

関東学院大学 正員 ○北野 義則
九州大学 正員 栗谷 陽一

1. まえがき

活性汚泥処理における曝気槽内では、散気板より気泡を発生させると気泡は上昇し、それに伴って水も上昇することになる。すなわち気泡噴流を形成する。気泡噴流中の水流は上方に運動し、その後水表面に達すると水平運動になる。この結果、曝気槽中を回流する流れ、いわゆる旋回流を生じる。この流れにより、活性汚泥の沈降を防止することができると言われている。この旋回流の速度は 30 cm/s 以上必要とされている。

この報告は、旋回流のかわり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. 理論

図1のように座標軸を定める。連続の式 $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$ (1)

運動方程式 $u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{2} l^2 \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \sigma g$ (2)

気泡の保存式 $(u+w) \frac{\partial \sigma}{\partial x} + v \frac{\partial \sigma}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(l^2 \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial \sigma}{\partial y} \right)$ (3)

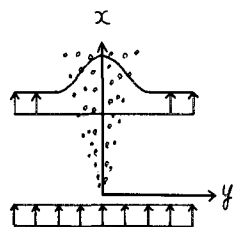


図 1

u, v は x, y 方向のそれぞれの流速, w は気泡の相対上昇速度, σ は気泡密度である。

実用上、流速分布、密度分布を誤差分布で十分近似できると考えられるので、流速および気泡分布をいずれも誤差分布として、噴流流速、噴流幅、気泡密度、気泡密度分布幅、周囲流速と送気量の関係を求める。

流速分布 $u = u_s + u_m e^{-y^2/b^2}$ (4) 気泡密度分布 $\sigma = \sigma_m e^{-y^2/a^2}$ (5)

混合距離 l は b に比例するとして $l = \epsilon b$ (6) とおく。これらを(2),(3)に代入し、 $0 \leq y < \infty$ の区間における各式の右辺および左辺の0次あるいは1次モノミナルをとる。つぎに w および u_s, g が一定であることを考慮して相似解を求める。 $u_m = -w$, $b = \beta x$, $a = \alpha x$, $\sigma_m = \tau_m/x$ とおくと

$$(u_s + \frac{1}{\sqrt{2}} u_m) u_m \beta = g \alpha \tau_m \quad (7) \quad \{8u_s + (\pi+2) u_m\} \beta^2 u_m = \sqrt{2\pi} \epsilon^2 \beta u_m^2 + 4g \alpha^2 \tau_m \quad (8)$$

$$u_m \beta \tan^{-1} \frac{\alpha}{\beta} + (w + u_s) \alpha = 2\sqrt{2\pi} \epsilon^2 u_m \frac{\beta^3}{(\alpha^2 + \beta^2)^{3/2}} \quad (9) \quad g = \sqrt{2\pi} \alpha \tau_m \{w + u_s + (1+r^2)^{-1/2} u_m\} \quad (10)$$

を得る。 $U_m = u_m/w$, $U_s = u_s/w$, $S_m = g \tau_m/w^2$, $Q = g \beta / \epsilon^2 w^3$, $B = \beta / \epsilon^2$, $A = \alpha / \epsilon^2$, $r = A/B$ で無次元化を行なう。(7)-(9)を整理すれば次式を得る。

$$U_m = \frac{r(1+r^2)^{3/2}(1+U_s) - 4\sqrt{2}(2-r)U_s}{\sqrt{2}(\pi+2) - 4r - (1+r^2)^{3/2} \tan^{-1} r} \quad (11) \quad B = \frac{\sqrt{2\pi} U_m}{8U_s + (\pi+2)U_m - 4r(U_s + U_m/\sqrt{2})} \quad (12)$$

$$A = rB \quad (13) \quad S_m = \frac{U_m}{r} (U_s + U_m/\sqrt{2}) \quad (14) \quad Q = \sqrt{2\pi} A S_m \{1 + U_s + (1+r^2)^{-1/2} U_m\} \quad (15)$$

幅の比 r 及び周囲流速 U_s を適当に与えれば、 U_m, B, A, T, Q は順次求まることになる。

3. 考察 前回(2)報で報告した実験結果の1例を図2に示す。図2は散気管よりの高35, 45, 55 cm での流速分

布及び気泡密度分布の実測値を示したものである。中心流速は高士によらずほぼ 36 cm/s の値をとり一定値となる。流速分布の幅は高士に比例して増加し、各断面ともほぼ b/x は 0.075 位の値となる。その結果図3に示すように流速分布の相似性は保たれるようである。気泡密度分布についての実測値も図2中に示している。これから分布幅は流速分布と同様に直線的に拡がり、中心気泡密度は上昇とともに減少することが知られる。図3から理解できるように気泡密度分布についての相似性も又保たれるようである。

計算結果を図4～図7に示す。図4は U_0 をパラメータに U_m と Q との関係を示したものである。周囲流速及び気泡の相対上昇速度を無視すれば、 U_m は $\sqrt{Q}$ に比例するが、周囲流速及び気泡の相対上昇速度により気泡群によって生じる気泡噴流の流速はそれぞれ低下することとなる。図5図6は気泡噴流の流速幅 B について、気泡幅 A についてそれぞれ図示したものである。周囲流速及び気泡の相対上昇速度がなければ、それぞれ一定値を

取ることになるが、いずれもそれぞれ低下する。図7は気泡密度について図示したものであり、この場合は大きな値をとることになる。得られた計算値及び実験値を使つて ε を算定した。実験値は流速分布だけを用いた。2.3 の実験例を除いておよそ $\varepsilon = 0.33$ であることが知れた。この ε を使つて、実験送気量に合せ2図示したものか図4～7に示している実験点である。流速については、周囲流速が高い場合にずれが大きい。流速幅については一応の結果が得られた。気泡幅についても送気量が小さい場合を除いて一応の結果が得られた。気泡密度についてはポイドセンサーによって得られた値は、かなり小さく期待する値に対して5～8割程度であった。これは気泡がポイドセンサーを通過する際気泡群の一部がセンサー先端から逃げることを考えられる。今回は、得られた実験結果を使つて、送気量に合うよう、気泡密度を補正したものを実験値とした。今後この点について検討を行ないたい。

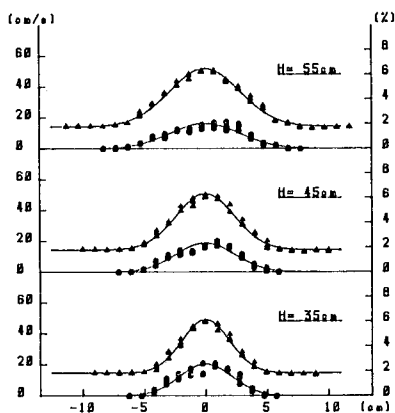


図 2



図 3

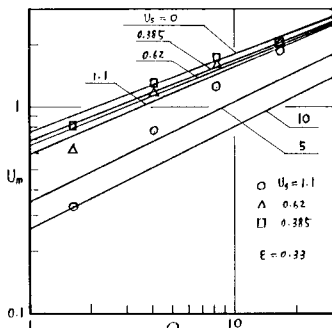


図 4

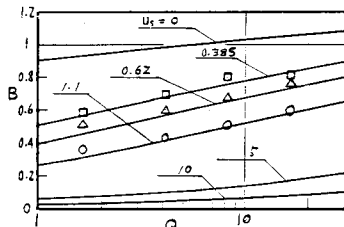


図 5

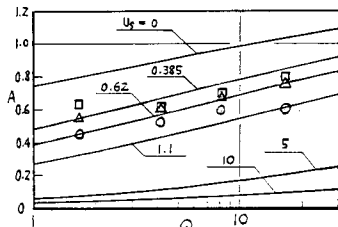


図 6

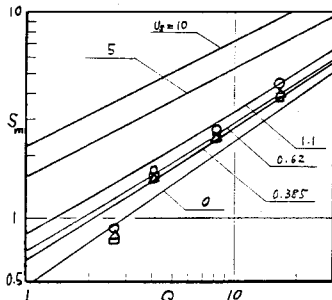


図 7