

感潮河川における硝化過程のシミュレーション

一硝化速度の決定一

九大工学部 学生員○川崎剛志 正 員 楠田哲也

正 員 二渡 了 正 員 大石京子

1、はじめに

種々の形態で存在する窒素は、受水域における溶存酸素量を減少させ、水中微生物の生長をうながし、水中微生物に対して毒性を呈し、ひいては公衆衛生上の危機を招く。このような点から窒素の挙動をとらえることは水質汚濁防止上極めて重要である。本研究は感潮河川における硝化過程をとらえるため、佐賀県を流れる強混合河川、六角川のSSと底泥を採取し室内実験を行ない、無機溶存態窒素の変換過程について検討を加えたものである。

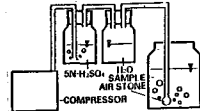


図-1 実験装置

2、実験装置及び方法

高SS水塊が存在する六角川においては、硝化が底泥の表面に生息する硝化菌によって起こるだけでなく、懸濁物質表面に存在する硝化菌によっても起こると考えられるため、実験をSSによる硝化と底泥による硝化との2つに分けて行なった。図-1に実験装置を示す。通気による汚染を防ぐために、空気を5Nの硫酸に通して供した。SSによる硝化実験に際しては現地のSSを用い一定のSS濃度のもとで海水とろ過河川水を加え、塩分濃度を变化させ、二種の初期濃度について $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の経時変化を求めた。底泥による硝化実験は現地の底泥をコアーとして不攪乱採取し、脱窒を防ぐため好気性部分である表層5mmを切り取り試験容器の底に置き、上層水として塩分濃度の異なる海水とろ過河川水の混合液を加え、SSについての試験と同様に $\text{NH}_4\text{-N}$ を添加し $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化を求めた。

3、分析方法

分析方法是以下に示すとおりである。

$\text{NH}_4\text{-N}$: フェノール次亜塩素酸法

$\text{NO}_2\text{-N}$: $\text{N-(1-ナフチル)エチレンジアミル・スルファニル酸}$ 法

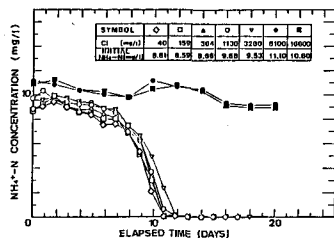
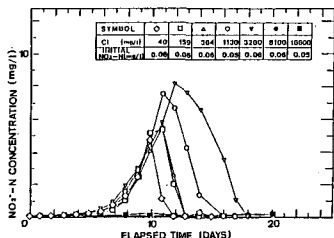
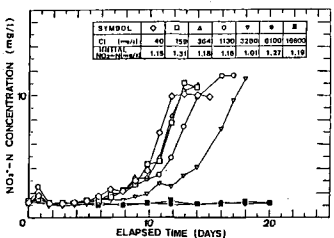
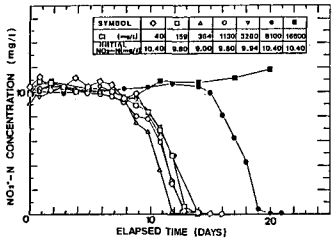
$\text{NO}_3\text{-N}$: Cd-Cu 還元法で $\text{NO}_2\text{-N}$ に変換させて測定

なお、測定には自動分析装置を使用した。

4、結果及び考察

a) 実験結果

i) SSの場合: 図-2に $\text{NH}_4\text{-N}$ を10mg/lとなるように添加したときの経時変化を、図-3、4にそのときの $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時変化を示す。図-5に $\text{NO}_2\text{-N}$ を10mg/lになるように添加した場合の経時変化を示す。図-2から解るように、 $\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N}$ への変換においては塩分濃度が0.04~3g/lの場合、塩分の影響はあまりないが塩分濃度が8.1、16.6g/lの場合は20日間の間に硝化がほとんど起こっていない。しかし、図-3、4に見られるように $\text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ への変換においては塩分濃度が0.04~3g/lの場合にも、塩分の影響が大きい。図-5に示すように初期濃度が10mg/lの $\text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ への変換においては、塩分濃度が0.04

図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化 (SS)図-3 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の経時変化 (SS)図-4 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時変化 (SS)図-5 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の経時変化 (SS)

～3g/lのとき塩分の影響があまり見られないが、塩分濃度が8.1、16.6g/lのとき塩分の影響が見られる。以上のことからNH₄-N→NO₂-N及びNO₂-N→NO₃-Nへの変換において塩分濃度が8g/l以上の場合、塩分の影響が大きいと考えられる。また、NO₂-Nが中間生成物である場合、NH₄-N酸化速度の少しの差が基質としてのNO₂-Nの供給に影響することもある、NO₂-N→NO₃-Nへの変換においては塩分濃度が低い場合でも塩分の影響が大きくなると考えられる。

ii) 底泥の場合：現地における底泥中の各態窒素分布は図-6のようになっている。この図より好気性部分は表層より5～7mmの深さまでであることが解かる。この好気性部分の底泥による無機態窒素の経時変化を図-7、8、9に示す。これらの図からもわかるようにNH₄-N→NO₂-Nへの変換における塩分の影響はあまり見られず、NH₄-N→NO₂-N→NO₃-Nへの変換の中のNO₂-N→NO₃-Nへの変換における塩分の影響は大きいことが解かる。

b) 硝化速度の決定

硝化菌による硝化過程は式1～4で表されとする。

$$dX_{NH_3}/dt = \mu_{max, NH_3} \cdot S_{NH_3} / (K_s, NH_3 + S_{NH_3}) \cdot X_{NH_3} \quad (1)$$

$$dX_{NH_3}/dt = -Y_{NH_3} \cdot dS_{NH_3}/dt \quad (2)$$

$$dX_{NO_2}/dt = \mu_{max, NO_2} \cdot S_{NO_2} / (K_s, NO_2 + S_{NO_2}) \cdot X_{NO_2} \quad (3)$$

$$dX_{NO_2}/dt = -Y_{NO_2} \cdot d(S_{NO_2} + \beta S_{NH_3})/dt \quad (4)$$

ここで、 μ_{max} ：最大比増殖速度、S：基質濃度、Y：収率係数、K_s：飽和定数、X：菌体数。

これらの式を差分化し数値計算して、図-2、5、7の実測値とカーブをフィッティングすることにより最大比増殖速度 μ_{max} (day⁻¹)と飽和定数K_s(mg/l)を求めた。これらの結果を図-10、11、12に示す。図-10はNH₄-N酸化時の μ_{max} とK_sで図-11はNO₂-N酸化時のものである。いずれも塩分濃度が10g/lで塩分による影響が見られる。図-12は底泥によるNH₄-N酸化時の μ_{max} とK_sである。SSの場合と比較するとK_sがSSの場合より1桁大きくなっている。底泥厚を好気性層の5mmとしているので物質の拡散スケールと反応スケールとの比で考えると層厚はK_sにほとんど影響していないと思われる。

5、おわりに

本研究において、塩分の影響によるSS及び底泥の無機態窒素の変換過程と硝化速度を見てきたが、今後これらのミクロな現象をもとにして、河川全体における硝化過程のシミュレーションを目的にし、検討していくつもりである。

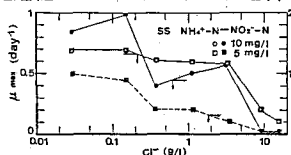


図-10 Clと μ_{max} , K_sの関係 (SS)

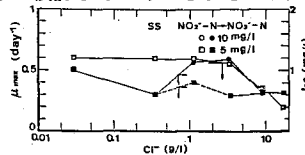


図-11 Clと μ_{max} , K_sの関係 (SS)

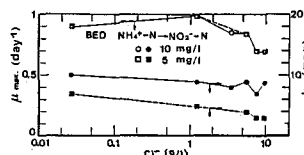


図-12 Clと μ_{max} , K_sの関係 (BED)

<参考文献> 1) G. Knowles, A. L. Downing and M. J. Barrett: Determination of kinetic constants for nitrifying bacteria in mixed culture, with the aid of an electronic computer, J. gen. Microbiol., Vol. 38, pp263-278, 1965.

2) 窒素除去技術集大成、窒素除去技術集大成編集委員会編, 1976

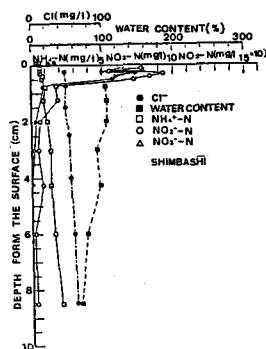


図-6 底泥中の各態窒素分布

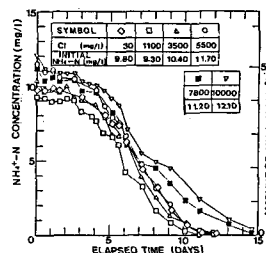


図-7 NH₄-N濃度の経時変化 (BED)

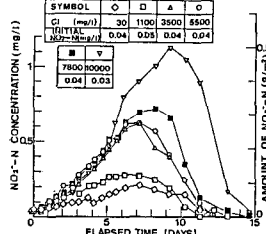


図-8 NO₂-N濃度の経時変化 (BED)

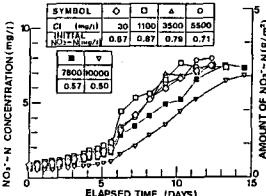


図-9 NO₃-N濃度の経時変化 (BED)