

実験力学会 2015 年次講演会
に参加して

森田 良介
Ryosuke MORITA

機械システム工学専攻修士課程 1年

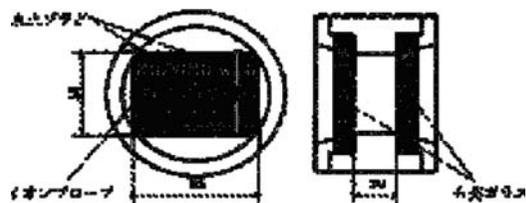


Fig. 1 定容燃焼器

1. はじめに

2015年8月28, 29日に新潟大学工学部で開催された日本実験力学会2015年次講演会に参加し、「定容燃焼器における伝ば火炎に関する研究」というテーマで、口頭発表を行った。

2. 目的

炭化水素系燃料が燃焼するとき、イオン化学反応により火炎反応帯の近傍にはイオン濃度の高い領域が形成され、火炎には電氣的性質があることが知られている。その性質を利用した火炎反応帯近傍のイオンの計測にイオンプローブ法がある。

また、燃焼器の壁面付近には消炎層が存在していることが知られており、燃焼器壁面をその融点より高い温度の火炎から守る役割を果たしている。消炎層を測定する方法としては、熱電対を使用して計測した壁面の温度変化から推定する方法や、ホログラフィー干渉法で計測した温度分布から推定する方法などがあるが、これら方法では、火炎の予熱帯と反応帯の区別が難しいという問題がある。

そこで本研究では、イオンプローブを用いて燃焼器壁面近傍の消炎現象を明らかにすることを目標として、火炎面の挙動とイオン電流の関係を明らかにすることを目的とした。

3. 実験装置及び方法

本研究で使用した定容燃焼器の概略図を Fig. 1 に示す。燃焼室の大きさは縦 55 mm, 横 95 mm, 奥行き 30 mm である。燃焼室の両面には石英ガラスが取り付けられており、火炎が伝ばする様子を外側から確認できるようになっている。

実験に使用した燃料はプロパンで、プロパン-空気混合気の当量比 Φ は 1.1 とした。混合気は燃焼室上部より充填圧 0.05 MPa で充填した。

充填した混合気は、燃焼器の右側に設置した点火プラグで着火した。着火により発生した火炎面は、燃焼器の左側へと伝ばした。火炎面が伝ばする様子は、高速度カメラ (Photron FASTCAM_APX RS, 6000 fps) で撮影した。

イオンプローブは燃焼器の左側面から挿入した。イオンプローブの受感部となる素線には白金線を使用し、素線を絶縁するために石英ガラス管で被覆し、さらに真ちゅう管で被覆した。白金線の直径は 0.1 mm, 受感部の長さを 1.0 mm とした。イオンプローブの計測点は、燃焼器の左壁面より 0.1~30 mm の 11 箇所である。

燃焼器を補償電極 -12 V として、イオンプローブの受感部に流れるイオン電流は 200 k Ω の抵抗で電圧に変換し、DC アンプで増幅したのち、A-D 変換器を介してコンピュータに記録した。イオン電流波形のサンプリング周波数を 1 MHz とした。

4. 実験結果及び考察

本研究で得られた燃焼室内を火炎が伝ばする様子を Fig. 2 に示す。点火プラグは図の右側に設置している。時刻は、点火プラグにスイッチを入れた時を基準 (0 msec) とし、画像下部の数値は点火後の時刻を示している。点火後、 $t=0\sim 11$ msec の時火炎面は点火プラグの周りを円状に伝ばする (a)。そして、 $t=11$ msec で火炎は燃焼器の上下壁面に到達する (b)。その後、火炎面は左側へと伝ばし、 $t=32$ msec で左壁面に到達する (c)。

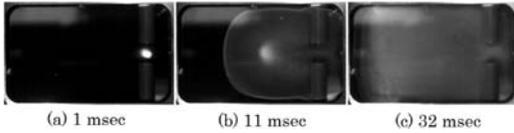


Fig. 2 燃焼器内の火炎伝ばの様子

定容燃焼器内を火炎面が伝ばする際の火炎伝ば速度が変化している様子を調べるために点火後の時刻と火炎の位置の関係を Fig. 3 に示す. ここで D [mm] は, 点火プラグから火炎面先端までの距離である. また第 2 軸 (右軸) に火炎面先端と燃焼室左壁面との距離を L [mm] として表している. Fig. 3 では, 傾きが火炎伝ば速度となる. 時刻 $t=0 \sim 11$ msec では, 4.4 m/s である. $t=11$ msec ($D=48$ mm, $L=27$ mm) のときに火炎伝ば速度が 1.3 m/s に変化した. この変化は, Fig. 2 (b) の火炎面が燃焼室壁面上部に到達したときに一致する. 更に $t=32$ msec ($D=75$ mm, $L=0$ mm) のときに火炎伝ば速度が 0 m/s になった. これは Fig. 2 (c) の火炎面が燃焼室左壁面に到達したときに一致している. つまり, 火炎伝ば速度は, 燃焼室壁面の影響を受けることが分かった. 一般的に火炎面は, 壁面による冷却効果により, 消炎に至ると考えられている.

壁面による火炎面のイオン電流への影響を調べた. Fig. 4 に燃焼室左壁面からの距離とイオン電流値の関係を示す. 燃焼室左壁面からの距離 $L=27$ mm でイオン電流値が低下する. この結果も Fig. 2

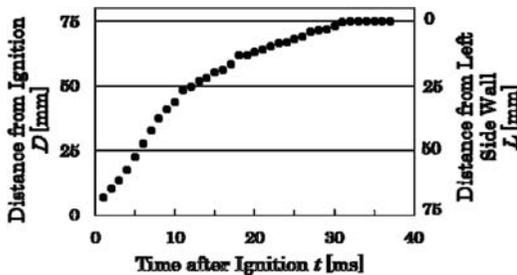


Fig. 3 点火後の時刻と火炎の位置の関係

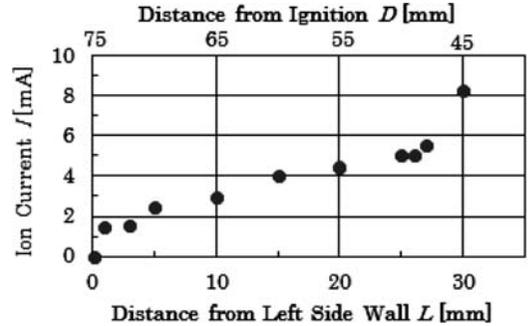


Fig. 4 左壁面からの距離とイオン電流値の関係

(b) の火炎面が燃焼室壁面上部に到達したときに一致する. その後, 燃焼室左壁面に近づくにつれて, イオン電流値が減少し, 左壁面から 0.1 mm の位置ではほぼ 0 になる. このことより, 消炎層の厚さは 0.1~1 mm の間であると推測できる. 0.1~1 mm の範囲でイオン電流の計測位置を増やすことにより, より詳細な消炎層の厚さを検討できる可能性があることが分かる.

5. 結論

本研究では, イオンプローブを用いて燃焼器壁面近傍の消炎現象を明らかにすることを目標として, 火炎面の挙動とイオン電流の関係を明らかにすることを目的とした. その結果,

- (1) 火炎面が燃焼室壁面に近づくと, 火炎伝ば速度およびイオン電流値が減少すること
- (2) イオン電流計測により, 消炎層の厚さの傾向のある程度見積もることができる可能性があることなどが明らかになった.

6. おわりに

初めての学会発表のため, 非常に緊張しましたが, とても貴重な経験をすることができました. ご指導いただいた野口佳樹先生には深く御礼申し上げます.