

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、水表面一大気間の物質輸送を規定する素過程の一つである気泡崩壊現象について明らかにすることを目的としている。この物質輸送現象は、純理論的な解明はあまり進んでいない。今回は、以下3つのことを目的とした。

- ① 液体の表面張力と粘性を操作する手法を提案する。
- ② 気泡崩壊現象に対する表面張力と粘性の影響について報告する。
- ③ 数値計算のためのデータを提供する。

2. 実験装置

a) 直径約2mmの気泡発生装置

水頭差による圧力を駆動元とし、気泡を発生させる装置である。弁を開放し、ノズルにためた空気を圧力によって押し出す構造となっている。

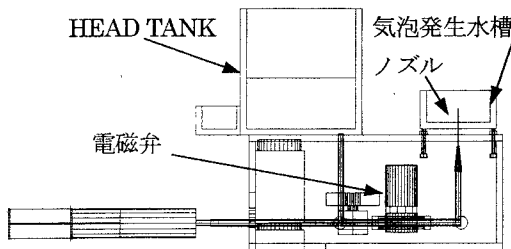


図-1 直径約2mmの気泡発生装置

b) 直径約20mmの気泡発生装置

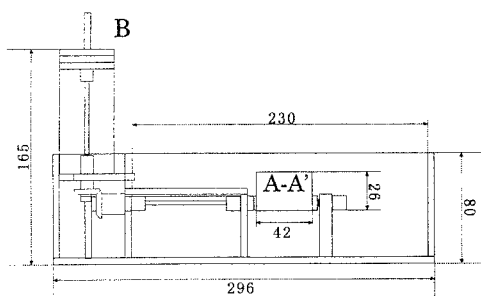


図-2 直径約20mmの気泡発生装置

1/4 円柱を2つあわせ、駆動部からの回転により円柱を2つに分け、気泡を発生させる構造とした。

3. エタノール水溶液での気泡崩壊現象

1) エタノール水溶液の表面張力と粘性

a) 概要

著者らは、エタノール水溶液のもつ特殊な性質を利用すれば、粘性は等しく表面張力は異なる2種の液体をつくる、逆に表面張力は近い値で粘性は大きく異なる2種の液体をつくるのが可能であることを発見した。

b) 粘性

エタノール水溶液の粘性は40%濃度付近で最も大きくなり、それ以上濃度を高くすると小さくなるという性質をもっている（図-3 参照）。

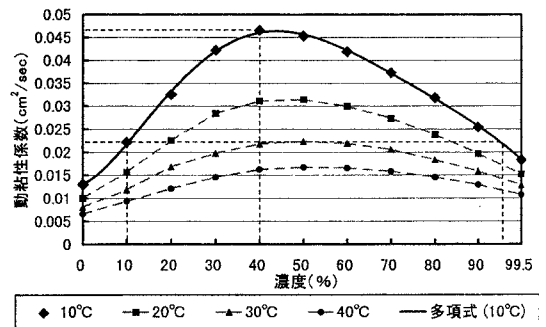


図-3 エタノール水溶液の濃度と動粘性係数

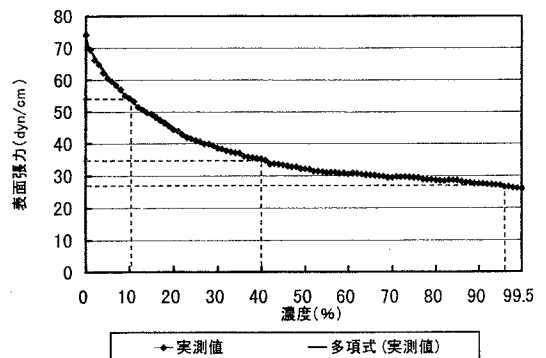


図-4 エタノール水溶液の濃度と表面張力

c) 表面張力

エタノール水溶液の表面張力の値は、エタノール濃度が高くなるにつれて小さくなっていくが、40%濃度付近から表面張力と濃度の勾配は緩やかになる(図-4 参照)。

d) 実験手法の提案

図-3、図-4 のデータをあわせて考えると、10%濃度と 95.7%濃度で表面張力は、同じ値になり粘性は大きく異なる。この 2 つの濃度で比較すると表面張力の影響をみることができる。

また、表面張力-濃度の勾配が 40%濃度付近から緩やかになることから、40%濃度と 95.7%濃度で粘性は大きく異なり、表面張力は近い値になる。この 2 つの濃度で比較すると粘性の影響をみることができる。

表-1 エタノール水溶液の各濃度における物性値

	表面張力 (dyn/cm)	動粘性係数 (cm^2/sec)	密度 (g/cm^3)
10%	56.325	0.0221	0.98393
40%	34.052	0.0466	0.94238
95.7%	25.627	0.0221	0.81155

2) 気泡崩壊現象の可視化実験

気泡崩壊現象について、高速ビデオカメラで可視化し、映像を比較する。

① 気泡崩壊現象に対する表面張力の影響

10%濃度、95.7%濃度エタノール水溶液の比較

② 気泡崩壊現象に対する粘性の影響

40%濃度、95.7%濃度エタノール水溶液の比較

4. 結果

1) 気泡崩壊現象に対する表面張力の影響

a) 直径約 2mm の気泡崩壊現象観察結果

表面張力の小さい液体(95.7%濃度)では、粒径が小さく、初期速度の速い水滴が生成される。

b) 直径約 20mm の気泡崩壊現象観察結果

表面張力の大きい液体は、気泡の膜の 1 点より同心円状に穴が広がって崩壊し、膜の端から引きちぎられるようにして水滴が生成される。

表面張力の小さい液体は膜の端から取り残されるようにして生成される水滴が多かった。

2) 気泡崩壊現象に対する粘性の影響

a) 直径約 2mm の気泡崩壊現象観察結果

粘性の大きい液体(40%濃度)の気泡からは、水滴の生成はまったく確認できなかった。

b) 直径約 20mm の気泡崩壊現象観察結果

粘性の大きい液体は、気泡の膜が、膜のある点に集中して幾つかの水滴を形成する現象や、膜の厚い部分のみを残して崩壊する現象が多かった。

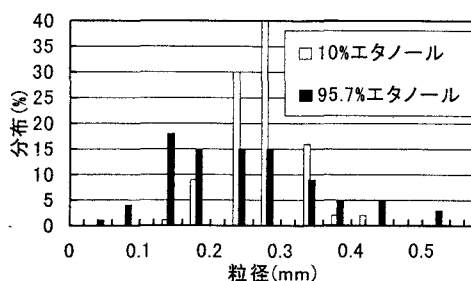


図-5 jet drop の初期速度

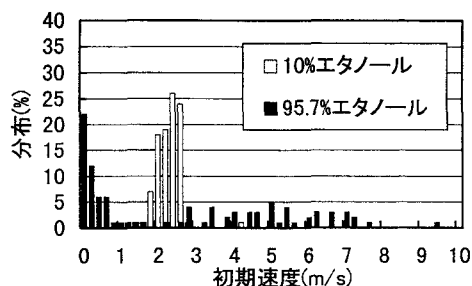


図-6 jet drop の粒径

5. まとめ

液体の表面張力は、液体表面を小さくしようとする力であることと、分離の際の引き合う力であることから、水滴の生成過程、飛翔形態、水滴の粒径に影響すると考えられる。例えば、直径約 20mm の気泡崩壊現象では、表面張力の大きい液体は、引きちぎられるようにして水滴が生成されたのに対し、表面張力の小さい液体は、気泡膜の端から取り残されるようにして水滴が生成された。

液体の粘性は、流体の運動に対する抵抗であることから、水滴の生成過程、気泡膜の崩壊挙動に影響すると考えられる。例えば、直径約 2mm の気泡崩壊現象で、粘性の低い液体では、初期速度の速い水滴を生成したのに対し、粘性の高い液体では水滴は生成されなかった。

この実験により、気泡崩壊現象に対する表面張力と粘性の定性的な影響をみることができた。