

K-11

## DBD プラズマアクチュエータと保炎器による噴流拡散制御の研究 Research on Jet Diffusion Control by DBD Plasma Actuator and Flame Stabilizer

○倉本秀仁<sup>1</sup>, 二宮涼<sup>1</sup>, 清水有羽<sup>1</sup>, 中川寛之<sup>2</sup>, 秋元雅翔<sup>3</sup>, 木村元昭<sup>3</sup>\*Shuto Kuramoto<sup>1</sup>, Ryo Ninomiya<sup>1</sup>, Yu Simizu<sup>1</sup>, Hiroyuki Nakagawa<sup>2</sup>, Masato Akimoto<sup>3</sup>, Motoaki Kimura<sup>3</sup>

Jet phenomena are used for various purposes in industry. In this study, jet control is performed by combining dielectric barrier discharge plasma actuator (hereinafter referred to as DBD-PA) and passive control using a flame stabilizer, and the effect on jet diffusion is investigated. The DBD-PA was controlled by burst driving to generate induced flows in the same direction (UP) and opposite direction (DOWN) as the jet. The circular flame stabilizer was installed near the nozzle outlet. As a result, a lock-in phenomenon occurred and the width of the jet has spread.

### 1. 緒言

スリットやノズルなどの小孔から速度をもった流体が空間中に噴出する現象いわゆる噴流現象は、身の回りで多くの例がみられるだけでなく産業分野ではさらに多種多様な噴流現象が利用されている<sup>[1]</sup>。噴流を制御することで、これらを利用する機器の高効率化および環境への負荷軽減が期待されているため、噴流制御は極めて重要である。今回利用する、誘電体バリア放電（以下 DBD-PA）を用いた噴流制御法は、応答性が早い、小型で軽量、メンテナンスや製作が容易であるなど様々なメリットがあるため期待されている。本実験では、DBD-PA と保炎器を組み合わせることで、噴流拡散にどのような影響があるのか明らかにした。

### 2. 実験装置・方法

本実験では、図 1 に示す噴流と同軸方向に誘起流れを発生させる同軸型 DBD-PA を使用した。実験装置の概略図を図 2 に示す。噴流は内径  $d = 10\text{mm}$  の円形ノズル出口から噴出する。誘電体ノズルの材質はマシナブルセラミックス、電極の材質はリン青銅とし、厚さ  $0.5\text{mm}$  の円筒状に加工したものを使用した。この電極を誘電体にはめ込むことで DBD-PA を構成し、縮流比 9.0 の先細ノズルの先端に配置した。本実験で使用する保炎器は外径  $10\text{mm}$ 、厚さ  $2\text{mm}$ 、内径  $2\text{mm}$  のドーナツ型をしたものである。取り付け位置は、ノズル出口からの距離を  $x$  とすると、 $x = 10\text{mm}$  ( $x/d = 1$ ) となる位置に設置した。実験装置の説明を次に示す。ファンクションジェネレータの波形を高電圧電源に入力し、増幅して DBD-PA に印加電圧  $16\text{kV}$  で印加する。ノズル内電極に高電圧を印加して発生する上向きの誘起流れを UP、下向きの誘起流れを DOWN とし、条件によりどちらか一方を出力する。噴出流体には空気を用い、デジタルマスフローコントローラで噴流を平均流速  $U = 10\text{m/s}$  に調整し、ノズル出口から鉛直上向きに噴出した。

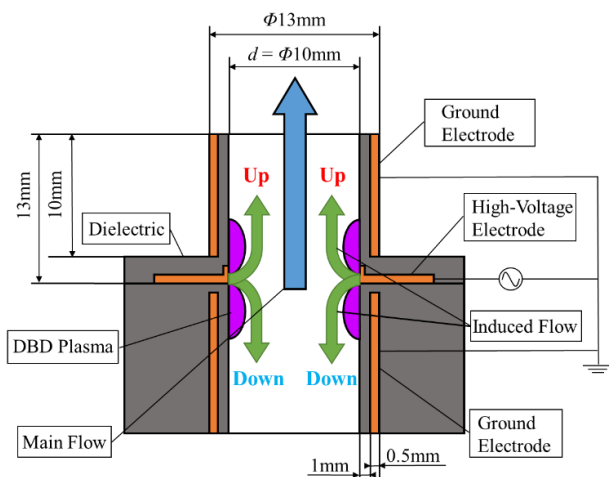


Fig1. Coaxial type DBD-PA

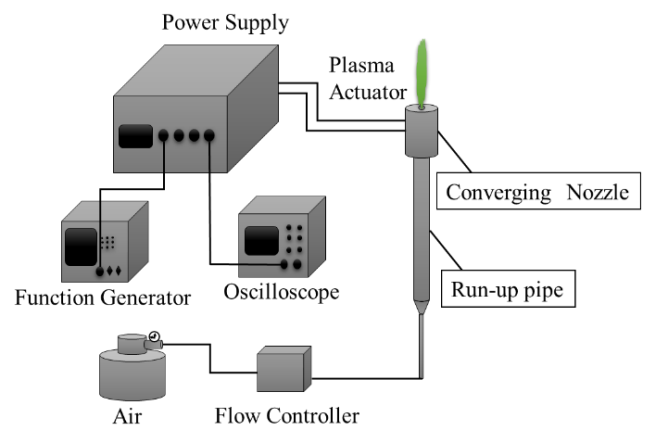


Fig2. Experimental equipment schemat

### 3. 実験結果および考察

外径 10mm, 厚さ 2mm, 内径 2mm の保炎器を設置し, DBD-PA を印加電圧 16kV, 誘起流れ方向 UP の条件で駆動させた噴流に対して PIV 解析を行った結果を図 3 に示す. 尚, DBD-PA は誘起流れが間欠的に発生するバースト駆動を用いた. 速度ベクトル及び渦度は 1 秒間を平均して表示している (渦度は左回りを赤色, 右回りを青色とする). 図 2 で示した実験装置のノズル出口周辺に, 透明アクリルボックスを設置し, 噴流と周囲気体にオイル粒子を充填して撮影を行った. カメラにはハイスピードカメラ (撮影速度: 70000fps), レーザには YAG レーザ (波長: 532nm), トレーサ粒子にはオイル粒子を使用した.

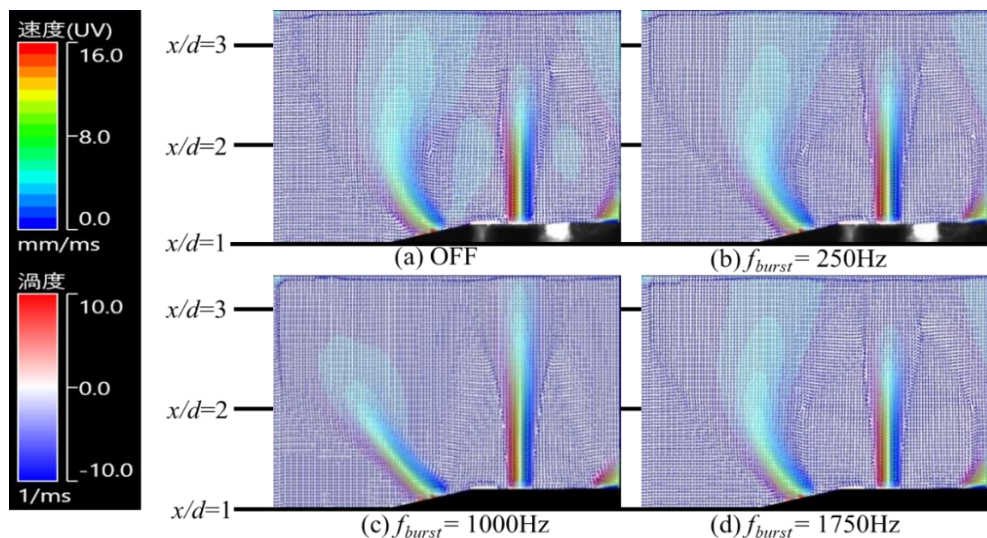


Fig3. Analysis results by PIV

図 3 の (c) に示すバースト周波数  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  では, 可視化動画で渦の発生周波数を数えたところ, バースト周波数と渦の発生周波数が同期するロックイン現象<sup>[2]</sup>が起きていた. したがって, (c)  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  では渦輪を任意の周波数に制御することができる. また, (a) のプラズマをかけていない OFF の条件や, (b)  $f_{burst} = 250\text{Hz}$ , (d)  $f_{burst} = 1750\text{Hz}$  などの条件では  $x/d = 2$  付近を境に渦が循環流 (噴流を噴出した際に保炎器上面に形成される, 外側から保炎器中心方向に巻き込む流れ) にとらわれているが,  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  で駆動した噴流は,  $x/d = 2$  を超えても循環流にとらわれず, 渦がノズル半径方向に広がっており, 噴流幅が拡大していることがわかる.  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  でのロックイン現象では, 渦輪の発生周波数が一定となることで渦輪の間隔も一定となり, より下流でペアリングが行われたため, 渦輪の崩壊が遅れ, 噴流幅が拡大したと考えられる. 一方でロックイン範囲から外れた (b), (d) の条件においては,  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  での条件に比べ, 上流でペアリングが行われることで渦輪の崩壊が早まり, 速度が遅くなった流れが循環流にとらわれたため, 噴流幅が拡大しなかったと考えられる.

### 4. 結論

- 1) DBD-PA と保炎器を用い, 特定のバースト周波数を印加することで, 噴流の拡散が促進される.
- 2)  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  ではロックイン現象が起これ, 渦輪の発生を任意の周波数に制御できる.
- 3)  $f_{burst} = 1000\text{Hz}$  でのロックイン現象では, ペアリングが遅れ, 噴流幅が拡大する.

### 5. 謝辞

一般財団法人パロマ環境技術開発財団研究助成金の支援を受けて研究を実施した. 心より感謝します.

### 6. 参考文献

- [1] 社河内敏彦: 「噴流の拡散とその受動制御」, 日本機械学会誌, 110 巻, 1059 号, pp.128-130, 2007.
- [2] 亀本喬司: 「渦放出とロックイン現象」, ターボ機械, 25 巻, 9 号, pp. 488-496, 1997.