

K2-30

プラズマジェット点火における高温噴流が希薄予混合気の燃焼促進に与える影響
The Influence of Hot Gas Jet on Combustion Enhancement for Lean Mixture in Plasma Jet Ignition

井手大輔¹, ○韓怡翀¹, 申健¹, 趙敏¹, 佐々木亮², 吉田幸司³
Daisuke Ide¹, *Yichong Han¹, Jian Shen¹, Min Zhao¹, Ryo Sasaki², Koji Yoshida³

This study clarified the influence of hot gas jet on the combustion enhancement effect in plasma jet ignition. The hot gas jet was ejected after the plasma jet finished injecting. The hot gas jet and combustion processes were visualized and combustion pressure was measured. Both initial flame kernel and hot gas jet were similarly developed in initial stage of combustion. The combustion enhancement effect and the hot gas jet velocity were increased as the characteristic length increased, although the plasma existing duration decreased. Therefore the combustion enhancement effect of plasma jet ignition was mainly caused by the hot gas jet.

1. はじめに

火花点火機関の希薄混合域燃焼における確実な着火及び燃焼促進方法にプラズマジェット点火がある⁽¹⁾. 従来の研究において, 燃焼促進効果の要因は, 高温のプラズマによって発生する活性種とプラズマジェットの噴流効果によるとされている⁽¹⁾. 本研究では, プラズマジェット噴出後にイグナイタから噴出する高温噴流に着目し, 高温噴流が希薄予混合気の燃焼促進に与える影響を実験的に明らかにすることを目的とした.

2. 実験装置及び方法

燃焼容器は直径 80 mm, 厚さ 40 mm の円筒形であり, イグナイタは底部に取り付けた. 図 1 にイグナイタ形状を示す. イグナイタは円筒形キャビティ, 円形オリフィス及び中心電極から構成され, キャビティ直径 3 mm, 深さ L は 3, 4, 5, 6, 7 mm, オリフィス直径 D は 1, 2, 3 mm とした. 放電エネルギー E は 0.1 μF のコンデンサに印加電圧 7.1, 10, 14 kV にて充電し, 2.5, 5, 10 J とした. また, 通常点火は放電間隔 1.5 mm, 放電

エネルギー 2.5 J とした. ここで, 放電を開始する有孔球ギャップ間隔は, 短絡を避けるため放電エネルギー 2.5 J では 4 mm, 5 J では 4 及び 6 mm (以下 5 J-4, 5J-6 とする), 10 J では 6 mm とした. 高温噴流は常温, 大気圧力の空気を燃焼室に充填し非燃焼の下で発生させ, 燃焼実験では当量比 0.6 のプロパン-空気予混合気を常温, 大気圧にて充填した. 高温噴流及び燃焼過程は, シュリーレン法にて可視化し, 燃焼圧力も測定した.

3. 実験結果及び考察

表 1 に, 高温噴流及び火炎伝ば過程を時系列に示す. 燃焼初期において, 高温噴流と火炎核の形状はほぼ同様であり, キャビティ深さが大きく, オリフィス直径が小さな場合に高温噴流の成長及び燃焼が促進される.

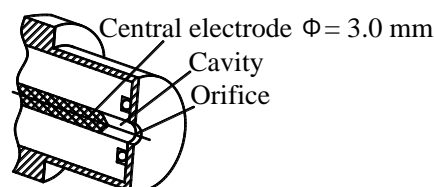


Fig.1 Igniter configuration.

Table1 Image of diffusion flame development process.

Time ms	C.C.	Supplied energy E = 5J-6				Orifice diameter D = 1 mm						
		Orifice diameter D = 1 mm		Cavity depth L = 7 mm		Cavity depth L = 7 mm						
		L = 3 mm	L = 7 mm	D = 1 mm	D = 3 mm	E = 5 J-6		E = 10 J				
0.1												
0.3												
0.5												
1.0												

C.C.: Conventional combustion. Left side shows hot gas jet and right side shows combustion in each condition.

図 2 に燃焼圧力を示す。オリフィス直径が小さくキャビティ深さが大きい場合に著しい燃焼促進効果が示される。これは、オリフィス面積が小さい場合はオリフィス効果によって高温噴流の噴射速度が増加したため、またキャビティ容積が大きい場合は高温噴流の噴射量が増加したためと考えられる。

図 3 に火炎及び高温噴流高さの時間的变化を示す。火炎及び高温噴流高さとは、イグナイタから火炎及び高温噴流の最高点までの距離であり、各高さは燃焼室直径で除して無次元化した。キャビティ容積が大きい場合に高温噴流は早期に伸展し、火炎核の成長は速い。オリフィス直径が大きくなると、火炎の成長は早期に鈍化する。これは、オリフィス開口面積の増加により高温噴流噴出が早期に終了するためと考えられる。

図 4 にイグナイタ特性長さ L^+ に対する高温噴流噴射速度、プラズマ存在期間及び燃焼促進率を示す。イグナイタ特性長さ L^+ は、キャビティ容積をオリフィス開口面積で除したものである⁽¹⁾。高温噴流噴射速度は、高温噴流が一定速度で進行すると仮定して、高温噴流が燃焼室対向壁面に到達する時刻と燃焼室直径から求めた。燃焼促進率 ϕ は $\phi = 1 - t/t_{con}$ と定義し、 t はプラズマジェット点火を用いた場合の燃焼期間、 t_{con} は通常燃焼期間である。特性長さが大きくなるに従いプラズマ存在期間は減少するものの、高温噴流噴射速度及び燃焼促進率は増加する。また、燃焼促進効果は放電エネルギーの影響をほとんど受けない。プラズマ存在期間は非常に短いことから、プラズマジェット点火において高温噴流が燃焼促進に影響を与えたと考えられる。

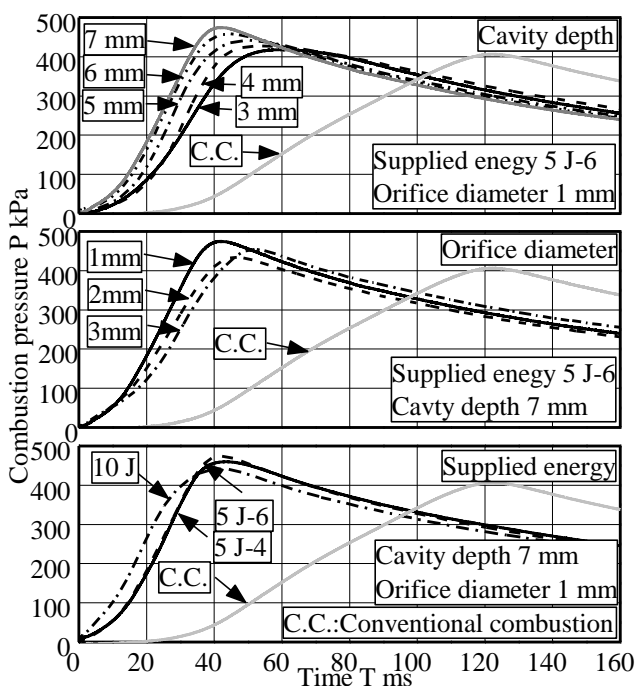


Fig.2 Combustion pressure records.

4. 結論

燃焼初期において火炎核は高温噴流と同様に成長し、特性長さが増加すると、高温噴流速度が増加し、燃焼が促進されるものの、プラズマ存在期間は減少する。また、プラズマ存在期間は燃焼期間と比較して非常に短いことから、プラズマジェット点火において、高温噴流が燃焼促進に影響を与えたと考えられる。

5. 参考文献

[1] Cetegen, B. et al., SAE Paper 800042, 1980.

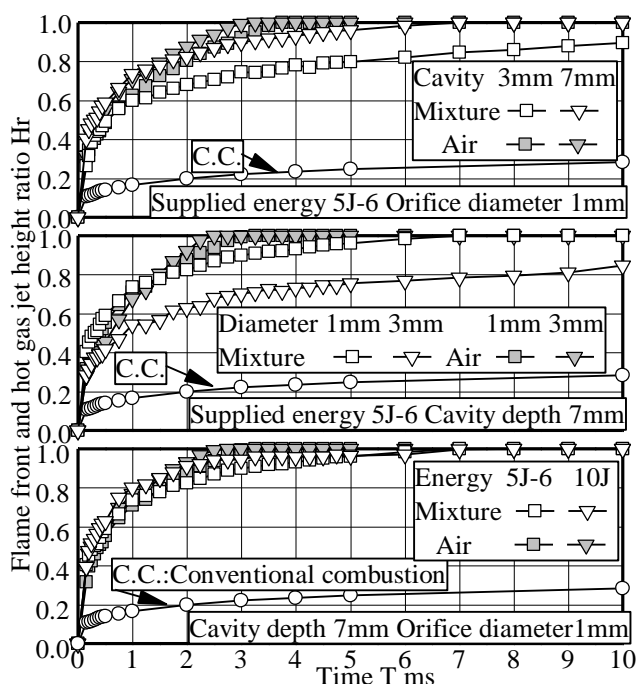


Fig.3 Development of flame front and hot gas jet.

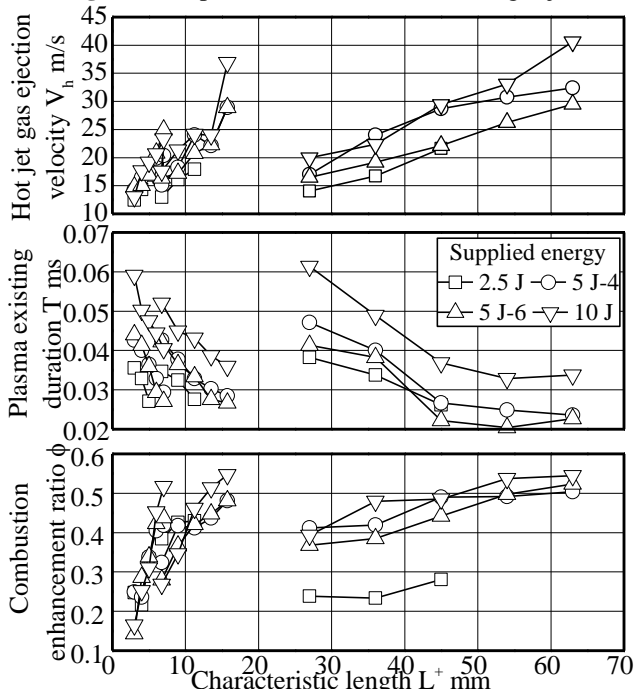


Fig.4 Relationship between combustion enhancement effects and characteristic length of igniter.