

K2-35

同軸型 DBD プラズマアクチュエータを用いた層流火炎の研究
 Study of the jet flame using a coaxial type DBD plasma actuator

大場祥平¹, ○笠井啓成¹, 北尻拓也¹, 奥山航輝², 吉田幸司³, 木村元昭³
 Shohei Oba¹, *Harunari Kasai¹, Takuya Kitajiri¹, Koki Okuyama², Koji Yosida³, Motoaki Kimura³

Abstract: The jet flame was controlled by this experiment using the coaxial type DBD plasma actuator. In an experiment, the flow of propane and air can be adjusted with a digital flow controller, and it can mix within a chamber. The induced flow by a coaxial type DBD plasma actuator was given to the jet flame. Moreover, the ratio when propane was mixed with air was based on the theory mixture ratio. The impressed voltage is 7kV and 8kV. In this case, an induction flow measures change of the influence which it has on a jet flame by changing an equivalence ratio and voltage.

1. 緒言

我々は火炎形状の制御, 安定性に優れる火炎を維持するために同軸型 DBD プラズマアクチュエータを用いて誘起流れを発生させ, 噴流火炎の制御を行う実験システムを確立した. 本実験は, 予混合気と同軸型 DBD プラズマアクチュエータを用いて速度変化を与えその後着火させる. プロパンと空気の当量比, 電圧を変えて, プラズマ OFF 時と ON 時の炎の状態をハイスピードカメラで撮影した.

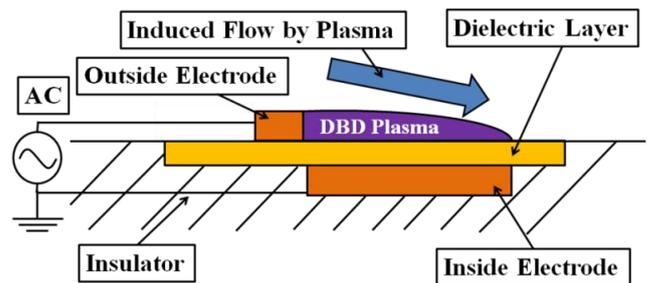


Figure 1. DBD Plasma Actuator

2. プラズマアクチュエータの作動原理

誘電体バリア放電(DBD : dielectric barrier discharge)を発生させる方法としてセラミックス等の誘電体の表裏に薄い電極を図 1 のように壁面上に配置し, 数 kV 程度の交流電圧を印加する. 裏面には内側電極からの放電を抑えるための絶縁処理を施す. そして交流電圧を印加すると DBD プラズマが起こり, 外側電極から内側電極に向かう向きに外力による誘起流れが発生する. この壁面付近に誘起される流れには壁面剪断層の速度分布に影響を与える効果があることが報告されている^[1]. これを用いて燃焼反応直前のプロパンと空気の混合気の変速を変化させ, 火炎の制御を試みる.

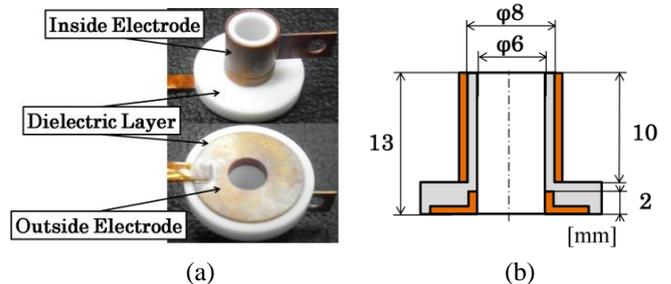


Figure 2. Size of Electrode

3. 実験装置・方法

実験に使用する同軸型 DBD プラズマアクチュエータの構造と各部寸法を図 2 に示す. 筒状の電極と誘電体を図 2(a)のように組み立てる. また, 同軸型 DBD プラズマアクチュエータの電極寸法図 2(b)に示す. 誘電体の材質は絶縁性, 耐熱性を考慮してマシンナブルセラミックス, 外電極と内電極の材質は銅を使用する. 噴流出口の内径は $d=6\text{ mm}$ である. 誘電体の厚さは 1 mm , 内電極と外電極の厚さは 0.5 mm である. 図 3 にアクチ



Figure 3. Photograph of a DBD Plasma Actuator

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・院(前)・機械 3 : 日大理工・教員・機械

ューターとノズルを組み立てた概略図を示す. また同軸型 DBD プラズマアクチュエータの誘起流れによる火炎の制御の概略図を図 4 に示す. 電源(PSI 製: PSI-PG1040F)より印加電圧 $V_i=7\text{ kV}$, 8 kV , 周波数 $f_i=8\text{ kHz}$ の交流電圧を加えてプラズマを発生させ, 誘起流れにより燃料に速度変化を生じさせ火炎の制御を試みた. 表 1 に実験条件を示し, 図 5 に実験装置概略図を示す. 実験ではコンプレッサーから空気を, ガスボンベから工業用純プロパンを供給する. それぞれデジタルマスフローコントローラーにより予混合後層流になるように流量 $Q=2.7\text{ L/min}$ で一定としチャンバー内で当量比 $\phi=0.7\sim 1.3$ 付近で混合させる. その後同軸型 DBD プラズマアクチュエータに電圧を印加し, プラズマによる誘起流れを発生させ, ノズルから予混合気を層流で噴出させ点火する. この方法を各電圧および当量比で行い火炎形状をハイスピードカメラで撮影した.

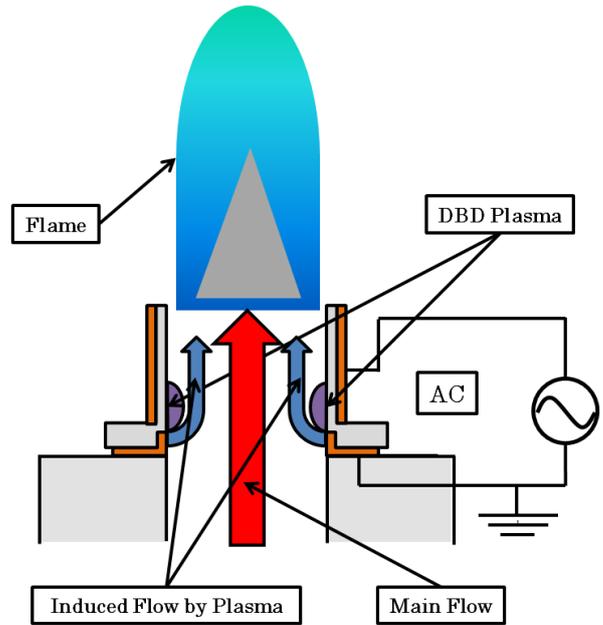


Figure 4. Flame Control by an Induction Flow

4. 実験結果

当量比 $\phi=1$, 印加電圧 7 kV , 8 kV での DBD プラズマ ON 時と OFF 時の予混合火炎の比較画像を図 6 に示す. プラズマ OFF 時は内炎が円錐状になるのに対して, プラズマ ON 時は内炎が円錐状にならず, 常に揺らいでおり歪な形となっている. また印加電圧 7 kV と 8 kV を比較すると, 8 kV の方がより形状変化が大きく, 中心がくぼみ内炎が王冠状になっている. これらは DBD プラズマアクチュエータによって発生した誘起流れによって境界層付近の速度が変化しているためだと考えられる. また印加電圧 8 kV の火炎中心のくぼみについては, 境界層付近の速度が上昇したため, 噴出流量は一定であるので, 中心の速度が減少し内炎が低くなったために発生したのだと考察できる.

5. 結論

DBD プラズマアクチュエータによって発生した誘起流れによって境界層付近の速度が変化した. また, 印加電圧を高くするほど, 中心のくぼみが大きくなり内炎が王冠状となった.

6. 謝辞

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

7. 参考文献

[1] 瀬川:「DBD プラズマアクチュエータによる同軸環状噴流」, ながれ Vol.27, No.1, P.P65-72, 2008.

Table 1. Experimental Condition

Voltage	7 kV, 8 kV
Frequency	8kHz
Fuel	pure propane(97%)
Equivalence ratio	0.7~1.3

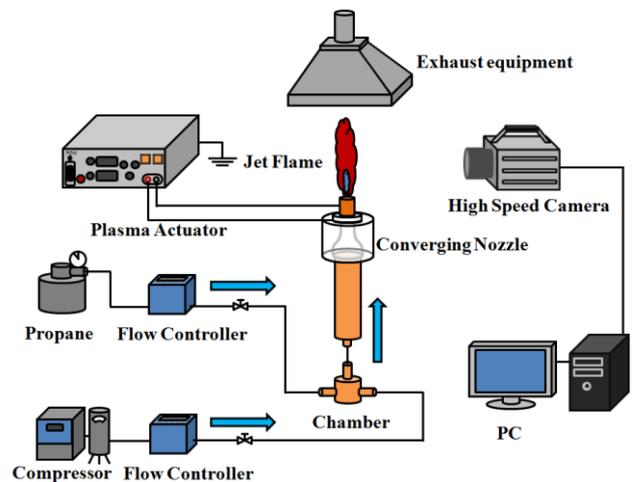
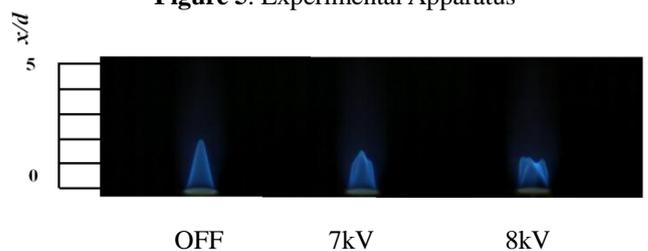


Figure 5. Experimental Apparatus



$\phi=1 f_i=8\text{ kHz}$

Figure 6. Inner Flame Form