

K3-46

同軸型 DBD プラズマアクチュエータを用いた噴流火炎に関する研究 Study on Jet Flame by using a Coaxial Type DBD Plasma Actuator

○飯田講平¹, 細谷祐介¹, 朝倉洵², 木村元昭³
*Kouhei Iida¹, Yusuke Hosoya¹, Jun Asakura², Motoaki Kimura³

Abstract: The maintenance of a steady combustion form is important for effective use of energy, the combustion technology of the fuel consumption reduction and the NOx emission amount decrease. Then, we tried an active control of the jet flame with coaxial type DBD plasma actuator to maintain an excellent flame in the control and the stability of the flame shape. In an experiment, the flow of propane and air is adjusted with a digital massflow controller, it mixes within a chamber and lights by making it blow off from a nozzle. The induced flow by a coaxial type DBD plasma actuator was given to the jet flame. In this case, an induced flow measures change of the influence which it has on a jet flame by changing the frequency and voltage to impress.

1. 緒言

エネルギーの有効活用と燃料消費量低減の燃焼技術に関して、安定な燃焼形態の保持は重要である^[1]。そして燃焼現象とは、熱の移動、物質の移動、そして化学反応の 3 つの複合現象であり、それぞれの速度のバランスが取れていなければ定常であり続けることは不可能である^[2]。このことから流体運動を制御することによって燃焼効率の改善、安全な燃焼形態の保持が期待されている。例として、マイクロガスタービンなどの小型燃焼機では運転範囲が広くレイノルズ数が低い場合には、それに伴った混合不良が予想される。このようなことから低レイノルズ数での流れを制御することで混合・拡散過程を操作し、燃焼特性の改善を行う制御システムが注目される。現在までにはフラップ型マイクロアクチュエータ群による噴流火炎の混合・燃焼の能動制御などが試みられている^[3]。そこで今回、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噴流火炎の能動制御を行う実験システムを確立した。

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、テフロンやセラミックス等の誘電体の裏表に薄い電極を図 1 のように壁面上に配置し、数 kV 程度の交流電圧 (印加周波数, 数 kHz) を印加する。裏面には放電を抑えるための絶縁処理を施す。交流電圧を印加すると同図に示すように DBD プラズマが発生し、外電極から内電極に向けて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は壁面せん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、今回これを噴流火炎の制御に用いる^[4]。

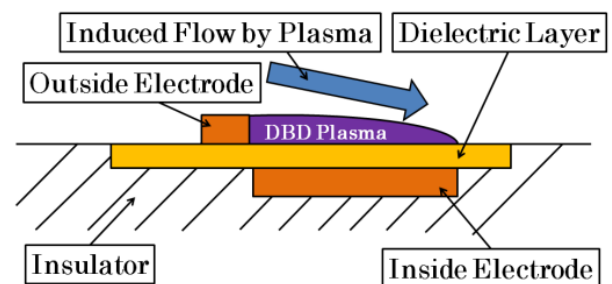


Figure 1. DBD plasma actuator

3. 実験装置・方法

3. 1 同軸型 DBD プラズマアクチュエータ

本研究では噴流火炎の制御に同軸型 DBD プラズマアクチュエータを使用した^[5]。構成部品と組立図は図 2 に示すようになっていて、図 2 (a) は誘電体であり誘電性と耐熱性を考慮して材質はマシナブルセラミックスを使用している。図 2 (b) と図 2 (c) は内電極と外電極で共に銅で形成されている。以上の 3 つのパーツを図 2(d) に示すように組み立てる。図 3 に同軸型 DBD プラズマアクチュエータの各部寸法を示す。電極の内径は、使用するノズルと同じ 6mm とする。内電極長さは 10mm で外電極長さは 2mm となっていて厚さは共に 0.5mm である。外電極と内電極間の誘電体の厚さは 1mm である。図 4 に円形ノズル出口に設置された同軸型 DBD プラズマアクチュエータの断面と主噴流および誘起流れの概略図を示す。内径 $d=6\text{mm}$ のマシナブルセラミックス製軸対称速度均一型絞りノズルの出口に同軸型 DBD プラズマアクチュエータを設置した。電源から交流電圧を加えると同図の位置で DBD プラズマが発生する。この DBD プラズマの発生に伴いノズル内壁面に主噴流と同方向の誘起流れが発生する。この誘起流れを用いて主噴流の拡散制御を試みる。

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



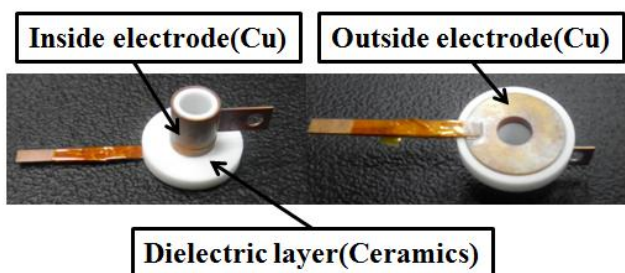
(a) Dielectric layer



(b) Inside electrode



(c) Outside electrode



(d) Assembly figure

Figure 2. Coaxial type DBD plasma actuator

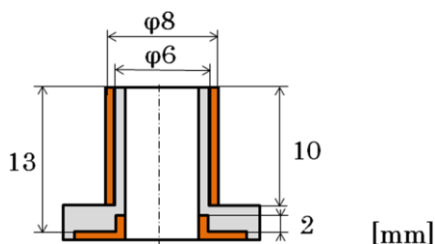


Figure 3. Size of DBD plasma actuator

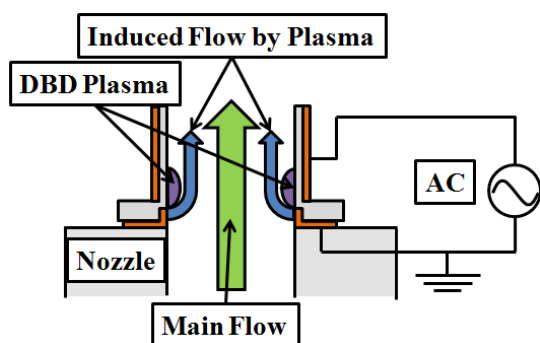


Figure 4. Overall view of induced flow

3. 2 実験装置

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供給し，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って一定の流量を設定し，チャンバー内で混合させる．混合気体をノズルから噴出させ点火す

る．点火した後に同軸型 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，噴流火炎に影響を与える．誘起流れの発生が与える噴流火炎の形状変化をハイスピードカメラで撮影する．

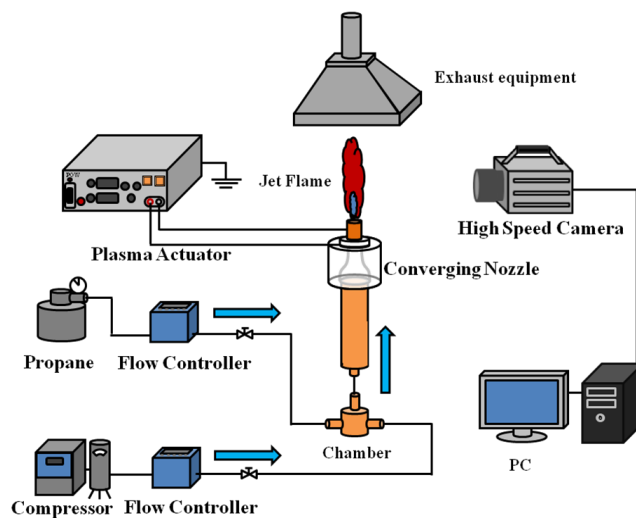


Figure 5. Experimental apparatus

4. 今後の予定

今後の方針として次のことを予定している．実験条件としてプロパンと空気の当量比と流速，同軸型 DBD プラズマアクチュエータに印加する電圧及び周波数，以上 4 つのパラメータの変化が噴流火炎に与える影響を測定する．測定方法として直接撮影法以外にシュリーレン法を用いて火炎の形状を撮影することも予定している．

5. 謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究(c)，課題番号：22560176）による．特記して深く感謝の意を表す．

6. 参考文献

- [1] 檜垣守正：「浮き上がり火炎の研究」，昭和 61 年．
- [2] 新岡嵩，河野通方，佐藤順一：「燃焼現象の基礎」，平成 13 年．
- [3] 鈴木雄二，笠木伸英，斎木悠：「マイクロアクチュエータによる噴流火炎の能動制御」，日本機械学会誌 2007.2 Vol.110 No.1059．
- [4] 瀬川武彦，吉田博夫ら：「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．
- [5] Jun Asakura：Jet Flow Control by a Coaxial Type DBD Plasma Actuator, 5th Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, 2012.