

L-21 空中強力超音波を用いた微粒子凝集の空気流量による影響*

☆本井凜太郎, 浅見拓哉, 三浦 光 (日大・理工)

1. はじめに

工場の排煙等から発生する排ガス中の微粒子は健康に悪影響を及ぼすため、PM2.5などの小さい微粒子を除去する集塵装置の普及が課題である。集塵装置の一つに超音波を用いたものがある。超音波集塵装置は捕集装置の前処理として、超音波による凝集によって微粒子の集塵効率を改善するものである^[1]。

筆者らは、空中強力超音波による集塵効率の改善を目的とし、超音波を用いた微粒子の凝集について検討を行っている。これまで、超音波凝集による微粒子の粒径の増大及び総数の減少率は、音源への入力電力が大きいほど効果的であることを明らかにしている^[2]。

本稿では、超音波集塵の空気の流量に着目し、凝集室内の微粒子の質量濃度及び超音波音源への入力電力を一定とし、空気の流量を変化させた場合の凝集率の変化について検討を行った。

2. 凝集装置

凝集装置は Fig. 1 に示すように超音波音源と凝集室により構成されている。超音波音源は 28 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子、エキスポネンシャルホーン、及び伝送棒を結合し、先端に周囲固定円形たわみ振動板^[3]をネジで固定したものである。凝集室は周囲固定円形たわみ振動板にアクリル製の円筒を結合した構造であり、寸法は長さ 227 mm、内径 80 mm である。

Fig. 2 は凝集室内部の中心軸を通る断面の音圧分布の測定結果である。円筒の内部には定在波音場が形成され、中心軸付近に強力な音場が得られている。また、入力電力 20 W の時、円筒の中心軸上の定在波音場の音圧の腹位置での音圧レベルは 167 dB であった。

Fig. 3 は本検討に用いた微粒子濃度測定のための測定装置のブロック図である。装置はエアポンプ、流量計 1、微粒子発生室、凝集

室、流量計 2、インパクト、粉塵濃度計 (DustTrak II 8530) より構成されており、各部の間は透明チューブ(内径 8 mm)で接続した。空気は図の青色矢印で示すようにエアポ

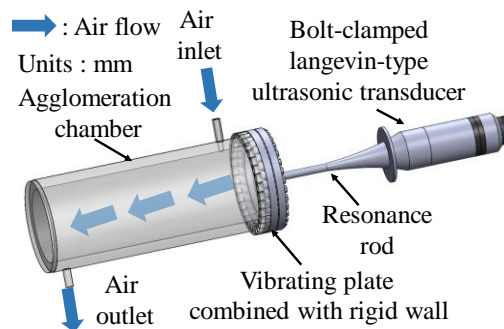


Fig. 1. Outline of the device for acoustic agglomeration.

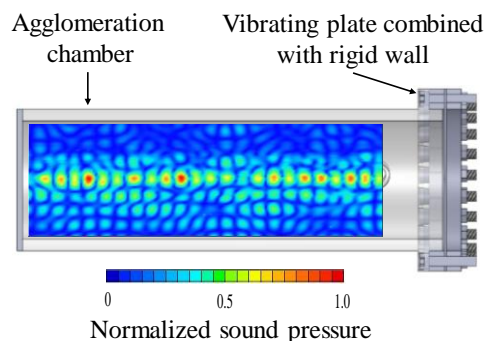


Fig. 2. Sound pressure distribution in the aggregation chamber

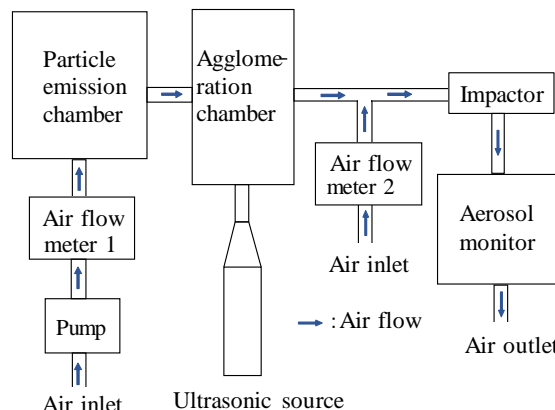


Fig. 3. Block diagram of the measuring device.

* Influence of air flow rate on particulate aggregation using aerial intense ultrasonic waves, by MOTOI, Rintaro, ASAMI, Takuya and MIURA, Hikaru (College of Science and Technology, Nihon University).

ンプ、煙霧質発生室、凝集室の順で流れ、インパクトを介して粉塵濃度計に流れる。微粒子の発生源となる発煙剤には線香を用いた。線香の煙は主粒径が $1.0\ \mu\text{m}$ であり、本検討に適していると考えた。インパクトは粒径が $1.0\ \mu\text{m}$ 以下の微粒子は通過させ、粒径が $1.0\ \mu\text{m}$ 以上の微粒子は捕集する。そのため凝集して $1.0\ \mu\text{m}$ 以上となった微粒子を除いて、その後設置した粉塵濃度計で濃度を測定している。

3. 濃度一定における流量変化の関係

超音波照射時の凝集室への微粒子を含んだ空気の流量を変化させた場合の凝集率への影響を検討する。測定条件は凝集室への空気の微粒子濃度を一定として音源への入力電力を $10\ \text{W}$ 一定、エアポンプの流量を $0.3\ \text{L/min}$ から $1.4\ \text{L/min}$ 間の6つの値で測定を行った。超音波照射時間は凝集室内の濃度が約 $800\ \text{mg/m}^3$ (変動幅 $\pm 50\ \text{mg/m}^3$ 以内) 一定となった時から $300\ \text{s}$ 間とした。線香の本数は凝集室の濃度が約 $800\ \text{mg/m}^3$ 一定となるようにした。

Fig. 4 は測定結果であり、各条件で3回ずつ測定した値の平均の濃度を示している。図は、横軸に経過時間、縦軸に微粒子の質量濃度を示している。経過時間は各測定において濃度が一定になる時間が異なるため、超音波照射開始時間から $300\ \text{s}$ 前を $0\ \text{s}$ とした。図より、超音波照射時の濃度は凝集室内への流量が多いほど減少幅が小さくなることわかる。

Fig. 5 は Fig. 4 の結果より各流量での凝集率を示したものである。図の横軸は凝集室への空気の流量、縦軸が凝集率である。凝集率は超音波照射終了直前 $10\ \text{s}$ 間の濃度の平均値を超音波照射直前 $10\ \text{s}$ 間の濃度の平均値で割った値を百分率で表したものである。図より、凝集率は凝集室への流入量が少ないほど、高いことが分かり、流量 $0.3\ \text{L/min}$ 時の凝集率は約 73% であった。また、今回の測定において流量 $0.3\ \text{L/min}$ の場合と $1.4\ \text{L/min}$ の場合の凝集率を比較すると、凝集率に約3倍の違いがあった。

凝集室への流量が少ないほど凝集率が高い理由は、凝集室内の滞留時間が長いこと微粒子に対して超音波が長く作用しているためと考えられる。

4. おわりに

空中強力超音波を用いた微粒子の凝集につ

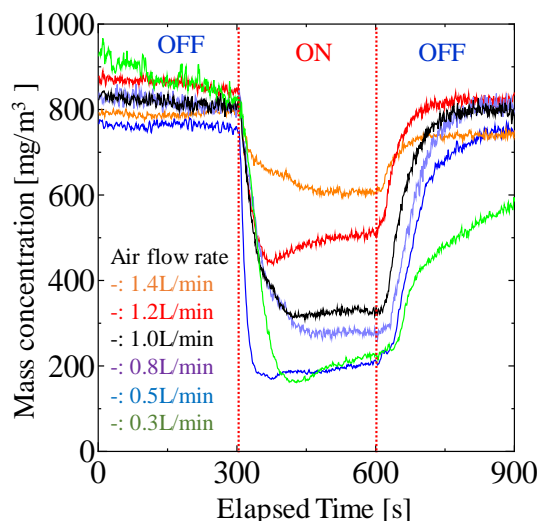


Fig. 4. Relationship between mass concentration and elapsed time.

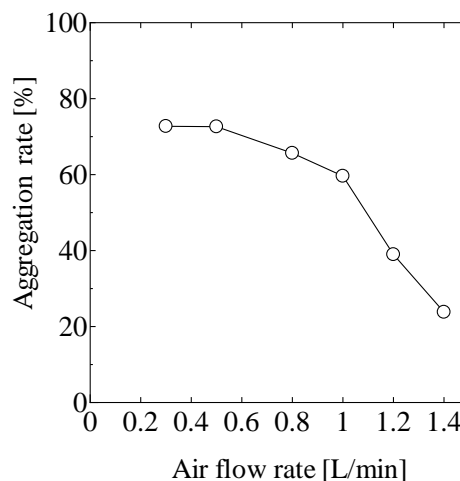


Fig. 5. Relationship between aggregation rate and air flow rate.

いて、濃度を一定とし流量を変化させたときの検討を行った。その結果、凝集率は凝集室への流量が少ないほど上昇することが分かった。また、流量 $0.3\ \text{L/min}$ と $1.4\ \text{L/min}$ の凝集率を比較すると凝集率は約3倍の違いが発生することから、流量は凝集率に大きな影響を及ぼすことが分かった。

なお、本研究の一部は JSPS 科研費 18K11700 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Gallego-Juárez *et al.*, *Environ. Sci. Technol.*, 33, pp.3843-3849,1999.
- [2] 本井凜太郎, 浅見拓哉, 三浦 光, 音講論集, pp.111-112, 2019.3.
- [3] 倉富 涼, 浅見拓哉, 三浦 光, 音講論集, pp.1033-1034, 2016.9.