

## 田面水と土壌水の酸素安定同位体比の経時変化

Temporal changes in the oxygen stable isotope ratios of ponding and soil waters at paddy plots

○吉岡有美\*, 中村公人\*\*, 瀧本裕士\*\*\*,

中桐貴生\*\*\*\*, 櫻井伸治\*\*\*\*, 堀野治彦\*\*\*\*, 吉岡秀和\*

YOSHIOKA Yumi, NAKAMURA Kimihito, TAKIMOTO Hiroshi, NAKAGIRI Takao,

SAKURAI Shinji, HORINO Haruhiko, and YOSHIOKA Hidekazu

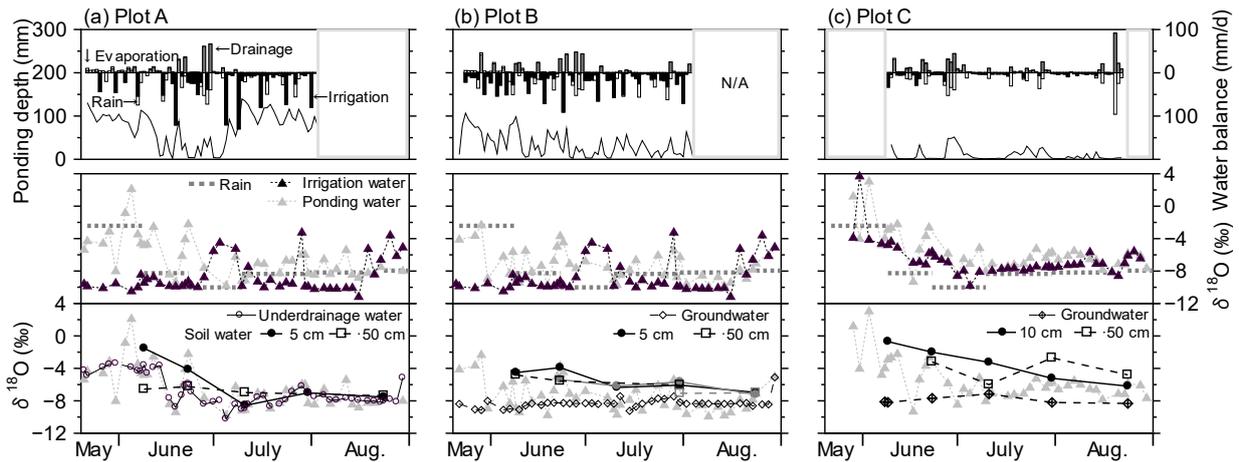
**1. はじめに** 水を構成する酸素と水素の安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ) は, 地表において蒸発(動的同位体分別)作用を受けると同位体比が上昇する. とくに, 水田に湛水された田面水は著しく蒸発作用を受け, その同位体比は他の地表水と区別が可能になる程度まで高くなりうる.  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$  を指標とすれば例えば水田や河川が地下水涵養源としてどの程度寄与しているかを評価できる可能性がある. 2018年には高頻度で用水, 田面水をサンプリングし, 田面水の同位体比の変動特性や日単位での水田の水と物質(同位体)収支に動的同位体分別作用を組み込むことで, 田面水の同位体比を一定精度で再現できることがわかった(中村ら, 2019). 2019年は観測圃場を追加しつつ, 土壌内を浸透する過程, つまり水田からの地下水涵養水となる際の同位体比変化について検討を行った.

**2. 研究方法** (1) **調査地概要** 石川県野々市市にある石川県立大学附属農場(A圃場), 同市末松(B圃場), 河北郡津幡町(C圃場)の3圃場を対象とした. A・B圃場の灌漑用水源は, 扇状地の扇頂部で取水された手取川河川水であり, C圃場はポンプによる逆水灌漑地区にあり河北潟の水が水源である. また, A圃場は日中灌漑, B圃場は夜間灌漑, C圃場は自動給水栓により朝・夕のある時間内に湛水深が設定値以下となったときに灌漑が行われる. (2) **採水・分析** 各圃場の排水口近くに, 先端がポーラスカップでできた土壌水採取器を田面下5~100cmの範囲で最大7深度に設置した. -60 kPaで減圧吸引して土壌水をフラスコに集水し, 18~24時間後に回収した. A圃場のみ5/21から, その他は6/8から2~3週間間隔で採水した. 田面水, 用水については水がない場合を除き月・水・金曜日に採取した. A圃場では深度100cmに設置された暗渠からの排水, A・B圃場とC圃場から1km範囲内にある2つの井戸で地下水を採取した. 大学構内での降水をボトルに貯めて回収した. 水試料の $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ は, 水同位体比アナライザーで分析した. 測定誤差は $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta^2\text{H}$ それぞれ0.03‰, 0.05‰である. 本報では5月下旬から8月末までの $\delta^{18}\text{O}$ の分析結果について報告する. 各圃場で水位計を用いて湛水深を測定し, 中村ら(2019)の方法で日単位の水収支を計算した. 土壌サンプルを採取し, 透水係数などの土壌物理試験を行った.

**3. 結果** Fig.1に湛水深(一部欠測あり), 水収支成分, 降水, 田面水, 用水, 土壌水, 暗渠排水, 地下水の $\delta^{18}\text{O}$ の経日変化を示す. A・B圃場では数回の降雨イベント時を除くと, 田面水の $\delta^{18}\text{O}$ は用水より高いことがわかる. A圃場の暗渠排水の $\delta^{18}\text{O}$ は, 田面水の変動とおよそ一致する. 期間中平均値については用水が-8.8‰(n=46), 田面水はA圃場が-6.4‰(n=43), B圃場が-7.4‰(n=43)であり, 水田内では動的同位体分別作用によって $\delta^{18}\text{O}$ の値に差異が生じることがわかる. A圃場では稲による日射の遮断が少ない5月から6月に

\*島根大学学術研究院 Academic Assembly, Shimane Univ., \*\*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto Univ., \*\*\*石川県立大学生物資源環境学部 Faculty of Bioresources and Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural Univ., \*\*\*\*大阪府立大学生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture Univ.

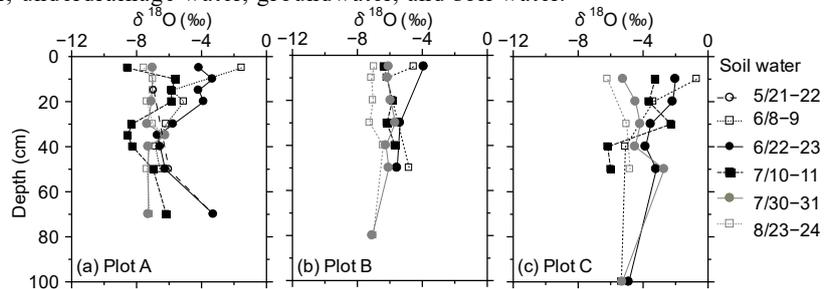
キーワード: 地下水涵養源, 連続採水, 手取川



**Fig.1** 湛水深, 水収支成分 (上段), 降水, 用水, 田面水の  $\delta^{18}\text{O}$  (中段), 田面水, 暗渠排水, 地下水, 土壌水の  $\delta^{18}\text{O}$  の経日変化 (下段).

Temporal changes in ponding depth, water balance components, and  $\delta^{18}\text{O}$  of rain water, irrigation water, ponding water, underdrainage water, groundwater, and soil water.

とくに田面水の  $\delta^{18}\text{O}$  が高いが, B 圃場では同じ用水を取水するにも関わらず A 圃場ほど高くない. 湛水深から推定した B 圃場の中干し前の降下浸透量は, A 圃場の 1.8 倍であり, B 圃場では田面水が蒸発作用を強く受け



**Fig.2** 土壌水の  $\delta^{18}\text{O}$  の鉛直プロファイル  
 $\delta^{18}\text{O}$  vertical profile in soil water.

るほど滞留時間が大きくないことが一因と考えられる. 次に, **Fig.1(c)**に示した C 圃場の用水, 田面水の平均値はそれぞれ  $-6.7\text{‰}$  ( $n=43$ ),  $-5.5\text{‰}$  ( $n=38$ )であった. C 圃場では用水の  $\delta^{18}\text{O}$  は, 湖面からの蒸発や水田からの排水の影響などを受けて手取川と比較して概ね高い.  $\delta^{18}\text{O}$  が高い用水を灌漑する場合には, 水田内の動的同位体分別作用による  $\delta^{18}\text{O}$  の上昇量が小さくとどまる可能性があることがわかった. **Fig.1** の田面水と土壌水の  $\delta^{18}\text{O}$  を比較すると, とくに B・C 圃場では土壌水は田面水よりも高い. 両圃場は非湛水になる日数が多く, 土壌水が非湛水期間に蒸発の影響を受け  $\delta^{18}\text{O}$  が高くなることが示唆された.

**Fig.2** に  $\delta^{18}\text{O}$  の鉛直プロファイルを示す. 田面水の  $\delta^{18}\text{O}$  の変動幅が大きかった A・C 圃場では土壌水の深度による, また時期による変動幅も大きい. 明瞭な傾向はみられないものの, 20~30cm までの浅い土壌水で  $\delta^{18}\text{O}$  が高く, それ以深では低下している. さらに, 観測値は少ないものの B・C 圃場の最も深い土壌水の  $\delta^{18}\text{O}$  は, 田面水の平均値に近い一定値に収束している. 土壌水が浸透過程で混合, 移流, 分散の働きを受けて均質化していくものと考えられる. この結果は **Fig.1(b)**に示した手取川からの涵養の影響の少ない水田地帯の地下水の  $\delta^{18}\text{O}$  (平均  $-8.3\text{‰}$ ,  $n=42$ ) が地表水より変動幅が小さいことと整合性がある.

**4. おわりに** 現地観測を継続し灌漑排水管理が土壌水の同位体比に与える影響評価, 土壌内における動的同位体分別作用を組み込んだ同位体比解析を実施する予定である.

**謝辞** 本研究は, 総合地球環境学研究所同位体環境学共同研究, JSPS 科研費(19K06316, 19KK0171), 島根大学女性研究者をリーダーとする共同研究プロジェクト支援事業の支援を受けた. 採水・分析には圃場所有者, 石川県立大学, 京都大学, 大阪府立大学の学生諸氏の協力を受けた. 記して謝意を示す.

**引用文献** 中村ら (2019): 田面水の酸素・水素安定同位体比の非定常モデリング, 2019 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 612-613