

K2-42

## 定在音場が拡散火炎に与える影響 Influence of standing acoustic fields on diffusion flame

○石井航太<sup>1</sup>, 秋田滋文<sup>1</sup>, 齊藤允教<sup>2</sup>, 田辺光昭<sup>3</sup>\* Kota Ishii<sup>1</sup>, Shigefumi Akita<sup>1</sup>, Masanori Saito<sup>2</sup>, Mitsuaki Tanabe<sup>3</sup>

Abstract: To solve the mechanism of flame holding using standing acoustic fields, we focused on diffusion flame. In this study, to clarify influence of standing acoustic fields, diffusion flame temperature was measured by thin wire pyrometry on each sound pressure. To ignite effect of flame transition for deep direction, two-dimensional burner form a two-dimensional flame was used. Hydrogen was employed fuel. As a result, increase in diffusion flame temperature was confirmed in standing acoustic fields around flame holding point. It seems that mass transfer was activated by sound pressure in standing acoustic fields.

### 1. 諸言

現在、ガスタービンエンジンの燃焼過程で排出される NO<sub>x</sub> の排出抑制が強く求められている。NO<sub>x</sub> を抑制する方法として燃焼温度を下げる方法がある。しかし、燃焼温度を下げるために、燃焼器の一次領域へ導入する空気の割合を大きくする必要がある。その結果、圧力損失が増加し、効率が低下してしまう。そこで、新たな保炎方法として音に着目した。

これまでの研究から、音による保炎機構を明らかにする試みが V 字火炎を用いて行われており、現在までに V 字火炎の端部が音によって上流側へと移動し、保炎点となることが明らかとなった。また、V 字火炎に音を印加することにより、端部の拡散火炎部の温度が上昇すると考えられている<sup>[1]</sup>。

そこで、我々は定在音場内での保炎に大きく影響していると考えられている拡散火炎のみに注目した。よって、定在音場内での拡散火炎全体にわたる温度分布を得ることにより、音圧による拡散火炎への影響を定性的に検証していく。実験に際し、奥行き方向の火炎の影響を取り除くために、火炎を二次元的に定在させる実験装置として二次元バーナを用いた。二次元バーナにより拡散火炎のみを二次元的に形成し、定在音場において音圧の変化による拡散火炎の挙動を観察および SiC ファイバによる高温測定を実施し検証した。

### 2. 実験装置及び方法

Figure1 に実験装置を示す。実験装置は、二次元バーナと音響系で構成されている。二次元バーナは廣田ら<sup>[2]</sup>の文献を参考に作成し、出口径は 40×60 mm である。共鳴管はステンレス製で、長さが 400 mm である。共鳴管の両端にスピーカを正対させる。音圧はピエゾ抵

抗型差圧センサによって速度振動の節の位置で測定した。水素の火炎は SiC ファイバを用いて可視化した。なお、相関色温度測定は JISZ8725 に準拠しており、解析に用いた RGB 値は画像の 5 枚平均である。

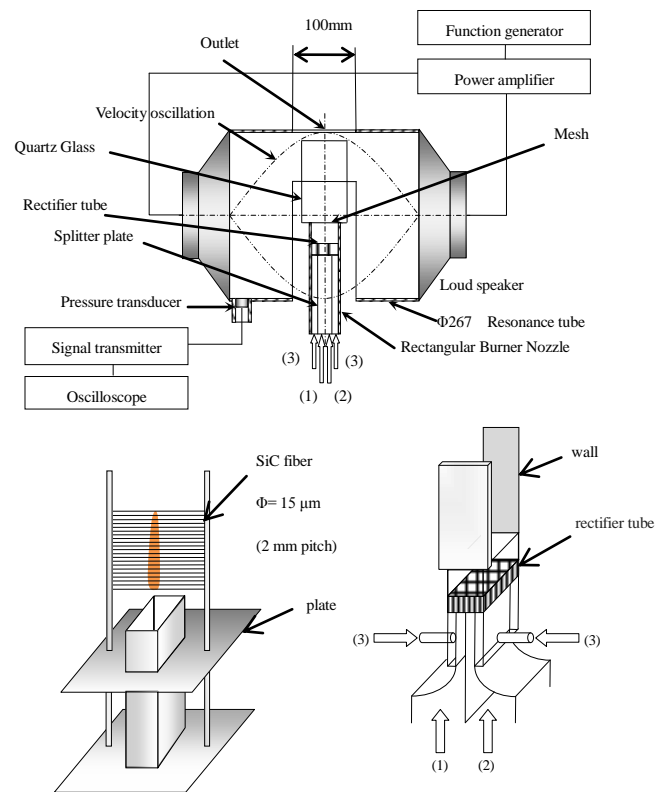


Figure1. Schematic of experimental apparatus  
(1)Hydrogen-Air mixture, (2)Air, (3)Nitrogen for co-flow

次に実験方法を述べる。(1)に空気と水素の予混合気(窒素希釈率 77 %mol), (2)に空気, (3)に窒素を、それぞれ流量を調節し流入する。予混合気は十分に混合したのち、二次元バーナに供給し、常温、大気圧の下で

1 : 日大理工・学部・航宇 2 : 日大理工・院(後)・航宇 3 : 日大理工・教員・航宇

拡散火炎を形成させる。予混合気の当量比は  $\phi=3$ 、ノズル出口流速  $U_V$  は 0.7 m/s とした。スピーカから正弦波形の音波を出し、火炎位置に対して速度振動の腹の位置が一致するように定在音場をつくる。共鳴周波数  $f$  は、1/2 波長で共鳴するように約 0.5 kHz とした。火炎が定在されている状態で音圧をそれぞれ 0.08 kPa, 0.16 kPa, 0.24 kPa, 0.4 kPa と変化させて火炎形状を撮影した。映像はスチルカメラを用いて、直接撮影により取得した。なお、窒素の希釈率  $x$  は

$$x = [N_2] / ([O_2] + [H_2] + [N_2]) \quad (1)$$

で定義した。括弧で示した変数は各成分におけるモル分率である。

### 3. 実験結果及び考察

Figure 2 にスチルカメラより取得された火炎形状を示す。

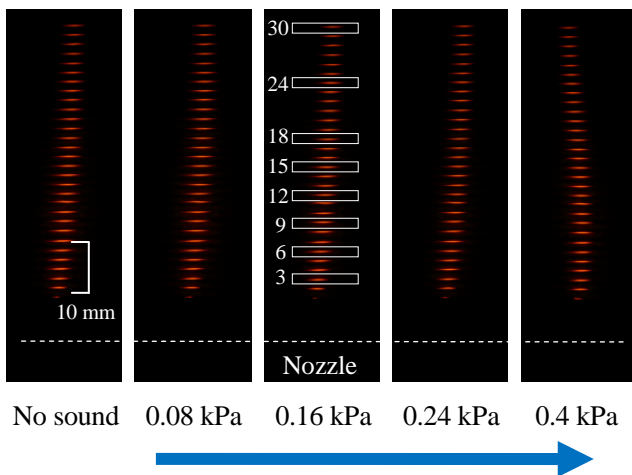


Figure 2. Flame shapes visualized by SiC fiber

( $\phi=3$ ,  $U_V=0.7$  m/s,  $f=0.5$  kHz,  $P_s=0\sim 0.4$  kPa, Exposure time: 0.07 ms)

各音圧での相関色温度の最大値の分布を作成した。分布を作成するにあたり、SiC ファイバに上流側から 1~30 まで番号をつけた。なお、Figure 2 の白線で囲まれている部分の番号は温度分布作成するにあたり、輝度および高温測定の解析に使用した SiC ファイバの番号である。

Figure 3 より、保炎点に近い 3 番のファイバ付近では音圧の上昇に伴い温度が上昇している。一方、下流側の 30 番のファイバ付近では、音圧の上昇に伴い温度が減少している。これより、音を印加することにより物

質の伝達が活発になり、保炎点付近では燃焼反応が活発となり音なしと比べ温度が上昇していると考えられる。また、下流付近では燃焼後の物質が周囲の空気を活発に取り込むことにより音なしと比べて温度が減少していると考えられる。

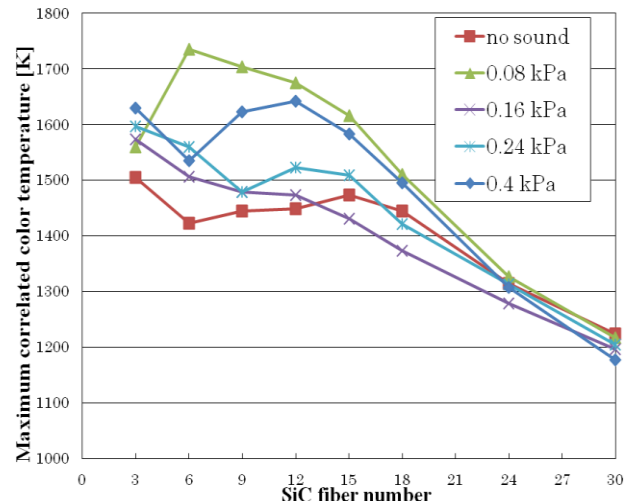


Figure 3. Maximum correlated color temperature

### 4. 結論

・ 拡散火炎は定在音場において音圧の上昇に伴い、物質の伝達が活発になると考えられる。

### 5. 参考文献

- [1] M. Saito. et. al : “Study on flame holding-and behavior of the partially premixed V-shaped flame edge in standing acoustic fields”, 5<sup>th</sup> Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, 2012
- [2] M. Hirota. et. al : “Burning velocity of triple flames with gentle concentration gradient”, Proceedings of the Combustion Institute, vol. 31, pp893–899, (2007)