

開水路合流部の乱流拡散に及ぼす組織渦の役割について

京都大学工学部 正 員 中川博次 京都大学工学部 正 員 福津家久
関 西 電 力 正 員 小池章久 京都大学大学院 学生員 室屋浩幸

1、まえがき 本研究では二層平行流の合流に伴うcoherentな渦運動に着目し、可視化実験及び濃度拡散実験によって流速比を系統的に変化させた際の渦運動特性とそれが及ぼす乱流拡散への影響を検討したものである。

2、実験方法 長さ15■×幅50■の亚克力製水路を鉄板で二分し、各々流量計によって流量を調節できるようにした。本実験では流量比を0.0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0の6通り変化させた。可視化は染料ローダミンBを用い、組織渦の挙動を水路上方よりビデオカメラで二次元的に撮影した。濃度拡散実験ではメチレンブルー液を内径1.5■の真ちゅう管より一定量放流し、光学式濃度計を用いて各点での濃度を計測した。なお、両実験とも染料の放流口は点源とみなせ、放流の際は水流とほぼ同じになるように注意が払われた。

3、可視化から見た組織的渦運動 一般に合流直後においては一つの筋として放流されるが流速勾配によるせん断効果を受け、不安定波が発生する。やがて染料の集中部分が核となり渦が発生する。それらの渦は発達し、時には合体を行いながら大規模な渦になり移流されるが徐々に渦としての性質を失い崩壊してゆく。今回の実験では流速比が0.8以上になるとcoherentな渦とはならず後流的挙動を示した。このため、流速比が0.6以下の場合について解析を行った。図-1に渦の移流速度を示す。比較のため点計測の結果も併示した。可視化結果では渦の発達・合体領域の移流速度はx方向に若干増加し、その後渦の崩壊と共に減少し、点計測の軸上平均流速とほぼ一致してくる。その時の移流速度は $U_c = (0.6 \sim 0.7)U_1$ となった。図-2に渦の平均中心位置を示す。これより、渦は高速側約0.5■前後のところを移流しており、点計測の結果、この位置で乱れ強度が最大になるから両者に密接な関連があると思われる。図-3に初期断面運動量厚 θ_1 で無次元化した渦の発生位置 L_p/θ_1 と第1回目の合体位置 L_c/θ_1 を示す。発生位置については流速比が小さい程、強いせん断力を受け、まだ平均流速も小さいことより合流部に近い位置で渦が発生することがわかる。第1回合体位置については各ケースとも標準偏差が大きく、幅広い範囲で合体が起こっていることがわかる。流速比0.6の場合には渦発生直後でも合体が多く行なわれたため、他とは少し違う結果となった。次に図-4に、このように発達してゆく渦の渦径を示す。各ケースとも $x=20$ ■程度までは渦径はほぼ直線的に増加し、その後鈍化する。またX方向の径 L_x の方がY方向の径 L_y より大きく渦は流下方向にひずんだ形をしていることがわかる。また、渦径の増加率は流量比が大きくなる程小さく傾向にある。

4、濃度拡散実験の結果 図-5(a),(b)に各々高速側 $y=2$ ■、低速側 $y=-2$ ■の位置で染料を放流させた場合の平均濃度分布を示す。縦軸は各ケースごとの相対濃度で、横軸は水路半幅で無次元化してある。高速側・低速側放流とも流下方向に対して合流軸上に濃度分布

Hiroji.NAKAGAWA, Iehisa.NEZU, Akihisa.KOIKE & Hiroyuki.MUROYA

が寄って来ている。高速側で放流された場合では合流軸上に向かってなだらかな勾配となっており、これは速度勾配の回復と関係があると思われる。また相対濃度としては各ケースとも初期断面ですら高々30%にすぎず染料の希釈混合は3次元性が強いことがうかがえる。図-6には高速側での無次元濃度分布を示す。縦軸は各断面最大濃度、横軸は注入点をy軸の原点とし、流下方向距離xで無次元化した。濃度分布のピークはxが増大するとy=0軸上に移動してくる。これは高速側の流速が流下方向に対してほぼ一定であることより渦による巻き込みによって染料が拡散されたと考えられる。また低速側で放流したケースについても同様な挙動が見られた。次に平均濃度の実験値を半幅幅 $b_{0.5}$ で無次元表示したものが図-7である。図中の直線はガウス分布である。中央軸 $y=0$ での放流では軸上をほぼ左右対称に拡散することがわかる。各断面ごとで得られた半幅幅 $b_{0.5}$ は $x^{1/2}$ に比例して増加し乱流拡散理論と一致するがxが増加すると抑制される傾向にある。これは $x < 20\text{cm}$ では活発な渦運動による影響で染料の混合が促進され非線形的な増加を示すが渦が弱まると混合が抑えられて流下方向に対して染料の混合が鈍化するものと予想される。今後は条件付サンプリング手法を用いて組織渦と拡散との関係を検討したい。

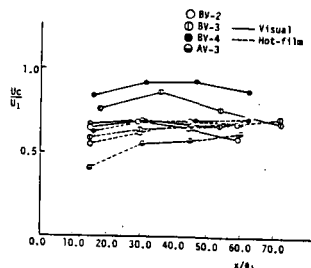


図-1 渦移流速度

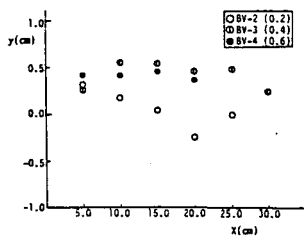


図-2 渦平均中心位置

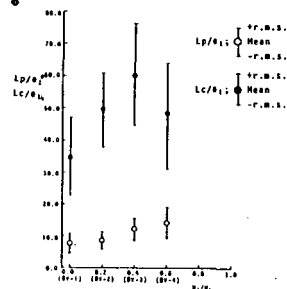


図-3 渦発生・合体位置

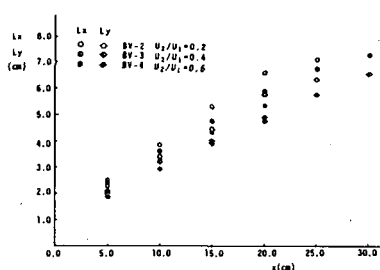


図-4 渦径

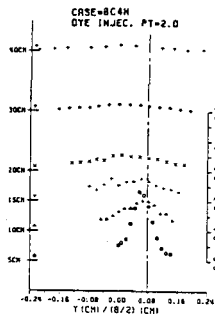


図-5(a) 平均濃度分布

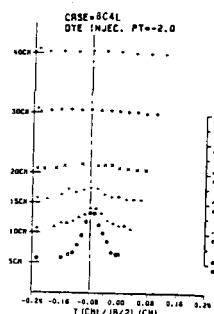


図-5(b) 平均濃度分布

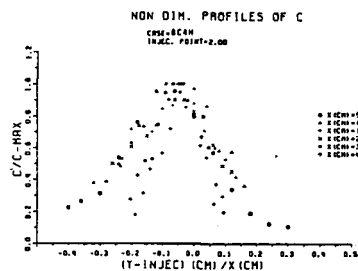


図-6 無次元濃度分布

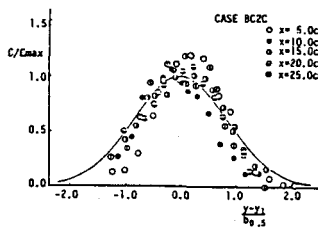


図-7 無次元濃度分布

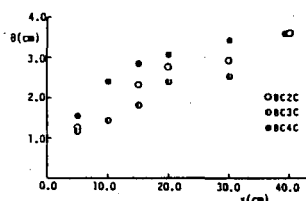


図-8 半幅幅の増加