

——窒素の挙動について——

宮崎大学工学部 正 石黒政儀 正 渡辺義公 正 増田純雄
宮崎大学工学部 学○井上忠典 学 昌木勇二

1. はじめに 本文では表題の第5報に引き続く研究報告であり、第5報図-1の実験装置を用いて公共用水域での富栄養化現象の一因といわれるN化合物の除去($\text{NH}_3\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$)に関し、連続流と回分実験を1974年5月より12月まで行なった結果、回転円板法の好気性硝化槽だけでも硝化のみならず脱窒素がきわめて効率よく進行することを報告する。

2. 回転円板法による硝化・脱窒素の機構 本法による好気性硝化槽(1段~3段)での硝化・脱窒の機構をモデル化すると図-1のようになると考えられる。二次処理水中の $\text{NH}_3\text{-N}$ とわずかの残留有機性窒素は接触板表面の生物に吸着し、資化され、生物体の増殖に使われる。それらはさらに空気中からの酸素による酸化と硝化細菌のNitrosomonasによって $\text{NH}_3\text{-N}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$ になり、さらにNitrobacterによって $\text{NO}_2\text{-N}$ が $\text{NO}_3\text{-N}$ になり、その一部は嫌気性生物層にて還元され、Pseudomonas, denitrificansなど脱窒菌の働きで $\text{NO}_3\text{-N}$ が N_2 となり、このような過程で脱窒素が進行するものと考えられる。

3. 連続流実験 1) 実験条件: 流入原水の水温は16~30℃であり、流量: 0.9~4.6 (l/min)、pH: 6.8~7.5(無調整)、BOD: 20~60 ppm、COD: 10~50 ppm、 $\text{NH}_3\text{-N}$: 13~96 ppmであった。円板の回転数を6.5, 7, 10 rpmと調整し、5月~12月にわたって各段ごとに週1~2回の水質検査を下水試験法に基づいて行なった。

2) 実験結果と考察: 本実験における各段でのBOD、COD、DO、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ などの変化の一例(7月22日)を図-2に示す。 $\text{NH}_3\text{-N}$ は原水の36.7 ppmが3段までで4.6 ppmに減少し、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は0 ppmから2段で1.3 ppm、3段で0.8 ppmと変化し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は0 ppmから27.3 ppmに増加し、約1.5時間の接触時間できわめて効率よく硝化が進行する。このときのBODは53から6 ppmに激減し、DOは0 ppmから5.2 ppm(3段)と増加した。

硝化過程における $\text{NH}_3\text{-N}$ の減少を各月別平均値として示したものが表-1および図-3である。図-3の横軸は流入原水、1、2、3段の出口を、縦軸は $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度を示し、図中には各月の円板単位面積当りの流入負荷($\text{NH}_3\text{-N}$ $\text{g/m}^2\text{d}$)が示してある。表からわかるように平均流入水温が19~29℃の範囲において常に90%前後の硝化が起っており、硝化反応はこの程度の温度範囲でそれほど水温に左右されず、高い処理効果が得られた。図-3でわかるように流入 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は異っているが、3段での流出水はすべて2~5 ppmにまで低下している。この結果は前年度に得られた $\text{NH}_3\text{-N}$ 面積負荷と除去曲線に一致している。

3. $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の和をT-Nとし、1~

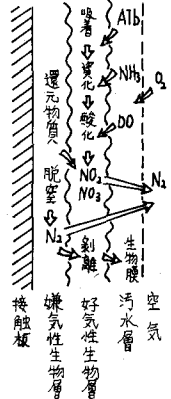


図-1 脱窒機構

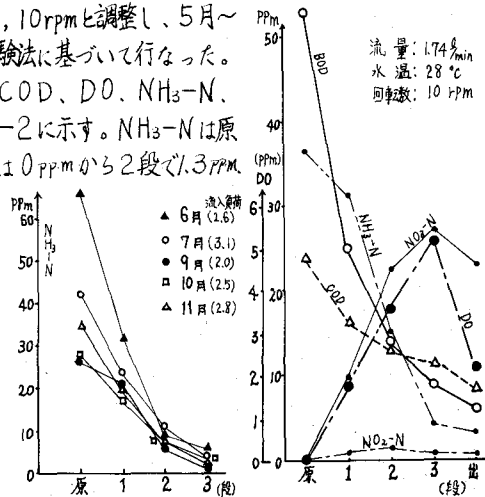


図-2 水質変化

図-3 $\text{NH}_3\text{-N}$ の減少

サン プル 数	流入 (ppm)	1段 (ppm)	2段 (ppm)	3段 (ppm)	除去率 (%)	回転数 (r.p.m.)	水温 (°C)	流入負荷 ($\text{g/m}^2\text{d}$)
6月 4	66.6	31.9	9.4	3.5	95	6.5	25	2.6
7月 5	42.3	24.0	10.5	4.3	90	10.0	29	3.1
9月 3	26.5	21.0	6.2	2.3	91	10.0	26	2.0
10月 4	26.7	17.8	7.7	4.5	83	7.0	22	2.5
11月 3	34.7	19.9	8.4	2.9	92	7.0	19	2.8

表-1 各月別の $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均濃度と水質条件

段の好気性条件下での脱窒率は6月～8月にかけて、50～70%が得られたが、10月から12月にかけて脱窒率は低下した。これはアルブミニノイド窒素の季節変動によるものと思われる。

流入BOD負荷と硝化・脱窒の関係を図-4に示す。図中にはBOD負荷と硝化の関係が黒丸印、脱窒との関係が白丸印で示してある。この図よりNH₃-N除去率はBOD負荷2.5g/m²・d以下では90～100%、同じく4g/m²・d以上になると50%前後となり、除去可能負荷と不可能負荷とがはっきり区別できる。脱窒とBOD負荷の関係はBOD負荷変動に対して硝化との関係ほど顕著に除去が進むことはないが、BOD1g/m²・d前後で70%、4g/m²・d前後では10%となり、BOD負荷が低いほど窒素除去率が高いといえる。以上のことから、硝化・脱窒効率にはBOD負荷と密接な関係にあることが判明した。

4. 回分実験 1) 実験条件: 円板第1段と第3段に原水を注入し、流入を止めた状態で0時間より1時間ごとに5時間までの水質検査を行ない、硝化・脱窒の経時的変化を測定した。本装置により5月から12月まで常時連続流で運転しつつ、本実験を週一回行なった。実験開始時のpHの範囲は7.0～7.5(無調整)、水温15～28℃、BOD濃度は17～44ppm、NH₃-N濃度は20～70ppmである。

2) 実験結果と考察: 回分実験を総計18回行なった結果、硝化反応速度係数は第1段でK'=0.30～1.95、第3段でK'=0.30～1.75と変動し、本実験による水質範囲では水温による顕著な変化は認められなかつた。原水NH₃-N20～70ppmは3時間後に2～10ppmに低下した。図-5は1段と3段のK'値比較例で、表-2は実験日とその先日の水質である。両者のK'値が逆転しているが、ここで3段のK'が1段より大きいのは7月29日の流入BODが57ppm(通常は30ppm前後)と高く、硝化菌よりもBOD酸化菌が激増していたためである。また1段のK'が3段より大きいのは1段に通常とあまり変わらないNH₃-N、BOD濃度が供給されたのに対し、3段には2日間1.7ppm程度のNH₃-N濃度が供給されていたのが急に24.3ppmのものが注入されたためである。一般に各槽では水質に順応した生物群が生育しており、BOD酸化細菌は2.31～8.69時間、硝化菌は31時間という世代時間の相違もまたこのような結果をもたらした原因の一つと考えられる。しかし、両者とも、5時間後のNH₃-N除去率は80～90%に達している。このことより本法の硝化能力は大きく、負荷変動にも充分対応し得ることがわかる。

5. おわりに 回転円板法による窒素の挙動として硝化・脱窒に関する連続流・回分実験結果を述べたが、好気性円板槽のみでNH₃-Nは2.0～3.1g/m²・dの負荷で90%前後の硝化率となり、BOD負荷2.5g/m²・d以下では90～100%、4g/m²・d以上では50%前後の硝化率となる。脱窒はBOD負荷のみならず水温とも密接な関係がある。回分実験の結果から原水NH₃-N20～70ppmが約3時間で2～10ppmに減少し、負荷変動にも強いことが判明した。今後は第4槽での嫌気性脱窒素についても研究を進めたい。

参考文献 (1)石黒・渡辺・増田・都原:回転円板法による下水三次処理に関する報告(第5報)、昭和49年度土木学会西部研究発表会論文集、1975-2-23
(2)石黒・渡辺・増田・山口:回転円板法による下水三次処理の実験的研究、第11回下水道研究発表会講演集、1974年5月20日
(3)橋本賛:微生物と汚物・汚水処理技術 Vol.1、No.3、1960年8月

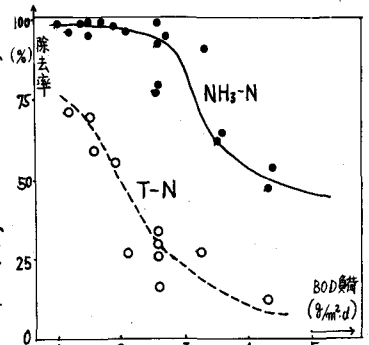


図-4 BOD負荷とNH₃-N、窒素除去との関係

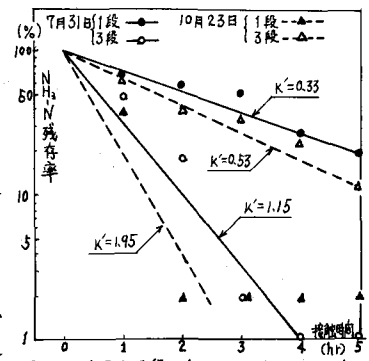


図-5 1段と3段における硝化速度係数の比較

	7月29日		7月31日		
	NH ₃ -N	BOD	NH ₃ -N	BOD	NH ₃ -N除去率
1段	34.1ppm	57ppm	38.7ppm	32ppm	81%
3段	11.5ppm	12ppm	31.5ppm	35ppm	99%

	10月22日		10月23日	
	NH ₃ -N	BOD	NH ₃ -N	BOD
1段	18.4ppm	22ppm	24.9ppm	24ppm
3段	1.7ppm	16ppm	24.3ppm	22ppm

表-2 実験日と先日の初期水質