

北海道大学 正 高桑 哲男
北海道大学 正 寺町 和宏
北海道大学 学 武智 弘明

1 はじめに

回転円板法についてのモデル化は従来より試みられてきたが、非線形モデルであり、総合的に述べていない等の点で満足しかねるものであった。本報文は、汎用化を意図した液膜拡散律速型モデルを提示し、基質濃度の十分高い範囲での適合性について検討したものである。

2 物質収支モデル

物質収支は基質・酸素・生物量・水量について設定されるが、上述の範囲で基質・水量について考えることにする。即ちモデルは図1に於いて式(1)~(4)の如くなる。

$$\text{槽内} \left\{ \begin{array}{l} \text{液体側} \quad Q \cdot S_{in} + q \cdot S_N - Q \cdot S_o - q \cdot S_o - \frac{A}{2} \cdot K (S_o - S_{m0}) = V \frac{dS_o}{dt} \quad \dots (1) \\ \text{生物膜側} \quad \frac{A}{2} \cdot K (S_o - S_{m0}) - \frac{A}{2} \cdot b \cdot M = c \frac{dS_{m0}}{dt} \quad \dots (2) \end{array} \right.$$

$$\text{空中部} \left\{ \begin{array}{l} \text{付着水側} \quad q \cdot S_{J-1} - q \cdot S_J - \frac{A}{2N} \cdot K (S_J - S_{mJ}) = \frac{V}{N} \frac{dS_J}{dt} \quad (J=1, N) \quad \dots (3) \\ \text{生物膜側} \quad \frac{A}{2N} \cdot K (S_J - S_{mJ}) - \frac{b}{2N} \cdot M = c \frac{dS_{mJ}}{dt} \quad (J=1, N) \quad \dots (4) \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} N \text{等分した } J \text{ 番目} \\ \text{についての式である。} \end{array} \right.$$

Q : 流入水量 (l/hr) S_{in} : 流入基質濃度 (mg/l)

q : 付着水量 (l/hr) S_o : 槽内基質濃度 (mg/l)

A : 円板面積 (m²) m : 生物膜側を示す添字

K : 移動定数 (cm²/sec) V : 槽容積 (l) M : 生物量 (mg/l)

b : 酸化速度定数 (cm³/hr) v : 付着水膜体積 (cm³)

c : 係数 (l) N : 分割個数 S_J : J 番目での濃度 (mg/l)

v, q に関しては Groenvelt²⁾の結果から Bintanji³⁾が円板付着水膜厚 δ を求めた式(5)があり、これから平均水膜

厚 $\bar{\delta}$ は式(6)となる。また v, q は各式(7)(8)で求まる。但し係数は円板材質によって異なるので式(6)は実験に用いた円板の実測値と合致するよう修正した。

$$\delta = 0.66 \cdot (\gamma \omega^2 \rho g)^{-1/2} \quad \dots (5) \quad \delta: \text{水膜厚 (cm)} \quad \gamma: \text{粘性係数 (P)}$$

$$\bar{\delta} = 0.47 \cdot (\gamma \omega^2 \rho g)^{-1/2} \quad \dots (6) \quad \omega: \text{円板回転数 (r.p.s)} \quad r: \text{半径 (cm)}$$

$$v = \frac{A}{2} \cdot \bar{\delta} \quad \dots (7) \quad R: \text{円板半径 (cm)} \quad \rho: \text{密度 (g/cm}^3\text{)}$$

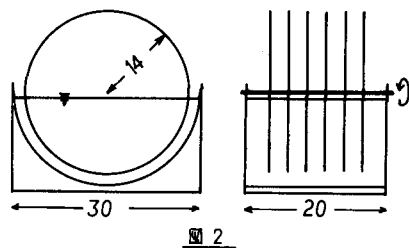
$$q = \frac{A}{2} \cdot \bar{\delta} \cdot \omega \quad \dots (8) \quad g: \text{重力加速度 (cm/sec}^2\text{)} \quad \bar{\delta}: \text{平均水膜厚 (cm)}$$

3 実験装置及び分析方法

実験に用いた装置は右図2に示したもので、槽容積 5.8 l, 円板面積は 0.739 m² である。回転数が 24 rpm のとき v, q は各々 1.05 cm³, 75.6 l/hr となった。

基質には NH₄Cl を用い、^{NaOH} PH調整を施した。1ヶ月の馴化の後安定したことも確認し、実験を行った。

分析方法としては、NH₄-N は Indo-Phenol 法⁴⁾、 $\bar{\delta}$ は EIL 社の



15A型を用いた。水温は $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{deg}$ ，PHは 7.0 ± 0.5 と設定した。 $\text{NO}_2\text{-N}$ は常時 1 mg/l 以下であり，Nについての物質収支はほぼとれていたで，除去された $\text{NH}_4\text{-N}$ は全量 $\text{NO}_3\text{-N}$ に変わったと考えられる。

4 定常状態について

定常状態であれば式(1)～(4)の右辺=0とおける。式(3)(4)について $J=1$ ，Nの和をとり式(1)(2)と合計すると式(9)となる。さらに空中部での各ブロックの濃度 S_J は式(10)で求まる。

$$Q \cdot S_{in} - Q \cdot S_0 = b \cdot A \cdot M \quad \dots (9)$$

$$S_J = S_{J-1} - \frac{b}{a N_0} \cdot A \cdot M \quad \dots (10)$$

$Q=1.8 \text{ l/hr}$ ， $S_{in}=49.16 \text{ mg/l}$ と設定したとき S_0 は 23.39 mg/l となった。このとき S_N は 23.08 mg/l と計算される。 $q=75.6 \text{ g/hr}$ なので空中部での除去量は式(1)～(4)でも明らかたように50%となる。一方従来の考え方による酸素移動速度を表わす式(11)によると，このとき θ_0 は72%，水温 23°C なので酸素移動

$$\frac{dC}{dt} = \frac{Q}{V} (C_{in} - C) + K_{La} (C_s - C) \quad \dots (11)$$

C : 槽内酸素濃度(mg/l) C_{in} : 流入水酸素濃度(mg/l)
 C_s : 飽和酸素濃度(mg/l) K_{La} : 酸素移動係数(hr^{-1})

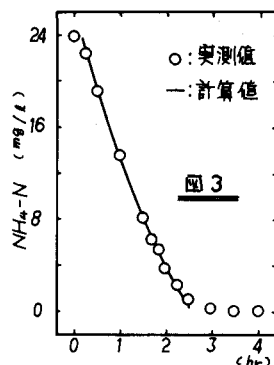
速度は $19.14 \text{ g}_2\text{mg/hr}$ となり，全量が $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成に使われたとすると $4.18 \text{ NO}_3\text{-N mg/l/hr}$ の生成速度となる。しかしながら実際には $8.0 \text{ NO}_3\text{-N mg/l/hr}$ の生成速度があったのだから48%の酸素は式(11)では考えていない経路(即ち空中部)によるものと言えよう。また式(2)の b と式(4)の b を等しいとした考え方は妥当であったと言えよう。

5 Batch 試験について

定常状態からは係数のどれしか決まらないのでBatch試験から C/K の値を推定する。式(1)(2)を積分し式(10)を合わせると式(12)が導かれる。

$$V \cdot S_0 = F - \frac{3}{2} b \cdot A \cdot M + \frac{1}{2} E \cdot \exp\left(-\frac{AK}{2C} x\right) \quad \dots (2) \quad E, F: \text{積分定数}$$

実験値と，非線形最小二乗法を用いた計算値を図3に示すが，基質濃度の十分高い範囲ではよく合致している。



6 結語

回転円板法の酸化作用についてモデルを作成し，槽内基質濃度の十分高い領域で検討した結果，十分な適合性のあることがわかった。また酸化速度を増す上では径(面積)を大きくすることだけでなく，回転数を増すことも考慮すべきことがわかった。今後更に酸素・生物量の式と合わせ総合的に検討する予定である。

尚当講座の張尾豊君には実験に協力して頂いた。ここに謝意を表するものです。本計算の一部は北海道大学大型計算機センターFACOM 230-75を用いた。

7 参考文献

- 1) 例えば神山・加藤 “回転円板接触体法の浄化機構” 環境技術 vol.4 No.7 pp499~ 1975
- 2) Groenveld, P. “Dipcoating by withdrawal of liquid films”
- 3) Bintanja, H. et al. “Oxygen transfer in a Rotating Disc treatment plant” Water Research vol. 9 pp 1147~ 1975
- 4) Scheiner, D. “Determination of Ammonia & Kjeldar Nitrogen by Indo-Phenol Method” Water Research vol. 10 pp 31~ 1976