討　議

(3) 回転円板硝化槽の動力学的解析

大阪大学工学部　橋　本　　奨

次の質問に回答願いたい。

1) 生物膜内で生成したNO_3-Nは，NH_3-Nと逆のプロセスで液外へ出てゆくが，この過程をモデルに組みこむ必要はないのか。特にモデルの検証で，高いNH_3-N濃度域では，生成したNO_3-NによりpH低下をきたし，これが零次反応の仮定の成立を困難にしないか。

2) 前報（1977年の衛生工学研究討論会）では，生物膜内の濃度変化を次のように表わしている。

$$D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial Z^2} + \frac{\partial C_i}{\partial t} - R_i = 0 \qquad (1)$$

また，同時にR_iを次のように表わしている。

$$R_i = \frac{K_i \cdot X_i \cdot C_i}{K_{si} + C_i}$$

今回，生物膜内のNH_3-N の変化は，次のようになっているが，この差は，如何なものか。

$$D_e \frac{\partial^2 C}{\partial Z^2} - \frac{\partial C}{\partial t} - R = 0 \qquad (2)$$

たぶん後者の(2)式の方が正しいと思うが，どうか。

3) 論文中の(6)式の二項の$\frac{R}{D_e}$は不要で，また，(6)式は下のようになると思うが，どうか。

$$C = \frac{R}{2D_e} Z^2 - \left(\frac{2RC_s}{D_e}\right)^{\frac{1}{2}} Z + C_s \qquad (6)$$

4) (6)式のZ^*の表示がないが，これは前報の(17)式と考えてよいのか。

$$Z^* = \left(\frac{2D_e \cdot C_s}{R}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (17)$$

(6)式からも境界条件を代入すると $Z^* = \left(\frac{2D_e \cdot C_s}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$ が求められる。

$Z = Z^*$, $C = 0$ より $0 = \frac{R}{2D_e} Z^{*2} - \frac{R}{D_e} Z^{*2} + C_s \quad \therefore Z^* = \left(\frac{2 \cdot D_e \cdot C_s}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$

5) ($b-1$), NH_3-Nが生物膜最深部に達している場合，反応項は$\{0 \leqq Z \leqq L_e$, $(R=R)$ $L_e \leqq Z \leqq Z_0$, $(R=0)\}$であり，$Z = L_e$ の point で未反応のNH_3-Nは，NO_3-Nに反応はしないが，分子拡散で移動していくのではないか。とすれば(8)式のごとく，$L_e \leqq Z \leqq Z_0$ で $C=$ const. は少しおかしいのではないか。

すなわち，$L_e \leqq Z \leqq Z_0$ のとき，次のような境界条件で

$$\begin{cases} Z = L_e, & C = C_{Le} = C_s - \left(\frac{D_e'}{D_e}\right)\left(\frac{R}{R'}\right) C_s' \\ Z = Z_0, & C = C^* \text{（ただし，仮定の値，} C^* \geqq 0\text{）} \end{cases}$$

(4)式の $D_e\left(\frac{d^2C}{dZ^2}\right) = R = 0$ をとくと，$C = C_1 Z + C_2$

ここで，$C_{Le} = C_1 L_e + C_2$, $C_0^* = C_1 Z_0 + C_2$ なので次式のようになるのではないか。

$$\begin{aligned} C &= C_{Le} - \frac{C_{Le} - C_0^*}{Z_0 - L_e}(Z - L_e) = C_s - \left(\frac{D_e'}{D_e}\right)\left(\frac{R}{R'}\right) C_s' - \frac{C_s - \left(\frac{D_e'}{D_e}\right)\left(\frac{R}{R'}\right) C_s' - C_0^*}{Z_0 - L_e}(Z - L_e) \\ &= C_s - \frac{C_s - C_0^*}{Z_0 - L_e}(Z - L_e) - \left(\frac{D_e'}{D_e}\right)\left(\frac{R}{R'}\right) C_s' + \left(\frac{D_e'}{D_e}\right)\left(\frac{R}{R'}\right) C_s' \cdot \frac{Z - L_e}{Z_0 - L_e} \\ &= C_s - \frac{C_s - C_0^*}{Z_0 - L_e}(Z - L_e) - \left(\frac{D_e'}{D_e}\right)\left(\frac{R}{R'}\right) C_s' \cdot \frac{Z_0 - Z}{Z_0 - L_e} \end{aligned}$$

6) Rについて考えると，Rは生物膜内でのNH_3-Nの硝化速度であり（g/m³·hr），これは一般に Michaelis－Menten 式 $\frac{1}{X}R = \frac{R_m \cdot C}{K_m + C} = r$（単位菌体量当り）で表示できる。前報から，Nitrosomonas の$K_s = 0.5$ (mg/ℓ)としている。これはきわめて小さい値であり，このため，$K_m \ll C$と仮定するのは容認できる。したがって，$r \doteqdot R_m$ (const) となるはずである。本論文の始めの頁の下から4行目の〔硝化反応は，NH_3-N 濃度が極端に低い場合を除けば零次反応であり，……〕は容認できる仮定であるので，(4)式の $D_e \frac{d^2C}{dZ^2} = R$ において，$R=$一定として積分できるわけである。しかるに，RをC_sに関する1次反応として表示するとすれば，先の Michaelis－Menten 式より，$K_m \gg C$の故，$r = \frac{R_m}{K_m} C$ と考えていることと同じである。生物内での NH_3-N濃度は硝化反応が起っている限り$C_s > C$ であるため，この仮定は先の零次反応の仮定と矛盾するのではないか。

7) 硝化菌生物膜中のNH_4^+の拡散係数（D）については，Williamsan & Mc Carty〔JWPCF, 48(2), 281 (1976)〕が実測しその値が水中でのDの87%に相当すると報告している。δ値の推測に必須のD値については実測すべきではないか。採用した$D \doteqdot 6 \times 10^6$ m³/hr は，Williamson et al の値から推察したのか，出所を明白にされたい。