

付着生物膜の硝化作用に及ぼす海水濃度の影響

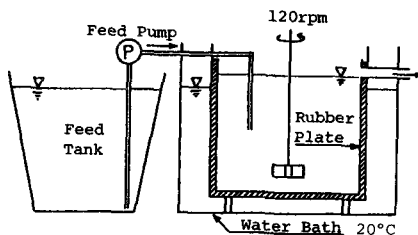
東北大学工学部 正会員 〇川崎重明
東北大学工学部 正会員 松本順一郎
東北大学工学部 学生員 酒井龍司

1 はじめに 生物学的硝化作用は 独立栄養細菌である亜硝酸菌(Nitrosomonas)によるアンモニア性窒素の亜硝酸への酸化および、硝酸菌(Nitrobacter)による亜硝酸の硝酸への酸化の総称である。一般に河川水中における硝化作用は、主として河床に付着した硝化菌によって行なわれると言われている。これは、一般の従属栄養細菌の比増殖速度が $7.2 \sim 17.0 \text{ day}^{-1}$ のに対して、亜硝酸菌で $0.46 \sim 2.2 \text{ day}^{-1}$ 、硝酸菌で $0.28 \sim 1.44 \text{ day}^{-1}$ と違いために流水中で増殖が期待できないこと、および硝化菌の固体表面への付着性等の理由によるものである。河川の河口部においては、潮汐により海水が遡上し、河床の付着生物も海水の影響を受けることとなる。硝化菌に対する Na^+ , Mg^{2+} の影響に関する研究はあるが、海水の影響に関するものは同実験によるものだけであり、これらは純培養の硝化菌を用いている。本研究では、混合培養の付着生物膜の硝化作用に及ぼす海水濃度の影響を連続実験により検討を行なつた。

2 実験装置および方法 実験装置および特性をFig.1に示す。実験装置は3系列を用いた。生物は下水処理場の返送汚泥をアンモニアおよびリンを含む培地で通気培養したものを使用した。馴養した生物を実験装置に入れ2週間固着状態で培養し装置内壁のゴム板に生物膜を形成させた後、Run1の基質(Table 2)を流し徐々に海水の濃度を増加させた。海水はTable 1に示す組成の人工海水を用いた。定常値が得られた後再び段階的に海水濃度を増加させ実験を行なつた。分析は、SSをグラスファイバーフィルター(GS25)を用いて、アンモニア性窒素は、インドフェノール法で、pHは電極法で、亜硝酸性窒素はα-ナフチルアミンスルファニル酸法で、硝酸はCd-Cu還元カラムを用いて亜硝酸に還元した後亜硝酸と同一法でそれぞれ分析を行なつた。また、定常値の得られた後、付着した生物膜をかき取り、MPN法³⁾を用いて、亜硝酸菌数および硝酸菌数を計数した。

3 実験結果および考察

(a) 経日変化について、人工海水の濃度を増加させている時の流出水は、海水濃度が低い時には亜硝酸の濃度が高く、海水濃度が目標値に達し定常期に近づくにしたがって硝酸濃度が上昇した。これは、硝酸菌が亜硝酸菌に比べ海水濃度の変動に敏感で馴致するのに長い時間を必要とすることを示している。また海水濃度が高くなると目標海水濃度に達しても硝酸濃度は上昇せず亜硝酸が蓄積する形となった。これは硝酸菌が亜硝酸菌に比べ低い海水濃度でその活性が阻害されることを示している。



Depth	21.9	cm
Diameter	26.4	cm
Volume	12	L
Attached Area	2360	cm ²
Mixing Condition	120	rpm
$K_L a$	0.17	1/hr
HRT	4	hr
Flow Rate	3	L/hr

Fig. 1 Experimental Apparatus and Its Characteristics

Table 1 Composition of Artificial Sea Water¹⁾ g/l

NaCl	23.476
MgCl ₂ ·6H ₂ O	10.64
Na ₂ SO ₄	3.917
CaCl ₂ ·2H ₂ O	1.46
KCl	0.664
NaHCO ₃	0.192
KBr	0.096
H ₃ BO ₃	0.026
SrCl ₂ ·6H ₂ O	0.04

Table 2 Composition of Substrate

	Sea Water (%)	NH ₄ Cl (mg-N/l)	KH ₂ PO ₄ (mg-P/l)	Na ₂ HPO ₄ (mg-P/l)
Run 1	0	10	0.6	1.5
Run 2	1.5	10	0.6	1.5
Run 3	3.0	10	0.6	1.5
Run 4	5.0	10	0.6	1.5
Run 5	7.5	10	0.6	1.5
Run 6	10.0	10	0.6	1.5
Run 7	15.0	10	0.6	1.5
Run 8	20.0	10	0.6	1.5
Run 9	25.0	10	0.6	1.5

(b) 亜硝酸生成速度について 亜硝酸生成速度と海水濃度の関係を Fig. 2 に示す。海水濃度 5% までは海水濃度の上昇に伴って亜硝酸の生成速度も上昇する。5% でピークをとった後 25% までは $0.5 \sim 0.6 \text{ mg-N/l/hr}$ の亜硝酸生成速度となる。Loveless⁴⁾ らは純粋培養の亜硝酸菌を用いた同分実験で Mg^{2+} および Na^{+} の影響を調べている。彼らによれば、海水濃度で 1~4% 相当の Mg^{2+} は、亜硝酸菌に対して促進的に働き、それ以上ではわずかに阻害的に働く。また 5.7~14% の Na^{+} は促進的に、それ以上では阻害的に働くとしている。今回の結果は Mg^{2+} に関しては彼らの結果と良く一致しているが Na^{+} に関してはあまり一致していない。これは、本研究の基質が海水であり、その成分が影響を及ぼした結果であろうと思われる。また吉田⁵⁾ は海水性の亜硝酸菌の活性が 40~80% の海水中で最大となると報告している。本研究では 5% で最大となっており、これは、淡水性と海水性の違いだと思われる。

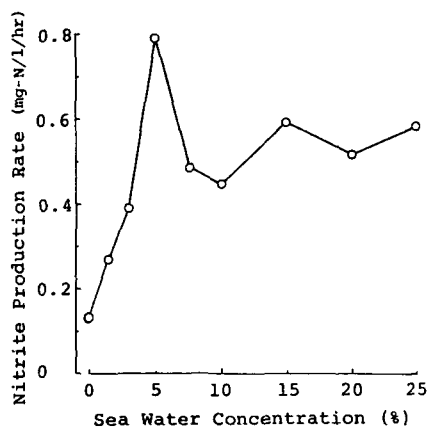


Fig. 2 Relationship between Nitrite Production Rate and Sea Water Conc.

(c) 硝酸生成速度について、硝酸生成速度と海水濃度の関係を Fig. 3 に示す。亜硝酸生成速度と同じ様に海水濃度 5% までは海水濃度の上昇に伴って硝酸生成速度も上昇する。5~10% 付近でピークをとったのち、速度は減少する。これは、硝酸菌の活性が海水中の何らかの成分によって阻害されているためと思われる。

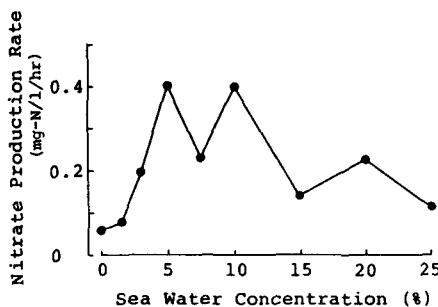


Fig. 3 Relationship between Nitrate Production Rate and Sea Water Conc.

(d) 菌数について、Fig. 4 に亜硝酸菌数および硝酸菌数と海水濃度の関係を示す。この図から、両菌とも海水濃度の増加とともに単位面積当りの菌数が増加していることが分かる。亜硝酸菌で 1 オーダー、硝酸菌で 2 オーダーの増加が見られる。硝化速度のピークが見られた海水濃度 5% 付近ではあまり菌数の増加が見られないことから、この速度の増加は、海水中の成分による両菌の硝化活性への促進作用によるものと思われる。一方、海水濃度が 10% 以上では菌数の指数的な増加にもかかわらず硝化速度の増加が見られず、硝酸菌ではむしろ速度が低下していることから、高濃度の海水中では、硝酸菌の増殖は促進されるが、硝化活性はむしろ阻害されると考えられる。この傾向は硝酸菌に特に強く現われる。Loveless⁴⁾ の研究によれば、5.7~14% の Na^{+} 濃度で亜硝酸菌の増殖は促進され、66% で阻害される。これは本研究の結果とは反対の結果となっているがその原因については不明である。

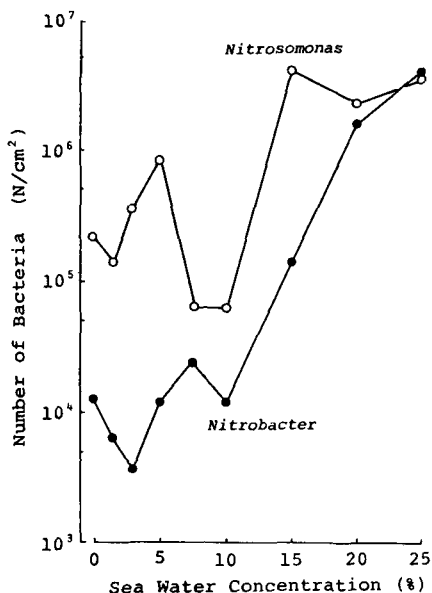


Fig. 4 Relationship between Number of bacteria and Sea Water Conc.

4 まとめ (1) 海水は亜硝酸菌より硝酸菌に対して強い阻害を示す。(2) 亜硝酸菌、硝酸菌とも海水濃度 5% で最大の活性を示す。(3) 海水濃度 10% 以上では増殖は促進するが、硝化活性は低下する。

- 1) 海洋観測指針 日本海洋学会 pp.145
- 2) Sharma, B. et al. Wat. Res. vol.11, 1977, pp.897-925
- 3) 土壤微生物実験法 養賢堂 pp.193-195
- 4) Loveless J.E. et al. J.gen.Microbiol. vol.52, 1968, pp.1-14
- 5) 吉田陽一他 日本水産学会誌 Vol.33, No4, 1967, pp.367