

河川水位との応答からみた浅層地下水の挙動

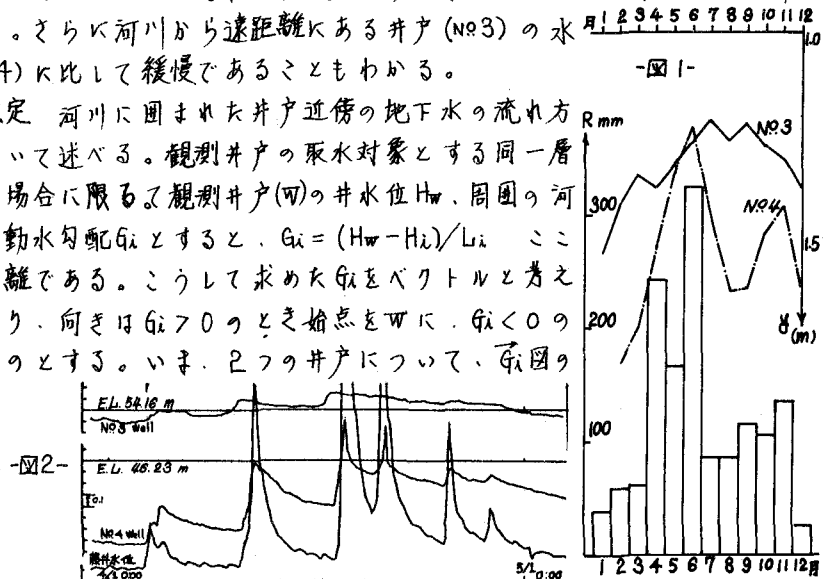
京都大学工学部 正員 石原 藤次郎
 京都大学工学部 正員 尾島 勝
 京都大学防災研究所 正員 清水 正孝
 鶏 池 組 中島 豊

① まえがき 地下水の挙動をしらべる方法として、通常用いられるのは、等地下水位圧線を描くことである。しかし、それを正しく描くことは、観測井戸の分布状態などを考えると非常に困難であり、また、大がかりな掘さくを必要とする場合も少なくない。そこで、地下水位記録と河川水位とから、地下水の動きを推定する方法として、つぎのように考える。すなわち、河川水位と地下水位との間に何らかの応答があることを確かめた上で、両者の間の動水勾配を計算し、観測井戸近傍の地下水の流れの向きを推定する。さらに、それを利用して、河川水位と地下水位との応答を熱伝導現象として捉えて解析する際の熱源からの距離 λ を決定する。つぎに滞水層定数については、土を採取して実験から求めるのではなく、地下水位の記録から決定する方法について論じる。

② 地下水位変化の定性的考察 地下水位変化に影響を与える要因には、降水の長期的地下水涵養、河川水との応答、および気圧などがある。長期間の地下水位変動は、主に降水による涵養と考えて、地下水位変化から河川との応答その他の短時間変動を排除するため、井水位毎日0時の月平均をとり、月別降水量と併せて図示する(図1)。この図から明らかに両者は相関性をもち、降水が地下水を長期的に涵養していることがうかがえる。つぎに4時間間隔でとった地下水位と河川水位とをある期間図示する(図2)。この図からわかるように同一流域内の河川水位と地下水位との間には、かなり高い相関性がみとめられ、河川水位変化の急激なものと比べて、地下水のそれは緩慢であり、また地下水位と平均勾配は下降勾配よりかなり急である。さらに河川から遠距離にある井戸(No3)の水

③ 地下水の動きの推定 河川に囲まれた井戸近傍の地下水の流れ方向を推定する方法について述べる。観測井戸の取水対象とする同一層を河川が貫通している場合に限る。観測井戸(W)の井水位 H_w 、周囲の河川各地点(I)の水位 H_i 、動水勾配 G_i とすると、 $G_i = (H_w - H_i) / L_i$ 。ここに L_i は、WとIとの距離である。こうして求めた G_i をベクトルと考えて、方向はW-Iにとり、向きは $G_i > 0$ のとき始点をWに、 $G_i < 0$ のとき終点をWにとるものとする。いま、2つの井戸について、 G_i の図の実際の結果を描くと、

図3のようである。これを対象流域の全観測井について描けば、その流域の浅層地下水の



流水の向きが推定できる。 H_i は、すべて観測値をとることは不可能であり、著者は、上流側量水標水位と下流側量水標とを、距離に応じて直線的に変化するものとして、中間点水位 H_i を求めた。

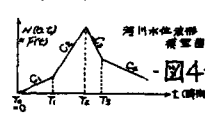
④ 河川水位と地下水位との応答解析 ①基礎方程式とその解 一次元非定常浸透流は、浸透量係数 T 、有効間隙率 S 、 $t=0$ からの地下水位上昇量 $H(x,t)$ を用いて、つぎのように表わせる。

$$\frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2} = (S/T) \frac{\partial H(x,t)}{\partial t} \quad (1)$$

x は、 G_i の最大値をとる方向の河川までの距離をとるものとする。境界条件、および初期条件は、 $H(x,t)=F(x)$; $x=0$ 、 $\partial H(x,t)/\partial x=0$; $x=\infty$ 、 $H(x,0)=0$ (2)

$F(x)$ は河川水位であり、勾配 G_i からなる直線で構成されていると近似する(図4)。①の解は

$$H(x,t) = \sum_{i=1}^N [(C_i - C_{i-1})(t - T_{i-1}) 4i^2 \operatorname{erfc}(u_i)] \quad (3)$$

ここで $u_i = x / \sqrt{4(T/S)(t - T_{i-1})}$ 、 $\operatorname{erfc}(u_i) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{u_i} e^{-u^2} du$ (余誤差関数)  (4)

のために、 T/S を決定する必要がある。② T/S の決定 方程式(1)は H のかわりに、初期水面からの水位降下量 y を用いても同じであり、初期および境界条件(2)も $x=0$ を除いてそのままにして解くと、未知定数 C を含み、つぎのように表わせる。

$$y = C \cdot x \cdot e^{-x^2/(4T/S \cdot t)} \quad (4)$$

C を決定するために Ferris はつぎの仮定を設けた。すなわち、その水位降下を生じた地下水の総体積が河川に流出し、その割合 Q は一定である。(4)は、この仮定から、

$$y = (Qx/2T) [e^{-u^2} u \sqrt{\pi} - \operatorname{erfc}(u)] \equiv (Qx/2T) \cdot D(u) \quad (5)$$

$$u^2 = x^2 / 4T/S \cdot t \quad (6)$$

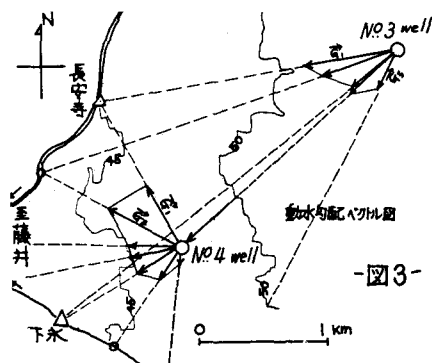
(5)式(6)式の両辺にも x, t を与えても T/S を決定できず試算法による外ない。そこで Ferris の収水理論における図式解法と同様の手法を適用するため、(5)、(6)式の両辺の対数をとる。

$$\log y = [\log(Qx/2T)] + \log D(u), \quad \log(1/t) = [\log(4T/x^2S)] + \log u^2, \quad [] : \text{定数と見る}$$

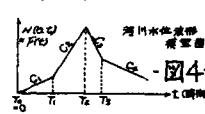
それ以上の仮定に最もよく一致する期間について、 $u^2 - D(u)$ の標準曲線と、観測データから得た $1/t - y$ とを別々に両対数紙上にプロットして、両者を重ね合わせて、その合致する一處から、 T/S を決定する。図5に模式図を示した。

⑤ あとがき 井水位観測記録を実際に解析している例は少ないのが現状である。本論文で述べた方法は、それらのデータを有効に解析する上で有用であると考えられる。地下水位降下線を描いて x を定めるより、③の方法で x を定めると簡単でありかつ信頼性があると思われる。土を採取して求めた T/S の値の信頼性を考えると、④の②で求めた値を用いると簡単であり、信頼性も大きいことが実証されている。なお、解析に用いた井戸データは、奈良県方耕土地から貸与されたものであることを付記して、謝意を表する。

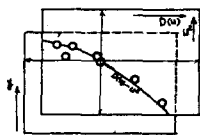
参考文献① "Mechanics of Bank Seepage during Flood Flows" by Ernest Christian Pogue



-図3-



-図4-



-図5-