

沿岸地下水中の脱窒環境の推定

Estimation of the condition of denitrification process in the coastal groundwater

岡田 宏一 [1]; 齋藤 光代 [2]; 小野寺 真一 [3]

Koichi Okada[1]; Mitsuyo Saito[2]; Shinichi Onodera[3]

[1] 広大・総合科; [2] 広大・生物圏・共存; [3] 広大・総

[1] Integrated Sciences, Hiroshima Univ.; [2] Grad., Biosphere Sci., Hiroshima Univ.; [3] Integrated Sci., Hiroshima Univ

1. はじめに

日本における地下水の硝酸汚染は約 50 年前から報告されており（例えば、長沢, 1958 など）、その原因は大量施肥や畜産廃棄物の増加と言われている。その一方で、近年、地下水の流出域において脱窒反応が原因と考えられる硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度減衰現象が確認されるようになってきている（齋藤ら, 2005 など）。しかし、地下水中のどの深度帯において顕著に脱窒現象が起きているのか明確な定義づけはなされていない。

よって、本研究では、果樹園が広く分布する瀬戸内海沿岸において、地下水中での $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度減衰に注目し、現地脱窒反応実験により硝酸性窒素の自然浄化機能及びその制御要因を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

ともに瀬戸内海の島である、地形・地質・土地利用の似た生口島と江田島の沿岸域においてボーリング井戸を掘削し、地下水中に直接 KCl と KNO_3 を注入して、その後の $\text{NO}_3\text{-N}$ と Cl -濃度の時間変化から脱窒反応を確認する現地実験を行った。また、地下水の pH や酸化還元電位 (ORP) 値の測定も行った。

また、ボーリングコアサンプルの成分を水抽出して pH の測定を行い、溶存有機態炭素 (DOC)、溶存窒素 (DN)、主要陽イオン及び陰イオン濃度の分析などを行って生物化学的脱窒反応の検証を行った。

さらに、ボーリング井戸の水位を下げてその回復水位の時間変化をみる揚水試験、及び採取した不攪乱ボーリング土壌 (100cc 円筒) を用いて実験室で透水試験を行い、透水係数及び浸透流速を求めた。

3. 結果と考察

3-1. 現地脱窒反応実験

生口島の深度 3m と 30m、江田島の 20m において、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の減少割合が Cl -濃度よりも大きかったことから、脱窒反応が発生していることが確認された。

3-2. 帯水層の物理特性と脱窒率との関係

地形・地質が類似した両方の島において、脱窒が確認された深度帯に違いが見られたことから、揚水試験から得られた浸透流速を深度別に分析し比較を行った。図 1a に実験後 3 時間の脱窒率と見かけの浸透流速の関係を示す。江田島 20m 以外の地層では流速が速くなるにつれて脱窒率が低下することが確認された。一般的に、流速が遅いほど脱窒が起こりやすいと考えられるため、生口島 30m の地層はより脱窒が起きやすい環境下であることが明らかになった。しかし、江田島 20m においては流速が相対的に速いにも関わらず脱窒率が高いという他の地層とは逆の傾向が得られた。

3-3. 帯水層の化学特性と脱窒率との関係

次に、土壌中の溶存有機態炭素 (DOC) 濃度を深度別に分析し比較を行った。生物化学的脱窒とは、有機物が存在する嫌気的環境下において起こり、有機物により NO_3 -及び NO_2 -が還元され、 N_2 ガスとして大気中に放出される反応である。DOC は有機物の存在を示す指標となるため DOC 濃度の高い地層ほど脱窒が起きている可能性が高いといえる。脱窒率と各深度の土壌中 DOC 濃度の相関を図 1b に示す。図から、生口島 30m 以外では DOC 濃度が高くなるにつれて脱窒率の上昇が確認された。しかし、生口島 30m においては DOC 濃度が低いにも関わらず脱窒率が低いという他の地層とは逆の傾向が得られた。

3-4. 帯水層スケールでの脱窒の制御要因

生口島 30m においては、DOC 濃度が高いにも関わらず、見かけの浸透流速が他の地層よりも遅いことから脱窒率が最も大きくなっていることが明らかとなった。このことから土壌中の地下水浸透流速が脱窒の発生に大きな影響を及ぼしていると考えられる。また、このような流速は地下水流出域では（火山岩地域を除いて）一般にみられるため、地下水流出域は普遍的に脱窒環境にあると考えられる。