

誘電体バリア放電が HCCI 燃焼の着火時期に及ぼす影響

Effect of Dielectric Barrier Discharge on Combustion Timing in HCCI Combustion

○吉田裕貴¹, 鈴木晶久¹, 林智敏¹, 伊藤直也², 島田貴司², 山田将徳², 奥山航輝²
飯島晃良³, 浅井朋彦⁴, 木村元昭³, 庄司秀夫³

*Yuki Yoshida¹, Akihisa Suzuki¹, Chibin Rin¹, Naoya Ito², Takashi Shimada², Masanori Yamada², Kouki Okuyama²
Akira Iijima³, Tomohiko Asai⁴, Motoaki Kimura³, Hideo Shoji³

Abstract: Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) engine is noted as an internal combustion engine that enables low pollution combustion and high efficiency. However, because the mixture is autoignited by piston compression in an HCCI engine, controlling the ignition timing is a crucial issue. In this study, a dielectric barrier discharge (DBD) plasma actuator was applied to an optically accessible engine in order to investigate effect of HCCI combustion for controlling combustion timing of an HCCI engine. As a result, ignition timing was advanced by dielectric barrier discharge.

1. 序論

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、着火時期の制御や運転領域の拡大等の課題が存在する。これらの課題に対して、非熱平衡プラズマにより燃焼を促進する方法が近年注目されている。高橋らは、急速圧縮膨張装置を用いて、誘電体バリア放電 (Dielectric Barrier Discharge, 以下 DBD) を予混合気 に投射することで、着火を促進できると報告している⁽¹⁾。そこで、本研究は DBD アクチュエータを実機エンジンに適用し、HCCI 燃焼に及ぼす効果を可視化実験より検証した。

2. 実験装置及び実験条件

本実験で用いた供試機関仕様及び DBD の条件を表 1 に、実験の概要図を図 1 に示す。供試機関には、シュニーレ掃気方式の 2 ストローク単気筒エンジンを用いた、また、DBD アクチュエータ (図 1 (a)) を吸気管のインジェクタの後方に取り付けた。

図 2 に、DBD アクチュエータの断面図を示す。DBD を発生させる方法は、ポリイミドの誘電体の表裏に薄い電極を図 2 のように配置し、交流、高電圧を印加により、外側電極から内側電極に向かうように DBD プラズマが発生する。本実験では、印加電圧を $V_{out} = 10$ kV、周波数を約 $f = 20$ kHz とした。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。また、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

Table 1. Specifications of test engine and test condition

2-Stroke Air Cooled Single Cylinder Gasoline Engine	
Scavenging Type	Schnürle
Bore × Stroke	72 mm × 60 mm
Displacement	244 cc
Effective Compression Ratio	12
Engine Speed	1200 rpm
Throttle	WOT
Test Fuel	n-heptane (0 RON)
Equivalent Ratio	0.6

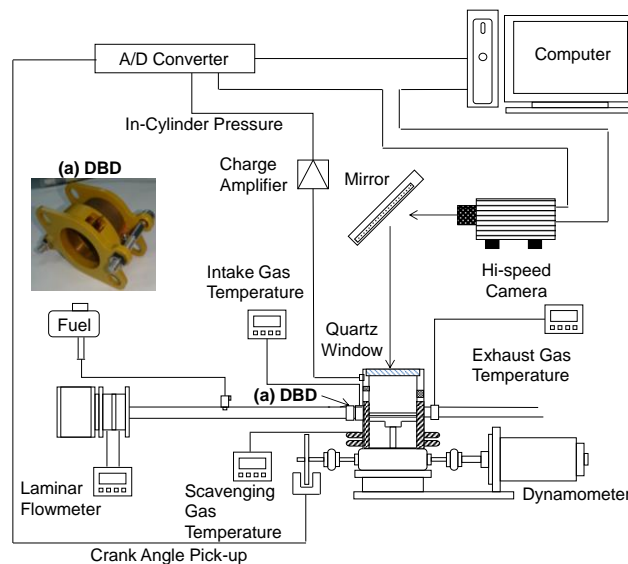


Fig 1. Configuration of experimental equipment

の撮影を行った。なお、撮影速度は 10000 fps (frames/sec)、解像度は 256×256 pixels とした。

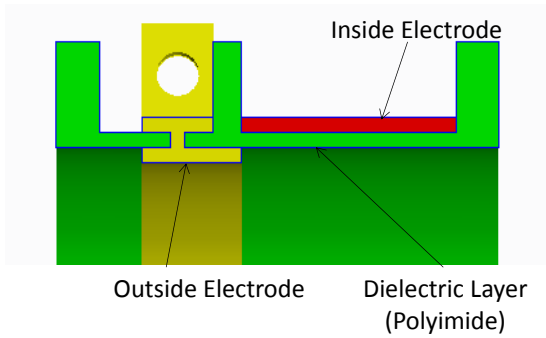


Fig 2. Photograph of dielectric barrier discharge actuator

3. 実験結果及び考察

図 3 に、燃料に n-heptane (0 RON) を用い、圧縮比 $\epsilon = 12$ 、回転数 $N = 1200$ rpm、掃気温度 $T_{sc} = 347$ K 一定、当量比 $\phi = 0.6$ の条件の下、DBD 印加時と印加無しの筒内圧力 P [MPa] と熱発生率 HRR [J/deg.] を示す。筒内圧力及び熱発生率から、DBD 印加した条件では、着火時期がわずかに進角していることが確認できる。また、白石らは、低温プラズマを燃焼室内に用いることで、HCCI 燃焼の低温酸化反応はより低温で開始すると報告している⁽²⁾。しかし、本結果では、熱発生率の低温酸化反応に着目すると、発生時期はほぼ同一となった。

図 4 に、DBD 印加時と無しの筒内可視化画像を示す。なお、DBD 印加時の条件で最初に火炎が確認されたクランク角度を 1 コマ目にした。図 3 の結果と同様に、可視化結果からも、DBD 印加時では最初に火炎が観察される時期が早期化する様子が観察された。

4. 結論

筒内圧力履歴及び筒内可視化結果から、DBD を用い

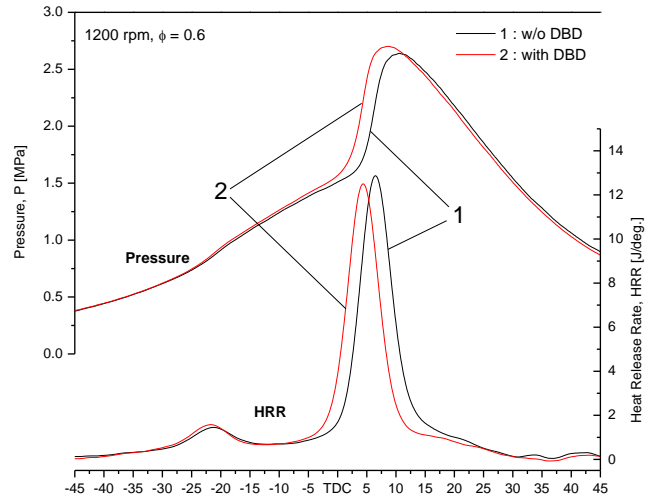


Fig 3. In-cylinder pressure and heat release rate

ると、着火時期がわずかであるが進角することが分かった。今後、燃料、当量比及び印加電圧の条件を変えて HCCI 燃焼に与える影響を詳細に検証していく必要がある。

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] 高橋栄一[他], 「予混合気への誘電体バリア放電印加による圧縮自着火の制御」自動車技術会 春季大会学術講演会前刷集 No.53-14, 20145088, 2014
 [2] 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

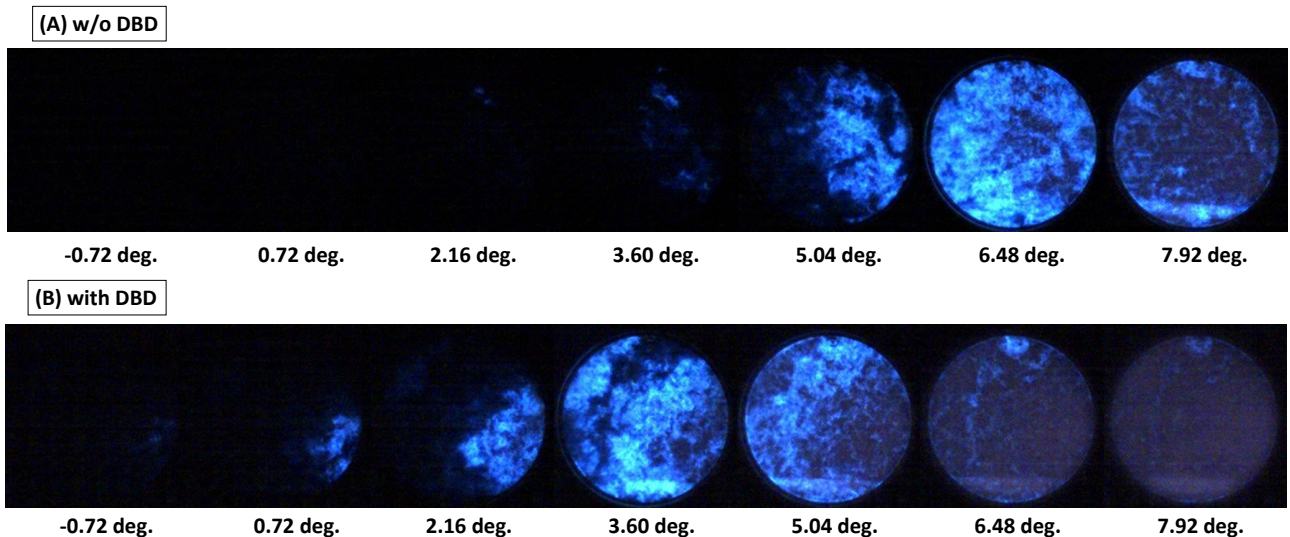


Fig 4. Visualization results (A) w/o DBD (B) with DBD