

## 火花点火機関におけるサバテサイクルの実現に関する研究

## The Realization of Combined Cycle for Spark Ignition Engine.

紙岡翔<sup>1</sup>, ○鈴木健太<sup>1</sup>, 柳澤翔太<sup>1</sup>, 吉田幸司<sup>2</sup>Syou Kamioka<sup>1</sup>, \*Kenta Suzuki<sup>1</sup>, Syouta Yanagisawa<sup>1</sup>, Koji Yoshida<sup>2</sup>

Abstract: Purpose of this study is to operate spark ignition engine by the combined cycle and both lean combustion and direct fuel injection were applied. The combustion of lean mixture was corresponded to constant volume combustion. The direct injected fuel was burned with remained oxygen after the lean combustion and this was corresponded to constant pressure combustion. The lean mixture was charged in the vessel and the fuel was injected by using the high voltage electrical discharge. The combustion pressure gradually increased by the constant volume combustion and then the constant pressure combustion was appeared.

## 1. まえがき

高速圧縮着火機関はサバテサイクルで作動し、無制御期間に NOx や燃焼騒音が発生する。本研究では、火花点火機関をサバテサイクル<sup>[1]</sup>で作動することを提案する。すなわち、希薄予混合気を火花点火で着火し定容燃焼させ、希薄燃焼で残留した酸素で燃焼する分量の燃料を気筒内に直噴し、定圧燃焼を発生させる。これにより、定容燃焼期間が予混合燃焼になるため制御が可能となり、急速な圧力上昇を抑制できる。また、希薄燃焼により高圧縮比とでき、熱効率が向上する。

## 2. 実験装置及び方法

燃焼容器は、直径 80 [mm]、厚さ 40 [mm]の円筒形である。点火及び燃料噴射用イグナイタは、直径 1.5 [mm]の円形オリフィス、円筒形のキャビティ及び放電電極からなる。キャビティに燃料を充填し、高電圧放電で希薄予混合気を点火し、同時に燃料を噴射した。放電エネルギーは静電容量 0.01 [μF]のコンデンサに 7.1 及び 10 [kV]にて充電し、2.5 及び 5.0 [J]とした。混合気は n-ペンタン-空気予混合気で、当量比は 0.6 から 1.0 まで 0.1 毎変化させた。噴射燃料は iso-オクタンで、噴射量は希薄混合気中の燃料と合わせて当量比 1.0 となるようにした。燃焼はシュリーレン法で可視化し、ハイスピードカメラで撮影した。また、燃焼圧力を測定した。

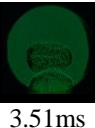
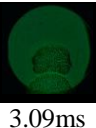
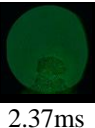
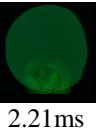
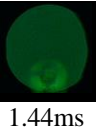
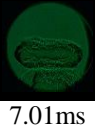
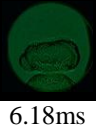
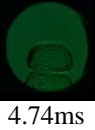
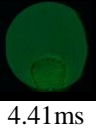
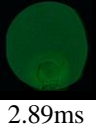
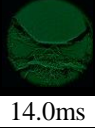
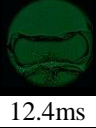
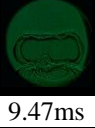
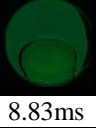
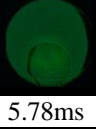

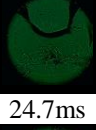
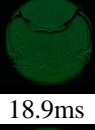
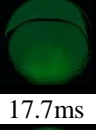
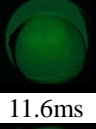
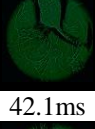
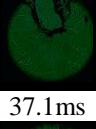
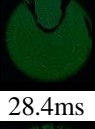
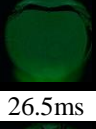
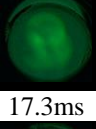
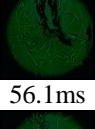
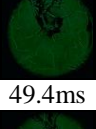
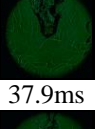
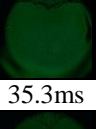
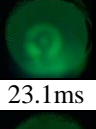
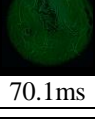
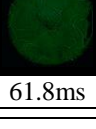
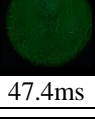
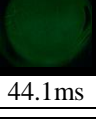
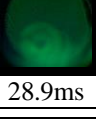
## 3. 実験結果及び考察

表 1 に、火炎伝ば過程を最大燃焼圧力に達した時の燃焼期間に対する 5 から 100 [%]時にて示す。放電により希薄混合気の点火と燃料噴射を同時に行うため、点火直後の火炎核は、イグナイタから燃焼室内に燃料噴射方向に伸長し、その後、火炎は燃焼室壁面に沿って伝ばする。キャビティへの燃料投入量が増加すると、

燃焼初期における火炎の成長が促進され、初期火炎核が拡大する。これは、燃料噴射によって局所的な混合比が濃くなり、量論比に近づくためと考えられる。

図 1 に、燃焼室中心で測定した着火点から火炎面までの距離と燃焼室に空気を充填し燃料のみを噴射した場合の貫通距離を時間に対して示す。但し、各距離は燃焼室直径で除し無次元化した。燃料のみを噴射した場合は、火炎面が存在する場合より貫通距離が伸長す

Table 1 Images of flame development process at 5.0J.

	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
5%					
	3.51ms	3.09ms	2.37ms	2.21ms	1.44ms
10%					
	7.01ms	6.18ms	4.74ms	4.41ms	2.89ms
20%					
	14.0ms	12.4ms	9.47ms	8.83ms	5.78ms
40%					
	28.1ms	24.7ms	18.9ms	17.7ms	11.6ms
60%					
	42.1ms	37.1ms	28.4ms	26.5ms	17.3ms
80%					
	56.1ms	49.4ms	37.9ms	35.3ms	23.1ms
100%					
	70.1ms	61.8ms	47.4ms	44.1ms	28.9ms

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・教員・機械

る。これは、火炎及び既燃ガスは高温であり粘度が高いため、噴射された燃料の貫通が阻害されたためと考えられる。よって、噴射された燃料は既燃ガス内にとどまり、拡散燃焼していると考えられる。

図 2 に燃焼圧力波形を示す。当量比 1.0 の場合、線形的に圧力が上昇する。燃料噴射をした場合、圧力上昇を示した後、燃焼圧力波形は一旦なだらかになり再び上昇する。この変曲点にて拡散燃焼が開始したものと推察される。よって、希薄予混合気による定容燃焼と燃料噴射による定圧燃焼が実現された。

図 3 に火炎面積比を時間に対して示す。火炎面積比は、火炎面投影面積を燃焼室面積で除し無次元化した。燃焼圧力波形と同様、希薄混合気に燃料を噴射すると、火炎面積比の増加に変曲点が示され、変曲点後は拡散燃焼の発生により火炎面積比はなだらかに増加する。

図 4 に最高燃焼圧力と燃焼期間を混合気の当量比に対して示す。噴射する燃料量の減少に従って、最高燃焼圧力は増加し、燃焼期間は減少する。また、放電エネルギーが大きい場合に燃焼期間は短縮する。これは、放電エネルギーが大きいと燃料の噴射速度が速くなり、拡散燃焼が促進するためと考えられる。しかし、最高燃焼圧力は放電エネルギーの影響をほとんど受けない。

図 5 に燃焼促進率を混合気の当量比に対して示す。燃焼促進率は、燃料噴射のない場合とある場合の燃焼時間  $t_0$  及び  $t$  から  $\phi = 1 - t/t_0$  と定義する。燃焼促進率は、どの当量比においても放電エネルギーが高い場合に高く、混合気が希薄になるに従って向上する。よって、燃料を噴射することで燃焼促進効果が期待できる。

4. 結論

希薄混合気に高電圧放電を用いて、予混合燃焼と燃料直接噴射を行うことで、燃焼容器内で定容燃焼と定圧燃焼が実現できた。よって、火花点火機関をサバテサイクルで作動することが可能である。

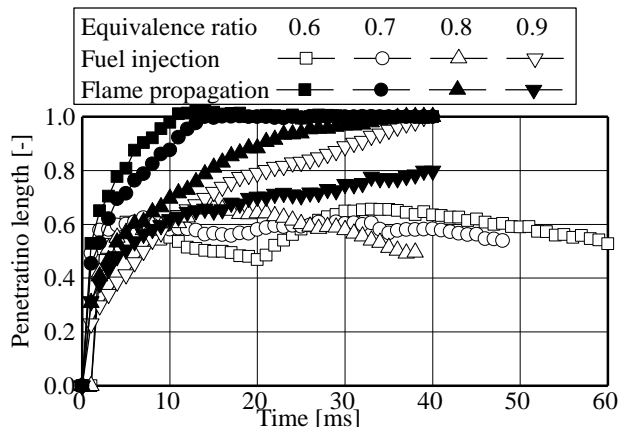


Figure1. Penetration length as a function of time.

5. 参考文献

1) 斎間他, 基礎熱力学, 産業図書, p.80, 1997

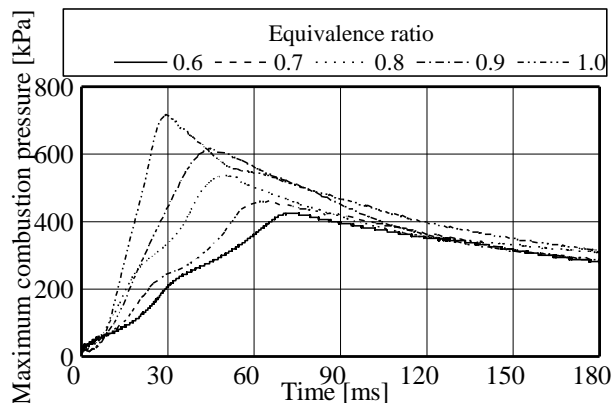


Figure2. Combustion pressure record at 5.0 [J].

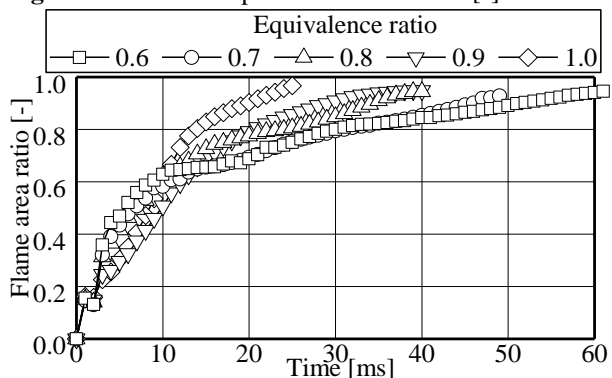


Figure3. Flame ratio as a function of time at 5.0 [J].

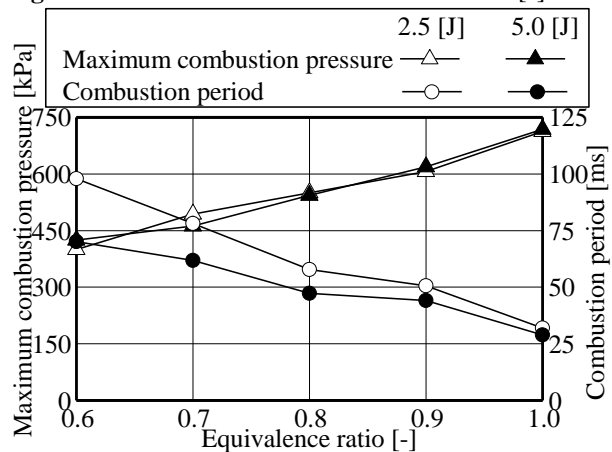


Figure4. Maximum combustion pressure and combustion period as a function of equivalence ratio.

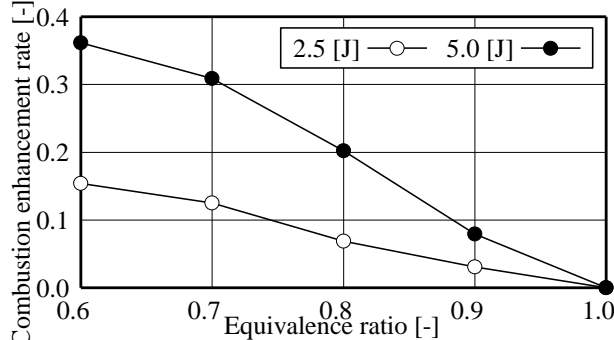


Figure5. Combustion enhancement ratio as a function of equivalence ratio.