

西日本工業大学 正員 赤司 信義
西日本工業大学 正員 石川 誠
山口大学工学部 正員 斎藤 隆

1. はじめに 本研究は、落下水による気泡の混入機構を調べる前段階として、落下水の水面突入によって形成される噴流の水面付近の組織的な渦の形成過程を調べようとしたものである。気泡混入時には水脈の変動が大きいことより、攪乱のある場合とない場合の渦構造の違いをみるため、水脈が滑らかな落下水の場合と段落ち部に円柱格子を入れて水脈を変形させた場合についての実験を行った。

2. 実験装置と実験方法

実験には、長さ 3 m、幅 0.2 m、高さ 1 m の鋼枠製アクリル水槽が用いられた。段落ち高さは 41 cm、段落ち部上流水路部の長さは 60 cm で、水は、上流端 10 cm 区間で供給され、その下流にハニカム（長さ 3.2 cm、径 4 mm、幅 20 cm）等の整流装置が設けられた。流量は $22 \text{ cm}^2/\text{s}$ で、下流水深は 38.7 cm の場合について実験された。実験は径 2mm、間隔 3.8 cm の円柱格子を設置した場合についても行われた。流れの断面可視化法としてレーザースリット法を採用した。染料にはフルオレセインナトリウム水溶液（比重 1.01）を用い、水路上流端の流入部より通水しながらこの水溶液を注入した。可視化した断面は、図 1 に示すように、縦断面と水平断面である。

撮影には、35 mm カメラを使用し、絞りを 1.8 とし、ASA1600 のフィルムを使用した。シャッター速度は 1/1000 に設定された。水平断面視の場合には、水路底部より 20 cm の高さの位置に水路側壁に対して 45° に傾けた鏡を用いて撮影した。また、アルミ粉を水面に浮かべ、カメラを水脈と下流水面の境界線の真上に設置して、シャッター速度 1/8 で、水表面の流動を撮影した。なお、突入幅はほぼ 3 mm で水面突入速度は 85 cm/s であった。

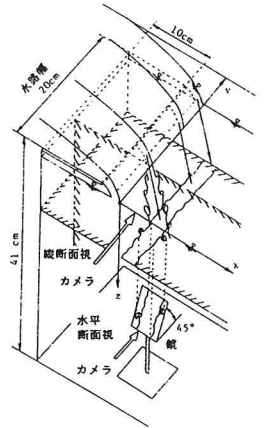


図1 撮影方法

3. 実験結果

【円柱格子のない場合】 写真1は、格子のない場合の水脈の突入によって形成された噴流の縦断面視を示したものである。水面付近に明瞭にポテンシャルコアが見られ、組織的な渦構造が撮影されている。写真中の①は渦の発生過程がとらえられたものであり、②は渦の発達過程がとらえられたものである。また、コアの下流部においても、流れから取り残された渦が幾つも観察される（写真中の③）。写真2は、格子のない場合の水面下 1 cm の水平断面視を示したものである。図2は、写真2をトレースしたものである。コア部のきのこ状の渦の間隔はほぼ 4 mm 程度になっていて、横断方向にかなり規則的に発生していることが分かる。図3は、渦の発生位置がずれることを考慮して、コア部の渦の形成過程を三次元的に描いて、それに対応する水平断面視を示したものである。図中の帯に挟まれる白抜きの部分は、連行される周囲水を示している。図2の水平断面視と対応するためには、①の位置にきのこ状の渦が

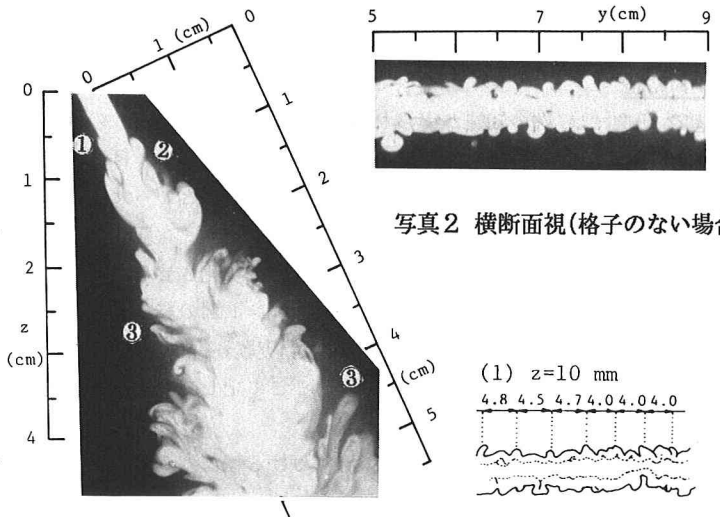


写真2 横断面視(格子のない場合)

写真1 縦断面視(格子のない場合) 写真2 横断面視のトレース

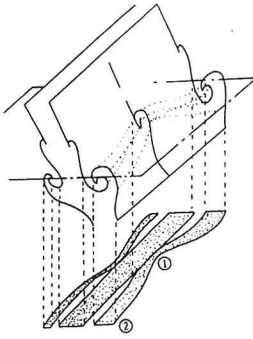


図3 縦横断面視

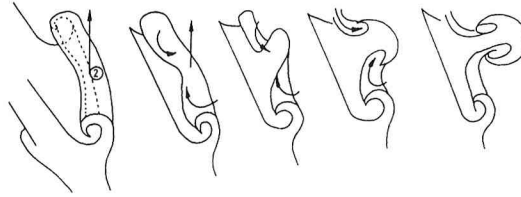


図4 きのか状渦の形成

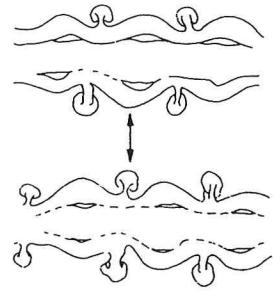


図5 横断面視

見えなければならない。図4は、図3の②の部分に着目してきのか状の渦の形成過程を模式的に描いたものである。コア部に発生した渦は流過するに連れて噴流中心軸から離れていく。中心軸から離れると移動速度は遅くなって、流れから取り残された格好になり、図に示すように②の部分が引き上げられたような格好になる。②の部分が引き上げられると、周囲水が流入し、水脈からの水部分が引きちぎられるようにしてきのか状の渦が形成され、図3の①の部分にきのか状の渦が見えるのではないかと考える。

図5は、コア部での水平断面視を模式的に描いたものである。ビデオカメラで撮影した画像を観察すると、ほぼ等間隔のきのか状のような渦が周期的に観察された。渦の発生位置が周期的に変化しているとすれば、図5の上の図のように見えたり、下の図のように見えたりすることになって、写真2のような断面視になると考えられる。

【円柱格子のある場合】

写真3は、水脈の水面突入部付近の粒子の流動状況を撮影したものである。凸部の先端で水面の水粒子の引き込み速度が他の地点よりも大きくなっているため、凸部先端の両側に先端に衝突するような回転方向を持つ渦が形成されている。また、この渦に付随して凹部から凸部先端に向かう大きな渦が誘起されている。

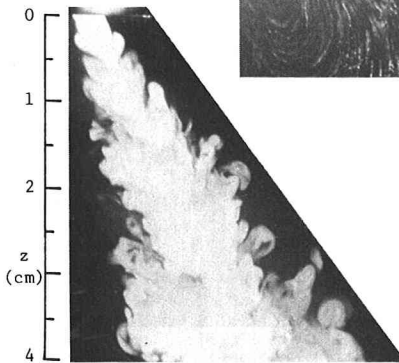


写真4 縦断面視(格子のある場合)



写真3 水表面粒子の渦流動

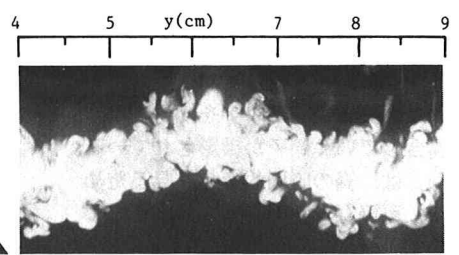


写真5 横断面視(格子のある場合)

写真4は格子のある場合の凸部の縦断面視を示している。格子による攪乱のため、コア部が短縮され、水面突入後すぐに渦が発生している。写真5は、格子のある場合の水平断面視を示している。水面突入断面での横断方向の水脈形状が波状になっていたことと関連して、水面下においても波状を呈しながら拡散していくことが認められる。また、波状の帯の両側に格子のない場合と同様なほぼ4mm間隔のきのか状の渦を観察することができる。

4. おわりに 段落ち落下水の水面突入によって形成された噴流の水面付近の組織的な渦の形成過程を可視化結果に基づいて考察した。今後、Re数による渦形成の違いやハニカムの影響等を調べていく予定である。なお、本研究は文部省科学研究費総合研究A（課題番号 03302031、研究代表者 鮎川恭三）の補助のもとに行われていることを付記して、謝意を表します。