

細いパイプを併用した極強力空中超音波による付着微粒子の除去

Removal of Adhered Fine Particle Using Very High-Intensity Aerial Ultrasonic Waves with Narrow Pipe

○北出祥太¹, 大隅歩², 伊藤洋一²

* Shota Kitade¹, Ayumu Osumi², Youichi Ito²

Abstract: We have proposed a new method to capture fine particles by controlling the direction of the scattering particles by irradiating high-intensity aerial converging ultrasonic waves through a narrow pipe. In this report, we attempted to prove the removal rate of fine particle by a new high-intensity aerial ultrasonic sound source.

1. はじめに

これまでに、物体表面に付着した固体微粒子を強力空中超音波の照射によって瞬時に剥離して、空中に飛散させ、物体表面から除去できることを明らかにしてきた。この際、飛散した除去粒子を効率よく捕集する必要がある。これを実現するために、細いパイプで誘導した強力空中超音波を付着微粒子に作用させて、特定の方向に飛散誘導する方法^[1-3]について検討している。

さらに重要なのは、この方法を用いた場合の除去率である。本報告では、最近開発した従来よりも数倍強力な集束音波を発生させる音源を用いて、微粒子の除去を試みている。

2. 実験装置と実験概要

Fig.1 は実験装置の概略である。図に示すように、強力空中超音波発生のための音源、音波伝搬用のパイプ、試料板、及びハイスピードカメラで構成される。パイプ開口部から 1 mm 離れた位置に試料板を設置した。強力空中超音波の発生には、図に示す縞モード振動板式点集束型音源^[4] (19.66 kHz) を使用し、振動板からの放射音波を音源開口から距離約 130 mm の位置で、直径約 15 mm の円形内に集束させている。音波集束点 (自由空間) における音波強度は、供給電力 50 W で 14.7 kPa (177 dB) である。

実験に用いる微粒子は平均粒径 14 μm の酸化アルミニウムであり、厚さ 7.8 mm のガラス板の上に直径

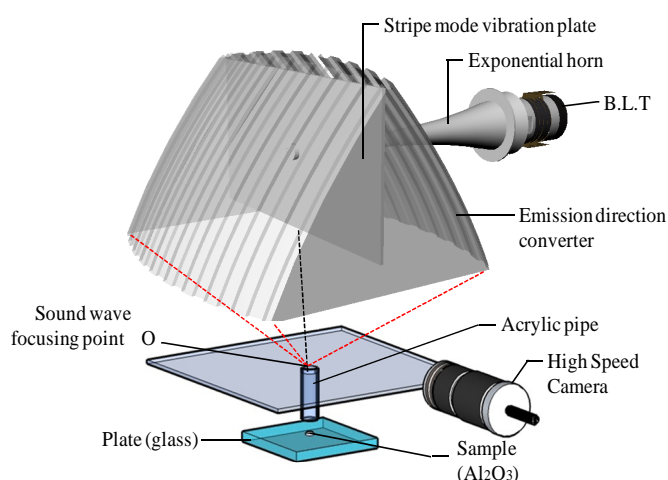


Fig.1 Schematic view of experiment device

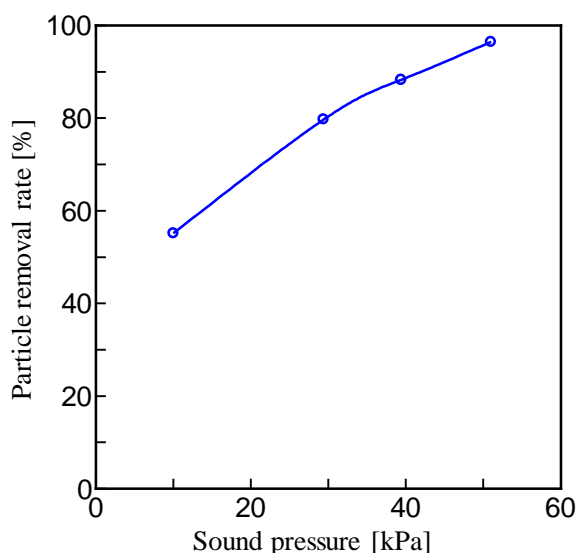


Fig.2 Relationship between sound pressure on the surface of object and particle removal rate in experiment without pipe

2.5 mm, 厚み 0.2 mm の円形状に塗布してある。この試料に超音波を照射して微粒子を除去する。その後、微粒子を塗布した円内の付着微粒子の残存面積を計測する。 $(\text{微粒子塗布面積} - \text{微粒子残存面積}) / \text{微粒子塗布面積} \times 100[\%]$ を除去率として、除去効果を評価する。

なお、音波誘導に使用するパイプは、先行研究の結果を考慮して、内径を 4, 6, 8 mm (肉厚 2 mm), 長さをそれぞれ 39.5, 38, 37.5 mm とした。

3. 微粒子の除去実験

まず、集束音源を直接試料面に照射したときの除去効果を検討した。Fig.2 はその結果であり、横軸には試料面の音圧をとってある。図より、照射音波の音圧が増すにつれて除去率が高くなり、音圧 51 kPa のとき除去率 96 %を得ている。なお、除去粒子は不特定の方向に飛散した。次に、Fig.3 はパイプ(内径 8 mm)を介して音波を照射したときの微粒子除去の観察の一例である。図(a)は、これまで最も除去がなされたときの粒子の様子(音圧 10 kPa)であり、図(b)は今回より強力な音波を使用した場合の結果である。明らかに除去効果が高まっているのが分かる。Fig.4 は各直径のパイプを用いた場合の微粒子の除去効果を測定した結果である。従来で最も高い音圧 10 kPa では、除去率はパイプ径 4 mm で最も高く、パイプ径が大きくなるにつれて除去率が低くなっている。しかし、音波強度が増していくと、その傾向は反転している。この理由については今のところ不明である。

なお、パイプ径 8 mm で音波強度を 51 kPa とした場合、除去効果は最大となり除去率 95 %を得た。しかもこれまでと同様に、除去微粒子の飛散方向を制御することができた。

4. まとめ

より強力な空中集束超音波を用いて、これまで行なってきた付着微粒子の除去について検討した。その結果、作用音圧が 51 kPa のとき約 95 %の除去が実現できた。しかも、除去粒子の飛散も制御できることがわ

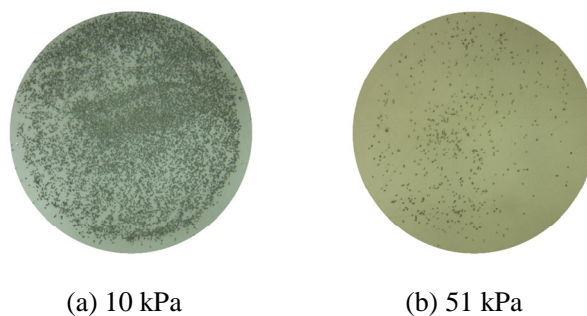


Fig.3 Residue particle after ultrasonic irradiation
(inside diameter of pipe : 8mm)

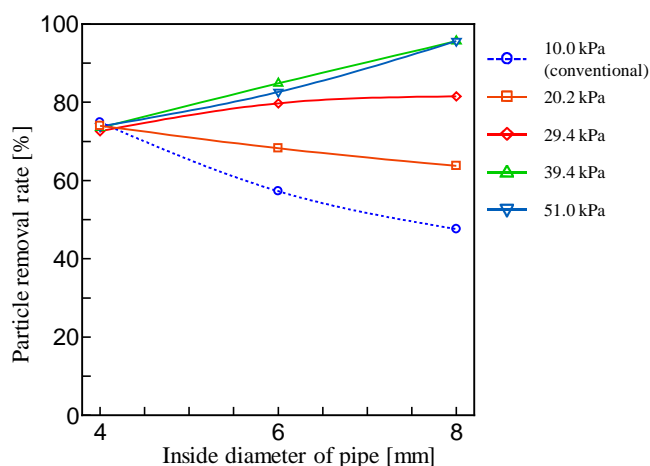


Fig.4 Relationship between inside diameter of pipe and particle removal rate at each sound pressure

かった。今後、粒子の捕集も含め、さらなる除去効果の向上を目指したい。

5. 参考文献

- [1] 胡, 伊藤:「強力空中超音波による付着微粒子の除去実験(Ⅲ)」, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp.1299, 2009.
- [2] 薦田, 小林, 大隅, 伊藤:「細いパイプを併用した強力空中超音波による付着微粒子の除去」, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技報, Vol.112, No.16, pp.1-6, 2012.
- [3] 小林, 大隅, 伊藤:「細いパイプを併用した強力空中超音波による付着微粒子の除去(2)」, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp.1317-1318, 2012.
- [4] 伊藤, 栗山, 大隅:「縞モード振動板用いた新しい点集束型空中超音波音源」, 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演論文集, Vol.32, pp.111-112, 2011.