

II-237

密度躍層に衝突する平面二次元密度噴流の流動特性

（株）大東設計コンサルタント 正員 三尾 孝一
 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

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深さや先端流下速度の巨視的な流動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. 実験方法

実験は図-1に示すような横幅1m、高さ1.5m、縦幅15cmのアクリル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細分（約20本）させた流入パイプを開口部の幅に均等に設置しハニカムを設けて安定させて二次元性を確保した。そして、密度差はすべて塩分濃度によるものとした。

測定項目は、流動形状、先端流下速度、下層貫入深さなどとして、これらは主にVTRからの画像測定とした。また、下層流入条件は躍層部での密度噴流の特性値で与えた。

3. 実験結果及び考察

3. 1 流動形状の分類

流動形状は写真-1に示すように大きく3つのタイプに分類された。TYPE（I）は、ある有限な貫入深さを有するもので、水塊は貫入深さまで貫入後、相対的な浮力を受けて上昇し躍層位置で水平に広がっていく形状をもつ。TYPE（II）は、TYPE（I）のように躍層位置で横方向に広がる水塊と渦に巻き込

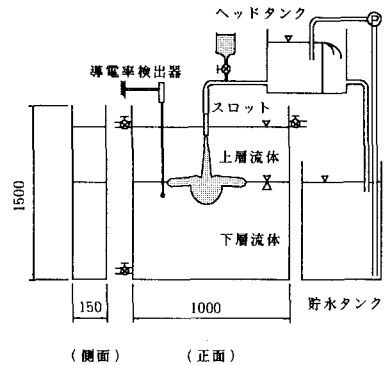


図-1 実験装置

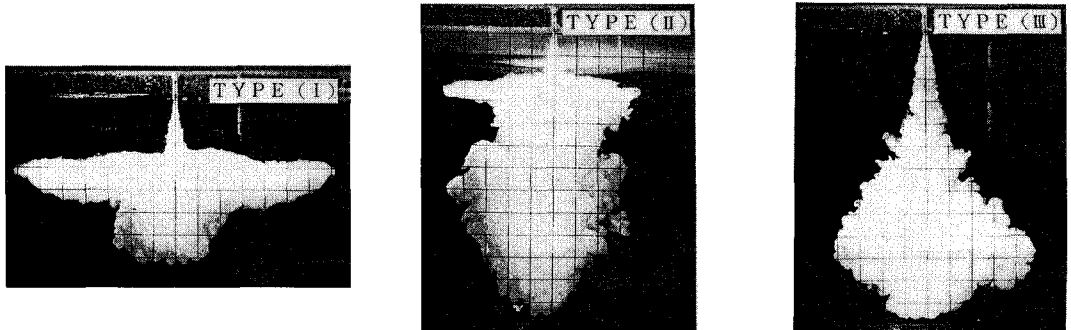


写真-1 流動形状の分類

まれながらゆっくりと貫入する水塊に二分される形状である。TYPE(Ⅲ)は、密度躍層での流動変化は見られず、上層内での流動と同様な形状を有して流下する形状である。

これらの流動形状は、図-2に示すように流入口の浮力フラックスによる無次元先端流下距離で体系的に表すことができた。また、それぞれTYPEごとの無次元化した先端移動速度を図-3に示す。これらより、流動形状は下層と噴流の密度差で分類できることが分かった。TYPE(Ⅰ)、(Ⅱ)は下層と負の密度差を有する噴流の場合で、有限な貫入深さが存在する流動である。そして、TYPE(Ⅲ)は下層と正の密度差を有する噴流の場合で、下層を無限長に貫入する流動である。

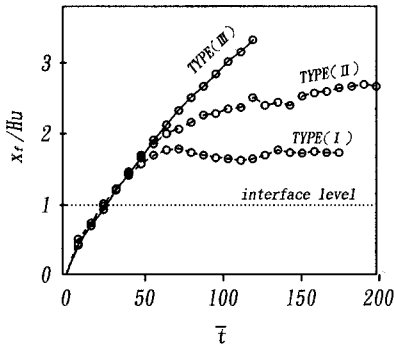


図-2 先端流下距離の経時変化

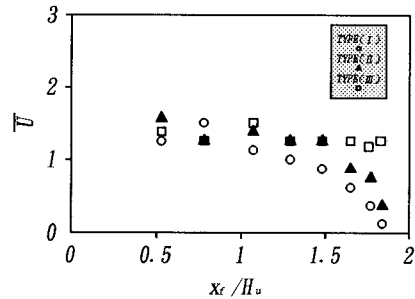


図-3 先端移動速度

3. 2 貫入深さ

負の密度差を有する場合に存在する有限な貫入深さを、下層の流入条件で定量的に表したところ、無次元化した貫入深さ: H_d/b_{d0} は躍層部での層平均リチャードソン数: R_{id0} のほぼ-1乗に比例することが分かった。これは次式のように示された。

$$H_d/b_{d0} = C R_{id0}^{-1} = C F_{rd0}^{-2} \quad R_{id0} = \frac{1}{F_{rd0}^2} = \frac{\epsilon_{d0} g b_{d0}}{u_{d0}^3}$$

ここで、 u_{d0} は界面位置での密度噴流の最大流速、 b_{d0} は半値半幅、 g は重力加速度、 C は実験定数である。また、下層に対する噴流の相対密度差は $\epsilon_{d0} = |\rho_{d0} - \rho_L|/\rho_L$ であり、 ρ_{d0} は密度噴流の最大密度、 ρ_L は下層流体の密度である。そして、リチャードソン数は密度フルード数の-2乗で与えられる。

これより、下層における貫入深さは、密度差と運動量の関係で表記できることが分かった。

4. 結論

- ◇下層に貫入した密度噴流は、その密度差と運動量によって大きく3つのタイプに分類された。
- ◇躍層における噴流と下層流体の密度差が正か負によって、流動特性は大きく異なった。
- ◇負の密度噴流に関しては、有限な貫入深さが存在し、これは躍層での層平均リチャードソン数に依存することが分かった。

参考文献

- 1) 室田, 道奥: 第32回水理講演会論文集(1988)pp. 269
- 2) 端野, 吉田: 水工学論文集 第34巻(1990) pp. 199
- 3) 福嶋: 長岡技術科学大学研究報告 第13号(1991)
- 4) 福嶋: 土木学会論文集 第405号(1989) pp. 147

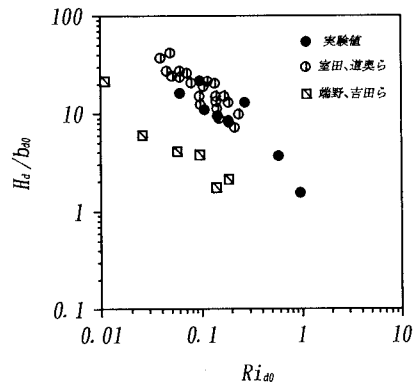


図-4 H_d/b_{d0} と R_{id0} の関係