

京都大学 防災研究所 正会員 岡 太郎

1. まえがき 地表面からの地下水供給と河川水位条件等を考慮し、泉州地盤次下地域における地下水流動を多重滞水層モデルにより解析した結果を述べる。

2. 地下水流動の基礎式 多重滞水層系における良透水層の地下水流動基礎式は慣用記号を用いて(1)式で表される。

$$S_n \frac{\partial h_n}{\partial t} = T_n \left(\frac{\partial^2 h_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h_n}{\partial y^2} \right) - P_n(x, y) + E_n(x, y) \quad \dots (1)$$

ここで、 $P_n(x, y)$ は n 層における単位面積当りの揚水量、また地盤次下による絞り出し量を無視すると、 $E_n(x, y)$ は(2)式で表しうる。

$$E_n(x, y) = c_n \frac{h_n - h_{n-1}}{L_n} + c_{n+1} \frac{h_{n+1} - h_n}{L_{n+1}} \quad \dots (2)$$

$c_n; L_n$: それぞれ $n-1$ と n 層間の難透水層の透水係数と層厚、ただし第1滞水層(S_1)については、(2)式の右辺第1項は地表面からの涵養量(E)となる。

ここでは(1)式をF.E.M.(Galerkin法)を用いて解析する。

3. 解析領域と要素分割 調査流域の概要を図1に示す。このうち、地表面標高がほぼ50m以下の区域を解析領域とする。なお、解析領域の面積は59.0km²、このうち陸部は49.5km²、海部は9.4km²であり、背後地面積は115.3km²である。解析領域を三角形要素(平均面積0.74km²)で分割して解析を進めた。なお、この要素分割は各滞水層共通である。

4. 滞水層とそのモデル化

解析領域を図3の10ブロックに分け、それぞれのブロックに図4の地質柱状図をあてはめて $S_1 \sim 1$ までの11滞水層について解析を行った。

5. 背後地からの地下水涵養量

背後地からの地下水涵養量を前報

と同様なタンクモデルを用いて推算し、図1の矢印の8地点に供給した。なお各地点の各滞水層への涵養量は、背後地の流域面積と滞水層の厚さを考慮して比例配分で求めた。図5に各月の降雨量、河川流出高、背後地単位面積の地下水涵養量を示す。解析領域外郭の他の三辺については地下水の流出入を無視した。

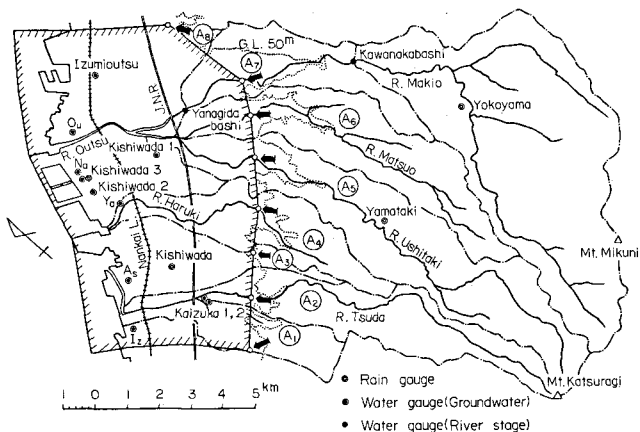


図1 調査・解析領域の概要

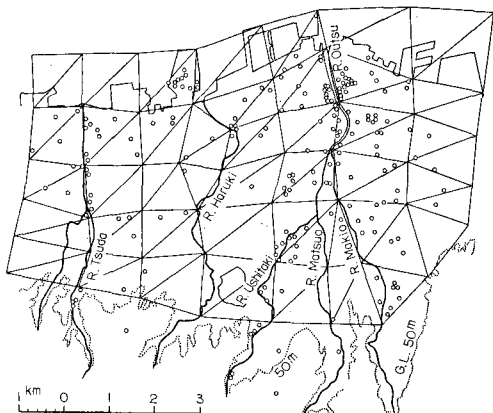


図2 解析領域と要素分割

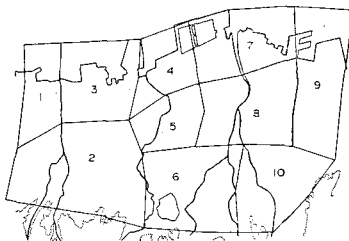


図3 ブロック分割

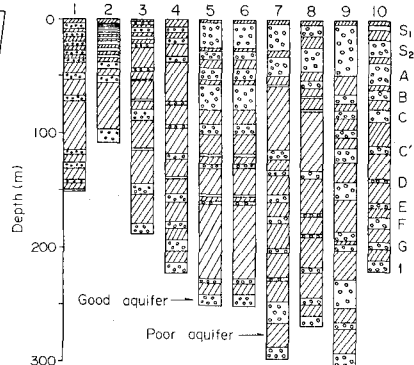


図4 地質モデル

6. 地表面からの透養量 地表面からの鉛直透養量 ε を次のように推定した。

(i) たん水水域(水田・ため池): $h_g - h_{i,t-at} < L_i$ のとき, $\varepsilon = h_i (h_g - h_{i,t-at}) / L_i$ (3)
 $h_g - h_{i,t-at} > L_i$ のとき, $\varepsilon = h_i$ (4), h_g : たん水面標高, $h_{i,t-at}$: 滞水層 S_i の地下水位。

(ii) 非たん水水域: 地下水面より上部の不透和領域には, 不透和透流理論を単純化して得られる次のモデルを採用する。すなわち, 雨水の透流成分と表面流出成分の分離を(5)式, その後の浸透降下を(6),(7)式により解析する。ここで θ_n が地下水供給量となる。 I : 浸透能, θ_n : 土壤水分量, R : 降雨・蒸発量

岸和田市と羽曳野市の降雨・蒸発資料及び図6,7の計算条件を用い, $Z_i = 0.25\text{ m}$, $Z_n = 2.25\text{ m}$

として得た非たん水水域からの透養量を図8に示す。なおこの値の妥当性は図1のNa点より滞水層の地下水変動観測値により確かめてある。この

$$I = A [t + T(\theta_n)]^{\frac{1}{2}} + B \text{ (5)}$$

$$\theta_n = -R$$

$$\theta_n = -\alpha_n \exp(\beta_n \cdot \theta_n) \text{ (6)}$$

$$\theta_n = -\alpha_n \exp(\beta_n \cdot \theta_n) \text{ (6)}$$

$$\frac{\partial \theta_n}{\partial t} = - \frac{\partial \theta_n}{\partial Z_n} \text{ (7)}$$

ようにして算出した地表面からの透養量を, 要素毎に不透和域・ため池・水田などの面積比率を乗じて地下水解析に用いた。これらの比率は1/2.5万地形図を用いて求めたが, 不透和域については南海電鉄沿線の都市域では70%, 新興住宅地では50%, その他の都市化域で25%とした。また水田のカンガイ期間は4~8月とした。地表面付近の地下水は河川水の影響を受けるが, ここでは図2の主要河川の水位変動を次のようにして解析に考慮した。まずタンクモデルで各河川の代表地点での流量を算出したのち河川勾配と横断形状より水源を求める。次に河川を近似している各節点で水位に変換し地下水解析の境界条件とする。

7. 揚水井分布と揚水量 前報と同等な方法により揚水量の跨空間分布を求め解析を行った。なお1977年の解析領域中の全揚水量は1291万 m^3 であった。図9に月揚水量を示す。図2に揚水井を有する164事業所の位置を併示する。解析領域中の揚水井数は290本である。

8. 初期条件と計算に用いた主要定数 滞水層毎の節点水位を前報の計算結果と観測値と参考にして推定した。また揚水試験結果を参考にして, 透水係数に5~0.5m/day, 貯留係数に0.002, 難透水層の透水係数に0.1~0.002m/dayを採用し, 時間増分 $\Delta t = 6\text{ hr}$ として解析を行った。なお不圧地下水になる場合には貯留係数(有効孔隙率) ε 0.1とした。

9. 計算結果と考察 図10に計算結果と観測結果と対比して示す。両者はかなり良く一致しており, ここで採用した各種近似とモデル化の妥当性・有用性が一応認められる。揚水井・量が集中している地域では図11に示されているように地下水位が大きく低下しており, これが地盤沈下の要因になっているものと推察される。

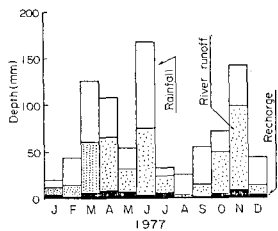


図5 河川流出量・背後地透養量

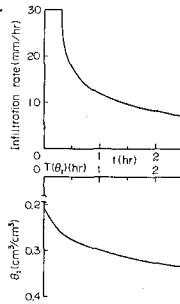


図6 浸透能曲線

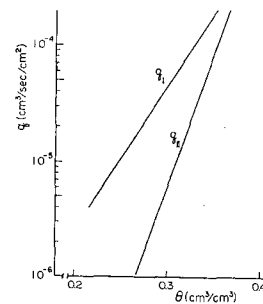


図7 $q_n \sim \theta_n$ 曲線

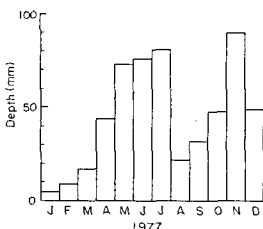


図8 鉛直透養量

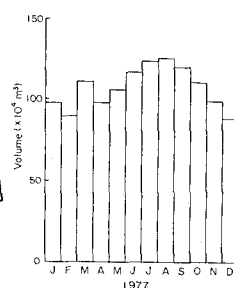


図9 揚水量

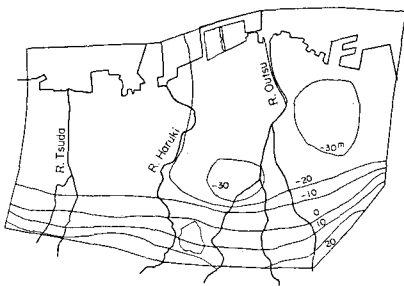


図11 地下水平面分布(F 滞水層)

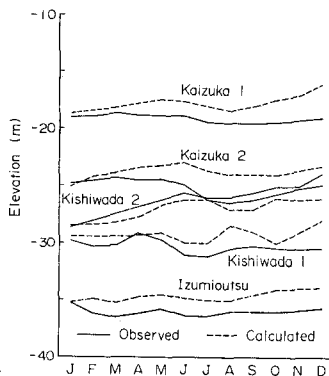


図10 計算結果と観測結果との比較