

空中超音波音源による液滴の非接触微粒化

-2枚の振動板を用いた場合-

Noncontact atomizing unit of droplet by aerial ultrasonic source

-Using two vibrating plates-

○柳本聖月¹, 戸田良介², 松田学², 三浦光³*Mizuki Yanagimoto¹, Ryosuke Toda², Manabu Matsuda², Hikaru Miura³

Abstract: Mass spectrometry is one of the qualitative analysis of droplet in analytical chemistry. Mass spectrometry is beset by the structural problems of after ionize, and it is necessary to do droplet atomization. There are applications of heat and contact of vibrating plate in the method of atomization. However, the former is affected the character of a liquid, and the latter has a possibility of leading to mixing of impurities, and degradation of equipment because droplet contacts vibrating plate. Atomization by non-contact ultrasonic vibration is considered for these problems solving, although the existing non-contact atomizing unit is large-sized. This study is examining non-contact atomization unit using two small vibrating plates by aerial ultrasound using ultrasonic source of 28 kHz whose downsizing is attained.

1. はじめに

分析化学において液滴の定性分析の1つに質量分析法がある。質量分析計は装置の構造上、液滴を微粒化させてからイオン化する必要がある。この液滴の微粒化方法としては、加熱によ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、前者は液体の性質に影響を与えてしまう可能性があり、後者は液滴が振動面に接触することで不純物の混入や装置の劣化につながる恐れがある。これらの問題を解決するため、超音波振動による空間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。そこで筆者らは小型化が可能な28 kHz用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。本報告では、2枚の振動板を用いることによって非接触微粒化を行うための初期段階として、音源の縦共振棒の長さや振動板から放射された音波による定在波音場との関係について検討した。

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 1 波長分)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た。2枚の振動板の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ー(長さ 6.5 mm, 直径 8 mm)を挿入した。

Fig. 2は短冊形たわみ振動板(厚さ 3 mm)の概略である。振動板の寸法は、長さ L=46 mm, 幅 W=25 mm である^[2]。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

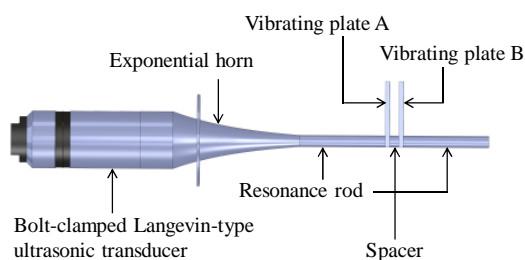


Fig. 1 Outline of ultrasonic vibration source.

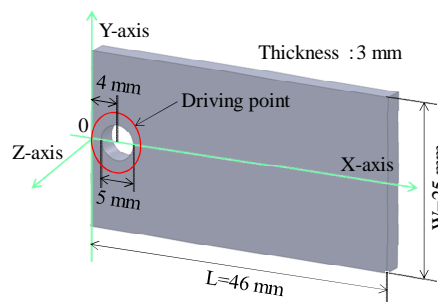


Fig. 2 Outline of vibrating plate.

軸(振動板 A の内側)とした。Fig. 1 に示すように 2 枚の振動板を A, B とし, 挿入位置はエキスポネンシャルホーン側を振動板 A, 先端側を振動板 B とした。

3. 縦共振棒の長さを変化した場合の振動板の放射音波

2 枚の振動板を用いた微粒化を行うにあたって, 共振棒中を伝搬する縦波の腹位置から等距離に挿入した 2 枚の振動板が同じ大きさの音波を放射していることが重要である。ここでは, 共振棒の長さを変化させた場合の振動板から放射される音波の音圧を測定した。共振棒の長さは 58~66 mm まで 1 mm 間隔で変化させた。測定では振動板 A の位置, または振動板 B の位置にのみ振動板を挿入し, 片側には厚さ 3 mm のスペーサーを挿入して行った。このときの共振周波数は共振棒の長さにより, 27.6 kHz から 28.3 kHz までである。また, 振動板の個体差による影響を検討するため, 同じ寸法の振動板を 5 枚用意しそれぞれ振動板 1 から 5 として, 振動板 A の位置と振動板 B の位置でそれぞれ行った。

測定条件は, 振動子の縦振動振幅が 0.15 μm となるよう入力電流 40 mA 一定とし, 測定位置はマイクロホン出力電圧が最大となる $X=35$ mm, $Y=0$ mm で, A, B の振動板が向かい合う側の板面近傍の位置での音圧をプローブ付きコンデンサマイクロホンにより測定した^[2]。

Fig. 3 は測定結果を示す。図は横軸に縦共振棒 1 本の長さ, 縦軸にマイクロホン出力電圧をとっており, パラメータとして測定に使用した振動板とその挿入位置をとっている。図より, 2 本の共振棒の長さがそれぞれ 62 mm の場合, マイクロホン出力電圧は 20 mV 程度にまとまっており, 多少の個体差はあるものの, 他の場合に比べて安定していることがわかる。このことから, 2 枚の振動板は共振棒の長さが 62 mm のとき, 他の長さに比べて安定して同じ大きさの音波を放射していると考えられる。

4. 定在波音場の音圧分布

3 節より, 2 本の共振棒の長さがそれぞれ 62 mm の場合における, 2 枚の振動板の間の XZ 平面定在波音場の音圧分布を測定した。測定には振動板 A の位置に振動板 1, 振動板 B の位置に振動板 2 を用いた。

測定条件は共振周波数 27.76 kHz, 入力電流 40 mA 一定とし, 測定位置は振動板の $Y=0$ mm において, $X=10\sim 46$ mm, $Z=1.25\sim 5.25$ mm の範囲を 1 mm 間隔で行った。

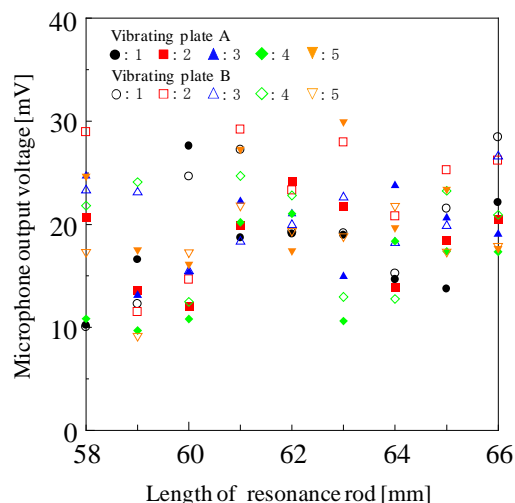


Fig. 3 Relationship between microphone output voltage and length of resonance rod.

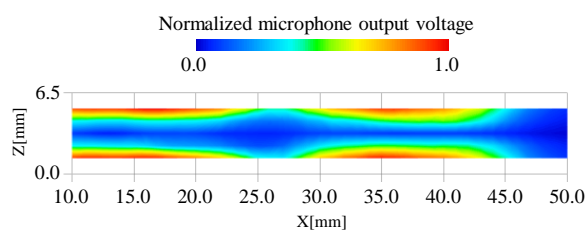


Fig. 4 Sound pressure distribution at X-Z plane($Y=0$ mm).

Fig. 4 は測定結果を示す。図は横軸に振動板の長さ方向 X, 縦軸に 2 枚の振動板の間の Z をとっている。図からわかるように, $Z=1.25$ mm と 5.25 mm では腹となっており, Z の中心である $Z=3.25$ mm で定在波の節が形成されている。このことから, 共振棒の長さが 62 mm の場合, 2 枚の振動板間で良好な定在波音場が形成されると考えられる。

5. 終わりに

共振棒の長さを変化させた場合の振動板から放射される音波を検討した結果, 共振棒の長さが 62 mm のときに, 振動板 A と振動板 B のいずれの位置でも同じ大きさの音圧を得られることがわかった。またこのときに 2 枚の振動板を挿入した場合, 良好な定在波音場が形成されることがわかった。

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] 清田 佐助, 三浦 光, 日本音響学会研究発表論文集, pp.1171-1172, 2010.9.