

関東学院大学 正 北野義則
九州大学 正 栗谷陽一

1. まえがき

有限幅をもつ2次元気泡噴流については、今まで検討を行なってきたが、それによると、流速は0より始まり浮力により加速され、送気量に対応するある一定値に近づく。気泡噴流幅については、流速の加速により一時、拡がり幅は減少するが、その後緩やかに近づくことが知れた。円板散気装置からの気泡噴流についても同様流速は0より始まり、浮力により加速されある最大流速に達した後流速は0に漸近していくものと思われる。この報告は、円板散気装置からの気泡噴流について実験的・理論的に検討を行なったものである。

2. 実験

4m×1m×0.6mの全面アクリル製の水槽を用い、水槽底部に直径3cm, 6cmの円板散気装置の一方を据えた。エア・コントロールより流量計を通して、散気装置から送気した。散気板上10, 20, 30, 40, 50cmのそれぞれの高さで、横方向に1cmおきに流速、気泡密度を測定した。送気量は水のおきの散気装置に同じく通り行なった。

実験結果の例を図2, 3に示す。

実験結果の流速分布、気泡密度

分布とも誤差分布曲線によく一致している。一般に気泡密度が上昇とともに減少するのは明らかであるが、流速については、その変化が著しかった。

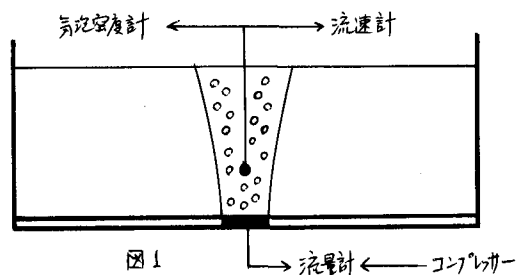


図1

3. 考察

気泡噴流の基礎式は次の3つの式である。u, vは流速、 σ は気泡密度、 z は混合距離、 w は気泡の相対上昇速度である。連続の式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

図2

気泡の保存式

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial r} = \sigma g + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u^2 \frac{\partial u}{\partial r}) \quad (2)$$

$$(u+w) \frac{\partial \sigma}{\partial x} + v \frac{\partial \sigma}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u^2 \frac{\partial \sigma}{\partial r}) \quad (3)$$

流速分布 $u = u_0 e^{-r^2/a^2}$, 気泡密度分布 $\sigma = \sigma_0 e^{-r^2/a^2}$ の誤差分布と仮定し、混合距離 z は噴流幅 b に比例するとし $z = eb$ 。これらを用いて (2), (3) に代入し、1次および3次モーメントをとる。

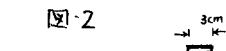


図3

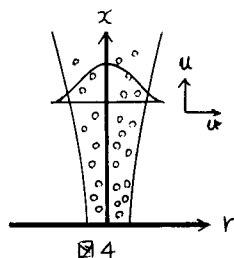
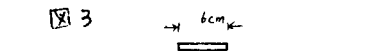


図4

$$\left. \begin{aligned} u_0/w = U, \quad \varepsilon^2 x/L = X, \quad b/L = B, \quad a/L = A \\ \sigma_0 g L / w^2 \varepsilon^2 = S, \quad g g / L w^2 \varepsilon^2 = Q \end{aligned} \right\} (4)$$

(4)で無次元表示すると次の結果が得られる。

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dX} (U^2 B^2) = A^2 S, \quad \frac{d}{dX} \left\{ A^2 S \left(1 + \frac{B^2}{A^2 + B^2} U \right) \right\} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} U B^4 \frac{dU}{dX} + \frac{3}{4} U^2 B^3 \frac{dB}{dX} = \frac{1}{2} S A^4 + \frac{3\sqrt{2}\pi}{8} U^2 B^3, \quad (7)$$

$$\frac{1}{3} \frac{AB^2(2B^2+A^2)}{(A^2+B^2)^2} S \frac{dU}{dX} + \frac{A^2 B(2B^2+A^2)}{(A^2+B^2)^3} S U \frac{dB}{dX} + 2 \left\{ 1 + \frac{B^4}{(A^2+B^2)^2} U \right\} S \frac{dA}{dX} + \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{B^4}{(A^2+B^2)^2} U \right\} A \frac{dS}{dX}$$

$$= 3\sqrt{\pi} \frac{B^5}{(A^2+B^2)^{3/2}} S U \quad (8)$$

散気装置が有限幅をもつとき $X=0$ すなわち $U=0$

だから $X=0$ の近傍の解を次のべき級数にあく。

$$U = U_1 X^k + U_2 X^m, \quad m > k > 0, \quad B = B_0 + B_1 X^l, \quad l > 0, \quad A = A_0 + A_1 X^j, \quad j > 0, \quad S = S_0 + S_1 X^i, \quad i > 0$$

これを各モメント式に代入すると、 $k=1, l=j=k=\frac{1}{2}, m=1$ と得る。これを

各係数は次の様になる。 $B_0 = A_0, U_1 = \sqrt{2Q/\pi} A_0^2, S_0 = Q/\pi A_0^2$

$A_1 = -A_0 U_1/8, B_1 = 8 S_0 A_1 / 5 U_1^2$ となる。計算では $X=0$ で $A_0=1$ とし、その

一般性は失なわれない。

図5に流速分布の計算結果を示す。流速は始め、0より出発し、気泡の浮力により加速されるが、その後次第に減速する。実験結果の送気量少では、減少傾向がそれほど現れていないが、送気量が多くなるにつれて実験結果もその傾向を示しているようである。

図6～図8はそれぞれの送気量に対して流速分布幅、気泡密度分布幅の変化を図に示したものである。流速分布幅については各送気量とも、かなり一致の傾向を示しているようである。

気泡密度分布については総じて、散気板直径3cmの場合計算結果より実験値は大きめに現れているのが特徴的である。簡単のために、運動量と気泡の抵抗係数を等しいとしたことは、又気泡自身の拡散についての考慮がなされていないことなどが考えられる。

なを $\varepsilon = 0.2$ として図示した。

L については、初期に気泡は相対上昇速度だけで上昇するので、円筒分布を仮定し、そこから誤差分布に変換すると $L = \frac{1}{2\sqrt{2}} L_0$ (L_0 : 散気板直径) が得られるので、これを用いた。

参考文献

「沈降性粒子を含む鉛直噴流の特性」土木学会論文集
栗谷陽一、藤崎一裕

