

FIB 加工したノズルによるナノ・マイクロバブル発生と応用 Generation and Application of Nano-Micro bubbles by FIB fabricated nozzle

○胡桃 聡¹, 鈴木 薫¹, 塩野 光弘¹, 三浦 光¹, 小野 隆¹, 田辺 光昭²,
吉田 幸司³, 木村 元昭³, 李 和樹³, 梅村 靖弘⁴

Satoshi Kurumi*, Kaoru Suzuki, Mitsuhiro Shiono, Hikaru Miura, Takashi Ono, Mitsuaki Tanabe,
Koji Yoshida, Motoaki Kimura, Hwa-Soo Lee, Yasuhiro Umemura

Abstract: We introduced the growth technique of nitrogen nano-micro bubbles by piezo nozzles vibration which had a micro size hole. The hole of piezo nozzles were fabricated by YAG laser etching and focused ion beam deposition. This nozzle dipped in the pure water and produced the gas pressure. In this experiment, we observed the bubble growth status from piezo nozzle when this nozzle was applied voltage to the vibration.

1. はじめに

マイクロバブルは数十マイクロメートル以下の微小気泡である。通常水中で発生する気泡サイズは数ミリ程度の直径で、電荷を帯びながらかつ水中で滞在し、自己消滅するなどの奇抜な能力を利用して、その応用例は水質改善や毛細血管の造影剤、細胞活性化などあげられる[1]。マイクロバブル発生法について、我々は微細ノズルからの発生について着目した。微細ノズルからバブルを発生させる時の問題は、ノズル先端の液面に働く表面張力によってバブルが離脱するのが難しい点である。そこで圧電素子にミクロンサイズの穴を貫通させた圧電素子ノズルを作製した[2]。ノズル部位を圧電材料とし、ノズル全体を振動させることで、ノズル先端部のバブル離脱効率向上を狙っている。穴の微細加工はレーザーの照射と集束イオンビームによる 2 つの加工を行った。本件では、この圧電素子ノズルから放出される気泡とその特徴について報告する。

2. 実験方法

圧電素子ノズルは圧電素子(村田製作所:7BB-12-9, 共振周波数: $9.0 \pm 1.0\text{kHz}$, 直径: 12 mm, 厚み: 0.22 mm) をレーザー (LOTIS 社製: TII LS2147, 波長: 1064 nm, 250 mJ/Pulse) 照射と、集束イオンビーム (セイコーインスツルメンツ: SMI2200) によるカーボンデポジションの 2 つの工程で作製した。まず、圧電素子の中央部に集光された YAG レーザーを 2 ショット照射し、深さ方法に数百 μm の穴を貫通させる。(図 1-1) 次に集束したイオンビームとカーボンガス (フェナントレン $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$) を反応させて微細なカーボン生成物を堆積させる。この堆積物をレーザーで貫通した穴の周りを覆

うこと約 30 μm に縮小した。加工した圧電素子ノズルは、Fig. 2 のように純水で満たされた水槽中に設置した。圧電素子ノズルへ窒素ガスで 5 kPa の圧力を加える。5 kPa では、バブルは観測されないため、この状態で、圧電素子へ 150 V 及び 10 k, 11 k, ~ 16 kHz を印加し、バブルを噴出させる。またそのバブルの挙動をハイスピ

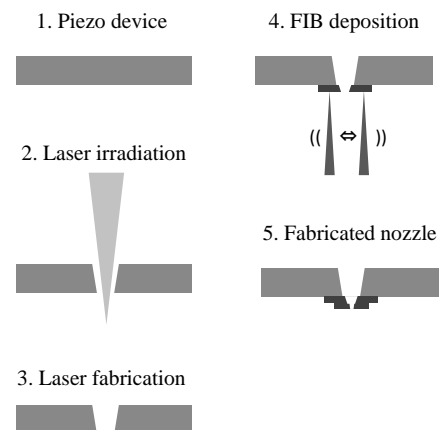


Fig. 1 Fabrication of Piezo device

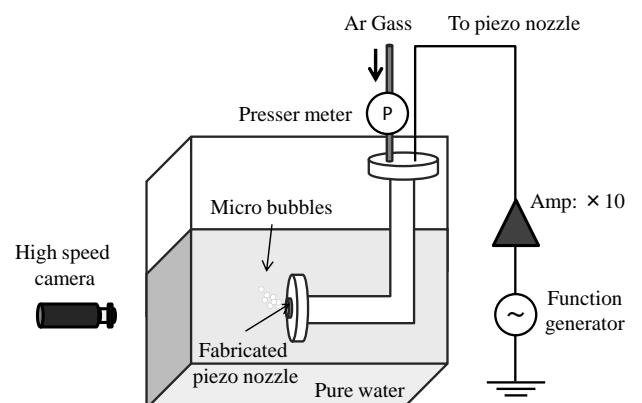


Fig. 2 Experimental system for micro bubbles

ードカメラ (KEYENCE 社製 : VW50) で観測する。

3. 実験結果

Fig. 3 に管内気圧を 5 kPa に設定し, 圧電素子ノズルへ電圧を印加した時のハイスピードカメラ画像によるマイクロバブルの振舞いを示す。0 sec 時に圧電素子へ 150 V, 13 kHz を印加している。印加後 4 sec 後に圧電素子表面から垂直方向にマイクロバブルの粒子群が確認することができる。マイクロバブル粒子群は指向性を有しており, 8 sec 後, 先頭のマイクロバブル粒子群が拡散しているのが分かる。それ以降も圧電素子ノズルから常にマイクロバブル粒子群が放出されていて, ある一定の距離まで進行すると, 拡散している。このバブルのサイズは 20 sec 後も水面に浮上することはない。さらにその後数十秒間水槽内を漂い続けている。

Fig. 4 は圧電素子の印加電圧 125 V 時の各周波数におけるマイクロバブル発生量をハイスピードカメラ画像のコントラスト比から見積もった結果である。結果, 10 kHz 以下, 16 kHz 以上ではバブルの発生が確認でき

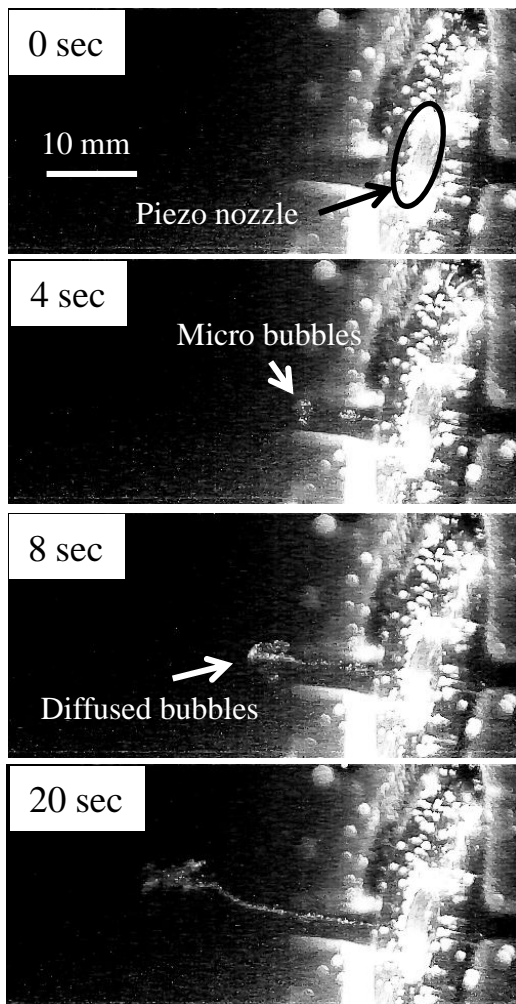


Fig. 3 Growth of micro bubbles

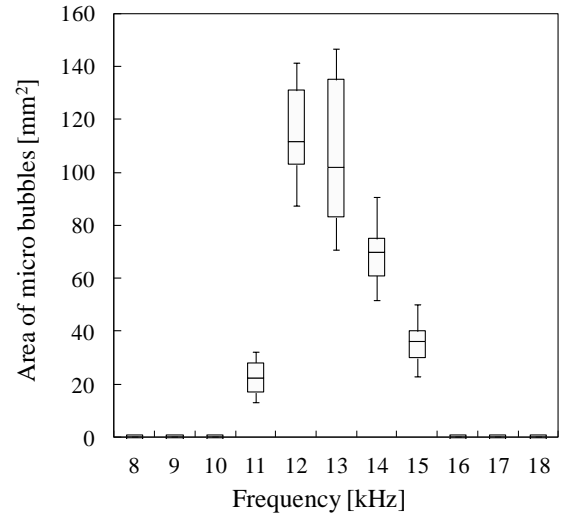


Fig. 4 Relationships between piezo nozzle frequency and micro bubbles area

ず, 11 kHz から 15 kHz の周波数範囲内のみマイクロバブル粒子群の発生を確認した。その中でも周波数が 12, 13, 14 kHz 時, 多量マイクロバブル粒子群発生が表れ, 同時に圧電素子ノズル面に対して垂直方向に指向性をもつマイクロバブル群が確認されている。

4. まとめ

本件では, レーザー照射及び集束イオンビーム加工によって作製した圧電素子ノズルを利用して作製して発生させたバブルの挙動について調査した。管内気圧が 5 kPa の時, 圧電素子ノズルの電圧を印加することで, 指向性を有したマイクロバブルの発生が確認できた。また加える周波数よりマイクロバブルの挙動の変化が観測された。

謝辞

本研究は平成 23 年度日本大学理工学部, 理工学部プロジェクトの“ナノ・マイクロバブルの発生と応用に関する研究”の成果である。

参考文献

- [1] 日本機械学会 : 「マイクロバブル最前線」, pp. 3-4 (2009).
- [2] 胡桃 聡 他 : 「FIB マイクロ加工した圧電振動子ノズルによるマイクロバブル発生」, 平成 24 年基礎・材料・共通部門大会予稿集, pp. 157-162 (2012).