

二次元表層密度噴流に関する基礎的研究

大阪大学工学部 正員 室田 明
 大阪大学工学部 正員 〇中辻 啓二
 電源開発(株) 正員 橋本 長幸

1. まえがき ; 混合層の発達には大規模な組織だった渦動の存在と合体現象が深く関係していることが明らかにされつつある。本報告では二次元表層密度噴流の成層境界面に発生・発達する大規模渦動を可視化実験により抽出し、その基本特性の把握を試みた。

2. 実験装置および実験方法 ; 実験は塩水の下層への供給が可能な長さ6m, 幅0.15m, 高さ0.5mの水槽を用い、放流口から淡水を表層放流すると同時に下層への塩水供給量を微調整しながら供給し、水質連行を伴う密度噴流の発生を確認したのちに可視観測を行なった。水理条件は密度差 $\Delta\rho=0.005\sim0.010$, レイノルズ数 $Re=2,300\sim6,200$ の範囲である。可視化は放流口先端から注入した蛍光染料(ウラニン)を二次元スリット光束(光束幅0.5cm)により発光させ、それを16mm高速カメラおよびビデオ装置で連続撮影した。また、定点計測も併用して噴流場の流れ・乱れ特性の把握も同時に行なった。

3. 渦動の追跡 ; 放流口先端から注入された染料雲の一例を示したのが写真-1,2である。上層での流れは左から右向きであり、写真中、白く見えるのがスリット光束により発光している蛍光染料雲で横S字型のパターンが鮮明に観察される。また、染料は徐々に離散的な塊となり回転しながらその大きさを増し、渦動としての挙動を呈する。Brown-Roshkoにならい、これらの渦動を個々に追跡して渦動の中心位置の変化を流経距離 x と時間 t との関係で充実に示したのが、図-1である。プロットした点の時間間隔は16mm高速カメラの回転数より $1/24$ 秒である。同図より得られる渦動の平均的な基本特性を示すとつぎのようである。

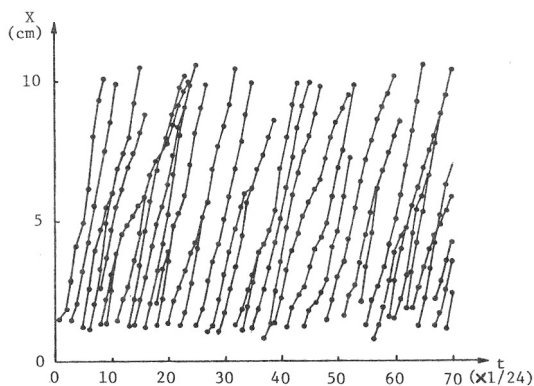
写真-1 流動形態 ($Re=2,300$, $\Delta\rho=0.005$)写真-2 流動形態 ($Re=4,000$, $\Delta\rho=0.0075$)

図-1 渦動の軌跡(x-t平面)

(1) 渦動間隔および渦動規模は流下にともない線型的な増加を示す。(2) 渦動の移流速度はほぼ一定である。(3) 2つの渦動が1つとなる合体現象が頻繁に生じ、この過程において下層の塩水の混入が観察された。(4) 合体過程において先行する渦動は移流速度が小さく、また後続する渦動は移流速度が大きい。

MUROTA, Akira, NAKATSUJI, Keiji and HASHIMOTO, Osayuki

上述のように渦動は合体を繰り返し、その個数を減少させながら流下する。この渦動個数の変化を明確に示すために各流下地点を一定時間内に通過する渦動の個数を測定し、その流程方向変化を示したのが図-2である。また、同図の f_0 は表-1に示す放流口近傍で単位時間内に発生する渦動個数を表わしている。この図から、全体的な傾向としてはレイノルズ数が大きいほどその通過個数の減少率が大きくなるが、密度差の影響はほとんどあらわれていない。さらに減少率の流程方向変化に着目すると $x/H_0 = 2.5 \sim 4.0$ (H_0 : 放流口水深)の範囲で他の流下地点と比較して減少率は大きく、この範囲において合体現象がより頻繁に発生していると推察される。図-2には密度差の影響は見出し得なかったが注目に値するのは表-1に示した放流口近傍での渦動の発生個数である。すなわち、発生個数はレイノルズ数が大きいほど、また密度差が小さいほど多くなる傾向がみられ、界面不安定に及ぼす慣性効果ならびに成層安定効果の影響が顕著に現われているといえる。したがって、図-2には密度差の影響による渦動の発生個数の相違が含まれており、渦動個数の減少が同一曲線であっても密度差の小さいものほど合体回数が多いことが理解される。

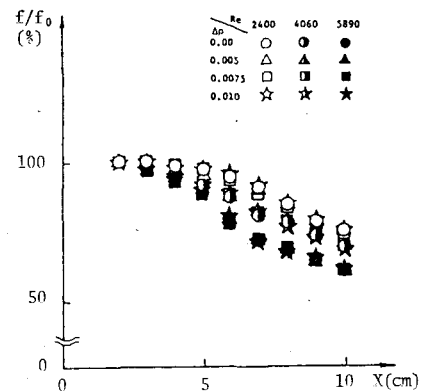


図-2 渦動の通過個数の流程方向変化

表-1 渦動の発生個数

$\Delta\rho$ \ Re	2400	4060	5890
0.00	3.9	5.7	9.5
0.0050	3.7	5.0	8.2
0.0075	3.6	4.8	7.8
0.010	3.6	4.8	7.6

4. 渦動の合体現象 ; 図-1のヌ-ツ平面から合体現象の発生位置の頻度分布を求め、また、定点計測による流程方向流速の自己相関関数から得られる平均渦径の流程方向変化と比較して示したのが図-3である。なお、平均渦径が測定された水深は可視化観測から得られた内部境界面に対応している。同図より平均渦径の階段状の不連続な増加は合体現象の発生位置と明瞭な一致を示しており、可視化観測と定点計測との対応を考える場合に非常に興味深い。すなわち、可視化観測により認められた離散的な渦動の合体現象が見かけ上の規模の増大をもたらすことを定点計測の平均渦径の不連続な変化が追認したと考えられる。以上の結果から、渦動の合体現象により渦動規模および渦動間隔の飛躍的な増加がもたらされ、合体現象が渦動の発達、ひいては水質混合に支配的な役割を果たすことが理解される。

最後に、本実験には大学院生薮内生死君の協力を得た。記して謝意を表する。

参考文献 リ Brown, G.L. & A. Roshko, J. Fluid Mech. vol. 64, 1974

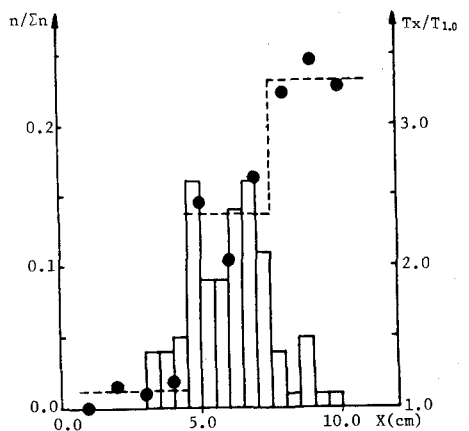


図-3 合体現象の発生位置と平均渦径との関係