

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

—表面張力または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 surface tension and viscosity—

○柳本聖月¹, 小林雅人², 三浦 光³*Mizuki Yanagimoto¹, Masato Kobayashi², Hikaru Miura³

Abstract: This study examines non-contact atomization unit by aerial ultrasound using ultrasonic source of 28 kHz. In this report, atomization was carried out with different liquid of surface tension and viscosity, in order to examine the effects that characteristic of liquid has on atomization. As a result, we found the following. In case of liquid of surface tension is low, the particle size is small and atomized easily. And, in case of liquid of viscosity is high, the particle size is coarse and difficult to atomize.

1. はじめに

現在、液体を微粒化するには、加熱して蒸発させる方法や超音波振動面に接触させる方法などがある^[1]。しかし、前者は熱によって液体が変質する可能性があり、後者は液体が振動面に接触することで不純物の混入や装置の劣化が問題となっている。これらの問題を解決するため、超音波振動によって形成した空間音場での非接触微粒化が検討されているが、既存の非接触微粒化装置は大型である。

そこで筆者らは、比較的小型化が可能な 28 kHz 用短冊形たわみ振動板型超音波音源を用いた空中超音波による非接触微粒化の検討を行っている。これまでに 2 枚の短冊形たわみ振動板により形成した定在波音場において、水を用いた微粒化範囲と音圧の関係を明らかにした^{[2], [3]}。

ここでは、液体の表面張力または粘度が及ぼす微粒化への影響を検討するため、水を基準として表面張力または粘度の異なる液体の微粒化を行った。

2. 超音波音源

Fig. 1 は使用する超音波音源の概略である。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（振幅拡大比 5.0）を接続し、その先端に同形の 2 枚の短冊形たわみ振動板を 2 本の縦共振棒（直径 8 mm, 長さ 62 mm）で挟み込むように結合した。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位置から等距離とし、板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にスペーサ（直径 8 mm, 長さ 6.5 mm）を挿入した。短冊形たわみ振動板（厚さ 3 mm, 共振周波数 27.7 kHz）の寸法は、長さ L=46 mm, 幅 W=25 mm である。振動板の共振棒側の端の中心を原点とし、振動板

の長さ方向を X 軸、幅方向を Y 軸、振動板面に垂直な方向を Z 軸（ホーン側の振動板の内側を原点）とした。

3. 定在波音場の音圧分布

Fig. 2 は 2 枚の振動板によって形成された定在波音場の XZ 平面の音圧分布である。図は横軸に振動板の長さ方向である X 軸方向、縦軸に 2 枚の振動板間の Z 軸方向をとっており、規格化したマイクロホン出力電圧を示している。図に示す定在波音場の様々な点で微粒化実験を行ったところ、X=35 mm, Y=0 mm, Z=3.25 mm の位置を中心に微粒化が可能であった。

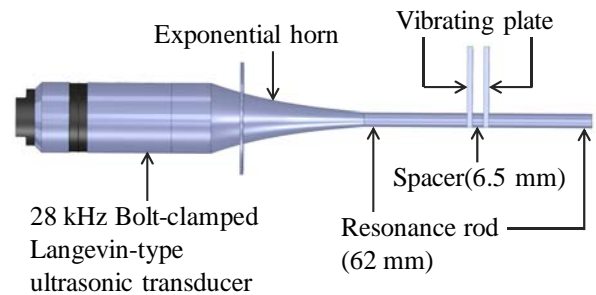


Fig. 1 Outline of ultrasonic vibration source.

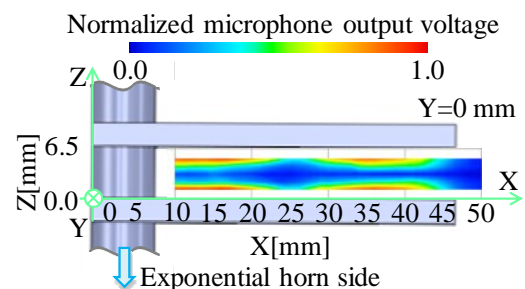


Fig. 2 XZ-plane sound pressure distribution.

4. 表面張力または粘度の異なる液体の微粒化

4.1 微粒化の様子

表面張力または粘度が異なる 3 種類の液体の微粒化可能な最小入力電力を求め、その時の微粒化の様子を比較した。測定条件は共振周波数 27.7 kHz 一定、測定位置は最も微粒化しやすい $X=35.0\text{mm}$, $Y=0.0\text{mm}$, $Z=3.25\text{mm}$ とした。試料には水 (表面張力 : 72.8 mN/m, 粘度 : 1.002 cP at 20°C) と、水に粘度が近く表面張力が低いエタノール (表面張力 : 22.3 mN/m, 粘度 : 1.200 cP at 20°C), 水に表面張力が近く粘度が高いグリセリン水溶液 (表面張力 : 52.3 mN/m, 粘度 : 112.9 cP at 20°C) を用いた。試料は注射針先端に設けた輪に容量 5.0 μl 設置し、測定位置に置いた。

音源の電力を 0 W から増加させていくと、エタノールは 1.0 W (音圧 : 2.8 kPa), 水は 2.5 W (同 : 3.5 kPa), グリセリンは 3.0 W (同 : 3.6 kPa) より微粒化可能であった。

Fig.3 は微粒化可能な最小入力電力における各液体の時間ごとの微粒化の様子である。結果は音波を加える直前を 0 s としている。音波照射 0.1 s 後を見ると、エタノールは多量に微粒化されていることが分かる。水は平たく押しつぶされ、非常に細かい微粒子が発生し始めている。グリセリンは平たく押しつぶされて大きめの粒子が発生し始めている。0.2 s 後を見ると、エタノールはほぼ微粒化が終わっているが、水とグリセリンはまだ微粒化が行われており、特にグリセリンは多量に微粒化されていることが分かる。

このことから、表面張力が低いエタノールの方が微粒化され易く、粘度の高いグリセリンの方が微粒化しにくいことが分かる。

4.2 微粒子の粒径

同じ入力電力における各液体の微粒子の粒径を求め、比較を行った。測定条件は共振周波数 27.7 kHz, 入力電力 5.0 W (音圧 : 3.9 kPa) 一定とした。測定位置、試料液体、容量は 4.1 節と同様である。

Fig.4 は音波照射 0.09 s 後の結果を示す。結果から各液体において径がはっきりと確認できる大中小の粒子の粒径を算出した。エタノールは最も小さい粒子 (図中の a) が 102 μm , 中くらいの粒子 (同 b) が 191 μm , 大きい粒子 (同 c) が 289 μm であった。水は同 d が 102 μm , 同 e が 205 μm , 同 f が 490 μm であった。また、エタノールと水については、非常に細かな霧状の粒子が多量に発生していた。グリセリンは同 g が 109 μm , 同 h が 298 μm , 同 i が 479 μm であり、先の 2 つのような霧状の粒子はあまり発生

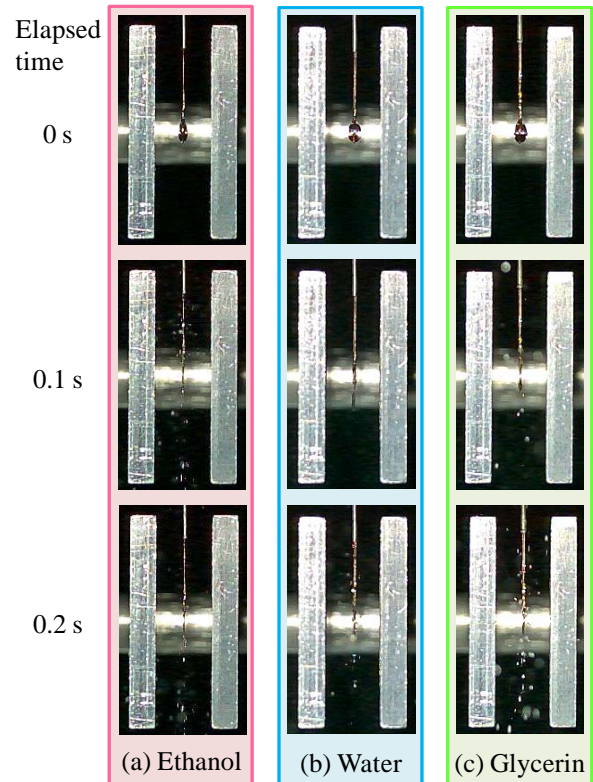


Fig. 3 Process of atomization.

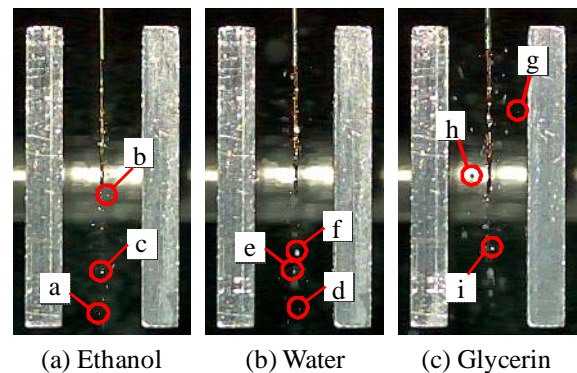


Fig. 4 The diameter of particle.

せず、300~500 μm 程度の粒子が多数確認できた。

これらのことから、表面張力が低いエタノールは粒子が細かく、粘度の高いグリセリンは粒子が粗くなることが分かった。

5. まとめ

水を基準とした特性が異なる液体の微粒化を行ったところ、表面張力が低いエタノールは微粒化され易く粒径が細くなる、粘度の高いグリセリンは微粒化されにくく粒子が粗くなることが分かった。

6. 参考文献

- [1] 常定 健, 竹原淳彦, 光石一太, 分析化学, 49(6), pp.437-442, 2000.
- [2] 柳本聖月, 三浦 光, 音講論集, pp.74, 2012.3.
- [3] 柳本聖月, 三浦 光, 音講論集, pp.121, 2012.9.