

プラズマジェット点火における高温噴流の成長過程 Hot Gas Jet Growth Process in Plasma Jet Ignition

川村勇介¹, ○下田純也¹, 高飛¹, 吉田幸司²

Yusuke Kawamura¹, Junya Shimoda¹, Kou Hi¹, Koji Yoshida²

This study clarified the influence of high voltage discharge on development of hot gas jet and plasma luminescence. Hot gas jet growth duration and ejection velocity increased as the electrical energy increased, however the electrical energy had almost no influence on the plasma luminescence. In case where the same electrical energy was stored in different capacity capacitances, the hot gas jet ejecting velocity and the maximum plasma luminescence area ratio increased and the hot gas jet ejected effectively for small capacity capacitance, because the high voltage discharge early finished. Therefore, large electrical and small capacitance is desirable for hot gas jet generation.

1. まえがき

火花点火機関の希薄混合域燃焼の確実な着火及び燃焼促進法にプラズマジェット点火がある⁽¹⁾。従来の研究では、プラズマジェット点火の燃焼促進効果は、プラズマジェットによる初期火炎核の拡大、高温プラズマによって発生する活性種による化学反応の促進、プラズマジェット噴出による流体力学的効果によると考えられていた。本研究では、プラズマジェット噴出終了後にイグナイタから噴出する高温噴流も燃焼促進に影響を与えることを見出した⁽²⁾。本報告では、プラズマジェット発生のための高電圧放電が高温噴流とプラズマ発光の成長に与える影響を実験的に明らかにした。

2. 実験装置及び方法

燃焼容器は、直径 80mm、厚さ 40mm の円筒形であり、イグナイタは底部に取り付けた。イグナイタは円筒形のキャビティ、円形オリフィス及び中心電極から構成される。キャビティは直径 3.0 mm、深さ 5.0 mm、オリフィス直径は 1.0 mm とした。放電エネルギーは、静電容量 0.01 及び 0.02 μF のコンデンサに充電電圧 10 から 20 kV にて充電し、1.0 から 2.0 J とした。表 1 に、実験に使用した印加電圧と放電エネルギーを示す。

実験において、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、シュリーレン法を用いて可視化した。プラズマ発光も同様の条件において非燃焼の下で発生させ自発光を測定した。また、放電電圧及び電流波形も測定した。

Table 1. Supplied energy

Capacity μF	Supplied energy J					
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.01	14.1	15.8	16.7	17.8	18.9	20
0.02	10.0	10.9	11.8	12.6	13.4	14.1

3. 実験結果及び考察

図 1 上段に放電エネルギー 1.0 J、コンデンサ静電容量 0.01 μF 、中段及び下段に放電エネルギー 2.0 J とし静電容量 0.01 μF 、コンデンサ静電容量 0.02 μF の場合に測定した放電電圧電流波形及びプラズマジェット発光面積比を合わせて示す。発光面積は燃焼室断面積で除して無次元化し、プラズマジェット発光面積比とした。プラズマの発光は放電の開始と同時に観察され、放電電

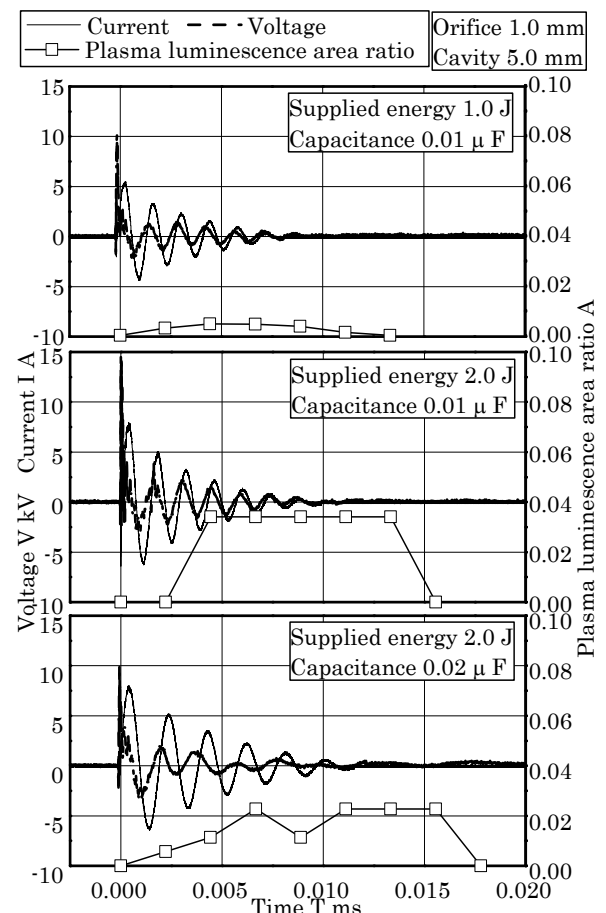


Figure 1. Electrical discharge and plasma luminescence.

庄, 放電電流は時間の経過に従って減少するものの, プラズマジェット発光面積比は増加し, 放電終了後もプラズマの発光が観察される. よって, 放電によってキャビティ内部に生成されたプラズマがジェットとして噴出すると考えられる. 放電エネルギーが小さな場合及びコンデンサ静電容量が大きい場合にプラズマ発光面積比の最大値は若干小さく, 発光期間は若干長い. よって, 放電エネルギーが小さく, コンデンサ静電容量が大きい場合にプラズマジェット成長は鈍化する.

図 2 に, プラズマ発光存在期間及び最大プラズマ発光面積比を放電エネルギーに対して示す. 放電エネルギーは, プラズマ発光存在期間及び最大プラズマ発光面積比にほとんど影響を与えない. これは, キャビティ容積に対して放電エネルギーが過少であるためと考えられる. 同一放電エネルギーにおいてコンデンサ静電容量が小さい場合, プラズマ存在期間は短く, 最大プラズマ発光面積比は大きい. これは, 短時間で放電が終了するためプラズマ存在時間は短く, また単位時間当たり

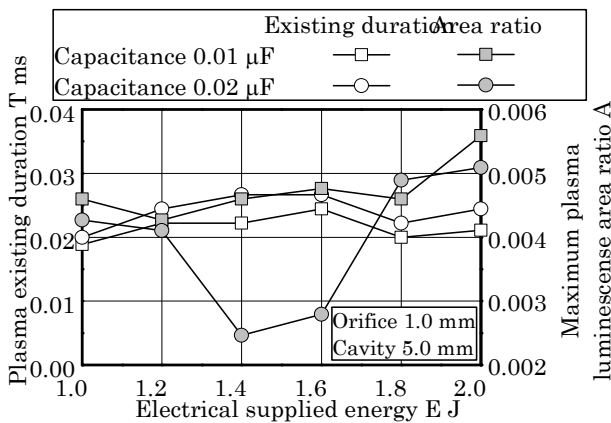


Figure 2. Relationship between plasma jet and electrical supplied energy.

Table 2. Hot gas jet growth process.

ms	Orifice 1.0 mm, Cavity 5.0 mm			
	Capacitance 0.01 μF		Supplied energy 2.0 J	
	Supplied energy		Capacitance	
	1.0 J	2.0 J	0.01 μF	0.02 μF
0.3				
0.5				
1.0				

に多くの電気的エネルギーが放出されるため最大プラズマ発光面積比は拡大すると考えられる.

表 2 に, 高温噴流可視化画像を時系列に示す. 同一コンデンサ静電容量において, 放電エネルギーが大きい場合に高温噴流の成長が早く, 長期間存在する. また, 同一放電エネルギーにおいてコンデンサ静電容量 0.01 μF の場合, コンデンサ静電容量 0.02 μF の場合と比較して高温噴流の成長が早い. これは, コンデンサ静電容量が小さい場合にプラズマ発光面積が大きく, プラズマによる高温噴流の噴出が促進されたためである.

図 3 に, 高温噴流成長期間及び高温噴流噴射速度を放電エネルギーに対して示す. ここで, 高温噴流成長期間とは, 高温噴流高さの成長が停止するまでの時間である. 高温噴流成長期間及び高温噴流噴射速度は放電エネルギーの増加に従って増加する. また, 同一放電エネルギーの場合, コンデンサ静電容量が小さいと, 高温噴流噴射速度は増加するものの, 高温噴流成長期間は減少する. これは, 放電期間が短いためキャビティ内空気に急速に電気エネルギーが与えられるためである.

4. 結論

放電エネルギーはプラズマ発光にほとんど影響を及ぼさないものの, 放電エネルギーが大きい場合に高温噴流の成長が早く, 存在期間が増加する. また, コンデンサ静電容量が小さい場合に高温噴流速度が増加する. よって, プラズマジェット点火における高温噴流の成長には, 小さなコンデンサ静電容量に高電圧にて充電し, 大きい放電エネルギーにて放電することが望ましい.

5. 参考文献

[1] J. Lawton, et al., Nature, 193, p.736-738, 1962
 [2] R. Sasaki, et al., SAE Paper 2012-32-0001, 2012

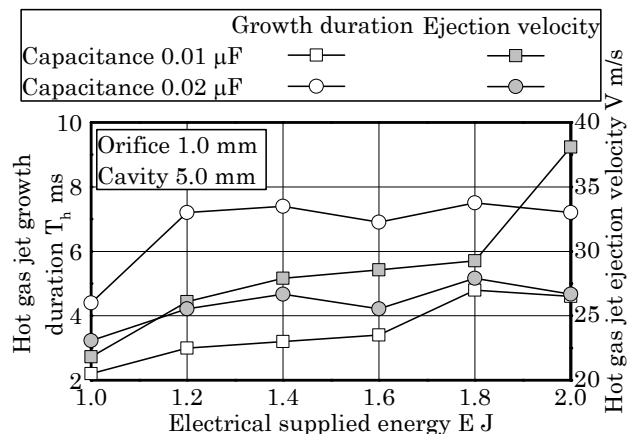


Figure 3. Hot gas jet growth duration and ejection velocity as a function of electrical supplied energy.