

三次元貯水池密度流の潜り込みと拡がりに関する研究

東京電機大学大学院* 学生員 渡辺 徹 東京電機大学 正会員 有田正光
 (株)アイ・エヌ・エー 正会員 古谷智史 東京電機大学 正会員 中井正則

1. 研究の目的

負の浮力を持って斜面上に放出される密度噴流は、貯水池濁度密度流や LNG 基地からの冷排水放水において見られる現象である。この問題を鉛直二次元の現象として取り扱った研究は、著者らのものを含めて多数ある。しかし、三次元の場合については、工学的に重要であるにもかかわらず、ほとんど研究がなされていない。以上の点を踏まえて、本研究では、三次元貯水池密度流の潜り込みと拡がりについて、実験的に検討を行った。

2. 実験方法

実験装置には、長さ 600cm、幅 250cm、高さ 56cm の平面水槽に放流水槽を接続したものを用いた(図1参照)。実験においては、計温・計量された冷水を染料で着色し、斜面上に放出した。斜面勾配 S は、 $1/10$ 、 $1/40$ の2通りとし、また、放出密度フルード数 F_0 は、 $F_0=2.0\sim 12.0$ 程度とした。

3. 実験結果と考察

図1(a)、図2に、流れの可視化によって明らかにされた流況を、模式的に示し、また、その特徴を以下に列挙する。なお、断面番号①、②、・・・は、図1(a)、図2のそれに対応している。

(a)放出直後(①断面)は、噴流としての特性が強く、密度流としての挙動は現れない。平面的には、噴流としての拡がり特徴的であり、また横断面においては、表層から底面まで矩形の形状となっている。

(b)放出口より若干流下すると(②断面)、表層近傍では、依然として噴流的拡がりを示すが、底面近傍では、buoyant intrusionにより横断方向へ拡がる。

(c)放出口より離れ、潜り点に近づくと(③断面)、噴流としての特性が弱くなり、横断方向の拡がり顕著になってくる。

(d)潜り点を超えると(④断面)、流れは表層から剥離し、いわゆる「傾斜密度流」へと移行していく。

(e)放出口より十分に離れた位置(⑤断面)では、噴流的特性を完全に失い、流れは傾斜密度流となる。

以上のように、三次元貯水池密度流は、表層・噴流部分と底層・傾斜密度流部分の2つの部分から構成されており、両者の性質を合わせもっている。流下にともない、徐々に後者の性質が強くなり、

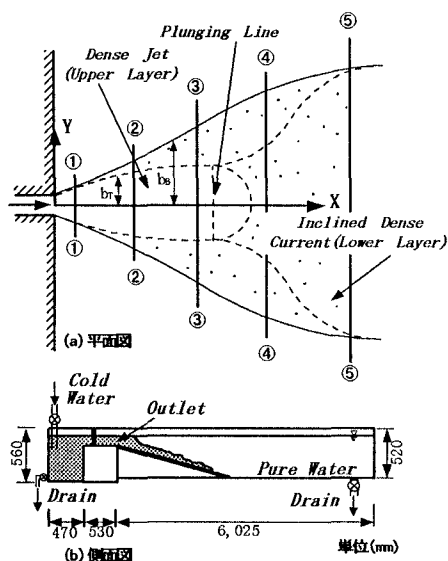


図1 実験装置

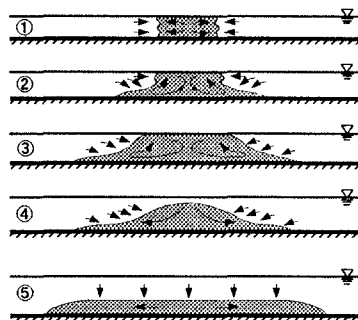


図2 可視化によって得られた流況(断面図)

Key words: Reservoir, Three-dimensional dense current, Plunging point, Spreading rate

*〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911 FAX 0492-96-6501

潜り込み後は前者の性質を失う。なお、底層・傾斜密度流は、重力により主流方向に流れるだけでなく、横断方向に buoyant intrusion により拡がっていく。この横断方向の buoyant intrusion は三次元傾斜密度流の特徴の一つである。

図3は、表層・噴流部の拡がり率 db_T/dx の F_o による変化を示している。同図には、Tollmien, Goertler の二次元均質噴流の拡がり率 $db_T/dx=0.24$ (Tollmien), $db_T/dx=0.27$ (Goertler) も挿入してある。本実験結果は、 $S=1/10$ で $db_T/dx=0.17$, $S=1/40$ で $db_T/dx=0.21$ であり、Tollmien と Goertler の値に近くなっている。

図4に、底層・密度流部の拡がり率 db_B/dx の F_o による変化を示す。 db_B/dx は、 F_o が大きいほど小さくなっている。これは、 F_o が大きいほど、横断方向への buoyant intrusion が小さくなることを示唆している。また、 $S=1/10$ のデータは、 $S=1/40$ のデータより高い位置にプロットされている。

図5は、放出口から潜り点までの無次元距離 L^* (放出口高さ h_o で無次元化した)と、 F_o との関係を示したものである。 $S=1/40$ のデータはややばらつきが大きい、 L^* は F_o の増大とともに、大きくなっている。これは、 F_o の増大とともに、噴流の慣性力が重力より優勢なためである。また、 L^* は、 S が大きい場合に、長くなるようである。

つぎに、サーモグラフ法により得られた水表面の水温分布について述べる($S=1/10$, $F_o=5.082$, 図は省略)。得られた熱映像より、噴流の流軸が大きく蛇行していることが認められた。これは、表層・噴流部の流れの特徴を示している。一方、潜り点以遠については、「表層水温が放出口より離れるにしたがって、次第に水温が上昇する」と推定したが、実験結果は、依然として低水温になっていた。

さらに、PTV 法によって、水表面の流速分布を可視化した($S=1/10$, $F_o=5.134$, 図は省略)。結果より、噴流の両サイドに大規模な渦が形成されていることが明らかになった。また、予想に反して、潜り点以遠においても、下流方向への流れが認められた(表層は、放出口に向かう流れになると考えるのが自然である)。

4. まとめ

本研究により、三次元貯水池密度流のアウトラインが明らかになった。しかし、取り扱った実験ケースは、斜面勾配が2通りに限定されており、十分に現象が解明されたとは言い難い。今後は、さらに詳細な研究を行う予定である。

参考文献

- 1)野村安正 訳：噴流 pp1～25 1981. 森北出版株式会社
原著 N. Rajaratnam : Turbulent Jets. 1976.

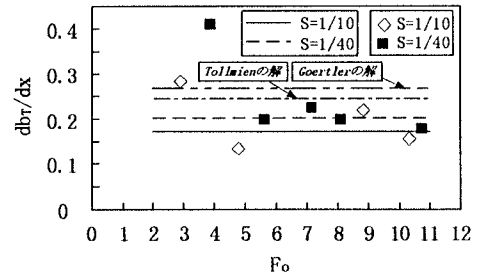


図3 拡がり率と放出密度フルード数 F_o との関係 (表層・噴流部)

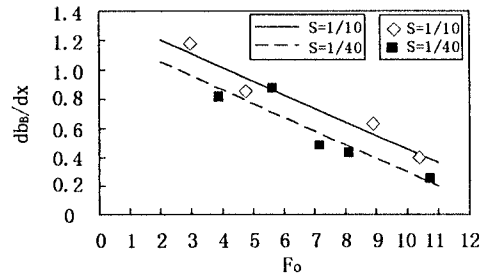


図4 拡がり率と放出密度フルード数 F_o との関係 (底層・密度流部)

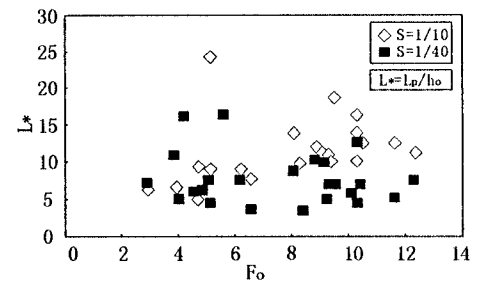


図5 L^* と F_o との関係 (L^* : 潜り点までの距離 L_p の無次元量)