

第 部門 大阪平野における広域地下水流動シミュレーション解析

大阪大学大学院 学生会員 ○水井裕瑛
大阪大学大学院 正 会 員 阿部信晴

1. まえがき

大阪平野の地下水問題を考える上で広域での地下水流動の場を考える「地下水盆管理」の導入が不可欠であり、時々刻々変化する地下水流れの具体的予測手法として数値シミュレーションは地下水盆管理の中で重要な役割を占めている。本報告は大阪平野の広域地下水流動シミュレーションにより、広域地下水流動・涵養特性を明らかにし、地下水涵養モデル(広域地下水流動解析システム)の地下水総合管理への適用性を検討する。

2. 広域地下水流動シミュレーション

1) 大阪平野地下水盆の3次元地質構造モデル：大阪平野は、東を生駒山地、北を六甲・北摂山地といった基盤山地に囲まれ、その南側には台地・丘陵地が広がり、西側は大阪湾に面した低平地である。平野中央部には南北方向に延びる標高 20～15m の上町台地が存在する。地質構造モデルとして、沖積層(難波累層)下面、田中累層の主要層準(Ma-1, Ma-3, Ma-6, Ma-9, Ma-12 層)下面について標高分布図を作成した。

2) 3次元有限要素モデル：数値シミュレーションは有限要素法による3次元浸透流解析である。図1に解析のモデル化範囲を、図2に平面要素分割を示す。深度方向の要素分割は、各地層の層厚の変化や欠層を表現するため要素境界面と地層境界面を一致させた。深度方向要素分割数は26、総要素数は53,482、総接点数は57,483である。

3) モデル境界条件：解析モデルの境界条件は、地下水盆の水理地質構造・地下水涵養機構に基づき図3のように設定した。地表からの涵養を考慮するとき不飽和浸透流解析が必要となるが、大阪平野の浅層地層構造と不圧帯水層の浸透特性から平野部では地表からの涵養はMa13層以深の被圧帯水層の地下水挙動に大きく影響しないので、不圧帯水層の地下水面を地表面に固定する飽和浸透流解析を用いる。しかし、下位の地層が地表に現れている涵養域の丘陵地・山地では、この条件設定は過大な涵養量を与えるため、地下水面を接谷面近傍に設定して内挿検定の評価パラメータとしている。

4) 地下水盆パラメータ：広域地下水流動シミュレーションを実施するためには、地下水盆パラメータ(地下水盆を構成する地層の透水係数、比貯留係数、有効間隙比)が必要である。複数の地層を単一地層としてモデル化するケースでは等価な地下水盆パラメータは内挿検定によって評価しなければならない。

5) 揚水量：地下水流動シミュレーションの入力データに必要な揚水地点・揚水深度・揚水量(月平均)は、大阪府の1kmメッシュ別年平均揚水量、市町別月平均揚水量、市町別深度別年平均揚水量の公表データから揚水地点毎に作成した。

6) 初期地下水圧分布：計算開始時の地下水盆

表1 地下水盆パラメータ

内の3次元地下水圧分布には36地点での実測地下水位データと国土情報データベース資料(深井戸資料台帳)から加重一次補間法により作成した平面地下水位分布を与えている。

7) 解析条件：解析期間は、1978年から1999年までの22年間、解析での時間増分は1カ月である。期間設定は、揚水量・地下水位観測データの整備状況によるものである。

地層番号	透水係数(c/m/s)	有効間隙率	比貯留係数(c/m ³)
Layer 1(沖積層)	2.0×10^{-7}	0.50	2.0×10^{-6}
Layer 2(天満層)	3.0×10^{-2}	0.35	1.9×10^{-7}
Layer 3(Ma12層)	1.0×10^{-6}	0.61	1.0×10^{-6}
Layer 4 (Ma12 base ~ Ma9 top)	1.0×10^{-3}	0.33	1.7×10^{-7}
Layer 5(Ma9層)	1.0×10^{-6}	0.59	1.0×10^{-6}
Layer 6 (Ma9 base ~ Ma7 top)	5.0×10^{-3}	0.31	1.8×10^{-7}
Layer 7 (Ma7 top ~ Ma6 base)	2.0×10^{-7}	0.57	0.9×10^{-6}
Layer 8 (Ma6 base ~ Ma3 base)	1.0×10^{-4}	0.29	1.3×10^{-7}
Layer 9 (Ma3 base ~ Ma-1 base)	1.0×10^{-5}	0.44	0.8×10^{-6}
Layer 10 (Ma-1 base ~ 基盤) 1/3上	5.0×10^{-4}	0.26	0.5×10^{-7}
Layer 11 (Ma-1 base ~ 基盤) 1/3中	4.0×10^{-4}	0.44	0.8×10^{-6}
Layer 12 (Ma-1 base ~ 基盤) 1/3下	5.0×10^{-4}	0.26	0.5×10^{-7}



図1 モデル化範囲

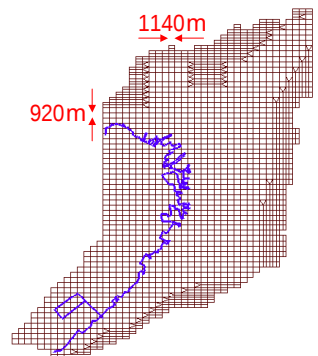


図2 平面要素分割

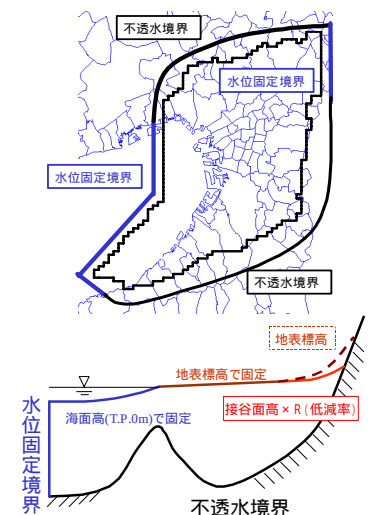


図3 解析モデルの境界条件

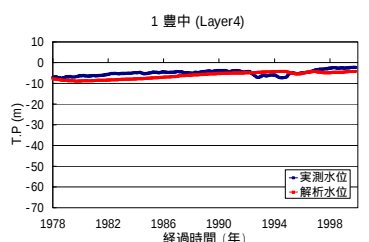


図4 解析水位と実測水位との比較

3. 大阪平野地下水盆の広域地下水流動状況（内挿検定）

広域地下水流動シミュレーションでは丘陵・山地の涵養条件と地下水盆パラメータ（透水係数，比貯留係数，有効間隙比）を補正して解析モデルによる解析地下水位が実測地下水位と適合するまで試行錯誤的に計算を繰返す内挿検定（同定解析）を行い，50箇所の実測井の実測地下水位を用いて適合性を検討した．図4に観測井について解析水位と実測水位の比較を示している．また，丘陵・山地の涵養条件は地下水面＝接面の3分の1であった．内挿検定から求められた地下水盆パラメータを表1に示している．図5は帯水層の地下水圧分布，地下水の涵養経路を示している．

4. 大阪平野地下水盆の広域地下水流動特性（自然流動場特性）

適切な地下水管理が実施された際に，どのように地下水環境が改善されるのかを明らかにするため，構築したモデルを用い，揚水のない広域地下水流動シミュレーションを実施した．解析条件は初期地下水圧分布を静水圧と仮定した他はこれまでと同じである．計算の結果，水収支がほぼゼロ，地下水流動がほぼ定常となるのに約50年を要した．図6に帯水層の地下水圧分布，地下水の流動経路を示す．揚水がないため，地下水盆内の地下水圧分布は周辺丘陵・山地の涵養域から海へとゆるやかに低下し，地下水は地層地形の影響を受けて流れ海へ流入する．図7は自然流動場と揚水場地下水位(1999年12月)の差の分布を表したもので，西大阪に比べ東大阪において地下水位の回復が遅れていることが分かる．

5. まとめ

大阪平野地下水盆の地質構造モデルにもとづいて3次元有限要素モデルを構築し，広域地下水シミュレーション解析を行った．シミュレーション結果は，観測地下水位データ，統計学的手法，地下水の溶存成分分析などにより明らかにされてきた涵養・流動経路をよく説明できるものであり，広域地下水流動・涵養特性の予測ツールとしての高い品質が示された．構築した広域地下水流動解析システムが，大阪の地下水総合管理において重要な役割をはたすことが期待される．

参考文献

- 1) 宇野尚雄，中尾健太郎：大阪平野の地下水流動について，土木学会第51回年次学術講演会概要集， - A301, pp.602-603, 1996．
- 2) 宇野尚雄，飯田智之，神谷浩二：大阪平野の地下水位に及ぼす降水量と河川水位の影響，地下水地盤環境に関するシンポジウム 1997 発表論文集，pp.59-78, 1997．
- 3) 地下水涵養研究有委員会：大阪平野地下水涵養機構に関する研究．涵養モデルの作業報告，地下水地盤環境に関するシンポジウム 2003 発表論文集，pp.65-78, 2003．

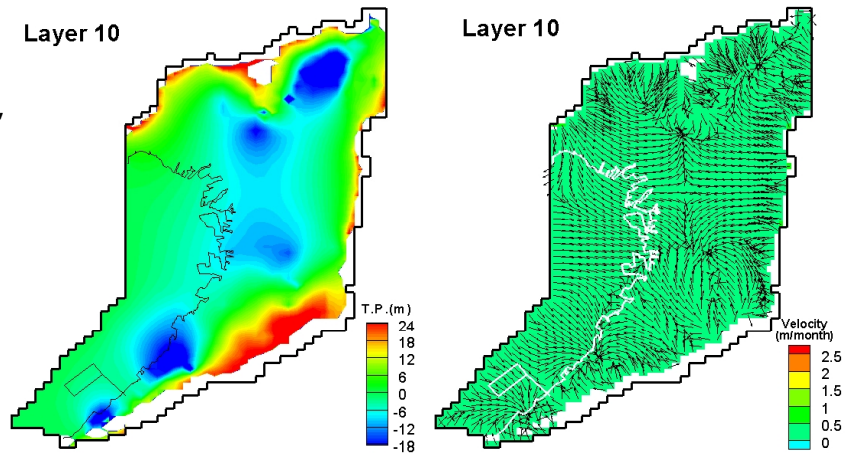


図5 帯水層の地下水圧分布および地下水流路・流速分布(1999年12月)

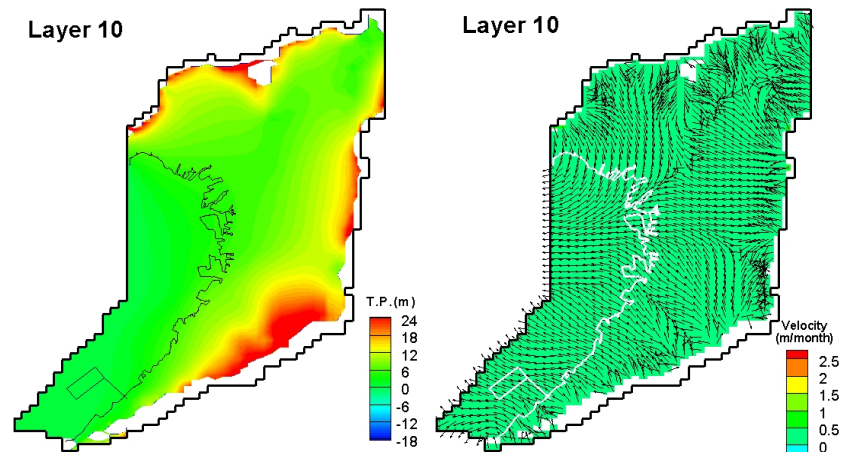


図6 帯水層の地下水圧分布および地下水流路・流速分布(自然流動場解析)

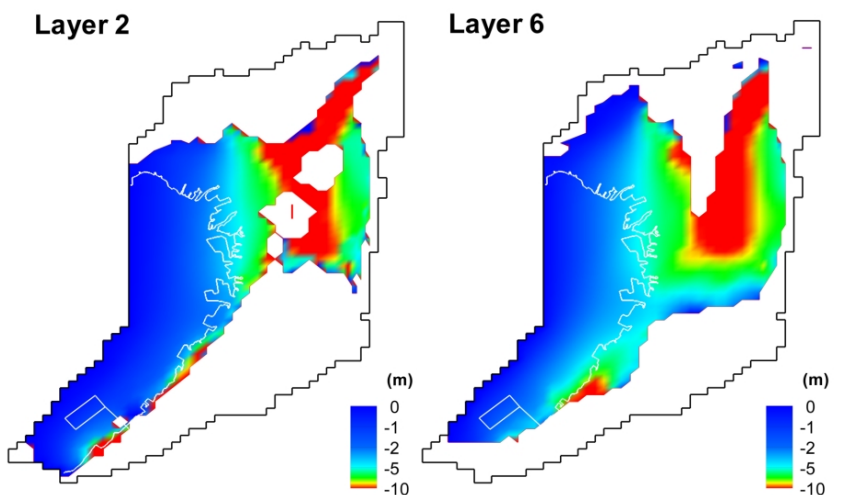


図7 自然流動場に対する揚水場地下水位の低下量分布図