

II - 283

水表面の気泡崩壊現象に対する表面張力と粘性の影響

近畿大学理工学部 正会員○竹原幸生

近畿大学理工学部 正会員 江藤剛治

近畿大学大学院 学生会員 鍋坂誠志

1.はじめに

本研究は水表面の気体輸送を規定する素過程として気泡が崩壊する現象に着目し、可視化により、そのメカニズムを明らかにしていくことを目的としている。

風波が砕波することによって気泡が水中深くに取り込まれたり、水表面で気泡となって崩壊し小さな水滴を生成し風によって大気中高く飛ばされたりする現象は、大気－水域間の物質輸送に大きな影響を与える。このような水中への気泡の取り込み、大気中への水滴の放出による大気－水域間の物質輸送に及ぼす影響を評価するためには、まずその現象について把握しなければならない。水表面で気泡が崩壊する現象は目でみてその詳細を知るのには不可能なほど速く、微細な構造をもつ現象である。本研究室では可視化計測技術開発の成果の一つである高速ビデオカメラを用いて水表面での気泡崩壊現象の可視化観察を行ってきた。今回は、液体の物性が崩壊現象にどのように影響しているのかを知るため、エタノール水溶液を用いて濃度を変え、物性を変化させて実験を行い観察を行った。

2.気泡発生装置

装置を設計するにあたって、気泡以外の物体によって水表面、水中を極力乱さない構造とした。半円柱型の容器に空気をため、容器を駆動部からの回転によって2つに分け、気泡を発生させる構造とした（図1.1、図1.2、図1.3参照）。気泡発生部を除く駆動部分を作業流体場から隔離することにより、気泡以外の物体による、水表面及び、水中の乱れを極力なくした構造にした。

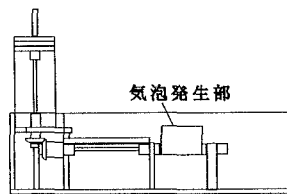


図 1.1 気泡発生装置断面図

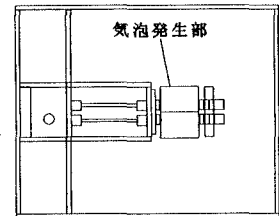


図 1.2 平面図

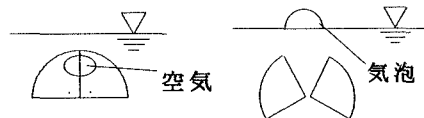


図 1.3 気泡発生部模式図

3.水とエタノールの物性比較

今回の実験では液体の物性を変化させ、特に表面張力と動粘性率の影響に着目し、液体表面での気泡の崩壊現象を観察した。エタノールは水と比較的性質が近く、水と任意の割合で溶かすことができる。また後述するように、エタノール濃度を上げると表面張力は単調減少するが、動粘性率はいったんピークをもち再び減少するという特異な性質をもっている。本研究では、この性質を用いて同じ動粘性率で表面張力のみを変えることや、表面張力は同じ値で動粘性率を変えて、起こる現象の違いについて観察する事にした。

3.1.動粘性率

エタノール水溶液は濃度によって物性が変わるが、液温が10℃で濃度が40%～50%あたりで動粘性率が最も大きくなり、それ以上濃度が高くなると動粘性率は小さくなるという性質をもっている。また温度が高くなると濃度の差による動粘性率の差は減少する（図2参照）。図2は化学便覧より粘性率の値を抜粋し、動粘性率に換算してプロットしたものである。このデータに近似する曲線をあてはめ、10%濃度のときの動粘性率の値(0.0221cm²/sec)とほぼ等しい値の動粘性率をもつエタノール水溶液の濃度を算出した。その結果95.7%の濃度で10%濃度とほぼ等しい値が得られた。この性質を利用して10%濃度のエタノール水溶液と

キーワード：気泡、小滴、表面張力、粘性

連絡先：〒577 大阪府東大阪市小若江3-4-1 TEL (06)721-2332 FAX (0729)95-5192

95.7%濃度エタノール水溶液を用いて気泡崩壊現象の可視化実験を行い、表面張力が違う液体として観察、比較を行った。動粘性率の差が最も大きくなる 40%濃度エタノール水溶液（動粘性率・ $0.0466\text{cm}^2/\text{sec}$ ）でも実験を行った。

3.2.表面張力

可視化実験と平行してデュヌーイ表面張力試験器を用いて気泡の撮影ごとに表面張力の測定を行った。純水を標準液として用い、試験液の表面張力を5回測定し、その平均値と標準液の試験値との比例計算によって表面張力を算出した。また測定中は液温などの条件を変えないようにして測定を行ったが、大気中で測定を行ったので若干誤差はある。各濃度の表面張力の平均値を以下に示す。

4.結果

下記の図4.1、図4.2は、生成した気泡の直径を、気泡の崩壊に要する時間（気泡の膜が崩壊を始めてから膜の端が液体表面に到達するまでの時間）で除して代表速度スケールに換算し崩壊速度として横軸にとり、分布する割合を縦軸に百分率で示したものである。気泡の膜の穴の開き始める点の位置によっても崩壊に要する時間は違うため、厳密に膜の崩壊する速度ではないが現象の指標の一つとして用いる。

①動粘性率が等しく表面張力が違う場合（10%、95.7%濃度エタノール水溶液での比較）

表面張力が小さい液体（エタノール 95.7%濃度・表面張力 25.627dyn/cm ）の方が崩壊速度が速いという結果が得られた。

②表面張力が近い値で動粘性率が大きく異なる場合（95.7%、40%濃度エタノール水溶液での比較）

動粘性率が大きい液体（エタノール 40%濃度・動粘性率 $0.04658\text{cm}^2/\text{sec}$ ）の方が崩壊速度は速いという結果が得られた。

表一 各濃度における物性値（表面張力測定時の液体の温度は $8.6^\circ\text{C} \sim 13^\circ\text{C}$ 。他の物性は 10°C の値）

	表面張力 (dyn/cm)	動粘性率 (cm^2/sec)	比重
10%濃度エタノール	56.325	0.0221	0.98393
40%濃度エタノール	34.052	0.0466	0.94238
95.7%濃度エタノール	25.627	0.0221	0.81155

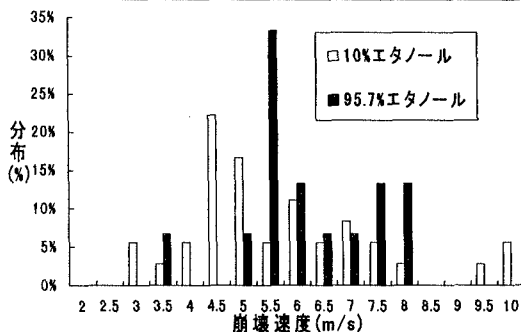


図 4.1 気泡崩壊の速度の分布の比較

（表面張力が異なる場合の崩壊速度の比較）

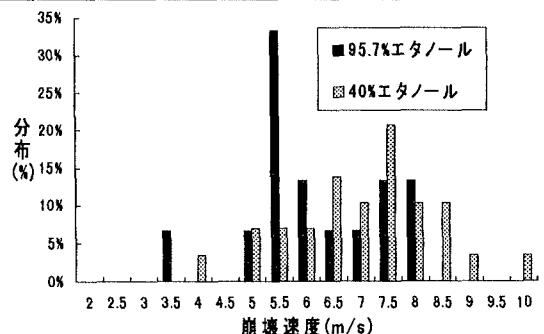


図 4.2 気泡崩壊の速度の分布の比較

（動粘性率が異なる場合の崩壊速度の比較）

参考文献：日本化学会編，化学便覧基礎編Ⅱ pp.3-84，1984