

第Ⅱ部門

京都盆地水系における地下水流動に関する基礎的研究

京都大学工学部	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と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と定め、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て、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 $9.0 \times 10^{-5} (m/s)$ 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。

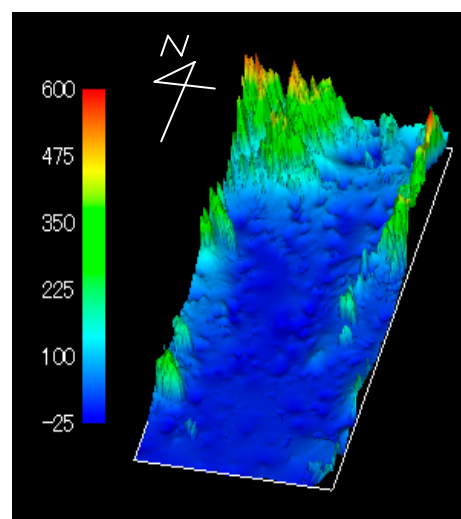


図-1 解析に用いた基盤標高分布

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、

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

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が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年にかけてスピニングし、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。この結果、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いないことから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と考えられる。

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。この原因としてまず考えられるのは境界部や河川水位を固定条件として与えているため、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。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100mメッシュという空間格子間隔ではメッシュの中心を代表点として計算し、得られる水位は100メッシュ内での平均的な水位である。一方、観測点は必ずしも100mメッシュの範囲内の代表値とはいえず、場の不均一性から考えると大きく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律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-3に示すように明らかに週単位で変動している観測地点では、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る。さらに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も挙げられる。今回のモデルではこれらの点が考慮されていないので、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が把握できるかについて検討した。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の傾向は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、評価対象とした井戸観測点の平均水位を全て再現することは困難であった。本研究に用いた地下水モデルによって、年変動といった全体的な地下水流動を経年的に再現することは、平均水位は場所的にかなり誤差が生じるものの、比較的良好な精度で可能であるという結論に至った。

【参考文献】

- 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.
- 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.
- 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.
- 川久保 愛太:地中水を考慮した地下水流動解析による水・物質循環の解明, 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻修士論文, 2007.

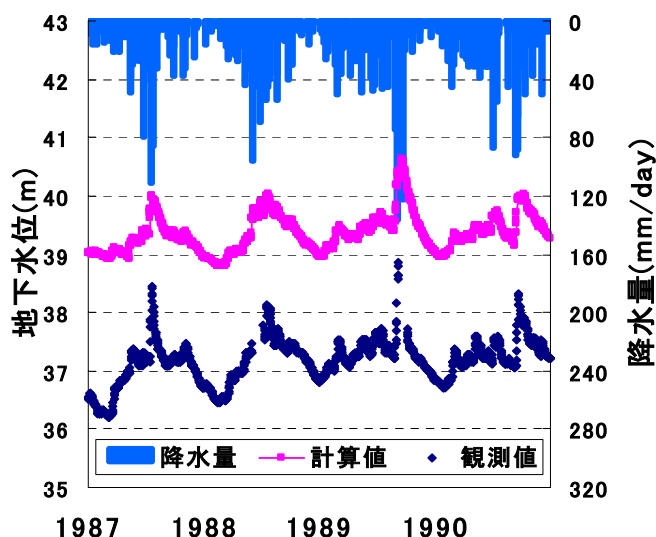


図-2 地下水位観測値と計算値(御所)

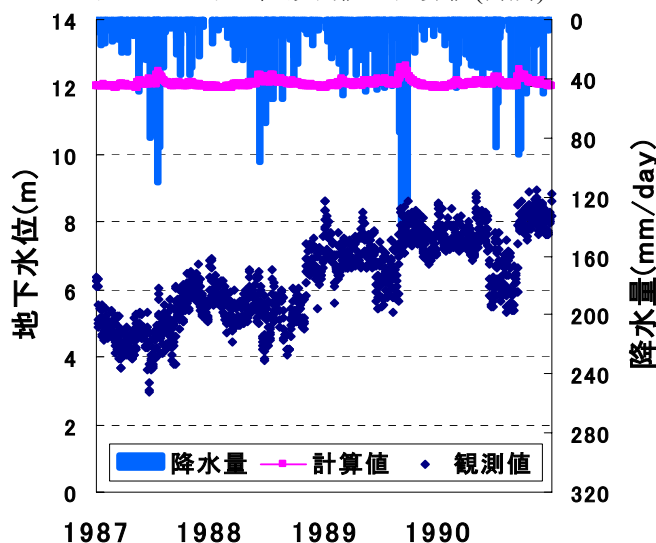


図-3 地下水位観測値と計算値(上鳥羽)