

東員町北部地域における地下水流動形態

Groundwater flow system in the north area of Toin town

宮岡邦任¹⁾ 谷口智雅²⁾ 中村浩也³⁾

Kunihide MIYAOKA¹⁾ Tomomasa TANIGUCHI²⁾ Hiroya NAKAMURA³⁾

キーワード

東員町, 戸上川, 地下水流動, 涵養域

1. はじめに

東員町における上水は地下水に依存している。員弁川左岸の河川近傍に設置されている水道水源井に到達する地下水の集水域では、土地利用が大きく変化している地域もあり、将来の地下水の物理化学的変化が生じた場合を想定した現時点での環境実態と、涵養域から水道水源井に到達するまでの地下水の流動形態を把握しておくことは、きわめて重要な課題であり、水道水源を地下水に依存している自治体にとって、将来の地球温暖化、土地利用の変化などによる環境変化による地下水の物理・化学的特徴に何らかの変化が生じる前に、対策を講じることが可能になる。

東員町における地下水流動について詳細に記述されたものは従来なく、員弁川近傍における地質特徴と地下水の賦存状態を記述した報告書があるのみである。

本研究では、2011年度に調査を実施した員弁川左岸側の地域を対象に、水道水源井に流れてくる地下水の流動形態を明らかにすることを目的とする。

2. 研究対象地域の概要

東員町地内における地形は北部に養老山地から員弁丘陵に繋がる標高 700m~150m 程度の山地が、南部には標高 50m 程度の朝日丘陵が分

布しており、その間に員弁川の沖積地が分布している。また西部には鈴鹿山脈があり、東員町と桑名市境界は員弁川流路についても桑名丘陵の狭さく部になっていることから、大局的には盆地状の構造になっているといえる。吉田他(1991)が示した埋谷面図では、東部の桑名丘陵は狭さく部になっておらず、最近の地殻変動によって現在の地形が形成されたと考えることができる。また、多度丘陵から南西方向に伸びる猪飼背斜と桑名丘陵に沿って分布する背斜構造を東縁として朝明川と田光川合流点付近に向かって地質構造的には盆地構造を呈している。このことは、この地域の地下水の流れが、深部では伊勢湾方向ではなく鈴鹿山脈方向に流れていることを示唆している。

員弁丘陵には東西方向に市之原断層が分布している。この部分が撓曲崖になっており、地形の傾斜はこの付近を境に北部の養老山地では急傾斜になっているが南部の員弁丘陵では相対的に緩やかになっている。一方、地質の走向をみると、丘陵地に分布している撓曲崖付近では急傾斜になっており、市之原断層に沿って形成される撓曲がはっきりと示されている。また、養老山地と員弁丘陵における地質走向をみると、撓曲の部分で勾配が急になっている。山地および丘陵地は東海層群がみられる。沖積地はいくつかの段丘に分かれており、高位

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

2) 三重大学人文学部 Faculty of humanities, Law and Economics, Mie University

3) 東員町上下水道局 Toin town Waterworks and Sewerage Bureau

から高位Ⅲ段丘堆積物、中位Ⅰ段丘堆積物、中位Ⅱ段丘堆積物が分布し、現在員弁川が流れる部分は、氾濫平野もしくは緩扇状地堆積物となっている。

吉田（1991）によれば、北勢盆状構造とブーゲー異常値の分布パターンをみると、盆状構造と低異常域の中心部は一致しておらず、盆状構造の中心の方が北にかなりずれており、この理由に菰野町から桑名市を結ぶ線より南の方が東海層群の層厚が厚く、その下に第一瀬戸内累層群が伏在していることに言及している。

図7は東員町と桑名市境界に相当する猪飼背斜構造の活動によって歪められた段丘面は、東員町側で認められる員弁川流路と段丘面位置との関係と比較すると、丘陵地部分や桑名市側で段丘面の位置が大きく変動している。

対象地域における員弁川周辺の沖積層の厚さについては、中央大橋上流部の現在の員弁川流路の部分では、洪積層正面の形状は尾根になっている。また、戸上川に沿って谷が形成されているが、山田や瀬古泉地区には戸上川に沿った大きな谷の他にもいくつかの谷が形成されている。谷の部分は沖積層の層厚が厚い所に相当するので、このような部分が地下水の水みちとして機能していることが考えられる。

3. 研究方法

対象地域内において、員弁川、戸上側、藤川などの河川について上流から下流にかけて測水と採水を行った。また、地下水については東員町、四日市市の所有する水道水源井、民家の井戸、農業用井戸、工業用井戸を対象に、測水と採水を行った。現地では電気伝導度、pH、水温を測定し、開放井戸については水位も測定した。また、水質分析用に250mlの採水を行った。これらの調査は夏季（2011年7月）および冬季（2012年1月）に実施した。

採水した試料については、溶存イオン濃度および酸素・水素安定同位体について分析を行った。

4. 地下水流動形態と季節変化

4-1. 地下水面標高分布

2011年7月（灌漑期）と2012年1月（非灌漑期）の地下水面標高分布を図1に示す。2012年1月の調査では、灌漑期調査の際に戸上川右岸側地域における地下水流動形態の動態解析の必要が明らかになったことから地点数を増やし、この部分を補った。図1において地下水面等高線が描かれている地域の地下水流動形態は、灌漑期も非灌漑期も大きな変化はない。戸上川右岸の大木地区付近の地下水面等高線の間隔が広く、この地域の導水勾配が緩いことを示している。地形の形状や地下水面等高線の形状を考えると、戸上川右岸地域では、戸上川上流部の員弁丘陵からの流動が大木や北大社地区方向に流れていることが示されているが、戸上川左岸側については、戸上川河川水と同様の水というよりは、桑名国際ゴルフ場あたりの員弁丘陵から涵養された地下水が、鳥取や山田地区方向に流れているものと考えられることができる。

4-2. 電気伝導度

灌漑期と非灌漑期における電気伝導度の分布を図2に示す。灌漑期の電気伝導度の分布は、灌漑の影響によって、本来の地下水流動形態に伴った分布の状態になっていない可能性がある。一方、非灌漑期の分布は、戸上川に沿った南北方向に分布する比較的値の低い地域と、段丘面上に南北方向に分布する相対的に値の高い地域が存在する。山田地区南端の段丘崖付近には、値の低い地域が分布する。また、戸上川右岸側の北大社付近ではくさび状に値の高い地域が分布する。その北側の北大社付近では員弁大池付近から南方に分布する値の低い地域から流動する地下水と戸上川上流から流動する相対的に値の高い地下水との混合が考えられる。今回の調査において最も上流部にあたるいなべ市笠田新田付近には値の高い地域が分布する。非灌漑期における南北方向に値の高

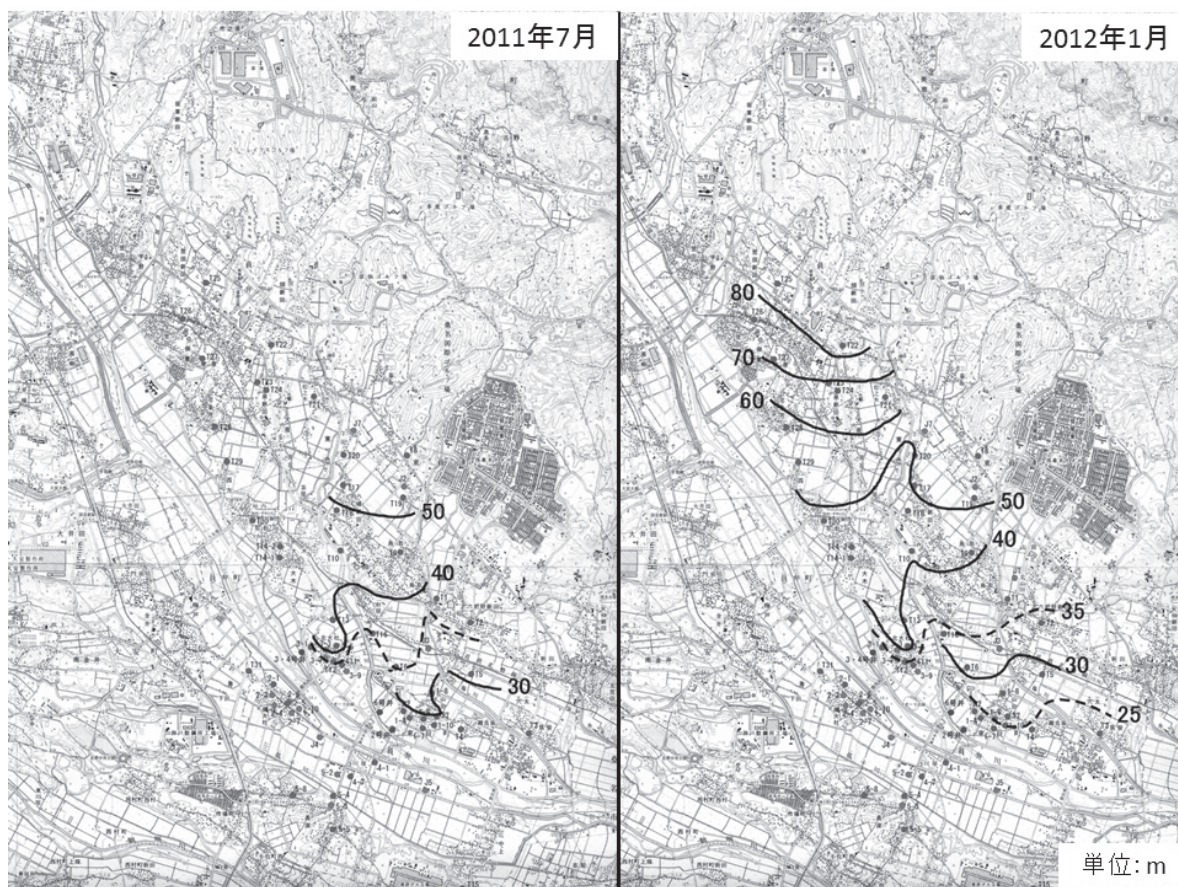


図1 浅層地下水を対象にした地下水面標高分布

い地域と低い地域が顕著にみられたことは、この季節が本来の地下水流動形態を表していることを示唆しており、何らかの原因によって、員弁丘陵から員弁川に流動する浅層地下水の水みちが複数存在することを示している。

5. 酸素安定同位体比

灌漑期(2011年7月)と非灌漑期(2012年1月)の酸素安定同位体比($\delta^{18}O$)分布について、図3に示す。電気伝導度の分布の傾向、地下水面標高分布の傾向から、員弁丘陵から員弁川に向かう地下水の流れが存在することが確認できるが、図3における $\delta^{18}O$ の分布をみると員弁川に最も近い段丘崖付近で値が低くなっていることが分かる。このことは、 $-7.0\sim -7.2\text{‰}$ 程度で推移してきた上流からの地下水

流動系と、段丘崖付近の地下水の流動系が異なることを示唆している。また、このことは、これらの複数の地下水の涵養域が異なることも示唆している。非灌漑期についてみると、灌漑期と比較して北部丘陵地から員弁川にかけて、標高が低くなっていくとともに $\delta^{18}O$ の値は低くなっていく傾向が顕著に表れていることが分かる。特に丘陵地の最高標高が低い大沢地区周辺から東員駅付近にかけて値が高くなっていることから、この地域の地下水が、丘陵地の低標高地域を涵養域に持つ地下水であることが考えられる。これに対して、戸上川を挟んだ右岸側では、前述の地域と比較して相対的に値が低くなっている。この地域の上流部に当たる丘陵地は、最高標高が戦術の地域よりも高いことから、丘陵地の上流部において涵養された

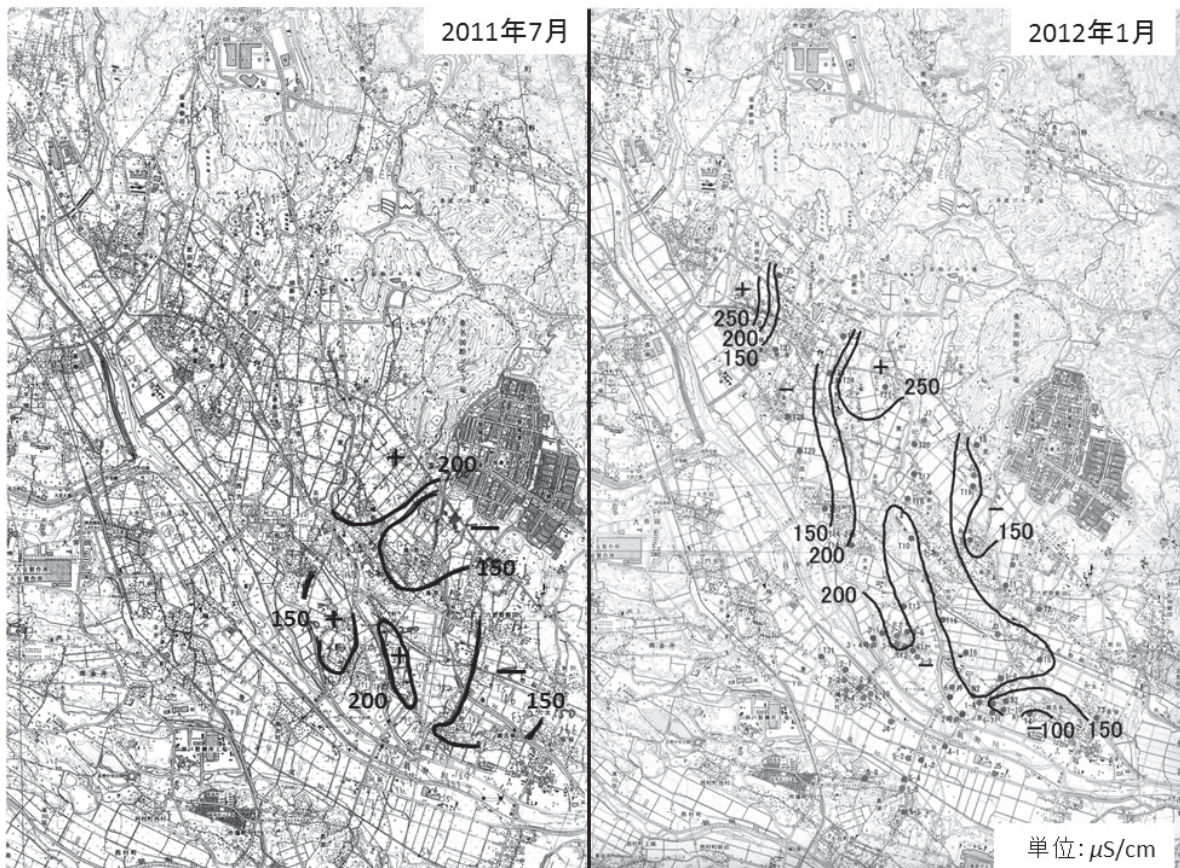


図2 電気伝導度の分布

水を起源とする地下水であることが考えられる。段丘崖下の員弁川低地では $\delta^{18}O$ の値が若干高くなっている。員弁川河川水の $\delta^{18}O$ の値が $-7.7\sim-7.8$ と低いことから、この地域に位置する3つの水道水源井の地下水について、員弁川河川水もしくは伏流水の割合が多いことは考えられない。八幡新田地区(T17)において -6.7 という値の地下水が存在していることから、この流動系の地下水と員弁川を起源とする水の交合したものが低地帯の地下水の酸素安定同位体比であると考えられることができる。一方で、T17と員弁川低地の地下水が同一の流動系であると考え、その間に分布している $-7.4\sim-7.6$ の地下水の下をくぐるような形でなければならない。値の低い水のほうが高標高を涵養域として流動していることを考えると、北大社から山田地区に分布する相対的に値の低い地下水は北西方向から舌状に流動してくるよう

な流動形態を考えなければ説明がつかなくなる。いずれにしても員弁川低地の地下水は、員弁川河川水もしくは伏流水と北部から流動してくる涵養域の標高が低く滞留時間の短い地下水が混合したものであることが考えられる。

6. 浅層地下水の流動形態

電気伝導度や酸素安定同位体比の等値線の形状をみると、いずれも員弁丘陵から員弁川に向けて、段丘面上に形成された値の高い帯と戸上川および楚原駅を中心とした谷地形に沿って形成された値の低い帯が存在する。このことはこの地域の地下水の流れが南北方向であり、涵養域の違いによって流動する地下水の物理化学的特徴が大きく異なることを示している。

2011年11月に実施した河川流量調査の結果から、松の木付近から南大社付近にかけての区間で河川流量が増加しており、支流や用水路か

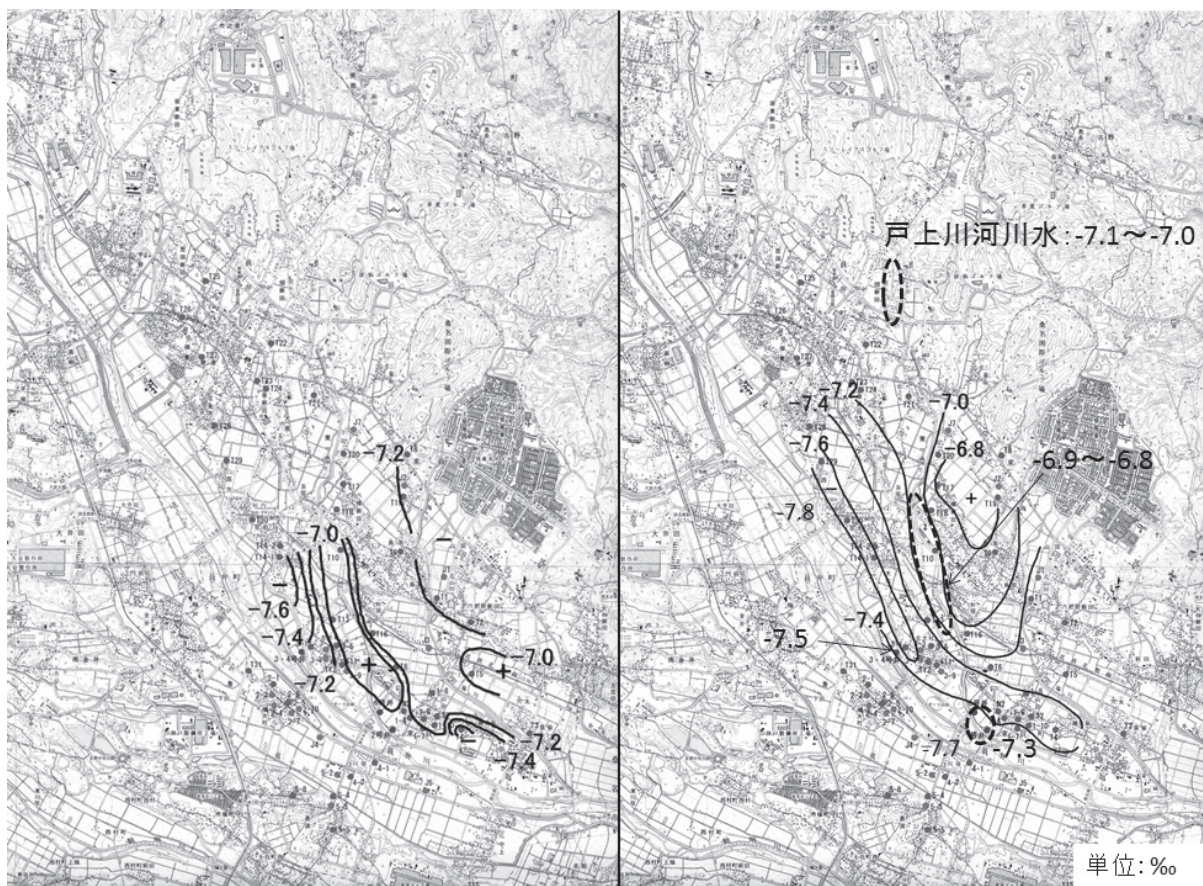


図3 酸素安定同位体比の分布

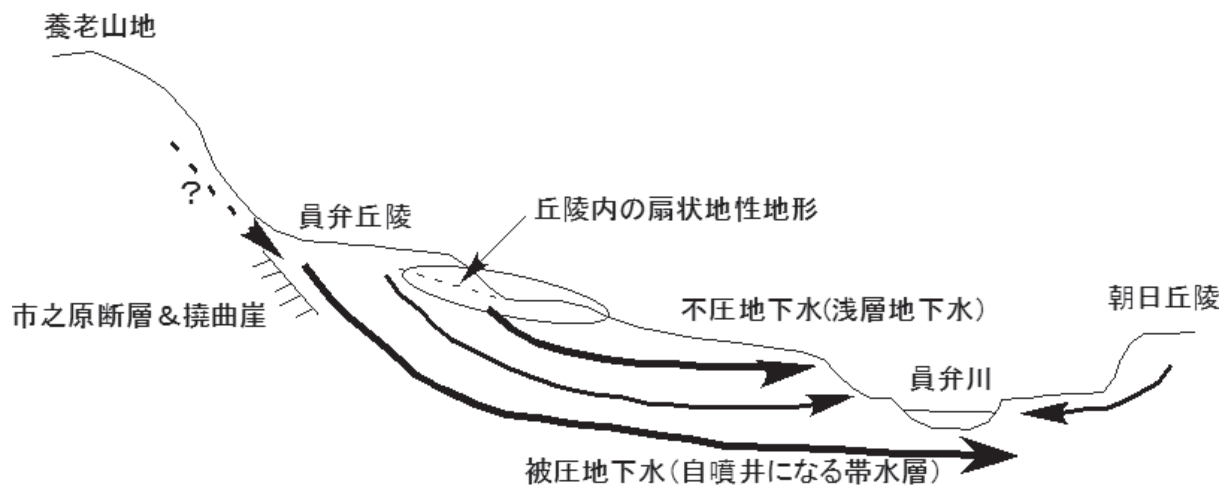


図4 現時点で考えられる南北方向の地下水流動系

らの流入を差し引いても河床から地下水の湧出があることが確認された。一方、戸上川中流部右岸側の大泉地区は井戸が全くない地域であり、左岸側においても段丘面上で最も井戸深

度の深い地域となっている。このことは、段丘面上において地下水標高は河床の標高よりもかなり低い位置にあることは明らかで、河川水の増加区間であることと矛盾する。1月22

日からの調査時に確認したところ、明智川からの用水が導水されていないこの時期は、この付近を中心とした区間で涸れ川となっていた。このように、河川流量変化の調査時期よりも冬季にはさらに本来の河川水—地下水の交流関係を詳細に把握できる可能性がある。1月の河川水枯渇区間は井戸深度の深い地域とほぼ一致していることから、この区間が失水区間であることはその裏付けとなる。

灌漑期に大量の用水が明智川から導水されてくる区間では、河川水—地下水の交流関係は季節によって大きく変化する可能性がある。この区間において河川水から地下水に涵養される地域は、地下水面等高線や電気伝導度分布の傾向から、戸上川右岸側方向であることが推定できる。また、明智川からの用水の合流地点から下流側で電気伝導度が大きく低下していることから、灌漑期における明智川からの導水により、水質が強い影響を受けていることが示唆される。

水質からみたとき、 $\delta^{18}O$ の値が員弁川河川水よりも低い値を示した地下水が存在した。これらの井戸は、段丘崖の比高を考えたとき、員弁川河川水と交流があるとは考えにくく、養老山地の高標高地域から涵養された水であることが考えられる。

7. 現時点で考えられる涵養域の推定

現時点で考えられる地下水流動形態として、員弁川左岸側については、員弁丘陵から段丘地

形にかけての地形勾配に沿って員弁川に向かう地下水の流動が確認できた。特に第3水源井については、戸上川が員弁川に合流する直前の極めて小規模な扇状地性地形から浸透した地下水を含め、戸上川流域で挙動する地下水を主に取水していると考えられる。第1水源井については若干員弁川寄りに設置されていることから員弁川起源の伏流水や地下水成分もある程度混合していることが考えられる。第2水源井については、北側の段丘崖からの湧水調査や員弁川上流の沖積地における地下水流動解析を行う必要がある。

第1水源井および第3水源井が設置されている山田地区から南北方向に測線を切り、今回の調査で推定される地下水流動系を図4に示した。浅層部地下水には、涵養域の異なる2種類の地下水が存在することが考えられ、これらの地下水流動系の涵養域は員弁丘陵および丘陵地に挟まれた扇状地性地形の地域であることが考えられる。被圧地下水については、員弁丘陵北部が涵養域であることが考えられるが、一部自噴井に高標高起源の可能性のある地下水が考えられたため、丘陵地北部の市之原断層および撓曲崖の影響を受け、養老山地から流動する地下水流動系の存在も考える必要がある。

文献

吉田史郎・栗田史雄・宮村 学：桑名地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1図幅）、地質調査所，154p（1991）。