

1. まえがき 大阪南部の泉州地域では過剰揚水とそれに伴う地下水低下のため地盤沈下が生じている。この地域の地下水変動を多量滞水層モデルにより準三次元的に解析したのでその結果を述べる。

2. 地下水流動の基礎式と境界条件 泉州地域の地層は良透水層と難透水層の互層を呈しており、地下水水平流動のほとんどが良透水層で生じている。ここでは浅層地下水を除く多量滞水層以下の地下水について、基礎式に(1)式を適用して解析を行う。

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

h_n : n 層の地下水位, S_n, T_n : それぞれ n 層の貯留係数と透水量係数
 x, y : 水平座標, t : 時間, P_n : n 層における単位面積当りの揚水量
 E_n : (2)式で算出する上下層からの漏水量。

$$E_n = K_n \frac{h_{n-1} - h_n}{L_n} + K_{n+1} \frac{h_{n+1} - h_n}{L_{n+1}} \quad \dots (2)$$

K_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。

境界条件は一般的に(3)式で表される。

$$\alpha \frac{\partial h_n}{\partial \eta} + \beta h_n + \gamma = 0 \quad \dots (3)$$

α, β, γ : 定数, η : 境界面の法線成分

(1)式を有限要素法(ガウキン法)により数値的に解析する。

3. 解析領域と要素分割 調査・解析領域の概要を図1に示す。

このうち地下水解析領域は地表面標高が20m以下の区域とした。この解析領域を図2に示すように三角形要素で分割したが、この要素分割は各滞水層共通である。なお解析領域の全面積は34.1km², そのうち陸部は23.5km², 海部は10.6km²であり、標高20m以上の背後地面積は108.2km²である。

4. 滞水層とそのモデル化 解析領域内では図1

の測線I, VII, VIIIについて、深さ300m程度までの地質断面図が作成されている。これを参考にして、図3に示す解析領域内の8ブロックについて地質柱状図(図4)を作成した。なお、各ブロック中では地質構造は変化せず、解析領域内では滞水層は連続しているものと仮定して解析を進めた。

図3 ブロック分割

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と、図5に示すタンクモデルを用いて推定した。この場合、各タンクの側面流出孔からの流出量の和を河川流出量、最下段底面流出孔からの流出量を単位面積当りの地下水涵養量とみなす。岸和田市と羽曳野市の降雨及び蒸発量資料を用いて行った計算結果を図6に示す。図6の地下水涵養高に背後地面積と乗ずること

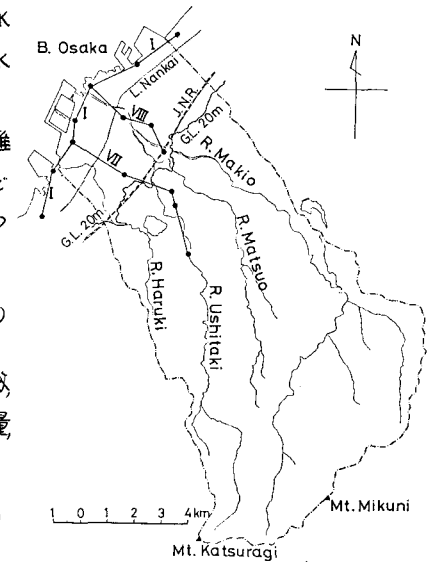


図1 調査・解析領域の概要

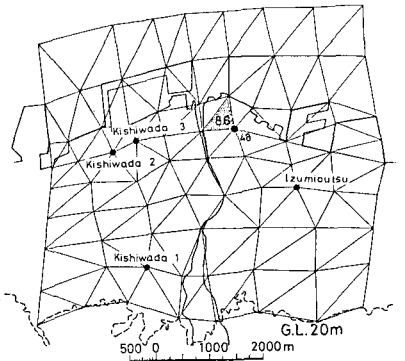


図2 解析領域と要素分割

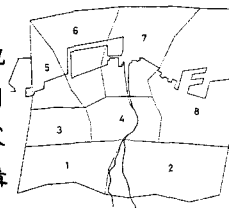


図3 ブロック分割

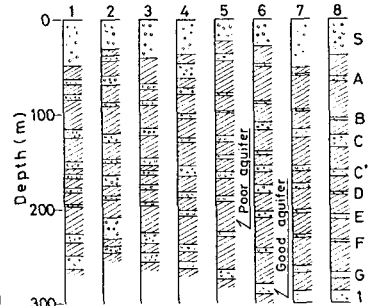


図4 地層モデル

により背後地からの地下水涵養量が得られる。また背後地に接している三角形要素の境界近への地下水涵養量は、辺長及び滞水層の厚さを考慮して比例配分して求めた。なおこのタンクモデル構造は、槇尾川の流出量を再現し、多角形多重滞水層モデルによる地下水解析において地下水収支がほぼ満足するように逐次近似計算により決定されたものである。

⑥. 揚水井分布と揚水量 解析領域中に揚水井は181本あり、その揚水量 図5 タンクモデル構造 (mm/day) は931万 m^3 (1976年)である。各揚水井の位置と月揚水量資料より、滞水層の透水係数、揚水井のスクリーンの上下限、工場の稼働状態などを考慮し、各要素滞水層毎の1日揚水量を求め、揚水量の時空間分布をこの解析に反映した。

⑦. 境界・初期条件と計算に用いた主要定数 背後地との境界を除く他の境界からの地下水流入を無視し、第1滞水層(浅層)地下水は地表面下4mに保持されているものと仮定し解析を進めた。滞水層毎の各節点水位の初期値を観測値と地表面標高を参考にして推定した。また、解析領域内では揚水試験及び各種モデルによる地下水解析が実施されているが、これらの結果を参考にし、貯留係数(S_n)に0.002、滞水層の透水係数(K_n)に5m/day、難透水層の透水係数(k_n)に0.0012m/day、海底部S~A間の難透水層の透水係数に0.0002m/dayを採用し、時間増分(Δt)を6時間として解析を行った。なお計算期間は1976年の1年間とした。

⑧. 計算結果と考察 図7に計算結果より得られた地下水位ハイドログラフを観測結果と対比して示す。衆大津については滞水層G、岸和田1についてはG'の地下水位を表している。図7に示されているように計算結果は観測結果とかなり良く再現しており、計算値と観測値の差は3m未満であった。したがって、浅層地下水の挙動を計算に反映させなかったという難点はあるが、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たといえよう。図8に示すように、1976年には大津川右岸でかなりの地盤沈下が認められたが、この地盤沈下区域の地下水特性について若干考察する。図9に1976年8月1日の滞水層Fの地下水位分布、図10に図2に示してある節点48、滞水層EとFの地下水位変動を示す。図8と図9を対比すると、地盤沈下区域と地下水位低下の中心とかなり良く対応している。また図10では、夏期にはかなりの地下水低下が認められるが、冬期には回復し、1976年については幾年の

地下水低下はほとんど認められなかった。なおタンクモデルにより算出された1976年1年間の背後地からの涵養量は約830万 m^3 であるが、揚水量は931万 m^3 であり、約100万 m^3 不足することになる。

ただ、これらの不足分は地表面や河川から補充されているものと考えられる。これをと総合すると解析領域中の地下水はほとんど平衡状態にあるが、揚水井が一部の地区に集中しているため局部的には過剰揚水となり、これが地盤沈下の要因となっているものと推察される。

本解析は大阪府生活環境部公害室水質課、土木部都市河川課及び河川課による調査・観測資料を用いて行った。また図4は同志大・中川要之介氏作成の地質断面図を基礎に作成した。資料を提供して下さいました関係者に謝意を表する。

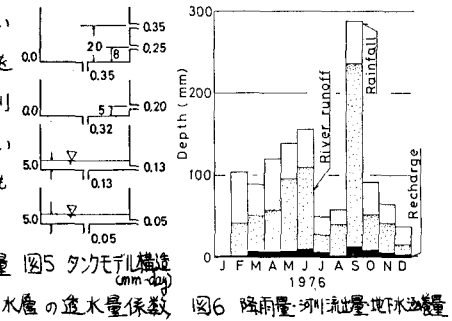


図6 降雨量・河川流量・地下水涵養量

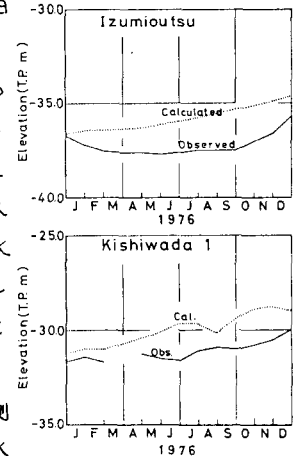


図7 計算結果と観測結果との比較

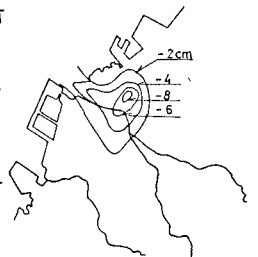


図8 地盤沈下等量線(1976年)

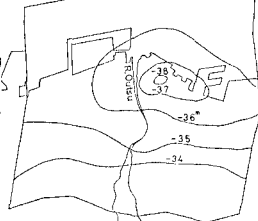


図9 滞水層Fの地下水位分布(8月1日)

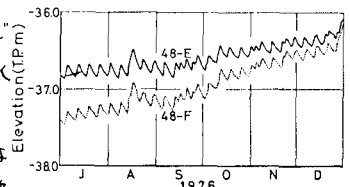
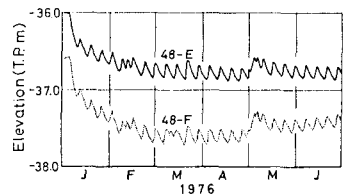


図10 節点48、滞水層E、Fの地下水位変動