

宮崎大学工学部 正会員 石黒政儀
 宮崎大学工学部 正会員 渡辺義公
 宮崎大学工学部 学生員 ○赤池雅弘

1. はじめに 回転円板法の定性的な浄化能力については最近かなり解明されつつあるが浄化機構についてはほとんど取り扱われていない。筆者らは先に浄化機構を記述する付着生物膜内の物質収支式と、液本体の水質変化式を提示した^{1,2)}。本文では液本体の水質変化式を吟味するための実験結果ならびにその考察について報告する。

2. 実験装置と実験条件 実験装置は図-1に示す通りで、円板本体は直径30cm、厚さ0.5cmの耐水ベニヤ製で円板間隔は1.7cmである。原水としては活性汚泥2次処理水を用い、連続流と回分式による硝化実験を行なった。連続流実験では原水貯留槽から所定の条件の原水を装置に供給したので、実験時の原水条件は完全に固定されている。原水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は25, 45, 100 mg/lの3段階とし、おのおのの条件で定常状態となった時に回分実験を行なった。なお、槽内水温は20℃に保った。調整前の原水水質はBOD; 20~60 mg/l, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$; 0 mg/l, アルカリ度; 120~140 mg/l, pH; 7.1~8.1, DO; 0~1 mg/l, $\text{NH}_3\text{-N}$; 25~40 mg/lであり、不足分の $\text{NH}_3\text{-N}$ としては NH_4Cl , アルカリ度として NaHCO_3 を貯留槽に添加した。

3. 基礎理論 図-2に浄化機構のモデルを示す。モデルによると、水中では生物膜内反応と並行して生物膜表面に隣接する厚さ δ の付着水膜を通り、液本体と生物膜の間の水質交換が行なわれる。液本体の水質成分 i の変化速度は式-(1)で与えられる。
$$dC_i^*/dt = -(\beta \cdot A \cdot D_i / \delta \cdot V_0)(C_i^* - \bar{C}_i) \quad \text{--- (1)}$$
ここで、 β = 円板浸漬率, A = 円板全表面積 (cm^2), D_i = 水中での水質成分 i の拡散係数 (NH_4^+ の場合には約 $2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$), δ = 付着水膜厚 (cm), V_0 = 液本体容積 (cm^3), C_i^* = 液本体濃度 (mg/l), $\bar{C}_i$ = 水中の生物膜表面の平均濃度 (mg/l) である。一般には β と D_i は一定なので、式-(1)より液本体の水質変化速度は A/V_0 値と付着水膜内の濃度勾配により決まることがわかる。上記の式を用いるに当たり、生物膜厚を考慮しない槽実容積 V_0 (cm^3)と考慮した場合の槽実容積 V (cm^3)を比較すると式-(2)を得る。

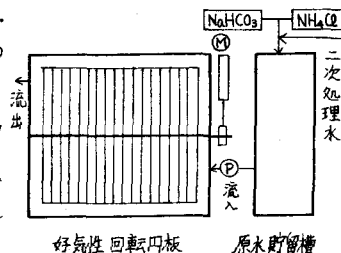
$$V/V_0 = A(2H - 2r)/A \cdot 2H = (1 - r/H) = (1 - f') = f \quad \text{--- (2)}$$

ここで、 $2H$ = 円板間隔 (cm), r = 生物膜厚 (cm), 硝化用円板装置では円板間隔と比較して生物膜厚は薄く、 $f' = r/H \approx 0$ と仮定できるので $f \approx 1$ となり $V = V_0$ と考えてもよい。

4. 実験結果と考察 図-3に各 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度における回分実験の結果を示す。この図より液本体の $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の変化速度が1次反応型をとることは明らかである。また、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度が約10 mg/l以下では拡散輸送律速型であり、10 mg/l以上では代謝反応律速型となっている。式-(1)の $\beta \cdot A \cdot D_i / \delta \cdot V_0$ を K^* とおき、 α がある濃度範囲内では一定値となると仮定し $C^* - \bar{C} = \alpha C^*$ とおくと式-(3), (4)を得る。ただし、 t = 接触時間 (sec)

$$dC^*/dt = -\alpha K^* C^* \quad \text{--- (3)} \quad \ln C^*/C_0^* = -\alpha K^* t \quad \text{--- (4)}$$

図-3における○印の拡散輸送律速段階を $\alpha \approx 1$ (実際には円板が水中へ



槽実容積 18.2 L 回転数 40 rpm
 枚数 15枚 浸漬率 37.4%
 円板面積 21.9 cm^2 ($A/v: 1.2 \text{ cm}^2$)

図-1 実験装置平面図

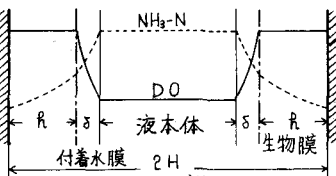


図-2 浄化機構モデル

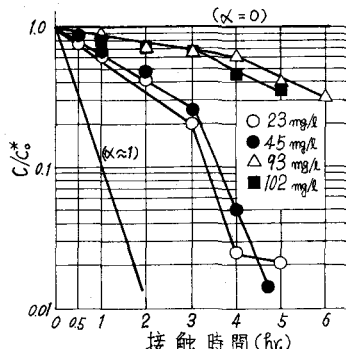


図-3 回分実験の水質変化

入る瞬間と空中へ出る瞬間とでは α 値は異なるので完全に $\alpha=1$ とはなり得ない)と仮定すると、式-(4)より $K^*=5.62 \times 10^{-4} (\text{sec}^{-1})$ の値が得られるので付着水膜厚は 160μ 以下であると推定される。図-4に回分実験の際の各 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度における $K^*\alpha$ 値を示す。上記の知見と4節の結果より δ を $100 \sim 160 \mu$ とし、本装置のような形ではフローパターンは押し出し流れに近くなるので、式-(4)より連続流実験で各濃度における α 値を求めると表-1を得る。図-4、表-1より明らかに、高濃度から低濃度になるに従い代謝反応律速段階から拡散輸送律速段階へ移行することがわかる。図-5に回分実験の際のアルカリ度、DO濃度の変化を示す。理論値では(消費アルカリ度)/(硝化 $\text{NH}_3\text{-N}$)= K は7.1であるが、本装置での実験値は $K=6.1$ であり、この値はO.CのI.Cへの変換量や空気中から摂取される CO_2 などを考慮すると、現実にはほぼ理論値 $K=7.1$ に近いと思われる。O印のDOについては接触時間3分rから急激な立ち上がり呈するが、これは液本体の基質濃度がゼロに近づいたために、生物膜内の余剰DOが溶出するためである。

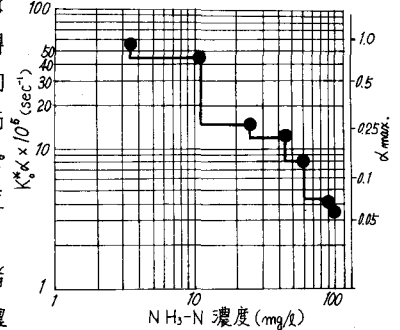


図-4 各濃度における $K^*\alpha$ 値

表-1 各濃度における α 値

C_0	$K^*(\delta=160\mu)$	α_{max}	$K^*(\delta=100\mu)$	α_{min}
25	5.62×10^{-4}	0.54	9.02×10^{-4}	0.34
45	5.62×10^{-4}	0.31	9.02×10^{-4}	0.19
100	5.62×10^{-4}	0.13	9.02×10^{-4}	0.08

5. DO溶解速度のシミュレーション 浄化モデルの妥当性と付着水膜厚 δ の推定のために、式-(1)を用いたシミュレーションを行なった。

図-6に付着水膜厚 $\delta=100 \mu$ とした場合のDOについての計算値と実験値を示す。 δ , β , A , V_0 , D_L は実験条件に合わせ、生物膜の全厚を 500μ とし、 10μ きざみに分割して計算を行なった。実験時の生物膜厚は 500μ 以上と考えられるが、図-7のような生物膜内のDO分布から考えて、計算の際の生物膜厚が 300μ 以上あれば精度上の問題はない。実験値が水面からの酸素輸送を含んでいることと、計算値が近似解であり正確にはもう少し高目の値が得られることを合わせ考えると、 δ は 100μ 以上と推察される。従って、硝化実験からの δ が 160μ 以下といった知見を考慮すると、本実験における付着水膜厚は $100 \sim 160 \mu$ と推察される。

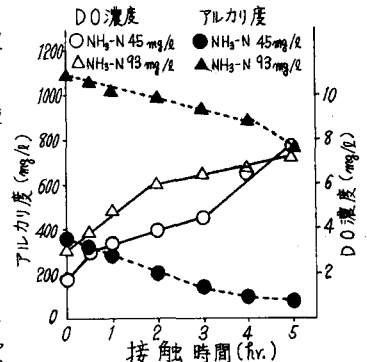


図-5 回分実験の水質変化

6. おわりに 本文では先に提示した回転円板法の浄化モデルの検証と付着水膜厚 δ の推定を行なった。その結果モデルの妥当性が証明されたが、 δ および α のような重要なパラメーターと円板の寸法や間隔および回転速度といった物理的条件、生物膜厚や生物膜内の反応速度といった生物化学的条件との関係については、今後の研究課題としたい。

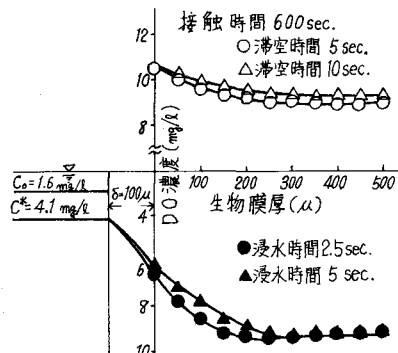


図-7 生物膜内のDO分布

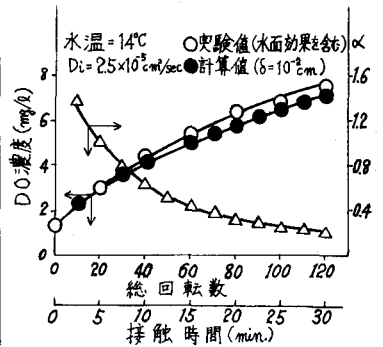


図-6 液本体のDOと接触時間の関係

参考文献: 1) 石黒, 渡辺, 増田; 回転円板法の浄化機構について, 第31回土木学会年講概要集第2部 p491~492
2) 渡辺, 石黒, 増田; 回転円板法の浄化モデルに関する基礎的考察, 第13回衛生工学討論会論文集 p101~106