

K2-41

## 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

川面佳暉<sup>1</sup>, 高橋亮人<sup>1</sup>, ○長悠介<sup>1</sup>, 吉田幸司<sup>2</sup>

Yoshiki Kawatsura, Ryoto Takahashi, \*Yusuke Cho, Koji Yoshida

Abstract: Purpose of this study is to operate the spark ignition engine by the combined cycle and both lean combustion and the direct fuel injection were applied. The combustion of lean mixture was corresponded to the 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 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する。しかし、定容燃焼期間である無制御燃焼期間において着火遅れ期間に噴射された燃料が急速に燃焼するため、NO<sub>x</sub>の発生や燃焼騒音が増加する。

本研究では、火花点火機関をサバテサイクルで作動することを提案する。即ち、希薄予混合気を火花点火で着火することで定容燃焼を行い、希薄燃焼にて残留する酸素で燃焼する分の燃料を気筒内に直接噴射し定圧燃焼を発生させ作動させる。よって、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することができる。また、希薄燃焼によって高圧縮比とできるため熱効率の向上が可能となる。本研究では、定容容器を用いて火花点火機関におけるサバテサイクル運転の実現性を実験的に明らかにした。

### 2. 実験装置及び方法

実験に用いた燃焼容器は、直径 80[mm]、厚さ 40[mm]の円筒形で容積は約 201[cm<sup>3</sup>]である。実験に使用した希薄混合気は、プロパン-空気混合気であり当量比は 0.7 から 1.0 まで変化させた。噴射する燃料は iso-オクタンであり、燃料噴射量は当量比 1.0 となるようにした。希薄混合気の点火は充填エネルギー 467[mJ]の火花放電で行い、燃料噴射はイグナイタ中心にある直径 1.5[mm]のキャビティに充填した iso-オクタンを高電圧放電により燃焼容器内に噴射した。燃料噴射エネルギーは静電容量 0.01[μF]のコンデンサに印加電圧 10[kV]にて充電し、5.0[J]とした。燃料噴射時期は、点火から燃焼時間の 0, 20, 40, 60, 80[%]とした。

燃焼過程はシュリーレン法を用いて可視化しハイスピードカメラにて撮影し、また燃焼容器に取り付けた圧力センサで燃焼圧力を測定した。

### 3. 実験結果及び考察

表 1 から表 3 に、火炎伝ば過程の可視化画像を時系列に示す。時間経過は、最大燃焼圧力到達時の燃焼時間を 100[%]として示す。燃料噴射時期を遅らせると、火炎面中央部に突出及び乱れが示される。しかし、燃料噴射時期を著しく遅らせると火炎面に変化は無く、噴射した燃料は既燃ガス内部で燃焼すると考えられる。

図 2 に当量比毎の燃焼圧力波形を示す。燃料噴射時

Table 1 Images of flame development process.































t%	Equivalence ratio 0.7 [-]				
	Injection timing				
	0%	20%	40%	60%	80%
20%					
	12.4ms	10.6ms	13.0ms	15.8ms	17.4ms
40%					
	24.8ms	21.2ms	26.0ms	31.6ms	34.8ms
80%					
	49.6ms	42.4ms	52.0ms	63.2ms	69.6ms

Table 2 Images of flame development process.

t%	Equivalence ratio 0.8 [-]				
	Injection timing				
	0%	20%	40%	60%	80%
20%					
	8.0ms	6.8ms	10.0ms	11.4ms	12.2ms
40%					
	16.0ms	13.6ms	20.0ms	22.8ms	24.4ms
80%					
	32.0ms	27.2ms	40.0ms	45.6ms	48.8ms

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・教員・機械

期 0[%]では、燃焼の途中に圧力上昇が緩慢になる部分が現れる。これは、燃料が拡散燃焼するためと考えられる。当量比 0.9 では、燃料噴射量が少ないため燃料噴射の影響が小さく、希薄になる程影響が顕著になる。

図 3 に最高燃焼圧力と燃焼機関を燃料噴射時期に対して示す。燃料噴射時期が遅れるに従って燃焼時間が

Table 3 Images of flame development process.

t%	Equivalence ratio 0.9 [-]				
	Injection timing				
	0%	20%	40%	60%	80%
20%					
	7.0ms	5.0ms	7.2ms	8.8ms	10.0ms
40%					
	14.0ms	10.0ms	14.4ms	17.6ms	20.0ms
80%					
	28.0ms	20.0ms	28.8ms	35.2ms	40.0ms

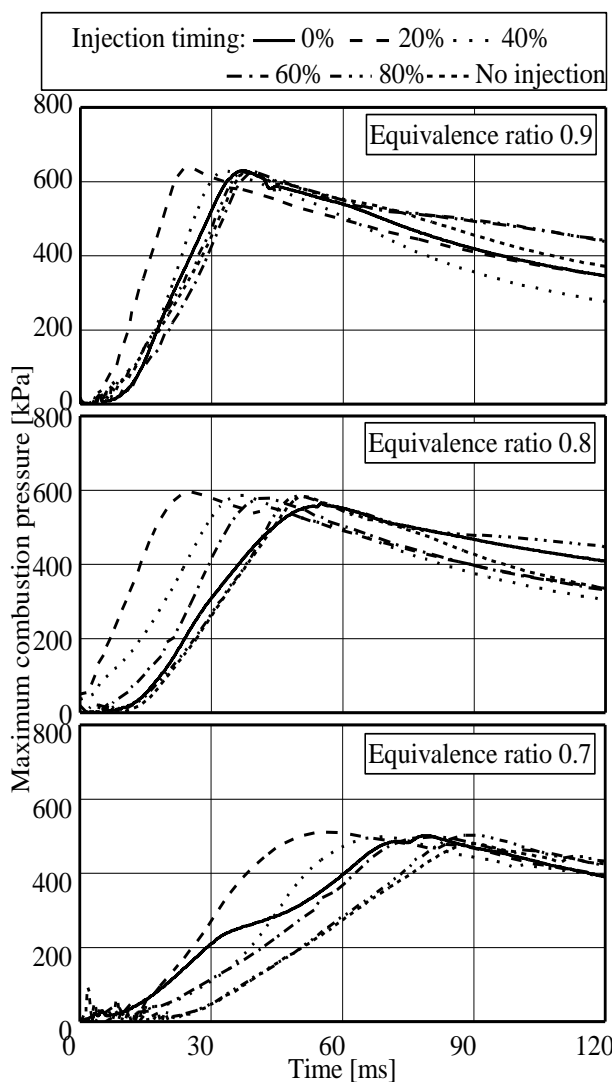


Figure 1. Combustion pressure record

長くなる。これは、燃料噴射時期が早いほど火炎面が燃料噴射による影響を強く受けるためと考えられる。最高燃焼圧力は燃料噴射時期の影響をほとんど受けない。よって、燃料は等圧燃焼すると推察される。

図 4 に燃焼促進率を燃料噴射時期に対して示す。燃焼促進率とは、燃焼噴射無しの燃焼時間  $t_0$  と燃料噴射ありの燃焼噴射  $t$  から  $\phi = 1 - t/t_0$  と定義する。希薄な混合気ほど燃焼促進率は高く、燃料噴射時期が早いほど燃焼促進率が高い。よって、希薄混合気に燃料を早急に噴射することで燃焼促進効果が期待できる。

#### 4. 結論

希薄混合気に火花点火し、燃料を噴射することでサバサイクルの燃焼を実現できることを確認できた。また、燃料噴射時期は早期なほど、火炎面形状の変化によって燃焼が促進されることが明らかになった。

#### 5. 参考文献

- 1) 斎間他, 基礎熱力学, 産業図書, P.80, 1997

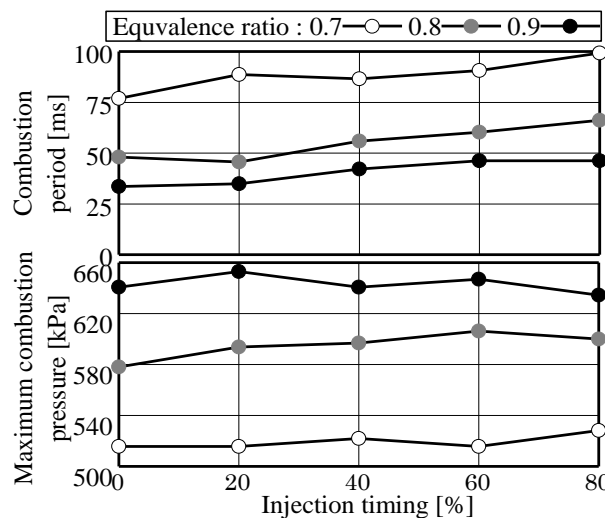


Figure 2. Maximum combustion pressure and combustion period as a function of equivalence ratio.

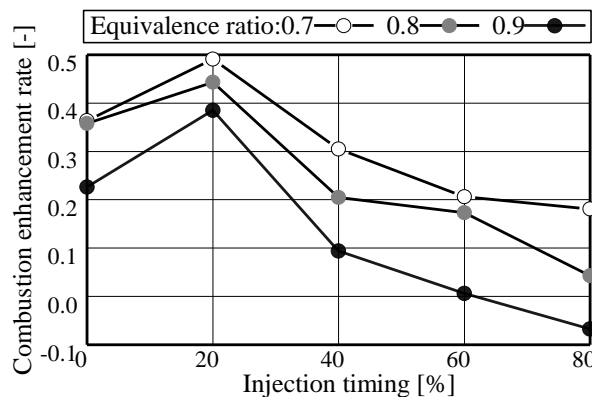


Figure 3. Combustion enhancement ratio as a function of injection timing.