

熊本地域における地下水中の硝酸性窒素の起源および流動に伴う挙動の解明 Fate and source of nitrate contamination in the groundwater along its flow in Kumamoto region, using nitrate isotopes

徳永 貴大^{1*}, 嶋田 純¹, 細野 高啓², 中田 晴彦¹, 利部 慎¹, 小野 昌彦¹, 折式 田崇仁¹

TOKUNAGA, Takahiro^{1*}, SHIMADA, Jun¹, HOSONO, Takahiro², Haruhiko Nakata¹, KAGABU, Makoto¹, ONO, Masahiko¹, Takanori Orishikida¹

¹ 熊本大学自然科学研究科, ² 熊本大学大学院先導機構

¹ Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ² Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University

熊本地域は阿蘇山の噴火により堆積した透水性の良い火山性の帯水層が発達している。熊本市は約70万人の市民の水道水源を、ほぼ100%地下水で賄っており、地域にとって地下水は重要な水資源とみなされている。しかしながら、地下水中の硝酸性窒素濃度が年々上昇しており、近年では水道水質基準である10mg/lを超える地下水も一部で確認されるようになってきた。しかし、熊本地域における地下水中の硝酸性窒素が地下水流動システムの中でどのようなプロセスを経てきたのか、また詳細な硝酸性窒素の起源について、いまだ明らかにされていない点が多い。将来の持続的な地下水利用を考える上で、これらのプロセスの解明が重要である。

ゆえに、これまで当該研究地域でまだ試みられてこなかった硝酸中の窒素および酸素安定同位体を合わせて用い、熊本地域全域における地下水中の硝酸性窒素の起源を明らかにすること、および脱窒のメカニズムを把握し、地下水流動を踏まえたうえでの硝酸性窒素の挙動を解明することを目的に研究を行った。

本研究地域は涵養域となる台地部に畑地および畜産産業が卓越しており、施肥による肥料成分の地下水への浸透および畜産排泄物による窒素負荷が懸念される。低地部、河川沿いには水田が広がり地下水の涵養に大きな役割を担っている。特に白川中流域の水田は一般的な減水深の3~10倍の透水性を持つため、灌漑水が地下水へ大量に流入していると考えられている。

地下水を2011年1~3月に浅層地下水15地点、深層地下水53地点、7月に浅層地下水31地点、深層地下水19地点、10~11月に浅層地下水21地点、深層地下水57地点、河川水・湧水を2011年4月にそれぞれ15、27サンプル、7月に14、30サンプル採水を行った。

浅層地下水の硝酸イオン濃度は最も高い地下水で44.0mg/l、平均10.4mg/lであった。また、深層地下水では最も高い地下水で72mg/l、平均11.8mg/lであった。地表からの窒素負荷が大きいと考えられる涵養域にあたる地下水の硝酸イオン濃度は全体的に高い傾向を示した。大部分の地下水の窒素安定同位体比が2~7‰の範囲に存在し、起源物質である畜産排泄物や下水試料等の窒素安定同位体比と比較すると、硝酸性窒素の主な起源が無機肥料である可能性が高いと示唆され、これまで報告されていた畜産排泄物が主要な起源と推定された研究とは異なる結果となった。

地下水の硝酸中の窒素、酸素安定同位体比の結果から浅層地下水、深層地下水ともに脱窒現象が確認され、全体的にみると沿岸部の熊本平野域の地下水で脱窒が生じたことが明らかになった。本研究地域における地下水の脱窒割合を推定するため、硝酸イオン濃度および窒素安定同位体比から同位体濃縮係数を決定し脱窒率を算出すると、流動に伴い脱窒した割合が高くなり、沿岸域の地下水では脱窒率が90%を超える地下水が多く存在することが推定された。

浅層地下水、深層地下水ともに地下水流動に伴い地下水中の硝酸イオン濃度が減少がみられた。その原因として沿岸付近の地下水では脱窒が生じたことで硝酸性窒素濃度が減少している事実が顕著に把握され、酸化的環境で同位体比の値からも脱窒が生じていないと推測される白川中流域から江津湖にかけての地下水流動系では、白川系灌漑水の混入による希釈の影響が示唆された。白川河川水は阿蘇中央火口丘に涵養された降水が起源であるため、比較的軽い酸素・水素安定同位体比となることから、これら同位体比を白川の涵養水の地下水への影響度合いを評価するための指標とし、白川系河川水と涵養域の地下水を端成分として白川系河川水の混入率を算出すると、およそ4~7割程度地下水に混入していると考えられた。水道水源をこの地下水流動系の地下水を使用していることを考慮すると、今後持続的に地下水資源を利用していくためには白川河川水との上手な付き合い方をしていく必要があると考えられる。

キーワード: 地下水汚染, 硝酸性窒素, 硝酸同位体, 脱窒, 窒素起源

Keywords: Groundwater contamination, NO₃-N, Nitrate isotopes, Denitrification, Source of nitrate