

三滝川流域の地下水流動形態

Groundwater flow in the Mitaki river basin

宮岡邦任¹⁾ 中村阿友美²⁾ 久志本啓一³⁾

Kunihide MIYAOKA¹⁾ Ayumi NAKAMURA²⁾ Keiichi KUSHIMOTO³⁾

キーワード

三滝川、地下水流動系、涵養域

1. はじめに

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た場合、水道行政に大きな影響をおよぼす可能性がある。四日市市における上水は、その多くを地下水に依存しており、現在設置されている水道水源井の周辺では土地利用が大きく変化している地点もあり、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る。

山本 (1991a, b, c) は、四日市市における地下水は不圧地下水と被圧地下水に分類され、不圧地下水は台地面、谷底平野面、沖積低地面の浅層部に存在するとしている。さらに、不圧地下水の起源は降水であり、上流部では地下水と河川水との間に密接な関係があるが、下流部では不連続になっており、その要因に断層の存在を挙げているが、従来、市域及び周辺地域において詳細な地下水流動形態について研究された事例はきわめて少ない。

本研究では、2010年度に調査を実施した朝明川、三滝川、内部川の流域のうち、市内に設置されている水道水源井の中では最も取水量の多い三滝川流域について、地下水流動形態と地下

水の起源について報告する。

2. 研究対象地域の概要

研究対象流域を流れる本流の三滝川は、鈴鹿山脈の武平峠を源流とした延長24.375kmの河川である。菰野町南部を流下しながら鳥井戸川、金溪川、赤川が合流し、四日市市内で矢合川と合流する。その後市域中央部を北東から南西に流れ伊勢湾に注いでいる。菰野町東部から四日市市境界付近の区間では涸れ川になることがある。土地利用は上流域から下流域にかけて大きく異なっている。上流から下流の河川近傍を中心に水田が分布しているが最下流部を中心に市街地化が進行している。しかし、菰野町地内では、水田から大豆や小麦畑に農地転用がなされているところも少なくなく、下流域の四日市市市街地周縁部では、都市域の拡大により宅地や商業施設に変わっている状況がある。このような上流部と下流部における大規模な土地利用の変化は、流域内の地表水-地下水の涵養形態に影響を及ぼしている可能性がある。

地形地質についてしてみると、低地(沖積層)、扇状地・河岸段丘からなる台地(洪積層)、丘陵(奄芸層群)、山地(古生層・花崗岩)に分類でき、低地はさらに海岸低地と河成低地に分けられる(吉田;1984, 原山他;1990)。本流域における主な帯水層は、このうちの沖積層お

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

2) 福井県若狭町立岬小学校 Misaki Elementary School, Wakasa-cho, Fukui Prefecture

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



図1 対象地域の流域と調査地点の位置

よび洪積層であると考えられる。

沖積地上流部から四日市市平尾付近にかけては扇状地性の地形を呈している。この地域の北側の流域界は、目立った丘陵地などの高地がなく、地形的にはっきりしない(図1の破線部分)。扇端部付近から下流にかけては、流域の北側に丘陵地が分布しており、南側に大きく張り出してきていることから、三滝川の流路も大きく南東方向に変わっており、高角町付近までの区間では勾配が急になっている。この付近の丘陵地の地質は、上流部の地質と異なることから、地質条件の違いによって地形条件が変わっていることが考えられる。高角町付近から下流では南北を丘陵地に挟まれたはっきりとした谷が形成されているが、この区間の地形の勾配は緩い。生桑町付近から東では平野の様相を呈しており、勾配も緩やかになっている。

3. 研究方法

流域内において、三滝川の上流から下流にかけておよび主な支流について河川水の測水と採水を行った。また、地下水については四日市市の所有する水道水源井、民家の井戸、農業用井戸を対象に、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(2010年8月)および冬季(2010年12月)に実施した。調査地点の位置を図1に示す。

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. 地下水の流動形態

測水・採水を実施した井戸は、沖積層中に掘削されたものと洪積層に掘削された相対的に深層部の地下水を取水しているものに分類した。沖積層に掘削されている井戸深度が20mより浅く沖積層中を流動している浅層地下水を対象に、図2に夏季および冬季の地下水面標高分布を示す。

流域上流部のYM8付近からYM1付近にかけては、扇状地性の地形起伏に沿った形で地下水面が形成されており、地下水面等高線の間隔も狭いことから導水勾配が急であることがわかる。標高40m付近から下流にかけては三滝川の谷底に沿って地下水面の形状も谷状になっており、周辺部から三滝川流路に沿って形成された地

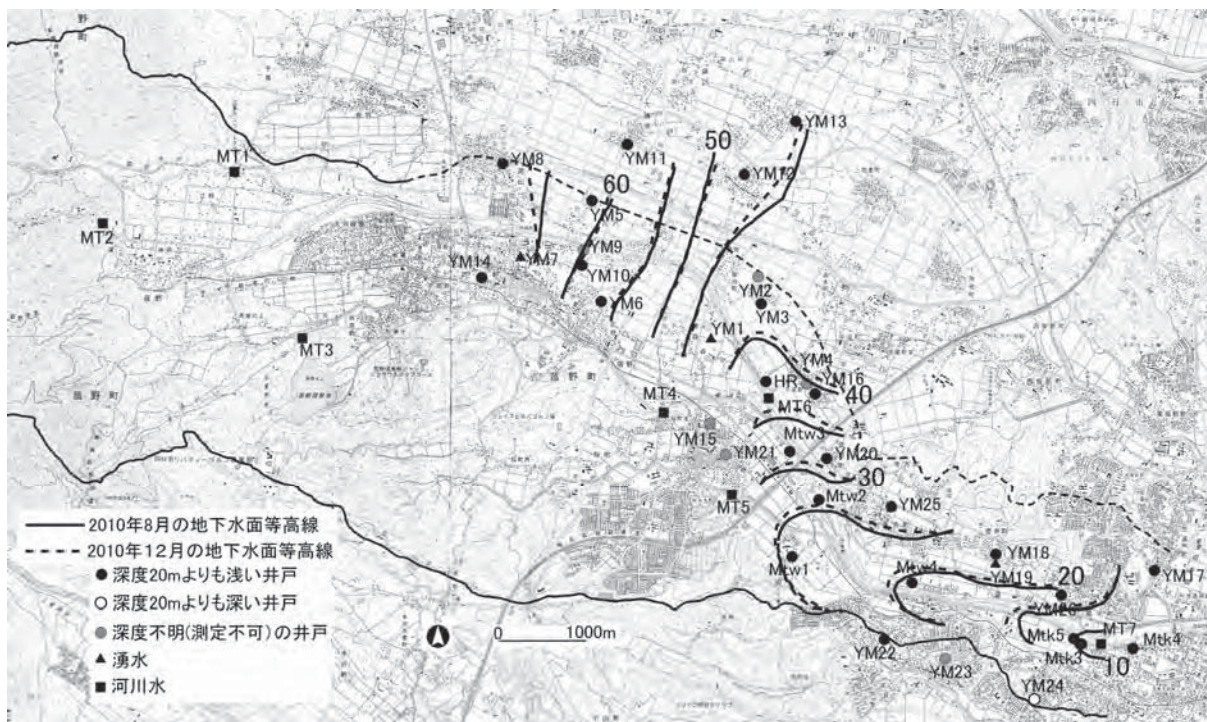


図2 地下水面標高の分布

下水面の谷に向かって、地下水が集まってきている。HR 付近から Mtw2 付近にかけての導水勾配は急であるが、Mtk2 付近から下流では、地下水面等高線の間隔は広くなり、地下水の流れ方も緩やかになっている。このような地下水面等高線の形状は、非灌漑期、灌漑期ともに大きな変化はないが、流域全体を通して灌漑期の方が非灌漑期よりも水位が高いことが認められる。上流部 (YM8) では灌漑期の水位が 0.7m ほど上昇する地域がみられる。YM1 付近の地下水面等高線の間隔は、周辺の上流部および下流部の間隔と比較して、相対的に広い。YM1 は湧水であることから、この付近が上流部の扇状地性の地形の浅層部を流動する地下水の流出域になっており、この地域から下流を流動する地下水流動系とは異なることが考えられる。また、この地域では推定される流域界の外側から地下水の流入があることが示唆される。

次に電気伝導度の分布を、図 3 に示す。電気伝導度は、上流部から下流部にかけて濃度が大き

く異なり、沖積地上流部から菰野町吉沢付近にかけては、河川水に近い値が三滝川流路に沿って分布しているのに対し、下流域では河川流路付近の値が河川水と異なって高い値を呈している。特に YM4 や YM15 付近から Mtw4 付近にかけての地域では、谷底を中心に流域内では最も電気伝導度の高い地域となっている。最下流部の Mtk4 付近にかけては、徐々に値は低下している。このことは、電気伝導度が大きく異なる地域ごとに地下水流動系が異なることを示唆している。また、上流部の電気伝導度の低い地域の最下流部付近に YM1 のような湧水が分布することから、電気伝導度が大きく変化する地域では、上流側の電気伝導度を呈する地下水流動系の流出域となっていることが考えられる。

5. 酸素・水素安定同位体比からみた地表水-地下水の混合と地下水の涵養起源

各地点における河川水・地下水の酸素・水素安定同位体比について、 δ ダイアグラムで同位

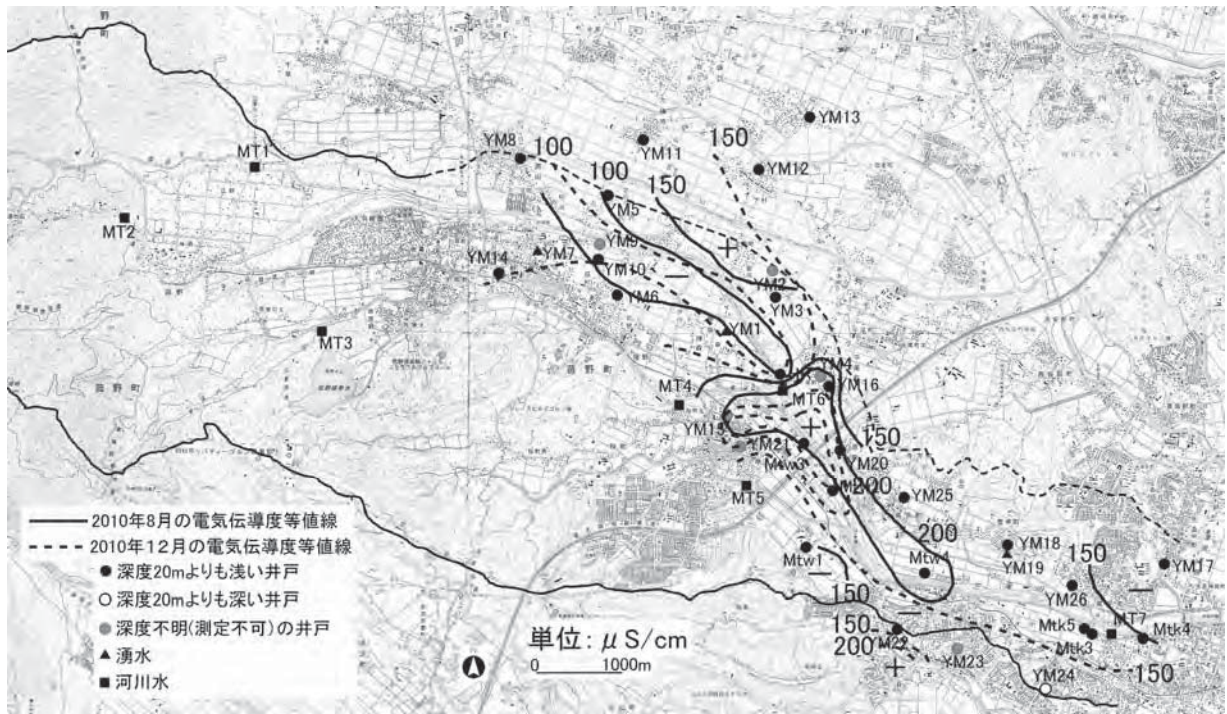


図3 電気伝導度の分布

体組成をみてる（図4）。河川水・地下水ともほぼ同じ傾きでプロットされていることから、この地域の自然水の起源が降水であることがわかる。上流部の扇状地性の地形に分布する地下水の同位体組成が非常に軽く、この地域の地下水が鈴鹿山脈の比較的標高の高い地域あるいは山地から沖積地に流出した直後の河川水が涵養源であることを示している。標高が下がるにつれて、徐々に同位体組成が重くなる傾向がある。この要因には、蒸発の影響を受けた水田の水や河川水などの地表水あるいは周辺部の丘陵地に降った降水が浸透した地下水が涵養源として考えられることにある。これらの水が、上流部から流動してくる鈴鹿山脈を起源とした滞留時間の長い地下水と混合することにより、下流域での同位体組成に地域的差異が生じているものと考えられることができる。また、同一地点でも夏季と冬季では同位体組成が大きく異なる地点があり、夏季において同位体組成が軽い地点がみられる。これらの地点では夏季の同位体比の軽い

降水が流入した河川水が、短時間で三滝川をはじめとした河川近傍の地下水に影響を及ぼしていることを示している。一方、季節変化のない地下水は、夏季と冬季の降水が流動の過程で混合したものであると考えられる。

次に、酸素安定同位体比の分布を季節ごとにみたものを図5に示す。電気伝導度の低かった上流部の三滝川流路に沿った地域では、同位体比も軽くなっている。灌漑期では標高20m付近のMtw4付近まで舌状に同位体比の軽い地域が分布している。一方、冬季には、夏季に舌状に同位体比が高かった地域の末端に近いYM20やYM25といった地域の値が重くなっていたり、Mtw2やMtw4では逆に軽くなっていたりと、流域の南北の幅が最も狭くなっている地域で季節変化や地下水の混合や地表水との涵養関係が複雑になっていることを示している。このような酸素安定同位体比の季節変化の地域的差異は、西側や南北に分布する丘陵地からの同位体比の重い地下水の流入による影響が地域によって異なることによると考えられる。このこ

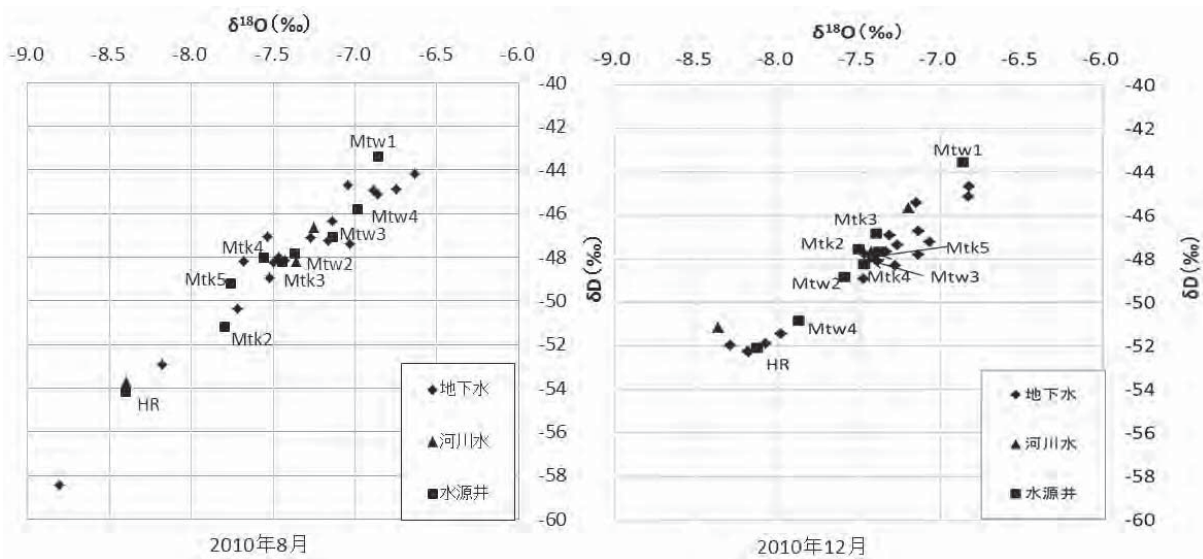


図4 夏季と冬季の酸素・水素安定同位体組成

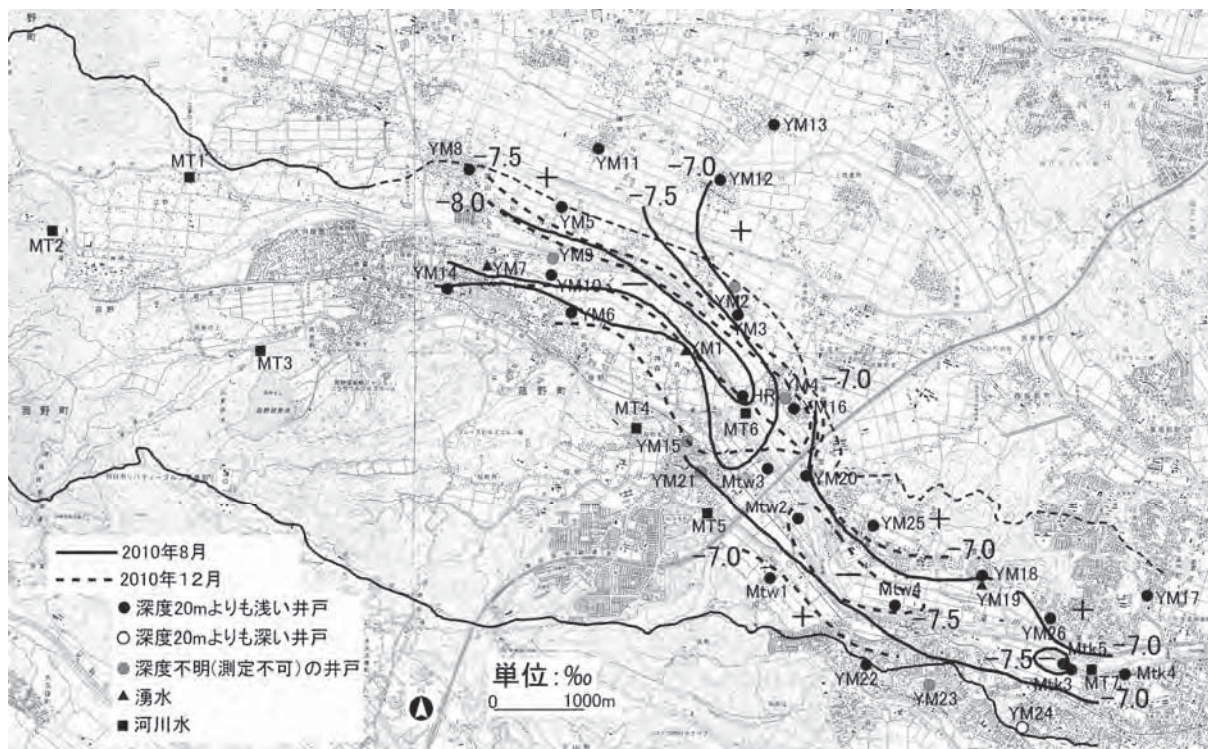


図5 酸素安定同位体比の分布

とは、最も丘陵地に近い Mtw1 の同位体比が、季節を通じて重い値を示していることから裏付けることができる。また、この地域の冬季の状況のみをみると、矢合川の谷の出口からも同位体比の重い地下水の流入が認められることから、西部に位置する桜丘陵から流入し

てくる地下水も、三滝川本流の谷に沿って流動する地下水の水質に影響を及ぼす一因になっていることがわかる。

流域内で同位体比が最も軽い上流部についてみると、-8.0‰の等値線の描かれ方が、図3に示した $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ の電気伝導度の等値線

と非常に似ていることがわかる。さらに図2の地下水面等高線の状況もYM1の湧水の直ぐ下流側で等高線間隔の傾向が変わることからも、YM1が扇端湧水であるという位置づけができ、この地域の地下水流動系の涵養域が鈴鹿山脈であると考えることができる。冬季に-7.5‰よりも軽い同位体比を示す地域は、夏季よりも拡大している。これは、冬季には周辺丘陵地や水田から地下水への涵養量が減少し、混合の割合が低下することによるものと考えられる。

最下流部のMtk2からMtk5の地下水の同位体比は、MT7の河川水の値とほぼ同じである。MT7の同位体比は、三滝川河川水の上流側の値よりも低い値になっており、原因の一つに周辺丘陵地を源流に持つ支流の流入の混合によることが考えられる。一方、この地域が流域の最下流部に位置していることから、地下水の流出域になっていることも考えられ、その場合には、この地域の地下水と河川水の同位体比がほぼ同じことから、地下水によって河川水が涵養されていることも想定される。MT18, 25, 26といった三滝川左岸側の比較的丘陵地に近い地下水では、酸素安定同位体比は三滝川近傍よりも重くなっており、電気伝導度では低くなっている傾向がある。このことから、下流域における周辺丘陵地から谷底に向かう地下水の流れの存在が考えられることから、現時点では、周辺丘陵地を涵養域に持つ局地的な地下水流動系による三滝川近傍の地下水の水質への影響と三滝川河川水への涵養があることが考えられる。この地域における詳細な河川水-地下水の涵養関係については、三滝川における上流から下流にかけての流量の増減を明らかにすることが必要である。

6. まとめ

本研究による結論を以下にまとめる。

本地域における地下水流動形態や水質形成は、地域によって異なっており、地形地質条件の地域的差異がこれらを規制している。

三滝川流域の地下水流動系は、鈴鹿山脈東麓

を涵養域とする滞留時間の長い地下水流動系と、周縁部に分布する丘陵地を涵養域に持つ比較的滞留時間の短い地下水流動系の存在が確認された。

上流部の扇状地地形において形成されている地下水流動系は、鈴鹿山脈を涵養域、YM1付近を流出域としていることが考えられる。

滞留時間の短い地下水流動系のうち、桜丘陵を涵養域として三滝川沖積地に流入してくる地下水の影響はKtw1付近の地域において強い影響を与えている。

下流域では、低地の南北に分布する生桑丘陵および川島丘陵が、この地域における地下水流動系の主な涵養域の一つとなっている。この区間では三滝川の低地に沿って流動している地下水に、これらの丘陵から流動してきた地下水が混合することにより、地下水の水質が形成されていると考えられる。

今後、三滝川における流量調査を実施することにより河床からの湧出形態を調査することが必要である。

文献

- 原山 智, 宮村 学, 吉田史郎, 三村弘二, 栗本史雄: 地域地質研究報告 5万分の1図副京都(11)第30号. 御在所山地域の地質. 地質調査所, 81p (1990).
- 山本荘毅: 日本の地下水 中部地方-三重県(1) 三滝川流域① 月刊「水」33, 1, 86-89 (1991).
- 山本荘毅: 日本の地下水 中部地方-三重県(2) 三滝川流域② 月刊「水」33, 3, 90-92 (1991).
- 山本荘毅: 日本の地下水 中部地方-三重県(3) 三滝川流域③, 鈴鹿川水系① 月刊「水」33, 4, 80-82 (1991).
- 吉田史郎: 地域地質研究報告 5万分の1図副京都(11)第43号. 四日市地域の地質. 地質調査所, 81p (1984).