

岩手大学工学部 正員 ○ 相澤治郎
 “ 正員 大沼正郎
 “ 正員 大村達夫

1. まえがき 本研究は、固定生物膜の浄化機構の解明に必要な、生物膜内の基質及び酸素の拡散を、不活性生物膜を用いて、実験的に検討し、拡散係数の定量化を試みたものである。

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

$$J_1 = J_2 = J_3 = \frac{C_{i1} - C_{e1}}{\frac{L_1}{D_1}} = \frac{C_{e1} - C_{e2}}{\frac{L_2}{D_2}} = \frac{C_{e2} - C_{i2}}{\frac{L_1}{D_1}} = \frac{C_{i1} - C_{i2}}{\frac{L_1}{D_1} + \frac{L_2}{D_2} + \frac{L_1}{D_1}} = \frac{C_{i1} - C_{i2}}{\frac{L_2}{D_2}} \quad (1)$$

(1)から $\frac{L_1}{D_1} = \frac{L_1}{D_1} + \frac{L_2}{D_2} + \frac{L_1}{D_1}$ となる。又、 $\frac{L_2}{D_2} = \frac{L_2 + 2L_1}{D_1} - \frac{2L_1}{D_1}$ の関係式から、 $\frac{L_2}{D_2} = \frac{1}{\frac{L_1}{D_1} - \frac{L_1}{D_1} + \frac{L_2}{D_2}}$ が得られ、よって総括物質移動係数、及び物質移動係数から、フィルム内拡散係数 D_2 を求めた。

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

D_n : 拡散係数 (cm^2/sec)

k_n : 物質移動係数 (cm/sec)

L_n : 厚さ (cm)

k_L : 総括物質移動係数 (cm/sec)

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4ℓとした。支持フィルターは、No.1ろ紙を用いた。フィルターの厚さは、0.0214 cm であり、面積は、1.3.2 cm^2 である。使用した生物膜は、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, $\text{PO}_4\text{-P}$, O_2 の拡散実験には、活性汚泥を、C/N比、5:1の基質で、fill and draw で馴養したものを用い、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の拡散実験には、硝化実験のために無機炭素で馴養した生物膜を用いた。この汚泥を、NO.1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、70~120 $\text{mg}^{\text{TSS}}/\text{cm}^3$ であり、膜厚は、300~2500 μ であった。又、生物膜不活性化には、 HgCl_2 500 mg/l の溶液を0.05 $\text{ml}/100 \text{mg}^{\text{TSS}}$ 使用した。測定は、反応器内部の基質濃度、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 300 mg/l , $\text{NH}_4\text{-N}$ 50 mg/l , $\text{PO}_4\text{-P}$ 10 mg/l の濃度変化を2時間毎に測定した。 O_2 の拡散実験は、反応器を密閉し、窒素ガスによって酸素を低下させた水を封入し、外部容器をエアレーションして、反応器内部の酸素をDOメータによって測定、記録した。

4. 実験結果及び考察 図-3は、グルコースの不活性生物膜を通しての濃度変化である。膜厚691 μ と619 μ とを比較すると、膜厚が大きい方が、濃度変化が少なく、総括物質移動係数も、膜厚691 μ で、 $8.40 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$, 膜厚619 μ で、 $8.95 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ であった。このことは、アンモニア性窒素、リンの測定結果でも同様であり、膜厚変化にとも

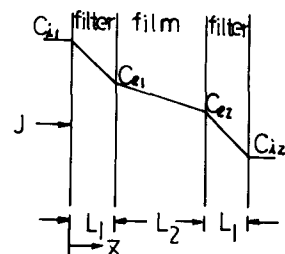


図-1 実験モデル

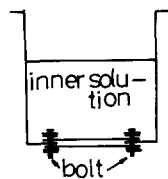
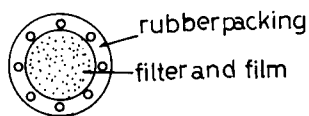
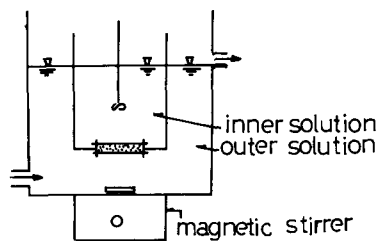


図-2 実験装置

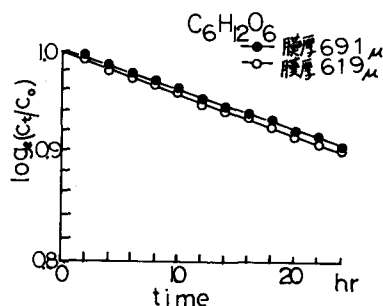


図-3 グルコースにおける膜厚と濃度変化

なって、総括物質移動係数は、変化することがわかる。図-4は、ケルコースにおける不活性汚泥膜厚と総括物質移動係数の関係を示したものである。膜厚が増加するにしたがって総括物質移動係数は、減少している。本実験で測定した400~2500 μ の膜厚と総括物質移動係数の間には、一次回帰させると、Yを総括物質移動係数、Xを膜厚とすると、 $Y = 11.57 \times 10^{-5} - (4.35 \times 10^{-3})X$ という関係式が得られた。図-5には、ケルコースにおける不活性汚泥膜厚と拡散係数との関係を示したものである。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。測定値は、 $5 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ の範囲にあり、平均の拡散係数は、 $6.14 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ であり、標準偏差は、 0.567×10^{-6} であった。表-1には、フィルタを通しての、各々の物質移動係数、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ $7.62 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ 、 NH_4^+-N $3.0 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{sec}$ 、 PO_4-P $6.70 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ からと総括物質移動係数とで算出した平均拡散係数を示したものである。不活性生物膜を通しての拡散は、分子拡散と考えられ、本実験の結果でも、分子量が大きいケルコースが、リン、アンモニア性窒素の拡散係数より小さな値を示している。次に酸素の拡散実験における結果を示す。拡散実験は、不活性膜厚300 μ 前後で行なった。図-6は、膜厚298 μ における酸素測定記録例である。表-2には、拡散係数を示した。水中の酸素拡散は、15°Cで $1.8 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、20°Cで $2.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ ⁽¹⁾と言われているが、本実験における、不活性生物膜300 μ 前後の測定結果では、13°Cで $0.89 \times 10^{-5} \sim 2.80 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ とかなりばらつき、平均で、 $2.05 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ であった。

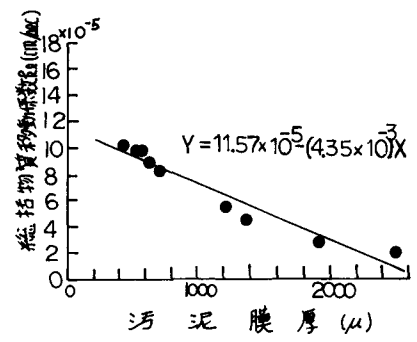


図-4 ケルコースにおける膜厚と総括物質移動係数

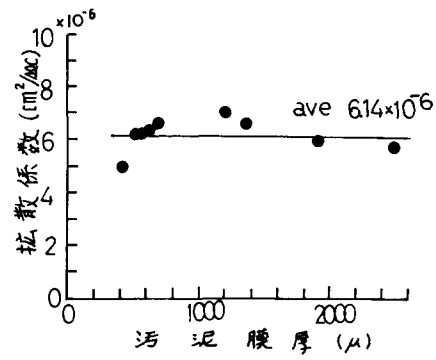


図-5 ケルコースにおける拡散係数

表-1 基質拡散係数

基 質	拡 散 係 数 (cm^2/sec)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	6.14×10^{-6}
NH_4^+-N	1.28×10^{-5}
PO_4-P	8.43×10^{-6}

5. まとめ

1). 汚泥膜厚の増加に伴い、総括物質移動係数は、減少し、400~2500 μ の間で、総括物質移動係数 $Y = 11.57 \times 10^{-5} - (4.35 \times 10^{-3})X$ (膜厚)という関係式が得られた。

2). 不活性生物膜を通してのケ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し、本実験での平均値は、 $6.14 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ であった。又アンモニア性窒素の平均拡散係数は、 $1.28 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、リンで、 $8.43 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ という値を得た。これらの結果から分子量が大きい方が、拡散係数は、小さな値となっている。

3). 酸素の拡散係数は、膜厚300 μ 前後の実験で、平均 $2.05 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ という値が得られた。

表-2 酸素拡散係数

膜厚(μ)	拡散係数(cm^2/sec)
288	0.89×10^{-5}
298	1.89×10^{-5}
302	2.60×10^{-5}
308	2.80×10^{-5}

ave $2.05 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$

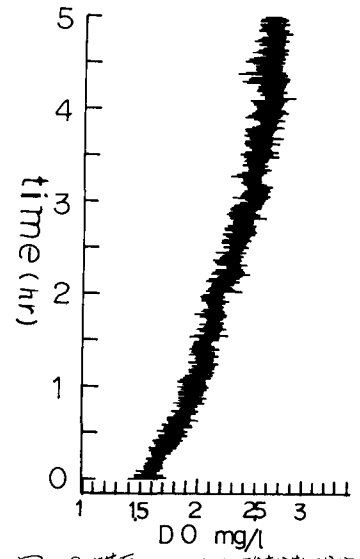


図-6 膜厚298 μ における酸素拡散実験例

参考文献

(1) 化学工学便覧