

日本大学 工学部 正会員 ○ 中村 玄正
正会員 深谷 宗吉
学生員 小泉 聖人

1. はじめに

散気式エアレーションにおいては、DOレベルの維持（酸素供給）や混合・攪拌（エアレーション）強度等いくつかの物理的因子は、タンク内に供給される気泡群によって直接的に支配されている。本研究は、エアレーション系内における気泡群の挙動を明らかにし、さらに、液の巡回流速に及ぼす気泡群の影響を整理していくことを目的としたものである。

2. 実験装置と実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。実験方法は、表-1に示すような3種類の大きさの模型エアレーションタンクを使用し、タンク底部端に孔径0.5 mmの単一孔散気管を設置し、各槽について空気流量を7種類に変化させた。気泡の大きさや上昇速度、ならびに槽内流速は、マルチストロボを用いた写真測定により求めた。

3. 結果と考察

(1) 気泡の挙動

図-1は、気泡の対液上昇速度 U_B を気泡径 D_v に対してプロットしたものであり、破線で示した静止水中の単一気泡の上昇速度 U_0 に比較して、かなり大きな速度で上昇していることがわかる。

ここに、 $U_B = U_0 - U_L$ (4-5) (1)

次に、気泡の挙動を示すレイノルズ数 Re と抵抗係数 C_D の関係を示したのが、図-3である。

$Re_B = \frac{D_v \cdot U_0}{\nu}$ (2)

$C_{DB} = \frac{4}{3} \cdot \frac{D_v \cdot \Delta p}{U_0^2 \cdot \rho \cdot g}$ (3)

図中破線は、静止水中における気泡の Re 数と C_D 値を参考として示したものであるが、抵抗係数がかなり小さく示されている。この理由としては、タンクに発生・上昇する気泡群においては、気泡相互の相対距離が小となり、気泡の後流が発達するとともに、後続して上昇する気泡は、前方を上昇する気泡の後流域の影響を受ける。したがって、後続する気泡の表面抵抗が減少するような結果が生じ

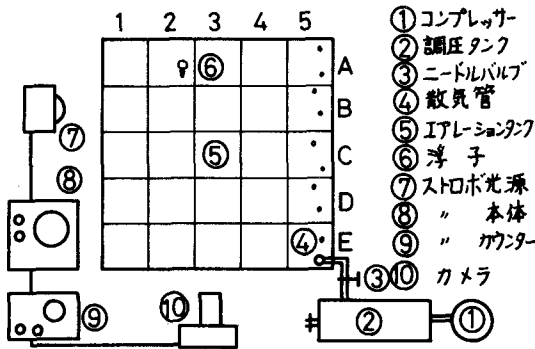


図-1 実験装置

表-1 実験条件

槽	A	B	C
記号	●	○	◎
H cm	30	40	55
L cm	30	40	55
B ₁ cm	3	4	55
B ₂ cm	3	3	3
V l	2.7	6.4	16.6
Gs cm ³ /s	3.04	7.15	18.4
	3.50	8.29	21.6
	4.04	9.49	24.5
	4.48	10.6	27.6
	4.99	11.9	30.9
	5.54	13.0	34.0
	6.02	14.2	36.9

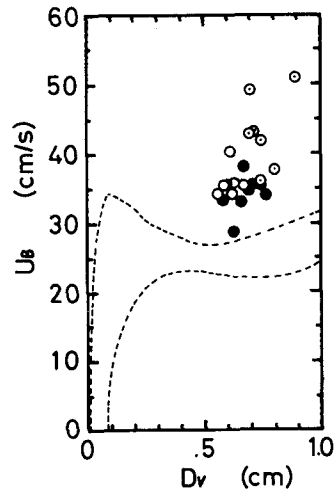


図-2 気泡群の上昇速度

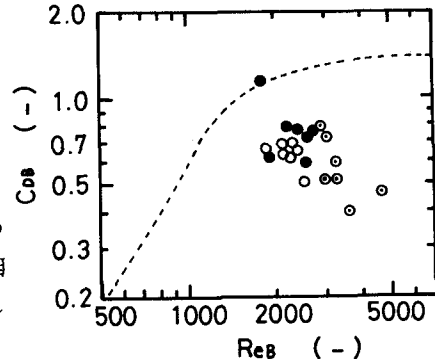


図-3 レイノルズ数と抵抗係数

ることによるものと考えられる。

図-4は、エアレーションタンクにおける気泡の空塔速度 $U_{GT} = \frac{G_s}{A_T}$ と気泡の上昇速度比 $\frac{U_b}{U_s}$ の関係を示したものであり、かなりのばらつきがみられるが、空塔速度が大きくなるにつれて、気泡相互の干渉作用によって、気泡の上昇速度が大きくなる傾向が示されている。

(2) 液の流動とモデル化

図-5は、タンク内各部分における平均流速の変化を示したものであり、流速変化から、旋回流の代表的なパターンが見られている。

そこで、旋回流がタンクの中心を原点として円回転をするものと仮定し、タンク内で与えられる力と矢がわれる力は、

a. 気泡の混入によるみかけ密度の軽量化による力

$$F_1 = B_1 \cdot B_2 \cdot (P_L - P_g) \cdot \bar{\varphi} \cdot gH \\ = B_1 \cdot B_2 \cdot (P_L - P_g) \cdot \frac{G_s}{A_T} \cdot \frac{gH}{U_b - U_s} \quad (4)$$

b. 気泡の上昇による力

$$F_2 = N_b \cdot \frac{\pi}{8} \cdot C_{DB} \cdot D_v^2 \cdot P_L \cdot R_L \cdot (U_b - U_s)^2 \quad (5)$$

c. 壁面の摩擦による力

$$F_3 = 2\pi f_L \cdot P_L \cdot \omega^2 \int_0^R r^3 dr = \frac{1}{2} \pi f_L \cdot P_L \cdot \omega^2 R^4 \quad (6)$$

d. 屈曲・断面変化による力

$$F_4 = f_L' \cdot S \cdot P_L \cdot \frac{U_s^2}{2} = \pi f_L' \cdot P_L \cdot R^3 \cdot B_2 \cdot \omega^2 \quad (7)$$

のような力が考えられ、これらの釣り合いから、角速度 ω について、

$$B_1 \cdot B_2 \cdot (P_L - P_g) \cdot \frac{G_s}{A_T} \cdot \frac{1}{(U_b - \omega R)} gH \\ + N_b \cdot \frac{\pi}{8} \cdot C_{DB} \cdot D_v^2 \cdot R_L \cdot (U_b - \omega R)^2 \\ = \frac{1}{2} \pi f_L \cdot P_L \cdot \omega^2 R^4 + \pi f_L' \cdot P_L \cdot R^3 \cdot B_2 \cdot \omega^2 \quad (8)$$

が得られる。

図-6は、式(8)より角速度 ω を求め、 $U = \omega R$ より求めた計算値と、実験値(代表値として $U_L(A-3)$ を比較したものである。

4. おわりに

以上、気泡の挙動と液の流動について考察したが、気泡の随伴液量、屈曲等の抵抗係数の考え、また、流動のパターン等についても研究することが必要であり、今後検討を進めたい。

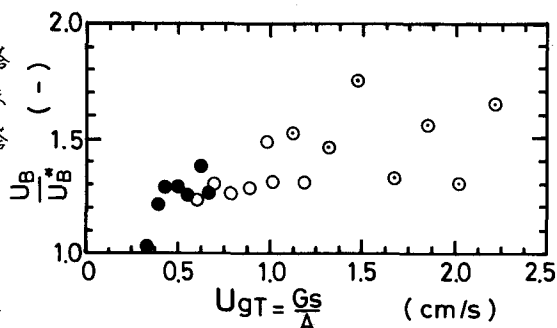


図-4 空塔速度と気泡上昇速度比

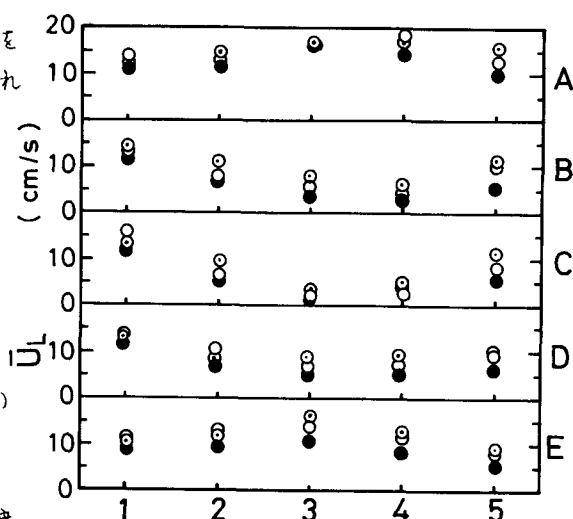


図-5 液流速の位置変化

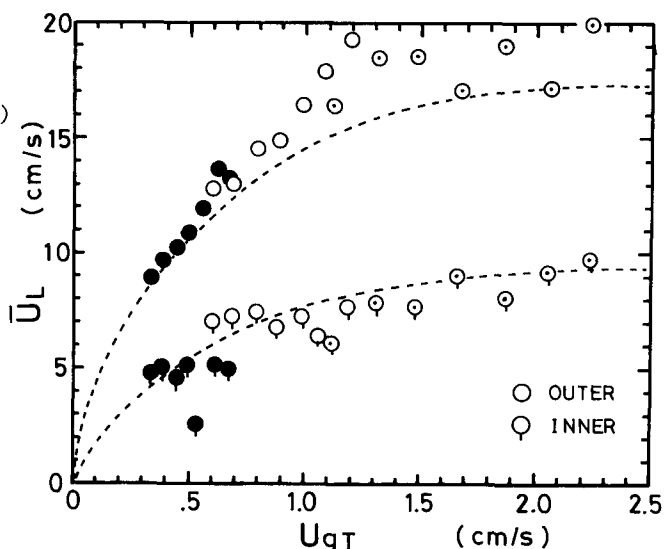


図-6 空塔速度と液流速