

## K2-39

## ストリーマ放電点火システムを用いた HCCI 燃焼の実験的研究

### Experimental Study of HCCI Combustion using Streamer Discharge Ignition System

○島田貴司<sup>1</sup>, 山田将徳<sup>1</sup>, 梅原誠<sup>1</sup>, 伊藤直也<sup>2</sup>, 寺島昂<sup>2</sup>, 東條智也<sup>2</sup>  
飯島晃良<sup>3</sup>, 浅井朋彦<sup>4</sup>, 田辺光昭<sup>5</sup>, 吉田幸司<sup>3</sup>, 庄司秀夫<sup>3</sup>

\*Takashi Shimada<sup>1</sup>, Masanori Yamada<sup>1</sup>, Makoto Umehara<sup>1</sup>, Naoya Ito<sup>2</sup>, Akira Terashima<sup>2</sup>, Tomoya Tojo<sup>2</sup>  
Akira Iijima<sup>3</sup>, Tomohiko Asai<sup>4</sup>, Mitsuaki Tanabe<sup>5</sup>, Koji Yoshida<sup>3</sup>, Hideo Shoji<sup>3</sup>

Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) engine is noted as an internal combustion engine that enables low pollution combustion and high efficiency. We examined a study of combustion by streamer discharge using a low temperature plasma for operating range expansion of an HCCI engine. As a result, ignition timing was advanced by streamer discharge. It is also revealed that the operating range of the HCCI engine expanded to low-load side by applying the streamer discharge.

#### 1. 序論

近年、高効率かつ低公害な燃焼を実現し得る内燃機関として、予混合圧縮着火 (Homogeneous Charge Compression Ignition, 以下 HCCI) 機関が注目され、広く研究されている。HCCI 機関は、高圧縮比かつ希薄燃焼が可能であるが、運転領域が狭いことが課題として挙げられる。課題解決の手段として低温プラズマを応用したストリーマ放電を用いた点火アシストによる手法等が挙げられる<sup>(1)</sup>。本研究では HCCI 燃焼の運転領域拡大のためにストリーマ放電を用いた実験を行った。掃気温度一定の条件で投入熱量を変化させた際のストリーマ放電の ON, OFF の違いについて筒内可視化を用いて比較及び考察した。

#### 2. 実験装置及び実験条件

供試機関には、シュニール掃気方式の 2 ストローク空冷単気筒ガソリン機関を用いた、また、ピストンヘッドにストリーマ放電させるための装置を取り付けた。その際、10 kV 10 kHz の条件でストリーマ放電を行った。供試機関仕様及び本実験で用いたストリーマ放電の条件を表 1 に示す。

図 1 に筒内可視化における測定位置及びシリンダヘッドの詳細を示す。代表的な測定項目はシリンダ内圧力 ( $P$  [MPa]), 掃気温度 ( $T_{sc}$  [K]), 排気温度 ( $T_{ex}$  [K]) である。筒内圧力はシリンダヘッド側部に取り付けた水晶圧力変換器を用いて測定した。掃気温度、排気温度は、吸気管、掃気ポート出口部に K 型シーチ熱電対を取り付け測定した。筒内全域を可視するために、シリンダヘッド上部に石英観測窓を取り付け、高速度カメラでの撮影を行った。なお、撮影速度は 10000 fps (frame/sec), 解像度は  $256 \times 256$  pixel とした。

Table 1. Specifications of test engine and test condition

2-Stroke Air Cooled Single Cylinder Gasoline Engine	
Bore × Stroke	72 × 60 mm
Displacement	244 cm <sup>3</sup>
Type of Scavenging System	Schnürle
Effective Compression Ratio	11.6 : 1
Engine Speed	Ne = 1000 rpm
Throttle	WOT
Frame Rate [fps(Frames/sec)]	10000 fps
Test Fuel	n-heptane (0 RON)
Conditions of Streamer Discharge	
Voltage	10 kV
Frequency	10 kHz

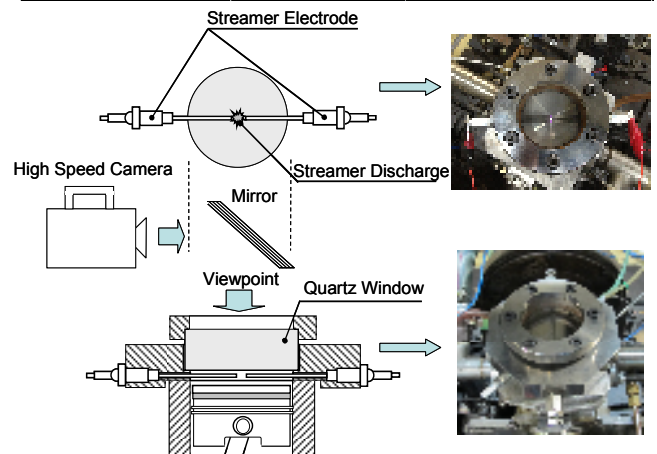


Fig 1. In-cylinder visualization position and streamer discharge position

#### 3. 実験結果及び考察

図 2 に、掃気温度  $T_{sc} = 373$  K 一定、投入熱量  $Q_{in} = 270$  J/cycle 一定 ( $A/F = 23$ ) の条件の下、ストリーマ放電による点火アシストさせた際の測定波形と自着火前後の筒内可視化画像を示す。熱発生波形に着目すると、点火アシストを ON にした条件では、着火時期が進角していることが確認できる (矢印 A)。また、同条件では、自着火以前に微弱の熱発生が確認することができ

1: 日大理工・学部・機械 2: 日大理工・院・機械 3: 日大理工・教員・機械 4: 日大理工・教員・物理 5: 日大理工・教員・航空

る(領域 B).

これは、ストリーマ放電が何らかの反応に影響を与え、燃焼反応が促進したためであると考えられる。筒内可視化画像より、両条件において自着火していることを確認できる。更に点火アシスト ON の画像に着目すると、自着火炎発生する以前にクランク角  $-10.8 \text{ deg.}$  から  $-8.4 \text{ deg.}$  の間で電極付近において緑色の発光を確認することができた。その後、青色の自着火炎が徐々に発生した。

ストリーマ放電点火アシストを用いることにより、HCCI 燃焼の低負荷側の運転領域が拡大することを確認するために、HCCI 燃焼では失火に至る希薄領域において点火アシストを ON, OFF にして実験を行った。図 3 に、掃気温度  $T_{sc} = 373 \text{ K}$  一定、投入熱量  $Q_{in} = 210 \text{ J/cycle}$  一定 ( $A/F = 33$ ) の条件の下、ストリーマ放電による点火アシストさせた際の測定波形と自着火前後の筒内可視化画像を示す。熱発生率波形に着目すると点火アシスト OFF では失火している様子を確認することができる。一方、点火アシスト ON では HCCI 燃焼に相当する熱発生が確認された(領域 C)。可視化画像からも自着火炎が確認でき、HCCI 燃焼していることが分かる。

図 4 に両条件における熱発生率最大値 ( $HRR_{MAX}$  [J/deg.]) と空燃比 ( $A/F$ ) の関係を示す。なお、失火に至る条件は白抜きのプロットで示した。図 4 より、点火アシスト OFF では  $A/F = 32$  程度で失火に至っているが、点火アシスト ON ではより希薄領域でも自着火に至っていることが確認できる(矢印 D)。よって、点火アシストを用いると自着火反応を促進させ低負荷側の運転領域拡大の効果があると考えられる。

#### 4. 結論

- (1) ストリーマ放電を用いると、着火前に微弱な熱発生が確認でき、着火時期が進角した。
- (2) ストリーマ放電を用いると自着火反応を促進させ運転領域拡大の効果があると考えられる。

#### 5. 謝辞

本研究は日本大学理工学部シンボリックプロジェクトの一環として実施された。

#### 6. 参考文献

- [1] 白石泰介, 漆原友則, 「低温プラズマによる HCCI 燃焼自着火促進技術に関する研究」自動車技術会論文集 42(6), 1361-1366, 2011

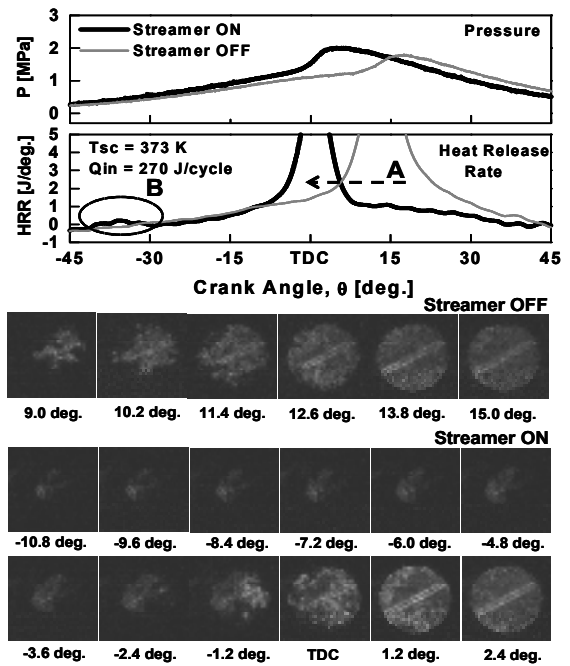


Fig 2. Visualization results and measured waveforms ( $T_{sc} = 373 \text{ K}$ ,  $Q_{in} = 270 \text{ J/cycle}$ )

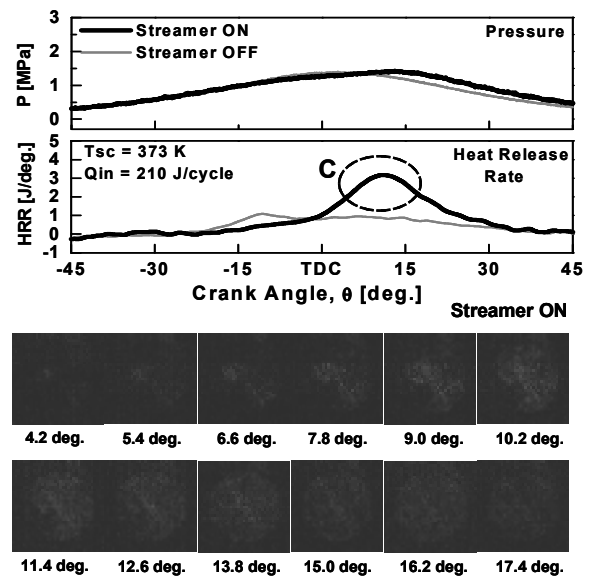


Fig 3. Visualization results and measured waveforms ( $T_{sc} = 373 \text{ K}$ ,  $Q_{in} = 210 \text{ J/cycle}$ )

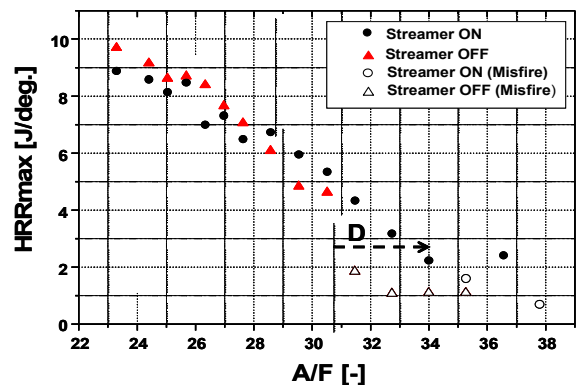


Fig 4.  $HRR_{max}$  vs  $A/F$  by applying the streamer discharge