

鳥取平野における被圧地下水の長期変動に関する数値解析

鳥取大学大学院工学研究科 学生員 ○上坂 建太郎
鳥取大学大学院工学研究科 学生員 加藤 哲也
鳥取大学大学院工学研究科 正会員 檜谷 治
鳥取大学大学院工学研究科 正会員 梶川 勇樹

1. はじめに

鳥取平野では、1970年代に工業用水等による地下水の揚水によって被圧地下水位は低下し、地盤沈下が大きく問題となったが、その後被圧地下水は上昇傾向にあり（図-2）、地盤沈下も収まっている（図-1）。しかしながら、図-1に示す①地点の地下水の塩分濃度を図-3に示しているが、1995年以降塩分濃度の上昇が見られ、被圧地下水の保全を考える上で、この塩分濃度の上昇の原因を解明する必要がある。そこで本研究では、まず1980年代以降の長期的な水位上昇の原因について数値解析し、被圧地下水位の水収支について検討を行った。

2. 数値解析法および計算条件

計算方法は、ダルシーの運動方程式と連続式より導き出された基礎方程式を、差分化することで行った。以下にその式を示す。

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + R - L$$

… (1)

ここに、 S ：貯留係数、 H ：トータルポテンシャル（被圧地下水位）、 T_x ： x 方向の透水量係数（ $B \cdot k_x$ ）、 T_y ： y 方向の透水量係数（ $B \cdot k_y$ ）、 k_x ： x 方向の透水係数、 k_y ： y 方向の透水係数、 B ：滞水層層厚、 R ：要素内への単位時間、面積あたりの涵養量、 L ：要素内への単位時間、面積あたりの漏水量である。

図-4は、1965年以降に調査されている地下水揚水量の経年変化である。その中でも、工業用水が主として被圧地下水から揚水されていると考えられている。1980年代から被圧地下水井は5m以上上昇しているが、工業用水の揚水量は日量1万 m^3 でほとんど変化していない。しかしながら、過去の揚水量データが過少に評価されている可能性があり、本研究では、現在の揚水量を正しいものと想定し、現在の水位を再現できるような土質定数を評価するとともに、1970年代の揚水量を逆算した。

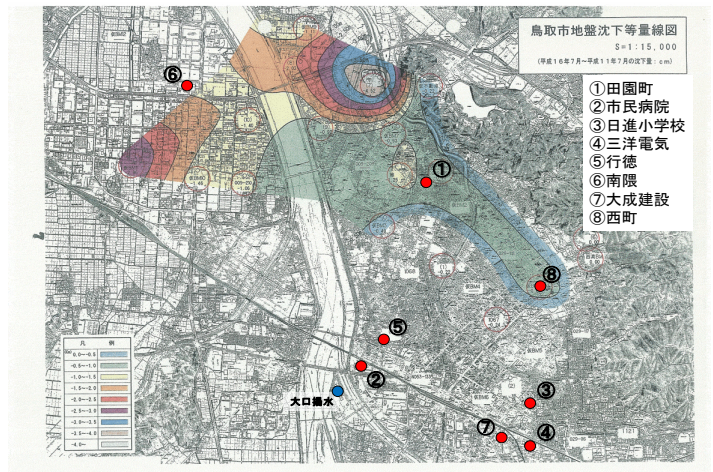


図-1 被圧地下水位観測井¹⁾

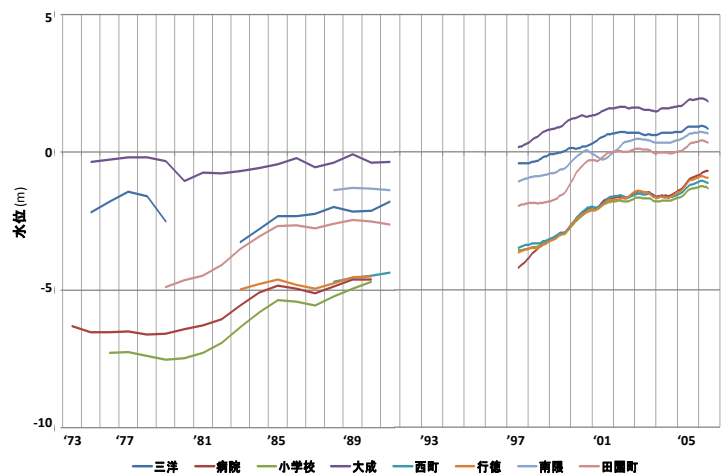


図-2 被圧地下水位経年変化²⁾

また、海水侵入の可能性があるため、被圧地下水層の海域境界を汀線から 3km 沖合いに設定し、その地点で海水面を下流端条件として設定した。また、解析領域は、鳥取平野の形状と地下構造⁴⁾を簡略した形で図-5のような長方形領域とし、地下構造は図-6の3層構造とした。また、各層間の涵養量・漏水量を考慮し、従来の解析で得られた土質定数を用いて³⁾、現状の地下水位を再現できる涵養・漏水係数を算定した。

試行錯誤によって得られた、現在（ケース1）および1970年代（ケース2）の計算条件を表-1に示す。

3. 結果および考察

計算結果で得られた4地点での観測結果と計算結果を表-2に示す。長方形形状等の簡易モデルのため、多少の誤差はあるものの、ほぼ状況を再現できている。今回の仮定によると、1970年代の揚水量としては、統計データの約1.7倍の揚水量が推定され、その際の水収支を表-3に示す。この表から、下流側である海域からの流入が認められ、塩分濃度の上昇が、海水流入が原因である可能性があることが分かった。なお、現状での水収支も同時に掲載しているが、現状では海水流入の可能性は低い。

4. おわりに

本研究では、鳥取平野を単純なモデルとして扱い検討を行った。過去と現在の水位の違いを揚水量の違いとして考察したが、この結果は工業用水が被圧地下水層（2層目）からすべて揚水されていると仮定した結果である。近年の調査結果から地下構造はかなり複雑であることがわかっており、今後は、詳細な地下構造モデルに改良するとともに、不圧地下水層からの揚水も含め、複数の層からの揚水モデルで再検討する予定である。

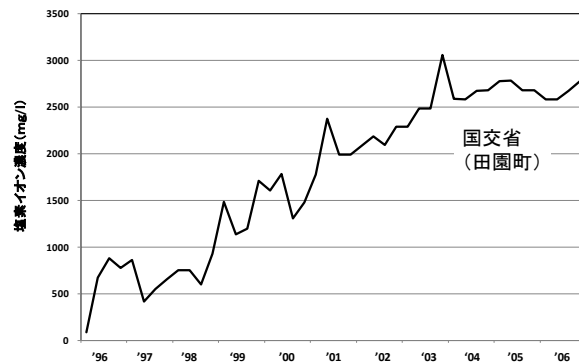


図-3 塩素イオン濃度の経年変化

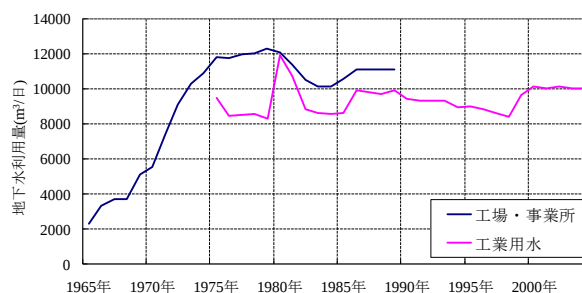


図-4 揚水量の経年変化

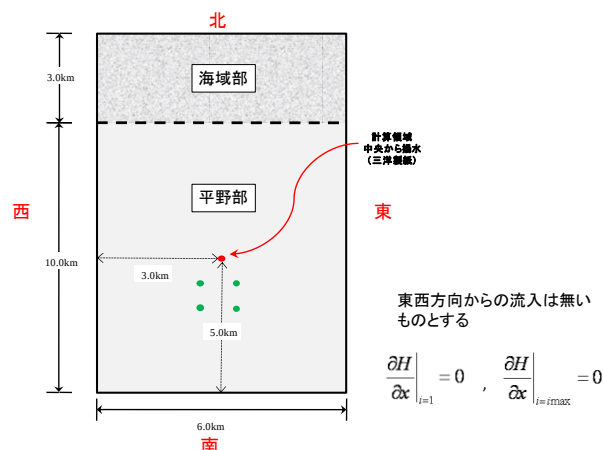


図-5 解析領域

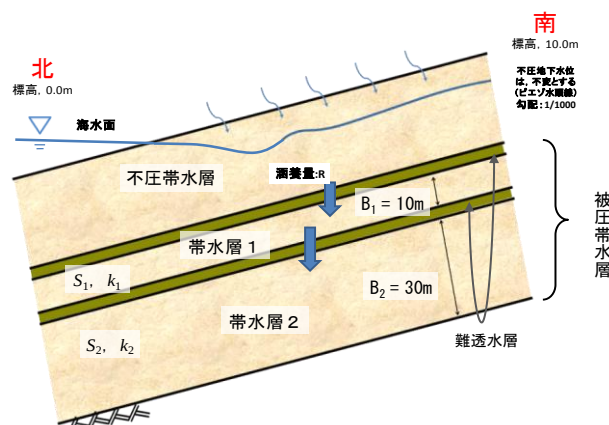


図-6 断面図

表-1 計算条件

透水係数 (m/s)	Δt (hr)	$\Delta x, \Delta y$ (m)	東西の境界条件
2.0×10^{-4}	0.1	-100, 100	境界からの流入は無いとし、 水位はすぐ内側に一致させる。

	南北方向の 境界条件		揚水量 (万 m ³ /日)	貯留係数	上層からの涵養 ($\alpha: \times 10^{-10} 1/s$)	被圧帯水層 の構造
	上流端	下流端				
Case-1	一定流入量かつ	TP0.0m	1.00	0.001	5.56	二層
Case-2	一定勾配		1.65		5.56	

表-2 計算結果

	1980年			
	市民病院	日進小学校	西町	行徳
実測値	-1.105	-1.506	-1.360	-1.241
計算値	-1.633	-1.147	-0.917	-1.406

	2005年			
	市民病院	日進小学校	西町	行徳
実測値	-6.305	-7.278	-	-
計算値	-7.985	-6.846	-5.814	-7.281

表-3 水収支

1980年 (Case-2)				
一層目の 被圧帯水層	境界	不圧帯水層からの涵	上流側	下流側
	流入量 (m ³ /日)	10704	1054	200
	流入量 (%)	89.5	8.8	1.7
二層目の 被圧帯水層	境界	一層目の被圧帯水層 からの涵養	上流側	下流側
	流入量 (m ³ /日)	11958	3162	1380
	流入量 (%)	72.5	19.2	8.4

2005年 (Case-1)				
一層目の 被圧帯水層	境界	不圧帯水層からの涵	上流側	下流側
	流入量 (m ³ /日)	5678	1054	-23
	流入量 (%)	84.6	15.7	-0.3
二層目の 被圧帯水層	境界	一層目の被圧帯水層 からの涵養	上流側	下流側
	流入量 (m ³ /日)	6708	3162	129
	流入量 (%)	67.1	31.6	1.3

参考文献

- 1) 環境省：全国地盤環境情報ディレクトリ（平成 19 年度版）
- 2) 国土交通省河川局：地下水位年表
- 3) 柴田哲也他：鳥取平野における被圧地下水の数値解析，第 60 回土木学会中国支部研究発表会概要集，2008
- 4) '96 鳥取地盤図：(社) 地盤工学会中国支部