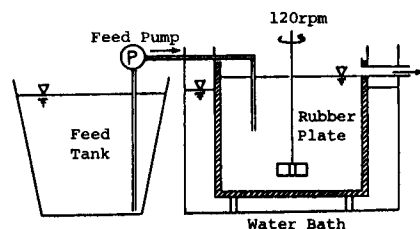


東北大学工学部 正会員 ○川崎重明
 東北大学工学部 正会員 松本順一郎
 東北大学工学部 学生員 酒井龍司

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、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 $2.2 \sim 17.0 \text{ day}^{-1}$ のに対して、亜硝酸菌で $0.46 \sim 2.2 \text{ day}^{-1}$ 、硝酸菌で $0.28 \sim 1.44 \text{ day}^{-1}$ と遅いために流水中での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。紙料培養の硝化菌に対する 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研究は回分実験によるものだけである。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った。



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
Temperature	20	°C

Fig. 1 Experimental Apparatus and Its Characteristics

2. 実験装置および方法 実験装置の概要および特性をFig. 1に示す。実験には3系列の実験装置を用いた。実験には、下水処理場の返送污泥をアンモニアおよびリンを含む培地で通気培養した生物を使用した。馴養した生物を実験装置に移し、週間程度回分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、Run 1の基質(Table 2)を流し徐々に海水濃度を増加させた。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て実験を行なった。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ール法で、pHを電極法で、亜硝酸性窒素をホーナフテルアミンスルファニル酸法で、硝酸性窒素を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測定を行なった。また、定常値が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。

Table 1 Composition of Artificial Sea Water¹⁾ mg/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
Run 10	30.0	10	0.6	1.5
Run 11	50.0	10	0.6	1.5

3. 実験結果および考察

(a) 経日変化について、各Runの間で人工海水の濃度を増加させている時、比較的海水濃度が低い時には流出液中の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対して影響を受け易く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、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。

(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。海水濃度の上昇に伴って、亜硝酸の生成速度は増加する。Loveless⁴⁾らは、純粋培養の亜硝酸菌を用いた回分実験で 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。今回の結果は彼らの結果と一致していない。これは、回分実験と連続実験との相異および、本研究の培養地が海水であり、多種の陽イオンが含まれていることによるものと思われる。また、吉田⁵⁾らは、海水性の亜硝酸菌の活性が40~80%の海水で最大となると報告している。これは、より高濃度で実験を行なわなければならないが、海水性と淡水性による差はあまりないのではないかとと思われる。

(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。亜硝酸生成速度が、海水濃度の上昇に伴って増加するのに対し、硝酸生成速度は、海水濃度が5%までは海水濃度の上昇に伴って増加するが、海水濃度5~10%でピークに達したのち、海水濃度の上昇に伴って減少する。海水濃度が、50%になると硝酸はほとんど生成されなくなる。これは、硝酸菌の硝化活性が、海水中の何らかの成分によつて阻害されたためだと考えられる。

(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。両菌とも海水濃度の上昇とともに菌数が増加していることが分かる。特に硝酸菌では、硝酸生成速度が増加する海水濃度0~10%であまり菌数に変化がないことから、この濃度では、海水が硝酸菌の硝化活性を促進する働きをしているものと思われる。一方、硝酸生成速度が低下する海水濃度10~25%付近では菌数が飛躍的に増加している。これは、この濃度の海水では硝化菌の増殖は阻害されないが、硝化活性は阻害されるためだと思われる。

4. まとめ (1)海水濃度の上昇に伴って、亜硝酸生成速度は増加する。(2)硝酸生成速度は、海水濃度5~10%で最大となり、それ以上の濃度で減少し、50%でほぼ0になる。(3)硝化菌数は海水濃度の上昇に伴って増加する。

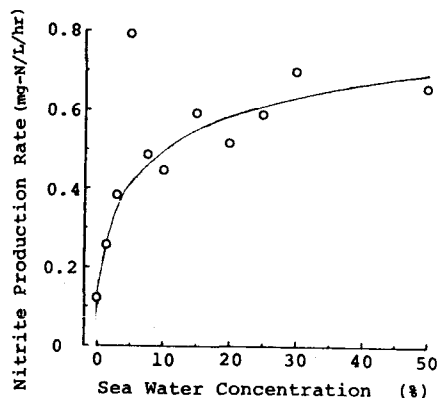


Fig. 2 Relationship between Nitrite Production Rate and Sea Water Conc.

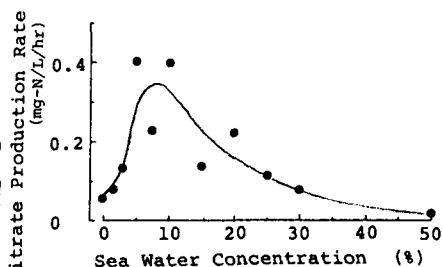


Fig. 3 Relationship between Nitrate Production Rate and Sea Water Conc.

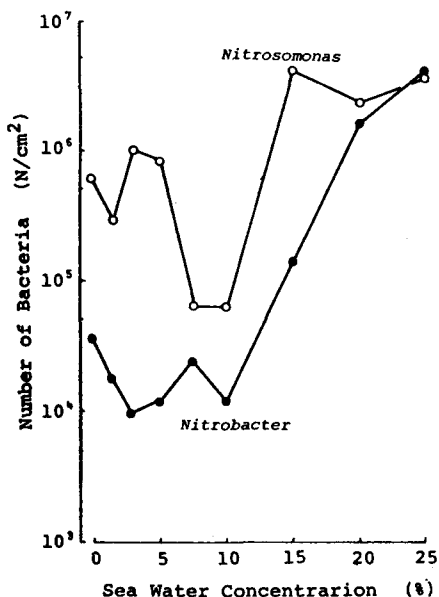


Fig. 4 Relationship between Number of Bacteria and Sea Water Conc.

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