

愛媛大学 農学部 正会員 大橋 行三

まえがき 水系単位ないし扇状地など地形規模の広域地下水を対象とした観測調査は、河川の水管理の目的のみでなく水資源や土地環境問題の解決に役立ち、最近では長期的業務として定着しつつある。しかし密度の濃い観測調査は一般に困難であるから、数少ない資料の有効利用が益々強調されている。本研究は、かかる課題に答えろために、河川周辺地下水の非定常特性を「P値」ないし「 π -Reynolds 数」という運動学的指標によって把握、その関係式を用いて帯水層の規模と性質を推定しようとする試みであり、実験的検討を終って、Fig.1,2の重信川流域への適用例で妥当性を吟味した。

1. 非定常指標とその物理的意味 周期性及び非周期的自由地下水変動について、筆者はすでに次式で与える非定常指標を提案した。¹⁾

$$P = \sqrt{(2\pi f_0) / (\lambda^2 / K\bar{h})} \leq 5.0 \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 T_0 : 変動周期、 λ : 有効間隔率

K : 透水性係数、 $\bar{h}$: 帯水層の水平長さ

$\bar{h}$: 帯水層の平均水深

Pの内容は次式の π -Reynolds 数で表わせる。

$$P = \sqrt{1/2 R_{ex}} \quad \dots\dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{ex} &= V_n \cdot L_x / \nu, \quad V_n = gT_0 / \pi, \\ L_x &= (\pi \bar{h} / \lambda^2), \quad \nu = \mu / \rho \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots (3)$$

ここに、 g : 重力加速度、 $K = \rho g \mu / \eta$

η : intrinsic permeability [L^2]、 μ : 水の粘性係数

したがって、 $P \leq 5.0$ は $R_{ex} \geq 0.02$ の範囲であり、流れが安定的減衰状態にあると考える。これで流れの運動状態が客観的に記述できる。さらに、

$$L_x = (\pi \bar{h} / \lambda^2) / (\lambda / \bar{h}) \quad \dots\dots (4)$$

上式は帯水層の性質と空間規模を表わす係数の比であり、 V_n や L_x の内容を吟味すれば、地下水流動の時間・空間尺度や帯水層の性質が具体的な数値と比較できることを意味している。

一方、非周期性現象の同様な係数を求めるためには、 V_n の中の周期($T_0 \rightarrow T_{00}$)を評価する必要がある。これには「等価時定数」(T)を導入し、「等価周期」(T_{00})を次式から導いた。

$$T_{00} = nT; \quad (n \geq 2) \quad \dots\dots (5)$$

$$T' = (K\bar{h} / \lambda^2) T \quad \dots\dots (6)$$

$$P = \sqrt{\pi / 2 T'} \quad \dots\dots (7)$$

いて、ある時刻(t)の変動量を1.0とし、その変動量の63.2%に達するまでの所要時間(T)をもとに定義した。

T_{00} を求める手順は、自由地下水位の変動曲線から等価時定数を順次計算し、それらを $T'/\bar{h} \cdot \lambda^2$ についてプロットする。

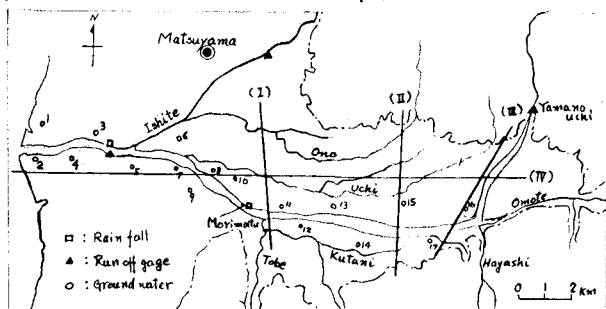


Fig.1. 重信川流域の各種調査観測点位置図

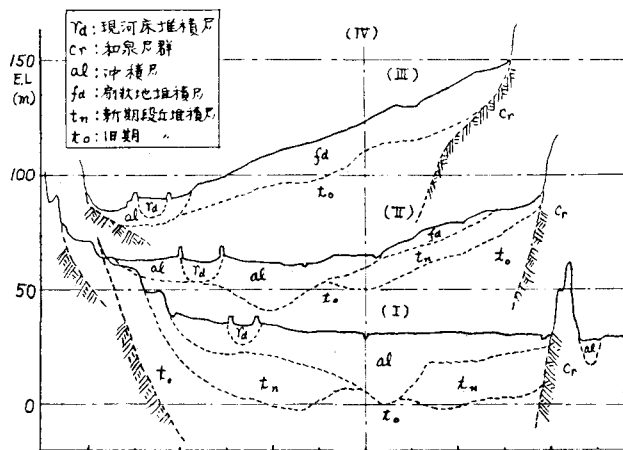


Fig.2. I~IV断面の成層図

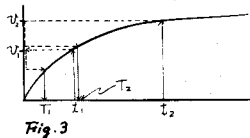


Fig.3

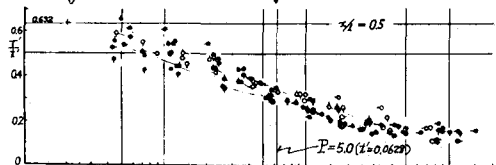


Fig.4. 実験結果の $T'/\bar{h} \cdot \lambda^2$ 分布図 (入力はスタッフ・降下)

このとき、 $P \leq 5.0$
において $T' \leq 0.5$
となる分布曲線が
えられらば、
非周期性現象が安
定的減衰状態にあ
ると考える。

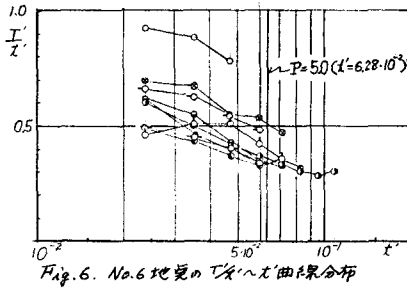


Fig. 6. No. 6 地質の T' へ X 曲線分布

いま、Fig. 4 に、入力がステップ降下する場合の実験結果の一
例を示す。これらは $P < 5.0$, $T' < 0.5$ を充足する検証例である。
なお、(7)式より $P=5.0$ で $T'_{10} \leq 6.28 \times 10^{-2}$, $T' > 3.14 \times 10^{-2}$ がえられろ。

2. 適用と検討 観測対象流域は Fig. 1 に示す皇信川扇状地
約 107 km² の連続平野であり、浅井戸 17 地点の地下水位 (約 50
日間)、河川水位流量及び雨量等の記録と、Fig. 2 に示す地質断
面 (揚水試験)³⁾ の資料を用いた。代表例を Fig. 5 に示す。

計算は、地下水曲線が Table. 1

ら T' を求め、地形等を
考慮して K , λ の値を決
めて、 $\bar{h}$ と λ を調整する。
しかもこのとき、 $T' < 0.5$
で $P=5.0$ の条件を充足さ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
地下水変動幅 (E.L.) m	0.45~ -0.30	0.75~ 0.30	3.75~ 2.30	2.60~ 0.25	9.00	11.45~ 12.75	12.75~ 11.75	19.40~ 15.90	19.40~ 23.40	23.40~ 25.85	25.85~ 34.65	34.65~ 44.85	44.85~ 53.10	53.10~ 64.10	64.10~ 87.80	87.80~ 102.25	102.25~ 105.20
K (cm/s)	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.09	0.2	0.10	0.20	0.30	0.30
λ	0.3	0.27	0.24	0.21	0.18	0.15	0.15	0.13	0.15	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
$\bar{h}$ (m)	7.0	10.0	12.0	13.0	14.0	15.0	15.0	14.0	16.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.5	9.0	8.7	8.5
λ (m)	80.0	100.0	850.0	450.0	600.0	445.0	400.0	700.0	900.0	750.0	750.0	850.0	850.0	1100.0	1100.0	1100.0	1100.0
$K \lambda^2 \times 10^7$	1.84	3.70	9.26	1.54	1.39	2.31	4.71	0.87	2.17	2.13	1.60	2.77	2.16	1.98	2.16	1.98	1.98
安定減衰 (m)	2	3	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
判断	良	良	不可	?	?	良	?	良	?	良	良	良	良	良	不可	不可	良

せる。ただし、現地の記録には河川水以外の入力が影響
するたばラツキが大きい。(その一例を Fig. 6 に示す) し
かし、Fig. 4 と同様な傾向を示す結果があれば、妥当なも
のと考える。各点の結果を Table. 1 にまとめるが、地層や
境界条件が適合せず検討不可能な場合もある。

以上の諸結果を統合し、取捨選択して地下水流れのモ
デル化を試みる。いま、皇信川右岸と石手川との間の流
域に対して、Fig. 7 に示す領域を設定し、水収支検討のため
の地下水流下量を求めた。その際、
に用いた流下断面を Table. 2 に、流
下量を Table. 3 に示したが、帯水層
の規模の推定にはおおむね
良好な結果がえられている。

3. 結論 基本事項の検
証として現地資料への適用

を試み、相対的ではあるが妥当な結果をえた。しかし、
今後多くの検証適用によって本手法を確立する必要がある。

Tabl. 1 の関連資料は当日詳述する。なお、本研究に
は科学研究費 (156157) 及び (102023) を用い、計算は愛媛大 F230-28、京大 M-190 に依ることを付記する。

文献資料：1) 農業林学会全国大会講演、p.366-367, 1997.4. 2), 3) 建設省土木工事：治水調査報告書 (皇信川), 1967.3 及び 1975.3.

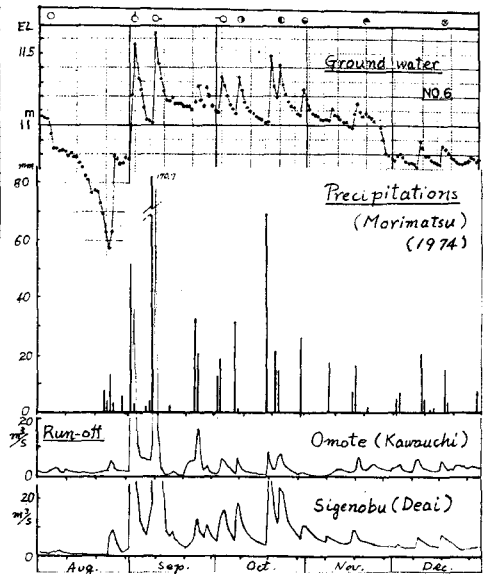


Fig. 5 No. 6 地質の地下水位と入力資料. (1974. 8~12.)

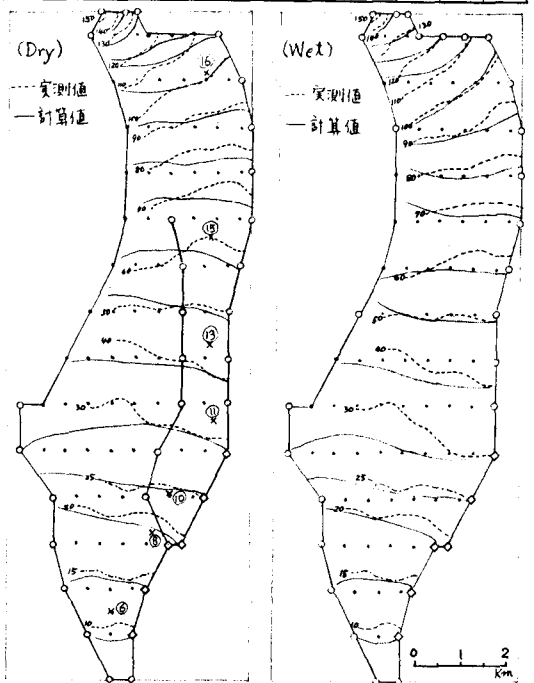


Fig. 7. 地下水位等高線の比較図 (計算値は FEM による)