

地下ダム流域における石灰岩帯水層中の硝酸性窒素の季節変動特性

Seasonal variability of nitrate in karstic aquifer at the catchment area of the underground dam

安元 純*, 聖川 健斗*, 細野 高啓**, 中野 拓治*

YASUMOTO Jun*, HLIJIKAWA Kento*, HOSONO Takahiro**, NAKANO Takuji*

1. はじめに

硝酸性窒素 (NO_3^-) を窒素ガス (N_2) にする脱窒は、大気中に窒素を返還することにより、反応性窒素が環境中に過剰に存在する状態を軽減する働きがある。特に、帯水層における脱窒は、地域あるいは地球規模での窒素収支の中で大きな要素を占めている可能性があるが (David et al. 2006)、窒素収支の中でもっとも不明確なフラックスの一つである (Heffeman et al. 2012)。本研究の調査対象地域である沖縄島南部地域には、地下ダムが築造されており、地下水を循環利用している。そのため、肥料などに由来する硝酸性窒素等による地下水の富栄養化が懸念されている。帯水層中の脱窒による窒素除去量を正確に把握し、硝酸による地下水汚染を引き起こさないよう人間活動をコントロールしていく必要がある。

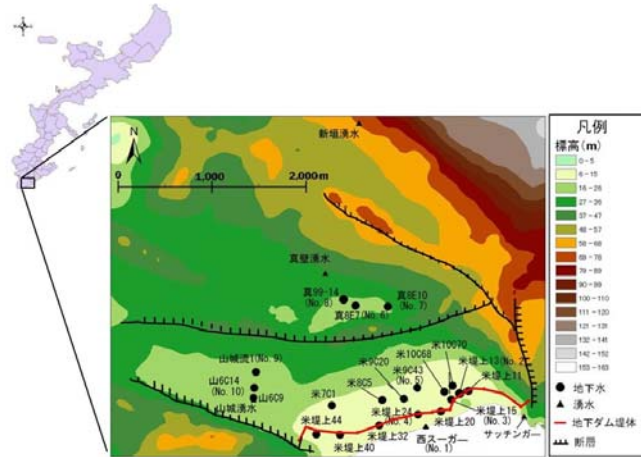


図1 地下水試料採水地点

そこで本研究では、沖縄本島南部地域の米須地下ダム流域において、2013年2月～2014年5月の期間月1回の頻度で地下水調査を実施し、地下水中の硝酸性窒素および硝酸イオン中の窒素・酸素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$) 等を測定し、琉球石灰岩帯水層における地下水中の脱窒の季節変動特性について検討した。

2. 研究方法

沖縄本島南部地域に位置する米須地下ダム流域において、2013年2月～2014年5月の期間月1回の頻度で地下水調査を実施し、地下水中の硝酸をはじめとした主要陽・陰イオンおよび硝酸イオン中の窒素・酸素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$)、溶存有機炭素 (DOC) を測定した。観測地点は、これまで実施してきた定期地下水調査で得られた地下水水質データから、脱窒の可能性が示唆されている4地点 (No.2, No.3, No.6, No.8, No.9) とその比較のための地点 (No.1, No.4, No.5, No.7, No.10) を計10地点 (湧水: 1カ所, 観測井: 9カ所) 選定した (図1)。

3. 結果及び考察

観測地点を代表しNo.9における2013年2月～2014年5月の調査期間の地下水中の NO_3^- -N及び $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$, 月間降水量, 地下水位, DO, ORP, 硫酸イオン, 重炭酸イオン及び溶存有機炭素 (DOC) の経時変化を図2に示す。2013年2月から2014年5月の期間における降水量は、2013年5月に月間538mmもの記録的降水量を記録している。それに伴い地下水位も各観測地点で急激な上昇がみられた。2013年5月の降雨以降は雨が少なくなり、6月～7月にかけて地下水位の急激な下降がみられた。その後も降水量が少なく地下水位も低い水準であった

*琉球大学農学部地域農業工学科 Faculty of Agriculture University of The Ryukyus, **熊本大学大学院先端機構
キーワード: 地下ダム流域, 石灰岩帯水層, 脱窒, 季節変動

が、2014年2月～5月にかけての降雨で、各観測地点とも2013年5月の降雨時のレベルまで地下水位が上昇している。

地下水中のDOやORPは、地下水位と同様に、2013年5月から6月にかけて高い値を示しており、本調査地域の地下水は全体的に酸化的環境にある。その後の7月からDO、ORPともに減少している観測地点が多くみられ、地下水が還元的環境に移行していると推察される。

図2に示した観測地点（No.9）では、2013年9月から11月にかけてNO₃-Nに急激な上昇がみられた。同期間におけるNO₃-Nの上昇は、No.9の下流に位置するNo.10でも確認でき、観測地点のうち真壁地区2地点（No.6、No.7）とNo.3を除いた7地点にて同様の変動傾向がみられた。同期間における降水量や地下水位も、NO₃-N同様に、上昇傾向にある。以上を勘案すると、同期間におけるNO₃-Nの上昇は、降雨に応答した地下水位の上昇により観測地点へ周辺の地下水が流入・混合したためと推測される。

また、No.9では、他の地点に比較してDOC濃度が高くなっており、有機物を酸化させて呼吸を行う従属栄養型脱窒菌が活動しやすい環境が形成されている可能性が示唆される。さらに、脱窒が確認された4地点のうちNo.2、No.6及びNo.9では、NO₃-Nの減少に加え、SO₄²⁻の減少といった変化傾向がみてとれる。これら地点では観測時期によって地下水中の還元状況が硫酸還元まで進んでいる可能性が高い。

4. まとめ

本研究では、地下水中で脱窒が確認された地点は、断層の後背地や地下ダム堤体の直上に位置しており、地下水が滞留しやすい地点において脱窒環境が形成されやすいことが確認された。また、琉球石灰岩帯水層は降雨による地下水位の応答が速く、脱窒が確認されるような地下水中に形成される還元的環境は、降雨時には周辺の地下水の流入により酸化的環境に変動していることが明らかとなり、脱窒の季節変動特性には降雨が大きく影響していることが明らかになった。

5. 参考文献

David et. al. (2006): Denitrification and the nitrogen budget of a reservoir in an agricultural landscape, *Ecol. Appl.*, **16**, 2177–2190.

Heffernan et. al. (2012): Denitrification and inference of nitrogen sources in the karstic Floridan Aquifer. *Biogeosciences*, **9**, 1671–1690.

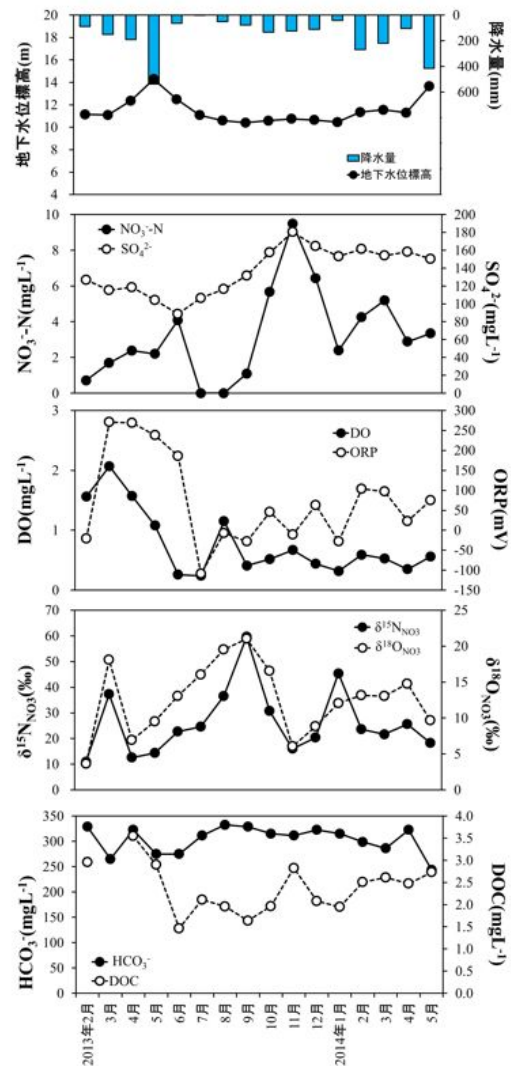


図2 地下水水質データ及び安定同位体比(δ¹⁵N_{NO₃⁻}, δ¹⁸O_{NO₃⁻})の季節変動 (No. 9)