

気泡崩壊現象の可視化

近畿大学大学院 学生員○岸田憲一
 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

1. 目的 著者らはこれまで水表面の気体輸送に関して様々な研究を行ってきた。その物理的要素の一つに気泡が水表面で崩壊する現象がある。本研究はこの現象を可視化し、そのメカニズムを探ることを目的としている。研究の前提として気泡発生装置を開発し、特性を調べた。また水表面で気泡が崩壊する過程を高速ビデオカメラにより撮影した。

2. 気泡発生装置の開発

2.1 設計条件 装置を製作するにあたり以下に示す条件を満たすように装置を設計した。基本的な考え方は一定量の空気を一定の力を与えることにより気泡を発生させる。

- ・気泡が単一で発生する。
- ・気泡の直径が2mm～3mmのものを作る。
- ・気泡の発生に再現性がある。

2.2 装置の概要及び特徴 今回製作した気泡発生装置の概略図を図

－1に示す。気泡発生法は注射器から送られた空気をノズル下に溜め、水槽Aと水槽Bの水頭差を気泡放出の駆動源とする。電磁弁の開閉時間を調整することにより単一気泡を発生させる。水槽A、Bの寸法は100mm×100mm×100mm、シリコンチューブは外径6mm内径4mmである。三方コックは注射器に空気を溜めやすくするためである。ノズル内に溜める空気量を一定にするために注射器を利用した。ノズル位置は水槽の中心で、内径を0.4mmとした。弁は単一の気泡を発生させるために非常に微妙な時間を開閉させる必要があるので電磁弁を利用した。電磁弁は通電状態で弁が開く構造で、最小開閉時間は0.3secである。電磁弁の開閉時間を制御するため通電時間を0.01sec単位まで調整できるスイッチを利用した。装置はノズル内に空気を溜めてから連続して10数個まで発生させることができる。

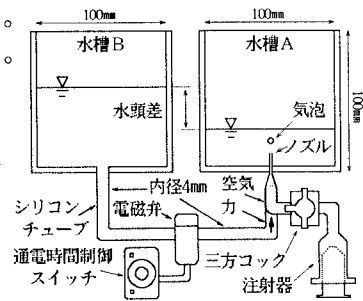


図-1 気泡発生装置概略図

3. 気泡撮影実験

3.1 再現性の検討 完成した装置で気泡を撮影し画面上で体積の測定を行った。気泡は一度空気を溜めてから10数個まで発生させることができる。今回は1, 3, 5, 7, 9 個目にしぼり、それぞれ10回づつ撮影し体積を計測した。計測結果は表-1に示すとおりである。後に発生する気泡は小さくなるが、精度は上がる。

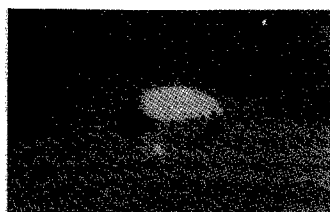
表-1 気泡の体積

	体積平均 μ_v (mm ³)	標準偏差 σ_v (mm ³)	体積精度 ε (%)	長さ精度 $\varepsilon/3$ (%)
1 個目	9.51	0.33	3.46	1.15
3 個目	8.97	0.22	2.43	0.81
5 個目	8.72	0.25	2.91	0.97
7 個目	8.28	0.18	2.14	0.71
9 個目	7.88	0.13	1.65	0.55

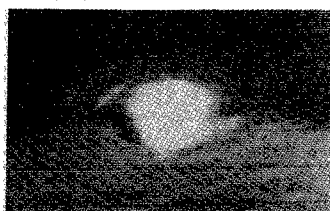
3.2 気泡崩壊の高速撮影 気泡崩壊現象を高速ビデオカメラにより撮影した。その一例を写真-1、写真-2で示す。写真-1の時刻は気泡が割れる瞬間を0とした。写真-2の気泡が割れる瞬間は正確に観察できないので(a)を0として以下時刻を書いた。写真-1では水面より少しだけ高い位置から水平下向きに水表面に焦点を合わせ、写真-2では水面の横から水中に焦点を合わせて撮影したものである。以下に観察結果を述べる。

- ・水中から表面に衝突した気泡はすぐには崩壊せず数回バウンドする。(写真-2(a))
- ・崩壊現象は高速ビデオカメラでも撮影が困難なほど速い。(写真-2(b))
- ・崩壊後、水表面はすりばち状になり中央部が垂直方向に盛り上がる。(写真-1(b))
- ・中央の盛り上がりの先端から小さな水滴がジェットのように飛び出す。(写真-1(c))

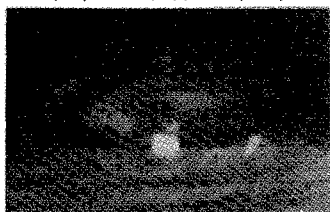
- ・ その小さな水滴を追うように第2の水滴が盛り上がりの先端に発生する。（写真－1（d））
- ・ 中央の盛り上がりはなくなり波紋が同心円状に広がる。（写真－1（e））



（a） $t=0.00000$ (sec)



（b） $t=0.00244$ (sec)



（c） $t=0.00422$ (sec)

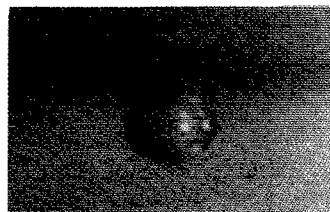


（d） $t=0.00689$ (sec)



（e） $t=0.01244$ (sec)

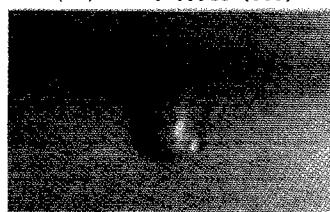
写真－1 水表面における気泡の崩壊
（上方から撮影）



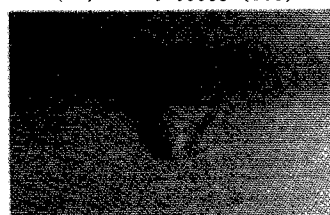
（a） $t=0.00000$ (sec)



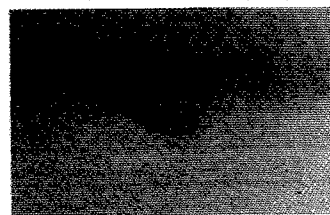
（b） $t=0.00044$ (sec)



（c） $t=0.00088$ (sec)



（d） $t=0.00132$ (sec)



（e） $t=0.00220$ (sec)

写真－2 水表面における気泡の崩壊
（横から撮影）