Ⅱ－272

成層場に流入する鉛直密噴流の流動機構

長岡技術科学大学大学院　学生員　萩原達司
長岡技術科学大学　正会員　福嶋祐介
長岡技術科学大学　正会員　早川典生
ユニテックコンサルタント　直昇一郎

１．はじめに　密度噴流についての研究は、これまでは多くの研究者たちによって行われてきた。しかしこれらの研究の多くは一様な周囲流体に流入する場合で正の浮力をもつ密度噴流に限られている。一方自然界で見いだされる流れの多くは、周囲流体に密度分布がある場合である。その代表的な例として成層化した停滞性貯水池などでの水質汚濁の問題等が挙げられる。このような問題の改善対策を講じるためには、安定した密度成層場に対して外部からの攪乱が与えらる場合の流動機構を知ることが必要となる。そこで、本研究では淡塩二成層からなる周囲流体に流入する鉛直密度噴流の流動機構を明らかにすることを目的とし実験を行った結果について述べる。

２．実験装置及び方法　実験装置は、図-1に示すように横幅100cm、高さ150cm、縦幅15cmのアクリル製水槽を用いた。本実験では二次元として扱うため、ヘッドタンクからスロットまでの導水装置は導水管24本の細管で均分布し、スロット開口部にハニカムを設けて整流し二次元性を確保した。

周囲流体と噴流の水理条件を変化させ正の密度噴流と負の密度噴流について巨視的かつ内部的に測定を行い、巨視的流動特性として実験の終始をＶＴＲに収録しその映像を画像解析した。内部的流動特性では、特に負の密度噴流に着目し、貫入部と水平方向部について平均流速分布と平均密度分布の測定をした。流速分布の測定は、水素気泡法を用いた。平均密度分布は、導電率計を用いた。貫入部の密度分布は多測点同時採水可能なサイフォン採水器を用いた。中層密度流では、高さ方向に2cm間隔で6本の導電率計検出器に設置し測定した。

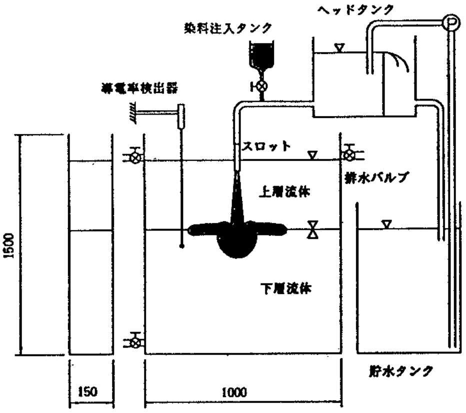

図-1　実験装置

３．実験結果　**(a)貫入深さ**　密度噴流鉛直方向の貫入部の貫入深さについての結果は次の通りである。層平均のリチャードソン数Ridを用いて次の式を定義した。

$$Rid=\frac{\varepsilon_{s0} g b_{d0}}{u_{d0}^2} \quad (1) \qquad \frac{H_d}{b_{d0}}=C_1 R_{id}^{C2} \quad (2) \qquad H_{dm}/H_d=1.2 \quad (3)$$

ここで、ε_{s0}は噴流と下層流体との相対密度差、gは重力加速度、b_{d0}は躍層位置での流速の半値半幅、u_{d0}躍層位置での最大流速、H_dは平均貫入深さ、H_{dm}は最大貫入深さである。

貫入深さとリチャードソン数との関係を図-2に示す。図-2より、式(2)が得られる。ここで、C_1は実験定数であり、C_2＝-0.92となる。これにより貫入した流動形状は噴流の界面での流入条件によって定量化できることが示された。次に図-3は初期貫入深さと平均貫入深さの比とリチャードソン数との関係を示したものである。図-3のように貫入深さの変動率はリチャードソン数に関係なく一定であることが分かった。ここで、最大貫入深さと平均貫入深さとの関係は式(3)で表される。つまり最大貫入深さと平均貫入深さとの関係は、実験条件に関わらず一定であるといえる。

(b)中層密度流フロント部　成層場に流入する鉛直密度噴流が、下層に貫入することによって浮力が生じる。

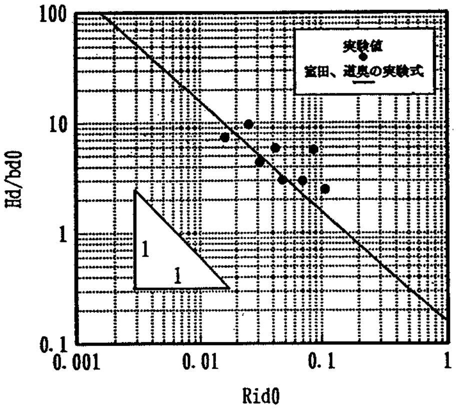

図-2　貫入深さとRidの関係

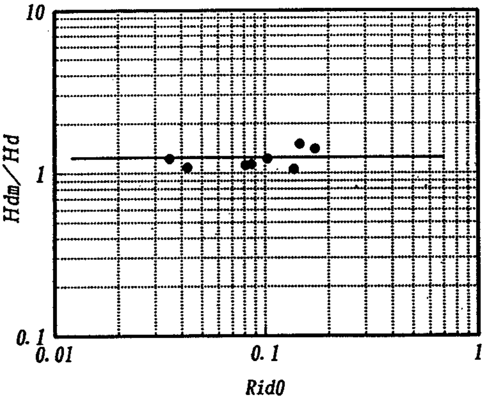

図-3　貫入深さ比とRidの関係

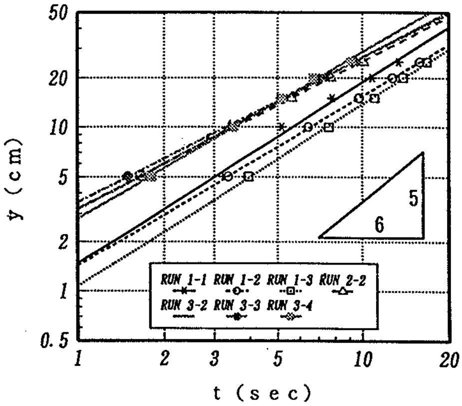

図-4　中層密度流の進入距離の時間変化

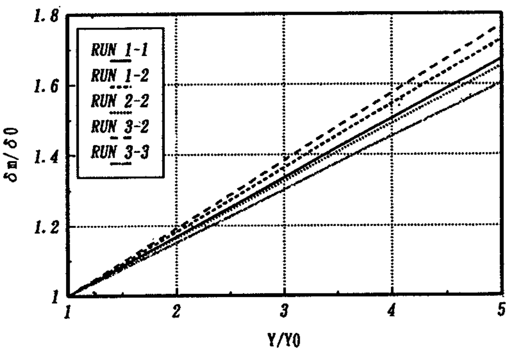

図-5　中層密度流の最大厚さの流下距離変化

この結果、下層より密度の軽い流体は躍層部に流れ込み中層密度流となる。図-4は中層密度流の進入距離を時間に対して示したものである。進入距離は時間の5/6乗に比例して増加する。 この結果は従来の実験結果とほぼ一致する（玉井、1980）。

図-5は中層密度流の最大厚さと貫入部付近の中層流の厚さとの比を、流下距離を上層厚さで割った無次元流下距離に対して示したものである。この図より、中層流の最大厚さは流下とともに増加する傾向にある。この最大厚さの増加率は、噴流の密度と下層の密度による相対密度差と関係することが分かった。これによると、最大厚さの増加率は相対密度差が大きくなるに従って減少する。相対密度差が大きくなる、すなわち、噴流の密度が下層の密度に対して相対的に大きくなると、流入流体の多くの部分が貫入部に流れ込み、中層流となる流体が減少するためである。

4．結論　密度噴流の貫入深さは、層平均のリチャードソン数に依存するが、最大貫入深さと平均貫入深さとの関係はリチャードソン数に関係なく一定である。また、中層密度流の流動特性は噴流と下層流体との相対密度差に大きく依存することが示された。

玉井信行：密度流の水理、技報堂、1980、pp.154-155。
三尾孝一、福嶋祐介、早川典生：密度躍層に衝突する平面二次元密度噴流の流動特性、第49回年講、1994.