

硝化菌共存下におけるゼオライト化発泡廃ガラスのアンモニア除去特性に関する研究

佐賀大学理工学部 学 ○古賀沙織

佐賀大学大学院工学系研究科 学 三島悠一郎

日本建設技術(株) 正 田中健太 松尾保成

佐賀大学低平地研究センター 正 荒木宏之 山西博幸

1. 研究目的 これまでに、ガラス廃材を原料とするリサイクル製品として開発された発泡廃ガラス(以下FWG)の水質浄化用接触材としての効果について検討してきた。FWGは、BODやSSの除去、透視度の改善に有効であるとともに良好な生物膜付着担体であることが確かめられている¹⁾。また、独自の方法を用いてFWGをゼオライト化したゼオライト化発泡廃ガラス(以下Ze-FWG)は、陽イオン交換能により重金属やアンモニアの除去が可能であることを示した²⁾。そこで本研究では、ゼオライトによる速度の大きいアンモニア吸着能と、硝化菌によるアンモニア酸化能およびゼオライト生物再生とを併用し、硝化菌共存下でのZe-FWGのアンモニア除去特性を明らかにするため実験を行った。

2. 下水連続通水実験

2-1. 実験方法 図-1に実験装置の概略図を示す。2槽のタンクのうち、第一槽(容積500ℓ)にはFWGを、第二槽(容積250ℓ)にはZe-FWGをそれぞれ充填し下水を連続通水させた。第一槽は第二槽への流入SSの軽減を目的として設置した。一方、第二槽では滞留時間を2時間に設定し曝気を行った。採水は第二槽の流入水と流出水の2点で行った。測定項目は水温、DO、pH、透視度、SS、BOD、C-BOD、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-Pである。

2-2. 実験結果 図-2にNH₄-N除去率とpHの経日変化を示す。pHは1日目に10以上で、その後8程度まで低下した。これはZe-FWG製造時に使用したアルカリ剤に起因していると思われる。また、pHが高いことからアンモニアストリッピングが疑われるが、同じ8程度のpHであっても3日目と9日目以降でのNH₄-N除去率が異なっていることを考えると、アンモニアストリッピングの影響はそれほど大きなものではないと思われる。実験期間中、流入NH₄-Nは21~37mg/ℓの間で変動していた。NH₄-N除去率は1日目には45%程度であったが、徐々に低下した。11日目にはNH₄-N除去率だけでなく、SSやT-P、PO₄-P除去率も0%を下回った。これは、Ze-FWGの細孔に捕捉されたSSや生物膜が剥離、分解されて流出したためである。図-3にNO₂-NとNO₃-Nの経日変化を示す。実験期間中DO濃度は3~7mg/ℓであり、第二槽内は好氣的条件だったがNO₂-NとNO₃-Nの増加はみられず硝化は発現しなかった。これらのことから、Ze-FWGは生物再生されることなく陽イオン交換能が限界に達し、NH₄-N除去率が低下したと考えられる。

3. 人工下水と硝化菌を用いた回分実験

3-1. 実験方法 初期アンモニア濃度を50mg/ℓとし、アルカリ度不足による硝化の抑制を防ぐためアルカリ度を調整した基質³⁾3ℓを5つのビーカーに準備した。そこへ接触材100gを浸し、接触材の種類と硝化菌の付着条件を変化させて実験を行った。5つの系それぞれの条件を表-1に示す。硝化菌の付着条件は3パターンで、

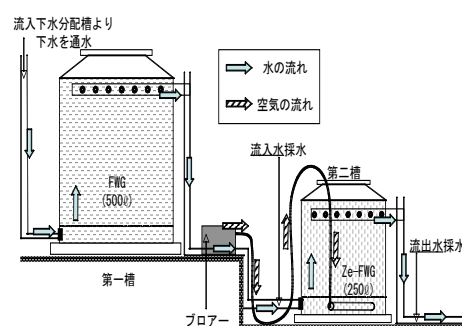
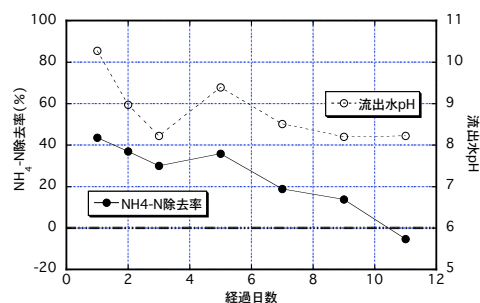
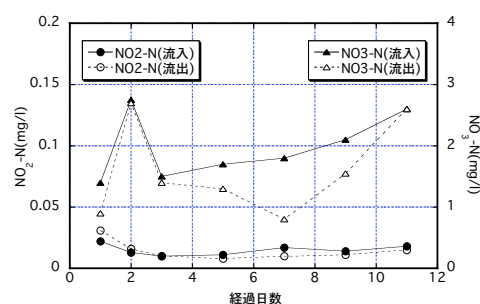


図-1 連続通水実験装置の概略図

図-2 NH₄-N除去率とpHの経日変化図-3 NO₂-NとNO₃-Nの経日変化

接触材を硝化菌培養タンクに2週間浸し硝化菌が付着したもの(表中「固相」)、接触材には付着させずに実験開始と同時に液相に培養タンクの硝化菌を植種したもの(表中「液相」)、硝化菌が存在しないものである。実験は20℃恒温下で行い、全ての系で曝気を行いDOを6mg/ℓ以上に維持した。さらに、接触材にZe-FWGを用いた3つの系は、実験終了後基質を新たな基質に代え再び同様の実験を行った。このとき系3には実験開始時と同様に硝化菌を植種した。測定項目は水温、pH、DO、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-Nである。

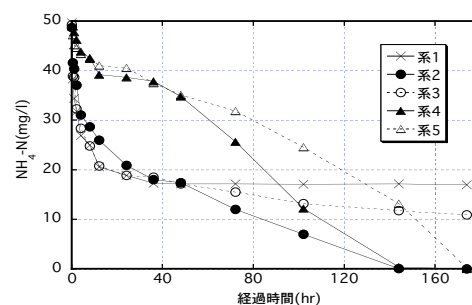
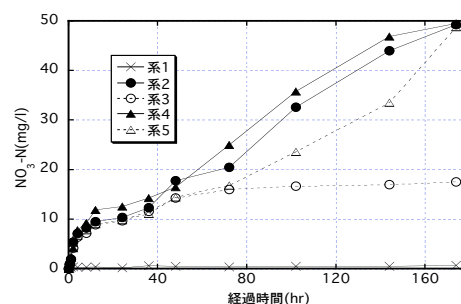
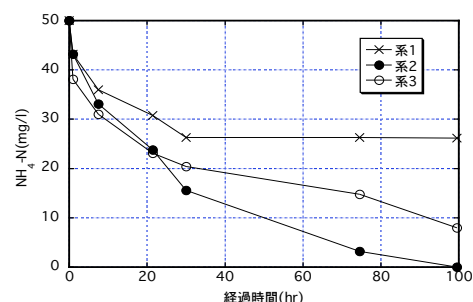
3-2. 実験結果 図-4にNH₄-N、図-5にNO₃-Nの経時変化を示す。接触材にFWGを用いるよりもZe-FWGを用いた方がNH₄-Nの除去速度が大きいことがわかる。特に初期においてその差が著しく表れている。また、硝化菌が存在しない系1ではゼオライトが破過点に達した後のNH₄-Nの減少がないのに対し、硝化菌が存在する系2と系3ではゼオライトが破過点に達した時間以降もNH₄-Nが除去されている。図-5から、系2では50mg/ℓのNH₄-Nが全てNO₃-Nまで酸化されており、Ze-FWGはNH₄-Nを吸着、その後完全に再生⁴⁾されたと考えられる。系3についてはNO₃-Nの生成量が小さく、またpHが9.5と他の系に比べて高かったことから、硝化が抑制されゼオライトの再生が不十分だったことが予測される。しかし実験開始から12時間までは、系3は系2よりNH₄-N除去速度が大きい。このことは、Ze-FWGに菌体が付着したことによるゼオライトへの基質輸送の障害の可能性を示しているが、後述する図-6の結果も勘案すると、硝化菌の付着条件がNH₄-N除去速度に与える影響は小さいと思われる。図-6に再実験でのNH₄-Nの経時変化を示す。系1ではZe-FWGは再びNH₄-Nを吸着したものの、1回目の実験より陽イオン交換能が低下していることがわかる。一方、系2と系3は1回目の実験と同様にNH₄-Nが除去された。よって硝化が十分に行われれば、連続通水の場合でもZe-FWGがアンモニア吸着能を維持できる可能性が示された。

4. 結論 下水連続通水実験ではNH₄-N除去率を維持することができなかった。これは滞留時間が2時間と短く、pHが高かったために硝化が発現しなかったことや、槽内に堆積した汚泥が分解され流出したことが原因と考えられる。回分実験では、硝化菌共存下においてFWGよりもZe-FWGのほうがNH₄-N除去速度が大きいことが確かめられた。さらに、硝化が十分であればZe-FWGはNH₄-Nを吸着、その後完全に再生されることがわかり、連続通水の場合でも除去能を維持できる可能性が示された。しかしZe-FWGによってpHが上昇しすぎると硝化が抑制されることや、硝化が不十分だとゼオライトは再生されず破過点に達してしまうといった問題が明らかになった。また、陽イオン交換、硝化、ゼオライトの再生が同時に生じており現象が複雑であることを考えると、各プロセスの速度論的評価をすることが必要と思われる。

【参考文献】1) 松下ら, 平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.1119~1120, 2006. 2) 松下ら, 平成17年度土木学会第60回年次学術講演会講演概要集, pp.159~160, 2005. 3) 西留清, 佐賀大学博士論文, 1998. 4) 津野ら, 土木学会論文集, No.503/2-29, pp.159~166, 1994.

表-1 回分実験5つの系の条件

系NO.	接触材	硝化菌の付着条件
系1 (×)	Ze-FWG	なし
系2 (●)	Ze-FWG	固相
系3 (○)	Ze-FWG	液相
系4 (▲)	FWG	固相
系5 (△)	FWG	液相

図-4 NH₄-Nの経時変化図-5 NO₃-Nの経時変化図-6 NH₄-Nの経時変化(再実験)