

徳島大学工学部 正員 尾島 勝

徳島大学大学院 学生員 ○友道 康仁

フジタ建設コンサルタント 正員 西 次郎

1. まえがき 現地観測資料に基づく地下水流況の実証的解析か、数理モデルによる理論的解析にもよって広域地下水の流動機構を解明するためには重要である。本研究では、吉野川下流域を対象域とした地下水位観測結果に基づき解析結果について述べる。

2. 対象域の概要 本研究の対象域は、図-1に示された吉野川本川沿いの約40km²(6.3km×6.3km)の低平地である。対象域内に32個の井戸を選定し、昭和57年は8月と11月、昭和58年4月から毎月1回その水位観測を実施した。観測結果に基づいて作成された地下水位等高線図の一例を図-1に示す。地下水位がT.P.+0.5m以下と考えられる地域にハッチを施した。また、図-2には水位変動(左岸側:実線, 右岸側:破線)と月別降雨量分布を示している。これによると、左岸側の各井戸では冬季から夏季に向って水位は上昇し、8~9月をピークにまた水位は下降しているのに対し、右岸側では冬季から夏季に向って水位は下降し降雨量が多かった10月に一時的にピークをみせるのまた下降するという明らかに異なる水位変動を示していることかわかる。すなわち、左岸側ではまた地下水かん養量が揚水量を上まわっているのに対し、右岸側ではすでに揚水量がかん養量を上まわる過剰汲み上げになっていることが明確に現れている。

3. 解析モデルとその適用 本研究では広範囲の地下水水収支解析を行うために測点を任意に選べるTyson-Weberの水収支式を基礎式として採用した。対象域を図-3に示すように各水位観測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の水収支式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \sum_i (\bar{h}_i - \bar{h}_B) Y_{i,B} &= A_B S_B (d\bar{h}_B/dt) - A_B Q_B \\ Y_{i,B} &= J_{i,B} T_{i,B} / L_{i,B} \quad T_{i,B} = \delta \bar{r}_{i,B} \end{aligned} \right\} (1)$$

ここで、 A_B : 中心領域Bの面積、 S_B : 領域Bの貯留係数、 $T_{i,B}$: 井戸Bと周辺井戸i間の透水係数、 Q_B : 領域Bからの単位面積鉛直移動量、 $\bar{h}_B$: 図-2 地下水位変動と降雨量分布
 $\bar{h}_i$: 井戸Bと井戸iの水位、 $L_{i,B}$: $J_{i,B}$: 井戸Bと井戸iの距離およびそれに直交する多角形の一边の長さ、 δ : 帯水層厚、 $\bar{r}_{i,B}$: 透水係数である。なお、図-3に示すとおり両岸域をそれぞれ独立に領域分割し、ハッチを施したのが中心領域であり、No.24, No.25は領域の幅を単位長さとした。実際の計算は式(2)によりGauss-Seidel-Methodによる繰返し計算で、収束条件は式(3)である。

$$\left(\sum_i Y_{i,B} + \frac{A_B S_B}{\Delta t} \right) \bar{h}_B^{j+1} - \sum_i Y_{i,B} \bar{h}_i^{j+1} = \frac{A_B S_B}{\Delta t} \bar{h}_B^j - A_B Q_B^{j+1} \quad (2) \quad \text{Min.} [RES = \sqrt{\sum_{i,j} \frac{1}{A_B} (\bar{h}_{cal.} - \bar{h}_{obs.})^2}] \quad (3)$$

(1)式を用いて流動量を算定しようとする場合、T/SとQが未知量であるが比較的正確に決定できるのは地下水位

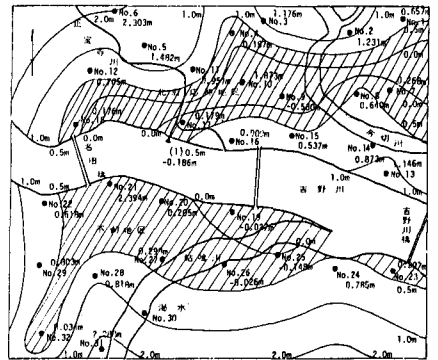


図-1 地下水位等高線図(S.58.8)

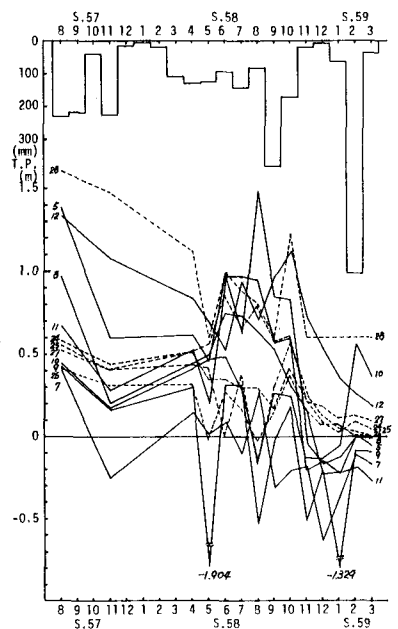


図-2 地下水位変動と降雨量分布

ただであるので、試行錯誤的に地下水位に適當な初期値を与え、(2)式を満足するものを対象域の滲水層定数とした。そして、T/Sを既知として(2)式よりQの値を決定する。

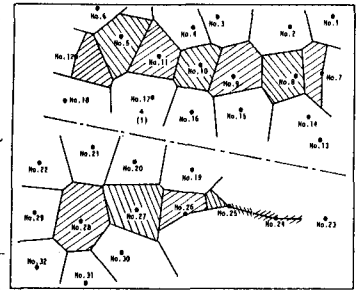


図-3 対象域領域分割

4. 解析結果および考察 前述の方法により対象域の滲水層定数と地下水流動量を推定したが、滲水層定数は各領域同一、時間的に一定とした。その結果、滲水層厚を10m、貯留係数を0.1とすれば(3)式による判定条件にかなう透水係数は0.084cm/sec (すなわち透水量係数22.9m²/day)となり、その時の計算地下水位と観測値を示せば図-4のとおりである。また、滲水層定数としてこの値を用いれば鉛直初動量は表-1のように算出され、各領域間の地下水流動量(一例として昭和8年7月から8月)は図-5のようになる。

次に、これらの計算結果について考察する。

対象域内で過去に行なわれた揚水試験による透水係数の平均値は、約0.011cm/secであり、本方法で推定された値は0.084cm/secである。この値は、対象域(約40km²)を均一と仮定した時の計算値(代表値)は多少小さく算出されることを考えればかなり良い推定値と判断できる。なお、本研究で用いた方法はまた改善を要する点はあるが、地下水位変動から滲水層定数を推定することがより現実に対応した方法であるといえる。

図-5に示した各領域間の地下水流動量は、その矢線方向へ流動した総量をベクトル表示している。これらについては(1)式の左辺の各井戸間の初動量であり、地下水位差と滲水層定数より決定される量である。矢線の集まる領域が地下水位が低く、地下水位等高線図と比較しても観測資料を定性的によく表現しているといえる。

鉛直初動量(表-1)については、正の場合は領域からの消失を意味しており、揚水による地下水の汲み上げがその主なものであると考えられる。逆に負の場合はその期間における対象域内の河道や農業用水路からの自由地下水帯への強制的補給量が多かったものと解釈できる。これを昭和4年3月

に示されている四国通商産業省の報告書における算定値と比較すれば、かなりよく似た傾向が現れている。

5. 結 語 吉野川下流域

低平地を対象域として、

長期の地下水位観測を実施した。これらの資料を解析し、自由地下水の3次元挙動を明らかにした。また、Tyson-Weberの水収支式に基く汎用性のある解析プログラムを作成し、その適用性について明らかにした。今後さらに調査を継続し、水収支解析における物理定数のより正確な決定に努力して行なわねばならない。

参考文献 1) 尾島勝:低平地地下水の水位変動と流動量に関する考察、第21回水講、P.151~158、1977。

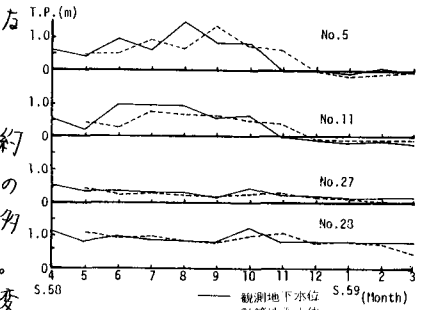


図-4 計算地下水位

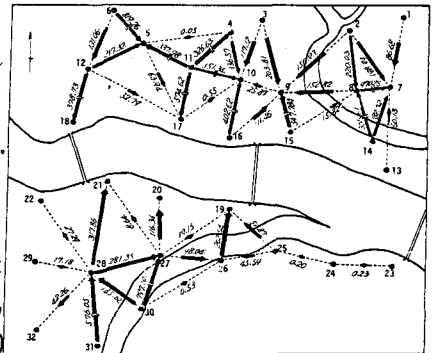


図-5 地下水流動量(5.58.7~8)

表-1 鉛直方向初動量

Zone	5.58 4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	5.59 12-1	1-2	2-3
No. 7	796.79	827.59	1,460.66	1,122.05	1,360.30	1,390.24	967.92	668.98	511.29	97.58	253.95
No. 8	51.75	-1,672.70	-94.13	-343.20	-36.73	-50.58	1,171.28	682.29	-59.03	-557.98	204.86
No. 9	7,198.68	1,011.94	1,249.15	3,558.40	1,273.97	1,096.22	2,690.77	860.54	3,964.88	538.25	1,287.68
No. 10	342.62	-2,291.82	908.07	2,569.54	416.07	277.76	1,441.91	170.96	220.11	-2,346.18	-1,019.21
No. 11	724.47	-1,404.95	-1,124.91	-1,538.67	-369.33	-672.77	1,684.79	363.54	448.28	295.99	1,048.68
No. 5	955.79	-1,252.29	1,150.96	-1,212.12	927.80	631.81	2,791.50	1,282.73	1,010.22	312.72	516.15
No. 12	-219.44	-326.23	-439.21	-95.75	-101.07	-727.83	65.56	-413.70	-466.17	-420.78	-257.51
No. 24	-0.36	-1.19	-0.29	-0.47	-0.32	-0.52	1.00	0.36	0.15	-0.19	0.09
No. 25	-75.13	6.65	-73.67	84.89	-119.84	-183.77	3.70	-20.27	-7.09	-34.52	-13.40
No. 26	520.51	-27.44	-46.92	287.42	-74.58	-481.48	215.63	20.92	12.51	-53.29	-105.06
No. 27	1,235.43	791.56	809.92	860.40	832.88	-115.96	1,806.64	814.11	776.21	1,109.51	151.94
No. 28	1,304.90	-268.51	418.04	388.49	-228.04	-2,012.51	1,491.93	-94.88	-681.81	2,247.15	-1,909.95

(QgAg:m²/day)