

II-PS 8 水表面に衝突する渦輪の挙動の可視化

近畿大学理工学部 正 員 江藤剛治
 近畿大学理工学部 正 員 竹原幸生
 近畿大学大学院 学生員○宮原和仁

1. はじめに 渦輪を水表面に衝突させ、崩壊過程を調べる。最終的には、渦輪によって水表面から取り込まれる気体の挙動を調べることを目的としている。現段階では途中段階の研究であるが、かなり明瞭な渦輪の写真が撮れるようになったので、その結果を報告する。

2. 実験装置および方法 実験装置は水頭差を駆動源としたピストン方式である。概略図を図-1に示す。本装置では渦輪を発生させるためのノズルの内径、長さ、および放出される水塊の量、速度を変えられる。導水パイプ内の水位を上げることにより任意の水頭差を作れる。一定速度で弁を開閉させるため、電磁弁で制御できるエアシリンダ式バタフライ弁を用いる。放出される水塊の速度は水頭差で変えられる。今回の実験条件は、水面からノズル先端までの水深を150mm、ノズル内径を25mm、ノズル長を100mm、放出水塊量を約 27cm^3 、そして水温を 12°C とした。実験は水頭差を20～160mmまで10mm刻みで15段階に分けて行なう。トレーサには白色ポスタカラーを用いる。撮影には通常のCCDビデオカメラを用いた。2台を用いて水平方向と鉛直下向き方向の撮影を行い、3次元観察を行なう。

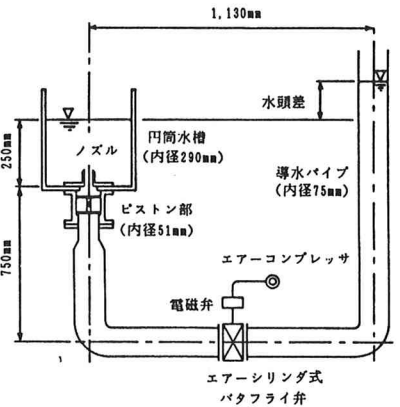


図-1 実験装置の概略図

3. 実験結果 以下のことが観察された。ノズルから放出された渦輪は、全ての水頭差に対してほぼ同一の大きさである。その渦輪は水表面に近づくまで一定の大きさで移動する。水表面に衝突した渦輪の崩壊過程は、全ての水頭差に対して基本的に同じである。衝突した渦輪により水表面で剝離が生じ、逆回転の2次渦輪が発生する。2次渦輪の発生個数は実験条件により異なる。崩壊した渦輪の崩れる方向が水頭差の大小により違ってくる。水頭差が小さい場合、渦輪崩壊の最終段階では大部分が崩壊過程が起こった位置および鉛直下向きに崩れる。水頭差が大きい場合、崩壊過程が起こった位置および鉛直下向きに加え、水平方向にも崩れる。以下、渦輪の挙動を可視化しやすい水頭差が20mmの場合での崩壊過程を7段階に分けて述べる。ほぼ同時刻に水平、鉛直方向から撮影された渦輪崩壊の一連の過程を写真-1に示す。時刻は写真1-(a)を基準にしている。

①渦輪の水表面への衝突

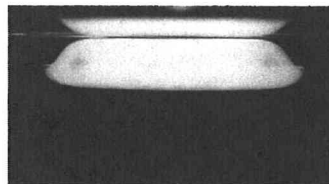
・水表面に衝突した渦輪は水平方向に放射状に広がり、鉛直方向に縮む。

②2次渦輪の発生

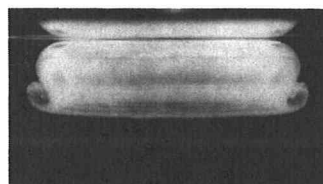
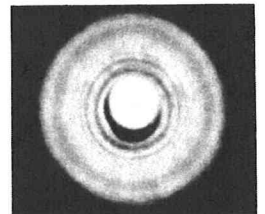
・写真1-(a), (b)に示すように水平方向に広がった渦輪と水表面の剪断力により水表面で剝離が生じ、逆回転の2次渦輪が発生する。

③2次渦輪の巻き込み

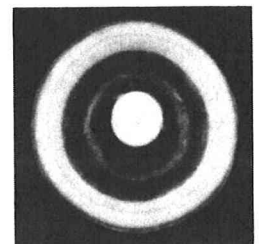
・①の過程後、鉛直下向きに移動した元の渦輪は2次渦輪を巻き込みながら、再び鉛直上向きに移動する。



(a) T=0.00s



(b) T=0.33s



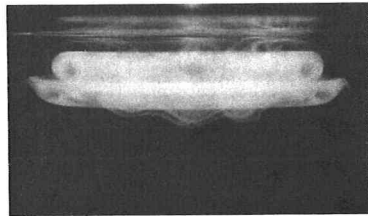
④巻き込まれた2次渦輪の変形

・元の渦輪の内部に巻き込まれた2次渦輪は、輪がよじれながら縮まり円周方向に写真1-(c)に示すような波動形を呈する。

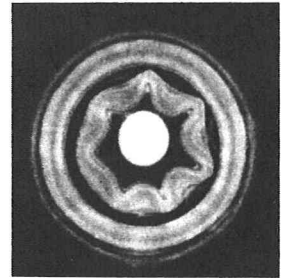
・元の渦輪は波動状の2次渦輪の中心方向に突き出して伸びているように見える部分を巻き込みながら再び水表面に衝突する。

・一方、伸びずに留まっているように見える部分は、中心へ向かって縮まり、元の渦輪に巻き込まれるものと巻き込まれないものができる。

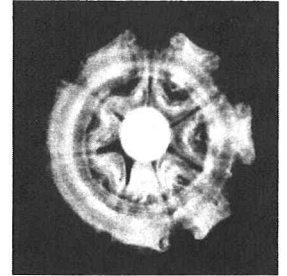
・巻き込まれなかったものは中心方向へ移動し、2次渦輪の回転により鉛直下向きに放出される。



(c) $T=1.67s$



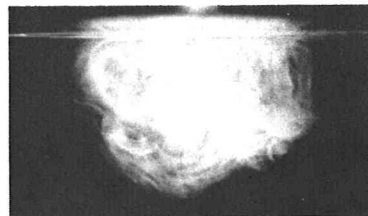
(d) $T=2.87s$



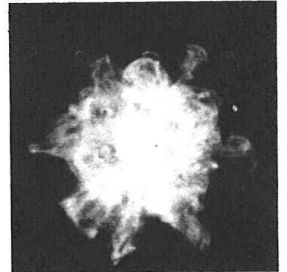
⑤第2の2次渦輪の発生

・これまでの過程の間にも元の渦輪は回転している。

・水平方向に広がっている元の渦輪の先端部では、写真1-(d)に示すように第2の2次渦輪が発生している。



(e) $T=4.43s$



⑥第2の2次渦輪の巻き込み

・③の過程後、元の渦輪は再び鉛直下向きに移動する。

・第2の2次渦輪は、元の渦輪に巻き込まれながら中心方向へ移動する。

⑦渦輪の崩壊

・主に第2の2次渦輪は、鉛直下向きに放出されている第1の2次渦輪とともに鉛直下方向へ崩れていく。

・第2の2次渦輪の一部は、元の渦輪に巻き込まれるがその回転力は弱まっており、元の渦輪とともにその位置で崩れていく（写真1-(e)）。

以下に水頭差が大きい場合について、小さい場合との違いを比較的可視化しやすい水頭差が120mmを例に示す。2次渦輪の発生個数は20mmの場合に比べ多い（写真2）。写真3から、崩壊した渦輪が水平方向に崩れていくのが分かる。

写真-1 渦輪の崩壊過程（水頭差20mm）

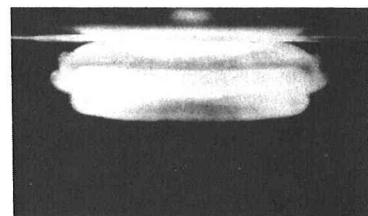


写真-2 2次渦輪の発生の様子
（水頭差120mm）

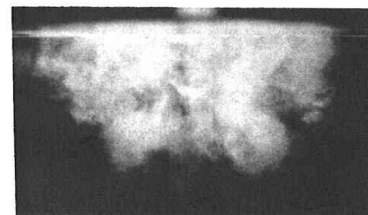
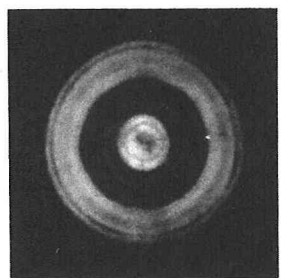
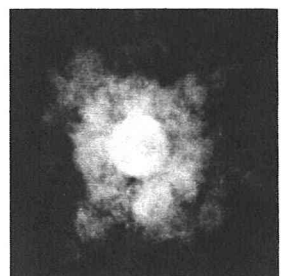


写真-3 崩壊の様子（水頭差120mm）

20mm

水平方向



20mm

鉛直方向