

VII-213

生物集塊の挙動に及ぼす拡散層の影響

函館高専 正 会 員 大久保 孝 樹
 函館高専 正 会 員 芦 立 徳 厚
 東北大学 フェロー 野 池 達 也

1. はじめに

自然界あるいは廃水処理施設等では、微生物は分散状態または集塊を形成した状態で生存しているが、その大部分は生物集塊を形成している。生物集塊、特に活性汚泥フロックは色々な形態をもっており、このような形態がどのようにフロックの挙動に影響を及ぼすかを考察していくことは重要であると思われる。以前、演者らは、濃度拡散層領域を無視した場合の、楕円、円錐、円柱体と任意の形態についてその生物集塊の挙動について考察し¹⁾、続いて楕円体などの単純な形態と拡散層の影響²⁾について発表した。活性汚泥フロックは、実験室などのモデル実験などでは、単純な形態となることがほとんどであるが、実際の処理場などでは、複雑な形態をしており、糸状菌などを含んでいる状態では、かなり複雑な形態をしている³⁾。

前述したように、濃度拡散層を無視した場合の任意の形態については以前に考察しており、複雑な形態が有効係数に及ぼす影響は大であることを指摘していた。今回は、仮想的な濃度拡散層を複雑な形態に付加し、その挙動について考察を加えてみた。

2. 微生物集塊(フロック)のモデルについて(回転体微生物フロックモデル)

- ・ フロックの形態を、2次元の曲線をY軸を中心に回転させたものとし、その周辺に不均一の厚さを持つ拡散層を有するものとする。
- ・ 基質、酸素による2基質制限とする。(ダブルモノタイプ)

生物集塊領域

$$\frac{\partial^2 S_f}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \frac{\partial S_f}{\partial X} + \frac{\partial^2 S_f}{\partial Y^2} = \Phi_s^2 \frac{S_f}{K_{sa} + S_f} \frac{C_f}{K_{ca} + C_f}$$

$$\frac{\partial^2 C_f}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \frac{\partial C_f}{\partial X} + \frac{\partial^2 C_f}{\partial Y^2} = \Phi_c^2 \frac{S_f}{K_{sa} + S_f} \frac{C_f}{K_{ca} + C_f}$$

濃度拡散層領域

$$\frac{\partial^2 S}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \frac{\partial S}{\partial X} + \frac{\partial^2 S}{\partial Y^2} = 0 \quad \text{液本体境界面} \quad S=1, \quad C=1$$

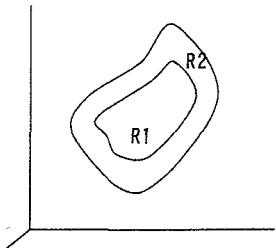
$$X=0 \quad \frac{\partial S}{\partial X} = 0 \quad \frac{\partial C}{\partial X} = 0$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \frac{\partial C}{\partial X} + \frac{\partial^2 C}{\partial Y^2} = 0 \quad Y=0 \quad \frac{\partial S}{\partial Y} = 0 \quad \frac{\partial C}{\partial Y} = 0$$

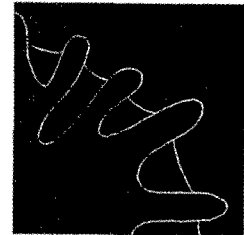
境界条件

3. 微生物集塊の有効係数について

- ・ 任意の形状をしたフロックの有効係数について



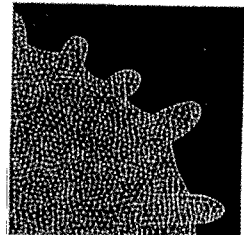
V : フロックの体積
 dV : 体積要素
 B : フロック外部表面積
 dB : 外部表面積 B に立てた法線微分
 ∇^2 : ラプラシアン
 R1 : フロック領域
 R2 : 濃度拡散層領域



(図-1) Case.1 の拡散層の形態



(図-2) Case.2 の拡散層の形態



(図-3) 有限要素三角要素分割例

キーワード：生物集塊、活性汚泥フロック、回転体微生物フロックモデル、濃度拡散層、有効係数

連絡先：函館市戸倉町 14-1 函館高専 環境都市工学科 TEL:0138-59-6487 FAX:0138-59-6487

ブロック表面の全フラックスは $J_s = D_s \iint_B \frac{\partial S}{\partial n} dB = D_c \iiint_V \nabla^2 S dV = \iiint_V r_s(S, C) dV$

有効係数は
$$\eta_s = \frac{\iiint_V r_s(S, C) dV}{V \cdot r_s(S^*, C^*)} = \frac{D_s \iint_B \frac{\partial S}{\partial n} dB}{V \cdot r_s(S^*, C^*)}$$

ここで、基質消費と酸素消費間に $r_s(S, C) = \alpha \cdot r_c(S, C)$ の関係があるとすれば、酸素に関する有効係数は基質の有効係数に等しくなる。 $\eta_s = \eta_c = \eta$

上式群からわかるように、有効係数は関数(局所的消費速度) r_s だけでなく、ブロックの積分領域 R_l の体積 V と表面積 B にも依存している。よって、2 基質制限(ダブルモノータイプ)の場合、有効係数は $\Phi_s, \Phi_c, K_{SA}, K_{CA}, V, B$ 関数となる。

$$\eta = \text{function}(\Phi_s, \Phi_c, K_{SA}, K_{CA}, V, B)$$

$$\Phi_s = \frac{V_{s \max} L^2 \cdot X_f}{D_{sf} \cdot S^*} \quad \Phi_c = \frac{V_{c \max} L^2 \cdot X_f}{D_{cf} \cdot C^*}$$

(表-1) 濃度拡散層の体積比率

拡散層の大きさ	条件2	条件3	条件4	条件5
拡散層 Case.1	0.188	0.373	0.712	0.957
拡散層 Case.2	0.122	0.189	0.279	0.587

4. 結果・考察

ブロック外部に分布する濃度拡散層の形態として、図-1、図-2 に代表するように、Case.1、Case.2

の2形態を考え、その濃度拡散層の大きさの条件として2、3、4、5の4条件を考えた。但し、条件1は濃度拡散層がない条件である。図-3は、有限要素の三角要素分割例である。図-4は、Case.1、条件3

の無次元濃度プロファイルを示したものであり、凹部の部分では、低濃度の基質、酸素にさらされている。ブロック内部のほとんどの領域は酸素欠乏状態になっている。図-5のCase.2では、濃度拡散層が凹部で薄くなっているため、Case.1よりは高濃度の基質、酸素にさらされていることが示されている。

図-4、図-5の酸素の濃度プロファイルは、酸素の浸入深さをほぼ示しており、図-5の濃度拡散層が薄い場合の方が、ブロックの活性領域が大きいことを示している。表-1は、各条件におけるブロック体積に対する濃度拡散層の体積の比率を表わしている。図-6は、Case.1、Case.2のブロックの有効係数に及ぼす拡散層領域体積(拡散層の条件)の影響を示したもので、表-1の拡散層の体積比率に関連していることが分かる。同じ体積比率であるCase.1・条件2(0.188)とCase.2・条件3(0.189)で比較すると、濃度拡散層がブロックの凹部に対し薄く分布している方が若干、有効係数が大きくなっている。このことは、ブロックの形態に沿って拡散層が分布している場合の方が、有効係数が大きくなることを意味している。

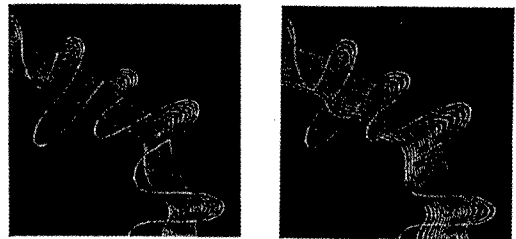
5. まとめ
濃度拡散層の占める体積比率と濃度拡散層の分布形態が生物集塊の有効係数に影響を及ぼすことが確認できた。

5. まとめ

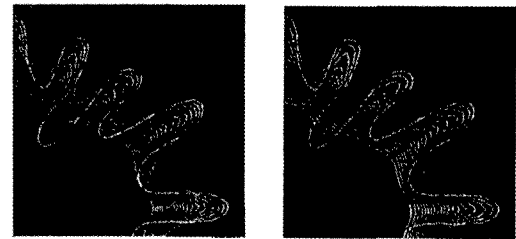
濃度拡散層の占める体積比率と濃度拡散層の分布形態が生物集塊の有効係数に影響を及ぼすことが確認できた。

文献：1) 大久保、「生物集塊の挙動に及ぼす形態の影響に関する一考察」第52回土木学会年講 p378-379

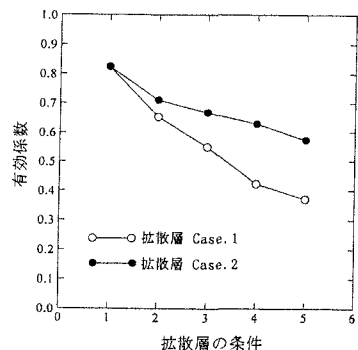
2) 大久保、「生物集塊の挙動に及ぼす形態と拡散層の影響」第53回土木学会年講 p150-151



(図-4) Case.1、条件3の無次元濃度プロファイル



(図-5) Case.2、条件3の無次元濃度プロファイル



(図-6) 有効係数に及ぼす拡散層の影響