

1. はじめに

物体周囲の流れはそれ自体に強い速度勾配が存在し、さらに物体背後から剥離渦が生じるため極めて複雑な流れとなる。このような速度変動や剥離渦は成層密度流においては物体背後の内部界面を破壊し密度混合を引き起こす要因となる。本研究では、成層密度流中に設けた堰周辺の上層流れを可視化し、堰頂から発生する剥離渦の発生パターン、形状、規模、発生周期を観察し、あわせて物体背後の密度混合についても若干の考察を試みた。

2. 実験装置および実験方法

実験には長さ 10m、幅 0.4m、高さ 0.3m、の水路を用い、その水路のほぼ中央に厚さ5mmの堰を設けた(図-1)。水路条件は、淡水深 $h_1=10.0\text{cm}$ 、塩水深 $h_2=10.5\text{cm}$ 、密度差 $\Delta\rho=0.02\text{gr/cc}$ 、流量 $Q=500\text{cm}^3/\text{sec}$ とし、静止塩水面上からの堰の高さ d を4、5、6cmとした。剥離渦の可視化には、ローミンB水溶液を堰上流からトレーサとして注入し、さらに堰背後には電解沈澱法を併用し、その流況を35mmカメラ、VTRに収録した。また、静止画像からは渦の形状等について計測し、VTRからは、渦の発生パターンについて観察した。また、渦の発生周期は渦が10個発生する間の時間を5回計測しその平均値より求めた。

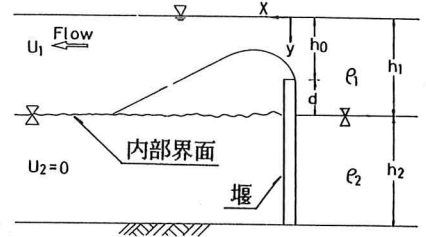


図-1 流れの模式図

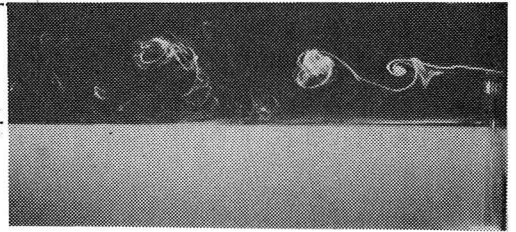


写真-1 堰背後の流況

3. 実験結果及び考察

堰背後より放出される渦の様子を写真-1に示した。この渦が、界面破壊の主役を担うものと思われ、界面近傍の塩水が渦によって上方へ輸送され拡散していく様子がみられる。

図-2及び図-3に $d=6\text{cm}$ 、 4cm の渦の発生から崩壊するまでの過程を渦の発生パターンとして示した。図中の記号Aは堰頂から発する擾乱が渦を巻く状態になり、1つの渦としての形態が形成される領域[生成域]を示したものである。記号BはAで生成された渦が下流に移動し拡がる領域[成長域]である。また、記号CはBの渦がさらに下流し、且つ、上方へ移動、崩壊する領域[崩壊域]として示した。

$d=6\text{cm}$ の渦の発生パターンには、規則的な渦の生成域、成長域、崩壊域の存在が観察される。Aで生じた渦は、剥離域内の滞留水を巻き込む。その際、連行された滞留水の一部が堰方向へ移動する。Bに下流し成長した渦は更に滞留水を巻き込み剥離域から放出されCで崩壊する。また、内部界面の変動はBからCの領域で変動が大きく、この領域で内部界面の破壊が行われるものと思われる。破壊された下層塩水は、渦の巻き込みによって上方へ輸送され拡散する。その一部は逆流域内を移動し、それが堰背後での密度混合層の形成の一因となっている。

$d=5\text{cm}$ の場合についても渦の発生パターン、密度混合の機構は $d=6\text{cm}$ と同様に観察された。

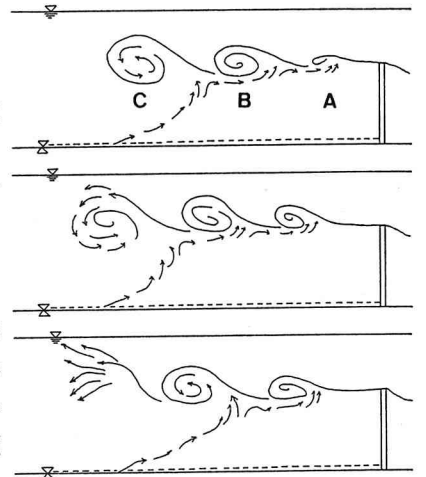


図-2 渦の発生パターン($d=6\text{cm}$)

$d=4\text{cm}$ では、渦が堰背後で規則的に発生する時と渦の発生が不明瞭な場合の2つのパターンが観察された。図-3に渦列が不明瞭な場合の模式図を示した。堰頂から発した擾乱は、剥離域を這うように流下しAで巻き込みが始まる。しかし、その巻き込みが不十分であるため、はっきりとした渦の生成を見ないまま擾乱は下流へ移動する。さらに、B付近ではこの擾乱の移動速度が遅いため堰背後から発する次の擾乱に追われる様にして剥離域から離脱し、Cで渦の形態に近づくようになる。次いで、この渦は、内部界面を這うような形で流下し崩壊する。また、渦が剥離域から離脱するC付近で内部界面の変動が激しくなる。しかし、渦による下層水の巻き上げや堰背後への塩水の連行量は少なく、 $d=6\text{cm}$ に比べ密度混合の規模は小さいものとなっている。尚、観察された渦は、不明瞭な場合が大部分を占めていた。

表-1に渦の発生周期を示した。但し、 $d=4\text{cm}$ の発生周期は比較的明瞭な渦が5回発生するときの平均値で表した。観察された渦の周期は5.9~10.5sec程度であった。また、表中の d' は、堰前面での界面のセキ上げによる死水域を考慮し、セキ上げられた界面より堰頂までの高さ d' としたものである。この d' を用いてストローハル数 St を評価すると0.13~0.56であった。

図-4に渦の平均渦径 L_x, L_y を流程と共に示した。渦の生成域、成長域及び崩壊域を点線で囲んで表した。生成域および成長域の各領域での渦径は、平均的にはほぼ同じ大きさとなっており、堰高による差異は殆どみられない。しかし、各領域の発生位置は、堰が低いほど堰から遠ざかる。また、表-2に示したように平均渦径比 L_x/L_y は、等方性乱流と言う値より小さくなっている。その渦の形状は、 L_x/L_y の値が各領域において、ほぼ同一の値を示すことから、さほど変わらず L_x, L_y は各々、線形的に増加するものと思われる。

4. あとがき

成層密度流中の物体背後の上層流れを可視化し観察した結果、物体背後に生じる渦の発生から崩壊までのパターンは、堰高によって渦の生成域から成長域までの過程が異なること。また、渦が剥離域より離脱する付近で内部界面の破壊が引き起こされ、その破壊の規模や堰背後に形成される混合層の規模は渦の発生パターンによって異ことが分かった。本実験を遂行するにあたり本学学生、荻野英昭君、加藤敏文君、鎌田 昭君に協力を得た。ここに付記し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 相原, 阿部: 成層密度流中の物体背後に生じる流れの構造と密度混合に関する実験的研究, 第41回年講1986. 11, pp471-472
- 2) 玉井, 浅枝, 田中: 平板上の半球周りの流れの構造について, 第31回水講, 1987, 2, pp371-376

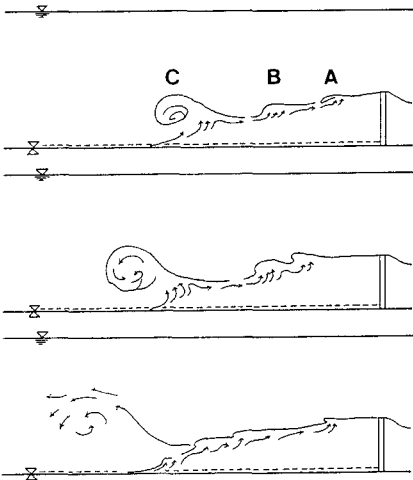


図-3 渦の発生パターン($d=4\text{cm}$)

表-1 渦の発生周期

$d(\text{cm})$	$d'(\text{cm})$	$T(\text{sec})$	St	Re
4	1.7	10.5	0.13	1.9×10^2
5	2.4	8.0	0.24	2.8×10^2
6	4.1	5.9	0.56	4.4×10^2

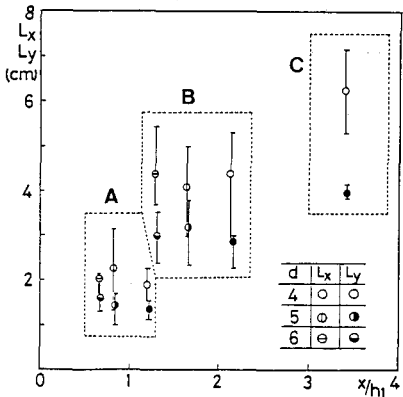


図-4 平均渦径 L_x, L_y

表-2 平均渦径比 L_x/L_y

$d(\text{cm})$	A(生成域)	B(成長域)	C(崩壊域)
4	1.40	1.52	1.58
5	1.34	1.29	—
6	1.27	1.46	—