

河川における水田還元水の影響評価に対する水の安定同位体比の有効性 Effectiveness of the stable isotopic ratios of water as a tool for impact assessment of return-flow from paddy fields on river flow

○中桐貴生* 高橋大地** 堀野治彦* 櫻井伸治*

○Takao NAKAGIRI*, Taichi TAKAHASHI**, Haruhiko HORINO*, Shinji SAKURAI*

1.はじめに 水田農業では、河川から多量に取水する一方、農地から河川への還元も多く、河川流況に大きな影響を及ぼし得る。したがって、その定量評価は重要といえるが、有効な評価方法はまだ確立されていない。本研究では、水文循環解析のトレーサーとして期待される水の酸素・水素安定同位体比(以下、同位体比)に着目し、兵庫県千種川上流域を対象に現地調査に基づく検討を行った。すなわち、水田還元水の河川への影響評価に対する同位体比の有効性を検証し、さらに現地における河川水中の水田還元水の割合の推定を試みた。

2.研究方法 千種川の本流上流域と2つの支流(佐用川、志文川)を対象とした。2022年6~11月の間、**Fig.1**に示す地点で、月1~2回(計7回)採水と現地計測(水温、pH、ORP、EC、DO、TDS)を行った。さらに、溪流や排水路との合流点5地点では合流前後3箇所での流量観測も行った。また、3筆の水田で田面水(湛水時)を採取し、千種川沿いの5地点で月単位での雨水採取も行った。全水サンプルの同位体比($\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^2\text{H}$)を分析し、加えて河川水は他成分(微量元素13種、主要イオン、COD、TOC、T-N、T-P)の測定も行った。

3.結果および考察 (1)同位体比による流量比率推定の有効性 各合流点における合流前後での各水質項目の測定結果から合流前の流量比率を算出し、調査時の流量観測結果(実測値)と比較した。**Fig.2**に例示するように、測定方法の異なる少なからぬ水質項目で実測値と概ね整合した。ただし、実測値と整合する水質成分は地点や時期によって異なった。 $\delta^{18}\text{O}$ および $\delta^2\text{H}$ についても、合流前の水における δ 値にある程度(概ね1%以上)の差異があれば、同図に示すように実測流量と整合した。

(2)各種水の同位体比特性 **Fig.3**は雨水と、水田からの流入のない渓流水・湧水の同位体比を過去に測定した積雪における同位体比とともに δ ダイアグラムで示したものである。雨水の同位体比はほぼ全て「天水線」と呼ばれる勾

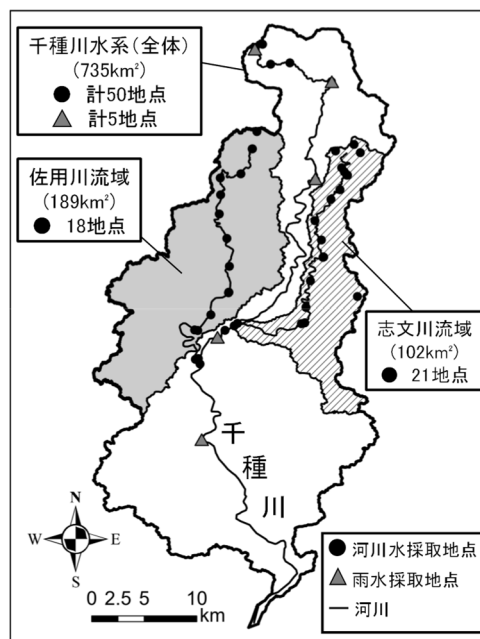


Fig.1 Outline of the Chikusa River basin and water sampling points.

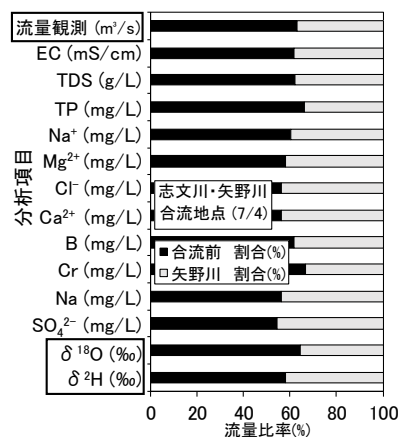


Fig.2 Comparison of mixing ratios in water quality indicators at the river confluence point.

* 大阪公立大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Osaka Metropolitan University

** 日化エンジニアリング株式会社 Nikka Engineering Co., Ltd.

キーワード: 水の酸素・水素安定同位体比, 水田還元水, 河川流量, 影響評価

配がおおよそ 8 となる直線付近に分布した。また、渓流水・湧水については、標高区分別に整理したところ、いずれも天水線より少し上側にずれた、ある一定の領域に分布していた。積雪における同位体比は、これらの領域よりもさらに上部に分布しており、渓流水や湧水における同位体比は雨水と融雪水の混合によって形成されていると推察される。

田面水、河川水、渓流水・湧水の同位体比についてみると(Fig.4)、プロット全体の近似直線は千種川における天水線よりも勾配が緩やかとなり、また図中において渓流水・湧水、河川水、田面水の順にプロットの分布域が右上、すなわち思うなる方向へとシフトする形となった。

Fig.5 は、2022/6/12 の佐用川各地点(SY1~18)での同位体比を田面水の平均同位体比(点 P)とともに示したものである。各地点は図中に示された記号の番号順に上流から下流へと位置している。Fig.5 における同位体比は下流に行くほど近似直線上をより重くなる方向に推移しており、これは流下過程における蒸発作用、あるいは蒸発作用を受けた水(すなわち田面水)の流入によるものと推察される。

(3)水田還元水の割合の推定 河川区間 SY1~SY6 には水田からの還元流入がほとんど無い。しかし、Fig.5 において、SY6 は重くなる側に同位体比が変化している。これは流下過程における蒸発作用によるものと考え、集落排水等による影響が少ない最下端である SY13 まで SY1~SY6 区間を単純に流路距離分だけ延長させると、同図に示す SY13' となる。しかし、SY13 における実際の同位体比はそれよりも重い側にプロットされている。この差異は水田からの還元水の影響によると思われる、ここでは河川水における水田還元水とそれ以外との構成比が線分 SY13'-SY13 と SY13-P の距離の逆比によって求められると仮定し、調査日ごとの計算結果を Fig.6 に示す。豪雨翌日に調査を行った 8/19 を除き、水田還元水の割合は 10~60%となり、数値的にはまだ検討の余地はあるものの地点 SY13 における流域面積に対する水田面積割合(2.1%)よりも明らかに大きな値となった。

4.おわりに 同位体比にある程度差異のある水が混合する場合は、実河川でも同位体比を流量比の推定に利用できることが確認された。また、河川水における水田還元水の割合は水田面積割合に比べて顕著に大きく、この結果は、過去の同流域における検討結果と一致した。今後は他の水系でも同様の調査を行い、河川における水田還元水の影響評価について引き続き検討を行ってきたい。

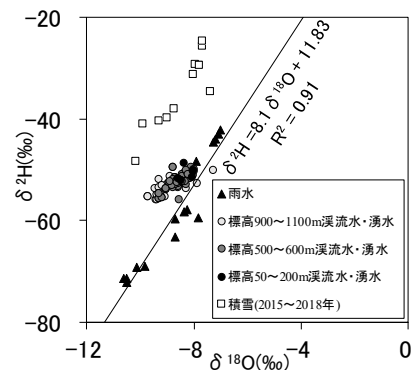


Fig.3 Properties of the isotopic ratios of rain, stream, and spring waters and snow.

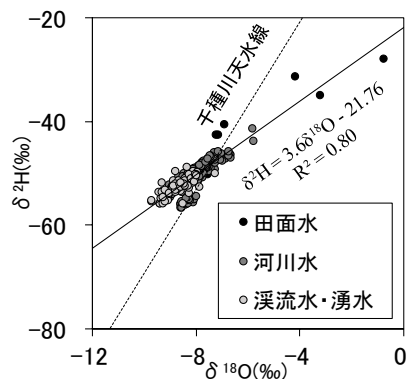


Fig.4 Comparison of the isotopic ratios among paddy surface, river, stream, spring waters.

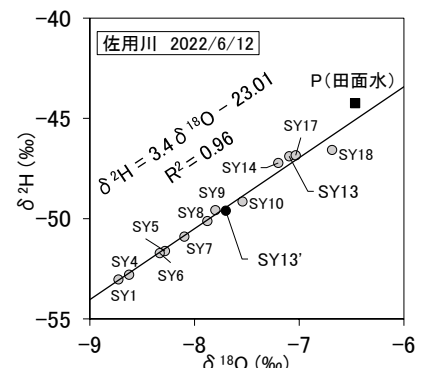


Fig.5 Changes in the δ -values accompanying flowing down along the river.

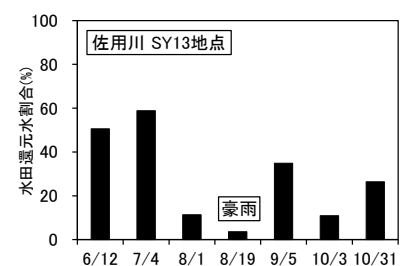


Fig.6 Percentage of return flow from paddy fields in river water.