

2次元噴流の組織立った渦運動について

京都大学・工学部 正員・中川博次, 正員・林津家久
 京都大学・大学院 学生員・北村卓也, 〇学生員・中川雅夫

1. まえがき

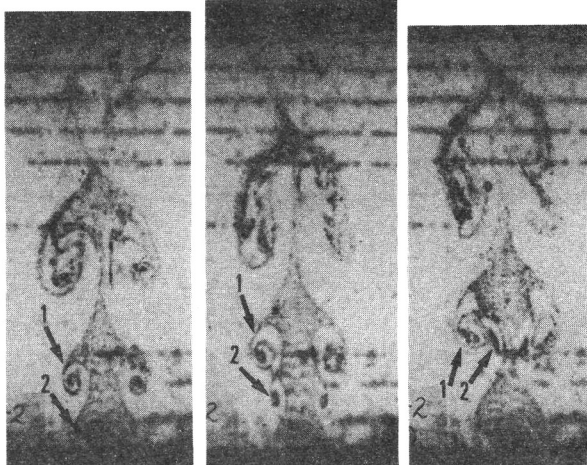
噴流出口からポテンシャルコア端付近までの領域に組織立った渦運動が存在し, それが噴流下流での乱流拡散に支配的な現象であることが従来の研究によって指摘された¹⁾。そこで本研究は, 水素気泡による可視化実験により, この渦運動の存在を確認し, 渦の発生・発達・合体・崩壊の挙動を検討して, この渦運動の内部機構解明へ手掛りを得ようとするものである。

2. 実験方法 長さ280 cm, 奥行き

20 cm, 深さ80 cmの拡散水槽を有する2次元噴流発生装置を用い, 幅 $B=2$ cmのノズル出口に白金線を水平に張り, 水素気泡を発生させて可視化実験を行った。可視化された流れは噴流出口から流下方向距離 $x=15$ cm付近にわたって16 mmシネカメラで連続撮影され, これをフィルム解析器で1コマごとに解析した。実験は $x=0$ の初期断面平均流速が $U_0=2.0, 4.2, 8.2, 11.9$ cm/secとなる4ケースについて行われた。

3. 定性的考察 写真①~③は,

$U_0=4.2$ cm/sec ($Re=U_0 B/\nu=770$) での可視化結果を時間の経過とともに示したものであり, この領域でかなり大規模で組織的な



写真①

写真②

写真③

時間間隔は $\Delta t=0.58$ 秒の連続写真。

渦運動が存在することが確認される。写真①の矢印で示した渦(2)は発生段階のものであり, 環境水との境界部に生じる強いせん断層のため流速の速い噴流中心部に追従できず, まさに剥離しようとしている瞬間を示している。渦(1)は成長段階での渦であり, 写真①では約1回転半, 写真②では約2回転半と環境水を取り込みながら発達しこの部分の噴流幅が広がっている。一方, 写真①で発生した渦(2)は下流側の渦(1)の運動に抑制されて環境水を取り込みながらの成長ができず(写真②), その部分の噴流幅は徐々に狭くなり, やがて写真③で示すように発達した渦(1)の内側に巻き込まれるようにして合体する。合体した2つの渦はなおも一体となって回転を続けるが, やがて噴流中心部に再び引き込まれ, その後放射状に崩壊して写真①の矢印3の部分のようにchaoticな状態となる。以上で概観したように, この領域での噴流拡散はこの渦運動によって支配されていると考えられ, この渦が崩壊したのち流れは完全に発達した乱流域に移行すると思われる。

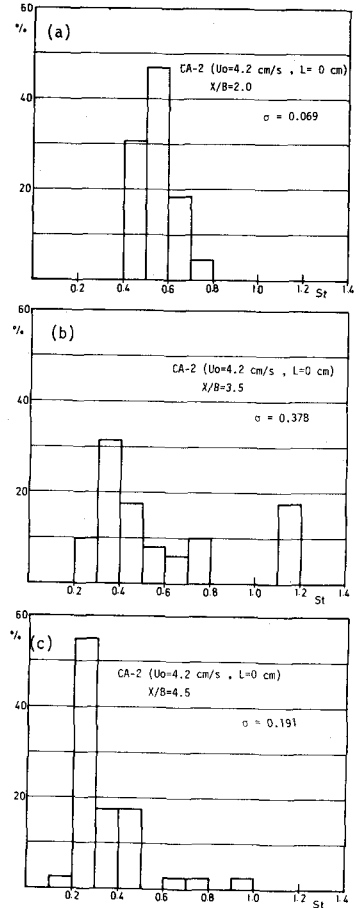
$U_0=4.2$ cm/sec以上のケースではこのように渦が軸対称に発生し噴流幅が太くなったり細くなったり

りする脈動性の変動が多く見られたが、 $U_0=2.0\text{ cm/sec}$ のケースでは渦が左右交互に位相がずれた形で発生し、それぞれが環境水を取り込んで成長するために噴流が左右にゆらめく波状の変動が多く観察された。

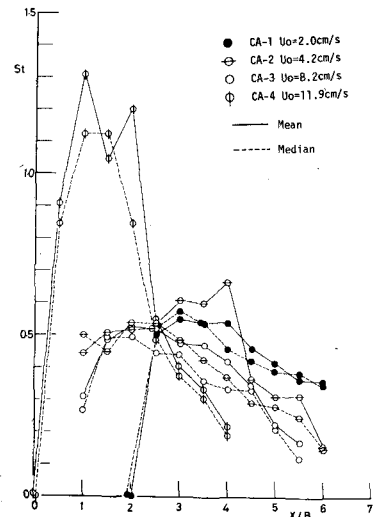
4. 定量的考察 噴流出口からの流下方向距離 $x=1\sim12\text{ cm}$ に 1 cm ききみで検査横断面を設け、各検査面での渦の通過周波数を求め、その無次元量である Strouhal 数 $St \equiv fB/U_0$ を用いて、写真で確認された渦運動に定量的検討を加えた。図・1 は $U_0=4.2\text{ cm/s}$ のケースにおける $x/B=2.0, 3.5, 4.5$ の各検査面での St 数の頻度分布を示したものである。図・1(a) ($x/B=2$) は渦の発生領域での結果であり、 $St \approx 0.5$ のまわりに集中し、この渦がかなり規則的に発生していることがわかる。図・1(b) ($x/B=3.5$) では $x/B=2$ での St の最頻値を中心とした凹型の分布であり、隣接する渦の間隔が広くなったり狭くなったりして渦の合体が進行しつつあることを示している。図・1(c) では発生段階での St の最頻値の $1/2$ のあたりにピークをもつ凸型の分布であり、合体は完了したと考えられる。以上のように写真で見られる渦運動はかなり規則的で組織的な構造を有していることがわかる。

図・2 は各ケースにおける各検査面で St 数の平均値と中央値を示したものである。 St が増加しているところは渦が発生している領域であり、減少しているところは渦の合体ないしは崩壊が起きている領域である。これによって初期流速の違いによる渦運動の変化が検討できる。すなわち、流速 U_0 が速くなるに従って渦の発生・崩壊位置が噴流出口に近づくとともに、 St 数が急激に低減して渦の合体が頻繁に起こっていることがわかる。また、 $U_0=11.9\text{ cm/s}$ の場合には他のケースに比べて渦の発生領域における St 数は急増し、一般に流速が大まいほど渦運動は活発になるものと考えられる。このように、初期流速、すなわち Reynolds 数によって大規模渦運動は変化し、このことは渦の発生・発達・崩壊機構を知る手がかりになると考えられ、今後さらに詳細な検討を加えていきたい。最後に、本研究の遂行には文部省奨励研究補助金を受けたことを記し、これに感謝する。

〈参考文献〉 1) 中川, 祢津, 神田: 噴流干渉時の乱流構造に関する実験的研究, 京大防災研年報, 第22号, B-2, pp.415-451, (1979)。



図・1 $St = fB/U_0$ の頻度分布



図・2 St の流下方向の変化特性