

K3-29

同軸型 DBD プラズマアクチュエータを用いた噴流拡散制御 -同軸二重噴流の拡散制御-

Jet Diffusion Control by a Coaxial Type DBD Plasma Actuator Diffusion Control of Coaxial Round Jet

磯野宏太¹, ○中田潤¹, 萩元洋一¹, 植木英夫², 宮城徳誠³, 木村元昭⁴
Kota Isono¹, Jun Nakata¹, Yoichi Hagimoto¹, Hideo Ueki², Norimasa Miyagi³, Motoaki Kimura⁴

Abstract: In this research, the coaxial type DBD plasma actuator which generates an induced flow in a jet and the direction of the coaxial is studied. We examine the diffusion mixing a simulated air and fuel. For that we examine the impact of the jet from the inner nozzle due to the action of the plasma actuator on the outer nozzle of the coaxial round jet. The shape of the vortex ring was maintained when it was not generated plasma until the downstream of the jet. However, the shape of the vortex ring was broken when it was generated plasma. Inner jet was disturbed by outer jet induced by plasma.

1. 緒言

近年, 大気圧放電により生成されるプラズマを利用した流体制御技術(プラズマアクチュエータ)が大きな注目を集めている^[1]. 従来の実験は主噴流と同軸方向に誘起流れを発生させるプラズマアクチュエータを用いた印加電圧の on, off による間欠制御を行い, 間欠比 *duty* と間欠周波数 f_d を変化させた場合による二酸化炭素の拡散制御を試みている^[2]. 今回の実験では同軸二重噴流の外側ノズルにプラズマアクチュエータを作用させ, 内側ノズルからの噴流にどのような影響が及ぶか実験, 報告する.

2. 実験装置・実験方法

図 1 に外側ノズルの出口に設置する DBD(dielectric barrier discharge)プラズマアクチュエータの寸法を示す. 図2に円形ノズル出口に設置されたDBDプラズマアクチュエータの断面と二重噴流および誘起流れの全体図を示す. DBD プラズマアクチュエータを内径 $d_o=24\text{mm}$ のアクリル製円形絞りノズル(外側ノズル)の出口に設置し, 電源(PSI:PSI-PG1040F)より印加電圧 5kV 前後, 周波数 8kHz の交流電圧を印加する. すると図 2 のようにプラズマが発生し, 誘起流が流れる.

本実験では, 内径 $d_i=10\text{mm}$ のノズル(内側ノズル)と外側ノズルにより二重噴流を成し, 内側ノズルの噴流を誘起された外側の噴流で拡散させる.

図 3 に実験装置概略図を示す. コンプレッサーにより空気を供給しデジタルマスフローコントローラー(山武:CMQ0050)で $Re=2000(3.1\text{m/s})$ の条件で内側ノズルから噴出させた. 外側ノズルは内側ノズルの流速に

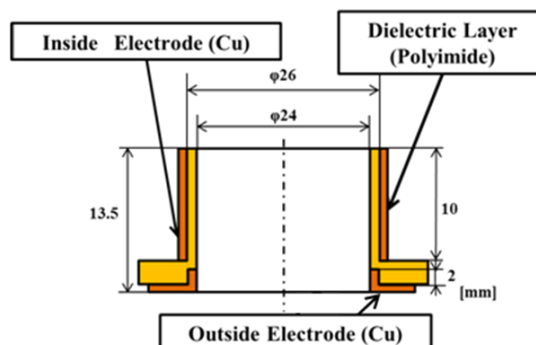


Figure 1. Size of Electrode

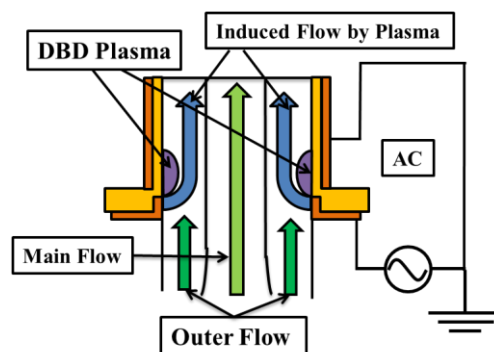


Figure 2. Overall View of Induced Flow

対して, 0.5 から 2 倍までの速度比 α を 0.5 刻みでとり内側噴流と同時に噴出させる. 噴流の可視化には $1\mu\text{m}$ 程度のシード粒子(シェル:オンジナオイル 15)を空気に混入してから内側ノズルより大気中, 鉛直上方に噴出し, Nd:YAG レーザ(Omicron:LA-D40-CW, $\lambda=532\text{nm}$ 最大出力 5.50W)を用いたレーザーライトシート法により内側噴流の中心軸上を可視化し, 高速度カメラ(Photron FASTCAM SA1.1)を用いて噴流への影響を撮影した. また, 撮影条件は 6000fps, 撮影枚数は 3000 枚である.

1 : 日大理工・学部・機械, 2 : 日大理工・院(前)・機械, 3 : 日大短大・教員・機械, 4 : 日大理工・教員・機械

3. 実験結果及び考察

図4にプラズマ off のときの速度比変化別に並べた噴流の可視化画像を示す。渦輪の発生についてだが、内側ノズルの肉厚によって外噴流と内噴流の境界に乱れが生じ渦輪が発生したものと考える。 $\alpha=0.5$ のときと $\alpha=1.0$ のときを比べると渦輪の大きさが異なり、 $\alpha=0.5$ のときのほうが大きな渦輪となり、伸長している。これは内側ノズルの肉厚によるものに加えて内噴流と外噴流の境界でのせん断力が付加され、さらに速度の違い外噴流とのせん断により渦輪の外側が力を受け伸長したと考えられる。逆に $\alpha=1.5, 2.0$ では外噴流のほうが速いため外噴流が外側に巻いていく渦の回転を遮ることとなり渦輪が早期に崩れたと考えられる。特に速度比 $\alpha=1$ では良好な渦輪が発生し、 $x/d_i=7$ 付近まで崩れずに残った。これは内側噴流と同速度の外側噴流の層が渦輪を保護したため、他の速度比では見られなかった良好な渦輪になったと考えられる。

図5にプラズマ on のときの速度比変化別に並べた噴流の可視化画像を示す。速度比 $\alpha=0.5, 1.0, 1.5$ において、発生した渦輪には伸長に加え半径方向への拡大が見られた。この拡大した渦輪が内噴流のポテンシャルコア領域を巻き込み、拡大することによって拡散する。これは、プラズマを作用させた外側ノズル出口付近で小規模渦輪列が発生し、ノズルの半径方向に速度変化が生じたことにより渦輪が拡大し早期の拡散につながったと考えられる。 $\alpha=0.5$ では $x/d_i=4$ 付近、 $\alpha=1.0$ では $x/d_i=6$ 付近、 $\alpha=1.5$ では $x/d_i=6$ 付近でプラズマ off に比べ早く拡散した。ここで、速度比 $\alpha=0.5$ のときプラズマ off 時に比べ早期に拡散し、変化の度合いが最も大きかった。これはプラズマ on の場合、誘導流れにより外側噴流の速度が内側噴流の速度を超過したためだと考えられる。このことから外側噴流のほうが速い速度比の場合はプラズマアクチュエータの影響は少ないと考えられる。

4. 結論

同軸二重噴流を用いた同軸型 DBD プラズマアクチュエータの噴流拡散制御を行い次の知見を得た。

- (1) プラズマ off のとき速度比 $\alpha=0.5, 1.0$ のとき渦輪は下流まで形状が維持され、 $\alpha=1.5, 2.0$ のときの渦輪は発生直後に形状を崩した。これは内噴流と外噴流の境界のせん断によるものである。
- (2) プラズマ on のときはプラズマ off 時より大きな渦輪が発生し、下流に行くにつれさらに拡大した。これはプラズマを作用させた外側ノズル出口付近

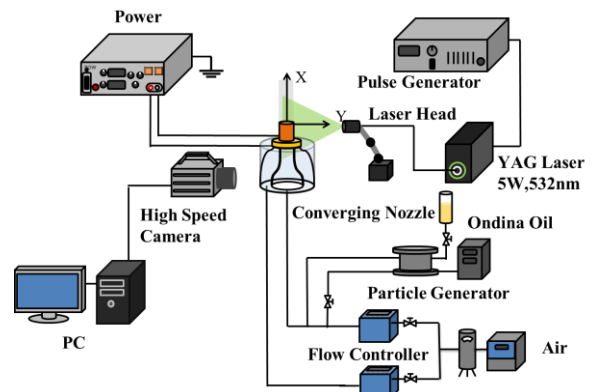


Figure 3. Experimental Apparatus

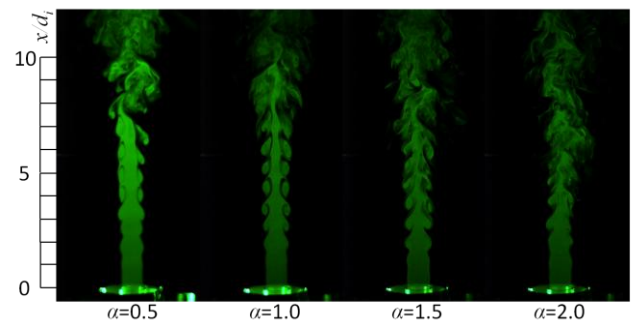


Figure 4. Visualization of Flow by Velocity Ratio Change

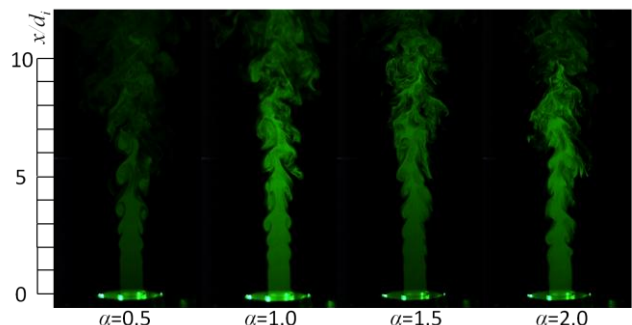


Figure 5. Visualization of Flow by Velocity Ratio Change
(PA : 5kV, 8kHz)

で小規模渦輪列が発生し、その外噴流の影響でノズルの半径方向にも速度変化が生じたためである。

5. 参考文献

- [1] 深淵ら:プラズマアクチュエータの基礎と研究動向, ながれ, Vol.29, No.4, pp.243-250, 2010.
- [2] 植木ら:DBD プラズマアクチュエータによる二酸化炭素噴流の拡散制御, 日本機械学会関東学生会第 53 回卒業研究発表講演会前刷集, N0.301, 2014.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 22560176, 25420132[基盤研究 (C)]の助成を受けたものであり、謝意を表す。