

中空ファイバを用いた Er:YAG レーザ誘起液体ジェットによる衝撃波発生 Shockwave generation by Erbium:YAG laser-induced liquid jet based on hollow optical fiber

東北大工¹, 東北大医工² ◯高橋 恭平¹, 片桐 崇史¹, 松浦 祐司^{1,2}

Graduate School of Engineering Tohoku Univ.¹, Graduate School of Biomedical Engineering Tohoku Univ.²

◯Kyohei Takahashi¹, Takashi Katagiri¹, Yuji Matsuura^{1,2}

E-mail: takahashi_kyohei@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

パルスレーザーを用いたレーザー誘起液体ジェット装置は、パルスレーザーを照射することにより水を瞬間的に蒸発させ、その圧力によりノズル内の水を高圧噴出する装置である。我々のグループでは、レーザーの伝送路として空気をコアとする中空光ファイバを使用し、水の吸収係数の大きい Er:YAG レーザ ($\lambda = 2.94 \mu\text{m}$) を駆動光源として用いることにより、小さなレーザー光出力で高圧力のジェットを生成することに成功した。また、ジェットを水中に対して噴射すると、キャビテーションバブルが発生・崩壊し衝撃波が発生することを確認した[1]。本報告ではレーザー誘起液体ジェットによる衝撃波発生メカニズムの調査と高圧力化のための手法を検討する。

2. キャビテーションバブルによる衝撃波発生メカニズム

本研究で構築した実験系の概略図を図 1 に示す。Er:YAG レーザを用いて誘起した液体ジェットを水槽内に噴射し、その様子を高速カメラを用いて撮影した。また、圧力を測定するためにハイドロフォンをジェット噴射方向に配置した。レーザーのパルスエネルギーは 150 mJ、パルス幅は 250 μs 、ノズル長を 5 mm とし、レーザー光伝送には内径 0.7 mm の中空光ファイバを利用した。

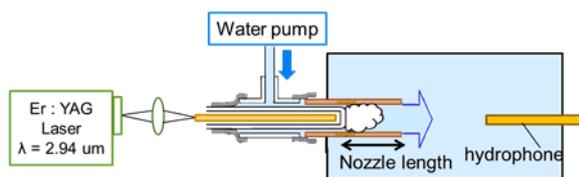


Fig. 1 Schematic of Laser induced liquid jet system.

図 2 にレーザーの照射からバブル発生までのノズル内の様子を示す。まず、キャップ先端からレーザーを水中に照射することにより水蒸気バブルが発生し (60 μs)、次に水蒸気バブルの発生によりノズル内の水が押し出され、その圧力によりノズル先端部にせん断渦キャビテーションバブルが発生する (200 μs)。その後この二つのバブルが合流しており (320 μs)、この合流により高圧力の衝撃波が発生していることが分かった。またノズル長が長い場合は水蒸気バブルとせん断渦キャビテーションバブルが合流しないため、衝撃波圧力が小さくなることが観測された。

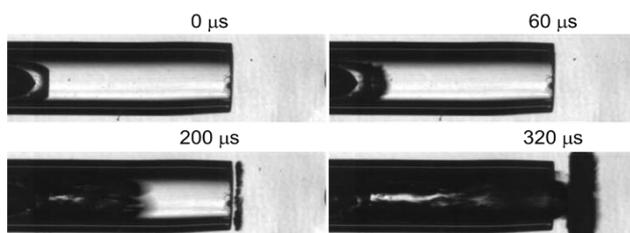


Fig. 2 Appearances of bubbles in nozzle.

3. 反射板による衝撃波の収束

衝撃波を反射・収束させることによる圧力増強を目的とし、反射板をノズル先端に取り付けて実験を行った。反射板として、直径 11 mm のスズ合金製の円柱を直径 7 mm の半球面状にくり抜いた球面型反射板を使用した。

ノズル先端からハイドロフォンまでの距離 z を 2.5 ~ 7 mm まで変化させ衝撃波の圧力測定を行い、20 回の平均値をそれぞれプロットし、反射板の有無による圧力分布を比較した。その結果を図 3 に示す。両者ともにバブルの崩壊位置となる $z = 3.5 \sim 4$ mm の位置で最大値を示し、反射板を用いた場合はその収束効果により、反射板がない場合の 2 倍程度の圧力が得られることを確認した。

今後はより衝撃波の反射に適した反射板を設計し、さらなる衝撃波の高圧力化を目指す。

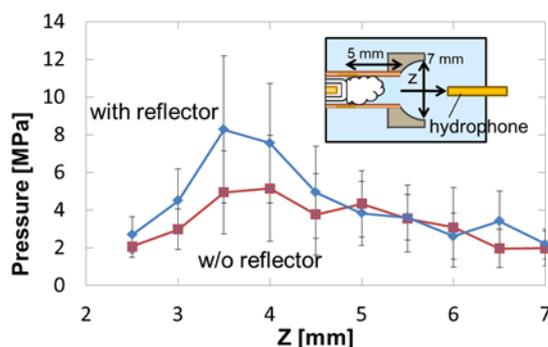


Fig. 3 Shockwave pressure.

[参考文献]

[1] 小村 祐司ほか, “中空ファイバを用いた Er:YAG レーザ誘起液体ジェット装置”, レーザー研究, Vol. 41, pp.946-951 (2013)