(1) ビデオ撮影による流向観測

画像解析の結果は表-1に示すとおりで、井戸1では流れが確認されず、井戸2は南東—南成分が確認された。



表-1 浮遊物の追跡による井戸内の流向の検証

井戸1 (Z-W-7)	井戸2 (Z-W-2)
	
粒子の動きは確認されず	流れは南東—南成分

(2) PDVによる流向観測(観測井: スポンジなし)

測定の結果、井戸1は107.1° 井戸2では170.6°であったが、井戸1は明瞭には出ていない。


表-2 井戸内の流向の検証(PDV-スポンジなし)

井戸1 (Z-W-7)	井戸2 (Z-W-2)
	
インクの滲みは不明瞭 流速: 0.003cm/min	インクの滲みは南成分 流速: 0.013cm/min

(3) PDVによる流向観測(観測井: スポンジあり)

測定の結果、井戸1では302°と明瞭な流向を検出することが出来た。スポンジを設置したことは、井戸の孔壁と観測井の隙間を充填でき、本来の帯水層の状況に近付けたことで、流向を明瞭にすることが出来たものと考ええる。なお、井戸2は浮力が大きく、人力ではスポンジを設置できなかったため断念している。

表-3 井戸内の流向の検証(PDV-スポンジあり)

井戸1 (Z-W-7)	井戸2 (Z-W-2)
	—
インクの滲みは北西成分 流速: 0.035cm/min	調査できず

ここで、流速はダルシー流速とテーリング長との関係から導いているものである¹⁾。

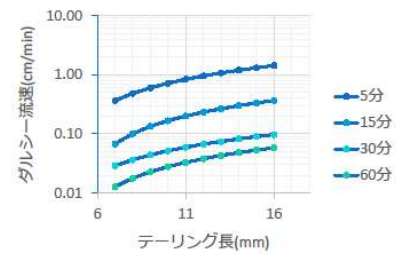


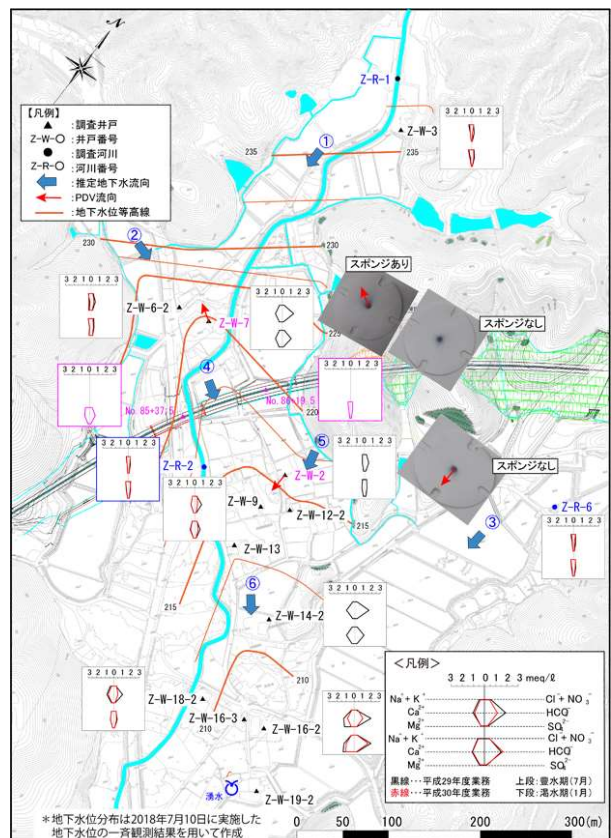
図-5 ダルシー流速とテーリング長との関係

(4) 推定地下水流動とPDV調査結果との比較

地下水位分布図とヘキサダイアグラムによる水質組成の評価から推定される地下水流動は①～③の方向であり、地下水面は大まかに地表の地形に沿ったものとなっている。この結果とPDV測定における流向との結果をみると、井戸2では推定地下水流動の方向と同じであるが、井戸1では流向の整合性がみられなかった。

広域的な流動と局所的な流動は合わないこともあるが、井戸1はビデオ撮影において粒子の動きがみられておらず、滞留性の地下水の可能性はある。

しかしながら、調査地点が少なく、地下水流動を推定できない流域においては、PDV測定器を利用することにより、安価に有益な情報が得られるものと考えられる。

図-6 代表井戸の水質組成と地下水位分布による推定地下水流動図とPDVによる測定結果との対比(基図²⁾)

《引用・参考文献》

- 1) 山本浩一、小野文也、神野有生、関根正彦: 単ドット式ペーパーディスク型地下水流向流速計の開発, 土木学会論文集 B1(水工学), 2016, 72巻, 4号, p. I.907-I.912
- 2) 国土地理院 数値地図(国土基本情報) 電子国土基本図