

京都盆地水系における地下水流動解析

京都大学大学院	学生員	○田中 幸夫
京都大学防災研究所	正会員	城戸 由能
京都大学大学院	学生員	川久保愛太
京都大学防災研究所	正会員	中北 英一

1. はじめに

将来的な水資源の確保や災害時の緊急用水利用のためには、河川流域における水・物質循環を水系一環としてとらえ、その経年的変化や将来予測を行うことが必要である¹⁾。本研究では、京都盆地における地下水の重要度を考慮して、平面二次元飽和地下水モデルを用いて京都盆地水系における地下水の全体的な流動特性を評価した。解析領域は東西約15km、南北約30km、空間差分間隔を100mとした。降水データ・土地利用データ・基盤標高データ等を用いて地下水モデルによるシミュレーションを行い、対象領域内の5地点の井戸水位観測データと計算値とを比較・検討し、モデルの再現性の検証および考察を行った。

2. 解析対象領域における基礎データ

地表標高データは国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)のデータを用いて、これを空間平均し100mメッシュの地表標高データを作成した。土地利用データは国土地理院の国土数値情報土地利用メッシュ(100m)を用いて作成した。それぞれの土地利用データごとに浸透面積率と浸透率を設定し、1981年から2000年における気象庁京都地点のアメダス時間雨量データを用いてメッシュごとに涵養量を設定した。基盤標高データは2006年度版関西圏地盤情報データベース²⁾から抽出したボーリングデータに基づいて作成した(図-1)。なお、透水層と不透水層の分類基準として、京都盆地を対象とした既往研究³⁾で用いられた透水係数値 $9.0 \times 10^{-5}(\text{m/s})$ を採用した。以上を踏まえて作成した基盤標高を空間補間してモデル計算に用いた。

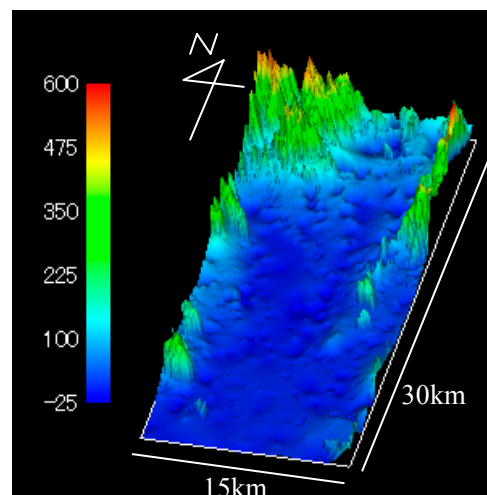


図-1 解析に用いた基盤標高分布

3. 解析手法

平面二次元飽和地下水モデルで用いた基礎式は、連続式とDarcy則である。連続式は、

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k(h-s) \frac{\partial h}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k(h-s) \frac{\partial h}{\partial y} \right\} + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (1)$$

と表される。ただし、 λ :有効間隙率、 h :水位(m)、 k :透水係数(m/s)、 s :基盤高(m)、 ε :涵養量(m/s)、 x, y :空間座標、 t :時間とする。本研究では差分法を用いて数値解析を行った。外部境界条件として境界線外部地点の基盤標高と境界部との高低差によって地下水の流動方向が変わることを考慮し、分水嶺の境界条件と流量境界条件の二種類を設定した。また、土地利用データが河川・湖沼の場合は定水位境界とした。以上のように設定した地下水モデルと上述した基礎データによって作成された京都盆地水系における計算場を用いて解析した。1981年から1986年にかけてスピナップし、その後、1987年から1998年までの12年間において再現計算を行い、井戸水位観測値と比較・検証した。

4. 現況再現結果と考察

観測値と計算結果の例を図-2、図-3に示す。地下水位の観測値の全体的な傾向として、降水イベント直後にあまり大きなタイムラグも無く地下水位が上昇する特徴が複数地点で確認された。そのためモデルにおいても地表面からの浸透流を不飽和浸透モデルを用いて計算することなく、涵養量を直接自由地下水帯に与えている。降雨イベント前後の短期間の水

位変動を図-4に示す。観測値と計算値の降水イベント後の地下水位の上下動は、比較的良好に再現されている。降水イベント直後の水位上昇があまり見られない地点においては、観測値と計算値の位相があまりあっておらず涵養量の与え方は地下水流動を解析する上で重要な要素であり、地表および地質構造に基づいたモデルの改良が必要である。

年平均水位に関しては、全地点で整合性のある計算結果を求めることは困難であった。この原因として、境界部や河川水位を固定条件としているため、その近傍空間では固定水位の影響を大きく受けた地下水位計算結果とならざるを得ないことが挙げられる。降水イベントに対応した河川水位変動も含めたモデルに変更する必要がある。また基盤データと現実との誤差もひとつの要因である。基盤標高は限られた地点でのボーリングデータに基づいて空間補間しており、基盤データの作成方法を工夫する余地がまだある。さらに空間格子間隔が 100m と大きく、計算で得られる水位は 100m メッシュ内での平均的な水位であるのに対し、観測点は必ずしも 100mメッシュ範囲全体の代表値とはいえず、場の不均一性を考慮すれば局所的に異なる値を持つ可能性がある。透水係数や有効間隙率、さらには降水観測データを対象領域全体に一樣に与えている点も同様に影響を及ぼすと考えられるが、年変動や位相がかなり合っていることから、一概に不適切な設定とはいえない。

また、図-5 に示すように上鳥羽地点では明らかに週単位で変動しており、工場冷却水としての地下水揚水などの人為的影響があると考えられ、今回のモデルではこのような要素は考慮していないため、図-3 に示すように計算値は全体的に水位が高く変動が小さくなった。他にも長期的には地下構造物の建設等による流動場の大きな変化などといった考慮すべき要素があるので、揚水に関する定量的データや湧水等の自然流出、山地部での表面および中間流出現象などを加えることで、より再現性が高まることが期待できる。

5. 結論

本研究では、地下水流動を再現するために飽和平面二次元モデルを用いて、京都盆地水系における地下水の全体的な流動特性について検討した。その結果、地下水位の年変動や位相といった全体的な地下水流動特性を広領域において比較的良好に再現することができた。しかし、領域全体の観測井戸の年平均水位を再現することは困難であった。最後に本研究に用いた地下水モデルや領域の諸条件の修正点について考察し、再現精度の改善について検討した。

【参考文献】

- 1) 岡 太郎・城戸 由能・浜口 俊雄:都市型盆地水系における水・物質循環の解明, 水資源研究センター研究報告, 第 24 号, pp.75-76,2004.
- 2) 関西圏地盤情報データベース, 2006 年度版, KG-NET・関西圏地盤情報協議会, 関西圏地盤 DB 運営機構, 2006.
- 3) 井上 雄一郎:人間活動が地下水の時空間変動に及ぼす影響について,京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻修士論文, 2005.

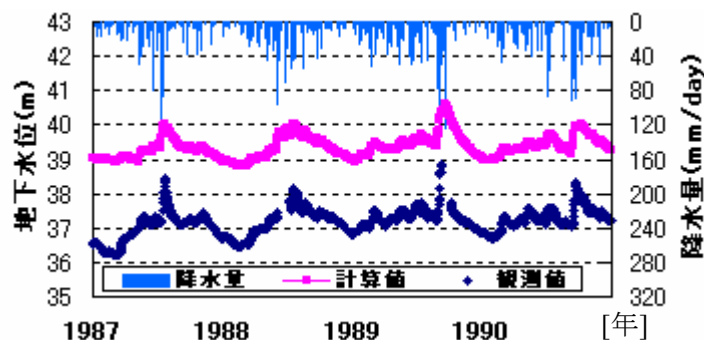


図-2 地下水位観測値と計算値(御所)

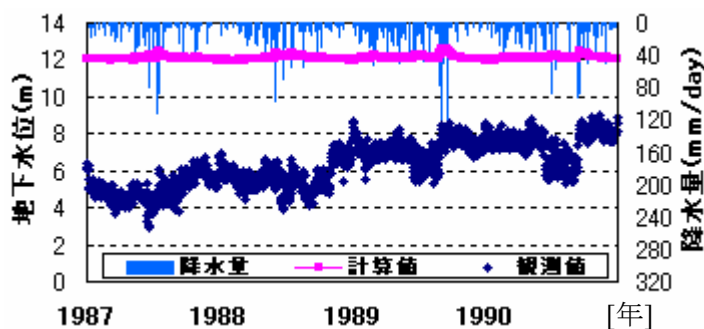


図-3 地下水位観測値と計算値(上鳥羽)

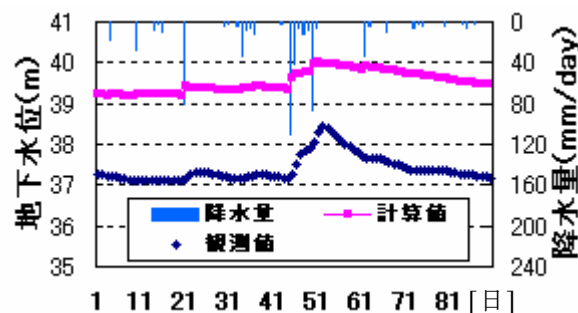


図-4 降雨イベント直後の比較(御所)

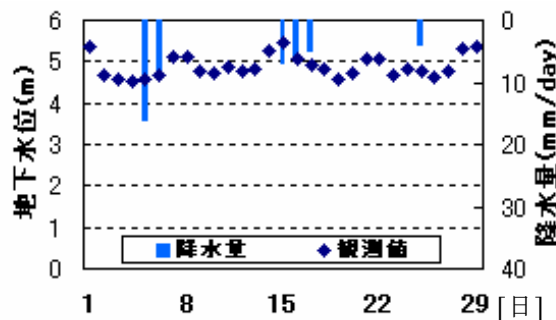


図-5 上鳥羽観測値の週変動