

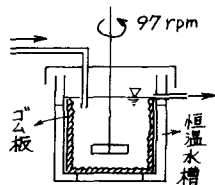
静岡県土木部 正員 勝山 裕之
東北大学工学部 正員 松本順一郎
東武鉄道(株) 正員 中島 正夫

1. はじめに. 我々は河川の水質汚濁機構の解明のため, 単槽連続攪拌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, 水質汚濁においては有機物だけでなく窒素化合物の挙動も重要であり, 特に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速度について実験的検討を行なったのでその結果を報告する.

2. 実験装置及び方法. 実験装置は単槽完全混合連続攪拌槽で図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. 槽は覆いをして遮光し, 混合及び再曝気のため櫂型2枚羽根によって攪拌した. 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. グルコースを単一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.

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GS-25で濾過した. 溶存酸素はウィンクラー・アジ化ナトリウム変法, CODは重クロム酸カリウム法, アンモニア性窒素はインドフェノール法, 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GS-25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つぼにかき落とし, 単位面積当りの110°C乾燥重量として求めた.

図1. 実験装置.



容量 12ℓ
付着総面積 2610cm²
R/La 0.111hr⁻¹
水温 20±2°C

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	滞留時間 hr	DO mg/l	NH ₄ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l
1	(係1)×0.5	4	2.33	2.28	0.90	0.905	0.025
2	〃×0.5	8	3.67	2.03	1.11	0.892	0.010
3	〃×0.5	16	3.26	1.94	0.81	0.471	0.612
4	〃×1	8	2.04	4.49	2.40	1.672	0.156
5	〃×1	12	1.98	4.50	2.05	1.360	0.674
6	〃×1	16	1.66	4.30	2.15	1.426	0.356
7	〃×1	2	2.57	4.68	4.09	0.077	0.044
8	〃×1	4	1.80	4.64	3.95	0.049	0.091
9	〃×1	24	1.36	4.28	2.10	0.175	1.581
10	〃×0.5	2	5.39	2.26	1.27	0.148	0.429
11	〃×0.5	4	2.87	2.27	1.25	0.075	0.453
12	〃×0.5	24	2.25	2.20	0.43	0.086	1.282
13	〃×0.25	2	5.28	1.34	0.44	0.059	0.589
14	〃×0.25	4	3.99	1.16	0.26	0.028	0.718
15	〃×0.25	24	3.46	1.08	0.08	0.017	0.925
16	〃×1.5	8	1.65	6.80	5.35	0.061	0.283
17	〃×1.5	16	1.31	6.79	4.96	0.084	0.616
18	〃×1.5	24	1.07	6.75	5.49	0.037	0.416
19	〃×2	8	0.91	9.64	8.03	0.013	0.065
20	〃×2	16	1.11	9.56	7.93	0.063	0.145
21	〃×2	24	1.21	9.34	6.27	0.060	1.253

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. 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. 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, Run-1~6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滞留時間が長い方が硝化がより進んでいることがわかる.

2) 硝化速度. NH₄-N除去速度 ($-r_{NH_4-N} = \frac{1}{t}(NH_4-N_0 - NH_4-N)$) に対して硝化速度 ($r_{NO_2-N+NO_3-N} = \frac{1}{t}(NO_2-N + NO_3-N - NO_2-N_0 - NO_3-N_0)$) をプロットしたのが図2である. 一般に硝化速度はNO₃-N生成速度で表わされるが, 本実験ではNO₂-Nの蓄積がみられるのでNO₂-N + NO₃-Nの生成速度をもって硝化速度とした. 除去されたNH₄-Nには生物体中のNに転換されるNH₄-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NH₄-N除去速度と硝化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3に硝化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 $Y_{NO_2+NO_3}$ は大きくなり、(表1×1.5)以上になると $Y_{NO_2+NO_3}$ は流入基質濃度の影響を大きく受け、滞留時間の影響を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、滞留時間4時間以下では槽内 NH_4-N 濃度が高くなるため硝化速度は小さいが、滞留時間8時間では $Y_{NO_2+NO_3}$ が最大値を示し、滞留時間が長くなるに従って硝化速度 $Y_{NO_2+NO_3}$ は小さくなる。

図4は供給 NH_4-N 負荷量と硝化速度の関係を表わしたものである。(Run-7, 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 NH_4-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。

3) 硝化による酸素消費 定常状態の場合は、酸素供給速度と酸素消費速度は釣り合っている。

$$\left(\frac{dO_2}{dt}\right)_{消費} = \left(\frac{dO_2}{dt}\right)_{供給} = D(C_0 - C) + K_{La}(C^* - C)$$

D : 稀釈率($1/hr$)、 C_0 : 流入溶存酸素濃度(mg/l)、 C : 槽内溶存酸素濃度(mg/l)、 C^* : 飽和溶存酸素濃度(mg/l)、 K_{La} : 総括酸素移動容量係数($1/hr$)

から定常状態の酸素消費速度を求めることができる。

また、生成された NO_2-N 、 NO_3-N の量から次式によって硝化に使われた酸素量を求めることができる。

$$\text{硝化に使われた } O_2 (mg/hr) = D(3.22 NO_2-N + 4.33 NO_3-N)$$

上の式より硝化が比較よく進んでいる系では硝化に使われた酸素量が全体の酸素消費量の20~50%を占めていることがわかった。槽内溶存酸素濃度と硝化による酸素消費速度の関係を図5に示す。この図から硝化による酸素消費と槽内DOの間に明らかな関数関係は認められないが、槽内DOが2 mg/l 以下になると硝化による酸素消費速度は低下し始める傾向がある。本実験においてはDOが1 mg/l 以上あれば硝化は進むが、2 mg/l 以下になるとDOが硝化速度に影響を及ぼす因子となり得ることが推測される。

4. まとめ 1) 硝化速度は槽内 NH_4-N が約4 mg/l 以上では NH_4-N 濃度の影響を受けるが、それ以下では滞留時間の影響を受け供給基質負荷量と線型関係にある。2) DOが約2 mg/l 以下になるとDOが硝化速度に影響を及ぼす因子となり得ることが推測できる。

<参考文献> 1) 大垣真一郎・勝山裕之・松本順一郎; 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・松本順一郎・大垣真一郎; 第32回年次講演会。3) Stratton, F.E and McLarty, P.L; Environmental Science and Technology Vol. 1, No.5 (1967)。4) Courchaine, R.J; Industrial Waste Treatment Conf. Purdue Univ. (1963)。

