

沈降性粒子を含む密度噴流(Ⅱ)

九州工業大学 (正員) 藤崎 一裕
(学生員) 〇城 土 直

1. まえがき

静水中に鉛直下方に放出された沈降性粒子を含む噴流について実験を行なった。この種の現象は、初期段階では噴出運動量が卓越しているため、Jetと同様な挙動を示し、軸上流速が低下するにつれてPlume的な状況へ移行する。軸対称の噴流の場合には、さらに粒子群の沈降が卓越した状況が表れる。

このような現象については以前に混合距離を用いて解析がなされている¹⁾。しかしその実験的検証はまだ十分にされていない。本報では前報の検証をさらに深めて流速分布や粒子濃度分布を広い範囲で測定して理論解の妥当性を調べた。また、噴流の速度の時間変動を測定して混合距離 l の分布について検討した。

2. 実験装置及び方法

図1に実験装置の概略を示す。2次元の場合には貯水槽の前面10cmを仕切り、仕切り部の中央部分に噴流幅2mmのノズルを取り付け、軸対称の場合には貯水槽の中央部に直径1.3cmのノズルを取り付けた。噴流水と粒子は図中の混合装置で混合されてノズルより放出される。粒子は標準砂を試験フルイで径177~210 μ mに整粒した。流速測定は二次元電磁流速計を用いた。また、粒子濁度の測定には手製の濁度計を用いた。これは市販のフォトカブラを利用したもので粒子濁度と出力とが広い範囲で直線関係にある。また、実験途中で適宜粒子懸濁液をサンプリングしてこの濁度計の検量線をチェックした。

3. 実験結果及び考察

図2~5に軸対称の場合の測定結果を示す。このとき用いた粒子の平均沈降速度 w は2.9cm/sである。その他の実験条件は表1に示されている。図2~5の定数は横断方向の流速分布 u と粒子濁度分布 c に相似形((1)式)を仮定し、渦動粘性係数 ν_t には混合距離理論((2)式)を用いて求められている¹⁾。

$$\left. \begin{aligned} u &= u_0 \exp(-y^2/b(x)^2) \\ \sigma &= \sigma_0 \exp(-y^2/a(x)^2) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\sigma = (\rho_s - \rho_l) / \rho_s \cdot C$$

$$\nu_t = l^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right|, \quad l = \varepsilon \cdot b \quad (2)$$

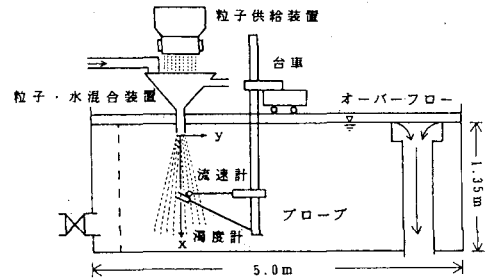


図1. 実験装置

u_0, σ_0 はそれぞれ流速及び粒子濁度の軸上の値であり b, a はそれぞれの広がり幅に対応する。また、図中の諸量は次のように無次元化されている。

$$\left. \begin{aligned} U &= u/w, \quad X = x/L_1, \quad B = b/(\varepsilon^2 L_1) \\ A &= a/(\varepsilon^2 L_1), \quad S = \sigma_0 g L_1 / w^2 \\ L_1 &= m^{3/4} \cdot (qg)^{-1/2} \cdot (2/\pi)^{3/4} \cdot \varepsilon^{-1} \\ q &= \int_{-\infty}^{\infty} 2\pi y (u+w) \sigma dy \\ m &= \int_{-\infty}^{\infty} 2\pi y u^2 dy \\ Q &= qg L_1^{-1} w^{-3} \varepsilon^{-4} \\ M &= m / (\sqrt{\pi/2} \varepsilon^2 L_1 w)^2 \end{aligned} \right\} (3)$$

w は粒子沈降速度、 L_1 は噴出運動量 m と噴出粒子重量 qg より作られる代表長さである。

4. 考察

図2~5に軸対称の場合の実験結果を示す。図中の実線は理論解¹⁾で濁度や運動量の広がり幅にややばらつきが大きい²⁾が、実線はほぼ実験値に近い値となっている。 $X=1$ がjetからplumeへの移行点であることを考えると、この近辺での理論解の妥当性が本実験によって確認できたといえる。図6には流速の変動値を示す。プローブが大きいと十分な精度は出ていない³⁾が、従来の粒子を含まない噴流についての実験結果^{2), 3)}と類似の結果が出ている。図7には実験値より求めた l の分布を示す。

$$-\rho u' v' = \tau = \rho l^2 \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \quad (4)$$

表 1 . 実験条件

RUN	m (cm ⁴ /S ²)	q (cm ² /S)	L _i (cm)	Q	SYMBOL
3-1	729.4	5.39	7.3	6564.5	○
3-2	849.4	4.06	9.7	12881.5	○
3-3	1556.1	7.30	11.0	20470.8	○
3-4	1677.8	5.66	13.2	13210.0	○
3-5	3430.9	7.05	20.2	10755.3	○
3-6	4777.9	4.79	31.5	4688.6	○
3-7	5082.7	3.20	40.4	2441.6	○
3-8	7671.3	3.10	55.8	1718.9	○
3-9	14270.0	3.86	79.7	1492.7	○
3-10	46557.1	3.02	218.5	426.3	○

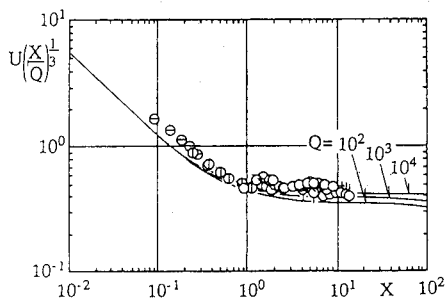


図 2 . 軸上流速の減少過程

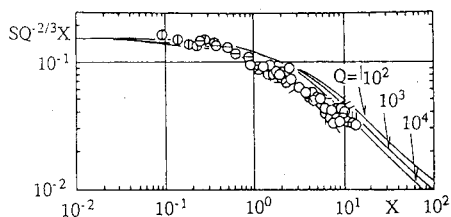


図 3 . 軸上濁度の減少過程

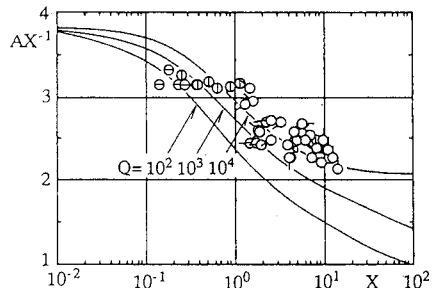


図 4 . 濁度の広がり幅

ここでは v' を測定していないため、 u' と v' との関係は従来の測定結果²⁾を参考にした。図8に(2)式の定数 ε の分布を示す。図2~5は $\varepsilon=0.19$ で統一されているが、 x が大きくなり plume の要因が多くなるとより大きな ε を用いた方が妥当といえる。終わりに本研究に協力された本学学生、原田晃君に感謝する。

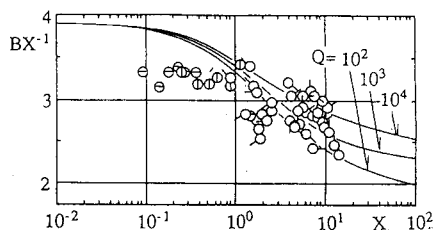


図 5 . 運動量の広がり幅

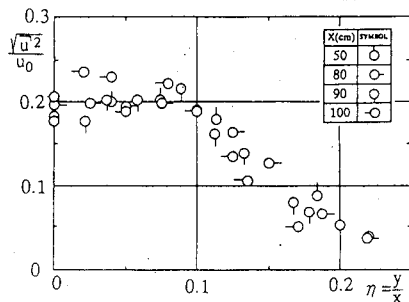


図 6 . 流速の変動値

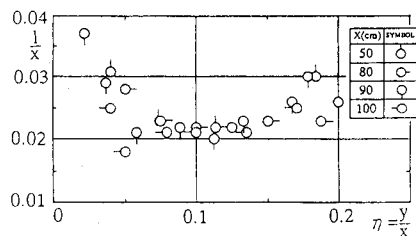


図 7 . 混合距離の分布

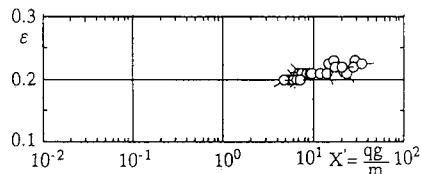


図 8 . ε の分布

参考文献

- 1) Awaya Y., Fujisaki K. and Matsunaga K.: Transition in the behavior of sediment laden vertical buoyant jet, Journal of Hydrosci. and Hydraul. Eng. 1985 vol.3 No.1 pp.63-74
- 2) Panos N. Papanicolaou and E. John List: Investigations of round vertical turbulent buoyant jets. J. Fluid Mech 1988 vol.195 pp.341-391
- 3) 噴流 (Turbulent jets) N. ラジ・アハム原著 野村安正訳、森北出版株式会社, pp.26-46