

II-328 斜面上に表層放出される密度噴流の挙動に関する実験的研究

東京電機大学理工学部大学院	学生員	樺沢健一郎
東京電機大学理工学部	正会員	有田正光
東京電機大学理工学部	正会員	廣沢佑嘯

1. はじめに

表層放出の密度噴流の拡がりに関する研究は多いがそのほとんどは半無限水深の場に放出されるケースを取り扱ったものであった。しかしながら現実には我々が取り扱う問題には発電所からの温排水や洪水時の河川水の海域への流出の例に見られるように斜面上に密度噴流が放出される例が多い。このことより本研究は斜面勾配が密度噴流の拡がりに及ぼす効果を実験的に検討することを目的とする。なお、最も基礎的なケースとして鉛直二次元の場合を取り上げることとした。

2. 実験装置と実験結果

2-1 実験の概要

使用した実験装置は、図1に示すように幅：5 cm、高さ：20 cm、長さ：200 cmの透明アクリル製の実験水路部に貯水槽を接続したものである。実験に使用した斜面勾配：Sは $S=1/7, 1/5, 1/4, 1/3$ の4種類であり、放出密度フルート数： F_{d0} を変化させてその効果を調べた。また、放出レイノルズ数： R_{e0} は十分乱流域にあるよう設定した。なお、上下層の密度差は温水と冷水の組み合わせで得た。

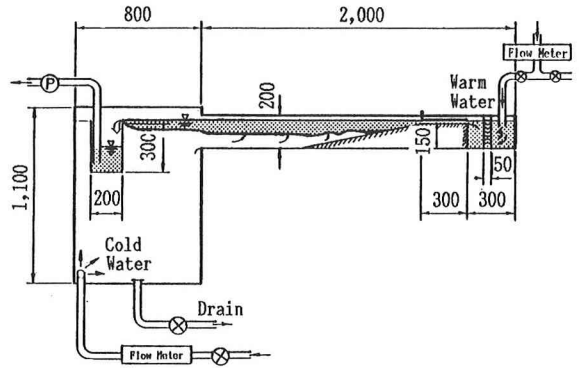


図1 実験装置（単位mm）

2-2 実験結果と考察

(a) 斜面上の密度噴流の挙動の可視化と考察：写真1は斜面上を流動する密度噴流のシャドウグラフ法による可視化写真である。同写真および染料を使用した流況の観察より得られる流れの特徴の概略を図2に示す。同図に示すように放出口地点：Oより斜面上に表層放出された密度噴流は斜面に沿って流動したのちA点で斜面より剝離する。その後、B地点においてローラー部が形成される。A～B間は極めて薄く、細長い連行層が形成されており密度楔であると見做される。この下層連行層中の流動により下層水中の圧力が下がり密度界面低下の原因となる。

B点下流においては下層低圧部の効果によって渦が形成される。

この渦の挙動は極めて不安定なものであるが、その挙動の概要の模式図を図3に示している。同図に示すように渦の未発生の状態（図3a）から突然上層水が下層に引き込まれるとともに（図3b）それが下層水の流れに伴って遡上し（図3c）、下層水を巻き込みながら渦が形成される（図3d）。その後渦が崩壊し（3e）、最初

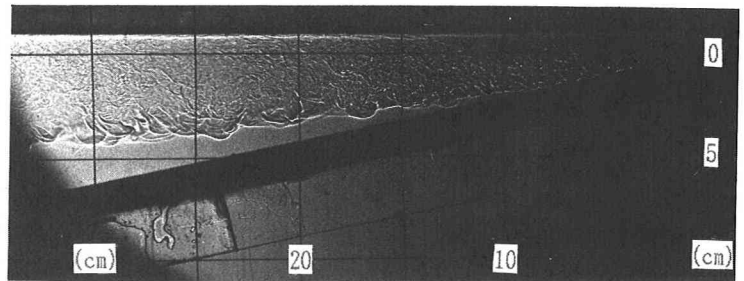


写真1 流況の可視化

の状態に帰る。この様な運動は構造物の後ろの後流の挙動に類似しているように見える。なお、この渦の形成・崩壊過程は半無限水域に表層放流される密度噴流の内部跳水において観察される渦が極めて安定なものである事[1]と対比して考えると興味深い。

ところで、この渦の終点C点より下流側に上述の渦の不安定な挙動のために下流側にスケールの大きな密度界面波の発生がみられる。この密度界面波は発電所から放出される温排水の拡がりにおいて観察されている、長周期の周期的な温度変動の原因となっている可能性がある。

b. 斜面上の密度噴流の拡がり： 本節においては斜面勾配が密度噴流の拡がりに及ぼす効果についての実験より得られた知見を以下に箇条書きにして示す（実験結果の詳細は紙面の都合により割愛する）。

①斜面勾配が極めて小さい場合の密度噴流は密度楔領域を伴うものの連行量は極めて小さく、斜面に沿って流動したのちに穏やかに剥離し、最終上層厚にいたる。若干斜面勾配が大きくなると密度楔領域での連行量は大きくなり、かつ極めて不安定な渦部とそれに続く密度界面波の領域が観察されるようになる。斜面勾配が大きい場合、密度楔領域は極めて短くなるとともに渦部と密度界面波は観察されず、半無限水域に放流される密度噴流の挙動に比較的類似なものとなる。ただしこの場合でも F_{d0} が大きい場合は密度界面が上に凸の形状を示していることが認められた。これは斜面の効果を受けて密度界面の下にスケールの大きな連行渦が発生するためである。

②斜面勾配の存在は明らかに連行量を抑制する。斜面勾配が有る場合は半無限水深の場に表層放流される密度噴流に比較して上層厚が放出口近傍で急激に大きくなるのみならず最終上層厚： h_{1f} （図2参照）の増加をもたらす。ところで F_{d0} を一定にして上で S を変化させて h_{1f} の挙動を調べると h_{1f} が S に対してピークをもつことが認められた。これは斜面勾配が密度噴流に及ぼす効果は F_{d0} の大きさによって変化するものである事を示している。

③ S が小さい場合、最終上層厚を与える地点における上層密度フルード数： F_{1f} の値は $F_{1f} \sim 0.5$ となった。この値は負の浮力を持って斜面上に放出される密度噴流のケースのプランジングポイントにおける値とほぼ一致するものであり、今後両者の一致の原因についての検討が必要であろう。

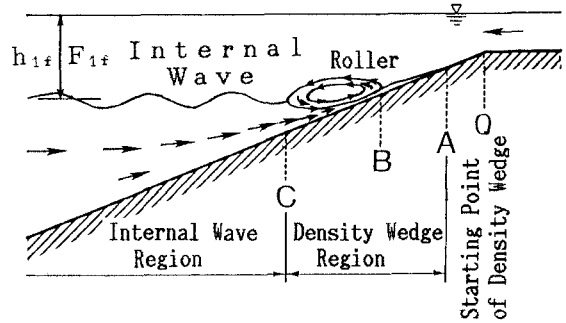


図2 斜面上の流動の特徴

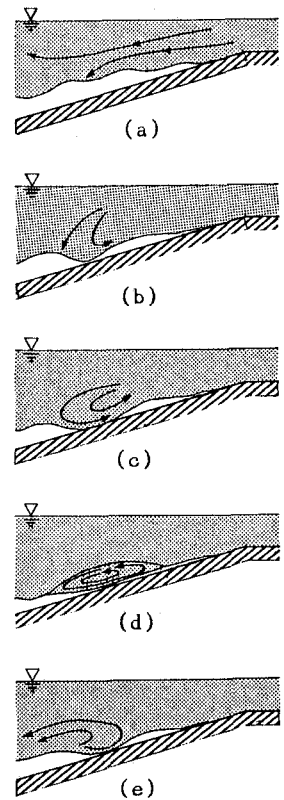


図3 不安定な渦部の挙動

3. 総括

本研究は斜面上に放出される密度噴流についての基本的実験よりその挙動の特性を明らかにしたものである。本文中に示すように斜面は密度噴流の拡がりに大きな影響を与えるものである。従来の三次元密度噴流の拡がりの予測モデルは斜面勾配のない場合を念頭においてモデルの開発がなされてきたが、今後のより精度の高い予測モデルの為に斜面勾配の効果を念頭におく必要があろう。

参考文献：[1]有田正光, Gerhard H. Jirka, 土木学会論文集 第375号, pp.61~pp67, 1986.