

L-5

強力空中超音波による細孔内に浸入した液体の除去 Removal of liquid in an elongated pore by high-intensity aerial ultrasonic waves

○石井俊之¹, 大隅歩², 伊藤洋一²*Toshiyuki Ishii¹, Ayumu Osumi², Youichi Ito²

Abstract: We made experiments to remove the liquid entered into the pores with open ends by irradiating high-intensity aerial ultrasonic waves (at the frequency of about 20 kHz).

1. はじめに

微細な凹凸や細孔の内部に浸入した洗浄液などの液体を、周波数 20 kHz の極めて強力な空中超音波で除去する新たな技術の開発を行っている。先行研究において、細孔内に浸入した液体を空中超音波で除去する場合、液体除去前後の孔内に形成される空洞の音響特性が、液体の除去に大きな影響を与えることが明らかになっている。そこで、本報告では音波照射前の細孔内浸入液体の液面の位置を変化させ、これに音波照射した場合の除去の様子を詳細に観察し、上記の影響について検討している。

2. 実験装置と実験方法

Fig. 1 に液体除去に用いる実験装置の概略を示す。強力空中超音波の発生には縞モード振動板式の点集束音源⁵⁾ (駆動周波数 19.65 kHz) を使用する。Fig. 2 は音波集束点における供給電力-音圧特性であり、強力音波の発生を実現している。

実験に用いる試料は、図に示す両端が開口された 1 辺が 2 mm の正方断面をもつ直線細孔である。実験は、まず音波照射前の細孔開口部から侵入液体の液面までの距離を α 、液体で満たされている範囲 β を 10 mm 一定とする。 α を 0~10 mm の範囲で変化させ、これに音波を照射して液体の除去を試みる。侵入させる液体は純水であり、観察を容易にするために白色水彩絵の具を微量混入したものをを用いた。また、液体の挙動の観測は、高速度カメラ付きデジタルマイクロスコープで行った。

3. 実験結果

3-1. 除去可能な最小供給電力の検討

Fig. 1 の装置により上記の方法に基づいて液体の除去を行い、その様子を観測した。Fig. 3 は観測結果の一例で、 $\alpha = 3$ mm および 7 mm とした場合である。音源への供給電力を大とした場合には、 α がいずれの場合も図(a)のように液体をほぼ除去できるが、供給電力を徐々に小さくすると、図(b)のように液体は孔の途中で

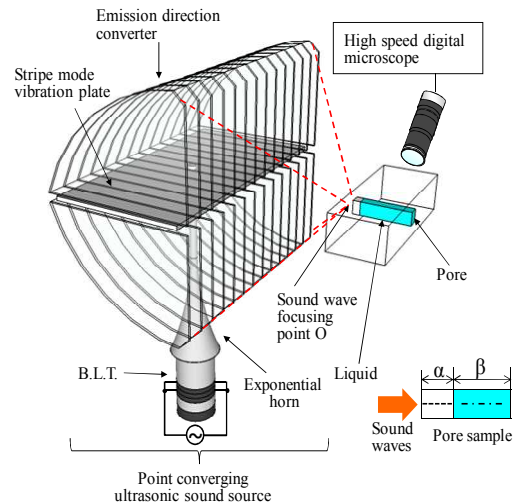


Figure 1. Schematic view of experiment

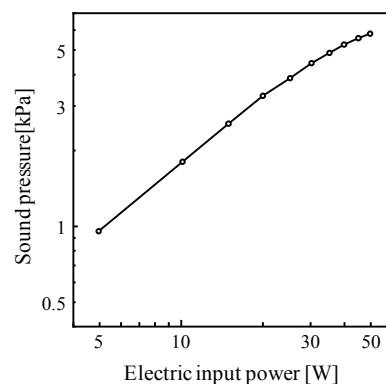


Figure 2. Relationship between sound pressure and electric input power

とどまってしまう。その直前の供給電力(除去可能最小供給電力)を測定した結果が Fig. 4 の実線であり、 $\alpha = 1$ mm の場合は 15 W と最小となり、 $\alpha = 7$ mm では 45 W にもなっている。

3 - 2. 液面に作用する音圧特性の検討

Fig. 4 の点線で示す曲線は、孔内各位置での液面(アクリル平面)に作用する音圧特性を測定した結果であり、実線と比較すると供給電力が最小, 最大となる A, B と液面音圧が極大, 極小を示す a, b とは一致していないことがわかる。これは音波照射前の液面が A にある場合、その後は液面が移動するにつれて音圧は上昇傾向にあること、一方液面が B にある場合には、その後は液面が移動するにつれて音圧は減少傾向にあることに起因する。

3 - 3. 液体の速度特性の検討

液面の音圧が極大の関係となる C に液面がある場合に、供給電力が最小になっていない。その理由について考察する。

最小の供給電力で除去可能となる A に液面がある場合と、液面音圧が極大の関係となる C に液面がある場合について、侵入液体の速度分布の測定結果を Fig. 5 に示す。液面が A にある場合、液体が徐々に加速していく様子が見られる。一方、液面が C にある場合には加速と減速を繰り返しているため十分な加速が得られていないことがわかる。したがって、液面が A にある場合よりも供給電力を大にする必要がある。

4. まとめ

両端開放の直線状の細孔に浸入した液体を強力空中超音波(約 20 kHz)により除去する技術に関して、液面が任意の位置にある場合、音波照射によって液体を孔外に除去するために必要な供給電力に大きな違いを生ずる原因について実験的に検討した。その結果、孔内の液面に作用する音響放射力と液面の移動速度の関係から、そのメカニズムをほぼ明らかにした。

5. 参考文献

- [1] 高村, 伊藤, 音講論(秋), 1273-1274, 2009.
- [2] Y. Ito and E. Takamura : Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) 07HE22.
- [3] 泉水, 伊藤, 音講論(春), 1715-1716, 2011.
- [4] 泉水, 伊藤, 音講論(春), 1775-1776, 2012.
- [5] 伊藤, 音響学会誌 46, 383-390, 1990.

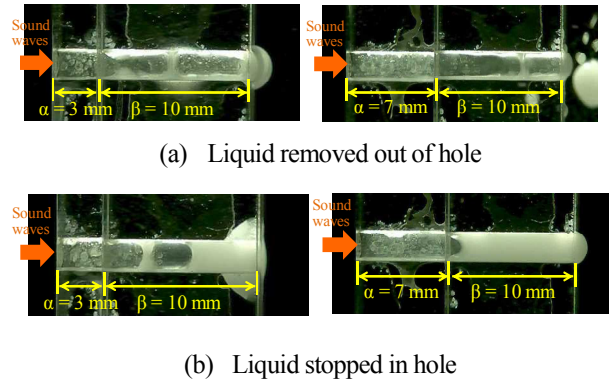


Figure 3. Behavior of liquid irradiate ultrasonic waves

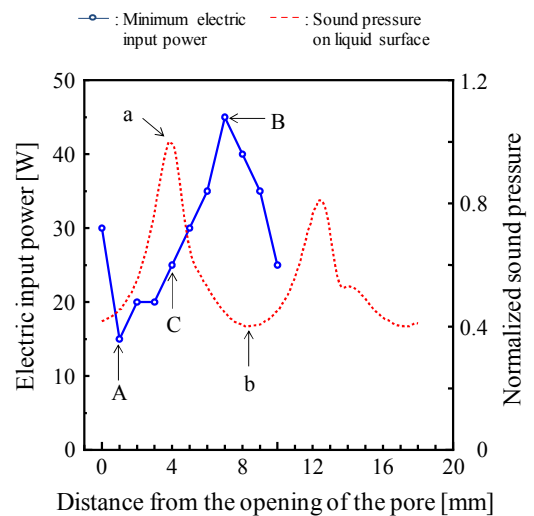


Figure 4. Relationship between minimum electric input power to remove the liquid and distribution of sound pressure on liquid surface

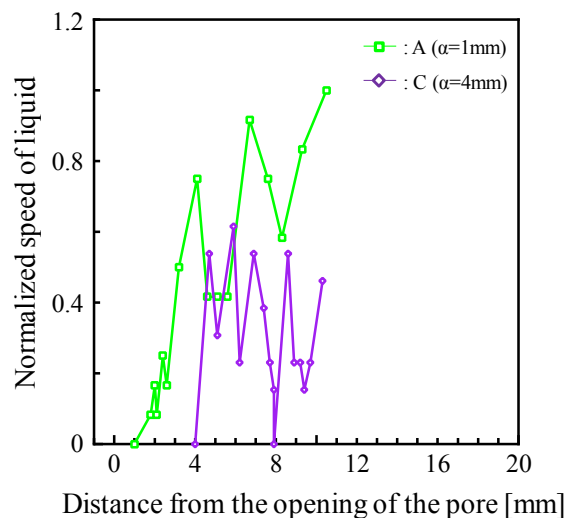


Figure 5. Speed distribution of liquid in pore