

津波により塩水化した地下水の回復プロセス解明への環境トレーサーの利用可能性 Applicability of environmental tracers to revealing the recovery process of tsunami-induced saline groundwater

○土原健雄*, 石田 聡*, 白旗克志*, 紺野道昭*, 中里裕臣*

TSUCHIHARA Takeo, ISHIDA Satoshi, SHIRAHATA Katsushi, KONNO Michiaki, NAKAZATO Hiroomi

1. はじめに

宮城県沿岸部では、東日本大震災の津波の浸水と除塩のための水田等での繰り返しの代かき作業による鉛直浸透の促進によるとみられる地下水の塩水化が生じた。その後の降水、水田涵養等により、塩水の上に新たな淡水域が形成（再淡水化）されつつあるが、農業用地下水の利用再開には淡水厚が十分ではなく、また場所によって淡水厚さが異なるなど、地下水の再淡水化には不明な点が多い。ここでは、塩水化した地下水が再淡水化するプロセスを明らかにする上で重要となる地下水の涵養源の分類に、環境トレーサーが指標として利用できるかの検討を行った。

2. 研究方法

調査地である宮城県亶理郡は亶理町・山元町の2町からなり、宮城県東南部の太平洋沿岸域に位置する。この地域では、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波の浸水により、広範囲の浅層地下水で塩水化が発生した¹⁾。本研究では農林水産省東北農政局が設置した浅層地下水の観測孔の一部を対象に調査を実施した。

地下水観測孔19本、水田5地点、湧水2地点を対象に（Fig.1）、かんがい期2回、非かんがい期2回の採水調査を実施した。地下水の採取は、パッカー付揚水装置²⁾により10分以上揚水した後に行った。環境トレーサーとして、水素・酸素安定同位体比（ δD , $\delta^{18}O$ ）、主要イオン濃度を選定し、それぞれ水同位体分析計（Piccaro社製L2140-i）、イオンクロマトグラフ（東亜DKK社製ICA2000）により測定した。重碳酸イオン（ HCO_3^- ）濃度は、滴定法によるpH4.8アルカリ度から換算して求めた。

3. 結果および考察

淡水部分の地下水の電気伝導度は地点によって異なるものの時期による差異は比較的小さかった。一方、 $\delta^{18}O$ は地点によってその値が異なることに加えて、採水時期によって比較的变化が大きい地点が見られ（Fig.2）、時期によって起源の異なる浸透水の影響を受けていることが推測された。

$\delta^{18}O$ と δD の関係をFig.3に示す。調査期間中に降水の採取を行っていないため、本地域の天水線（LMWL、降水の $\delta^{18}O$ と δD の直線関係を示す式）として、調査地に近い仙台市の天水線³⁾を表示している。地下水の $\delta^{18}O$ 、 δD はそれぞれ-9.27~-4.54‰、-59.37~-33.21‰の範囲にあり、一部の地下水はLMWLから外れてプロットされる。田面水の同位体比の回帰直線の傾きは4.88（ $R^2=0.97$ ）とLMWLの傾きより小さく、田面水には蒸発による同位体濃縮が生じているといえる。LMWLから外れてプロットされる地下水は、田面水の回帰直線に沿うように、あるいは塩水（海水）の同位体比（ $\delta^{18}O$ 、 δD ともに0‰）へ漸近するようにして高い同位体比を示すが、涵養源の分類を行う上では両者の影響を区別する必要がある。 $\delta^{18}O$ と塩化物イオン（ Cl^- ）濃度の関係（Fig.4）から、田面水と地下水中に残留する塩水の影響を受けた地下水は異なるグループに分類されるといえる。このことから、 $\delta^{18}O$ 、 δD に Cl^- 濃度を加えた三種の環境トレーサーを指標とすることで、上流方向からの地下水流動、降水の浸透、水田涵養に残留塩水の混合を考慮した涵養源の分類が可能と考えられる。

* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：津波、塩水化、地下水、環境トレーサー、水素・酸素安定同位体比、主要イオン

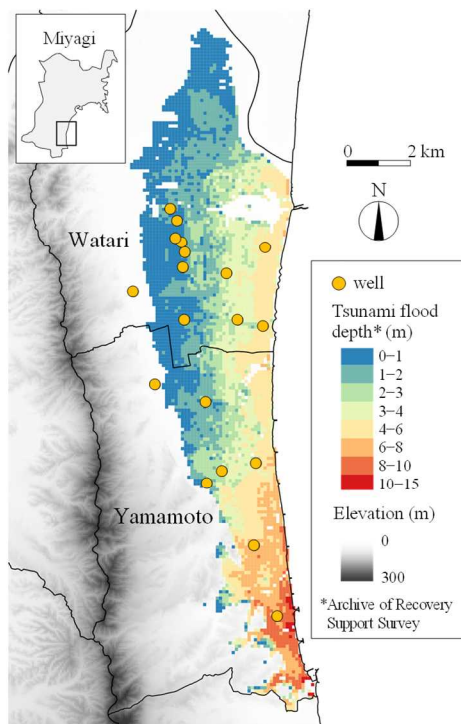


Fig.1 津波浸水深および地下水採取地点
Tsunami flood depth and locations of groundwater sampling points

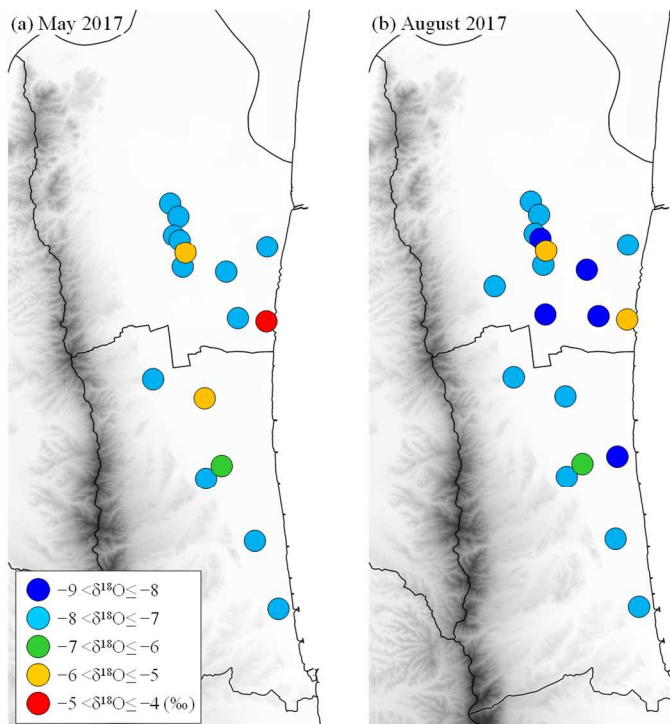


Fig.2 地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 分布 : (a) 2017年5月および (b) 8月
Spatial variations in $\delta^{18}\text{O}$ of groundwater: (a) May and (b) August 2017

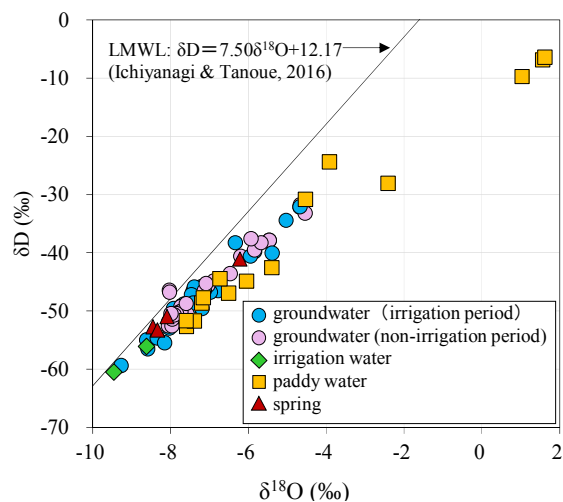


Fig.3 試料水の $\delta^{18}\text{O}$ と δD の関係
Relationship between $\delta^{18}\text{O}$ and δD

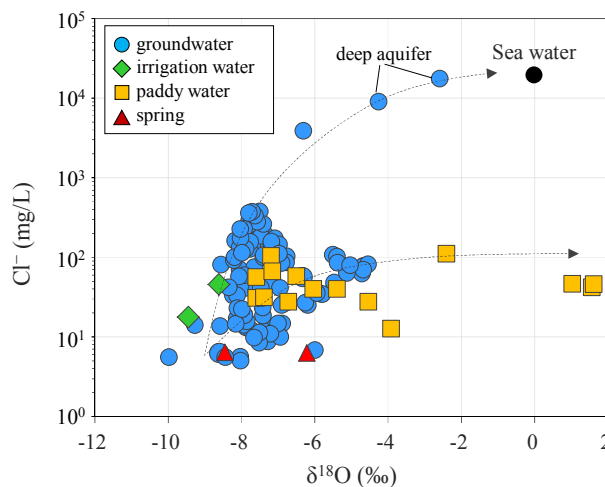


Fig.4 試料水の $\delta^{18}\text{O}$ と Cl^- 濃度の関係
Relationship between $\delta^{18}\text{O}$ and Cl^- concentration

4. おわりに

複数の環境トレーサーを組み合わせたモニタリングは、塩水化した地下水の回復要因となる複数の涵養源の分類を可能とし、回復プロセス解明へ寄与すると考えられた。今後は、地下水揚水時に生じる水質変化や同位体比変化から、淡水を形成する涵養源をより詳細に検討するとともに、年代推定技術に基づいた地下水の回復履歴を再現することが課題である。

引用文献 1) 森ほか (2012) : 2011 年東北地方太平洋沖地震による仙台平野南部地域での地下水環境変化について, 地下水学会誌, 54(1), 11-23, 2) 石田ほか (2017) : パッカー付き揚水装置を用いた地下水回復状況調査—宮城県亘理町における事例—, 日本地下水学会 2017 年秋季講演会講演予稿, 166-169, 3) 一柳・田上 (2016) : 日本全域における降水の安定同位体比—2013 年集中観測の結果より—, 日本水文学会誌, 46(2), 123-138.