

点源拡散による地下水流速測定法の実験的研究

熊本大学 工学部 正会員 中島 重 旗
 熊本大学 工学部 正会員 松尾 美奈子
 熊本大学 工学部 学生員 松山 秀 明

1. 緒言 本研究では、熊本平野を流れる地下水の流動分布をつかむための一調査法として、地下水量の流動について観測を開始した。そして、その第一歩として、地下水流速の測定を行なったもので、観測井にトレーサー(食塩水)を投入し、その減少速度から地下水流速を算出するポイント・タイリュージョン法による実験報告である。

2. 理論式 図1のように、不透水管と帯水層の2層で、帯水層の部分がストレーナーとなっているとして実験を進めていく。また、本研究では、すべて完全混合として考える。投入したトレーサー(食塩水)の初期濃度を C_0 、 t 時間後の濃度を C 、井戸の直径を d 、水深を H 、帯水層の厚さ(ストレーナーの幅)を L 、動水勾配を i 、帯水層の透水係数を k 、間隙率を n 、井戸内の地下水平平均流速を $\bar{v}^*$ 、井戸周辺の地下水平平均流速を $\bar{v}$ 、流量を Q とすると、次の様になる。

$$\bar{v}^* = \frac{\pi d H}{4 L t} \log \left(\frac{C_0}{C} \right), \quad \bar{v} = \frac{100 Q}{A n} = k L i, \quad \bar{v} = \frac{\bar{v}^*}{\alpha}$$

ここで α : ストレーナーの型、充填砂利の半径や透水係数による修正ファクター。

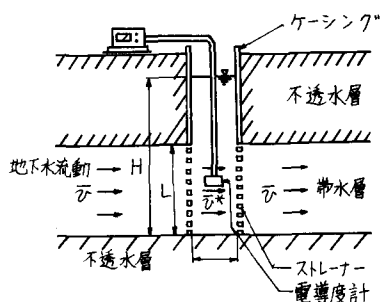


図1 現場のモデル

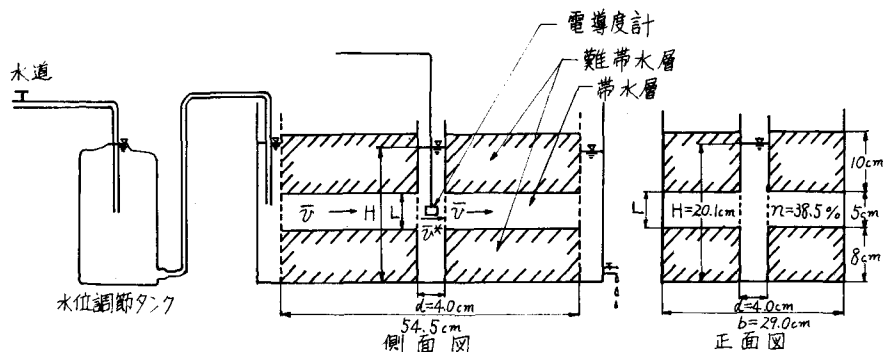


図2 実験モデル

3. モデル実験の手順 1) 井戸モデル実験用の土を緑川等より採取し、粒径による分類、含水比、間隙率等を求める。2) 図2のように、実験モデルを作製する。また、ストレーナーの位置は帯水層だけにする。3) このモデル内の地下水流速分布を求める。4) 食塩水を注入し、濃度の減少を時間毎に追っていく。同時に、流量を測定し、井戸周辺の地下水平平均流速を求める。また、食塩水の濃度と電気伝導率の関係をあらかじめ算出しておく。

4. 現場実験の手順 場所: 熊本市戸島町大字深迫1104-2 (九州地方建設局熊本工事事務所深迫観測井) 1) 食塩水(50000ppm) 15ℓを観測井に注入し、網で鏝を上下させてよく攪拌する。その場合、観測井の水量を約100ℓ、均一攪拌後の井戸内初期濃度を6,500ppmと仮定する。2) 時間毎に電気伝導率と水位を測定する。

5. 結果 リモデル実験について 帯水層の土は、含水比 $w=22.8\%$ 、比重 $G_s(15^\circ\text{C})=2.743$ 、間隙率 $n=38.5\%$ 、及び粒径加積曲線より、中粒砂である。また、ストレーナー内の地下水流速分布を、図3に示す。その結果、平均流速地点は、0.5L地点である。従って、1点測定法では下から0.5L地点、2点測定法では0.4L及び0.6L地点を測定点とする。本研究では、1点測定法で行なう。第1式の $\log(\frac{C_0}{C})$ については、図4において勾配が一定となる部分を用いる。結果は、以下の通りである。

$$\bar{v} = 8.96 \times 10^{-3} \text{ cm/s}, \quad \bar{v}^* = 2.39 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

$$K = 2.22 \times 10^{-1} \text{ cm/s}, \quad \alpha = 2.7$$

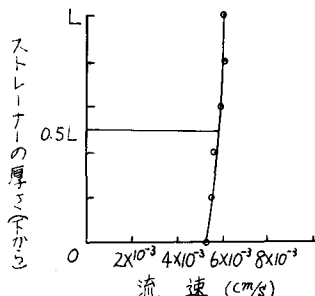


図3 ストレーナー内の地下水流速分布

2) 現場実験について 図5、図6より

観測井内地下水平均流速($\bar{v}^*$) $=4.56 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ となる。

ここで、モデル実験結果 $\bar{v}$ と適用すると、

観測井周辺地下水平均流速($\bar{v}$) $=1.69 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ となる。

この結果、帯水層(熔結凝灰岩)の透水係数(K)は、

$$K = 1.71 \times 10^{-1} \text{ cm/s} \text{ となる。}$$

ただし、 K 値の算出には深迫井より約4.5km地点の久保田観測井の水位をもとにした。

6. 考察及び今後の課題 1) 今回の現場実験で観測井

の完全混合は不可能であった。しかし、この実験において、ストレーナー内3点の初期濃度は、中間点で760mg/l、それより0.6m上方点で1150mg/l、0.6m下方点で360mg/lであり、それぞれ410mg/l、793mg/l、186mg/lに減少し、中間

点との濃度減少速度勾配の差は、上方点で-35%、下方点で+16%となり、透水係数のオーダーに関しては、不完全混合で行なっても大きな誤差は生じないといえる。2) 久保田井と深迫井の間を流れる白川が、地下水に涵養していると予想されるので、今後は、白川・深迫井間より透水係数を求め、上記の K 値と比較検討する。3) モデル実験と現場実験の間において、地層・ストレーナー等の諸条件を等しくおいたが、厳密には異なるので、この点の検討を要する。以上の様に、多くの問題が残されており、今後の研究課題として取り組んでいきたい。

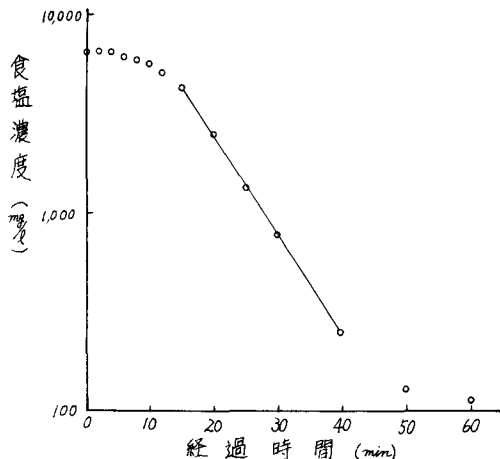


図4 モデル実験井における食塩濃度減少の実験結果

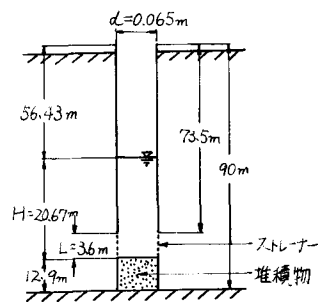


図5 現場の井戸断面図

<参考文献>

- 1) W. DRUST, D. KLOTZ, et al: Point Dilution Methods of Investigating Groundwater Flow by Means of Radiosotopes, Water Resources Reserch, 4, 1968.
- 2) 地下水ハンドブック編集委員会: 地下水ハンドブック, 建設産業調査会発行, 昭和54年度版.
- 3) 建設省 熊本工事事務所: 地下水位観測所台帳.

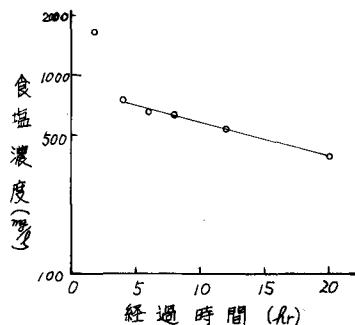


図6 ストレーナー 中間地点の食塩濃度減少の実験結果