K-57

模擬バイオガスを用いた燃焼に関する研究
― DBD-PA の誘起流れが火炎に与える影響 ―
Research on combustion using simulated biogas
-Effect of DBD-PA induced flow on flame-

○丸裕太朗[1]，　吉田優人[1]，　今村惠祐[1]，　蓮沼拓斗[2]，　秋元雅翔[3]，　木村元昭[3]
Yutaro Maru[1], Yuto Yoshida[1], Keisuke Imamura[1], Takuto Hasunuma[2], Masato Akimoto[3], Motoaki kimura[3]

Abstract:In this experiment, a coaxial double-tube nozzle with pseudo-biogas from the inner nozzle and air from the outer nozzle was used with two DBD-PAs and a flame retention device to suppress the ignition oscillation of pseudo-biogas and contribute to carbon neutrality. The experiment also aims to clarify how the induced flow generated by the DBD-PA causes changes in the floating flame. The experimental methods were flame visualization and jet flow visualization.

１．研究内容・目的

近年,環境破壊を抑制するために有効な燃料として注目されているバイオガスだが,エネルギー効率が約10～20%と再生可能エネルギーの中でも低い水準である.また,CO_2を40%ほど含有しているため失火しやすいという点も課題としてあげられる.

本実験では,2 重管の内外各々にプラズマアクチュエータ（PA）を用いて,パラメータの振動数を変化させることでバイオガスにおける失火抑制と燃焼範囲の拡大を実現し,熱エネルギー増大を目指す.

また,ノズル内径を 8 mm から 10 mm,外径を 16 mm から 18 mm に変更することで,DBD-PA による燃焼の制御範囲拡大も企てる.これによりバイオガスの用途拡大を目的とする.

２．実験装置・方法

本実験に使用したDBD-PAを有するノズルの概略図をFigure1に示す.ここで,バイオガスはCO_2とCH_4を2:3の割合で混合し模擬化して用いる.

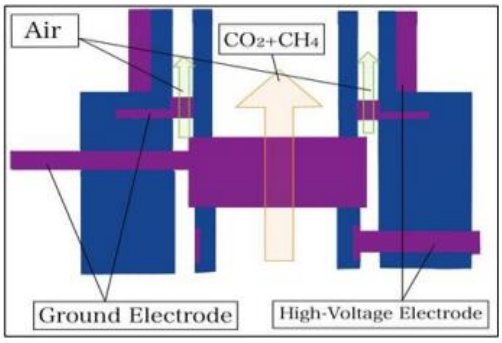


Figure1. DBD-PA schematic diagram

コンプレッサから外側ノズルに空気を,内側ノズルに模擬バイオガスをフローコントローラを介して供給し噴流させる.ここで,本実験で使用する保炎器は外径 10 mm,内径 2 mm,厚さ 2 mm をした円盤型である.取り付け位置は,ノズル径出口からの距離を 10 mm に設置した.また,内側ノズル内径は 10 mm,外側ノズル内径は 16 mm である.また,流速は内側 10 m/s,外側 3 m/s,流量は 18 l/min である。

火炎点火後に内側の DBD-PA に電圧 13 kV,周波数 300~800 Hz,外側の DBD-PA に電圧 16 kV,周波数 300~600 Hz をそれぞれ印加する.加えて DBD-PA の有効性を確認するために DBD-PA OFF も施行する.これをハイスピードカメラを用いて各周波数における火炎の形状を撮影し,Dipp-Macro II のソフトを用いて浮き上がり火炎の燃焼部の面積変化を解析し,その度合いを標準偏差によって数値化する.

３．実験結果

３．１火炎の可視化実験

Figure2,DBD-PAの周波数を変化させたときの浮き上がり火炎の振動の変化をまとめた.また,Figure3に火炎の振動の様子を示す.いずれも左から順に0,2,4 s時の火炎の様子を示す.

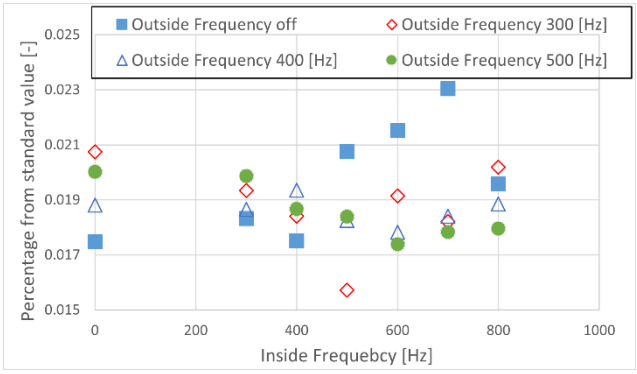
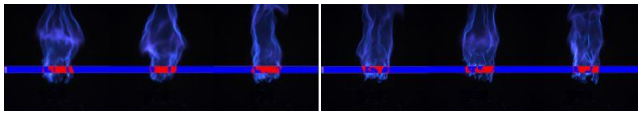


Figure2. The relationship between frequencies extracting from inside and outside and standard deviation

１：日大・学部・機械　２：日大・院（前）　３：日大理工・教員・機械



InsideOFF-Outside OFF　Inside500 Hz-Outside200 Hz

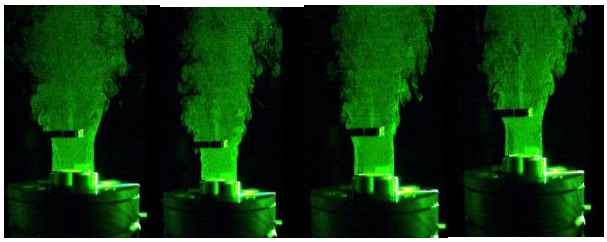
Figure3. The state of a flame vibrating

Figure2の結果から，,InsideOFF-OutsideOFFと比較した結果,ほとんどの値がOutsideOFFの標準偏差を下回っておらず,PAによる制御ができていないことがわかった.

３．２　噴流の可視化実験

実験で撮影した噴流の様子をFigure.4に示し,ノズル先端より5mmの地点にて発生する渦輪のフレーム数を確認し,以下の式より渦輪の周波数を算出し,Table.1に示す.

$$渦輪の発生周波数Hz = \frac{可視化フレームレート(=30000\ fps)}{渦輪の平均発生間隔\ フレーム数}$$



InsideOFF　Inside400 Hz Inside600 Hz　Inside800 Hz
OutsideOFF OutsideOFF　OutsideOFF　OutsideOFF

Figure.4 The jet flow analysis

Table.1 The vortex generation frequency

Conditions[Hz]	Frequency[Hz]	Standard Deviation[-]
InsideOFF-OutsideOFF	837/456	215/189
InsideOFF-Outside300	652/521	245/180
InsideOFF-Outside400	718/404	294/371
InsideOFF-Outside500	633/471	226/121
Inside300-OutsideOFF	785/581	177/320
Inside400-OutsideOFF	740/399	166/194
Inside500-OutsideOFF	848/511	200/207
Inside600-OutsideOFF	572/228	221/86
Inside700-OutsideOFF	562/386	192/103
Inside800-OutsideOFF	572/503	236/220

さらに,Table.2にInsideOFF-OutsideOFFの渦輪の発生周波数と標準偏差との比較のため,InsideOFF-OutsideOFFから得られた値をそれぞれ分母にとったものを示す.

Table.2 The comparision of swich-OFF and switch-on

Conditions[Hz]	Frequency[Hz]	Standard Deviation[-]
InsideOFF-OutsideOFF	1.000	1.000
InsideOFF-Outside300	0.682	1.197
InsideOFF-Outside400	0.968	0.697
InsideOFF-Outside500	0.732	1.642
Inside300-OutsideOFF	0.736	0.486
Inside400-OutsideOFF	1.010	0.752
Inside500-OutsideOFF	0.904	0.849
Inside600-OutsideOFF	1.367	2.259
Inside700-OutsideOFF	0.793	1.639
Inside800-OutsideOFF	0.620	0.943

Table2 の結果から,黄色い箇所のように標準偏差がOutsideOFF-InsideOFF に比べ著しく下がったものの,Figure.4 より, InsideOFF-OutsideOFF の時点で噴流幅が狭く,PA 制御後も噴流幅の違いがみられなかったため,標準偏差が小さくなったからといって,必ずしも制御したとは言い切れないため,噴流の制御を行うことができなかった.

４．考察

火炎,噴流共にOutsideOFF-InsideOFFの標準偏差と比較して,PAで制御している箇所の標準偏差が大きくなった.これは,Figure４と前年度との比較により,保炎器の内径とノズル内径の大きさを一致させたことだと考えられる.

５．結論

今回の実験において,PAを用いて制御ができなかった。

６．今後の展望

今後の展望として,保炎器の内径を大きくすること,設置高さの変更を加えることにより,無制御時よりも火炎の拡散を抑えることを目指す.

７．参考文献

[1] 深潟康二 山田俊輔 石川仁：「プラズマアクチュエータの基礎と研究動向」,ながれ 29 日本流体力学会誌,pp.243-250,2010 年

[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.488-496,1977 年