

傾斜面上の開放交換流れについて

山口大学大学院	学○山田陽子	山口大学工学部	正	羽田野袈裟義
菱明技研	正 中園康二	建設技術研究所	正	矢野晶人
山口大学工学部	正 朝位孝二	宇部短期大学	正	松本治彦

1. はじめに

重い流体が軽い流体の底部を流動する下層密度流として濁水密度流, 冷気流, 乱泥流などがある. 密度流の加速・減速は特に密度フルード数に依存するため, 傾斜サーマルの流動初期の流れ特性を解明することは重要である.

本研究は乱泥流を念頭に置き, 傾斜サーマルの初期流動を斜面上の開放交換流れとしてとらえ, 流動特性を検討するものである. 下層流と上層流の双方について, 諸量の変化特性, および水理条件との関係を調べた. また, 既往の実験結果を考慮し実験条件を変化させ特に緩勾配のデータの充実をはかった.

2. 代表量, スケール

ゲート位置での初期層厚 H_0 を用いて次のような時間スケール, 速度スケールおよび長さスケール H_0 を定義した.

$$t_0 = (H_0 / g')^{1/2} \quad (1)$$

$$u_0 = (g' H_0)^{1/2} \quad (2)$$

ここに, g は重力加速度であり $g' = g\Delta\rho/\rho$ である.

3. 実験方法

実験装置は図-1 に示すように, 長さ 550cm, 幅 70cm, 高さ 60cm の水槽の内部に長さ 500cm, 幅 10cm, 上流高さ 20cm 下流高さ 60cm の可変勾配水路を設けたものである. 実験は着色した塩水と無色の水道水を用いた可視化実験である. 実験結果の記録方法は, 密度流の流動状況を水路側方から VTR に収録し, 画像解析により形状, 層厚, 先端移動量を測定した. 実験条件は, 水路勾配 $i = 1/30 \sim 1/50$, 相対密度差 $\Delta\rho/\rho = 0.020$, 塩水供給体積を $V = 4 \sim 8(l)$ の間で変化させ, 9 通りの実験を行った.

4. 実験結果

4.1 流動状況

ゲート開放後の流動状況の一例を図-2 に示す. ゲートを開放すると, 密度の大きい塩水は下層流とし

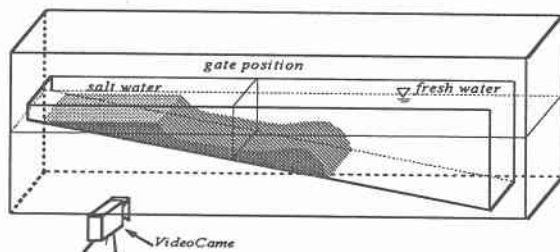


図-1 実験の概略図

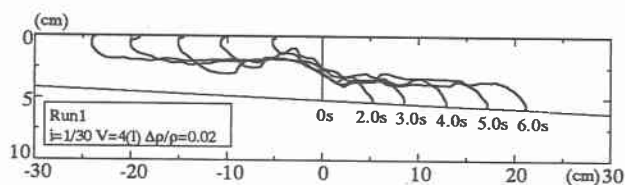


図-2 流動状況

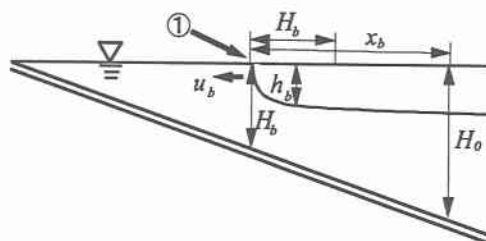


図-3 上流部の諸量の定義

て底面にそって下流へと流動し, 密度の小さい水道水は流下した塩水を補償する形で上層流として水面近くを上流に向けて侵入する. ゲート付近ではゲート開放後しばらく淡・塩境界がゲート位置のほぼ 1/2 水深にある. また, 下層流は先端部の流動厚さを増大しながら進行している. 下層流先端部の流況は, 時間の経過または先端の進行とともに変化する.

4.2 ゲート上流部の流況

ゲート位置より上流部の流れの諸量を図-3 のように定義する.

a) 潜り点の移動

図-4 は底面勾配 i をパラメータとして潜り点の移動速度 u_b の変化を無次元形で示す.

既往の研究より³⁾ いずれの条件でも u_b/u_0 は流動

初期では少し加速しその後一定位置をとることは分かっている．そこで前回の実験データを用いて $u_b/u_0 \sim x_b/H_0$ の関係の回帰式を勾配別に整理した．以下に勾配 $i \leq 1/30$ の場合の回帰式を示す．

$i \leq 1/30$ の場合

$$u_b/u_0 = -0.0050(x_b/H_0)^2 - 0.0549(x_b/H_0) + 0.2318 \quad (4a)$$

$$[-0.6 \leq x_b/H_0 \leq -5.5]$$

$$u_b/u_0 = 0.3825 \quad (4b)$$

$$[-5.5 < x_b/H_0 \leq -7.8]$$

4.3 下層流先端部の流況

下層流先端部の諸量において，ゲート位置から先端までの距離を x_f ，先端移動速度を u_f ，最大流動厚さを δ_{max} とする．

a) 先端移動速度

傾斜サーマルの既往の研究⁴⁾により，傾斜サーマルは流動開始後加速して最大速度に達したのち減速することが明らかにされている．先端移動速度の変化を無次元形で図-5に示す．各勾配とも実験によるばらつきはあるが，漸減して一定値に近づく傾向にある．

b) 先端最大厚さ

今年は以前より x_f が小さい値まで測定することができた．このため流れの開始直後の挙動が明らかになった． δ_{max}/H_0 が x_f/H_0 とともに増加する傾向は昨年までのデータと同様であるが，その増加率が開始直後には大きいがその後次第に減少する．(図-6)

c) 先端部の密度フルード数

図-7は先端の進行に伴う密度フルード数 Fr_f の変化を示したもので，先端最大厚さ δ_{max} と先端移動速度 u_f を用いて次式で定義した．

$$Fr_f = u_f / \sqrt{g \cdot \delta_{max} \cdot \Delta\rho / \rho} \quad (5)$$

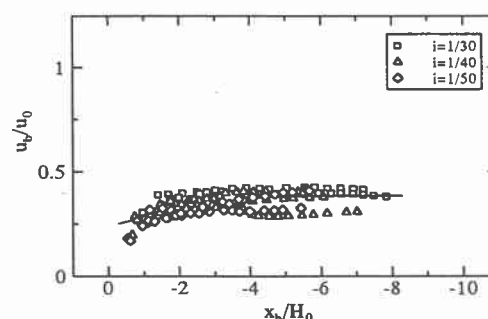
図-7からわかるように Fr_f は漸近して一定値に近づく．また，漸近値が勾配によって異なることが分かった．

5. 結語

本研究により傾斜サーマル流動初期の状態を無次元パラメータにより整理することができた．今後は数値計算とあわせて内部の機構に立ち入る予定である．

参考文献

1) 羽田野ら：密度流先端部の発達過程に関する



$i \leq 1/30$

図-4 潜り点の移動速度

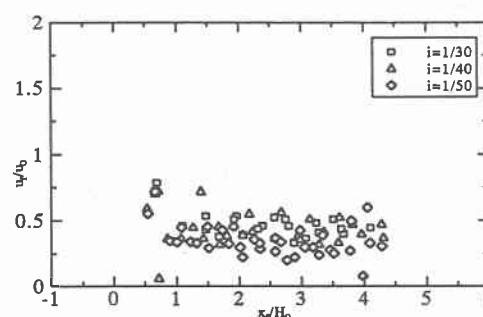


図-5 先端移動速度の変化

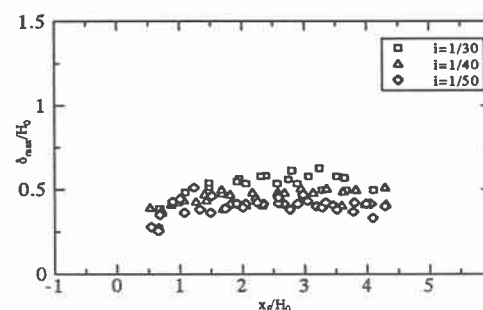


図-6 先端最大厚さの変化

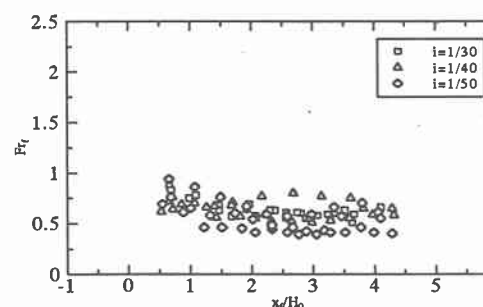


図-7 密度フルード数の変化

実験的研究, 土論集, No.527/II-33, pp.15-26, 1995.

- 2) 中園ら：傾斜サーマルの初期流動について（第2報），第55回年講，II-330，2000．
- 3) 平野ら：Inclined Thermal の流動特性について，第27回水論文集，pp.103-108，1983．