L-13

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での粒径分布の検討
－表面張力が低い液体との比較－

Examination of the particle size distribution of noncontact atomizer of droplet by aerial ultrasonic source
－Comparison with the low surface tension liquid－

○遠藤有紗[1]，矢作海太[2]，淺見拓哉[3]，三浦　光[3]
*Arisa Endo[1], Kaita Yahagi[2], Takuya, Asami[3], Hikaru Miura[3]

Abstract: This study examined the non-contact atomization of the aerial sound field formed by the ultrasonic vibration. This report was examined atomized particle size distribution by using the ethanol (Ethanol surface tension is low than water). The result of examinations of the particle size distribution, was atomized ethanol, suggests that it is concentrating around 37 μm as median. In addition, the median particle is not much different in the case of changing the input power. And, large particle diameter becomes smaller the higher input power.

１．はじめに

現在微粒化は液体の質量を測定するための質量分析器に必要とされている．微粒化方法には，現在までに熱を用いる方法や超音波振動面に接触させる方法などがある．しかし，これらの方法は液体の性質変化や不純物の混入，装置の劣化の問題がある．[1]

筆者らはこれらの問題を解決するために，超音波での非接触微粒化を考えた．しかし，既存の装置は大型であるため，小型化が可能な装置として 28 kHz 用短冊形たわみ振動板型超音波音源を開発した．この音源によって微粒化された粒子を測定することで粒径分布の検討を行っている．これまで，水を微粒化した場合の粒径を測定し，粒径分布，中央値及び大きい粒径の特徴について明らかにした．

ここでは，液体の表面張力を変えた場合の検討として，水(表面張力 72.8 mN/m，粘度 1.0 mPa･s)より表面張力が低いエタノール(同 22.4 mN/m，同 1.2 mPa･s)，を用いて微粒化し，粒径分布の検討を行った．

２．使用した超音波音源

図 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（駆動周波数 27.8 kHz）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 6.5 mm を挿入した．

振動板の寸法は，長さ 46 mm，幅 25 mm，厚さ 3 mm とした．また，座標軸は図に示すように，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．振動板間の音圧分布

図 2 は XZ 平面の振動板間の定在波音場の音圧分布である．図は横軸が X 軸方向を，縦軸が Z 軸方向を示している．音圧は規格化した値で示した．図より，音圧は振動板付近で腹となっており，Z 軸の中心 Z= 3.25 mm では節となっている．これより，振動板間に定在波音場が形成されていることがわかる．

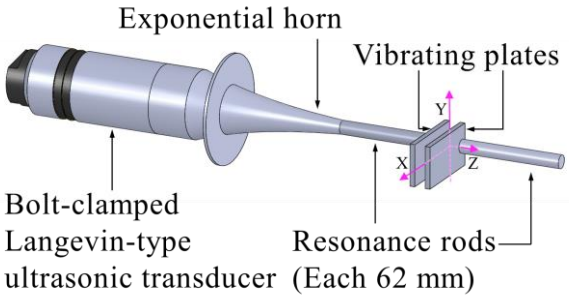

Figure 1. Schematic diagram of the ultrasonic source.

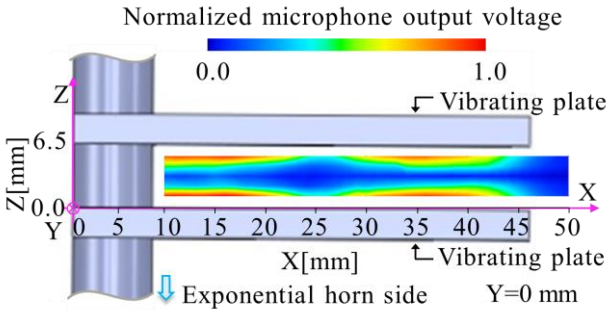

Figure 2. Sound pressure distribution of the XZ-plane (Y=0 mm).

１：日大理工・院(前)・電気　２：日大理工・学部・電気　３：日大理工・教員・電気

４．表面張力が異なる場合の粒径分布の検討

空中超音波音場によりエタノールを微粒化させた場合の粒径を測定し，粒径分布を求める．試料液滴(5μl)の設置位置は最も微粒化し易い X= 35.0 mm, Y=0.0 mm, Z=3.25 mm とした．

4.1 粒径の測定方法

粒子の測定は，微粒化した粒子をシリコンオイル(粘度 1000 mPa･s)で受け止め，カメラで撮影を行った．なお，試料の採取は微粒化したものの約半分である．液滴の蒸発を防ぐ為に，測定時間は 60 秒以内で行った．測定は信頼性を高めるため 10 回行い，その値の平均をとった．[2]

4.2 エタノールの粒径分布

図 3 はエタノールを入力電力 4 W で微粒化した時の粒径分布を示す．図より，粒径分布は 37 μm を中央値とした分布になっている．平均粒数は 1038 個であり，粒径は 200 μm 以上のものも稀に存在した．

さらに，キャピラリー波からなるラングの式と比較を行った．ラングの実験式は[3]

$$D = 0.34\left\{\frac{8\pi T}{\rho f^2}\right\}^{1/3},$$

で示される．ここで，T は表面張力，ρ は密度，f は駆動周波数である．これより，粒径の中央値 D を求めるとエタノールの中央値は 32 μm となり，今回測定から得られた中央値と非常に近い値となった．

4.3 入力電力を変化させた場合の粒径

入力電力を 2-13 W で変化させ，4.2 節と同様の実験を行い，粒径の中央値の関係を求めた．その結果を図.4 に示す．図より，入力電力を変化させてもエタノールの中央値は 30-51 μm の範囲におさまっており，入力電力が変化してもあまり変化がないことがわかった．

次に，図 5 は測定した各入力電力におけるすべての微粒子を示している．図より，入力電力 2 W のときの最大粒径は 1025 μm であり，入力電力 4 W のときには 566 μm となり，13 W のときには 376 μm と小さくなっていることがわかる．これより，入力電力を高くするほど大きい粒径は小さくなることがわかった．

５．おわりに

表面張力が異なる場合について粒径分布の検討を行った．その結果，測定より得られた中央値はラングの実験式から求めた値と近い値となった．さらに，入力電力 2-13 W で変化させた場合，粒径の中央値は 30-51 μm の範囲におさまり，最大粒径は入力電力が高くなるほど小さくなることが明らかになった．

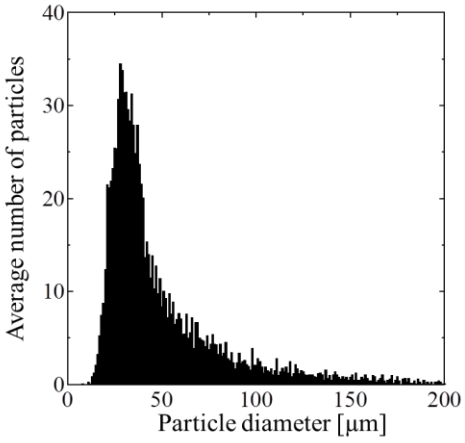

Figure 3. Particle diameter distributions.

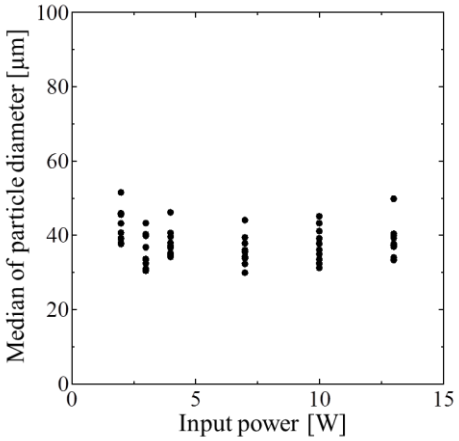

Figure 4. The relationship between input power and median of particle diameter.

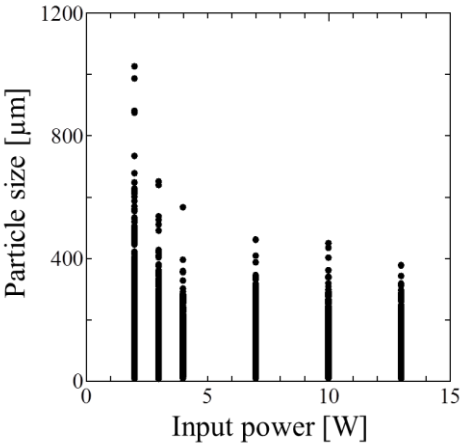

Figure 5. The relationship between the input power and particle size.

参考文献

[1] 定常　健，竹原淳彦，光石一太，分析化学，pp.437-442，2000.

[2] A. Endo, M. Yanagimoto, T. Asami, H. Miura, Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 07HE13.

[3] R. J. Lang, J. Acoust. Soc. Am. Vol.34,pp1-6 , 1962.