

II-102 モデル自然水域における藻類・細菌共存水系での窒素の消長に関する基礎的研究

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

1. 研究目的

炭素系物質についての自浄作用の研究は多く行われているが、窒素系物質の変化機構に関する研究はあまり行われていない。本研究は、水域の自浄作用の機構解明の一連の研究の一つとして、汽水域水系における藻類による窒素の吸収、細菌類による硝化・脱窒素などの相互関係を追求することにより、窒素の消長に及ぼす窒素濃度の影響を明らかにしようとするものである。

2. 実験装置及び方法

図-1に実験装置の概略図を示す。表-1に装置条件、表-2に基質濃度を示す。実験装置は、単槽連続攪拌装置を用いた。植種用藻類及び硝化・脱窒菌は、郡山市阿武隈川、及び仙台市蒲生干潟より採取し、等量ずつ混ぜたもの（乾燥重量で12g）を人工海水の海水濃度を100%とし、海水濃度25%，75%の2系列各5槽に植種した。また、1週間のバッチ培養を行った後、培養液の流入と攪拌を始めてから本実験を開始した。

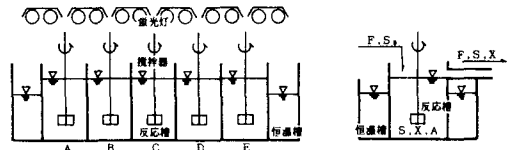


図-1 実験装置

3. 解析方法

(1) 窒素収支率

流量が一定であるので、窒素の形態を割合で表した窒素収支率は、次式のようにになる。

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

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

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

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

ここで、 S_{B}, 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

附着性生物(藻類と硝化菌)による、基質(NH_4^+-N)消費速度は、

$$-R_{\text{CO}} = \frac{F}{A} \frac{S_{\text{B}}(\text{NH}_4) - S_{\text{NH}_4}}{X_{\text{SA}} + X_{\text{SS}}} \quad (5) \quad \text{となる。ここで、} -R_{\text{CO}} \text{は} \text{NH}_4^+-\text{N}$$

消費速度(mg-N/m² day)、 $X_{\text{SA}}, X_{\text{SS}}$ は附着，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、

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

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

ここで、 $R_{\text{NO}_2}, R_{\text{NO}_3}$ は、 $\text{NO}_2^--\text{N}, \text{NO}_3^--\text{N}$ 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

図-2(a),(b)に25%系，75%系の基質濃度と窒素収支率の関係を示す。

図2-(a)より25%系では、基質濃度の高い槽程、流出 NH_4^+-N 率は高い値を示している。また、基質濃度には関係なく、流出 NO_2^--N 率は0.5~8.9%、流出 NO_3^--N 率は0~6.5%程度と何れも低い値であった。さらに、基質濃度の低下に伴い窒素同化率は、高くなる傾向がみられ基質濃度1mg-N/lの槽で84%と最大であった。このことより、全槽共に消費された NH_4^+-N の殆どは、藻類による摂取であると考えられる。

図2-(b)より75%系では、基質濃度の高い槽程、流出 NH_4^+-N 率は高い値を示している。また、流出 NO_2^--N 率は基質濃度の増加に伴い高い値になっているが、基質濃度10mg-N/lの槽を境に基質濃度50，100mg-N/lの槽で低くなっている。流出 NO_3^--N 率は、何れの槽においても低い値であった。さらに、基質濃度が低い槽程窒素同化率は、高くなる傾向がみられ基質濃度1mg-N/lの槽で87%と最大であった。このことより、基質濃度が高いと硝化菌による硝化作用が優勢し、基質濃度が低いと藻類に

表-1 装置条件

有効容量	5.0 l
付着面積	1320 cm ²
設定水温	25℃
照度	10000 lux
回転数	100 rpm
滞留時間	16 hr

表-2 基質濃度

槽	NH_4Cl (mg-N/l)	KH_2PO_4 (mg-P/l)	Na_2HPO_4 (mg-P/l)
A	1	0.6	1.5
B	5	0.6	1.5
C	10	0.6	1.5
D	50	3.0	7.5
E	100	6.0	15.0

よる窒素同化作用が優占するものと考えられる。また、硝化に関しては、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ が支配的であり、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ は少ないことがわかった。

図-3(a),(b)に25%系, 75%系の基質濃度と硝化速度, 同化速度の関係を示す。

図-3(a)より25%系では、基質濃度に関しては、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 生成速度, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 生成速度に余り顕著な傾向はみられなかった。しかし、基質濃度の増加に伴い窒素同化速度は、大きくなる傾向があり基質濃度100mg-N/lの槽で405mg-N/m²dayと最大であった。また、基質濃度の増加に伴い $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 消費速度は大きくなる傾向がみられた。

図-3(b)より75%系では、基質濃度の増加に伴い $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 生成速度は、大きくなる傾向があり基質濃度50mg-N/lの槽で574mg-N/m²dayと最大であった。また、基質濃度に関しては、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 生成速度, 窒素同化速度に余り顕著な傾向はみられなかった。さらに、基質濃度の増加に伴い $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 消費速度は、大きくなる傾向がみられた。自然界における硝化作用は、最終生成物である $\text{NO}_3^- - \text{N}$ まで酸化が進行しているが、ここではかなりの $\text{NO}_2^- - \text{N}$ の蓄積がみられる。これは、亜硝酸菌より硝酸菌の方が海水に対して敏感であるためと思われる。このように反応槽内に $\text{NO}_2^- - \text{N}$ が蓄積される傾向は、酒井、川崎、森藤、牧瀬の行った実験と同じ傾向であった。

このことから、25%系では藻類による $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ の摂取が優占し、基質濃度の増加と共に窒素同化速度は大きくなる。75%系では、硝化菌による $\text{NO}_2^- - \text{N}$ の生成が支配的であり、基質濃度の増加に伴って $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 生成速度は大きくなる。 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 消費速度は、25%系, 75%系の両系共に基質濃度の増加に伴い大きくなる傾向がある。

5. 結論

藻類と細菌の共存する、汽水域（海水濃度25%, 75%）における、窒素濃度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) 海水濃度25%では、硝化作用は余り起こらず、藻類による同化作用が優占していた。
- (2) 海水濃度75%では、基質濃度5mg-N/l以下では藻類による同化作用が優占し、基質濃度10mg-N/l以下では硝化作用が優占される。
- (3) 海水濃度75%系では、硝化作用は $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 生成の段階で蓄積が起こり、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 生成まで硝化が進行していない。これより亜硝酸菌より硝酸菌の方が海水に対して敏感である。
- (4) 海水濃度25%系, 75%系共に基質濃度の増加に伴い、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 消費速度は大きくなる傾向がある。海水濃度25%系では、基質濃度の増加に伴い窒素同化速度は大きくなる傾向があり、最大で379mg-N/m²dayであった。海水濃度75%系では、基質濃度の増加に伴い、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 生成速度は大きくなる傾向があり、最大で574mg-N/m²dayであった。

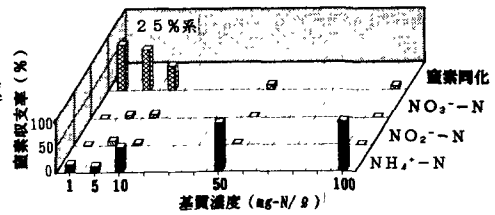


図-2(a) 25%系の基質濃度と窒素収支率の関係

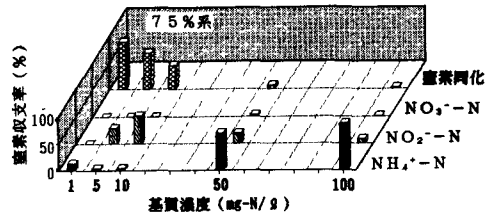


図-2(b) 75%系の基質濃度と窒素収支率の関係

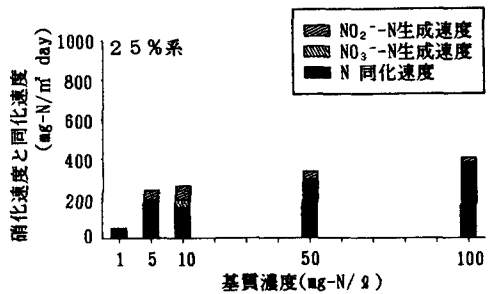


図-3(a) 25%系の基質濃度と硝化速度, 同化速度の関係

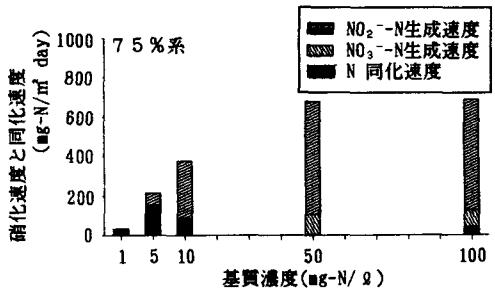


図-3(b) 75%系の基質濃度と硝化速度, 同化速度の関係