

関東学院大学 ○北野 義剛
九州大学 栗谷 陽一

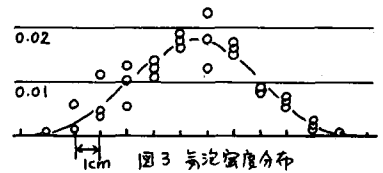
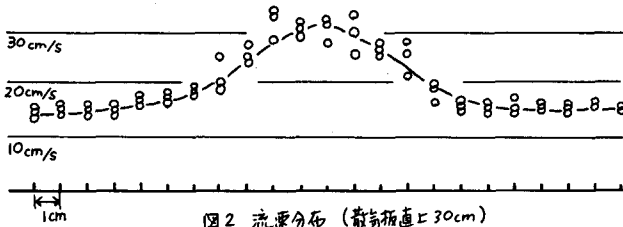
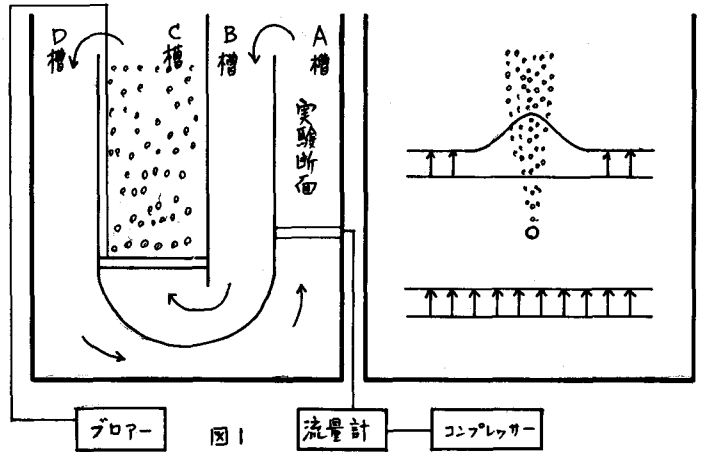
1. まえがき

曝気槽における気泡噴流の役目は基礎の沈殿防止のための旋回流の誘起と酸素の供給とを目的としている。静水中での2次元気泡噴流での水流の流速は気泡の浮力により上昇により一定値をとり、噴流幅も周期的に振る。この報告は、曝気槽における旋回流の誘起に一様な上向流を発生させ、その流れの中で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

実験水槽は1m×1m×1.8mの鉄製の水槽を用い、これを図1に示すように4つの槽に分け、C槽よりブローアを使用し散気管より送気し、上向流を発生させた。その後溢流してD槽に流入し水槽底部を通りA槽(実験断面)では上向流となりB槽に流入して回流する。

散気装置を水槽底部より70cmの高さに据え、エアコンプレッサより流量計を通して送気した。散気管上30cmの高さで、横方向に1cmおきに、流速・気泡密度とプロペラ流速計・ホイドセンサーを使って測定した。流速分布の結果を図2に、気泡密度分布の結果を図3に示す。



3. 考察

気泡噴流の基礎式は静水中での基礎式と同じであり、その境界条件が異なるのみである。

連続の式
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$
 N-S式
$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \sigma g \quad (2)$$

気泡の保存式

$$(u+w) \frac{\partial \sigma}{\partial x} + v \frac{\partial \sigma}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial \sigma}{\partial y} \right) \quad (3)$$

流速分布 $u = \phi(\eta)$, 気泡密度分布 $\sigma = \tau(\eta)/x$, $\eta = y/x$ とおく。

$v = \eta\phi' - \phi$ となる。また拡散係数 D は中心流速 ϕ'_0 と外縁流速 ϕ'_∞ との差に比例すると仮定し、

$D = k\{\phi'_0 - \phi'_\infty\}x$ (4) とおける。こゝより基礎式(2), (3) は

$$\phi\phi'' + k(\phi'_0 - \phi'_\infty)\phi'' + \tau g = 0 \quad (5) \quad \phi\tau + w\eta\tau + k(\phi'_0 - \phi'_\infty)\tau' = 0 \quad (6)$$

となる。

$$\phi = w\sqrt{k(\phi'_0 - \phi'_\infty)} \quad , \quad \tau = \frac{\omega^2}{g} \Theta \quad , \quad \eta = \sqrt{k(\phi'_0 - \phi'_\infty)} \psi \quad (7)$$

とすれば上式はさらに簡単になる

$$\phi\phi'' + \Theta'' = 0 \quad (8) \quad \phi\Theta + \psi\Theta' + \Theta' = 0 \quad (9)$$

$$u = w\phi' \quad , \quad v = \sqrt{k(\phi'_0 - \phi'_\infty)} \cdot w(\psi\phi' - \phi) \quad , \quad \sigma = \omega^2\Theta/gx \quad (10)$$

である。又境界条件は、

$$\begin{cases} \psi = 0 : \phi(0) = 0, \phi'(0) = \phi'_0, \phi''(0) = 0, \Theta(0) = \Theta_0 \\ \psi = \infty : \phi(\infty) = \infty, \phi'(\infty) = \phi'_\infty, \phi''(\infty) = 0, \Theta(\infty) = 0 \end{cases} \quad (11)$$

である。ここで Θ は級数展開すると

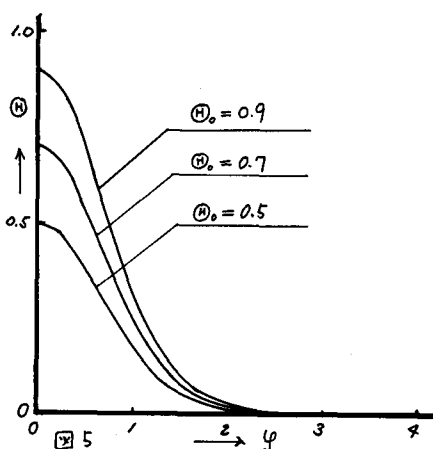
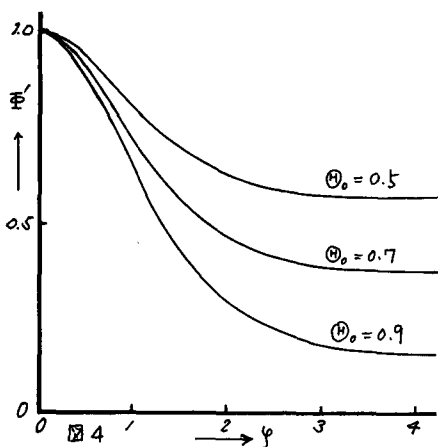
$$\Theta = \Theta_0 + \Theta_1\psi + \Theta_2\psi^2 + \dots \quad \Theta' = \Theta'_0 + \Theta'_1\psi + \Theta'_2\psi^2 + \dots \quad (12)$$

となり、これを式(8), (9)の基礎式に代入すると、

$$\Theta_{N+3} = -\left\{ \Theta_N + \sum_{m=0}^{N+2} m(m-1)(N-m+2)\Theta_{N-m+2}\Theta_m - \Theta'_N \right\} / (N+1)(N+2)(N+3) \quad (13)$$

$$\Theta'_{N+1} = -\left\{ \Theta'_{N-1} + \sum_{m=0}^N \Theta_{N-m}\Theta'_m \right\} / (N+1) \quad (14)$$

となる。 $\Theta_0 = 1$ についての計算例を図4, 図5に示す。



実験結果の流速分布、気泡密度分布とも理論曲線に近い性状を示していることがわかる。また実験時の観察から気泡密度分布は連続的に流れている。中心流速だけでなく、高圧方向にもほぼ同じような流速をまわっている。計算については、 $\Theta_0 = 1$ となる場合について3通り行なった。流速分布は η の値が増大するにつれて、流速は減少し、逆に Θ_0 により決定される外縁流速となる。気泡密度分布については同様に η の値が増大するにつれて減少し、0に漸近することとなる。今回行なった実験は1例のみであるため、拡散係数の比例定数については、実験値を増したのち検討することにした。

参考文献 「静水中における気泡噴流の性状」 土木学会論文報告集 235号