

硝酸イオン化学的変遷挙動評価モデルを用いた 地下水硝酸性窒素汚染の天然事例の解析(2)

Numerical simulation of nitrate evolution in nitrate polluted groundwater
using the model of nitrate evolution (2).

*阿部 徹¹, 平野 史生², 三原 守弘², 本田 明²

¹日本原燃分析, ²原子力機構

地層処分施設及びその周辺における廃棄物由来の硝酸イオンの化学的変遷挙動を把握するために開発された硝酸イオン化学的変遷挙動評価モデルの信頼性を高めることを目的として、地下水の硝酸性窒素汚染の天然事例について解析を実施し、硝酸イオン化学的変遷挙動評価モデルの妥当性を評価した。

キーワード: 地層処分, TRU 廃棄物, 硝酸イオン, ナチュラルアナログ, NEON

1. 緒言

TRU 廃棄物のうち硝酸塩含有廃棄物から放出される硝酸イオン及びその化学的変遷物は、放射性物質の移行挙動に影響を与える可能性がある。そこで、原子力機構は地層処分における硝酸イオンの変遷挙動を評価するために、硝酸イオン化学的変遷挙動評価モデル (NEON: model of Nitrate Evolution due to mineral reaction, microbial activity and metal corrosion)を開発した。NEON では、硝酸イオンと金属、鉱物及び微生物との反応がモデル化されており、このうち微生物反応は、微生物の活動による窒素循環等の過程を取り入れ構築されている(図 1)。各反応モデルは室内実験の結果と比較され、概ね再現できることが確認されている。前報[1]では、長期における NEON の信頼性向上を目的に、天然事例(ナチュラルアナログ)を活用する検討として、広島県生口島の硝酸性窒素汚染事例の再現解析について報告した。しかし、微生物反応領域の指標となる地下水中の溶存酸素(DO)濃度や溶存有機物(DOC)濃度等の正確な情報が無く、動水勾配や地下水中の炭酸濃度を基に、微生物反応領域及び地下水中の DOC 濃度を仮定して解析を行ったため、モデルの妥当性を十分に示すことができなかった。本研究では生口島の事例について新たに拡充された DO 濃度及び DOC 濃度のデータ[2]に基づき、微生物反応モデルの妥当性を再評価した。

2. 解析対象・条件

解析対象である生口島南西部において、施肥に由来した地下水の硝酸性窒素汚染が報告されており、一部地域において微生物の活動に起因した脱窒反応による硝酸性窒素濃度の減衰が示唆されている。上記汚染事例に関する地下水中のイオン濃度等の測定結果[2]に基づき、化学平衡-物質輸送計算コード PHAST に NEON を実装して解析を実施した。DO 濃度や DOC 濃度等、微生物反応に関する条件については文献[2]に基づき設定した。化学平衡計算に関する熱力学データとしては原子力機構のデータベース (050700c0.tdb)を用いた。硝酸イオン及びその変遷物は、NEON により酸化還元反応の速度論的な計算を行うため、化学平衡計算スキームから除外し速度定数を別途定義した。また、解析では金属及び鉱物反応は起きないものとした。

3. 結果・考察

文献[2]において 2 次元断面での地下水中の各化学種の濃度分布が示されたことから、本研究では前報[1]における水平方向の濃度分布の評価に加えて、深さ方向の評価が可能となった。NEON による解析値と実測値とを比較した例を図 2 に示す。文献[2]の DO 濃度を基に微生物反応領域を設定したところ、図 2 の A 地点において前報[1]の解析条件では確認できなかった特異的な硝酸イオン濃度の減衰、及び、変遷物である $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 濃度の上昇が確認された。硝酸イオンの変遷量は、微生物反応に必要な DOC 濃度に依存しており、解析対象地域の硝酸性窒素の変遷挙動を概ね再現できている。このことは微生物による硝酸イオン変遷モデルの妥当性を示すものと考えられる。

参考文献

[1] 大蔵稔, 三原守弘, 本田明(2015):硝酸イオン化学的変遷挙動評価モデルを用いた地下水硝酸性窒素汚染の天然事例の解析, 原子力学会 2015 年秋の年会. [2] 大西晃輝, 小野寺真一, 斎藤光代, 清水裕太, 吉川昌志(2014):大量施肥農業流域における不圧地下水での溶存 N_2O の空間分布特性, 陸水学雑誌, 75, p1-11.

*Tooru Abe, Fumio Hirano², Morihiro Mihara² and Akira Honda²

¹Japan Nuclear Fuel Chemical Analysis, ²Japan Atomic Energy Agency.

※本研究の成果の一部は、平成 28 年度経済産業省の委託事業「地層処分技術調査等事業(処分システム評価確認技術開発)」の成果の一部である。

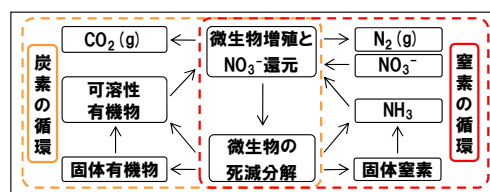


図1 NEON の微生物反応モデルの概要

各反応モデルは室内実験の結果と比較され、概ね再現できることが確認されている。前報[1]では、長期における NEON の信頼性向上を目的に、天然事例(ナチュラルアナログ)を活用する検討として、広島県生口島の硝酸性窒素汚染事例の再現解析について報告した。しかし、微生物反応領域の指標となる地下水中の溶存酸素(DO)濃度や溶存有機物(DOC)濃度等の正確な情報が無く、動水勾配や地下水中の炭酸濃度を基に、微生物反応領域及び地下水中の DOC 濃度を仮定して解析を行ったため、モデルの妥当性を十分に示すことができなかった。本研究では生口島の事例について新たに拡充された DO 濃度及び DOC 濃度のデータ[2]に基づき、微生物反応モデルの妥当性を再評価した。

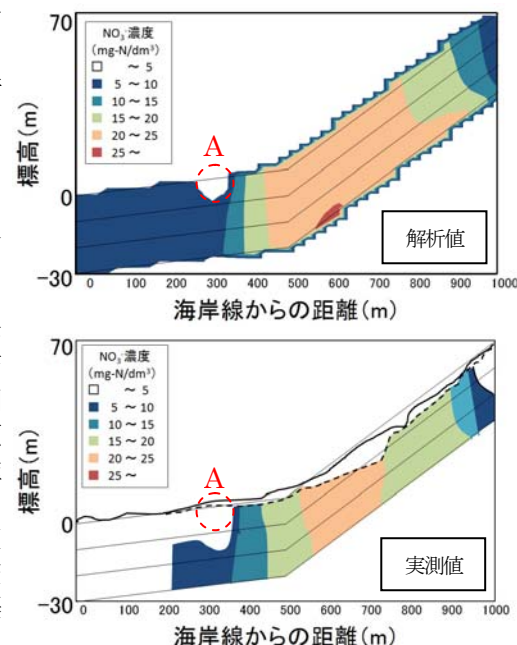


図2 地下水中硝酸イオン濃度比較