

流水中に瞬間的に投下された重たい流体塊の流況について

九州工業大学工学部 学正員 ○西森 秀樹、早川 史郎
同 上 正 員 秋山 壽一郎、浦 勝

1.はじめに

本研究は、一様流中に瞬間的に投下された濁水塊の流動・拡散過程の解明を目的としたものである。ここではまず、その基礎的な流動特性の解明を目的として、一様流中の塩水塊の流動特性について検討を加えた。

2.実験

実験装置は、図1に示すように大型水槽(長さ9.0m、深さ1.22m、幅0.6m)内部に一様流発生装置を取り付けた両面アクリル製の水槽(長さ4.0m、深さ1.0m、幅0.1m)を設置したものである。一様流(流速 U 、淡水密度 ρ_a)中にホッパを模した投下装置(初期流入単位幅体積 A_0)から着色した所定の濃度の塩水(初期密度 ρ_0)を水表面より瞬間的に流入させ、塩水塊を発生させた。実験条件を表1に示す。 W_0 は初期総有効重力、 ε_0 は初期相対密度差($=(\rho_0 - \rho_a)/\rho_a$)、 Re はレイノルズ数($=UB/\nu$)で、 B は水路幅である。

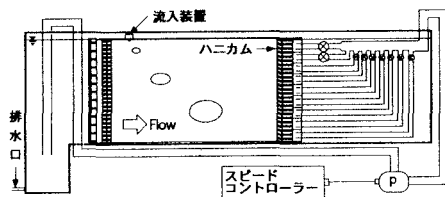


図1 実験装置

3.実験結果

図2は、CASE2の場合のクラウド塊の成長過程を示したものである。クラウド塊はやや右下がりの状態で移流されていることがわかる。このような流況は他のCASEでも同様であった。また、クラウド塊上端部が窪んでおり、そこから周囲流体の連行が活発に行われていることがわかる。

図3は、クラウド塊の形状について検討を加えたものであるが、これより、クラウド塊はほぼ楕円形状の相似形であることがわかる。同様に、他のCASEでも楕円形の相似形でクラウド塊の形状がほぼ表現できることが確認された。なお、図3はクラウド塊の最大層厚 H と長さ L で正規化されたものである。

図4は、式(1)、(2)でそれぞれ定義される断面アスペクト比 F 、断面面積比 S_1 と U との関係について調べたものである。これより、 S_1 は U に依存せず、式(3)でほぼ近似でき、その値は楕円形状の値である $\pi/4$ に極めて近いことがわかる。一方、 F はある程度のばらつきがみられる。これはCASE4~6に対して、データの数が多かったためであると思われるので、より多くのデータに基づき、特性量を定量化することが今後の課題である。図4では見易くするためにそれぞれ S_1 を F の右にずらして表示している。

$$F = \frac{H}{L} \cdots \cdots (1) \quad ; \quad S_1 = \frac{A}{HL} \cdots \cdots (2) \quad ; \quad S_1 = 0.779 \pm 0.0729 \cdots \cdots (3)$$

ここに、 H =クラウド塊の最大層厚、 L =クラウド塊の長さ、 A =クラウド塊の単位幅体積である。

図5は、式(4)で定義されるクラウド塊の周囲長さ C と幾何学的平均長さ $(HL)^{1/2}$ との比である S_2 と楕円形状に対する S_2 である式(5)の S_{2T} との相関を調べたものである。全体的に、クラウド塊の S_2 が S_{2T} より6.8%程度大きくなっている。これは、クラウド塊の凹凸も含めて S_2 を算出しているためであり、このことを考慮すると、 S_2 は S_{2T} にほぼ一致すると考えられる。

$$S_2 = \frac{C}{\sqrt{HL}} \cdots \cdots (4) \quad ; \quad S_{2T} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{4F^2 + 1}}{\sqrt{F}} \cdots \cdots (5) \quad ; \quad S_2 = S_{2T} + 0.2741 \cdots \cdots (6)$$

図6は、クラウド塊の重心の軌跡について検討したものである。静水中では、クラウド塊の降下速度

V は $V \sim Z^{-1/2}$ なる関係がある^{(1), (2)}。一方、一様流中では、クラウド塊は一様流速 U で移流するとともに、降水速度 V_z については静水中の場合と同様な関係が成立することが認められている⁽³⁾。これより、一様流中のクラウド塊の軌跡は $Z \sim X^2$ なる関係を有することが予想されるが、そのような傾向が図6より確認される。また、 $U=1.57\text{cm/s}$ では A_0 の影響がみられるが、 $U=6.46\text{cm/s}$ では、その影響が減少していることが認められる。

参考文献：(1) 天田ら (1997)、西部支部。(2) 今宮ら (1997)、西部支部。(3) 早川ら (1997)、西部支部。

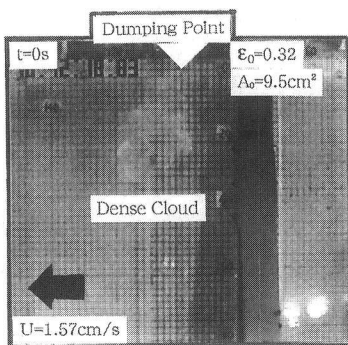


図2a クラウドの流況

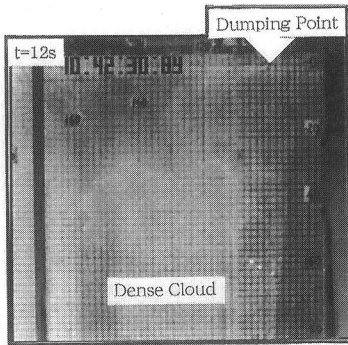


図2b クラウドの流況

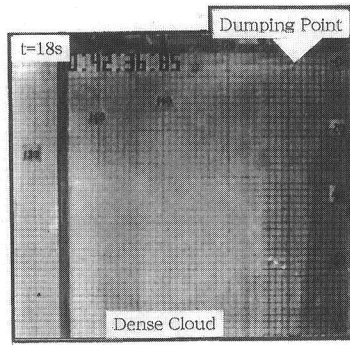


図2c クラウドの流況

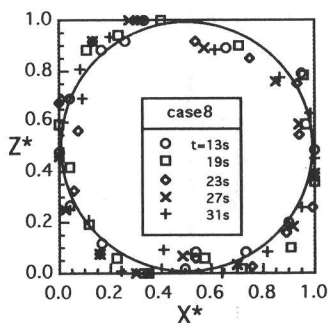


図3 クラウドの形状

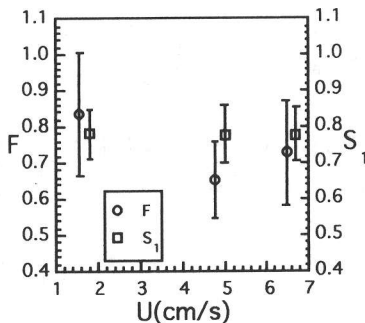


図4 F , S_1 と U との関係

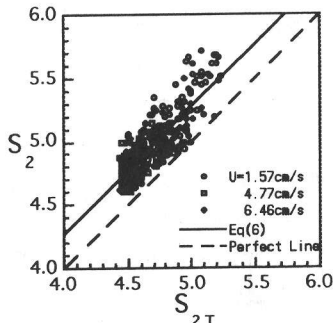


図5 クラウドの形状係数

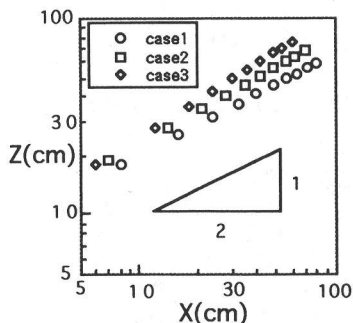


図6a クラウドの重心の軌跡

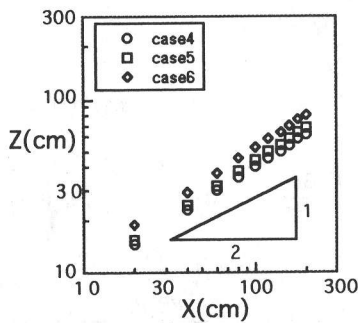


図6b クラウドの重心の軌跡

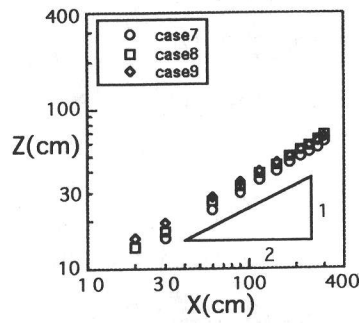


図6c クラウドの重心の軌跡