

II-75 広域地下水流れ場の推定における揚水の影響

京都大学大学院 学生員 高橋 英徳

京都大学工学部 正 員 米田 稔

京都大学工学部 正 員 井上 頼輝

1 はじめに

地下水の大量揚水による地下水枯渇や地下水汚染といった地下水の量的、質的問題に対し、有用な水資源である地下水を管理、保護していく第一歩として正確な地下水流れ場を把握することは重要なことである。本研究では水位や透水係数の実測データから、透水係数等の空間分布を正規分布変換法¹⁾などを用いて確率論的に推定し、解析領域からの地下水の揚水や解析領域への地下水の涵養を考慮にいたした不圧地下水流れ場のシミュレーションを行い、広域地下水流れ場に及ぼす揚水の影響について検討した。

2 解析領域、及びモデル化

解析は、図-1に示す三方を山で囲まれたある盆地のA川両岸を対象とする。本研究ではこの地域の不圧地下水の流れ場に対しGalerkin有限要素法(1044要素、673節点)によるモデル化を行い、流れ場の再現を試みた。モデル化に際し、以下のような仮定を設けた。

(1) 透水係数の空間分布は鉛直方向の分布を一定とし、平面二次的な分布について考える。(2) 不圧帯水層厚さは40mとし、定常的なダルシー流れで平面二次的に解析が可能である。(3) 解析領域の山側境界からは、単位長さ当たり一定量の地下水の涵養 u がある。またA、B両河川上については実測水位を与え、定水位とする。(4) 既存の資料をもとに解析領域内1kmメッシュごとの地下水揚水量 Q を推定し、解析対象である不圧層からは、全揚水量のうち不圧層から揚水される割合 α を乗じた量 αQ の地下水が揚水されるものとする。

ここで、基礎式として次式を用いる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial h}{\partial y} \right) = \alpha Q$$

ただし、 T :透水量係数 h :水位である。また、 u 、 α の各値については、推定すべきパラメータの一つとして取扱い、地下水流れ場の推定と同時にこれらの値の推定も行った。なお、実測データとして32地点での実測水位、40地点での透水係数観測値を用い、 u 、 α の推定はパラメータフィッティングにより、透水係数の空間分布の推定は正規分布変換法により行った。

3 推定結果

揚水量を考慮した場合の透水係数の空間分布を図-2に示し、図-3~6に、地下水の揚水を考慮した場合としない場合の2通りの推定不圧地下水位、推定流線を示す。この結果から、地下水の揚水が地下水位の低下に大きく影響し、大量揚水されている地域に向かって地下水が引かれているのがわかる。

図-5の地域Pでは、南北方向の地下水流れ場が東西方向に走る地下鉄によって遮断されている様子が見られること、地域Q付近での地下水の浸透の様子は、米田が前号で示した²⁾地下水の水質分布から推定される地下水流向とよく一致することなどから、地下水の揚水を考慮した場合の方が現実の地下水流れ場をよく表しているといえる。

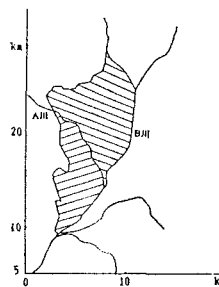


図-1 解析領域

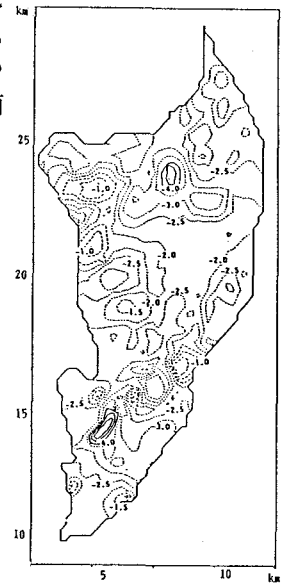


図-2 揚水を考慮した場合の透水係数の推定空間分布

図-7は米田が紹介したA川周辺の地下水中の電導度を示したものである。地域Qでは、かなり深部の井戸からも高い電気電導度の地下水が採取されており、この原因として汚濁した河川水がこの付近で行われている大量揚水によって浸透し、さらに、揚水に伴う補水という形で下部帯水層へ漏水していったと考えられる。（実際、C点には大規模下水処理場が存在し、A川の水質はC点を境に悪化している。）地域Qでの河川水の地下への浸透は、本研究における地下水の揚水を考慮しない場合は、流線の分布から考えて考え難いことである。近年、海岸地域での地下水の揚水による地下水の塩水化が問題となっているが、同様に、汚濁した河川近くで地下水が揚水されるような場合には、河川水の浸透による地下水水質の悪化も起こりうることを本研究の結果は示している。

4 まとめ

本研究では地下水の揚水が地下水流れ場に及ぼす影響について実データをもとにシミュレーションを行い、地下水の揚水を考慮した方が現実的に即した地下水流れ場を再現できることを示した。また、地下水の揚水は地下水位の低下といった地下水の量的な問題だけでなく、汚濁した河川近くでの地下水水質の悪化といった地下水の質的な問題をも引き起こす可能性があることを示した。

参考文献：

- 1) 米田、井上、平野 第30回水理講演会論文集 1986
- 2) 米田、井上、滝根 第45回土木学会年講 1990

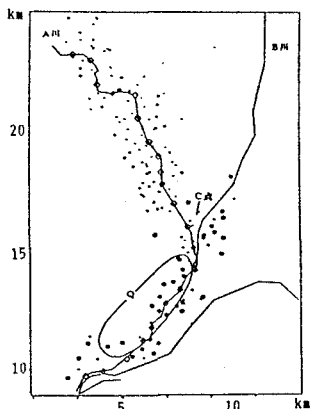


図-7 1989年12月の電導度分布
($< 100 \mu\text{S/cm}$, $100 \mu\text{S/cm}$, $200 \mu\text{S/cm}$, $300 \mu\text{S/cm}$)

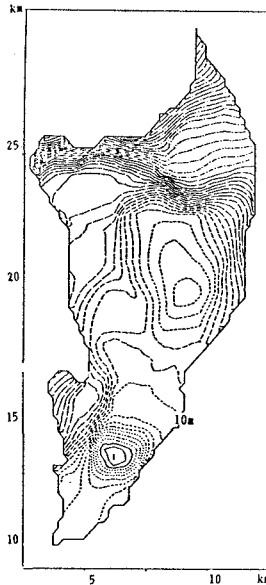


図-3 揚水を考慮した場合の推定水位分布（2 m 間隔）

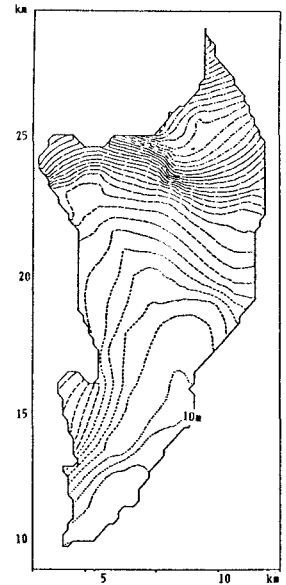


図-4 揚水を考慮しなかった場合の推定水位分布（2 m 間隔）

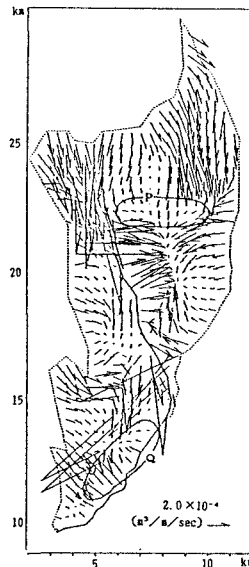


図-5 揚水を考慮した場合の推定流量分布

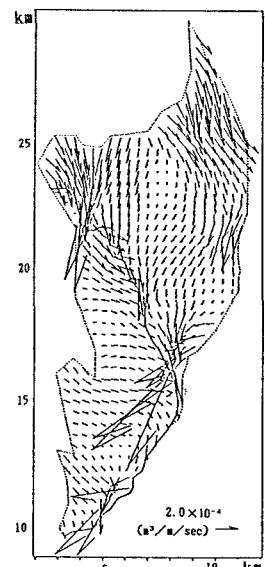


図-6 揚水を考慮しなかった場合の推定流量分布