

II-97 汽水域における窒素の消長に対する藻類・細菌の関与度に関する基礎的研究

日本大学大学院 学員 ○牧瀬 統 山口 哲司
日本大学工学部 正員 松本 順一郎

1. 研究目的

水域の水質保全を図り水域環境の許容量を評価するためには、自浄作用能力を正しく把握し、河川や海域の浄化能力の機構解明をすることが重要である。しかしながら実際河川や海域では、流量収支や物質収支を把握するには余りにも関係因子が多く、自浄作用の機構を解明するのは極めて困難である。

自浄作用に関し、BODを中心とする炭素系物質の研究は多く行われているが、窒素系については、余り研究が行われていない。

本研究は、水域の窒素系自浄作用の機構解明の一連の研究であり、流量および汚濁物質の収支の把握が比較的容易で確実な、室内実験による藻類と細菌の共存の場における、藻類による同化作用および硝化細菌による硝化作用の関係、さらにそれらの量的関係を希釈率の影響により追求し、汽水域について明かにしようとするものである。

2. 実験方法

図-1に実験装置の概略図を、表-1に装置条件を示す。表-2に基質組成を、表-3に各槽の希釈率と滞留時間を示す。実験装置は、完全混合単槽連続撹拌槽を用いて、人工海水の塩分濃度を100%とし、塩分濃度25%系と75%系の2系列にした。基質濃度は全槽一定にし、希釈率を5段階に設定して実験を行った。植種微生物は、郡山市阿武隈川と仙台市蒲生干潟より採取したものをそれぞれ等量づつ混ぜ合わせ、各槽に乾燥重量で12g植種した。

3. 解析方法

(1) 窒素収支率

窒素の形態を割合で表した窒素収支率は、次式のようになる。

$$\text{流出NH}_4^+-\text{N率}(\%) = \frac{F \cdot S_{\text{NH}_4}}{F \cdot S_0 (\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3)} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{流出NO}_2^--\text{N率}(\%) = \frac{F (S_{\text{NO}_2} - S_{\text{ON}_2})}{F \cdot S_0 (\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3)} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{流出NO}_3^--\text{N率}(\%) = \frac{F (S_{\text{NO}_3} - S_{\text{ON}_3})}{F \cdot S_0 (\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3)} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{窒素同化率}(\%) = 100 - \text{流出}(\text{NH}_4^+-\text{N率} + \text{NO}_2^--\text{N率} + \text{NO}_3^--\text{N率}) \quad (4)$$

ここで、 S_0 , S は流入、流出の窒素濃度(mg-N/l)、 F は流量(l/day)である。

(2) NH_4^+-N 消費速度

付着性生物(藻類と硝化菌)による、基質(NH_4^+-N)消費速度は、

$$-R_{\text{CO}} = \frac{F}{A} (S_{\text{ONH}_4} - S_{\text{NH}_4}) \frac{X_{\text{SA}}}{X_{\text{SA}} + X_{\text{SS}}} \quad (5) \quad \text{となる。} -R_{\text{CO}} \text{は} \text{NH}_4^+-\text{N} \text{消費速度}$$

(mg-N/m² day)、 X_{SA} , X_{SS} は付着、浮遊生物量(mg)、 A は有効付着面積(m²)である。

一方、 NO_2^--N 生成速度、 NO_3^--N 生成速度、窒素同化速度は、次式に示される。

$$R_{\text{NO}_2} = \frac{F}{A} [S (\text{NO}_2 + \text{NO}_3) - S_0 (\text{NO}_2 + \text{NO}_3)] \quad (6) \quad R_{\text{NO}_3} = \frac{F}{A} (S_{\text{NO}_3} - S_{\text{ON}_3}) \quad (7)$$

$$R_{\text{AS}} = (-R_{\text{CO}}) - (R_{\text{NO}_2}) \quad (8)$$

ここで、 R_{NO_2} , R_{NO_3} は NO_2^--N , NO_3^--N 生成速度(mg-N/m² day)、 R_{AS} は、窒素同化速度(mg-N/m² day)である。

4. 実験結果と考察

25%系、75%系共に、pHおよび NH_4^+-N , NO_2^--N , NO_3^--N 等の分析結果より実験開始100日~150日までを定常期と判断した。以下、定常期の平均値を用いて、窒素収支率、硝化速度および同化速度について考察する。

図-2に25%系と75%系の窒素収支率を示す。25%系では、流出水中の亜硝酸化率は3~9%、流出硝酸化率は3~13%であり硝化の進行は余り見られていない。窒素同化率は希釈率の低い槽程高く、最大同化率は希釈率0.5day⁻¹の槽での58%である。したがって、消費された NH_4^+-N は殆ど藻類によるものであり、窒素同化率は希釈率の低下に伴って多くなっている。

一方75%系では、流出水中の亜硝酸化率は希釈率が大きくなるに伴い多くなっており、流出水中の硝酸化率についても、希釈率大きくなるにつれて僅かながら多くなっている。窒素同化率については、25%系と同様に希釈率が小さくなるにつれて多くなっている。したがって、希釈率が大きいと硝化菌による硝化が優占され、希釈率が小さいと藻類による窒素の同化が優占される。また、硝化に関しては NO_2^--N 生成が支配的であり、 NO_3^--N 生成は少ない。

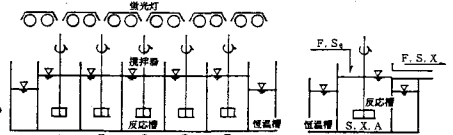


図-1

実験装置

表-1 装置条件

有効容量	5.0 l
付着面積	1322 cm ²
水温	25°C
照度	10,000 lux
回転数	100 rpm

表-2 基質濃度

NH_4Cl mg-N/l	KH_2PO_4 mg-P/l	Na_2HPO_4 mg-P/l
10	0.6	1.5

表-3 各槽の希釈率

Run No.	希釈率 day ⁻¹	滞留時間 hr
A	6.0	4
B	3.0	8
C	1.5	16
D	1.0	24
E	0.5	48

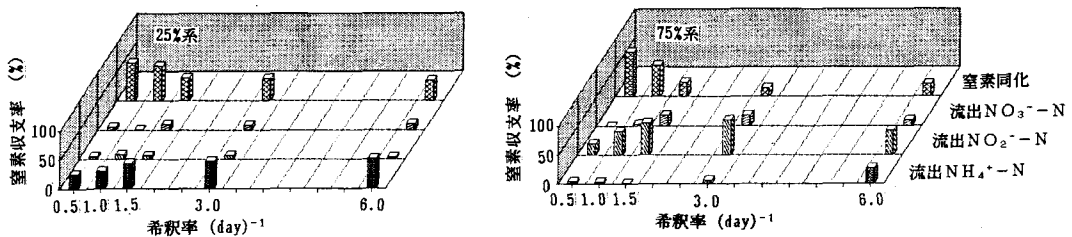


図-2 希釈率と窒素収支率の関係

図-3に、25%系、75%系の希釈率と付着性生物による硝化速度、同化速度の関係を示す。25%系では、希釈率が大きくなるに伴い、 NO_2^- -N生成速度、 NO_3^- -N生成速度は増加しており、それぞれ最大値は希釈率 6.0day^{-1} の槽で、 NO_2^- -N生成速度は $357.5\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であり、 NO_3^- -N生成速度は $287.2\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ である。窒素同化速度も同様に希釈率の増加に伴い比例して増加しており、希釈率 6.0day^{-1} の槽で最大値は $485.2\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であった。

75%系でも25%系と同様に、希釈率の上昇に伴って NO_2^- -N生成速度、 NO_3^- -N生成速度は増加しており、 NO_2^- -N生成速度の最大値は、希釈率 6.0day^{-1} の槽で $1217.0\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であり、 NO_3^- -N生成速度の最大値は、希釈率 6.0day^{-1} の槽の $279.2\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ である。窒素同化速度は、余り顕著な傾向は得られず、希釈率 1.0day^{-1} の槽で最大値の $154.2\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であった。

以上のことから、25%系では希釈率の増加と共に NO_2^- -N生成速度、 NO_3^- -N生成速度、窒素同化速度は増加する。一方、75%系では硝化菌による NO_2^- -Nの生成が支配的であり、希釈率の増加に伴って NO_2^- -N生成速度は増加する。さらに、 NO_2^- -Nに比べて相対的には小さい値であるが、 NO_3^- -Nも増加する傾向にある。また、自然界における硝化作用は、中間生成物の NO_2^- -Nを経て最終生成物である NO_3^- -Nまで殆ど酸化されるが、本実験では、塩分濃度の高い75%系において硝化作用は NO_3^- -Nまで生成されず中間生成物である NO_2^- -Nの蓄積がみられる。また、これは川崎らの行った実験結果と同じ傾向にある。

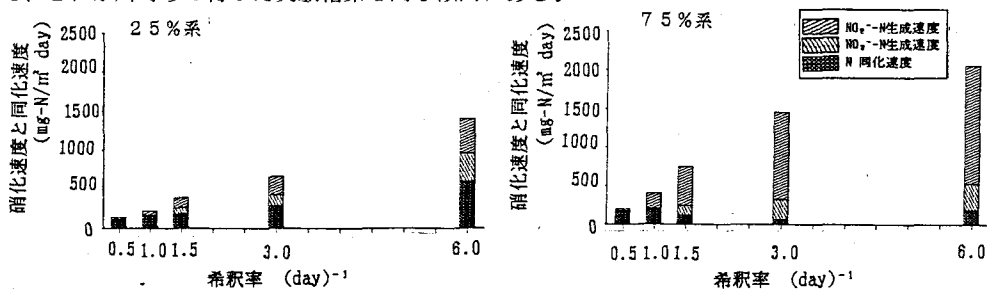


図-3 希釈率と硝化速度、同化速度の関係

顕微鏡観察とコロフィルa,b,cの分析により、各系槽内の優占している藻類を同定した結果、25%系では希釈率の高い槽では、緑藻類の *Ulothrix* と *Chlorella* が優占し、希釈率の低い槽では、藍藻類の *Oscillatoria* と *Phormidium* が優占していた。また、希釈率に関係なく *Amphora* が優占していた。

一方75%系では、全槽緑藻類の *Chlorella*、藍藻類の *Oscillatoria* と *Phormidium*、珪藻類の *Amphora* と *Cymbella* が優占していた。

5. 結論

藻類と細菌を共存させ、汽水域(塩分濃度25%, 75%)における、希釈率の影響について実験を行った結果、次のような結果が得られた。

- (1) 25%系では、硝化作用は余り進行せず、藻類による同化作用が優占し希釈率の低い槽程その割合は高い。
- (2) 75%系では、希釈率が高いと硝化作用が優占し、希釈率が低いと藻類による同化作用が優占する。
- (3) 25%系の硝化速度や同化速度は希釈率に比例して大きくなる傾向にあり、各々の最大値は、 NO_2^- -N生成速度では $358\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ 、 NO_3^- -N生成速度では $287\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ 、同化速度では $485\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であった。
- (4) 75%系の硝化速度は希釈率に比例して大きくなる傾向にあり、各々の最大値は、 NO_2^- -N生成速度では $1217\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ 、 NO_3^- -N生成速度では $279\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であった。同化速度の最大値は $154\text{mg-N/m}^2\text{ day}$ であった。
- (5) 硝化菌は亜硝酸菌より海水(塩分)に対して敏感である。
- (6) 25%系では、希釈率の高い槽で緑藻類の *Ulothrix* と *Chlorella* が優占し、希釈率の低い槽で藍藻類の *Oscillatoria* と *Phormidium* が優占していた。また希釈率に関係なく珪藻類の *Amphora* が優占していた。
- (7) 75%系では、全槽緑藻類の *Chlorella*、藍藻類の *Oscillatoria* と *Phormidium*、珪藻類の *Amphora* と *Cymbella* が優占していた。