

短冊形たわみ振動板型空中超音波音源による液滴の非接触微粒化

—粘度が異なる液体の微粒化の検討—

Noncontact atomizer of droplet by aerial ultrasonic source

—Atomization of liquid with different viscosity—

○遠藤有紗¹, 浅見拓哉², 三浦 光²*Arisa Endo¹, Takuya Asami², Hikaru Miura²

Abstract: This study examines non-contact atomization by aerial ultrasonic source of 28 kHz. In this report, atomization was carried out with liquid of different viscosity, in order to understand the effects that the characteristics of liquid have on atomization. Since the power will also become high if viscosity becomes high, it is difficult to atomize. Therefore, it revealed that atomization is affected by changing viscosity.

1. はじめに

液滴を微粒化する方法として、熱で液滴を蒸発させて微粒化する方法や、超音波振動面に液滴を接触させて微粒化させる方法がある^[1]。しかし、加熱により液体の性質が変化してしまう可能性や、液体が振動面に接触することで液体に不純物が混入、または液体による装置の劣化が問題となっている。

これらの問題点を解決するには、超音波による非接触微粒化が適していると考えられる。しかし、既存の超音波非接触微粒化装置は大型であった。

そこで筆者らは装置の小型化を考え、28 kHz 用短冊形たわみ振動板型超音波音源を開発し、それによって発生させた空中超音波による液滴の非接触微粒化の検討を行っている。

これまで、粘度がほぼ一定で表面張力が異なる液体として水(表面張力: 72.8 mN/m, 粘度: 1.002 cP)とエタノール(表面張力: 22.3 mN/m, 粘度: 1.200 cP)を用いて、微粒化の検討を行った。これより、微粒化可能な最小電力は表面張力の小さいエタノールの方が少なく済むことを明らかにした^[2]。

ここでは、表面張力の値が水に近い液体であるグリセリンを用いて、グリセリンの濃度の変化によるグリセリン水溶液の粘度変化に着目し、粘度を変化させた場合の微粒化特性について検討を行った。

2. 超音波音源

Fig. 1 は使用した超音波音源の概略である。超音波音源の構造は、28 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子に、振幅拡大用のエキスポネンシャルホーンを接続し、その先端に 2 枚の短冊形たわみ振動板を 2 本の縦共振棒で挟み込むように結合したものである。2 枚の振動板の挿入位置は共振棒中を伝搬する縦波の腹の

位置から等距離とし、間には空中を伝搬する音波の 1/2 波長となる定在波音場を形成するためのスペーサを挿入した。

Fig. 2 は短冊形たわみ振動板の概略図である。振動板の寸法は長さ $L=46$ mm, 幅 $W=25$ mm である。座標軸は振動板の長さ方向を X 軸, 幅の方向を Y 軸, 振動板に垂直な方向を Z 軸とした。

3. グリセリン水溶液による微粒化の検討

3.1 グリセリン水溶液の粘度 - 表面張力特性

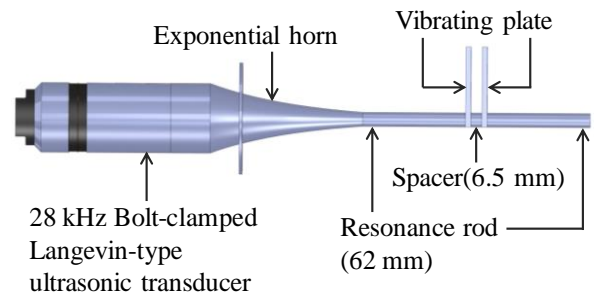


Figure 1 Outline of ultrasonic vibration source.

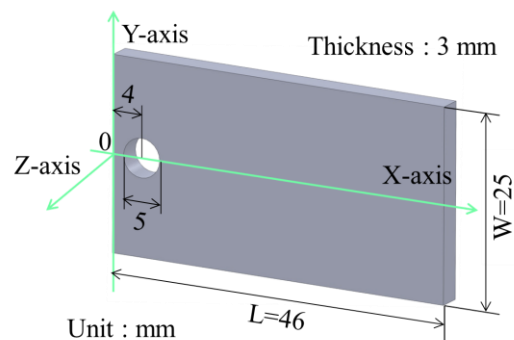


Figure 2 Outline of vibrating plate.

グリセリン水溶液の粘度と表面張力の関係を知るため、グリセリンの濃度を変化させた場合の粘度、及び表面張力について検討した。実験は各濃度について水溶液の温度を 25 °C 一定で行った。表面張力の測定は毛管上昇方式表面張力計を用いて行った。また、粘度の値は使用した薬品の販売元である純正化学株式会社のデータを引用した。

Fig. 3 はグリセリン水溶液の濃度に対する粘度と表面張力の関係を示したものである。図は縦軸に表面張力 [mN/m] と粘度 [cP]、横軸に濃度 [%] をとっている。図より、表面張力は、濃度 85 % の辺りで多少低くなっているが、濃度の変化による表面張力の変化は 60 mN/m の ±0.05 % となっているため、ほぼ一定の値と考えられる。次に、粘度は濃度が高くなるにつれて値が徐々に増加していき、90 % の辺りから急激に増加している特性がみられる。

3.2 グリセリン水溶液の微粒化の様子

グリセリン水溶液の微粒化の様子の観察を行った。微粒化は、音源の駆動周波数を共振周波数である 27.7 kHz 一定とし、入力電力 10W 一定で行った。実験は最も微粒化しやすい X = 35.0 mm, Y = 0.0 mm, Z = 3.25 mm の位置に 5 μl のグリセリン水溶液（粘度 775 cP）を、細線を用いて設置して行った。微粒化の過程をハイスピードカメラ（型番 VW-6000, FPS 1000 fps, 画素数 640×118）を用いて観察した。

Fig. 4 は時間に対する微粒化の様子である。同図(a) は振動板間に音波を加える前の様子であり、音波照射後の同図(b) 0.05s, (c) 0.10s, (d) 0.20s とグリセリン水溶液の粒子が多量に分散している様子が確認され、微粒化されていることがわかる。

3.3 グリセリン水溶液の最小入力電力測定

グリセリン水溶液の濃度の変化によって生じる粘度の変化を利用して、粘度に対する微粒化特性の検討を行った。実験は 3.2 に示した方法で微粒化を行い、その際の各粘度における微粒化可能な最小電力（最小微粒化電力）を求める方法で行った。測定点はグリセリン水溶液の最も粘度の変化がみられる 55~99 % 間の 13 点とした。

Fig. 5 はその結果である。図は縦軸に微粒化最小電力、横軸にグリセリン水溶液の粘度をとっている。図より、最小微粒化電力値は、粘度の値が高くなるにつれて高くなっていることが分かる。粘度値が高い物質は流動させるためには大きな電力を加える必要があるため、このことから、粘度の値が高ければ高いほど、微粒化しにくくなることが考えられる。

4. おわりに

ここでは水を基準として、粘度の異なる液体であるグリセリンを用いて最小微粒化電力の検討を行った。その結果、粘度が高いほど微粒化しにくく、粘度の違いは微粒化に影響を及ぼすことが明らかとなった。

参考文献

- [1] 常定 健, 竹原 淳彦, 光石 一太, 分析化学, pp.437-442, 2000.
- [2] 柳本聖月, 三浦 光, 音講論集, pp.117-118, 2013.3.

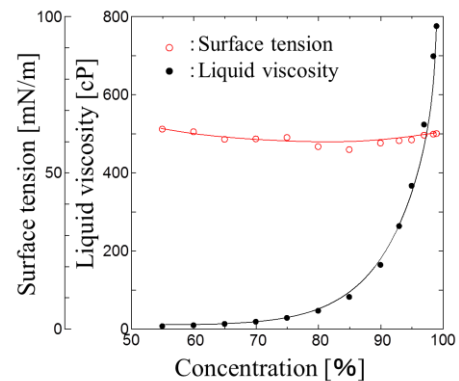


Figure 3 Relationship between surface tension and viscosity.

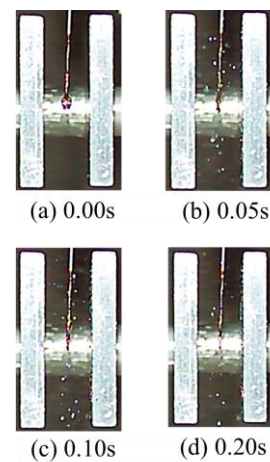


Figure 4 Situation of atomization of glycerin.

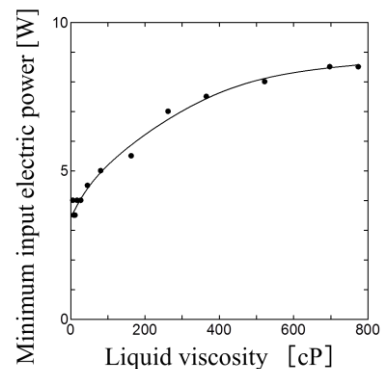


Figure 5 Relationship between minimum input electric power and viscosity.