

生物膜内の拡散について

岩手大学工学部 正員 ○ 相澤治郎
 " 正員 大沼正郎
 " 学生員 下田一郎

1. まえがき

本研究においては、固定生物膜の浄化機構の解明に必要な、生物膜内の基質の拡散を実験的に検討したものである。

2. 拡散係数算出方法

図-1に示すモデルを考えると、定常状態では、

$$J_1 = -D_1 \frac{dc}{dz} = k_1 (C_i - C_1) \quad (1)$$

$$J_2 = -D_2 \frac{dc}{dz} = k_2 (C_1 - C_e) \quad (2) \text{ と考えられる。}$$

J_1, J_2 : film, filter 単位面積当りの物質移動量 ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$)

D_1, D_2 : 拡散係数 (cm^2/sec)

k_1, k_2 : 物質移動係数 (cm/sec)

l_1, l_2 : 厚さ (cm)

定常状態において、(1), (2) から

$$J_1 = J_2 = \frac{C_i - C_1}{\frac{1}{k_1}} = \frac{C_1 - C_e}{\frac{1}{k_2}} = \frac{C_i - C_e}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}} = \frac{C_i - C_e}{\frac{1}{k_l}} \quad (3)$$

(3) から $\frac{1}{k_l} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ k_l : 総括物質移動係数

非定常状態における反応器内部の濃度変化は、容量 V 、フィルター面積 A とすると $\frac{dC_i}{dt} = \frac{A}{V} k_l (C_i - C_e)$ (4) となり

$$\left. \begin{aligned} t=0, & C_i = C_i(0) \\ t=t, & C_i = C_i(t) \end{aligned} \right\} \text{の境界条件より}$$

$$k_l = \frac{V}{At} \ln \frac{C_i(0)}{C_i(t)} \quad (5) \text{ が得られる。}$$

又、 $k_l = \frac{D}{l_1 + l_2}$ であるから D : film+filterの拡散係数

$$\frac{D}{l_1} = \frac{l_1 + l_2}{D} - \frac{l_2}{D_2} \quad (6) \text{ の関係式から、film内拡散係数}$$

D_1 を求めた。

3. 実験装置及び実験方法

実験装置は、図-2に示すようなものを用いた。内部容量1ℓ、外部容量は、4ℓとした。支持フィルターは、No1ろ紙を用いた。使用した生物膜は、活性汚泥をfill and drawで馴養し、基質C/N比は、5:1である。この汚泥を、No1ろ紙上で吸引ろ過し、汚泥量によって膜厚を変化させた。生物膜密度は、 $70 \sim 120 \text{ mg TSS}/\text{cm}^2$ であり、膜厚は、 $400 \sim 2500 \mu$ であった。又、生物膜不活性化には、 HgCl_2 $500 \text{ mg}/\ell$ の溶液を $0.05 \text{ ml}/100 \text{ mg TSS}$ 使用した。支持フィルターの厚さは、 0.0214 cm であり、フィルター面積は、 13.7 cm^2 である。測定は、反応器内部の基質濃度を2時間毎に測定した。

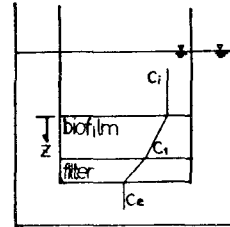


図-1 実験モデル

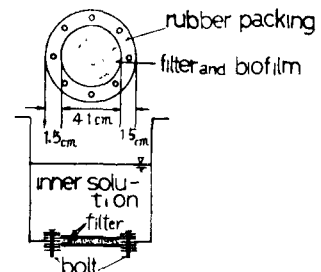
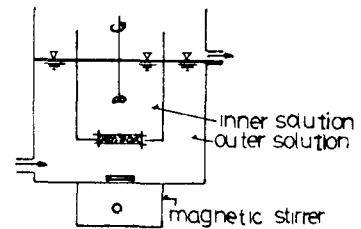


図-2 実験装置

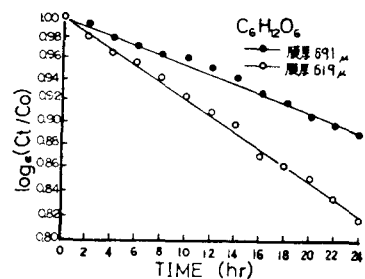


図-3 クルブス基質濃度変化

反応器内部の基質濃度は、グルコース 300mg/l 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 50mg/l 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 10mg/l 、温度は、 $15^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ で行なった。

4. 実験結果及び考察

図-3~5に、グルコース、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の反応器内部基質濃度測定結果を示す。図-3は、グルコースの結果である。膜厚 691μ の方が 619μ の膜厚より減少の割合が小さくなっている。図-4、5の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の結果でも同様な傾向を示している。まえて、フィルターだけの各々の総括物質移動係数を求めた。表-1 基質拡散係数

基 質	拡散係数(cm^2/sec)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	ave 6.14×10^{-6}
$\text{NH}_4\text{-N}$	1.28×10^{-5}
$\text{PO}_4\text{-P}$	8.43×10^{-6}

、本実験での拡散係数を計算し表-1に示す。不活性生物膜を通しての拡散は、分子拡散と考えられ、分子量が大きいグルコースが、本実験でも小さな値を示している。次にグルコースにおける不活性生物膜厚と、拡散係数、総括物質移動係数との関係を見た。

図-6は、膜厚と拡散係数との関係である。膜厚が増加しても、拡散係数は、ほぼ一定な値を示している。このことから考えると、膜厚が増加しても拡散係数は、一定な値を示すと考えられる。本実験におけるグルコースの拡散係数は、平均 $6.14 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{sec}$ であり、標準偏差 0.567×10^{-6} であった。

図-7は、膜厚と総括物質移動係数の関係を示している。膜厚が増大するにしたがい、総括物質移動係数は、減少し、 $400 \sim 2500\mu$ の間の測定結果から、その関係は、

総括物質移動係数(Y) = $11.53 - (4.347 \times 10^{-3}) \cdot \text{生物膜厚}(X)$ という式で表わされる。

5. まとめ

1)、不活性生物膜を通しての基質拡散は、グルコース、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ を測定した結果、分子量が大きい方が、拡散係数は、小さな値が得られた。

2)、不活性生物膜内のグルコースの拡散係数は、汚泥膜厚が増加するにもかかわらず、一定な値を示す。本実験の平均値 $6.14 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{sec}$ 、標準偏差 0.567×10^{-6} である。

3)、汚泥膜厚の増大にともない、総括物質移動係数は、減少している。総括物質移動係数(Y) = $11.57 - (4.53 \times 10^{-3}) \times \text{生物膜厚}(X)$ の関係式が得られた。

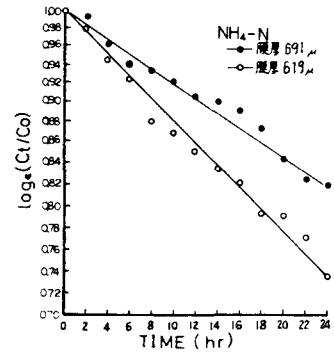


図-4 $\text{NH}_4\text{-N}$ 基質濃度変化

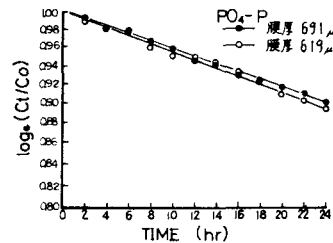


図-5 $\text{PO}_4\text{-P}$ 基質濃度変化

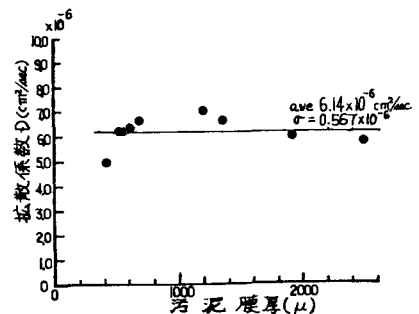


図-6 膜厚と拡散係数

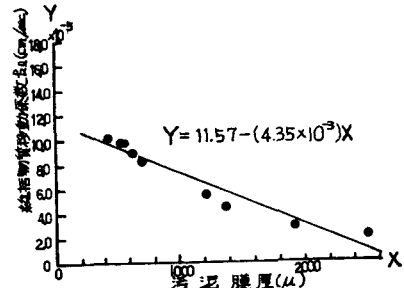


図-7 膜厚と総括物質移動係数