

宮崎大学工学部 正員 石黒政儀

宮崎大学工学部 正員 渡辺義公

鹿児島高専 正員 ○西留 清

1. はじめに 筆者らは先に固定生物膜による基質除去過程の定常動力学式を提示し、回転円板法の浄化機構を論じた¹⁾²⁾。この動力学モデルでは生物膜内の基質除去速度を0次反応と仮定している。本文では浮遊性微生物を用いた回分実験により求めた生物学的硝化反応の次数と速度および回転円板法による硝化過程での円板回転速度と水温の影響について報告する。

2. 生物化学的硝化における反応の次数と速度 図-1は浮遊性微生物を用いた回分実験の結果で、硝化反応が0次反応であることを明示している。(実験装置、実験条件は文献を参照。)また、 $\text{NH}_3\text{-N}$ が酸化されている間はDO濃度がほぼ一定(1.6 mg/l)となっている。すなわち、硝化に必要な酸素量と曝気により一定量供給される酸素量とが平衡状態にあったと考えられる。このことから硝化反応次数が0次反応であることは明白である。したがって、図-1より硝化速度は次の0次反応式で表わされる。

$$-dC_N/dt = R_d = r_d X_M$$

ここで; C_N : $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度(mg/l), R_d : $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去速度(mg/l・日)
 r_d : $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去速度係数(1/日), X_M : Nitrosomonas濃度(mg/l),
 図-2は曝気量(Q_a)を変化させた場合の $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去速度(R_d)と硝化菌濃度(X)との関係である。同一の硝化菌濃度であっても Q_a が異なると R_d は変化することがわかる。この原因として、曝気量が少ない時は硝化菌のフロックが大きくなるためフロック内部までDOが浸入せず、不活性硝化菌量が多くなり R_d は小さくなると考えられる。しかし、曝気量が多くなると硝化菌のフロックが小さくなるためフロック内部までDOが浸入し、活性硝化菌量が多くなり R_d は大きくなると考えられる。図-2の R_d を単位微生物あたりの r_d に換算し、この r_d と X との関係を両対数紙上にプロットすると図-3となる。図-3によれば $X=170$ mg/l付近で曝気量の影響はなくなり、 r_d 値は1.7 1/日(水温25℃)となる。また、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の蓄積がほとんどないので、硝化反応速度はNitrosomonasによる $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去速度に律速されていると考えてよい。Williamson⁴⁾がNitrosomonasに対して求めた r_d 値(水温20℃で2.0 1/日)を図-4の関係から25℃の値に換算すると3.5 1/日となる。本実験に用いた硝化菌はNitrosomonasとNitrobacterが混在している状態であり、仮にNitrobacterとNitrosomonasがX中に等量いるとすれ

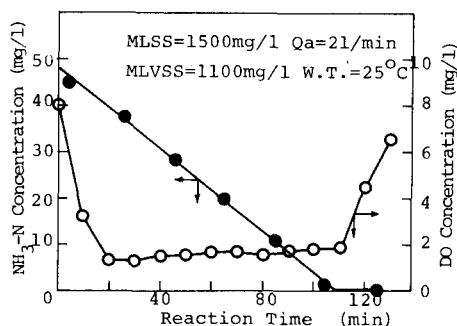
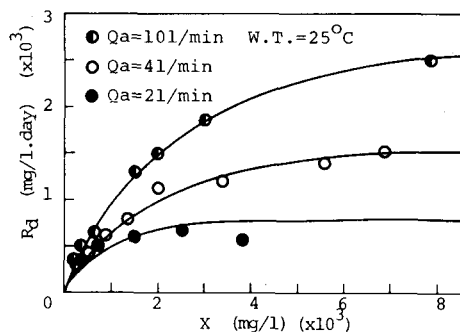
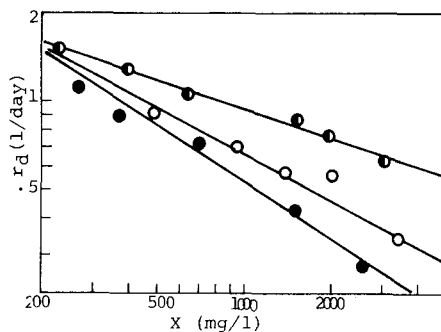
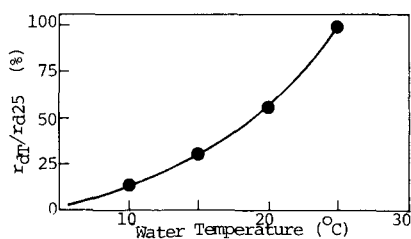


図-1 回分実験による水質変化

図-2 R_d と X との関係図-3 r_d と X との関係図-4 r_d と水温との関係

ば、筆者らの求めた η 値は2倍の3.4 $\frac{1}{\text{日}}$ となりWilliamsonらの求めた η 値と等しくなる。

3. 円板回転速度と硝化速度の関係 円板回転速度3, 7.5, 12.5 rpmにおける平衡 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度 C_b と総括硝化速度係数 K^* の関係を図-5に示した。(実験装置, 実験条件は文献5を参照。) C_b が低い場合は硝化速度が拡散層内の拡散過程に律速されるため回転数による影響が顕著であるが, C_b が高くなるにしたがい, 硝化速度は生物膜内の硝化過程に律速され, 回転数の影響はほとんど見られなくなる。しかし, 不完全基質浸透領域では反応項 K_r は $K_r = R_d L_a / C_s$ であり, 円板回転速度が変わると酸素浸入深さ L_a が変わるため K_r は一定でなくなり, C_b が高くなってもわずかながら円板回転速度の影響があると考えられる。詳細については生物膜内のD.Oおよび基質シミュレーションを行い, 次の機会に報告したい。

4. 水温と硝化速度の関係 $\text{NH}_3\text{-N}$ 除去速度 R_d は主に水温により変わると考えられる。水温の影響を調べるために行った実験結果を C_b と K^* の関係により図示すると図-6のようになる。図中の直線の勾配は水温が28.5, 23.5, 15 $^{\circ}\text{C}$ に対してそれぞれ0.85, 0.90, 0.88とはほぼ等しい。 $K_d \ll K_r$ の領域では拡散係数 K_d に対する水温の影響, $K_d \gg K_r$ の領域では反応項 K_r に対する水温の影響が顕著に現われるが, 中間領域においては水温は K_d と K_r の両者に影響する。図-7は図-6の関係を定常動力学式を用いて反応項 K_r と C_s の関係に書きかえたものである。 C_s と K_r の間にはいずれの場合も勾配が-1の直線関係が成立しており, $K_r \propto C_s^{-1}$ となる。また同一の C_s に対して水温が低い分だけ K_r が低いこともわかる。図-8は15 $^{\circ}\text{C}$ における硝化反応速度 R_{d15} を1として各々の水温における R_{dT} と水温の関係をプロットしたもので, これより回転円板上の付着硝化菌の温度係数 θ が1.05であることが判明した。前述した浮遊性硝化菌の θ が1.15であることから回転円板上付着硝化菌(固定性)の方が水温による影響を受けにくいことがわかる。

5. おわりに 本文では硝化反応が0次反応であることを明らかにし, 回転円板法による硝化過程における円板回転速度と水温の影響を先に提示した固定生物膜反応の動力学理論により解析した。最後に本研究に御協力を頂いた内田芳郎(鹿児島高専教授), 松富建二(日本水道コンサルタント), 田ノ上達郎(鹿児島県庁)の諸氏に心から謝意を表する。

参考文献

- 1). 渡辺, 石黒, 西留: 回転円板脱窒槽の動力学的解析, 土木学会論文集, 第276号, 8, 1978
- 2). 渡辺, 石黒, 西留: 回転円板法の浄化機構に関する研究(I), 下水道学会誌, Vol.15, No.172, 9, 1978
- 3). 石黒, 渡辺, 松富: 生物学的硝化反応に関する基礎的考察, 土木学会西部支部研究発表会講演集, 2, 1979.
- 4). K. Williamson: A Model of Substrate Utilization by Bacterial Films, JWPCF, Vol.48, No.1, January, 1976
- 5). 石黒, 渡辺, 西留, 田ノ上: 回転円板法の浄化機構, 土木学会西部支部研究発表会講演集, 2, 1979.

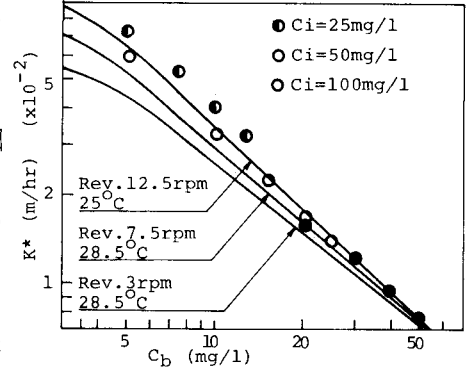


図-5 C_b と K^* との関係 (回転速度の影響)

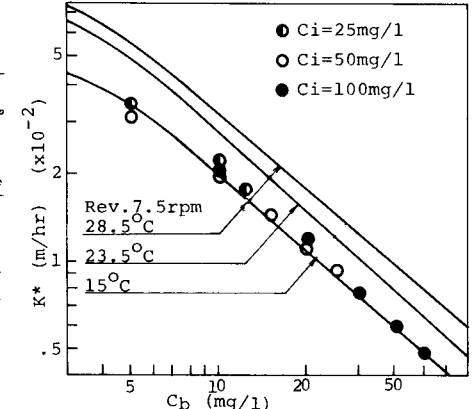


図-6 C_b と K^* との関係 (水温の影響)

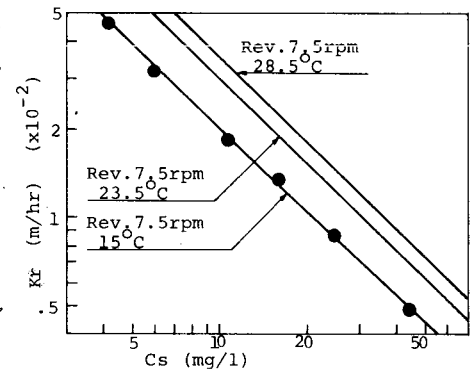


図-7 C_s と K_r との関係

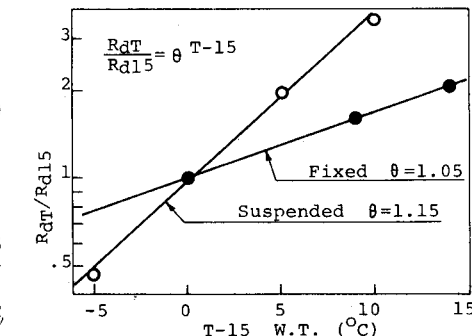


図-8 R_{dT}/R_{d15} と水温との関係