

II-357

球背後における渦の生成と放出

○山口大学 斉藤 隆 遠藤 明子

1. はじめに: 固体粒子が流体中を運動することは、自然界あるいは工学上の諸問題においてよくみられる。球は最も基本的な形状であることから、球のまわりの流れに関する研究は数多く行われているが、球まわりの流れの振舞いには未だ不明な点が多く残されている。本研究は、電解沈澱法を用いて、球の背後に形成される渦の生成過程とその放出状態を可視化して、若干の検討を行ったものである。

2. 実験装置と実験方法: 実験水槽は、一辺が30cmの正方形断面で、深さ2mの亚克力樹脂製である。実験球は、直径5cmの鉛製で、その真球度は0.0400~0.0875である。鉛球は直径0.4mmのエナメル銅線で、水槽上部に設置されたブリーを介して、無段変速の直流モーターのドラムに結合されている。実験球への電荷は、直流電源からモーターブリー側面の電気接点を通して行った。

3. 実験結果とその検討: 写真-1は球後方のながれの振舞いの代表的なものである。本実験の Re 数が80~2000の範囲においては、球後方の流れは以下で説明する6種類に大別することができる。

$Re < 200$: この Re 数の範囲では、写真-1の $Re=80$ の写真のように、球表面で生成された白色の微粒子が球の後方に直線状に残されていて、渦輪の放出は全く認められない。

$Re \approx 200$: $Re=200$ の写真でみられるように、直線的に残されていく白色の微粒子に変動が周期的にみられた。拡大した写真によって確認することが必要であるが、連続写真をみると、小さい渦輪が規則的に放出されているようにみられる。従来、 $Re < 300$ では定常的な渦輪が形成されるが、その放出はないとされているが、 $Re \approx 200$ では、数回の実験を繰り返したが、必ず写真の形象が確認された。

$200 < Re < 300$: この Re 数では、再び白色の微粒子は球後方に直線状に残されていき、渦輪の放出は認められない。 Re 数の増大に伴って、流れの剝離点が上流側に移り、白色微粒子の線は太くなっていく。

$300 < Re < 450$: 写真-2(a)でみられるように、球表面に形成される白色微粒子の何本かの縦筋が、球表面から脚を伸ばすように剝離している。坂本ら¹⁾は Re 数が300を越えるとhair-pin形のVortex loopの放出が始まると報告している。写真では、部分的にはhair-pin形のVortex loopとみることができるが、紙面の都合上割愛しているが、スリット光による断面視の写真では、白色微粒子の線が内側に巻き込まれたような形での塊が周期的に放出されているけれども、Waveing Wakeとみられる形象である。

$450 < Re < 950$: 球表面で形成された白色微粒子の縦筋が剝離し、球背後に巻き込まれていき、球背後に渦輪が形成されていく過程が明瞭に確認できる。この渦輪が十分に発達すると、渦輪の任意の一端が後方へ流されはじめ、球移動軸に斜交する渦輪となっていく。この斜交した渦輪の一端が球背後に残り、一部は半円形の先端となって引き伸ばされていき、hair-pin形のVortex loopを形成していく(写真-3を参照)。hair-pin形のVortex loopは球直行方向を軸としてゆっくりと回転しながら、その脚部が引き伸ばされていきながら放出される。Vortex loopが放出された直後に再び球背後への白色微粒子の巻き込みが始まり、次の渦輪が形成されていく。この Re 数の範囲においては、最初のhair-pin形Vortex loopの後端と、次に形成される渦形成領域との境界

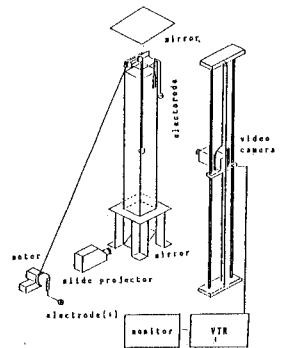


図-1 実験装置

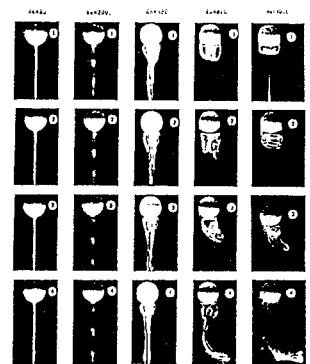
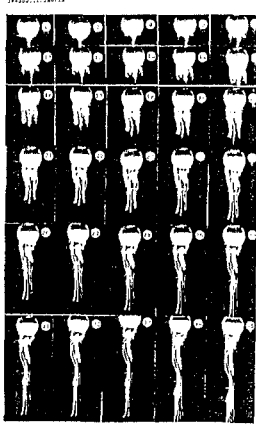


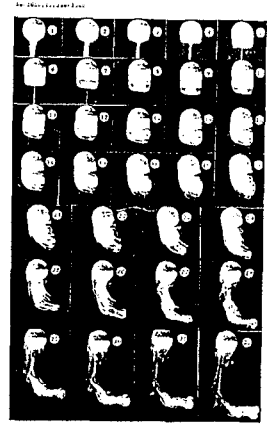
写真-1 可視化写真



(a) $Re = 350$



(b) $Re = 610$



(c) $Re = 1050$

写真-2 球背後の可視化写真

がはっきりしている。 Re 数の小さい範囲では、hair-pin形のVortex loop は整然と配列されているが、 Re 数が大きくなると、後流が不安定になるため、hair-pin形のVortex loop にうねりがみられるようになる。

$Re > 950$: 球の背後における渦輪の生成過程から、hair-pin形のVortex loop の形成される状態は $Re = 450 \sim 900$ の場合と変わらないが、hair-pin形の脚部を包ようにして筒状のVortex Sheetが1～数個が形成されて、hair-pinの脚部と一緒に流下していく。放出されたhair-pin形のVortex loop は球後方の投影面から少し離れた位置で、かなり変形はしているが、渦輪を再成して分離する。上述した2種類の渦の周期を調べると、従来から知られているようにhair-pin形のVortex loop の放出周期はlow modeの St 数と、筒状のVortex Sheetの放出周期はhigh modeの St 数と一致した。

以上の結果を模式的にスケッチしたものが図-2である。

4. まとめ: 球背後における渦輪の生成過程、渦輪のhair-pin形のVortex loop への変形過程とその放出を電解沈澱法で可視化し、観察した。その結果、 $Re \approx 200$ のごく限られた範囲で、原因は不明であるが、小さい渦輪が周期的に放出されることが見出されたことを除くと、球後方における流れの状態は、大局的には、従来から知られている結果と一致している。しかしながら、本実験と従来の結果とでは、各パターンの境界 Re 数の値に若干の差がある。^{1) 2)} 本実験では球径の $1/125$ の銅線で静水中を引き揚げているが、従来の実験では流れに直交する支持棒で球が固定されていて、この差が境界 Re 数の差となっているのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 坂本弘志、他2名; 日本機械学会論文集(B編) 55巻、515号(1989-7)、1889
- 2) Taneda, S., Rep. Inst. App. Mech. 4-6(1956), 99

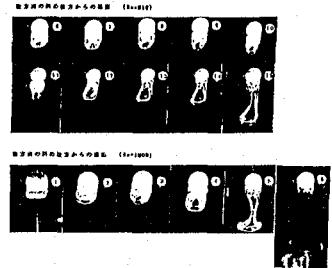


写真-3 斜め後方からの可視化写真

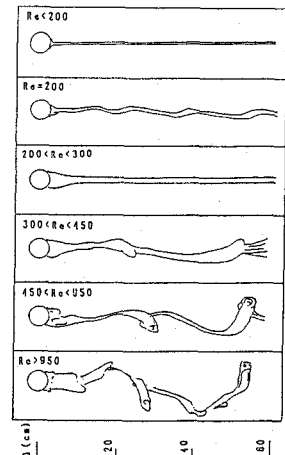


図-2 後方渦の分類