

早稲田大学理工学部

正員 遠藤 郁夫

学生員 ○江森 弘祥

学生員 勝倉 昇

1. 緒論

回転汚床法は面独を始め、ヨーロッパ各地の小規模処理場で、また、活性汚泥法の前処理として利用されている。この方法は、一般的に、一枚または多数の回転板を軸のまわりに回転させる方法である。本実験は「金網籠」の中に中空汚床を入れ、汚床体を軸のまわりに回転させる方法である。その特徴は、汚床表面積が大きく、高いBOD除去率を得ることができることである。また、汚床の自浄作用(Self-Cleaning)が可能で、生物膜肥厚による汚床の閉塞が避けられることである。本報告は、都市下水について、回転汚床法の浄化効率と生物膜面に働く剪断力と生物膜の厚さについて基礎的研究を行なったものである。

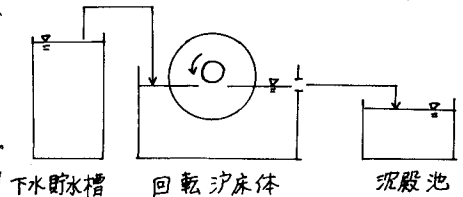


図-1 実験装置の概略図

2. 実験方法

回転汚床体は、半径0.4m、長さ0.5mの金鋼製で、汚床は直径5cm、長さ10cmの塩ビ管を用い、汚床表面積23.2m²、汚床比表面積は92.4m²/m³である。実験には都市下水を用いた。実験装置を図-1に示した。

3. 実験結果と考察

回転汚床における滞留時間を2~9時間として行なった実験では、流出水のBODが10~20ppmの安定した処理水を得ることができた。図-2、図-3は各々、BOD負荷とBOD除去量・除去率、BOD負荷とNH₃-N除去量・除去率との関係を示したものである。BOD除去率は広範囲なBOD負荷に対し、滑らかに、しかも、除々に変化している。すなわち、回転汚床法はBOD負荷の変動に非常に弾力的に対応できることが認められた。また、NH₃-N負荷0.3kg/日付近は対数発育期の最大点に相当し、最も活発に窒素が除去される点で、BOD負荷では1.4kg/日と相当する。BOD負荷とBOD除去率、BOD負荷と対数発育期などの諸要素を考慮すると、BODおよびNH₃-Nの高い除去率を維持し、安定した処理水を得るためには、BOD負荷は1.4kg/日以下と考えることができる。

回転汚床体の側面、すなわち回転円板に付着した生物膜について、各点に働く剪断力と生物膜の厚さについて検討を加えた。側面に働く剪断力は図-4から次のような式で求めることができる。半径方向について、半径rの面を通して単位時間に流れこむ流体と半径r+drから流れ出る流体との運動量の差は $\rho dQ \frac{dr}{dr} (r \int_0^{\omega} \omega^2 d\omega)$ 、BC面を通して流れこむ流体とAD面を通して流れ出る流体との

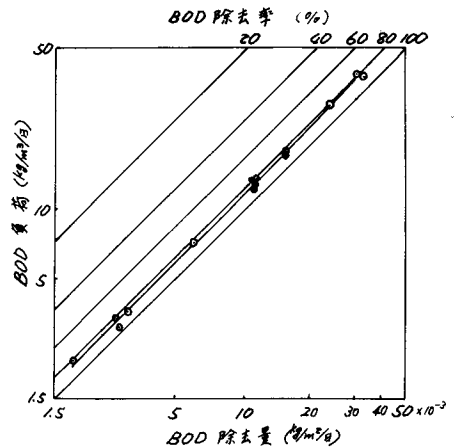


図-2 BODにおける浄化率曲線

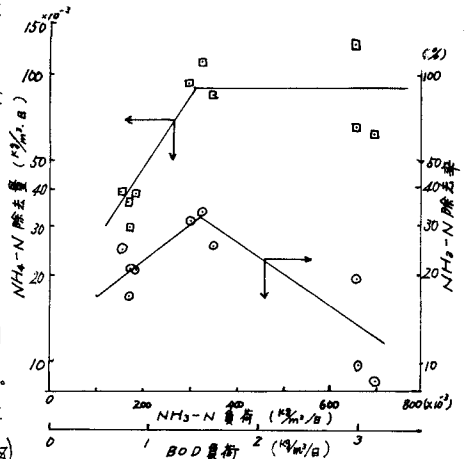


図-3 NH₃-N負荷、BOD負荷とNH₃-N除去率およびNH₃-N除去量との関係

差は $-P d\theta dr \int_0^{\delta} C_0^2 dz$, 流体には円板の面に沿って流れと反対方向に $\tau_r r d\theta dr$ の力が働く。運動量の法則によって次のように表わすことができる。

$$\frac{d}{dr}(r \int_0^{\delta} C_0^2 dz) - \int_0^{\delta} C_0^2 dz = -\frac{\tau_r r}{P} \quad (1)$$

接線方向については、 r と $r+dr$ の2円で限られた部分について、 r の円を通して単位時間に流れこむ流体と $r+dr$ の円より流れ出る流体のもつ運動量の回転軸のまわりのモーメントの増加分は $2\pi r P \left[\frac{d}{dr}(r^2 \int_0^{\delta} C_0 C_r dz) \right] dr$ で、これは τ_θ によって生ずる。この部分に働く力のモーメントに等しい。すなわち、

$$\frac{d}{dr}(r^2 \int_0^{\delta} C_0 C_r dz) = -\frac{\tau_\theta r^2}{P} \quad (2)$$

となる。円板の回転の角速度を ω とし、 $C_0 = d\omega r$ として、 ωr に比例するよ

うな速度 C_0 を用いて C_r, C_θ の速度分布を $C_r = C_0 \frac{r}{\delta} (1 - \frac{z}{\delta})^2$, $C_\theta = \omega r (1 - \frac{z}{\delta})^2$ とすると、 $\tau_r = P V C_0 / \delta$, $\tau_\theta = -2 P V \omega r / \delta$ となる。また、 $\delta = 2.22 \sqrt{\frac{V}{\omega}}$ である。円板が容器中で回転する場合に於て容器側にも境界層ができるから流体の角速度は 0.54ω と報告されている。以上より、(3)式を用いて円板表面に働く剪断応力の成分 τ_θ を求めた。

生物膜の厚さと線速度との関係を示したのが図-5である。線速度が 10 cm/sec 以下では生物膜の肥厚が著しいといえる。また、図-6は生物膜の厚さと剪断応力の関係を示したものである。剪断応力が $4 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$ 以下になると生物膜の厚さは急激に増加し、 $7 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$ 以下では減少する。 $4 \times 10^{-3} \sim 7 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$ では、ほぼ一定して生物膜の厚さは $0.04 \sim 0.05 \text{ cm}$ であった。図-7は生物膜の厚さとBOD負荷との関係を示したものである。生物膜の厚さはほとんどBOD負荷にかかわらず、ほぼ一定であるといえる。

3. 結論

- 1) 回転浮床法ではBOD負荷 $1.1 \text{ kg/m}^2/\text{日}$ までは、対数発育期に相当し、BOD除去率85%以上、また、 $1.0 \sim 3.0 \text{ kg/m}^2/\text{日}$ の範囲では、BOD除去率80%以上を得ることができた。
- 2) BOD負荷 $1.4 \text{ kg/m}^2/\text{日}$ において最大の $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率を得ることができた。この負荷におけるBOD除去率は80%以上、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の除去率は30%以上であった。
- 3) 生物膜の厚さは、BOD負荷よりも線速度によって左右されるものと考えられた。また、剪断応力 $4 \sim 7 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2$ の範囲では、生物膜の厚さは $0.04 \sim 0.05 \text{ cm}$ の比較的良好な状態であった。

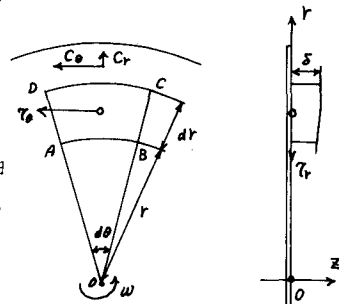


図-4

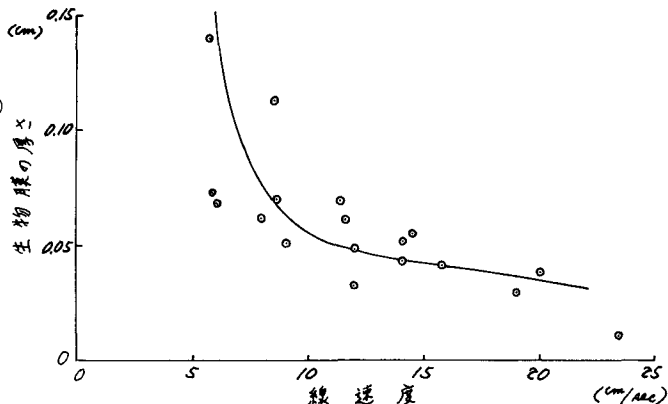


図-5 線速度と生物膜の厚さの関係

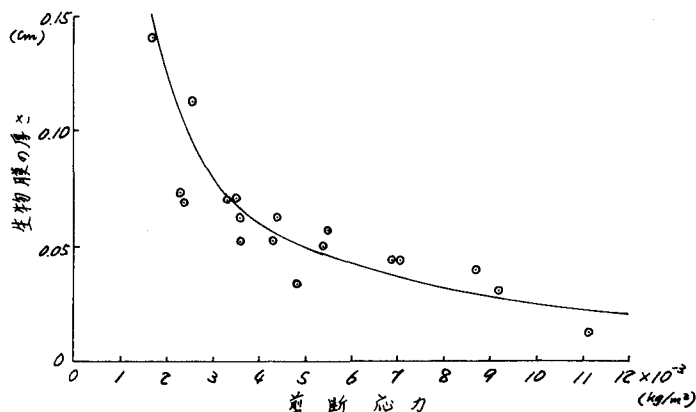


図-6 剪断応力と生物膜の厚さの関係

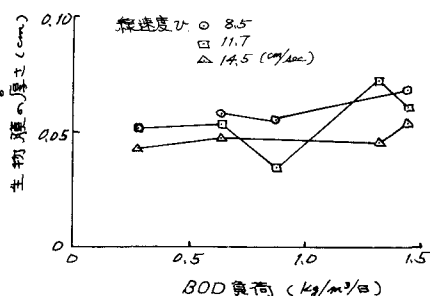


図-7 BOD負荷と生物膜の厚さの関係