

二次元噴流における組織渦の運動特性について

京都大学工学部 正員 中川博次
新日本製鐵(株) 正員 中川雅夫

京都大学工学部 正員 杉津家久
京都大学大学院 学生員 樋口義弘

1. まえがき ポテンシャル・コア領域における組織的な渦運動が、噴流場における微小現象等の諸特性に影響を与えることが指摘されている。本研究では、可視化法を用いて境界部における水理条件を変化させた場合、特に自由噴流と壁面噴流についての渦運動の差異を明らかにし、渦運動の内部機構解明の足かりにするものとする。

2. 実験方法 噴流は、長さ126cm×幅17cm×深さ82cmの水槽内に整流箱を通して十分に整流された後に水平方向に放流された。噴流放流孔は2次元ノズル状で水槽底面より41cmの高さにあり、自由噴流F-12の場合には水槽全体を、壁面噴流W-12の場合には下方ノズル部分に水平方向に新たに壁面を設けて行われ、初期流速は12%に固定した。可視化は、ノズル出口中央に白金線を張り水素気泡を発生させて行われた。

3. 壁面噴流 従来の壁面噴流に関する研究は、Glauert(1956)²⁾のように流線が十分に発達した領域を対象にしており、ポテンシャル・コア領域付近における研究は立ち遅れている。本研究は、そのポテンシャル・コア領域付近を対象に行われた。まず、図1に壁面噴流についての可視化結果をスケッチした。ここで特筆すべき点としては、壁面噴流における壁面側の渦の存在である。従来の研究においては、壁面噴流では壁面側からの環境水の運行動作は存在しないため、自由噴流を半分にしたものとして扱われてきたが、図1によれば壁面側にも渦が発生し、少なくともポテンシャル・コア領域においては、従来の考え方に疑問を投げかけるものがある。ここで壁面側渦(lower vortex)と壁面とは反対側の渦(upper vortex)との発達過程の差異について考察を行う。壁面側においては環境水の運行動作が存在しないことから、両者の発達過程は本質的に異なっているものと考えられる。上側渦の場合には、自由噴流の場合と同様に噴流口より放流された流れと環境水との速度差により粘性せん断応力層が形成され、それが剥離することによって渦が発生し、環境水の運行動作により発達し、その一部は合体、最終的に崩壊するものに対して、下側渦の場合には放流された流れと壁面との間に生ずる粘性せん断応力層が剥離し発生するものと考えられ、発生時の様子も図1-b~dにおける渦Bのように突起が発生し、それが発達して渦になっている。

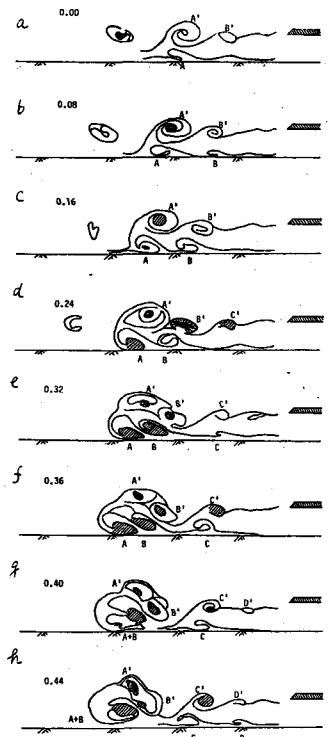


図1 渦のスケッチ(ケースV-W-12)

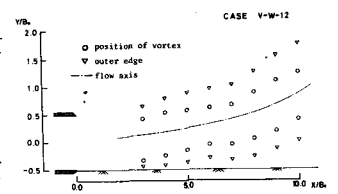


図2 渦の中心位置、外縁、流軸

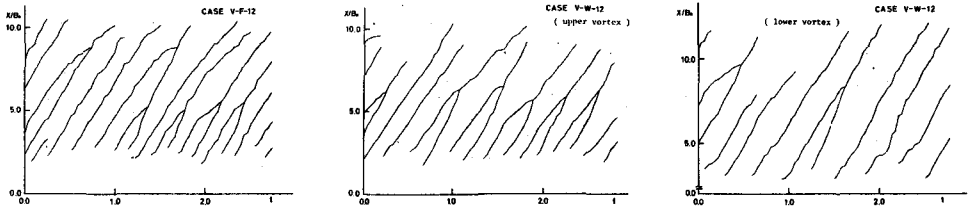


図3 渦の軌跡

がわかる。この下側渦の発生機構については、バーストではないのかも考えられるが、本研究においてはそれを裏づける測定等を行っていないため今後の研究が待たれる。また、発生した渦は、図1における渦Aのように成長してゆくものであるが、この時に起こる運行現象についても上側渦とは異なり、環境水ではなく噴流内部の流体を自己運行するのではないかと考えられる。その後成長した渦は上側渦と同様に合体・崩壊の過程をたどる。次に上下渦の位置関係についての考察を行う。上下渦の位置は、発生時にはほぼ対称モードであるが、下側渦の方がより速く流下して上側渦より前方に位置するようになる。そして、ある位置関係に達すると、その後はその位置関係を保持したまま流下してゆくことが観察された。壁面噴流の場合、壁面側に渦が発生できないため、自由噴流の場合より上下渦の相関関係が強いものと考えられ、下側渦の発達には上側渦との干渉の影響がかなりあるものと思われる。可視化観察においても、下側渦の一部が一定程度の大きさに成長し、上側渦と対になって非線形的に上方に浮上する現象が見られた。今後上下渦の相関関係についてのさらに詳細な研究を行うことが必要であろう。図2において渦の中心位置、外縁及び流軸をプロットした。流軸が放流直後(約5.7 B:1.8 B)まではほぼ直線的に上向いていくのに対し、それより下流側になると非線形的に上向いていくがわかり、上述の現象の影響によるものと思われる。

壁面噴流と自由噴流の相違点 図3は個々の渦に着目して渦の中心位置、時間変化を流下距離-時間平面にプロットしたものである。この結果及び検査断面を1cmごとに設けて行った解析などの結果より、発生・合体・崩壊位置を調べた結果が表1である。これを見ると壁面噴流の上側渦は発生・合体・崩壊の各位置ともに自由噴流とよく似た値を示すのに対して、

case	productive region	coalescence region	breakdown region
V-W-12 (upper vortex)	2.5	6.0	9.0
(lower vortex)	3.0	8.0	12.0
V-F-12	2.5	5.0	10.0

壁面噴流の下側渦は各位置ともに自由噴流に比べて下流側にあり、壁面によって渦の発達が抑制されていると言える。また、この他に渦の移流速度等に関しても解析を行ったが、その結果壁面噴流における上側渦の移流速度は自由噴流の場合より少し小さい値が、また下側渦の場合は大きい値が得られた。これらの結果より壁面噴流においても自由噴流と同様に、ポテンシャルコア領域において渦運動が存在し、壁面側の渦の存在も確かめられた。そして壁面側渦と壁面と反対側の渦には相関関係が存在し、両者の干渉作用が渦の発達に寄与するのではないかと推論されるに至った。

参考文献 1) 中川・和津：水素気泡法による2次元噴流の組織及び渦運動の可視化、可視化シンポジウム、(1980)

2) Glauert, M.B.: The wall jet, J. Fluid Mech., Vol.1, pp.625, (1956)