

沈降性粒子を含む鉛直噴流の挙動

九州工大 正 員 藤崎一裕
九州工大 学生員 河野直樹

1. まえがき

静水中へ鉛直に噴出された沈降性粒子を含む噴流の挙動について調べた。この種の現象は初期の運動量が卓越したJET的な状態から粒子の懸濁による密度差に基づくPLUME的状态へ、更に軸対象の場合では個々の粒子の沈降が卓越した状態へと移行していく。この現象に関しては、今まで粒子濃度や流速の水平方向の分布に相似形を仮定した解析¹⁾がなされているが、粒子濃度が大きくなったり粒子の沈降が非常に卓越してくるような場合には、この分布に相似形を仮定することに限界があるものと考えられる。この仮定の適用できる範囲の検討をはじめ、粒子を含む噴流についてより深く調べる目的でこの研究を行なった。入念な実験を行なって現象を把握すると同時に基礎式を直接差分法で数値的にも検討した。

2. 実験的検討

2. 1 実験装置及び方法

噴流実験は幅2m、長さ5m、深さ1.35mの水槽中に懸濁水を噴出して行なった(図1)。ノズルの形状は二次元の場合長さ9.5cm、幅2mm、軸対象の場合直径1.3cmである。図1に示すように上部ホッパーからの粒子を下部のホッパーで混合して噴出させ、粒子濃度調整は、ドラムの回転数及びドラムとスタビライザーとの間隔によって行なった。この実験では径177~210 μm 、平均沈降速度2.9cm/sに整粒した粒子を使用した。流速分布の測定には三次元電磁流速計、粒子濃度の測定には手製の濁度計を用いた。

2. 2 実験結果

ここでは一例として二次元の結果を示す。

表1に実験条件、図2に軸上流速の減少過程、図3に軸上濃度の減少過程、図4及び図5には流速と粒子濃度の広がり幅(最大値の1/e)、図7には軸上の値と半値半幅で基準化した流速分布と粒子濃度分布を示す。図2~5の縦軸及び横軸は次項に示す諸量で無次元化されている。

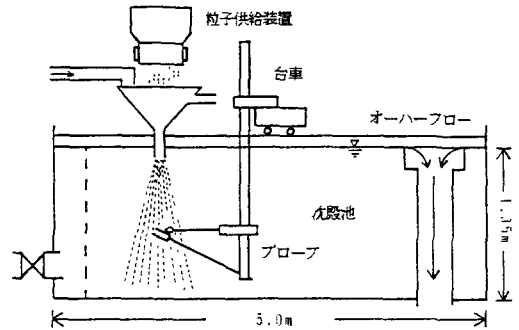


図1. 実験装置

3. 理論的検討

この場合の基礎方程式は常用の記号を用いて以下のように与えられる。

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

$$\frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{u}v)}{\partial y} = Ri \cdot \sigma + \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{v}_t \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad \dots(2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (\bar{\sigma}(\bar{u}+1)) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{\sigma}v) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\bar{v}_t \frac{\partial \sigma}{\partial y} \right) \quad \dots(3)$$

$$\bar{v}_t = \bar{v}^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right|, \quad \bar{v}_t = \bar{v} \cdot b \cdot (b \propto x), \quad \sigma = \frac{(\rho_s - \rho_0)}{\rho_s} \cdot C \quad \dots(4)$$

$$\bar{u} = u/w, \quad \bar{v} = v/w, \quad \bar{v}_t = v_t / (L_0 \cdot w), \quad \bar{\sigma} = \sigma / \sigma_0$$

$$\bar{x} = x/L_0, \quad \bar{y} = y/L_0, \quad \sigma_0 = (\rho_s - \rho_0) / \rho_s \cdot C_0$$

$$S = \sigma_0 g L_0 / w^2, \quad A = a / (\varepsilon^2 L_0), \quad B = b / (\varepsilon^2 L_0)$$

$$Ri = \frac{L_0}{w} g \cdot \sigma_0$$

$$L_0 = m \cdot (qg)^{-3/2} \cdot (2/\pi)^{1/2} \cdot \varepsilon^{-2/3}$$

$$m = \int u^2 dy, \quad q = \int_0^\infty (u+w) \sigma dy$$

$$Q = q g \varepsilon^{-2} w^{-3}$$

表 1. 実験条件

RUN	$m(\text{cm}^3/\text{s}^2)$	$q(\text{cm}^3/\text{s})$	$L_0(\text{cm})$	Q	SYMBOL
2-1	17	0.546	5.712	414.7	○
2-2	124	0.274	6.322	208.1	○
2-3	354	0.482	12.422	366.1	○
2-4	127	0.064	17.079	48.8	Q
2-5	345	0.195	22.131	148.1	○
2-6	597	0.178	40.652	135.2	○
2-7	2879	0.281	144.571	213.4	○
2-8	3229	0.298	155.910	226.4	○
2-9	3828	0.131	319.880	99.5	(f)

ここに W : 粒子沈降速度、 C_0 : 初期粒子濃度、 a 及び b は、それぞれ粒子及び運動量の広がり幅に対応する。渦動粘性係数には混合距離の仮定を用いた。(1)~(4)式を直接差分化して数値解を求めた。(ε=0.23とした)

4. 結果及び考察

図 2~5 中に示す線は計算結果である。これらの図によると混合距離理論を用いても現象が再現できることがわかる。特に、分布の代表値である中心流速、濃度については計算値は実験値に近い。またこれらの計算値は分布形に正規分布を仮定した計算結果¹⁾とも非常に近い値となっている。流速や濃度の分布形については実験の誤差もあり相似形の仮定の妥当性を議論するまでには至らなかった。今後は特に分布形についてより精細な測定を行ない、理論解析においてもより詳細な乱流モデルを採用して検討を進める予定である。終りに本研究に協力された本学大学院生尾崎智之君、学部生 城土 直君、シャーレル君に感謝する。

参考文献 1)Awaya,Fujisaki,Matsunaga,Jou
rnal of Hydrosience and Hydraulic Engin
eering Vol.3,No.1,1985 pp.63-74.

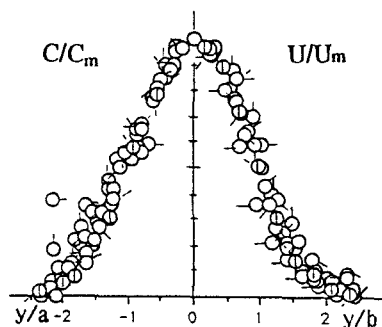
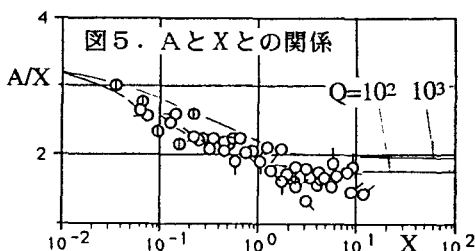
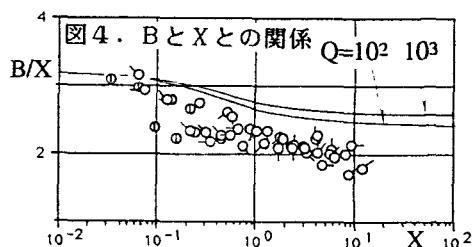
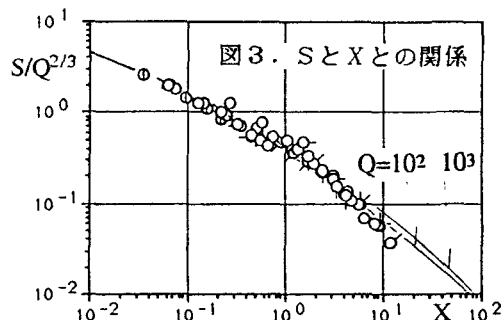
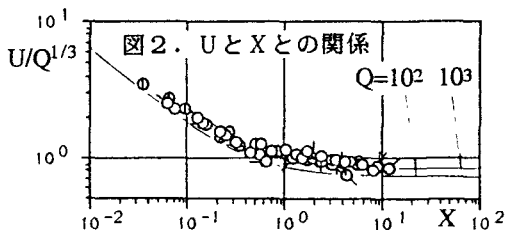


図 6. 流速・粒子濃度分布形