

平成 30 年 5 月 7 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18774

研究課題名(和文) 環境同位体を用いた低平農地流域からの水収支の定量化とモデル不確実性の低減

研究課題名(英文) Estimation of groundwater exfiltration with environmental tracers in extensive irrigated paddy areas and reducing model uncertainties

研究代表者

吉田 武郎 (Yoshida, Takeo)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究部門・主任研究員

研究者番号：80414449

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ストロンチウム(Sr)および水素・酸素安定同位体を用いて河川への地下水湧出量を定量化した。その結果、1) Sr同位体比から推定した地下水成分の混合比は水収支からの算定値とよく一致すること、2) 地下水の水安定同位体比は時間的に変化するため端成分の定義が難しいこと、3) Sr同位体比により、直接的な観測が困難であった地下水湧出量、特にその時間的変化を定量化できる可能性があることが示された。

研究成果の概要(英文)：Water flows in watersheds containing extensive areas of irrigated paddies are complex because of the substantial volumes involved, and the repeated cycles of water diversion from, and return to, streams. Numerous studies have attempted to quantify the surface water-groundwater interactions using the stable isotopes of water; however, the temporal variation in these isotopic compositions due to fractionation during evaporation from water surfaces hinders their application to watersheds with extensive irrigated paddies. Our study shows how surface water-groundwater interactions can change $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ along river reaches; and the continuous decline in the $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ along the stream suggests an discharge of water from the shallow aquifers. The water samples in the Gogyo River during the non-irrigated period were lower in $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ and higher in Sr concentrations, suggesting an increase in relative contributions of the water from the shallow aquifers during the non-irrigated period.

研究分野：水文学

キーワード：流域水循環 水田灌漑 環境同位体 地表水・地下水交流

1. 研究開始当初の背景

農業用水は河川からの取水量が多く、その一部が河川に還元することから、灌漑期の河川流況を決定づける要素の一つである。農業用水の地中浸透量が多い扇状地河川においては、特に、一度地中に浸透した用水の河川への湧出量を定量化することが必要だが、その直接的かつ広域にわたる観測は難しく、扇状地河川における流域水収支には未解明な点が残されている。

2. 研究の目的

本研究では、ストロンチウム (Sr) および水素・酸素安定同位体 (以下、水安定同位体比) が水田灌漑の広く行われる扇状地を流下する際の変化特性を明らかにし、両同位体を用いて河川への地下水湧出量を定量化することを目的とする。

3. 研究の方法

Sr 同位体比 (^{87}Sr , ^{86}Sr の存在比) には、時間的変化を無視でき、同位体分別効果が小さいという特徴がある。一方、降水中の水安定同位体比 (^{18}O , D) には自然的な変動があり、また、水田湛水中に蒸発に伴う同位体分別により変化する。

本研究では、鬼怒川の一支流である五行川を対象とする (図1)。五行川は典型的な水田水利用がみられる扇状地河川で、その河水は降水、鬼怒川から供給された灌漑用水および湧出した浅層地下水から構成される。灌漑期 (2016年6月) に五行川の河川水 (約500m間隔で23地点)、井戸水 (浅層地下水46地点)、農業用水、土壌水、降水を採水し、Sr および水安定同位体比を分析した。また、水田圃場および排水路での採水を同8月に行い、水田に供給された水が流下する過程での Sr および水安定同位体比の変化を観察した。さらに、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $1/\text{Sr}$ および ダイアグラムにおける灌漑用水、浅層地下水の平均値をそれぞれ端成分とし、河川水中に含まれる両者の成分を定量化した。

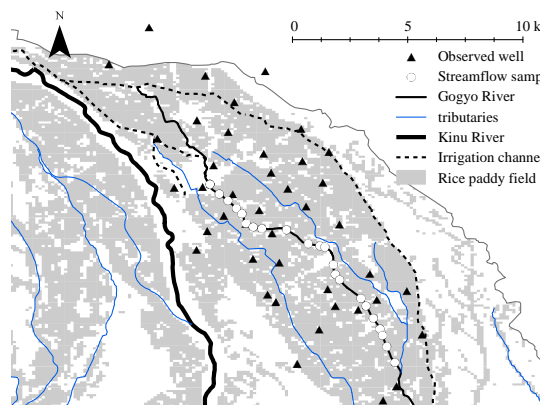


図1 五行川の採水地点 (○), 井戸 (△) の位置

4. 研究成果

水田圃場および周辺の排水路で観測した Sr 同位体比および水同位体の変化を図2に示す。採水位置が深くなるにつれ土壌水の Sr 同位体比は低下し、Sr 濃度は上昇した。また、湧水池の水の Sr 同位体比は1.5m 深の土壌水の Sr 同位体比と近く、水田・用水路および0.5, 1.0m 深の土壌水の Sr 同位体比とは異なっていた。浅層地下水との交流が少ない排水路の Sr 同位体比は灌漑水に近いが、交流がある排水路の Sr 同位体比は灌漑水と浅層地下水の混合した値となった。これらの結果から、灌漑期の水田周辺における Sr 同位体比の変化は以下のようにまとめられる。1) 水田からの地表排水過程では Sr 同位体比は大

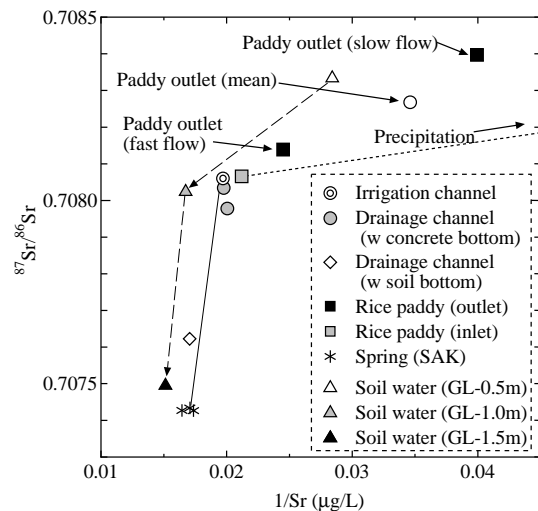


図2 灌漑期の水田周辺での Sr 同位体比の変化

きく変化しない、2) 水田からの浸透過程で低い Sr 同位体比をもつ土壌水 Sr が付加され、地下水面に到達する前に周辺地下水と近い値に達する。

図3に水田周辺で採水した試料の ダイアグラムを示す。水田に供給された用水は、水田での湛水中に蒸発の影響を受け、蒸発の影響を受けた田面水は天水線 (LMWL) から外れた傾き 5.72 の線上 (Paddy) に分布する。同図中の Well は流域で採水した井戸の分布する線であり (傾き 6.10), 流域の浅層地下水が降水と水田での蒸発の影響を受けた水

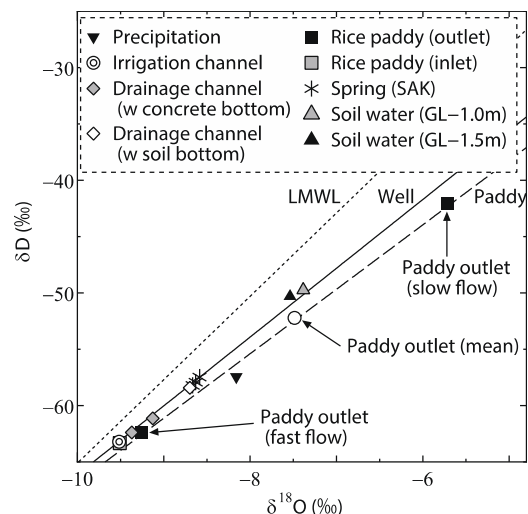


図3 灌漑期の水田周辺での水同位体比の変化

の混合であることを示す。土壌水の水安定同位体比は 1.5m 深においても田面の水同位体比に近い値を示し、近傍の湧水の値とは異なっていた。この結果は、水田からの浸透過程での水安定同位体比の変化は緩やかで、浅層地下水の水安定同位体比は田面から浸透した水安定同位体比の影響をより強く受けることを意味する。

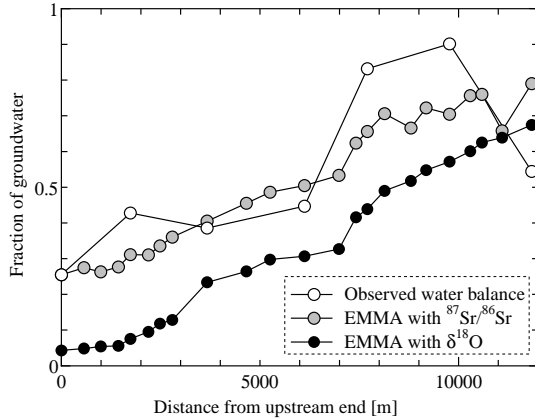


図 4 河川中の浅層地下水の混合比の推定値

灌漑用水・浅層地下水（湧水）を端成分とした端成分分析により、流下に伴う浅層地下水率の変化を定量化した（図 4）。Sr 同位体比により推定した浅層地下水の混合率（EMMA with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ）は、水収支から推定した浅層地下水の成分（同 Observed water balance）と、流下に伴う上昇傾向や局所的な増減などが整合する結果となった。ここで、水収支からの推定値における上流端の混合比は Sr 同位体比による混合比を与えている。一方、水安定同位体比により推定された混合比（同 EMMA with $\delta^{18}\text{O}$ ）は、流下に伴う上昇傾向は上述の推定結果と整合するものの、やや過小であった。これは、観測時に湧出した浅層地下水に、田面での蒸発の影響の小さい水（灌漑用水に近い水）が含まれていたためと考えられる。

Sr 同位体比は流出経路毎に異なる値を持ち、両者の混合比を定量化できる。Sr 同位体比から推定した地下水成分の混合比は水収支からの算定値とよく一致した。一方、地下水の水安定同位体比は水田灌漑の影響を受けて時間的に変化するため、端成分の定義が難しい。Sr 同位体比を用いれば、直接的な観測が困難であった地下水湧出量、特にその時間的な変化を定量化できる可能性がある。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- 1) 吉田武郎, 中野孝教, 申基澈, 土原健雄, 宮津進, 皆川裕樹, 久保田富次郎: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ トレーサーを利用した 水田灌漑流域における地表水・地下水交流の定量化, 応用水

文, 30, 55-64, 2018.

〔学会発表〕（計 4 件）

- 1) 吉田武郎, 申基澈, 土原健雄, 宮津進, 皆川裕樹, 久保田富次郎: 水田灌漑流域の地表・地下水の交流現象解明に向けた $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ トレーサーの利用可能性, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会
- 2) 吉田武郎, 中野孝教, 申基澈, 土原健雄, 宮津進, 皆川裕樹, 久保田富次郎: Applicability of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in examining return flow of irrigation water in highly agricultural watersheds, American Geophysical Union Fall Meeting
- 3) 吉田武郎, 中野孝教, 申基澈, 土原健雄, 宮津進, 皆川裕樹, 久保田富次郎: 水田灌漑流域の地表・地下水の交流現象解明に向けた $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ トレーサーの利用可能性, 農業農村工学会大会講演会
- 4) 吉田武郎, 中野孝教, 申基澈, 土原健雄, 宮津進, 皆川裕樹, 久保田富次郎: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ トレーサーによる水田灌漑流域の地表水・地下水の交流現象の定量化, 水文・水資源学会 2017 年度総会・研究発表会

〔図書〕（計 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田武郎 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)

研究者番号：80414449

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：

(4)研究協力者 ()