

マルチトレーサーによる手取川扇状地の地下水形成メカニズムの推定 Estimation of formation mechanism of groundwater using multi-tracer technique in the Tedoru River Fan

○岩崎有美*, 中村公人*, 堀野治彦**, 橋本慧子***, 川島茂人*

IWASAKI Yumi, NAKAMURA Kimihito, HORINO Haruhiko, HASHIMOTO Satoko
and KAWASHIMA Shigeto

1. はじめに 石川県手取川扇状地には豊富な地下水が存在し、主に工業・水道用水として地域の重要な水資源となっている。この地下水資源の持続的な利用・保全を考える上では、地域固有の地下水涵養状況や地下水流動系を把握することが必要となる。とくに、本対象地では、河川水の周辺地下水への浸透や扇状地の主たる土地利用である水田からの浸透水の影響について注目しなければならない。本報告では、灌漑期の地下水と地表水を対象とした酸素・水素安定同位体比、ストロンチウム安定同位体比などのマルチトレーサーの観測結果と別途実施した水文観測などの結果から地下水涵養源と流動系を検証した。

2. 対象地概要及び研究方法 手取川扇状地は、金沢市の南から能美市にかけて広がり、扇頂から扇端までの距離が約 12 km、面積が約 170 km²、扇頂の標高が約 80 m である。犀川扇状地と交錯するため右岸域が左岸域よりも広い。帯水層については、扇状地性砂礫層及び砂礫、砂、粘土の互層が、それぞれ浅層、深層帯水層をなすと考えられる。土地利用は、水田、その他の農用地、建物用地、森林、その他の用地がそれぞれ 48, 2, 41, 1, 8 % であり、扇状地北東部を除いて水田が広く分布している (Fig.1)。



Fig.1 手取川扇状地の概要
Outline of the study site.

採水は、2011年6月23日～25日までの灌漑期間中に、手取川扇状地と扇状地の後背流域において実施した。採水地点は、地下水63地点、湧水2地点、手取川及び犀川の河川水13地点、田面水5地点の計83地点である。分析項目は、酸素・水素安定同位体比、ストロンチウム安定同位体比、溶存イオン、微量元素である。

3. 結果と考察 Fig.2 に浅層地下水における $\delta^{18}\text{O}$, Ca, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の分布を示す。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ については産業技術総合研究所 (2013) が提供する地質分布をあわせて示した。浅層地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 及び δD は、手取川に近い領域で低く (平均値 -9.84 ‰, -57.13 ‰), 手取川から遠い領域では高い (平均値 -8.84 ‰, -50.47 ‰) 分布特性がみられる。手取川から安定同位体比の低い水 (平均値 -10.6 ‰, -62.89 ‰) の地下水への浸透が生じていると考えられる。同様の分布傾向が EC, Mg, Na, Cl, SO_4 において確認された。手取川周辺及び水田面積率が低い犀川上流付近において濃度が低く、その間の水田面積率が高い領域で高くなる分布傾向が Ca, Ba, Sr, Se, Li, NO_3 でみられた。たとえば、地下水中の Mg, Ca, SO_4 , NO_3 は水田 (転作田を含む) からの涵養の影響によるものと考えられるが、手取川からの浸透水によって

* 京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

** 大阪府立大学生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

*** 総合地球環境学研究所 Research Institute for Humanity and Nature

Keywords : 地下水水質, 水田, 扇状地

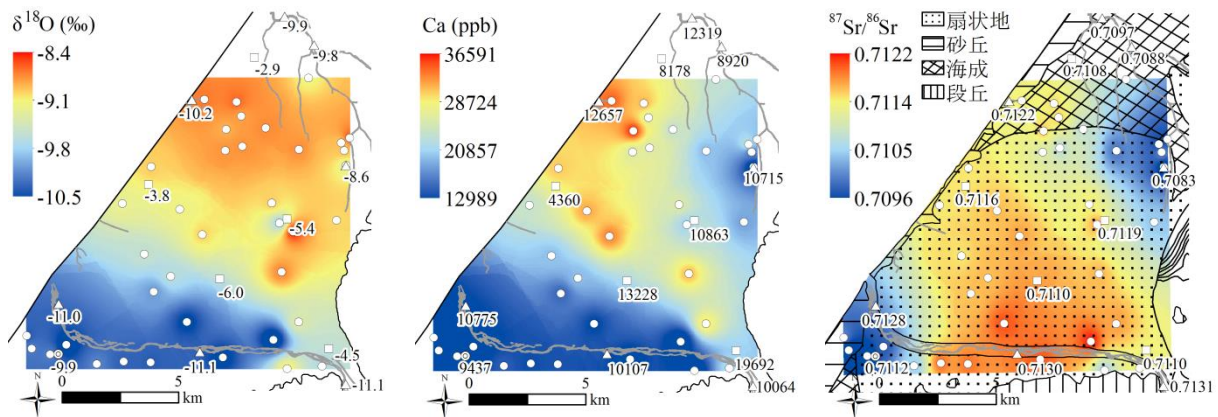


Fig.2 浅層地下水中のマルチトレーサーの分布
Distribution of multi-tracer in shallow groundwater.

○：地下水，◎：湧水，△：河川水，□：田面水．図中の数字は湧水，河川水，田面水の濃度を表す．

扇状地南部の地下水は希釈効果を受けているものと推察される．また，犀川からの浸透水による地下水水質への影響は小さいことがわかった．手取川から地下水への浸透が河口からおよそ 2.2～16.4 km の区間で生じることが灌漑期及び非灌漑期に実施した手取川流量観測から確認されている．さらに，水文観測に基づき構築した 3 次元定常地下水流動モデル（岩崎ら，2013）から得た地下水流動方向は，水質分布傾向を支持するものとなった．手取川から地下水採水地点までの最短距離と $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD の相関関係は，右岸域で左岸域より高いことから，手取川から右岸域への浸透量が相対的に大きいと考えられる．この結果は，灌漑期及び非灌漑期に扇状地内およそ 90 地点を対象とした地下水位一斉観測から推定された地下水位分布の等高線の特徴と整合する． $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は，手取川左岸下流及び扇状地北東部周辺の地下水で低く，地質の影響と思われる．地下水，扇状地内の手取川河川水，田面水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ と $1/\text{Sr}$ の関係を **Fig.3** に示す．手取川の右岸域をみると手取川に近い南部で Sr 濃度は低く，手取川からの距離が大きくなると Sr は高くなるとともに， $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ はわずかに低くなる傾向がある．地下水中の Sr は，同じ 2 価の陽イオンである Ca 及び Mg と相関係数が 0.97，0.77 となる正の相関関係を示したことから，施肥の影響により Ca，Mg と同様に Sr が土壌から溶出して，地下水の Sr 濃度が増加したと推察される．**Fig.2**、**Fig.3** において，扇状地堆積物の地下水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は，手取川河川水と田面水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の範囲に収まることから両者の地下水への影響がうかがえる．

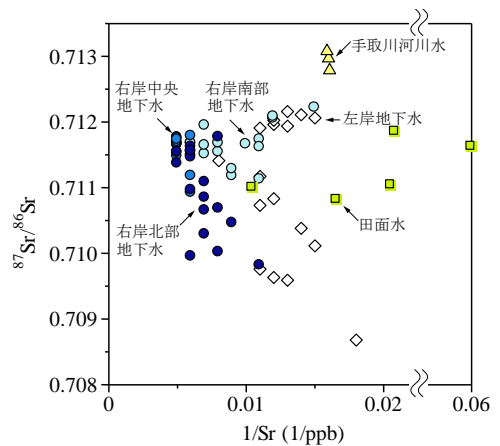


Fig.3 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ と $1/\text{Sr}$ の関係
 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $1/\text{Sr}$.

水質分布から手取川からの浸透水が扇状地地下水の水質保全に寄与していることが推察され，地下水水質保全には，河川水の流量確保と水質保全が重要であるといえる．

4. おわりに 酸素・水素安定同位体比などをトレーサーとして，地下水流動モデルにより定量的に河川からの浸透水と農地からの浸透水の影響を評価する予定である．

引用文献 1) 産業技術総合研究所地質調査総合センター（2013）：20 万分の 1 日本シームレス地質図，2) 岩崎ら（2013）：定常地下水流動解析に基づく手取川扇状地における灌漑期の地下水位に影響を与える要因の評価，水文・水資源学会誌，Vol.26，No.2，pp.99-113

謝辞 本研究の一部は総合地球環境学研究所「同位体環境学」共同研究の一環として行った．同研究所の中野孝教教授，渡邊紹裕教授に記して感謝申し上げる．