

IV-4 回転円板法の浄化機構(Ⅲ)

—円板回転数と水温の影響—

宮崎大学工学部 正員 石黒政儀 宮崎大学工学部 正員 森田義公
鹿児島高専 正員 西留清 宮崎大学工学部 学生員 〇田、上達郎

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。^{1,2,3)} 本論文では回転円板法による硝化過程での、円板回転数と水温の影響についての実験結果に、考察を加えて報告する。

2. 実験装置および実験方法 実験装置は実容量12Lの接触槽と発泡スチロール製円板から構成される。円板直径は29.5cm, 枚数13枚, 厚さ1cm, 間隔2cm, 全円板表面積1.91 m²。流向は中心軸と直角方向で円板浸漬率は50%である。水温はサーモスタットにより調節した。装置の混合特性はトレーサ実験により円板回転速度が低速の場合でも完全混合であった。円板上に十分に硝化菌が付着生育した後、硝化用回転円板装置に表-1に示す組成の人工下水を供給し定常状態の下で諸水質を測定した。表-2の実験条件で水量負荷(Q/A_w), 流入 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度(C_i), 円板回転速度(Rev), 水温(T)を実験変数として定常状態における硝化率を求め、動力学理論に従って実験データを解析した。

表-1 人工下水の組成
($\text{NH}_3\text{-N}$ 100mg/Lの場合)

成分	濃度 (mg/L)
NH_4Cl	382
NaHCO_3	1200
NaCl	146
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	123
KH_2PO_4	68

表-2 実験条件

Run No.	Rev(rpm)	T(°C)	C_i (mg/L)
I-1	12.5	25.0	25
I-2	12.5	25.0	50
I-3	12.5	25.0	100
II-1	7.5	15.0	25
II-2	7.5	15.0	50
II-3	7.5	15.0	100

3 実験結果と考察

(Ⅰ)動力学式の検証

Run(I-1)~Run(I-3)およびRun(II-1)~Run(II-3)の実験結果が図-1, 2である。筆者らはすでに動力学モデルの妥当性は証明したが、本実験でも動力学モデルが適合している。図-1, 2のデータから C_b が5, 10, 20 mg/Lの場合の A_w/Q と C_i/C_e の関係をプロットしたものが図-3, 4であり、 C_b が等しければ C_i と硝化率とは無関係に式-(Ⅰ)および式-(Ⅱ)が成立する。直線の勾配は K^* である。

$$\frac{C_i}{C_e} = 1 + K^* \left(\frac{A_w}{Q} \right) \quad \text{----- (1)}$$

$$V_r = - \left(\frac{1}{K_d} + \frac{1}{K_r} \right)^{-1} C_b = -K^* C_b \quad \text{----- (2)}$$

$$K^* = \left(\frac{1}{K_d} + \frac{1}{K_r} \right)^{-1} \quad \text{----- (3)}$$

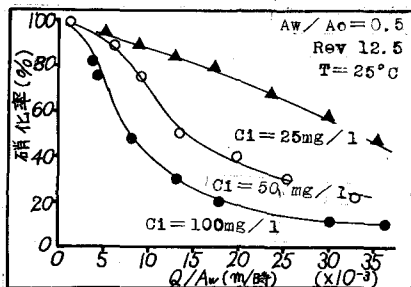


図-1 水量負荷(Q/A_w)と硝化率の関係(Run I)

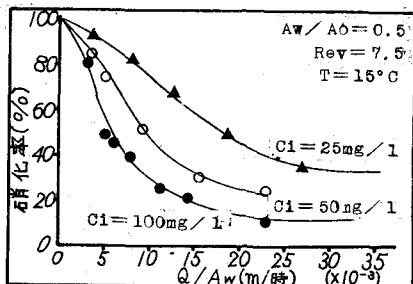


図-2 水量負荷(Q/A_w)と硝化率の関係(Run II)

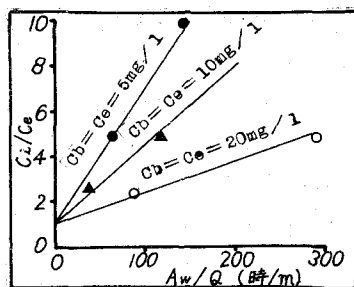


図-3 操作方程式(式-(Ⅰ))の検証(Run I)

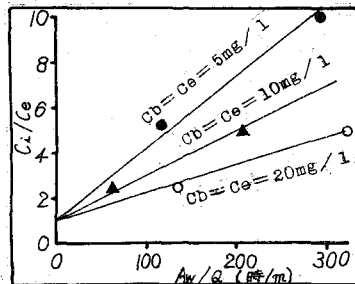


図-4 操作方程式(式-(Ⅰ))の検証(Run II)

(2)回転数の影響 Run(I)における C_b と K^* の関係をプロットし先に報告したデータと比較したものが図-5である。 C_b が低い場合は硝化速度が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反応速度に律速され、回転数の影響はほとんど見られなくなる。図-5の直線部を指数関数で近似すると次式で示される。

$$(Rev. 12.5rpm, T: 25^\circ C); K^* = 0.32(C_b/l)^{-0.94} \text{ -----(4)}$$

$$(Rev. 7.5rpm, T: 28.5^\circ C); K^* = 0.23(C_b/l)^{-0.85} \text{ -----(5)}$$

$$(Rev. 3rpm, T: 28.5^\circ C); K^* = 0.18(C_b/l)^{-0.82} \text{ -----(6)}$$

$$5 \text{ mg/l} < C_b < 100 \text{ mg/l}$$

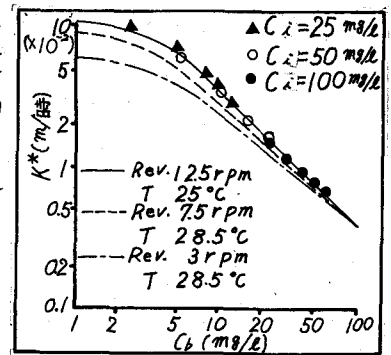


図-5 C_b と K^* の関係

(3)水温の影響 図-6はRun(II)における C_b と K^* の関係をプロットし水温の影響を調べたものである。図中の直線の勾配は水温が28.5°C, 23.5°C, 15°Cに対しそれぞれ0.85, 0.90, 0.88とほぼ等しい。 $K_d \ll K_r$ 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 と生物膜表面の NH_3-N 濃度 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約-1の直線関係が成立しており K_r の 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°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_{d15} 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。パンチ実験による浮遊性硝化菌の θ が1.15であることから⁴⁾、回転円板上付着硝化菌の方が水温による影響を受けにくいことが判る。

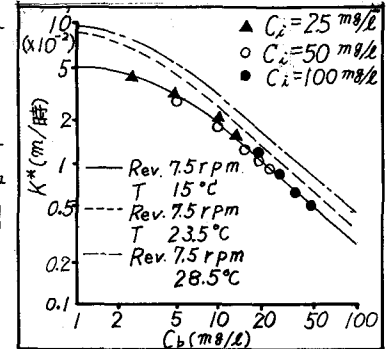


図-6 C_b と K^* の関係

4. おわりに 本文では回転円板法による硝化過程における円板回転数と水温の影響を、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。本実験で得たデータからも筆者らの動力学モデルの妥当性を証明することができた。

記号表 A : 円板浸漬面積(m^2) C_b : 液本体の定常 NH_3-N 濃度(mg/l)
 C_e : 流出水の NH_3-N 濃度(mg/l) C_i : 流入水の NH_3-N 濃度(mg/l)
 C_s : 生物膜表面の定常 NH_3-N 濃度(mg/l) K_d : D/l の拡散項($m/時$)
 D : 水中での NH_3-N の分子拡散係数($m^2/時$) K_r : R_{d15}/C_s 反応項($m/時$)
 K^* : 総括反応速度係数($m/時$) L : 好気性厚層, 酸素浸入深さ(m)
 Q : 流入水量($m^3/時$) R_d : 生物膜内任意点での NH_3-N 除去速度($g/m^2 \cdot 時$)
 δ : 拡散厚層(m) T : 水温($^\circ C$)
 W : 単位生物膜表面積当りの定常 NH_3-N 除去速度($g/m^2 \cdot 時$)

参考文献 1) 渡辺, 石黒, 西留; 回転円板の硝化機構に関する研究 下水道協会誌 Vol. 15 No. 192 1978/9
 2) 渡辺, 石黒, 西留; 回転円板の脱窒槽の動力学的解析 土木学会論文報告集 第276号 1978/8
 3) 渡辺, 石黒, 西留; 固定生物膜による基質除去過程の動力学的検討 第15回衛生工学研究計画法論文集
 4) 石黒, 渡辺, 松富; 生物学的硝化反応に関する基礎的考察 西部支部研究発表会講演集 54.2

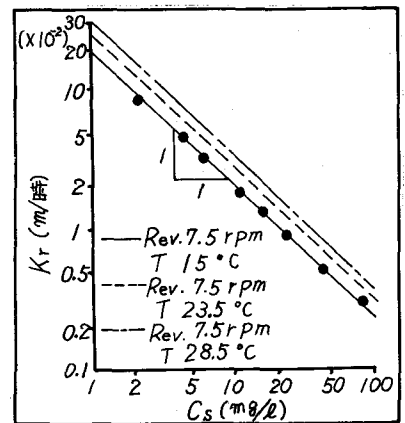


図-7 C_s と K_r の関係

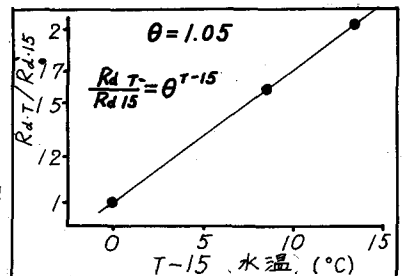


図-8 R_{dt}/R_{d15} と水温の関係