

近畿大学大学院 学生員○鍋坂誠志
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.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ことは、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崩壊現象の可視化観察を行ってきた。今回は、液体のもつどのような性質が崩壊現象に影響を与えているのかを知るため、エタノールの濃度を変え、表面張力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、水中の乱れを極力なくした構造にした。

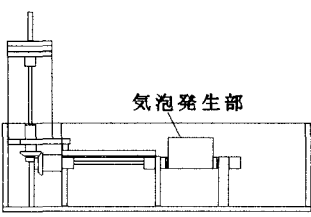


図 1.1 気泡発生装置断面図

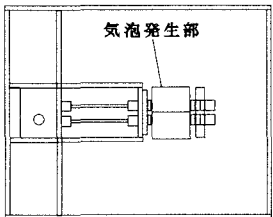


図 1.2 平面図

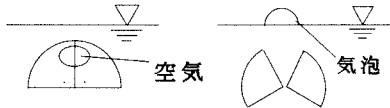


図 1.3 気泡発生部模式図

3.水とエタノールの物性比較

今回の実験ではエタノールを用いて液体の物性を変化させて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。この性質を用いると同じ動粘性率で、表面張力のみを変えて実験することができる。

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%

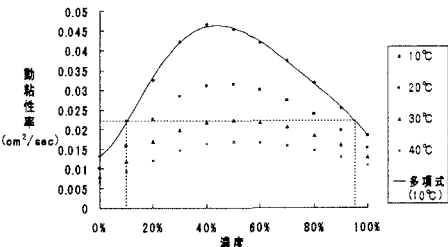


図 2 エタノールの動粘性率と濃度

Seishi NABESAKA, Takeharu ETOH, Kohsei TAKEHARA

濃度のときの動粘性率の値($0.0221458\text{cm}^2/\text{sec}$)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 95.7%の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可視化映像の観察、比較を行った。

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の誤差はある。各濃度の表面張力の平均値を下に示す。

10% 濃度エタノール・ $56.325(\text{dyn}/\text{cm})$

95.7%濃度エタノール・ $25.627(\text{dyn}/\text{cm})$ 液体の温度は $8.6^\circ\text{C} \sim 13^\circ\text{C}$ である。

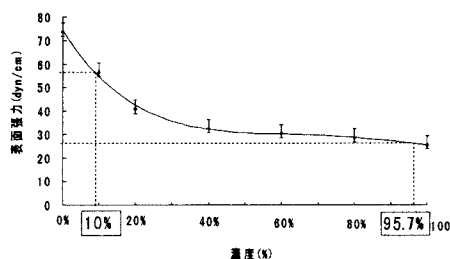


図3 エタノールの濃度と表面張力

4.結果

①気泡の崩壊速度

図4は生成した気泡の直径を、気泡の膜が崩壊を始めて膜の端が液体表面に到達するまでに要する時間で除して代表速度スケールに換算して速度として、横軸に $0.5(\text{m}/\text{s})$ 刻みにとり、縦軸に分布する割合を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ってくるため、厳密に膜の崩壊していく速度とは異なるが現象の指標の一つとして用いる。表面張力が小さい液体（エタノール 95.7%濃度・表面張力 $25.627\text{dyn}/\text{cm}$ ）の方が崩壊する速度が速いという結果が得られた。しかし、ばらつきが大きく表面張力以外の物性にも依存する可能性がある。95.7%のエタノール水溶液の崩壊現象には気泡の膜の崩壊していく速度が一定ではなく途中で速度の変わっている気泡もあった。水表面で気泡が形成されてから崩壊までの時間が長いほど気泡の膜の崩壊する速度は速いようである。

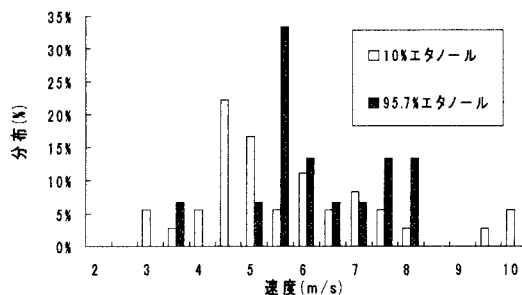


図4 気泡崩壊の速度の分布の比較

②生成される水滴の大きさ

生成される水滴の大きさ 10%濃度と 95.7%濃度のどちらも非常に小さい。厳密な計測はおこなっていないが、現段階で得られた映像からみると、95.7%濃度のエタノール水溶液のほうが小さいようである。

③水滴の飛翔形態

10%濃度のエタノール水溶液では膜の端から水滴が引きちぎられるようにして気泡の膜の接線上に飛ばされていくのが確認できた（図5 参照）。95.7%濃度のエタノール水溶液では小粒の水滴が、気泡の膜の端からとり残されるようにして霧のように生成されるのが確認できた。10%濃度の場合と比べて飛ばされる速度は遅く、気泡の崩壊した場所付近に浮遊していた（図6 参照）。

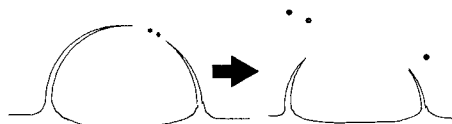


図5 10%エタノールでの水滴生成の模式図

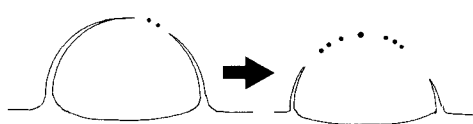


図6 95.7%濃度エタノールでの水滴生成の模式図

参考文献：日本化学会編，化学便覧基礎編Ⅱ pp.3-84，1984