

## 扇状地における水文モデル構造の検討：Sr 同位体による地下水湧出量を指標に Investigation of hydrologic model structure in alluvial fan using groundwater discharges estimated with Sr isotopes

○吉田武郎\*, 宮島真理子\*\*, 申 基澈\*\*, 森田孝治\*\*, 増本隆夫\*\*\*\*

Yoshida Takeo, Miyajima Mariko, Shin Ki-cheol, Morita Koji, and Masumoto Takao

1. はじめに 農業用水の反復利用がなされている河川の低水管理には、水田からの還元量が計画に反映されている。しかし、還元量の直接的かつ広域にわたる観測は難しく、計画の前提となる還元量の妥当性は十分検証されていない。我々は、農業用水の取水・還元を明示的に取り扱う水文モデルを構築し、河川の低水管理への適用を進めている。ただし、地表水-地下水の交流が盛んな扇状地河川では、灌漑初期に還元の影響を受ける中下流においてモデルの計算精度が低く、農業用水の浸透・還元過程の表現には課題が残されている(宮島ら, 2018)。本研究では、典型的な水田水利用がみられる扇状地河川である鬼怒川において Sr 同位体比を用いて河川への地下水湧出量を定量化するとともに、モデルで計算した地下水湧出量と比較し、扇状地河川における水文モデル構造の検討を行った。

2. 対象地区 対象とする鬼怒川では、扇状地の扇央付近に設けられた頭首工を先頭に三基の頭首工が連続して位置し、中下流の頭首工での河川流量は還元流の影響を受ける。鬼怒川への還元流は、降水、鬼怒川から供給された灌漑用水および浅層帯水層から湧出した地下水により構成される。灌漑初期には最下流の頭首工では河川流量が不安定になり、貯水池からの放流要請を逐次行う必要が生じるという実務上の課題もある。

3. 方法 (1) Sr 同位体比を用いた地下水湧出量の算定：鬼怒川扇状地を流れる支川・五行川に流入する自然河川に自動採水器 (Teledyne ISCO 社, 3700) および水位計を設置し、2017 年 3 月から 11 月まで河川水の採水・河川水位の観測を実施した。水位観測は 10 分間隔で実施した。採水間隔は時期により異なるが、地下水湧出量の変化に着目する代かき期には 2 日、灌漑期、灌漑終了後は 3~4 日とした。サンプルの蒸発の影響を防ぐため、採水ボトルには潤滑油を予め入れておいた。採水したサンプルは 20  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターで濾過後、Sr 濃度および同位体比を分析した。Sr 同位体比 ( $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  の存在比) には、その時間的变化、同位体分別による変化が小さいという特徴がある。五行川流域における降水、河川水、浅層地下水、灌漑用水の Sr 同位体比の分析結果から、無降雨時の河川水は灌漑用水・浅層地下水から構成され、これらを端成分とすることにより、河川水中に含まれる浅層地下水の割合が定量化できることが示されている(吉田ら, 2018)。

(2) 水文モデルによる地下水湧出量の算定：本研究では、農業用水の取水・還元過程を表現した分布型水循環モデル(吉田ら, 2012)を用いる。同モデルは鬼怒川流域の農業水利用、貯水池運用に関する情報が段階的に導入され、精度向上が確認されている(宮島ら, 2018)。モデルの各セルは鉛直 3 層の貯留層から構成され、最下層の飽和帯貯留層からはその貯留量に応じて河川への湧出量が計算される。この地下水湧出量をモデルの河道上で追跡することにより、任意のセルにおいて河川水中の飽和帯水層に起因する成分比を算出する。

\* 農研機構, National Agriculture and Food Research Organization,

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

\*\*\*サンスイコンサルタント株式会社, Sansui Consultant Co.Ltd

\*\*\*\*秋田県立大学, Akita Prefectural University

キーワード：還元水, 扇状地, 分布型水循環モデル

ここでは採水器を設置した地点における流量、地下水湧出量を算出し、観測値と比較した。

#### 4. 結果 (1) 観測地点での流量・地下水湧出量の変化

採水地点での河川流量（実線）、地下水湧出量（白丸）の観測値を図1に示す。同図には、ハイドログラフを再帰的フィルターにより成分分離して得られた基底流（点線）を参考に付記する。Sr同位体比は降水の影響を受けるため、採水3日前の累積降雨量が15mmを超えるサンプルは除外した。河川流量から推定した基底流量は、代かき期（4月下旬～5月上旬）に上昇するものの、5月の後半は減少し、6月中旬から再び上昇する傾向を示す。Sr同位体比から推定した地下水流出量の絶対値はこの基底流量より少ないものの、時間的には同様の変化を示す。

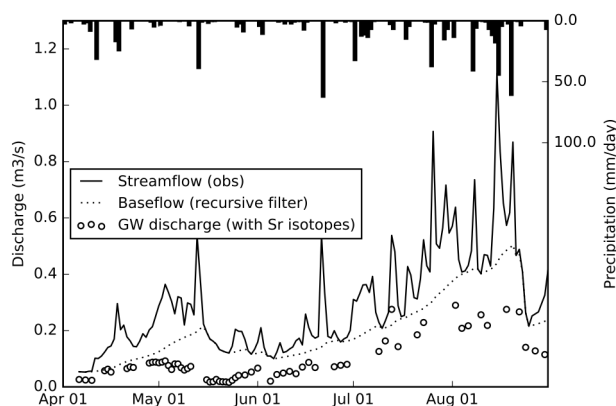


図1 採水地点での河川流量・地下水湧出量の観測値

Sr同位体比から推定した地下水流出量の絶対値はこの基底流量より少ないものの、時間的には同様の変化を示す。

#### (2) 地下水湧出量の比較

図2に河川水に占める地下水成分比のSr同位体比（黒丸）およびモデル（白丸）による推定値を示す。図1と同様に降雨後のサンプルは除外した。モデルによる地下水成分比は、農業用水が扇状地に供給されるとすぐに減少する（4月中旬）。それに対しSr同位体比による推定値は、代かきが最盛期を迎える4月下旬から5月上旬にかけて大きく減少し、5月下旬から7月にかけて緩やかに回復していく。

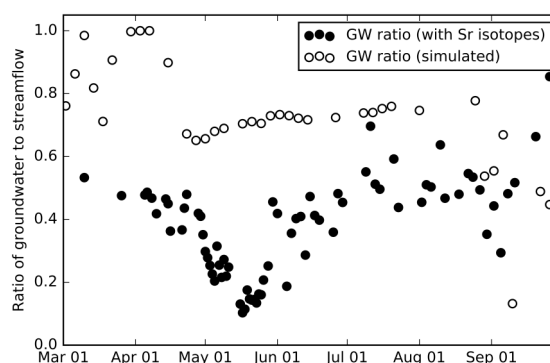


図2 河川水に占める地下水成分比の比較

次に、採水地点における河川流量の観測値（点線）、計算値（実線）を比較する（図3）。通水直後に計算流量は急上昇し、基底流量がすぐに一定になるのに対し、観測流量の変化は緩やかで、基底流量は6月から7月にかけて上昇する。基底流量が一定に達した8月には両者はよく一致するものの、灌漑終了後（9月）には計算値が急落し、両者の差は再び大きくなる。

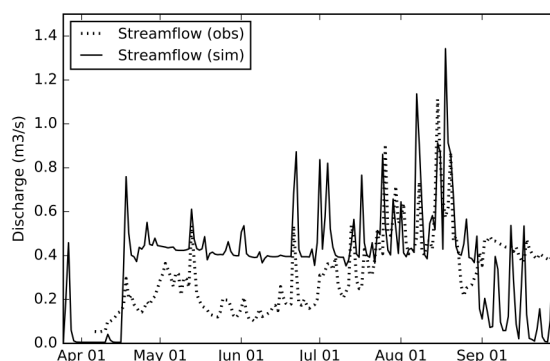


図3 採水地点における河川流量の比較

#### 5. おわりに

これらの結果は、灌漑水の供給による飽和帯貯留量および地下水流出量の増減を、モデルが実際より急速に表現していることに因ると考えられる。本モデルでは、飽和帯貯留の水面が地表面と近く、その貯留量に応じて地下水湧出が発生するという仮定を置くが、その構造に検討の余地があることが示唆された。今後は、扇状地の水文地質構造をより反映したモデルの構築を目指す。

文献：吉田ら（2012）農土論集 277；宮島ら（2018）農土論集 307；吉田ら（2018）農業農村工学会発表要旨集