

K-35

DBD プラズマアクチュエータを用いたバイオガスの失火抑制 Biogas ignition suppression using DBD plasma actuators

岡本安珠郎¹, 〇小林雅弥¹, 高島悠斗¹, 蓮沼拓斗¹, 原田憲二郎¹, 秋元雅翔², 木村元昭²
Anjuro Okamoto¹, Masaya Kobayashi¹, Yuto Takashima¹, Takuto Hasunuma¹, Kenjiro Harada¹, Masato Akimoto², Motoaki Kimura²

The study aims to contribute to carbon neutrality by achieving more efficient suppression of misfire during biogas combustion using a plasma actuator (DBD-PA) in a circular nozzle design. A plasma actuator was used in the nozzle to achieve efficient suppression and reduce carbon dioxide while increasing energy. The experiment involved supplying methane and carbon dioxide to the inner nozzle while air was supplied to the outer nozzle. The results showed that operating the inner DBD-PA achieved better flame shape control and stability, with 700Hz being the most stable frequency. Further research for optimizing the inner nozzle's frequency and jet width is recommended.

1. はじめに

近年、環境破壊を抑制するために有効的な燃料として注目されているバイオガスは、二酸化炭素を40%程度含むため失火しやすいことが課題である。本研究は、2つのプラズマアクチュエータを用いてより効率的な失火抑制を実現し、二酸化炭素を削減しつつ熱エネルギー増大をすることでバイオガスを用いたカーボンニュートラルに貢献することを目的とする。

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。

バイオガスは二酸化炭素とメタンで疑似化して用いる。コンプレッサから外側ノズルに空気を、内側ノズルに疑似バイオガスをフローコントローラを介して供給し、疑似バイオガスを10[m/s]、空気を3[m/s]で噴流させる。

火炎点火後に内側のDBD-PAに電圧13[V]、周波数400~700[Hz]、外側に、電圧16[kV]、周波数100~600[Hz]をそれぞれ印加する。加えて、DBD-PAの有効性を確かめるためにDBD-PA OFFも施行する。

各周波数における火炎の形状をハイスピードカメラで撮影する。

撮影したデータからDipp-Macro IIのソフトを用いて、ノズル径の5倍の高さの位置を中心とし、146.8~162.8[mm]の範囲の浮き上がり火炎の振動を解析し、その度合いを標準偏差によって数値化する。

3. 実験結果

実験で得られた標準偏差をDBD-PA OFFの時の基準を1としてまとめた結果をTable1に示す。

また、そこから縦軸に基準値からの割合、横軸に外側の周波数を取り、内側のDBD-PAありの場合となしの場合を比べた結果をFigure2に示す。

この結果から、DBD-PAを用いた火炎制御において周波数に差があるものの内側も稼働させた2の方が制御されていた。

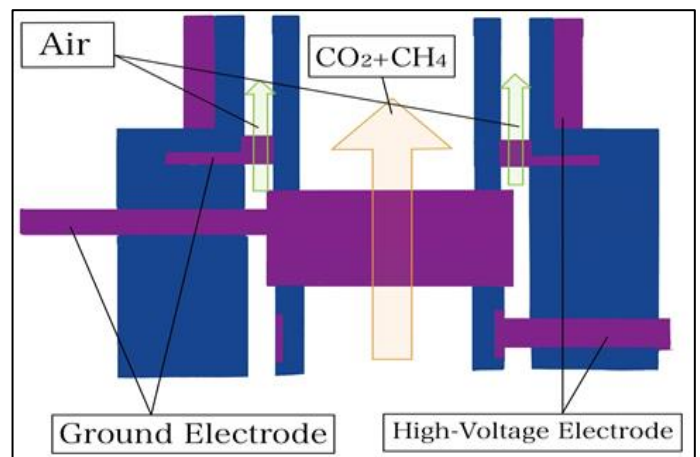


Figure1. DBD-PA schematic diagram

これは、2つのDBD-PAがそれぞれのノズル内の噴流を制御できていることを示し、1つの時よりも有効性があることを確認できた。

また、内側の周波数は600, 700[Hz]の数値がDBD-PA OFFの基準値から差が少なくなり、これを超えると基準値との差が広がった。外側の周波数については300[Hz]の時が他の外側の周波数に比べて基準値との差が少なくなった。

外側の周波数は300[Hz]が有効であるとみられ、これは発生した渦輪の周波数とバースト周波数が一致した時に起きるロックイン現象というものが生じている可能性があると考えられる。

噴流の可視化から

$$\text{渦輪の発生周波数[Hz]} = \frac{\text{可視化フレームレート}(=20000[\text{fps}])}{\text{渦輪の平均発生間隔}[\text{fps}]}$$

を用いて渦輪の周波数が305[Hz]と結果から得られた300[Hz]の値と近いことがわかった。

このことからロックイン現象が生じる範囲が火炎制御において有効的であると考えられる。

また、内側の周波数も同じように噴流の可視化から600, 700[Hz]と500[Hz]の時を比べると600, 700[Hz]ではロックイン現象が確認され500[Hz]では確認されなかった。

600, 700[Hz]が500[Hz]よりも火炎制御に適しているのは、循環流が関係している可能性があると考えられる。

今後は、外側と内側の噴流にロックイン現象が発生すると浮き上がり火炎の振動が抑制される要因を明らかにする。

4.結論

- [1] 2つのDBD-PAを使用することで火炎の振動が制御される
- [2] 火炎の制御にはロックイン現象と循環流が関係している。

5.参考文献

- [1] 深淵康二 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

Table1. Experimental results

Inside Frequency [Hz]	Outside Frequency 0[Hz]	Outside Frequency 100[Hz]	Outside Frequency 200[Hz]
0[Hz]	1	0.9	0.91
400[Hz]	0.75	0.7	0.73
500[Hz]	0.78	0.66	0.76
600[Hz]	0.75	0.59	0.62
700[Hz]	0.69	0.6	0.63
800[Hz]		0.62	0.63
900[Hz]		0.74	0.77
Inside Frequency [Hz]	Outside Frequency 300[Hz]	Outside Frequency 400[Hz]	Outside Frequency 500[Hz]
0[Hz]	0.73	0.86	0.97
400[Hz]	0.69	0.69	0.81
500[Hz]	0.73	0.69	0.74
600[Hz]	0.58	0.59	0.65
700[Hz]	0.68	0.64	0.62
800[Hz]	0.66	0.63	0.71
900[Hz]	0.76	0.74	0.74
Inside Frequency [Hz]	Outside Frequency 600[Hz]		
0[Hz]	1.03		
400[Hz]	0.76		
500[Hz]	0.82		
600[Hz]	0.66		
700[Hz]	0.56		
800[Hz]	0.68		
900[Hz]	0.69		

