

散気式旋回流エアレーションタンクにおける液の流動について

日本大学 工学部 正会員 中村 玄正
 学生会員 〇竹 花 厚

1. は じ め に

散気式エアレーションタンクでは、通流タンク底部に設けた散気装置より、タンク内の液中に気泡を発生させ、この気泡によってタンク内の液を混合力つ攪拌させ、有機成分と活性汚泥との接触を図ると同時に、その際に生ずる液の旋回流によって活性汚泥の沈降を防ぎ、タンク内での均一な生物化学反応の進行を図っている。

本研究は、エアレーションタンクにおける液の循環、流動機構に因する基礎的実験を行ない、旋回流速をモデル的に数式化することによって、タンク内の流速を推定しようとするものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。

実験にあたっては、表-1に示すような模型エアレーションタンクを使用し、タンク底部に孔径 0.5mm の穴を2つあけに散気管を設置し、単位容積当りの空気量を変化させて、タンク内の液流速、気泡の上昇速度等を測定した。また、タンク内の流動状態を可視化するために比重約 1.0 の浮子をトレーサとして槽内に投入し5分間のトレーサの流氷の軌跡をプロットした。

3. 実験結果及び考察

(1) 流動状態

図-2に、タンクA・Bの流動状態を示した。浮子の5分間の流氷の軌跡をみると、タンクA・B共、外周部と内周部を回る流氷があり、タンクAにおいてはタンクのはば中央、タンクBにおいてはタンク中央よりやや上方に停滞する流氷のコア状の部分が生じ、液はコア状の部分を中心としてはば旋回するものと考えられる。また、コア状の部分における流動状態は、単位容積当りの空気量が増大しても変化がないようである。

(2) 空気流量と液流速

図-3は、各槽における単位容積当りの空気量と外部旋回流と内部旋回流との関係を示したものであり、単位容積当りの空気量の増加に伴い、内・外部とも旋回流速は増加している。また、内・外部旋回流の空気量の変化に対する割合は、外部旋回流の方が大きい。これは、外部旋回流は発生させた気泡群に直接誘起される流れであり、内部旋回流は、外部旋回流の二次的な流れによるものと考えられる。

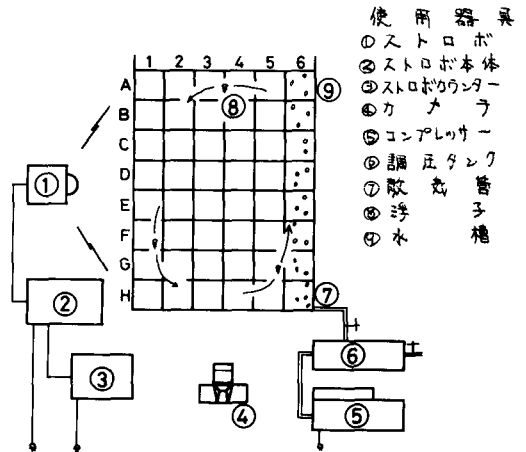


図-1 実験装置

表-1 実験諸条件

No.	V (cm ³)	L (cm)	H (cm)	B ₂ (cm)	G ₀ /V (cm ³ /sec) cm ³
A	13500	30	30	15	2.963×10 ⁻⁴ - 14.14×10 ⁻⁴
B	18000	30	40	15	2.222×10 ⁻⁴ - 10.62×10 ⁻⁴

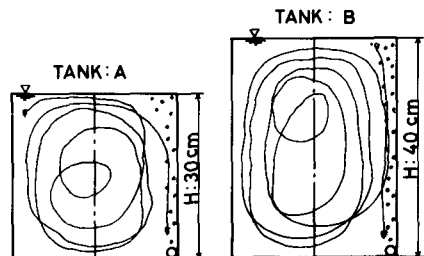


図-2 液の流動状態

4. 流速の理論化

図-4 は、タンク A・B の旋回流を角速度 ω に對して (1) 式より求め、理論値と実測値を比較したものである。

$$B_1 B_2 \cdot \frac{R_1 \cdot g \cdot H}{U_s + U_B} \cdot \frac{G_s}{A_T} \cdot U_s + \frac{G_s \cdot R_1 \cdot g \cdot H \cdot R_s}{U_s + U_B} \cdot U_B$$

$$= \frac{1}{2} \pi f_L' \cdot R_1 \cdot \omega^2 \cdot R^2 + \pi f_L' \cdot R_1 \cdot B_2' \cdot \omega^2 \cdot R^2 \quad (1)$$

タンク A は、理論値と実測値はほぼ一致していることがわかるが、相対的に単位容積当りの空気量が増加すると、槽内の流れに乱れが生じるものと思われ、理論値と実測値は合致しない傾向を示した。また、タンク B のように、旋回流がほぼ長円運動するものは、今回の理論式の妥当性が裏付けられず、今後の大きな課題であると思われる。

5. 実際槽における流速の理論化

実際槽においては、壁面との摩擦によるエネルギーを考慮することは、不合理と考えられるから、(1) 式を次のように考える。

$$B_1 B_2 \cdot \frac{R_1 \cdot g \cdot H}{U_s + U_B} \cdot \frac{G_s}{A_T} \cdot U_s + \frac{G_s \cdot R_1 \cdot g \cdot H \cdot R_s}{U_s + U_B} \cdot U_B$$

$$= \pi f_L' \cdot R_1 \cdot B_2' \cdot \omega^2 \cdot R^2 \quad (2)$$

図-5 より、実際槽における流速の理論値と実測値は比較的合致していることがわかる。

6. お わ り に

以上、流れがほぼ円運動を行なう模型エアーシオンタンクや実際槽等においては今回の理論式の妥当性が裏付けられたと思われる。今後、さらに、内部摩擦や実際槽における気液混相部の流速 U_s 、気泡の後流係数 C_s 、屈曲損失係数 f_L' 、タンクの形状変化に伴う流の運動状態等をさらに考慮した流速の理論化の確立を研究する必要がある。

使用記号 A_T : 気泡が群上昇する断面積 B_1 : 気泡の群上昇幅 B_2 : 気泡の群上昇奥行 B_2' : タンクの奥行 f_L : 摩擦抵抗係数 f_L' : 屈曲損失係数 G_s : 空気流量 g : 重力加速度 H : タンクの水深 R_s : 後流係数 R : 円筒半径 U_s : 静止水中の気泡上昇速度 U : 流速 U_s : 気液混相部の流速 π : 円周率 ρ : 水の密度 ω : 実際槽の気泡の群上昇奥行

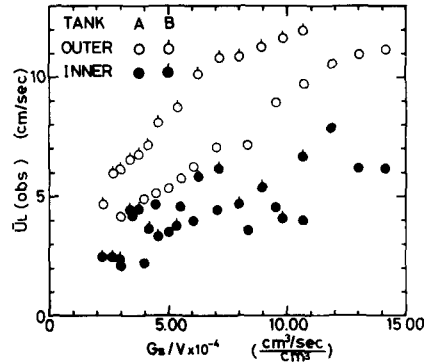


図-3 $\bar{U}_L(\text{obs.})$ と G_s/V の関係

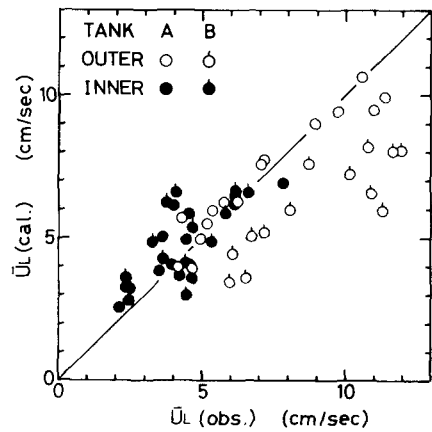


図-4 $\bar{U}_L(\text{cal.})$ と $\bar{U}_L(\text{obs.})$ の比較

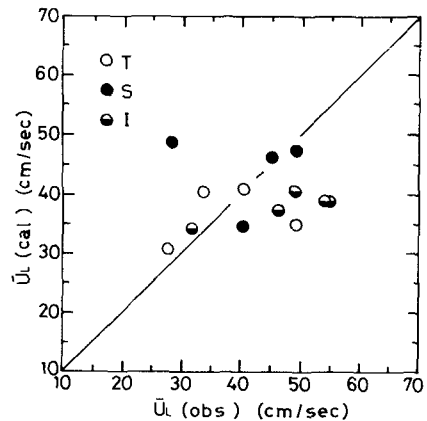


図-5 実際槽内の $\bar{U}_L(\text{cal.})$ と $\bar{U}_L(\text{obs.})$ の比較