

東員町地内における地下水取水による

周辺地下水位への影響

The effect of drawing groundwater on the groundwater level change, Toin city

宮岡邦任¹⁾ 水谷孝男²⁾

Kunihide MIYAOKA¹⁾ Takao MIZUTANI²⁾

キーワード

東員町、水道水源井、地下水流動解析

1. はじめに

ある地点で地下水の取水を行った場合、取水量と地下水流量のバランスが崩れると、水位低下という形で周辺地下水への影響が発生することがある。周辺地下水に影響が出ないように適正な取水を行うためには、対象地域における周辺部も含めた地下水流動形態を把握するとともに、流動の場の条件を組み込んだ数値計算による地下水流動解析を行うことが有効である。

本稿では、東員町地内における地下水流動形態の解明と、その結果に基づいた東員町山田地区における四日市市の所有する水道水源井を対象にした取水にともなう周辺地下水への影響の可能性について推定を行った結果を示す。

2. 地域の概要および研究方法

調査対象は、員弁川左岸に形成された段丘地形のうち、最も低位の面に設置された水道水源用の取水井戸と周辺の民家井戸で、数本分布する水道水源井のうち、本稿では Kd 地点の水道水源井を主に対象とした(図1)。上位面および段丘崖に相当する急傾斜地は住宅地になっており、低位面は主に水田として利用されている。

直上流部に養老山地を水源とする戸上川と鈴鹿山脈を水源とする員弁川の合流地点がある。

対象地域において、地下水の流動形態を把握するために図1に示した井戸を対象として灌漑期(2010年7月)に地下水の水位および電気伝導度の測定を行った。さらに、この時の地下水面の形状を基に地下水流動解析を行った。地下水流動解析は、図1に示した太線で囲った範囲を対象に行った。

3. 地下水面の形状

2010年7月の地下水面標高分布を図1に示す。灌漑期における地下水面の形状についてみると、中央大橋より下流域での地下水面の形状は、員弁川流路に沿って地下水面の谷が形成されている。この谷に向かって員弁川左岸側の養老山地方面からから、員弁川の流路に沿って流れる地下水よりも、急な導水勾配を呈した地下水が流れてきている状況が認められる。員弁川流路に沿って15~20mの厚さを持った沖積層が、戸上川に沿ったところにも比較的規模の大きい同様の沖積層が分布し、下部洪積層上面が谷および尾根状の起伏を持った状態にある。(水資源開発研究会, 1967)。一般的に地下水流動

1) 三重大学教育学部 Faculty of Education, Mie University

2) 四日市市上下水道局 Yokkaichi City Waterworks and Sewerage Bureau



図1 対象地域における調査地点の位置および2010年7月の地下水面標高分布

形態は地形地質の形状に規制された形で挙動する (Toth, 1963)。本地域に形成された地下水面の谷は、それぞれに河川流路に沿って形成されている地質の谷の位置と一致しており、このことから本地域の地下水には、大きく員弁川流路に沿って形成された大きな地質の谷を流動するものと、周辺丘陵地から員弁川谷低部に向かって流動する比較的滞留時間の短いものの2種類の流れが存在することが考えられる。

員弁川の河川流路に沿って形成されている地質の谷との位置とほぼ同じ位置に形成されている地下水面と谷は、地下水面標高20mの等高線が、Kd地点に向かって上流側に若干北寄りにずれていることがわかる。このことは、Kdにおける地下水の取水によって、周辺地下水の水位に影響が出ていることを示唆している。

4. 地下水流動解析

本地域における地下水流動形態から、Kd地点における取水量と周辺地下水の水位変化の関係を考察するために、非定常地下水流動解析を試みた。解析には Groundwater Vistas Ver.4 を用い、Finite Difference 法によって実施した (Woessner, 2000)。図1に太線で示した対象地域について、1マス40m×40mのメッシュに切り、南北方向に22列、東西方向に46列の1012メッシュで解析を行った。解析に際して、2010年7月調査時の地下水面標高分布を忠実に反映できるように、境界条件などの設定を以下のように行った。

地形条件は、東員町2500分の1都市計画図によった。地質条件は水資源開発研究会(1967)の電気探査データを再解析したものをを用いた。地下水面標高は、2010年7月に実施した現地調査に基づく地下水面標高分布(図1)を用いた。透水係数については、2010年4月および9月に

行った回復法による揚水試験の結果から、No. 11 地点において $3.3 \times 10^{-1} \text{cm/秒}$ という値が得られている。また、過去には東邦地水(株) (1995) が中上取水井 (Ng) で $2.56 \times 100 \text{cm/秒}$ 、神田取水井 (Kd) では東邦地水(株) (1973) が $3.5 \times 10^{-1} \text{cm/秒}$ という値を示している。これらの値はオーダーとしては筆者らが行った結果とほぼ同じであり、沖積層全域で透水性は極めて良いことを示唆している。これらの数値のうちでは、2010 年に実施した調査における透水係数が最も低い。仮に同じ量の取水を行ったとき、透水係数の低い場合の方が低下した水位の回復に時間を要するなど、より周辺の地下水位の低下に大きな影響及ぼす可能性があると考えられることから、本解析に用いる透水係数の値を $3.3 \times 10^{-1} \text{cm/秒}$ とした。この値をもとに沖積地における地下水流量について計算を行うと、断面積 1m^2 あたりの流量は $285.12 \text{m}^3/\text{日}$ となる。仮に $\phi 3 \text{m}$ 、ストレーナー 5m の井戸があったとき、自然状態下で上流側からこの井戸に流入してくる地下水量は $4276.8 \text{m}^3/\text{日}$ となる。また、高位の段丘面に相当する N2 で $9.16 \times 10^{-3} \text{cm/秒}$ という値を得た。

まず、初期の状態として本地域で全く揚水を実施していない場合について解析した。Kkd のような浅井戸については、解析の条件として取水量を 0m^3 としている。図 2 に示した各層における地下水流動形態について、各層の区分は、第 1 層：河川水など地表水を含む沖積層上層部、第 2 層：取水井ストレーナー設置深度を含む沖積層下層部、第 3 層洪積層とし、安芸層群上面は第 3 層基部として設定している。測水結果から得られている Kd 付近の地下水面の谷は、地下水流動解析の結果にも表れており、員弁川流路付近を中心にした大きな谷が形成されている。員弁川左岸地域の地下水面の勾配は、右岸側と比較して急勾配であることが分かる。これは左岸側の丘陵地から沖積地に連続する地形が養老山地から続くものであり、急な導水勾配を持っていることによると考えられる。また、

員弁川の両岸から、地形・地質形状ともに河川流路に向かって下っていく形状になっているため、員弁川の両岸から地形・地質条件に規制される形で流動してきて衝突した地下水が、河川付近の最低地帯において下層部から河床に向かって上昇するような流動形態になっていることがわかる(図 3)。また、図 4 に示した縦断方向からみた地下水流動形態でも、員弁川流路に近づくにつれて強い上向きの流れが生じていることがわかる。このことから、この区間では地下水が員弁川河床から湧出しており、河川水を涵養していることが考えられる。

次に、対象の期間において各取水井からの取水量が最大の場合として、Kd において $12,230 \text{m}^3/\text{日}$ (2010 年 6 月 24 日) の時の周辺地下水の挙動について解析を行った。Kd の直ぐ上流に位置する Kkd からの取水量については、純粋に Kd からの取水による影響について解析する観点から、取水量は 0m^3 として解析を行った。図 5 に各層の地下水流動形態、図 6 に横断面図、図 7 に縦断面図を示す。第 1 層の Kd 地点での地下水位低下が顕著になるが、下流部に向かって谷状の等高線分布になることはない。横断面および縦断面図でみたとき、浅層井戸の地下水面の形状は変化していないが、水位の低下は顕著になっている。第 2 層から第 3 層にかけては流動形態に激しい変化が生じている。北側の丘陵地から Kd 地点までの間の地下水ポテンシャル線の間隔が狭くなっていることから、導水勾配が急になっていることが分かる。初期状態からの地下水位変化は Kkd で約 10cm 、Kd で約 60cm の低下になることが推定される。各取水井における取水量増加に伴う地下水位低下量が顕著になるのに伴い、地下水位低下がおよぶ範囲もより遠方に向かって拡大傾向にある。河川水から取水井に向かう流動は、このレベルの取水量では員弁川流路の水位ポテンシャルの方が高く縦断面図による地下水流動形態も一貫して河床に向かって上向きの流れが卓越していることから、河床地下の深度 $3 \text{m} \sim 10 \text{m}$ の伏流水の

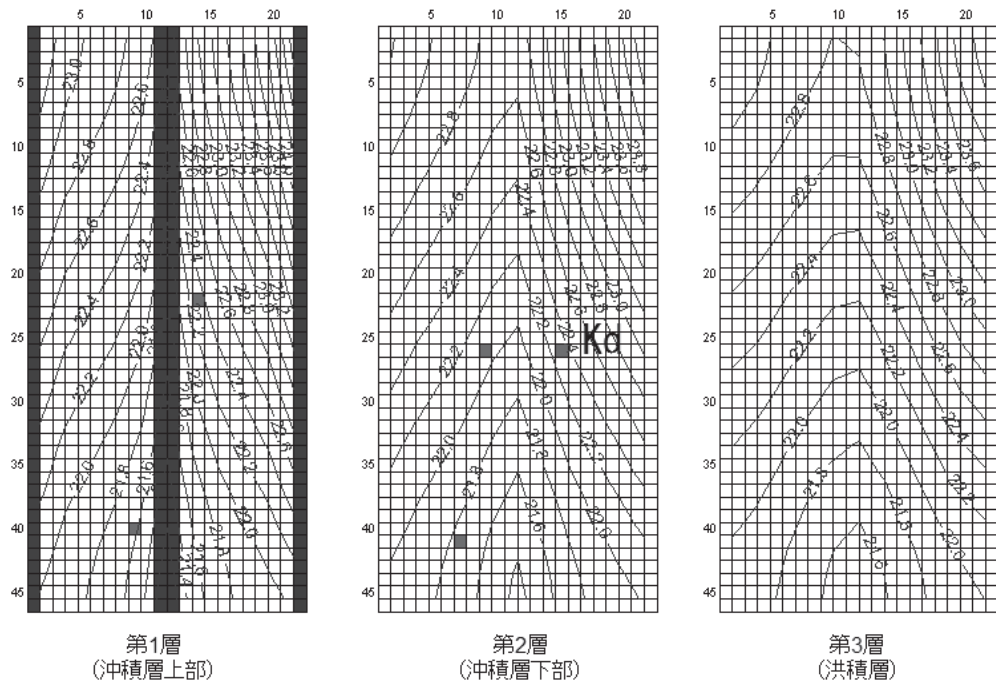


図 2 取水井から取水を行わない場合（初期状態）の各層における地下水流動形態

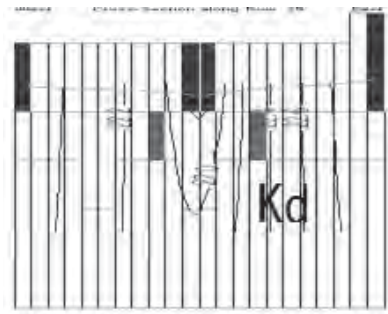


図 3 取水井から取水を行わない場合（初期状態）の Kd を通る横断面でみた地下水流動形態

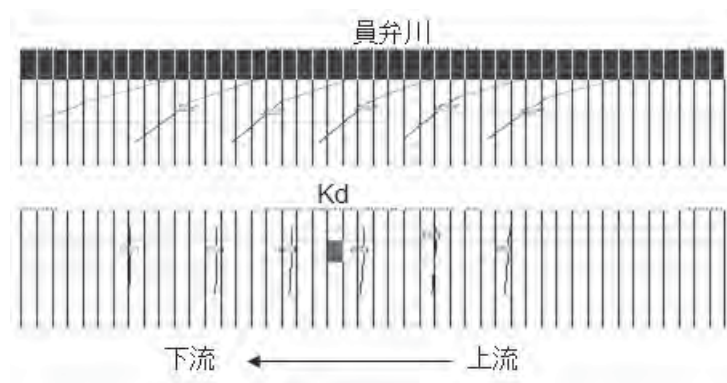


図 4 取水井から取水を行わない場合（初期状態）の員弁川および Kd を通る縦断面でみた地下水流動形態

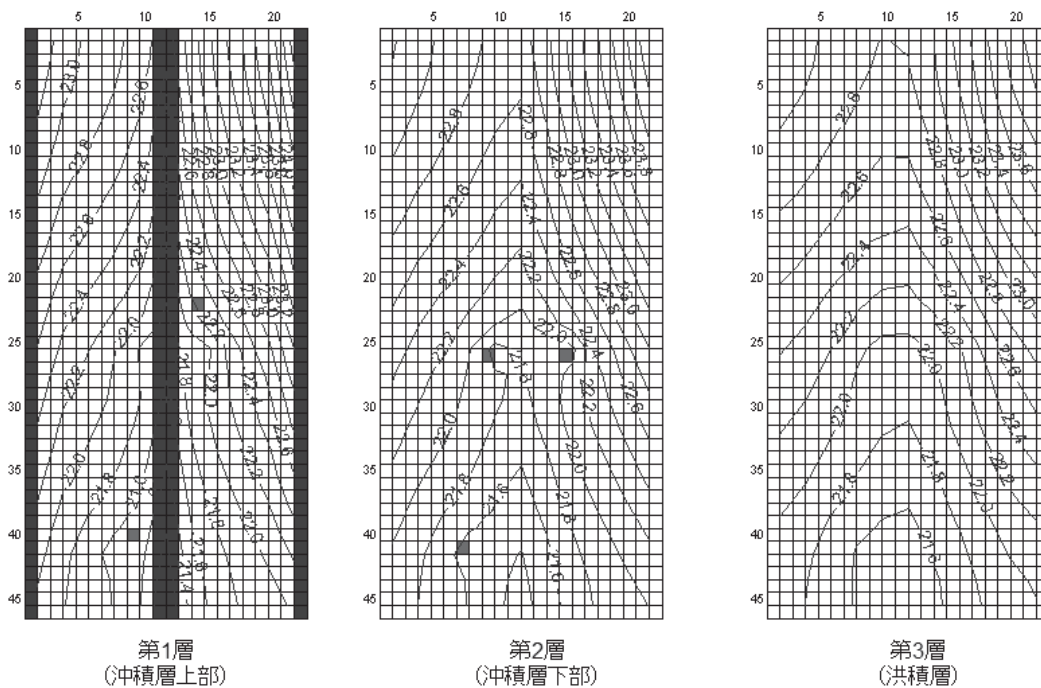


図5 取水井からの取水量が最大（実測値）の場合の各層における地下水流動形態

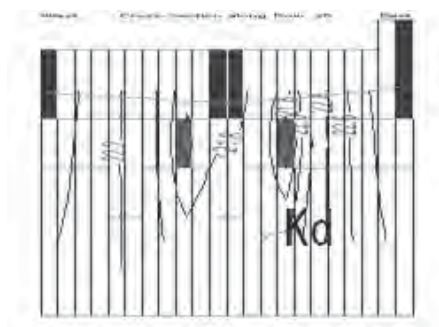


図6 取水井からの取水量が最大（実測値）の場合のKdを通る横断面でみた地下水流動形態

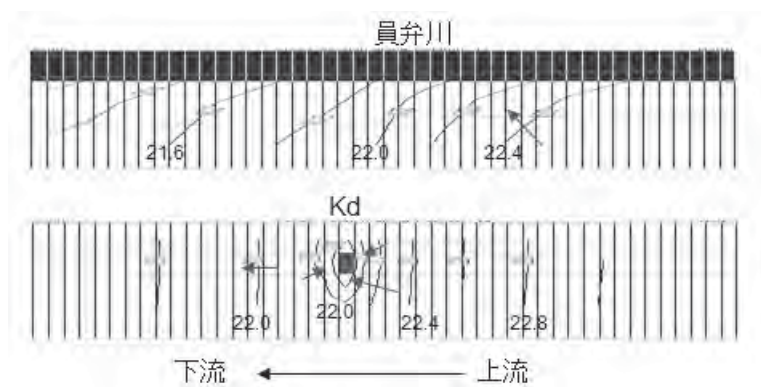


図7 取水井からの取水量が最大（実測値）の場合の員弁川およびKdを通る縦断面でみた地下水流動形態

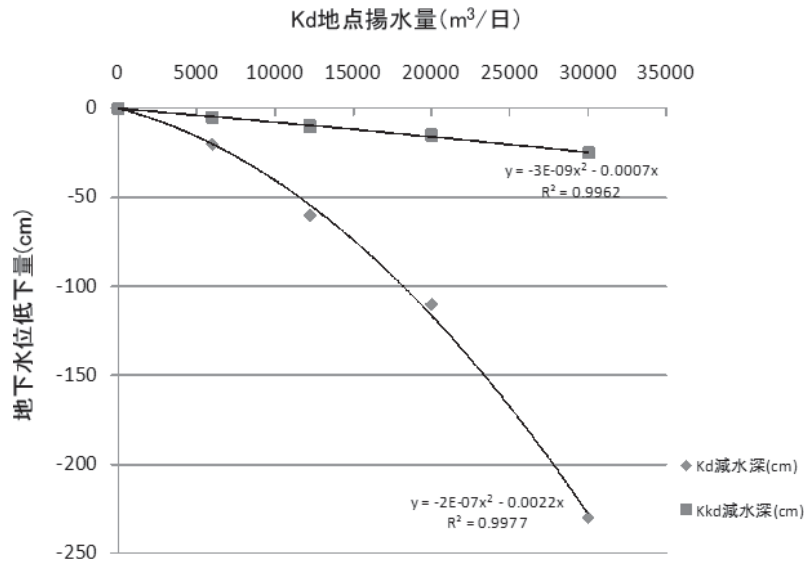


図8 Kd 取水井における取水量の変化に伴う Kd および Kkd における地下水位変化

取水量は増えているが、地表水の直接的な取水の傾向はないことが推定できる。取水量を最大値からさらに増加した場合について計算した結果を図8に示す。Kdにおける取水量が増加すると水位の低下の幅は大きくなり、例えば20,000m³/日の時、初期状態からの地下水位低下は約110cmとなる。一方、Kkdにおける低下は約15cmにとどまり、取水井中心部で局所的に激しい水位低下が発生するが、中心から離れるに伴いその影響は急速に減る。

5. まとめ

回復法による揚水試験によって得られた透水係数から計算した沖積地における地下水流量は、285.12m³/ m²/日と考えられた。

地下水流動解析によって得られた地下水流動形態の縦断面図および横断面図の結果から、対象地域における地下水流動は、員弁川河床に向かって収束する流動形態を呈しており、員弁川流路において最も顕著な上向きの流れが存在することが確認された。Kdにおいて現状で取水される地下水については、地表水が直接取水井に浸透する傾向は認められなかった。

Kdにおける地下水の取水により、局所的に地

下水位の低下を及ぼすことが考えられる。Kdからの取水によるKkd地点での地下水位の変化量は、現状で最大の取水量である12,230m³/日のときで約10cmの低下と考えられる。ただし今回の解析では、kkdからの取水量が不明なため、その部分を0m³として計算を行っており、実際にKkdにおける地下水位の変化量は、この地点の取水による地下水低下量を合算する必要がある。

文献

- 水資源開発研究会：町屋川沿岸（東員町）地質調査報告書. 62p (1967) .
- 東邦地水株式会社：四日市水道局地質調査ボーリング工事報告書. 95p (1973) .
- 東邦地水株式会社：四日市水道局東員町地内地質調査ボーリング報告書. (1995) .
- Toth, J.: A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *J. Geophys. Res.*, 68, 4795-4812 (1963).
- Woessner w. w: Stream and Fluvial Plain Ground Water Interactions: Rescaling Hydrogeological Thought, *Ground water*, 38.3, 423-429 (2000).