

II-329

下層密度流フロントの流動機構に関する研究

長岡技術科学大学 正員 福嶋祐介
 長岡技術科学大学 正員 早川典生
 京 都 府 正員 加納仙一

1. はじめに

密度の異なる2流体によって引き起こされる密度流現象は河口部における塩水くさび、下水処理水の放出、貯水池に流入する濁水等広範囲にわたってみられるが、いずれの場合にも水利用・水資源開発の高度化や環境問題に深く関わっており、その現象を解明することは工学上極めて重要な問題である。本研究においては、特に密度フロント部に関する現象解明を目的として、非定常な実験的検討を行った。

2. 実験的検討

実験は、図1に示すような水路長さ370cm、幅14.9cm、高さ30cmの傾斜水路中に淡水を満たし、上流端スロットから定常流入させた塩水で下層密度流を再現し、密度流フロントの挙動すなわち移動速度および最大発達厚さと、密度フロント内部を含めた流速・濃度分布の測定を行った。

密度流フロント部の測定は流入塩水にウラニン色素を投入して可視化を行い、ビデオカメラによって撮影して画面から解析した。流速分布は水素気泡法によって流下方向流速を測定した。また濃度分布は導電率計を用いて測定した。流入塩水濃度は1%、その他の実験条件は表1に示した。

2-1. 流速分布特性

図2は、流速を断面最大流流速で無次元化した無次元流速分布を示したものである。○印で密度フロント部、□印で定常部を表した。図中の実線は、傾斜角30°の場合の定常実験²⁾のデータである。特に傾斜角が急になると値がばらつき、また密度フロント部と定常部で分布形状が大きく異なっている。しかしながら緩傾斜の場合にはある程度1本の曲線で近似でき、密度フロント部を含めて、流速分布にある程度の相似性がみられることがわかった。

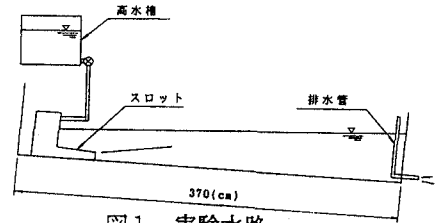
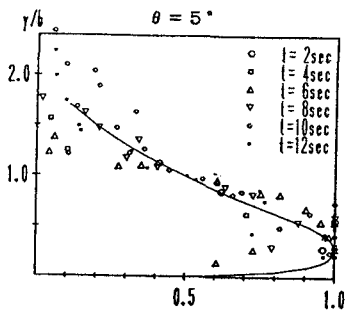


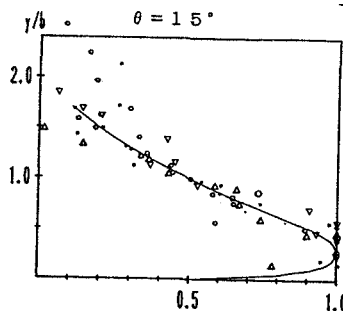
図1 実験水路

表1 実験条件

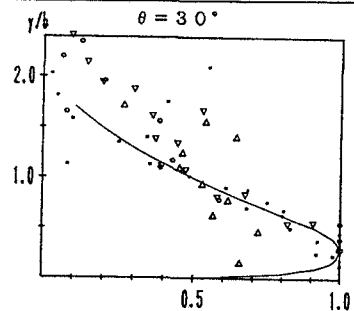
Run no.	angle (θ)	inflow velocity (1/s)	(cm/s)
1	0°	0.317	11.8
2		0.244	9.1
3		0.203	7.6
4	5°	0.417	11.8
5		0.244	9.1
6		0.203	7.6
7	10°	0.317	11.8
8		0.244	9.1
9		0.203	7.6
10	15°	0.317	11.8
11		0.244	9.1
12		0.203	7.6
13	30°	0.317	11.8
14		0.244	9.1
15		0.203	7.6



(a) 傾斜角5°



(b) 傾斜角15°



(c) 傾斜角30°

図2 無次元流速分布（実線は定常部）

図3は連行速度と密度フルード数の関係を示したものである。なお連行速度は流量の流下方向変化より算出した。密度フルード数は次式より求められる。

$$F_d = R_{i0}^{-1/2} \quad (1)$$

ここで、 $R_{i0}^{-1/2}$ は層平均リチャードソン数であり、

$$R_{i0} = (\Delta \rho / \rho) g L / U^2 \quad (2)$$

で表される。UとLはそれぞれ代表速度と代表長さで、流動層内の平均流速と下層流動層厚さで与えた。図中の実線は須賀・高橋⁴⁾が塩水くさびの実験から得た実験式である。

2-2. 密度フロント部の移動速度と最大発達厚さ

図4は密度フロント移動速度、図5は最大厚さの流下方向変化を示したものである。流入スロット直下では移動速度が急激に減少し、最大厚さが急増している。それより下流では移動速度と最大厚さがほぼ一定値となる。流入スロットから十分流下した領域で移動速度と最大厚さの平均値をそれぞれの収束値として図6および図7にプロットした。図6から移動速度の収束値は傾斜勾配に比例して増加し、また図7からは最大厚さの収束値と傾斜勾配が両対数紙上で直線近似できることがわかった。

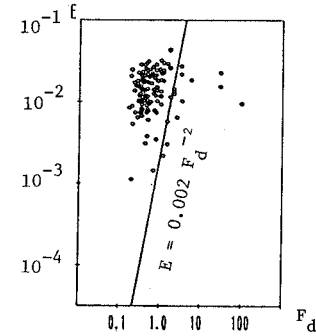


図3 連行係数と密度フルード数

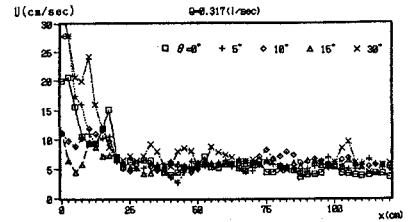


図4 密度フロント移動速度

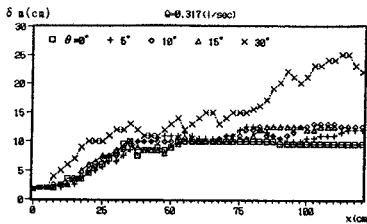


図5 密度フロント最大厚さ

4. おわりに

実験的検討によって、密度フロント移動速度および最大厚さが流下と共に一定値に近づき、その値は水路勾配の関数として与えられることが判明した。また無次元流速分布は水路傾斜角が小さい時、密度フロント部を含めてある程度の相似性を示すこと、連行係数は密度フルード数の関数として与えられることなどが判明した。今後、密度フロント内部の流速・濃度分布をより詳細に測定して更に考察を加えていくことが必要である。なお本研究は文部省科学研究費の助成を受けて行われたものであり、謝意を表す。

参考文献

- 1) 福岡捷二、水村和正、加納敏行：密度流先端部の流動機構に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第274号、pp.41～55、1978
- 2) 高島哲夫、福岡祐介：傾斜壁面密度噴流の形成領域に関する研究、長岡技術科学大学修士論文、1989
- 3) Rajaratnam, N. (野村安正訳)、噴流、森北出版、1980
- 4) 須賀堯三・高橋昇：淡塩二層流の連行係数、第31回年次学術講演会講演集、II、pp.383～384、1976

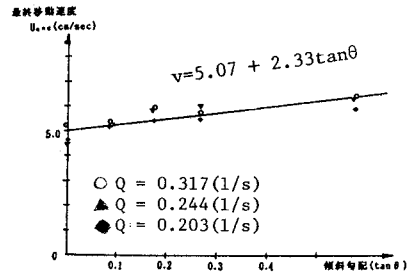


図6 移動速度の傾斜勾配による比較

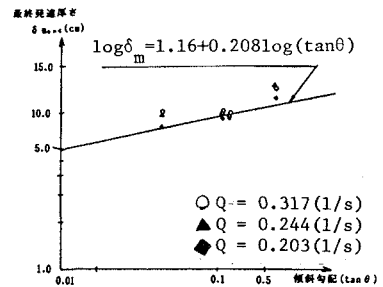


図7 最大厚さの傾斜勾配による比較