

連続培養槽による付着生物の硝化作用について

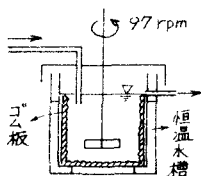
東北大学大学院 学生員 ○ 勝山 裕之
東北大学工学部 正 員 松本順一郎
東北大学工学部 学生員 中島 正夫

1. はじめに 我々は河川の水質汚濁機構の解明のため、単槽連続培養槽を用いて主に他栄養性付着生物群の増殖とそれに伴う有機物の形態変化について実験を進め、数々の報告を行ってきた。¹⁾²⁾

また、廃水が放流されている自然河川において溶存酸素の消費源としての硝化反応の重要性が指摘されている。³⁾⁴⁾ そこで今回は今までの一連の研究に関連させて窒素の形態変化や硝化反応速度について実験的検討を行なったのでその結果と報告する。

2. 実験装置及び方法 実験装置は単槽完全混合連続培養槽で図1に概略と装置諸元を示す。槽内の側面には付着生物量測定のためのゴム製小板を多数設置した。槽は霧いとして遮光し、混合及び再曝気のため撹拌器2枚利根によって撹拌した。生物群は混合培養系であり、実験開始時に極少量の活性汚泥を接種した。グルコースと単一C源、塩化アンモニウムを単一N源とした基準基質組成を表1に示す。

図1 実験装置



容量 12 l
付着総面積 2610 cm²
 R_{La} 0.11 hr⁻¹
水温 20±2°C

槽内の分析試料は東洋濾紙SS測定用メンブレンフィルターGS25で濾過した。溶存酸素はウインクラー・アジ化ナトリウム変法、CODは重クロム酸カリウム法、アンモニアは窒素はイ、ドフェノール法、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素はカドミウム・銅カラム還元によるGR法である。SSはGS25フィルターで濾過し、残渣を110°C乾燥重量として求めた。付着生物量はゴム製小板上の付着生物を秤量用ろ紙にかき落とし、単位面積当たりの110°C乾燥重量として求めた。

表1 基準基質組成

グルコース	18%
NH ₄ Cl	19%
KH ₂ PO ₄	2.72%
Na ₂ HPO ₄	6.63%
水道水	

表2 定常期の平均水質

Run No.	供給基質	停留時間 hr	DO mg/l	NH ₄ -N mg/l	NH ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l
1	(株)×0.5	4	2.33	2.28	0.90	0.95	0.235
2	×××5	8	2.67	2.63	1.1	0.92	0.260
3	×××5	16	3.24	1.94	0.41	0.47	0.012
4	××1	8	2.04	4.47	2.40	1.67	0.56
5	××1	16	1.79	4.50	2.75	1.65	0.674
6	××1	16	1.66	4.71	2.75	1.72	0.356
7	××1	2	2.57	5.91	0.67	0.77	0.244
8	××1	4	1.90	4.50	2.75	1.72	0.091
9	××1	24	1.36	4.78	2.11	1.75	1.581
10	××0.5	2	3.34	2.20	1.2	1.9	0.429
11	××0.5	4	2.85	2.27	1.25	0.75	0.53
12	××0.5	24	2.23	2.20	0.30	0.5	0.95
13	××0.25	2	3.28	1.34	0.44	1.1	1.89
14	××0.25	4	3.99	1.5	0.26	0.29	0.718
15	××0.25	8	3.40	0.8	0.08	0.07	0.225
16	××1.5	8	1.65	4.80	3.35	0.61	0.283
17	××1.5	16	1.31	6.74	4.96	0.04	0.616
18	××1.5	24	1.07	6.75	5.49	0.07	0.416
19	××2	8	0.91	5.04	8.33	0.03	0.065
20	××2	16	1.11	5.6	7.73	0.03	0.145
21	××2	24	1.21	9.34	6.27	0.00	1.255

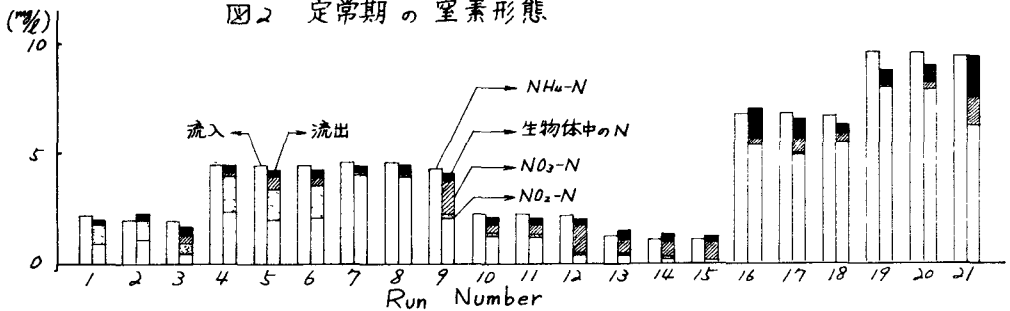
3. 実験結果及び考察

1) 窒素の形態変化 主に3形態の窒素濃度から判断した定常期の平均水質を表2に示す。

表2をもとに定常期の窒素形態を表わしたのが図2である。図中の生物体中のNとは生物体の10%がNから成っていると仮定し流出生物量(SS)から求めたものである。流入と流出の収支はよく合っており、脱窒はほとんど起こっていないと判断できる。Run7と8はほとんど硝化が進まなかった。これは負荷が高過ぎたためと推察されるので停留時間が4時間以下、供給基質が(表1×1)以上の実験条件については実験を行わなかった。自然界における硝化作用は一般にNO₂-Nの蓄積は少なく、NO₂-Nのほとんど全量がNO₃-Nに酸化されるがRun1~6ではNO₂-Nの蓄積が見られる。これは亜硝酸生成菌が硝酸生成菌より優先となっているためと考えられる。また、流入濃度が同じ場合には停留時間の長い系の方が硝化がより進んでいることがわかる。

2) 硝化作用の速度 NH₄-N除去速度($-Y_{NH_4-N} = \frac{1}{2}(NH_4-N_0 - NH_4-N)$)に対して硝化反応速度($R_{NO_2+NO_3} = \frac{1}{2}(NO_2-N + NO_3-N - NO_2-N_0 - NO_3-N_0)$)

図2 定常期の窒素形態



をプロットしたのが図3である。一般に硝化反応速度は $\text{NO}_2\text{-N}$ 生成速度で表わされるが、本実験では $\text{NO}_2\text{-N}$ の蓄積がみられるので $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ の生成速度をもって硝化反応速度とした。除去された $\text{NH}_4\text{-N}$ には生物体中のNに転換される $\text{NH}_4\text{-N}$ も含まれているので図中に破線で示した1対1の直線とは一致しないが、ほぼ直線関係にあり以下に述べる議論においても $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去速度と硝化反応速度はほぼ同じ傾向を示すことがわかる。また生物体へのNの転換を除くと相関係数 $r=0.912$ となり高い相関がある。

図4に硝化反応速度に及ぼす滞留時間の影響を示す。流入基質濃度が(表1×0.5)以下では滞留時間が短いほど $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ は大きくなり、(表1×1.5)以上になると $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ は流入基質濃度の影響を大きく受け滞留時間の影響とあまり受けないことがわかる。(表1×1)の流入基質濃度の場合は滞留時間4時間以下では槽内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高くなるため硝化はあまり進まないが滞留時間8時間で $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ が最大値を示し、滞留時間が長くなるに従って $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ は小さくなる。

図5は供給 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量と硝化反応速度の関係を表わしたものである(Run-7と8は除く)。破線で囲んだ6点はRun-16~21を示すものであるが、この6点を除くとはほぼ線型関係を満足している。したがって(表1×1)以下の流入基質濃度では供給基質負荷量が硝化反応速度を支配するが、(表1×1.5)以上の流入基質濃度では槽内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の影響が現われ、供給基質負荷量の影響を受けないようである。

4. まとめ

- (1) 流入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が約5 mg/l 以下で、かつ供給 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量が約15 mg/hr 以下では、硝化反応速度は滞留時間に依存し、供給基質負荷量と線型関係にある。
- (2) 流入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が約7 mg/l 以上、または供給 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量が約15 mg/hr 以上では、槽内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高くなり、硝化反応速度はその影響を受けるようになる。

図3 $-\text{K}_{\text{NH}_4\text{-N}}$ VS $\text{K}_{\text{NO}_2 + \text{NO}_3}$

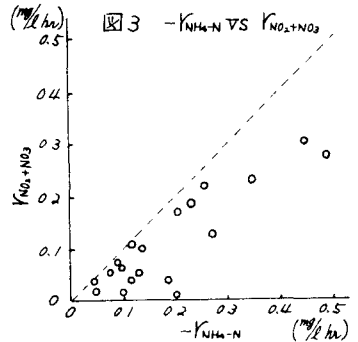


図4 滞留時間 VS $\text{K}_{\text{NO}_2 + \text{NO}_3}$

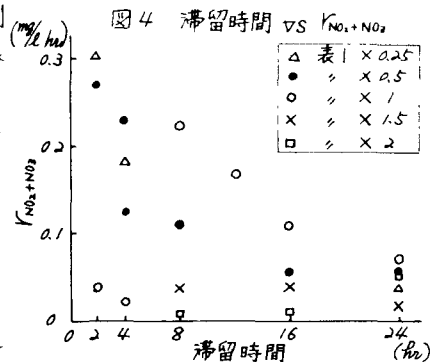
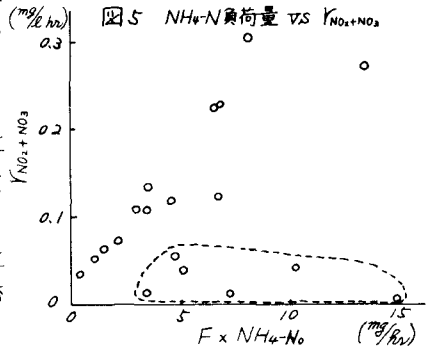


図5 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量 VS $\text{K}_{\text{NO}_2 + \text{NO}_3}$



＜参考文献＞ 1) 大垣貞一郎、勝山裕之、荻本俊一郎：連続槽による付着生物の増殖動態について、日本水質汚濁研究会第11回水質汚濁に関するシンポジウム講演集(1977) 2) 勝山裕之、荻本俊一郎、大垣貞一郎：付着生物群による有機物の形態変化に関する実験、第32回年次講演会 3) Stratton, F.E and McLarty, P.L: Prediction of nitrification effects on dissolved oxygen balance of streams, Environ. Sci. and Technology Vol.1 No.5 (1967) 4) Courchesine, R.J: Industrial Waste Treatment Conf. Purdue Univ. (1963)