

長岡技術科学大学 大学院 学生員○三尾孝一
 長岡技術科学大学 建設系 正 員 福嶋祐介
 長岡技術科学大学 建設系 正 員 早川典生

1. はじめに 密度躍層のある周囲水に、上層水より密度の大きな鉛直密度噴流を連続的に放出させると、大きな渦を発生させながら流下する先端部とこれより上流の定常部が形成される。密度噴流は密度躍層に到達すると噴流自身の密度や周囲水の密度の大きさによって、複雑な流動が表れる。特に、先端部では複雑な流況が表れ、周囲水との大規模な混合が生ずる。このように周囲水に密度躍層がある場合の鉛直密度噴流の流動形態は、一様な密度をもつ周囲水に流入する場合に比べて著しく異なる。本研究では、塩分濃度による密度差に基づく鉛直密度噴流が、密度躍層に衝突する条件での実験を行った。この結果、成層化した周囲水中で起こる複雑な流動特性を定量的に把握し、噴流による下層貫入水深や先端流下速度の巨視的特性の現象について基礎的な知見を得たのでここに報告する。

2. 実験装置及び方法 実験は図-1に示すような横幅1m、高さ1.5m、縦幅15cmの亚克力製水槽を用いて行った。実験は二次元として扱うため、噴流流入スロットは流入パイプを細分(約20本)させて開口部の幅に均等に設置しハニカムを設けて安定させ二次元性を確保した。密度差は全て塩分濃度と水温によるものとした。下層貫入水深、先端流下速度に関する測定は、VTRから画像測定した。また、噴流定常部の界面位置での流速分布、密度分布の内部特性については、流速測定は水素気泡を連続撮影することから十数回分の流脈データをデジタイザで読みとり平均流速として求め、濃度測定は約30点の同時採水が可能なステンレス管を等間配列した装置を用いて、噴流流入後下層貫入の挙動が定常化した間隔のみを注意深く採水し、これを導電率計(MK206)で計測し濃度換算した。実験条件は表-1に示す。

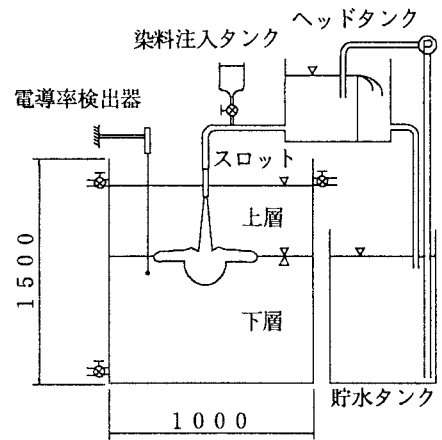


図-1 実験装置

表-1 実験条件

3. 巨視的な特性量に関する実験結果

3. 1. 挙動の形態的分類 図-2に示すように界面における挙動形態を大きく3つのタイプに分類した。

(Ⅰ)は、ある有限な下層貫入水深をもつもので、水塊は貫入水深まで貫入後、相対的な浮力を受けて上昇し界面位置で水平に広がっていく。ここで、有限な下層貫入水深を特に貫入長と定義する。(Ⅲ)は、挙動が密度界面に影響されず、上層から流動特性が一様にして流下する。(Ⅱ)は、(Ⅰ)と(Ⅲ)の遷移的な形態をもち貫入が進行する中、フロント部で起こった大規模な渦運動により水塊外郭部は上昇していく。ただし、(Ⅰ)(Ⅱ)に比べて挙動は低進行である。次に貫入水深の時系列

RUN	流量 (ml/s)	$\Delta\rho/\rho_0$	上層水深 (cm)	Fr ₀
1-1	12.26	0.0007	24.0	0.241
1-3	12.26	0.0021	19.9	0.240
1-6	12.26	0.0044	20.4	0.240
1-10	12.26	0.0072	20.8	0.240
2-6	41.58	0.0043	21.4	0.823
3-5	81.37	0.0035	20.7	1.609
3-6	81.37	0.0043	20.9	1.609
3-7	81.37	0.0051	20.8	1.606
3-8	81.37	0.0058	22.2	1.609
3-10	81.37	0.0073	20.6	1.609
4-6	106.18	0.0044	19.4	2.045
4-8	106.18	0.0058	18.8	2.045
4-10	106.18	0.0074	18.4	2.045

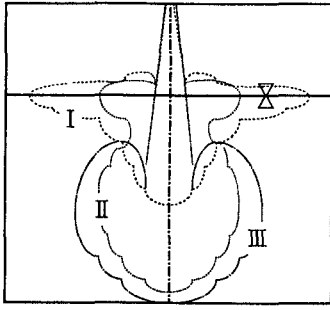


図-2 3つのタイプの流動形態

変化を無次元時間を用いて図-3に示す。これから(I)～(III)の分類がおおよそ次のような範囲での現象に位置付けられることが分かる。

3. 2. 無次元フロント速度 無次元フロント速度の流下方向変化を図-4に示す。一様流体では $\overline{U_f} = \text{const}$ となり、二成層間の相対密度差が大きい値($\varepsilon_L \sim 0.005$)では $\overline{U_f} = 0$ に至り貫入長を有する。

3. 3. 貫入長 密度噴流の特性に密度差による支配が大きいことはよく知られているが、界面を貫入する密度噴流の挙動の場合では、その特性を定量的に把握するために二成層間の相対密度差で基準化した噴流内最大密度の相対密度差で考えることにする。基準化した相対密度差と貫入長の関係を図-5に示す。これから貫入長との間に比例関係が成り立つことが示唆される。

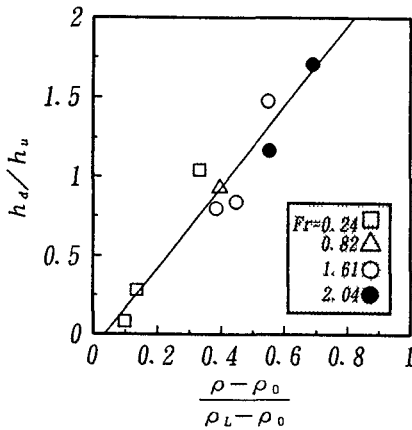


図-5 貫入長と $\varepsilon/\varepsilon_L$ の関係

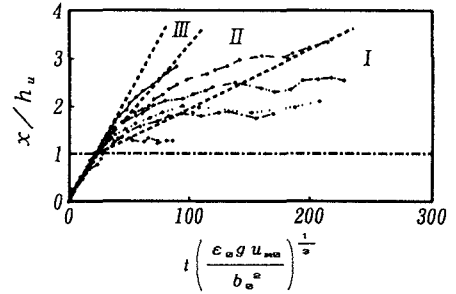


図-3 貫入水深の時系列変化

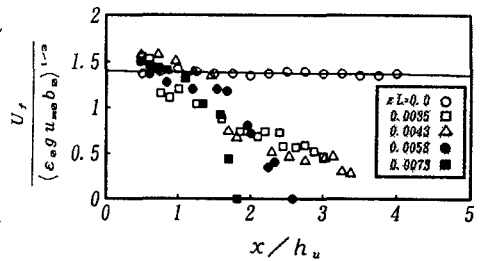


図-4 無次元フロント速度の水深方向変化

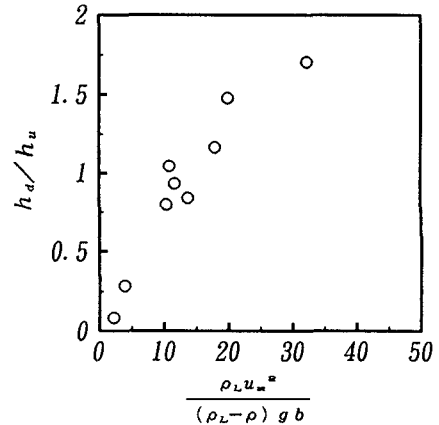


図-6 貫入長と
密度フルード数の関係

上層密度より大きい密度噴流の流下により流速は上層流体中でほぼ一定となる。そこで躍層位置での流速と、噴流と下層との密度差より求められる密度フルード数に対して無次元貫入長をプロットしたものを図-6に示す。これから密度フルード数が大きくなるに従って貫入長が大きくなることが分かる。

4. 結論 本研究から密度躍層における密度噴流の挙動は密度差と流速によってその挙動形態が異なることが分かった。そして貫入長をもつ挙動形態では、貫入長が密度フルード数に依存することが実験により示された。

【参考文献】 福岡祐介：成層中の平面二次元密度噴流と軸対称密度噴流：長岡技術科学大学研究報告、第13号(1991)