

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○山本 卓也
 株式会社地域地盤環境研究所 正会員 北岡 貴文
 関西大学環境都市工学部 フェロー 大西 有三

関西大学環境都市工学部 フェロー 楠見 晴重
 伏見酒造組合 増田徳兵衛

1. はじめに

京都市伏見地域には良質な地下水が豊富にあり、多くの酒造会社が立ち並ぶ。この地域では、酒造りに年間およそ150万トンの地下水を揚水する程、地下水を多く利用している。しかし、無計画な地下水利用は、地盤沈下や局地的な地下水の枯渇を引き起こす恐れがある。そこで、京都市伏見地区を対象とした地下水シミュレーションモデルを構築し、このモデルを用いた地下水利用に関する検討を行った。

2. 解析モデル

2.1 境界条件

図1は、解析対象範囲を示している。解析対象範囲は、酒造会社集地域を含む、鴨川・桂川・宇治川・桃山丘陵に囲まれた範囲である。境界条件は、鴨川・桂川・宇治川が既知水頭境界、桃山丘陵の分水が不透水境界、桃山丘陵の地表面が降雨浸透境界、基盤岩が不透水界である。

2.2 多層地盤の設定

モデルの地層分割は、ボーリングデータ約400本を基に、地質特性ストレーナーの位置を考慮して決定した。地層は最上部の沖積層と、その下部にあたる洪積礫層(Dg層)・洪積粘土層(Dc層)の互層を合わせた、計16層である。

2.3 メッシュ分割

平面のメッシュ分割は、揚水が地下水位に与える影響を検討するため、揚水井周辺半径500m内において最も細かくメッシュを分割した。メッシュサイズは、最小密度半径を1.0mとし、基本密度半径は500mである。また鉛直方向の分割は、帯水層をそれぞれ2分割している。

3. 浸透流解析

3.1 解析概要

解析手法は、有限要素法による3次元浸透流解析である。初期水頭を求めるために、地盤物性値を設定し、降雨量、境界条件を与えて定常解析を行った。そして、観測水位と解析値の比較整合を行うために、定常解析で得た初期条件に加え、揚水量のデータを設定し、再度定常解析を行った。

3.2 地盤物性値

表-1は、本モデルの地盤物性値である。沖積層と洪積礫層(Dg層)の透水係数は、現場揚水試験で得られた値を参考に決定した。また、洪積粘土層(Dc層)やその他の物性値は、文献を参考に決定した。

3.3 解析結果の評価

解析結果は、酒造会社密集地域の観測井16本、丘陵地の観測井7本、計23点で妥当性を検証した。酒造会社密集地域の許容誤差は、年間の水位変動を考慮し±2mとする。丘陵地は、メッシュの密度に対して急勾配地であるため、参考値程度として扱う。

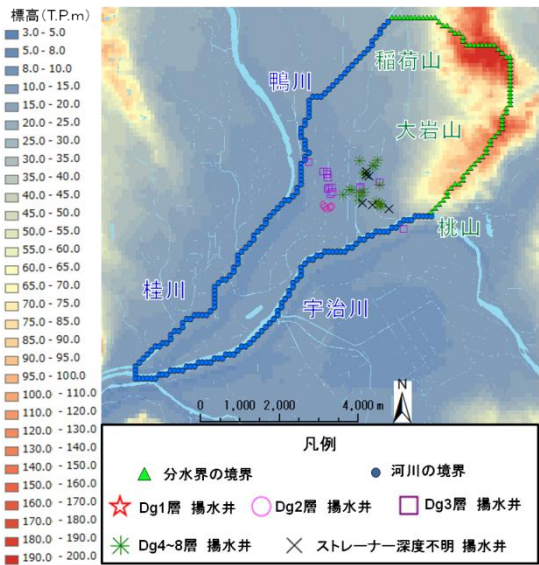


図1 伏見地域モデル範囲図

表1 地盤物性値

	透水係数 XYZ (cm/s)	有効間隙率 (%)	比貯留係数 (1/m)
沖積層 (砂・礫層)	2.0×10 ⁻²	20	2.0×10 ⁻⁴
Dg1層	3.5×10 ⁻²	20	2.0×10 ⁻⁴
Dg2層	4.5×10 ⁻²	20	2.0×10 ⁻⁴
Dg3層～Dg8層	4.0×10 ⁻³	20	2.0×10 ⁻⁴
Dc1層～Dc7層	8.0×10 ⁻⁶	10	2.0×10 ⁻⁴

3. 4 解析結果

図2は、浸透流解析の結果を地下水水頭コンターで表したものである。図6に示されるように、広域的な地下水の流れは北東から南西方向であり、標高と比較しても妥当な結果である。

図3は、X軸に観測水位を、Y軸に解析水位を示した図である。図に示されるように、全体として解析値と観測値には相関性が認められる。酒造会社密集地域では誤差の平均は0.8m、最大誤差は-1.2mであり許容誤差の範囲内である。したがって、解析結果は妥当であり、作成したモデルは対象地域の地下水流動をおおよそ再現出来ていると評価できる。

4. 過剰揚水時における地下水挙動の検討

4. 1 解析概要

本研究で作成したモデルを利用し、酒造会社の揚水ポンプをフル稼働したと想定した際の、地下水利用への障害の有無について検討した。地盤物性値や境界条件は変更せずに、揚水量のみを増加させ浸透流解析を行った。酒造会社が揚水ポンプをフル稼働した時の揚水量は、現在の揚水量の約4倍にあたる。

4. 2 解析結果の評価

地下水利用への障害の基準を、地下水位がポンプの位置を下回り、地下水利用不可能となった場合とした。検討する揚水井の数は、文献が不足しているため5本のみである。

4. 3 解析結果

表2は、検討を行った5本の揚水井における、通常稼働の地下水位、フル稼働の地下水位、揚水井のポンプ位置を示したものである。通常稼働に比べフル稼働時の地下水位は、最大で11.29m低下している。しかし、ポンプの位置を下回るほどの地下水位の低下は発生しなかった。

5. まとめ

本研究は、地質調査データ等の文献を基に作成した京都市伏見地域のモデルを利用し、地下水利用計画の検討を行ったものである。解析により求めた水位は、観測水位と比較したところ許容誤差範囲内であり、作成したモデルは妥当なものであった。このモデルを用いて、揚水ポンプをフル稼働させた場合の地下水への影響を検討したが、地下水利用に障害をきたすほどの地下水位の低下は認められなかった。

今後の展望は、当該地域における地下水利用に関する懸念を抽出し、数値解析によりこれらの検討を進める必要がある。

参考文献

1) 土木学会編：水理公式集，pp.365-366, 1974.

2) 北岡貴文，楠見晴重，寺田道直，小谷修平：近接した複数の揚水井が存在する周辺地域の3次元地下水シミュレーション解析，地下水地盤環境に関するシンポジウム 2012— 巨大災害と地下水・地盤環境—東日本大震災を教訓として—，pp11-18, 2012.

3) T. Yamamoto, H. Kusumi, and T. Kitaoka：Simulation Analysis of 3D Seepage Groundwater Flow and Making of 3D Geological Structure Model in Multilayered Ground, EIT-JSCE Joint International Symposium on International Human Resource Development for Disaster-Resilient Countries 2013, pp136-139, 2013.

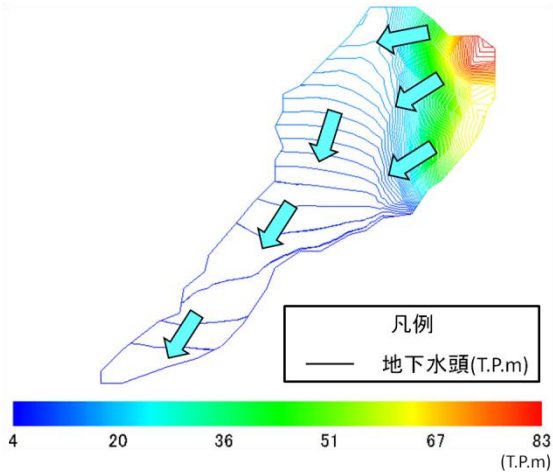


図 2 地下水水頭コンター図

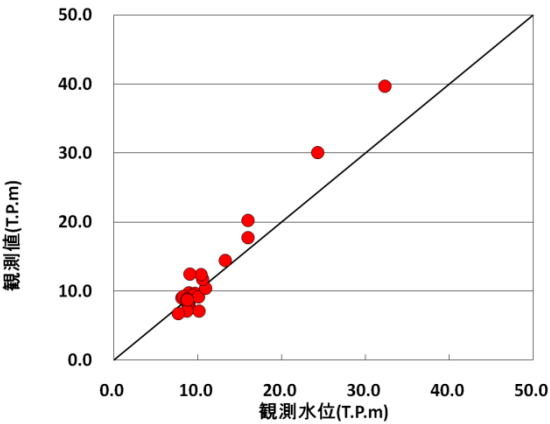


図 3 解析値-観測水位相関分析

表 2 解析結果とポンプ位置

揚水井	通常稼働 (T.P.m)	フル稼働 (T.P.m)	ポンプ位置 (T.P.m)
A	7.32	-1.29	-30.07
B	10.16	4.27	-48.16
C	8.69	-0.13	-33.22
D	7.85	-3.44	-15.49
E	8.88	5.05	-28.00