

水の安定同位体比を用いた水田農業による河川流況への影響評価 Evaluation of the effect of paddy rice agriculture on stream flow conditions using water stable isotope ratios

○中桐貴生* 松本武志** 大串健一*** 吉岡有美**** 堀野治彦*

藪崎志穂***** 陀安一郎***** 櫻井伸治*

○Takao NAKAGIRI*, Takeshi MATSUMOTO**, Ken'ichi OHKUSHI***, Yumi YOSHIOKA****,
Haruhiko HORINO*, Shiho YABUSAKI*****, Ichiro TAYASU*****, Shinji SAKURAI*

1.はじめに 水田農業では、河川から多量に取水がなされる一方、農地から河川への還元も少なくなく、河川流況に大きな影響を及ぼし得る。近年、農地の減少が進む中、水田農業による河川流況への影響にも変化が想定される。しかし、実測に基づく普遍的な定量的評価法はまだ確立されていない。本研究では、兵庫県千種川水系を事例に水の酸素・水素安定同位体比(以下、同位体比)を用いた農地還元水の影響評価の可能性を検討した。

2.調査方法 千種川水系内で、流域面積が比較的大きく、山林と水田以外の地目の少ない佐用川(水田面積割合 2.3%)と志文川(同 3.5%)の2支流(Fig. 1)および本川上流域を対象とした。2019年4~11月の間、月1~2回の頻度で計10回、佐用川13地点(上流からSY1~SY13)、志文川21地点、千種本流12地点で河川水の採取および現地計測(水温、pH、ORP、EC、DO、TDS)を行い、採取した試料については同位体比、微量元素12種、溶存イオン13種、COD、TOC、T-N、T-Pを分析した。採水地点は流域内での営農状況や支流の合流状況から決定し、水田による影響のない湧水を源流(Fig. 1中▲)とした。加えて、水田15地点、ため池1地点でも同様の調査を行い、雨天時に雨水の採取も3回行った。さらに、各支流3名ずつの農家に依頼し、7月半ば~9月半ばの期間、週2~3回の頻度で田面水を採取してもらい同位体比を分析した。また、別途測定した本水系の雨水(2019年)と河川水および積雪(2015~2018年)¹⁾の同位体比データも使用した。

3.結果および考察 以下、直接流出の影響が強い大雨時のデータを除いて検討した。

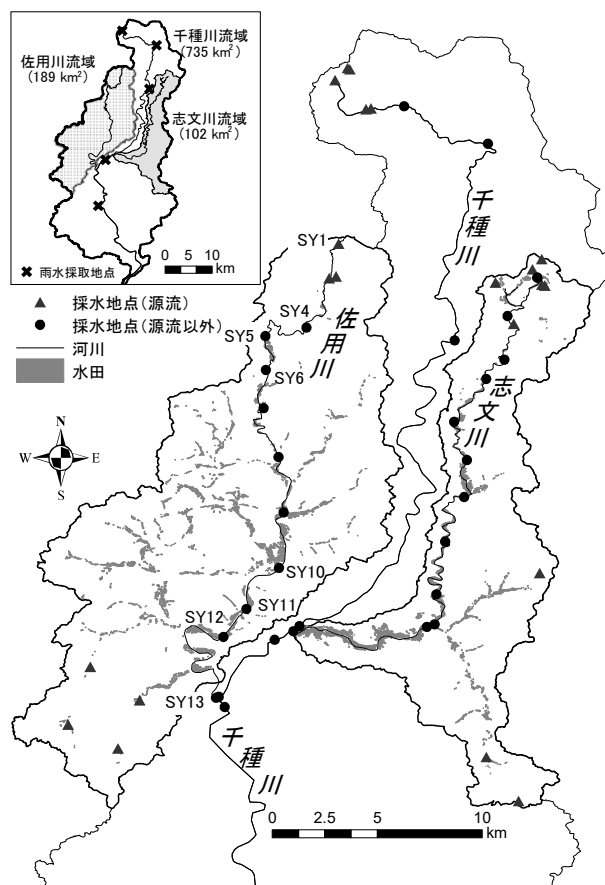


Fig.1 Map of the Chikusa River Basin and location of water sampling points

* 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Grad. School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.

** 株式会社 環境総合テクノス KANSO CO., LTD.

*** 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Grad. School of Human Development and Environment, Kobe Univ.

**** 島根大学学術研究院 Academic Assembly, Shimane Univ.

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

キーワード: 酸素・水素安定同位体比, 河川流況, 農地還元水, 定量評価, 千種川

(1)源流水の特徴 千種川水系の雨水、積雪および標高ごとの源流水の同位体比の δ ダイアグラムを Fig. 2 に示す. 源流水の同位体比は一般に、雨水のそれとの差異が小さく、ほぼ天水線(雨水の δ ダイアグラム上の回帰直線)上に分布する. しかし、この水系では標高の高い地点ほど、4~11月の雨水に基づく天水線より上側に乖離し、また積雪はそれより更に上側に分布した. これらより、源流水は一年を通じ積雪等の影響を受けていると推察される.

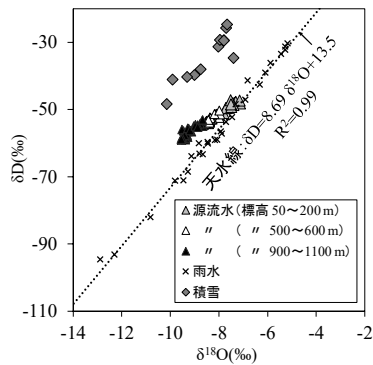


Fig. 2 δ -diagram of headwaters, snowpack, and rainwater

(2)河川流況への影響 千種川水系の源流水、河川水、田面水の δ ダイアグラムを Fig. 3 に示す. 全プロットが直線的に分布し、その両端に源流水のみ、またはほぼ田面水のみが分布する領域(Fig. 3 中 A, C)がある. 河川水はそれらの間の領域に分布している(同 B). また、源流水は調査(時期)ごとの変動が小さく、一方、河川水と田面水は比較的大きく変動している.

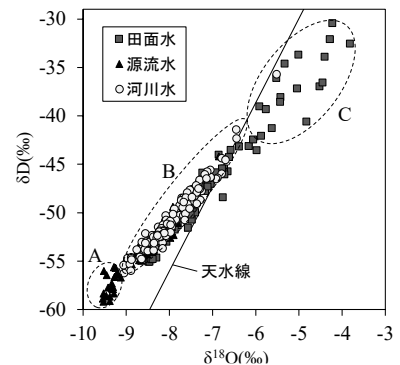


Fig. 3 δ -diagram of headwater, river water, and paddy water

Fig. 4 は、灌漑期中(7月28日)の佐用川における δ ダイアグラムである. 地上では軽い同位体を含む水分子が選択的に蒸発し、その結果水は僅かに重くなり、 δ ダイアグラム上では右上へと推移する. 水田がほとんどない区間(SY1~SY5)でも右上方向への変化が見られ、その勾配で SY1 から SY13 まで流下距離分だけ延長させると SY13' となる. ところが、SY13 はそれよりも重く、上流の SY10, SY11 はさらに重くなっている. これはより多くの蒸発作用を受けた水の含有を意味し、Fig. 3 の結果も合わせ、水田還元水による影響と推察した. なお、非灌漑期の9月以降は全プロットが SY1-SY13' 間に収まった. この傾向は志文川流域でも同様だった. 一方、2支流それぞれの本流との合流地点において、合流前後の同位体比を比較し、合流後の両者の混合比を求めると EC や金属イオンなど他の水質成分とほぼ一致する場合が多く、同位体比も同等に扱えると考えられる.

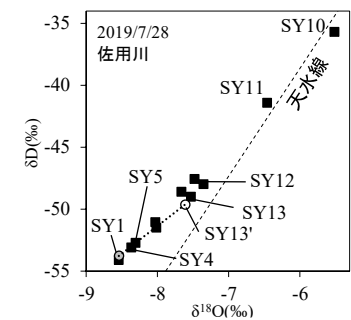


Fig. 4 Transition of water isotope ratios with flowing down in river water

上記の結果から、たとえば、SY6 での同位体比は流下のみに伴う変化と、水田還元水の混合による変化の両者で決まると考えた. その水田還元水(佐用川流域内の田面水の平均値)の混合割合を調査ごとに計算すると、Fig. 5 に示す結果となった. 灌漑期には 15%を超える日もあり、灌漑期から非灌漑期にかけて低減傾向がうかがえた. 年間を通じて水田還元水の混合割合は SY6 流域の水田面積割合(0.7%)を大きく上回った. 志文川上流で同様に検討すると、水田面積割合 3.2%に対し灌漑期には平均 11%の混合となった.

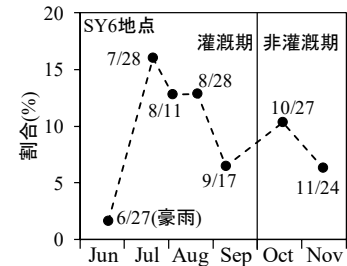


Fig. 5 Content percentage of the return water from paddy field in river water in each time period

4.おわりに 水田面積割合が小さい地域でも河川流量に対する水田還元水の寄与は大きく、水田農業による河川流況への影響は大きいといえる. 他水系でも本手法の有効性を検討したい. なお本研究は、総合地球環境学研究所の同位体環境学共同研究事業の支援を受けた.

引用 山本雄大ら(2017):神戸大学大学院人間発達環境学研究科紀要 11(1), 105-109