

付着生物による硝化作用に関する基礎的研究

東北大学工学部 正員 花木 啓祐
 東北大学大学院 学生員 ○ 川崎 重明
 東北大学工学部 学生員 山崎 孝彦

1. はじめに

排水規程の設定と下水処理施設の充実に伴って、河川の汚濁は徐々に改良の方向に向かっているものと見られる。しかし、規制の対象となっていないアンモニア性窒素の硝化によってかなりのDOが消費され、さらに富栄養化の要因になると指摘されている。そこで今回は、自然水域をモデル化し、硝化作用についてアンモニア性窒素及び有機炭素濃度を変えて実験を行ないこれを検討したのでその結果を報告する。

2. 実験装置及び方法

図1に本実験に用いた装置の概略を示した。装置は単槽完全混合連続培養槽で、恒温水槽中で $20 \pm 1^\circ\text{C}$ に保った。また、微生物の付着性を良くし、付着生物量の測定のために槽内面にゴム板を設置した。槽は、保温、遮光のために覆いをした。生物群は混合培養系であり実験開始時に少量の活性汚泥を接種した。各Runの基質組成を表1に示す。

試料は東洋紙製GS25で濾過した後、分析に供した。DOはウィンクラーアジ化ナトリウム変法、アンモニア性窒素はインドフェール法、亜硝酸性窒素は、メナフタルアミンスルファニル酸法、硝酸性窒素は、カドミ-銅カラム還元後亜硝酸性窒素として測定した。SSはGS25により濾過し残渣を 110°C で乾燥重量として求めた。他に、TOCを測定した。また定常期に、硝酸菌、亜硝酸菌数をMPN法で、一般細菌を寒天平板法で計数した。

3. 実験結果及び考察

図2にRun1-aの窒素の経日変化を示す。滞留時間(HRT)が4時間と短い為に、定常を得るのに約80日を要した。▲が $\text{NO}_2\text{-N}$ 、△が $\text{NO}_3\text{-N}$ を示す。その差が $\text{NO}_3\text{-N}$ である。30日目頃まで $\text{NO}_2\text{-N}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$ より大きな値をとっているのは $\text{NO}_3\text{-N}$ の還元がうまくいかなかったためである。実際は、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は $\text{NO}_2\text{-N}$ と同じか少し上回る程度であろう。始めに $\text{NO}_2\text{-N}$ が蓄積し、その後 $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加しているこれはまず亜硝酸菌が増殖

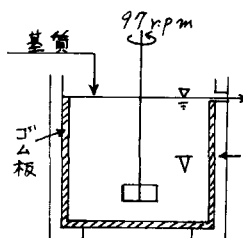


図1 実験装置

表1 基質組成

Run	1a	2a	3a	1b	2b	3b	1c	2c	3c
KH_2PO_4 (mg/L)					2.7				
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (mg/L)					16.6				
NH_4Cl (mg/L as N)	25	10.0	25.0	25	10.0	25.0	25	10.0	25.0
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (mg/L as C)	0	0	0	50	50	50	100	100	100

表2 定常期 平均値

Run	1a	2a	3a	1b	2b	3b	1c	2c	3c
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L as N)	2.45	10.07	24.89	2.48	10.03	25.04	2.20	9.62	24.40
$\text{NH}_4\text{-N}$	0.59	7.44	23.20	0.75	7.88	23.52	1.14	9.10	22.87
$\text{NO}_2\text{-N}$	0.11	0.61	0.15	0.09	0.05	0.05	0.026	0.010	0.044
$\text{NO}_3\text{-N}$	1.30	1.38	1.61	1.10	1.10	0.815	0.341	0.855	0.850
TOC (mg/L)	0.53	0.57	0.49	1.23	0.53	1.17	1.36	1.94	2.12
亜硝酸菌数 (N/cm^2)	10^4	9.1×10^4	2.5×10^5	6.5×10^4	5.2×10^4	1.6×10^5			
硝酸菌数 (N/cm^2)	6.5×10^5	9.5×10^5	6.5×10^5	2.5×10^6	4.6×10^6	6.5×10^6			
一般細菌 (N/cm^2)	2.8×10^4	2.2×10^4	1.7×10^3	1.7×10^6	2.4×10^6	3.8×10^6	3.8×10^6	1.7×10^6	2.0×10^6
付着生物量 (mg/cm^2)	0.2	0.9	0.3	0.4	0.5	0.4	2.2	3.2	2.2

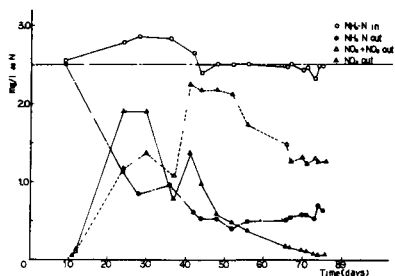


図2 Run1-aの窒素経日変化

し $\text{NO}_2\text{-N}$ が蓄積し、その結果 硝酸菌がこれを基質として増殖する為である。

表2に各Runの定常期における各形態の窒素濃度、TOCの平均値と付着生物の菌数及び重量を示す。

図3に流入アモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)と硝化反応速度($r_{\text{NO}_2\text{-N}}$)
 $= D(\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} - \text{NO}_2\text{-N}_0 - \text{NO}_3\text{-N}_0)$ の関係を示す。基質
 $\text{TOC} = 0$ の各Run (0で示す) のうち $\text{NH}_4\text{-N}$ が 25 mg/l
 の硝化反応速度が低くなっているのは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が低い為
 としか亜硝酸菌の増殖を制限している為であろうと思われる。実

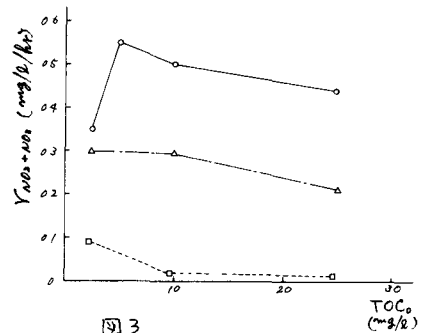


図3.

際MPN試験でも他のRunより亜硝酸菌数は少なくなっている。また硝化反応速度は $\text{NH}_4\text{-N}$ 5 mg/l 附近で最大となり、その後再び低下してしまうが、この程度の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度での阻害は考えられないので他の理由があるものと思われるが、今のところはっきりしていない。基質 $\text{TOC} = 5, 10 \text{ mg/l}$ の各Runでは、ピークがなくなり $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加に伴い硝化速度も下がる。これは、グルコースの添加によって従属栄養細菌が増える為だと考えられる。そこで、 TOC 除去速度 ($r_{\text{TOC}} = D(\text{TOC}_0 - \text{TOC})$) に対して硝化速度をプロットしたものを図4に示す。これは従属栄養菌と硝化菌の活性の比較と見てよく、従属栄養菌の活性が上がると硝化菌の活性が低下する。これは、グルコース添加のRunでは、糸状菌が増殖し生物膜がかなり厚いものになってしまう為、槽内DOがそれほど低い値でなくとも、生物膜内部でのDOレベルの低下によって硝化反応活性を阻害する方向に働く為と考えられる。

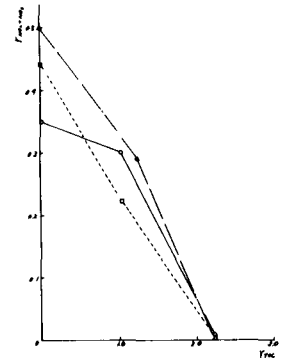


図4

図5に、流入 TOC と 亜硝酸菌 硝酸菌、一般細菌の関係を示した。流入 TOC の増加に伴って一般細菌数は急増する。一方、亜硝酸菌 硝酸菌は流入 TOC が増加すると減少する方向にある。これは前にも述べた様に、グルコースによる阻害と考えるより、一般細菌の増殖により、DOの摂取がますます多くなる為と考えるのが妥当であろう。事実、流入 $\text{TOC} = 10 \text{ mg/l}$ のRun 1, 2, 3C では、MPN試験に供した試料の残りを1日放置したと3 嫌気性菌が増殖し、黒くなってしまった。したがって、生物膜内でのDOレベルはかなり低くなり、ところによっては嫌気の状態になる、というものと思われる。

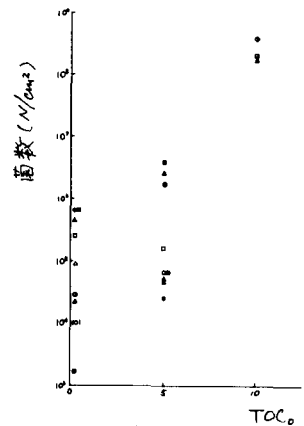


図5

まとめ

1. グルコース無添加の場合 硝化速度は $\text{NH}_4\text{-N} = 5 \text{ mg/l}$ 附近で最大となる。グルコース添加時には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加に伴い、硝化速度は下がる
2. グルコース濃度の増加に伴い硝化速度は低下する。

参考文献 1) 八木橋 郎也; 下水処理施設における窒素除去に関する研究 建設省土木研究所

2) Bhavender Sharma & R.C. Aher; Nitrification and nitrogen removal, Water Research Vol 11 (1979)