

L-3

微粒子凝集のための強力空中超音波音源の開発 Development of High Intensity Aerial Ultrasonic Source for Particle Aggregation

○倉富 涼¹, 浅見拓哉², 三浦 光²
*Ryo Kuratomi¹, Takuya Asami², Hikaru Miura²

Abstract: High intensity sound wave to fine particles cause particle aggregation. Aggregation is effective for collecting fine particles. To improve agglomeration efficiency, we are developing a sound source with a structure suitable for fine particle aggregation. In this report, we created the sound source that forms a standing wave field in the closed area. Then we measured sound pressure distribution and investigated the relationship between input power and sound pressure to determine the basic characteristics of the sound source.

1. はじめに

PM 2.5 のような小さい微粒子を除去する集塵装置の一つに音波を用いたものが考案されている。音波集塵装置はフィルタやサイクロンなどの捕集装置の前処理として、音波による凝集を利用することで集塵効率を改善させるものである。音波凝集とは気体中に浮遊している微粒子に超音波を作用させることによって微粒子同士の衝突を頻繁に起こし、凝集を促進させることで粒子径を大きくする現象である^[1]。

本研究では、空中強力超音波による集塵効率の改善を目的として、微粒子凝集に適した構造の空中超音波音源の開発を行っている。これまで空気中へ強力な超音波を放射する音源は一般に強力な音場を形成するために音源と複数の反射板(壁面)を用いることが多く、密閉空間の構築が難しいという問題があった。

そこで筆者らはこれらの問題を解決するため、剛壁とたわみ振動板を一体構造とした音源を考案した。本音源はたわみ振動板の円周部が剛壁と一体構造になっているため、強力な超音波による音場を密閉空間内に形成することができる^[2]。

本稿では、超音波音源にアクリル製の円筒を結合することで凝集を行うための密閉空間を構築した。また、空中超音波によって定在波音場を凝集室内に形成し、その音圧分布及び駆動電力と定在波音場の腹の位置の音圧関係について検討した。

2. 空中超音波音源

図 1 は検討に用いた円筒剛壁一体構造の空中超音波音源の概略である。図に示すように、超音波音源は 28 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子、振幅拡大用エキスポネンシャルホーン(振幅拡大比 5.0, 太端面直径 42 mm, 細端面直径 8 mm, ジュラルミン製)、及び縦振動共振周波数調整用の伝送棒(長さ 70 mm, 直径 8 mm) を結合し、その先端に円筒剛壁一体構造型円形たわみ振動板をネジで固定したものである。

図 2 は円筒剛壁一体構造型円形たわみ振動板部分の断面図である。構造は円形たわみ振動板(内径 91mm, 厚さ 1 mm) の外周をジュラルミン製のリング(幅 10

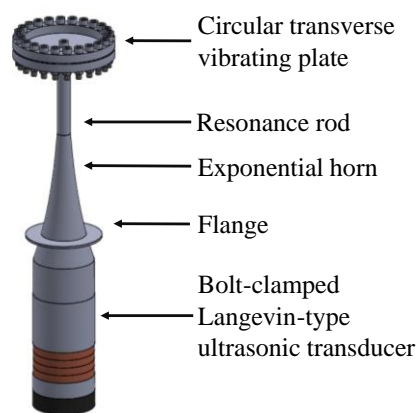


Figure 1. Outline of an ultrasonic source.

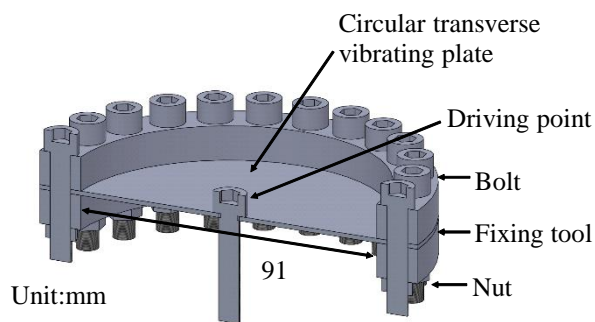


Figure 2. Outline of sound source integrated with a vibrating plate and a rigid wall.



Figure 3. Chladni figure of a vibrating plate plate.

mm, 厚さ 8mm)で挟み, それらをボルトとナットで固定し, 固定端としたものである. 図 3 は音源を共振周波数 28 kHz で駆動させたときの円筒剛壁一体構造型円形たわみ振動板のクラドニの砂図である. 砂図から, 円形振動板の円周部を含めて 5 つの同心節円が形成されていることがわかる.

3. 凝集室内の音圧分布

3.1 振動板と円筒による定在波の形成

音波による微粒子の凝集は音波が強力なほど凝集効果が高くなる. そのため, 強力な音場を得るために凝集室は図 4 に示すように超音波音源にアクリル製の円筒 (長さ 227 mm, 内径 80 mm) を結合した構造とし, 振動板と円筒によって構成される空間に定在波音場を形成した. 円筒には微粒子を含んだ空気の吸気口及び排気口を設置している.

3.2 音圧分布の測定

凝集室内の定在波音場の音圧分布について検討するために, 音圧を測定した. 音圧の測定は, 駆動電力 1.0 W, 駆動周波数 28 kHz 一定で, 円形振動板の直径上の断面について, プローブ付きマイクロホン(ACO, TYPE-7017)を用いて行った. 図 5 はその結果である. 音圧はマイクロホン出力電圧の最大値で規格化した値をカラーマップで示している. 図より, 振動板に対して垂直及び平行な 2 方向に定在波が形成されていることがわかる. 特に, 振動板の中心軸上には強い音圧の定在波が形成されており, その腹の位置は, およそ 8 mm 間隔となっている.

4. 入力電力と音圧の関係

音源の入力電力と円筒内の音圧の関係について検討した. 測定は, 音源を共振周波数 28 kHz で駆動し, 入力電力を 1 W から 20 W まで変化させたときのプローブ付きマイクロホンの出力電圧値を音圧に換算した. 測定位置は, 円形振動板の中心軸上の音圧の腹の位置(円形たわみ振動板の中心から 26 mm)とした.

図 6 はその結果である. 図は, 横軸に入力電力, 縦軸に音圧値をとっている. 図より, 音圧は入力電力の増加に従い大きくなるのが分かる. 入力電力 20 W における音圧は 5.2 kPa (音圧レベル 169 dB) であった. 音圧が電力の 1/2 乗に比例していないのは, 非線形による波形ひずみの影響と考えられる.

5. おわりに

微粒子凝集に適した構造の空中超音波音源の開発を行った. その結果, 凝集を行う密閉空間内に最大で

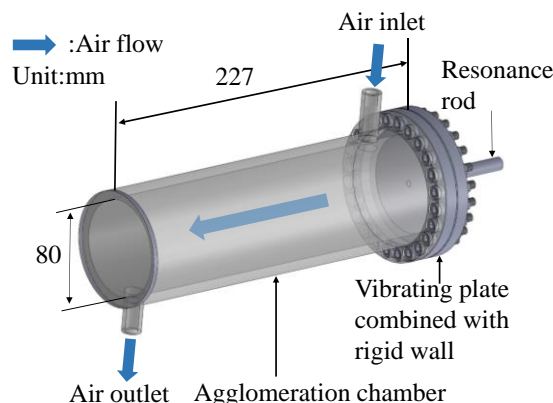


Figure 4. Outline of agglomeration chamber.

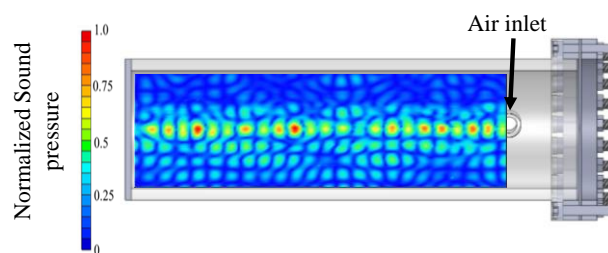


Figure 5. Sound pressure distribution in the agglomeration chamber.

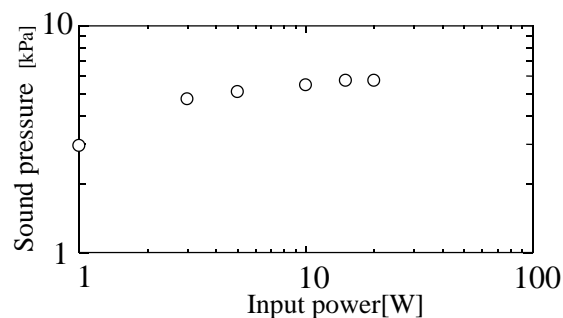


Figure 6. Relationship between input power and sound pressure.

音圧値が最大で 5.2 kPa の強力な定在波音場を形成することができた.

本研究の一部は JSPS 科研費 15K05875 の助成を受けたものである.

6. 参考文献

- [1] Gallego-Juárez et al, “Application of acoustic agglomeration to reduce fine particle emissions from coal combustion plants”, Environmental Science & Technology, Vol33, pp3843–3849, 1999.
- [2] 倉富 涼, 浅見拓哉, 三浦 光, 「空中強力超音波による微粒子凝集の基礎検討」, 音講論集, pp.1197-1198, 2017.9.