

早稲田大学理工学部

正員 遠藤 郁夫

学生員 〇江森 弘祥

1. 目的 本実験では、回転円板および円管内に付着した生物膜について、水膜との間に働く剪断力を求め、生物膜の剪断強度、生物膜と流速および生物膜厚さと酸素利用速度係数との関係を求めることを目的とした。

2. 実験方法 回転円板ならびに円管に下水を循環させ、生物膜が充分定常状態になったところで生物膜の厚さを測定した。

3. 実験結果および考察 (1) 回転円板の剪断力 図-1より、境界層の厚さ δ 、速度 G (半径成分) C_θ (接線成分)、剪断応力 τ_r, τ_θ とする。半径方向について、ABCDを考えると運動量の法則によって、 $\frac{d}{dr}(r \int_0^\delta G r^2 dz) - \int_0^\delta C_\theta^2 dz = -\frac{\tau_r r}{\rho}$ — (1) 接線方向については r と $r+dr$ の二円で限られた部分について運動量モーメントの法則により

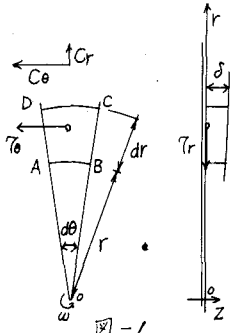


図-1

$\frac{d}{dr}(r^2 \int_0^\delta C_\theta C_r dz) = -\frac{\tau_\theta r^2}{\rho}$ — (2) となる。角速度を ω とし、 $G = C_\theta \frac{r}{\delta} (1 - \frac{z}{\delta})^2$, $C_\theta = \omega r (1 - \frac{z}{\delta})^2$ と仮定すると剪断力は、 $\tau_r = \rho \nu C_\theta / \delta$, $\tau_\theta = 2 \rho \nu \omega r / \delta$ — (3) となる。但し $\omega = 0.54 \omega$ とした。(2) 円管内の剪断力 内径 $2a$ 、長さ l 、平均流速 v なる管の摩擦損失圧力を $P_1 - P_2$ とすると、 $h = \frac{P_1 - P_2}{W} = f \frac{l}{a} \frac{v^2}{2g}$ — (4)

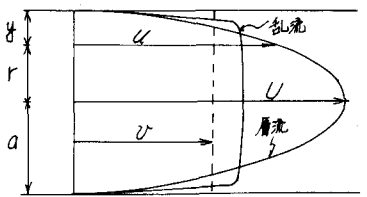


図-2 円管内の速度分布

(a) 層流: 図-2より $u = U(1 - (\frac{r}{a})^2)$, $U = 2v$ 、また、 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$ より、壁面の剪断応力 $\tau_0 = \mu (\frac{du}{dy})_{y=0} = \mu \frac{4v}{a}$ — (5) となる。(b) 乱流: $-\frac{\pi}{4} a^2 \times \frac{dP}{dx} dx = \pi a dx \times \tau_0$ かつ $h = -\frac{1}{\rho g} \frac{dP}{dx}$ — (6), (4)式より $\tau_0 = \frac{1}{8} \rho v^2$, $f = 0.3164 Re^{-0.25}$ — (7) となる。図-4より、線速度と生物膜厚さとの関係は次式で表わされる。

$y = 0.47 x^{-0.89}$ (A), $y = 1.60 x^{-2.5}$ (B) — (8) 図-5より剪断応力と生物膜厚さとの関係は次式で表わされる。

$y = 0.076 x^{-0.34}$ (A'), $y = 3.4 x^{-2}$ (B') — (9)

ここで y : 生物膜厚さ (cm) x : 線速度 (cm/sec) z : 剪断応力 ($\times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$)

4. 結論 図-4, 5にみられるように、生物膜の厚さは、線速度、

ならびに剪断力と密接な関係が認められた。すなわち、線速度或は

流速は20 cm/sec以上、生物膜の厚さは酸素利用速度係数からみて、少な

くとも0.1 cm以下が望ましい。また、線速度或は流速が50 cm/sec以上

となると、生物膜は急激に薄くなることと認められた。

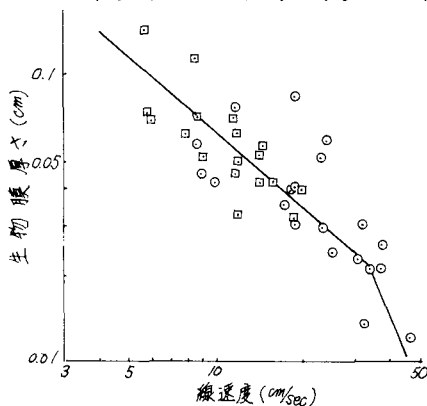


図-4 線速度と生物膜厚さとの関係

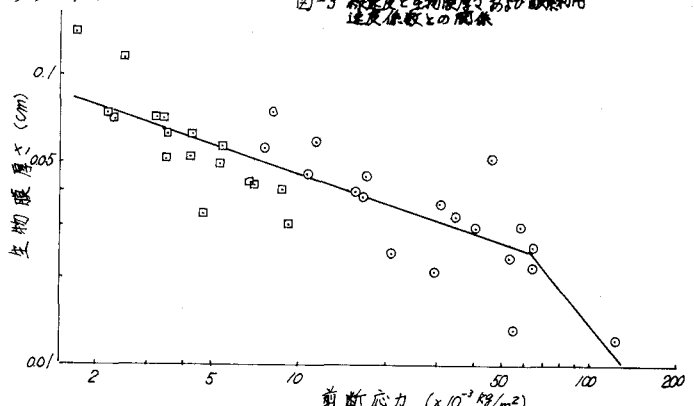


図-5 剪断応力と生物膜厚さとの関係

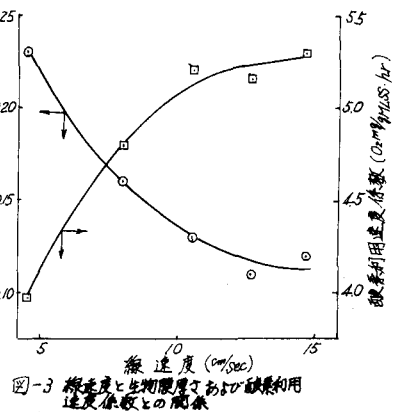


図-3 線速度と生物膜厚さおよび酸素利用速度係数との関係