

徳島大学工学部 正員 尾島 勝
徳島大学大学院 学生員 本田優司

1. まえがき： 近年，地下水の過剰掘水に伴ない地下水位の異常低下，地下水の汚染さらには地盤沈下等の各種の障害が発生している。今後増大の一途をたどるであろう水需要に答え，これらの障害を最少限におさえつつ水資源としての地下水を有効に利用すべき今日において，地下水の流動量および流動方向等のより詳細な把握が必要であることはいうまでもない。そこでわれわれは，重信川下流域に存在する自由面地下水を対象として，地下水位等の水文資料より，地下水流動量および地下水位を支配する最大の内的要因である滞水層定数を2.で述べる滞水層モデルに合致するパラメータとして推定しようとするものである。

2. 滞水層モデル： 図-1に示すように，各井戸を中心とする多角形領域に分割すると，任意の多角形領域に対して次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \sum_i (h_i - h_B) Y_{i,B} &= A_B S_B \frac{dh_B}{dt} + A_B Q_B \\ Y_{i,B} &= \frac{J_{i,B} \cdot L_{i,B}}{L_{i,B}} \quad , \quad T = \delta_0 \cdot K \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

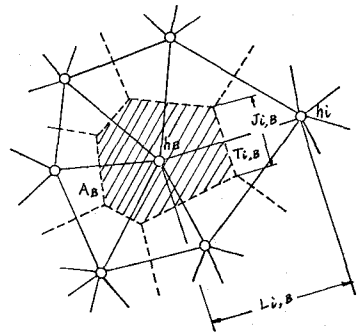


図-1 多角形領域

ここに， A_B は多角形領域Bの面積， S_B は領域Bを代表する貯留係数， Q_B は領域内からの単位面積流出量， h_B は井戸Bの地下水位， h_i は隣接井戸iの地下水位， $L_{i,B}$ は井戸Bと井戸iの距離， $J_{i,B}$ は $L_{i,B}$ の中間点に直交する多角形の一辺の長さ， $T_{i,B}$ は井戸Bと井戸iの間の平均透水量係数， K は透水係数， δ_0 は平均滞水層厚である。(1)

式において左辺は横方向の流れ，すなわち領域Bへの横方向の地下水流入量の和を表わし，右辺第1項は貯留量，第2項は縦方向の流れ，すなわち揚水量（正）・雨水浸透（負）等の和を表わす。(1)式を差分化すれば，

$$\sum_i (h_i^{j+1} - h_B^{j+1}) Y_{i,B} = A_B S_B \frac{h_B^{j+1} - h_B^j}{\Delta t} + A_B Q_B^{j+1} \quad (2)$$

となる。平面地下水流の運動を表わす式 $\frac{\partial}{\partial x} (T_x \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (T_y \frac{\partial h}{\partial y}) = S \frac{\partial h}{\partial t} + Q$ を差分化すれば，(2)式において領域を長方形 ($L = \Delta x$ ， $J = \Delta y$) とした場合と一致し，両者は同様なることを表わすが(2)式は通常の差分よりも任意に分割できるところに利点がある。

3. 滞水層定数の推定： 各領域の貯留係数および各井戸間の透水量係数が既知ならば，各領域について(2)式を立てることにより，その解は多元連立一次方程式の解として求まり， i ・ B 間の地下水流動量は $(h_i - h_B) Y_{i,B}$ として求まる。しかし，これらの滞水層定数は不明であり，これらの定数を広域にわたって直接求める代りに，自然状態における地下水位記録等の水文資料からこれらの定数を定められれば，より便利でありかつ容易であろう。さて，(2)式に地下水位の更測値と単位面積流出量 Q を代入し未知数の数だけ式を立てればその解として滞水層定数(T および S)は一義的に求められるはずであるが，(2)式が実際の現象を正確に表わしているかどうか疑問であり，また水文資料の観測精度の問題もあり困難である。そこで，滞水層定数を与え(2)式により地下水位を試算し，その計算値と更測値が満足いく程度合致するまで試算を繰り返す方法で滞水層定数を推定する必要がある。

4. 重信川下流域への適用

4-1. 対象域と水文資料： 対象域は図-2に示す通り重信川下流域に位置している。重信川は降雨後数日間のみ河道水がみられるだけで、その後、水は伏流して河床は干上ってしまう。したがって流域の利木はほとんど地下水に依存している。対象とする地下水は滞水層厚約20mの自由面地下水であり、解析に用いた地下水位記録は建設省四国地方建設局松山工事事務所の観測による計25ヶ所の井戸の水位である。その観測井の位置を図-3に示す。解析期間は昭和37年11月～昭和38年10月である。

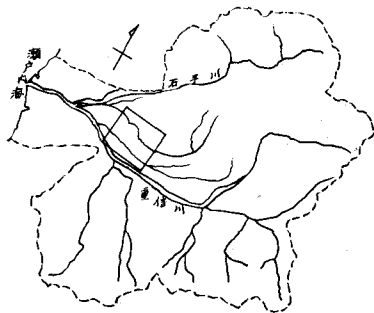


図-2 重信川流域

4-2. 適用と考察： 3. においても述べたように、各井戸の地下水位の観測値から、逆にその観測値と計算値とが一致するためには、各井戸間のTおよび各領域のSなどのような値を有していなければならないかを求めることが究極の目的であるが、ここでは第1段階として(4)式を最も単純化し、 $T = \text{const}$, $S = \text{const}$, $Q = 0$ とした。すなわち、縦方向の応答を無視し、量的に大きいと思われる横方向の流動のみを考慮し、滞水層は等方等質であるとした。(Q=0の場合は、TおよびSはその比T/Sとして求まる。)以上の仮定の下に昭和37年11月～昭和38年4月(渇水期)と昭和38年5月～昭和38年10月(豊水期)の2期間について、図-3に示す9個の多角形領域のそれぞれについて、滞水層厚を20m(一定)としてK/Sを $10^{10} \sim 10^5$ (cm/sec)の間の種々の値を与え、(4)式より各K/Sの値に対する地下水位を計算し、観測値と比較した。その一部を図-4、図-5に示す。渇水期は地下水位の変動があまりなく、T/Sの違いによる地下水位の相違は明瞭でなくT/Sの推定は困難であった。一方、水位変動の激しい豊水期では渇水期よりも比較的よくその相違が現れた。また、水位の変動状態はT/Sを変えることによって観測値と計算値とある程度一致させてもその絶対量に差が生じる。これは揚水量等の縦方向の応答が無視し得ないことを意味すると思われる。試算と比較の結果、全ての領域においてK/Sは 10^1 (cm/sec)のオーダーにおいて良好な結果を得た。揚水試験より求められた透水係数は 0.98 (cm/sec)であるのでばあ当な結果とみてよからう。

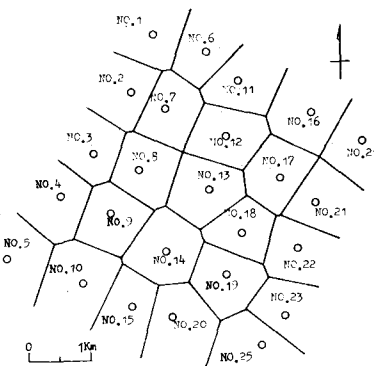


図-3 井戸の位置と領域分割

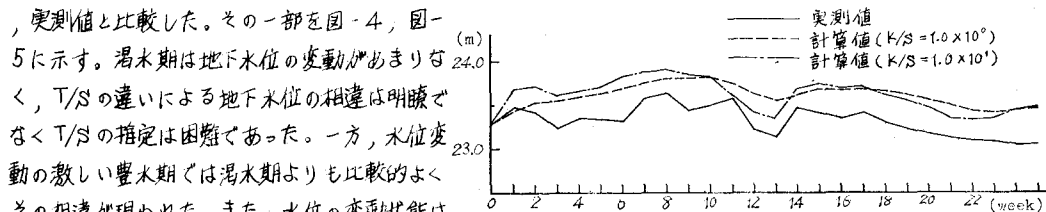


図-4 NO.9の地下水位 (S.38.5.~S.38.10.)

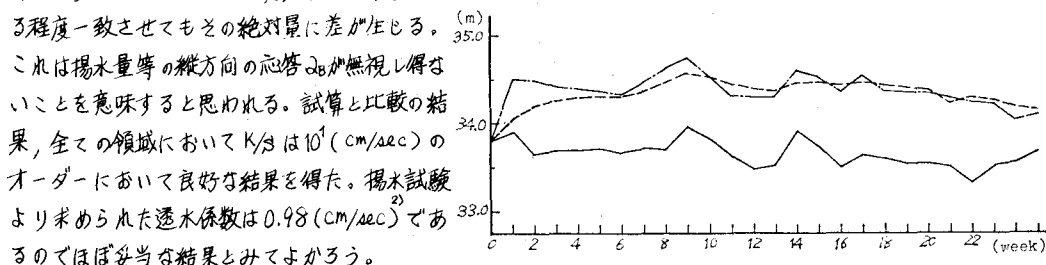


図-5 NO.12の地下水位 (S.38.5.~S.38.10.)

5. あとがき： 以上のようにして滞水層定数

の推定を試み、問題点を若干述べたが、今後は単位面積流出量Qを考慮に入れ、またT、Sも場所ごとに変えて滞水層定数および流動量の推定をしていきたい。

参考文献 1). Tyson, H.N., and E.M. Weber : Jour. Hydraul. Div., ASCE., 90 (HY-4), 1964.

2). 建設省四国地方建設局松山工事事務所：重信川低水流量調査報告書，昭和42年3月。