

九大 正員 栗谷 陽一
九大 学生員 O金子 新

1. まえがき

一様流入整流壁を有する矩形沈殿池に、密度の異なる流体が流入した時の、整流壁付近の流れについて報告する。

2. 実験方法及び実験結果

実験装置の概要は、図1に示す。タンクは、長さ2m、幅10cm、深さ40cmの寸法の物を使用した。

塩水をタンクにため、淡水をフィルターを通して一様流入させることにより密度流を発生させた。塩水はフルオレッセンで着色し、出口は塩水の流出を減少させるため、横溢流板とした。

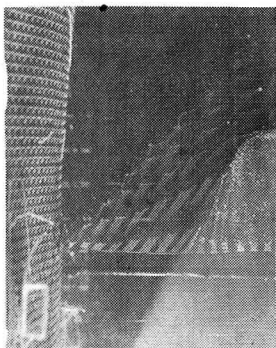
流速の測定は、水素気泡法を行い、リレートにより一定の時間間隔で発生する水素気泡を、写真撮影して測定した。

写真1は、水素気泡発生の様子を示している。

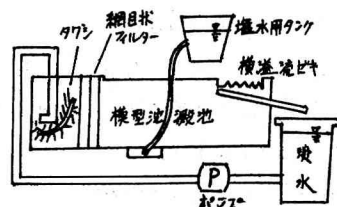
図2に流速の遷移の様子と、境界面の形状を示す。

この時の実験条件は、次に示す如くである。

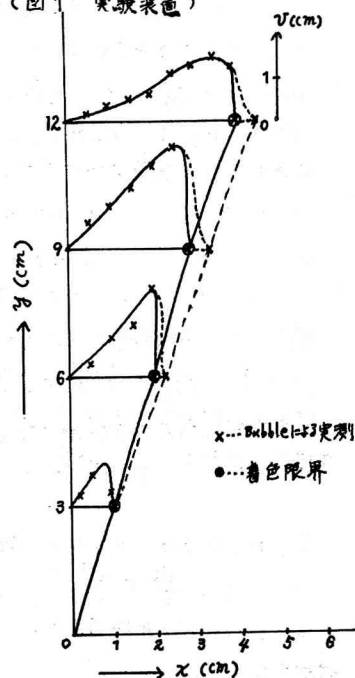
一様流入流速	U_0	0.80 cm/sec
淡水密度	ρ_0	1.002
塩水密度	ρ_s	1.004



(写真1. 水素気泡)



(図1 実験装置)



3. 理論及び考察

淡水は、塩水中に一様に流入する。

整流壁付近の流れは、自由表面及び出口の影響を受けない。(図2. 実測値)

と仮定して、流れを理想流体とした場合、渦動拡散を考慮した場合、について一応の解析を試みた。

1) 理想流体としての解析

流入方向をx軸、それと垂直にy軸をとる。

A, B両点にベルヌーイの定理を適用すれば

$$\frac{p_A}{\rho} + g y_0 = \frac{v(x, y)^2}{2} + \frac{p_B}{\rho} + g y \quad (1-1)$$

となる。ただし、 $\frac{u_0^2}{2}$ は微小として省略した。 u_0 は流入速度。

A, B両点における圧力は、境界層理論よりの類推より

$$p_A = p_{\text{bottom}} - \rho g y_0, \quad p_B = p_{\text{bottom}} - \rho g y \quad (1-2)$$

と書ける。ただし、 p_{bottom} はタンク底の圧力とする。

$$\text{また連続の式は、} u_0 dy_0 = v(x, y) dy \quad (1-3)$$

となる。(1-1)(1-2)(1-3)式より

$$u(x, y) = u_0 \quad (\text{一定}) \quad v(x, y) = \frac{E_0 g}{u_0} x \quad (1-4)$$

となり、境界面形状は

$$y = \frac{E_0 g}{2 u_0^2} x^2 \quad (1-5) \quad (\text{図3. 理論と実験値の比較})$$

となる。図3に示す如く、流速及び境界面形状は、理想流体として解析では

十分説明できない。

2) 渦動拡散を考慮した解析

$v \gg u$, $\frac{\partial}{\partial y} \ll \frac{\partial}{\partial x}$ と考え、混合距離がxに比例するとし、 $l = kx$ とすると、二次元運動方程式及び質量欠損保存則は

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = E g + \frac{\partial}{\partial x} \left(k^2 x^2 \left| \frac{\partial v}{\partial x} \right| \frac{\partial v}{\partial x} \right), \quad u \frac{\partial E}{\partial x} + v \frac{\partial E}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k^2 x^2 \left| \frac{\partial v}{\partial x} \right| \frac{\partial E}{\partial x} \right) \quad (2-1)$$

と書ける。ただし、 $p = p_{\text{bottom}} - \rho g y$, $E = \frac{p_0 - p}{\rho}$,

流速分布及び質量欠損分布を次々如く仮定する。(図4参照)

$$0 \leq x \leq x_1: \quad v(x, y) = \frac{V_m(y)}{2 x_1(y)} \frac{\pi x}{2 x_1(y)}, \quad E_1 = E_0 \quad \text{ただし、} E_0 = \frac{p_0 - p}{\rho} \quad (2-2)$$

$$x_1 \leq x \leq x_1 + x_2: \quad v(x, y) = \frac{V_m(y)}{2} \left[1 + \cos \frac{\pi(x - x_1(y))}{2 x_2(y)} \right], \quad E_2 = \frac{E_0}{2} \left[1 + \cos \frac{\pi(x - x_1(y))}{2 x_2(y)} \right]$$

(2-2)を(2-1)に代入してxで積分し、また(2-1)の左式にvを乗じ

て積分して、関係諸量を無次元化すれば

$$\left(\xi_1 + \frac{3}{4} \xi_2 \right) \phi \frac{d\phi}{d\eta} + \frac{1}{2} \left(\frac{d\xi_1}{d\eta} + \frac{3}{4} \frac{d\xi_2}{d\eta} \right) \phi^2 = \xi_1 + \frac{1}{2} \xi_2, \quad \left(\frac{2}{\pi} \xi_1 + \frac{3}{8} \xi_2 \right) \phi = \eta$$

$$\left(\frac{2}{\pi} \xi_1 + \frac{15}{32} \xi_2 \right) \phi \frac{d\phi}{d\eta} + \frac{1}{3} \left(\frac{2}{\pi} \frac{d\xi_1}{d\eta} + \frac{15}{32} \frac{d\xi_2}{d\eta} \right) \phi^2 = \frac{2}{\pi} \xi_1 + \frac{3}{8} \xi_2 - \phi^2 \left[\frac{\pi^2}{4} - \frac{50}{27} + \frac{\pi^2}{8 \xi_2^2} \xi_1 (\xi_1 + \xi_2) \right]$$

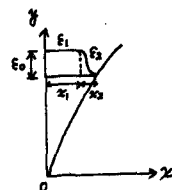
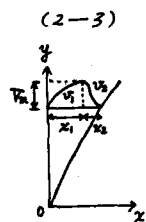
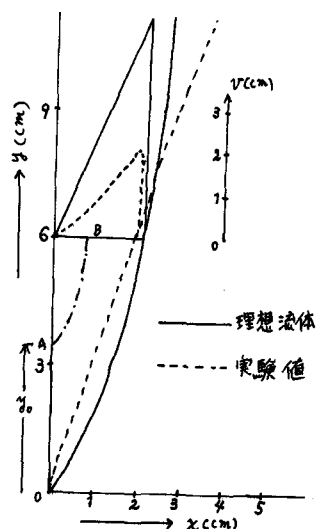
を得る。ただし、 $\eta = \frac{k^2 g}{E_0 g}$, $\xi_1 = \frac{x_1}{E_0 g}$, $\xi_2 = \frac{x_2}{E_0 g}$, $\phi = \frac{V_m}{u_0}$

ξ_1, ξ_2, ϕ を $\eta = 0$ に於いて級数展開し、初項をとると

$$\xi_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \pi \eta^{1/2}, \quad \xi_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \pi^2 \eta^{3/2}, \quad \phi = \frac{2}{\sqrt{3}} \eta^{1/2} \quad (2-4)$$

を得る。(2-4)を初期値として(2-3)の数値解は、目下電算を使用して継続中である。

フィルター面に沿う流れは小さいので、 k の値は0.4より小さいものと予想される。(2-4)と実験結果を比較するとにより、 k は0.25~0.35程度の値をもつ見込であるが、詳しくは検討中である。



(図4. 分布形)