

九州大学工学部 正員 ○古米 弘明 正員 楠田 哲也
同 上 正員 二渡 了
日 本 工 営 正員 松永 忠久

1. はじめに

河川の自浄作用の一つと考えられる硝化過程は河川水中の浮遊懸濁物質と河床底泥によって行われている。研究対象の感潮河川である六角川には、懸濁物質の高濃度水塊が中流部に存在しており、底泥以上に懸濁物質によって硝化が起きている。中流部での長期水質観測結果のうちSSと無機態窒素濃度変化を図-1に示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の増減は潮汐による希釈の効果よりもSS濃度の変動に大きく左右されており、本河川ではSSが硝化に大きく寄与していることが伺える。

従来、河川における硝化活性量の評価はSSあるいは底泥表面積あたりの量で表現されており、それらの多くは硝化菌濃度を含み込んだ総括的活性量指標として報告されてきている。一方、陸水学の分野では、MPN法等による菌体計数で菌体量の分布を現地観測している。しかし、MPNによる計数値を得るには長く時間がかかるうえ、培養期間や発色判定の不明確さによってその値は10のオーダーでばらつくことが考えられる。したがって、存在量の定性的な傾向を知るには有効であるものの定量的な扱いは困難であると思われる。本研究では、動力学的な菌体量推定法¹⁾²⁾を対象感潮河川のSSと底泥に対して適用して、底泥およびSS中の“活性”硝化菌量を推定し、その推定値の意義について検討を加えた。

2. 実験方法

実験に使用した試料は、図-2に示す強混合河川六角川より採取した。上げ潮および下げ潮時に中流部で採取したSSと、河口より27.2、20.6、4.0kmの地点より採取した河床表層底泥である。この底泥は、干潮時に露出する表層1cmの好気層部分である。図-3に実験装置を示す。反応容積1lのポリシリンドラーを用いて空気による曝気攪拌を行うものと容積50mlのガラスバイアルを攪拌振とうして行うものの二種類である。

アンモニア酸化菌および亜硝酸酸化菌量を推定するために、窒素源として $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ を10mg/L添加する反復回分実験を行った。各試料がさらされている塩分濃度条件で一旦アンモニアおよび亜硝酸の硝化をさせたのち再度同一基質を添加し、経時的に各窒素濃度変化を調べた。海水濃度調整のために福岡県津屋崎沖200m地点の砂濾過海水を使用した。なお実験はすべて暗条件で20℃恒温室で行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 硝化菌存在量の推定

硝化菌量を定量的に評価するために、Monodの増殖動力学より誘導可能な以下の

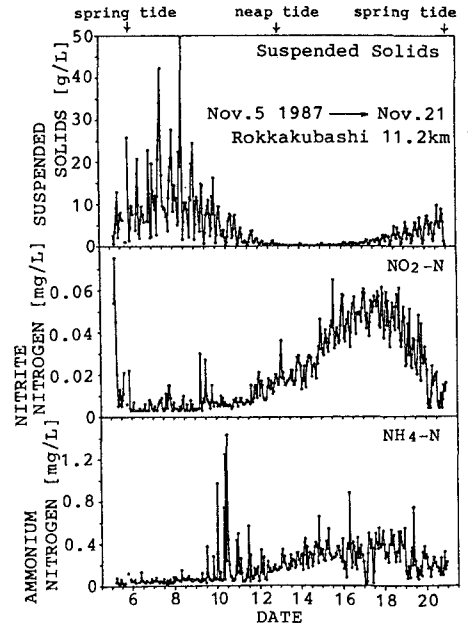


図-1 長期水質観測結果（六角橋 11.2km）

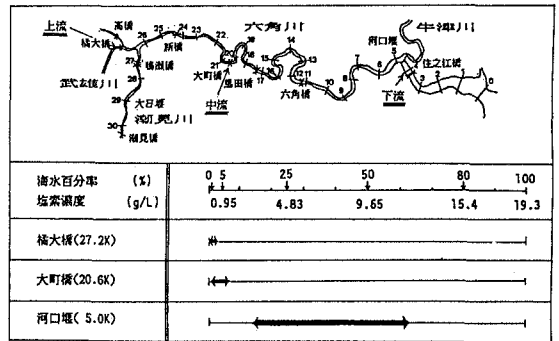


図-2 試料採取地点と観測塩分濃度範囲

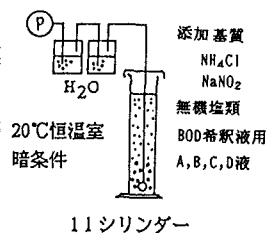


図-3 実験装置

式を用いた。アンモニアおよび亜硝酸酸化に対する増殖収率としてそれぞれ代表的な文献値0.10, 0.05³⁾を仮定して菌体量推定を行なった。

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\ln \left\{ (1 + \bar{X}_{01} - \bar{S}) / \bar{X}_{01} \right\}}{\ln \left\{ (1 + \bar{X}_{02} - \bar{S}) / \bar{X}_{02} \right\}}$$

$$X_{02} = X_{01} + \Delta S \cdot Y$$

ここで、 t ：反応時間 $\bar{S}$ ：無次元化基質濃度(S/S_0)

$\bar{X}_0$ ：無次元化初期菌体濃度($X_0/(S_0 \cdot Y)$)

Y ：増殖収率 添字 1, 2は1回目と2回目の意

反復回分実験において、基質添加1回目と2回目との初期菌体濃度の間に菌体増殖分($\Delta S \cdot Y$)による差が生じ、その結果両者の間の反応時間に違いが生じる。したがって、上式を用いて反応時間の比をとることにより容易に初期菌体濃度(X_0)を推定することができる。

図-4に窒素経時変化の代表例として高濃度塩分水塊中のSSを用いた結果を示す。上述のように1回目と2回目の反応時間には大きな差がみられた。そこで、各実験の $\bar{S}=0.5$ までの到達反応期間 t_1 , t_2 を求め、SSおよび底泥中の硝化菌菌量を推定した。その結果をそれぞれ表-1, 表-2および表-3に示す。SS中のアンモニア酸化菌および亜硝酸酸化菌の存在量の推定値はそれぞれ約60~100および2~4 $\mu\text{g/g}$ (乾泥)であり、底泥のそれは約40~150および4~20 $\mu\text{g/g}$ の範囲にあった。SSと底泥中の存在量にさほど差はみられないが、下流底泥の値が他の底泥の値と比べ高くなっている。下流部で観測されるアンモニア、亜硝酸濃度は非常に低いことから判断して、底泥中の有機物分解に伴って生成されるアンモニアを酸化して生息している硝化菌が存在していることの可能性を示唆している。また、亜硝酸酸化菌量がアンモニア酸化菌量にくらべ低いのは、増殖収率の低さに由来するものと考えられる。

3.2 推定値の検証と応用

これらの推定値の意味を検討するために、以下の考察を加えた。河川を一つの反応器としてとらえると、河川に流入する窒素負荷量によって維持される硝化菌の存在総量は決定されており、その量は定常状態では流入する負荷量に増殖収率をかけ、死滅係数で割ったもので表現できる。さらにその値を河川に存在する懸濁物質および好気状態の底泥量で割ると平均的硝化菌存在量が算定できる。対象河川で硝化作用が活発に起こっていると想定される河口より11~26kmまでの河床表層1cmの底泥量と河川水中に存在する懸濁物質量を満潮時基準で求めると、それぞれ約 2×10^5 , $1 \times 10^7 \text{ kg}$ となる。また、アンモニア流入負荷は約200kg-N/dayであり、死滅係数を 0.05 day^{-1} と仮定すると硝化菌存在量の算定値は約30 $\mu\text{g/g}$ となり、上記の推定値と同じオーダーであることがわかった。このことより、反復回分実験で推定された硝化菌菌量は現存量をほぼ評価可能であることが示唆され、MPN法にくらべ容易に硝化活性を考慮した菌体量の推定が可能である。また、ある水系への大まかな負荷量を逆に硝化菌存在量を実測することで検証できる可能性を示している。

<参考文献>

- 1) Furumai, H. et al.; Proc. Specialized Conf. Coastal and Estuarine Poll., pp192-201, 1987
- 2) 古米ら; 第22回水質汚濁学会講演集, pp103-104, 1988
- 3) Sharma B. and R.C. Ahlert; Water Research, Vol. 11, pp897-925, 1977

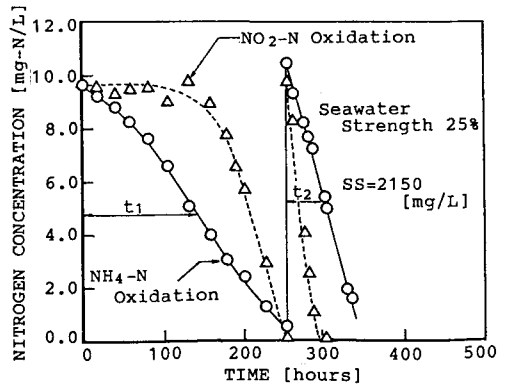


図-4 窒素濃度経時変化 (SSの反復回分実験)

表-1 硝化菌の菌体量推定値 (SS)

試料名	海水濃度 [%] SS [mg/l]	S_0 [mgN/l]	t_1 [hr]	t_2 [hr]	X_0 [$\mu\text{g/g}$]
上げ潮	25 2150	NH ₄ 9.59 NO ₂ 9.66	143.2 209.1	47.7 18.2	102.8 2.3
下げ潮	5 3250	NH ₄ 9.81 NO ₂ 9.87	168.2 165.9	48.8 18.2	62.2 3.7

表-2 アンモニア酸化菌の菌体量推定値 (底泥)

地点	海水濃度 [%] SS [mg/l]	S_0 [mgN/l]	t_1 [hr]	t_2 [hr]	X_0 [$\mu\text{g/g}$]
上流	1 5	9.81 10.00	81.8 65.9	27.3 26.1	94.6 124.4
中流	1 5	10.00 9.74	73.9 55.7	18.2 15.9	42.5 40.3
下流	25 50 80	10.00 10.10 10.03	45.5 89.8 140.9	21.6 36.4 54.5	152.8 93.8 96.5

表-3 亜硝酸酸化菌の菌体量推定値 (底泥)

地点	海水濃度 [%] SS [mg/l]	S_0 [mgN/l]	t_1 [hr]	t_2 [hr]	X_0 [$\mu\text{g/g}$]
上流	1 5	9.65 10.10	161.4 171.6	37.5 31.8	7.7 4.6
中流	1 5	10.10 10.01	176.1 168.2	29.5 25.0	5.7 4.0
下流	25 50 80	10.07 9.95 10.07	147.7 204.5 325.0	47.7 52.3 -	23.5 11.4 -