K2-13

DME を用いた 4 ストローク HCCI 機関におけるノッキングの可視化観察

Visualization of Knocking in a Four-stroke HCCI Engine fueled with DME

○安居院慧人[1]，磯優孝[1]，島貴大[2]，鈴木裕和[2]，高村悠樹[2]，飯島晃良[3]，庄司秀夫[3]
Keito Agui[1], Yutaka Iso[1], Takahiro Shima[2], Hirotaka Suzuki[2], Yuki Takamura[2], Akira Iijima[3], Hideo Shoji[3]

Abstract: In recent years, it has been actively visualization studies of in the cylinder for investigating the combustion of the engine in detail. This study investigated the fundamental HCCI combustion behavior in DME fuel by using a 4-stroke engine that allowed entire bore area to be visualized. As a result, In the case of normal combustion, DME is burned in multi-point ignition with blue flame. If the equivalent ratio is increased, high intense flame accompanied by knocking oscillation can be observed in the visualized flame.

1.　緒言

近年，HCCI 燃焼や SI エンジンのノッキング等の研究が数多く進められている．そんな中，内燃機関の燃焼を詳細に調査するため，燃焼にシミュレーションや筒内の可視化等の研究が盛んに行われている．筒内の可視化を行うことによって，燃焼のさらなる理解やメカニズムの解明が期待できる．

そこで本研究では，全面可視化が可能な側弁式 4 ストロークエンジンを用いて，DME の基礎的な HCCI 燃焼を高速度カメラにて観察した．また，その際の燃焼の挙動を解析した．

2.　実験装置および方法

表 1 に供試機関の仕様を示す.また，1，2 に実験に用いた装置の概略図及び供試機関の主断面図を示す.

Table 1　Specification of test equipment

Air-Cooled, 4-Stroke Single Cylinder Engine	
Bore×Stroke [mm]	78 × 70
Displacement [cm^3]	334
Compression Ratio	8 : 1
Valve Arrangement	Side-Valve Type

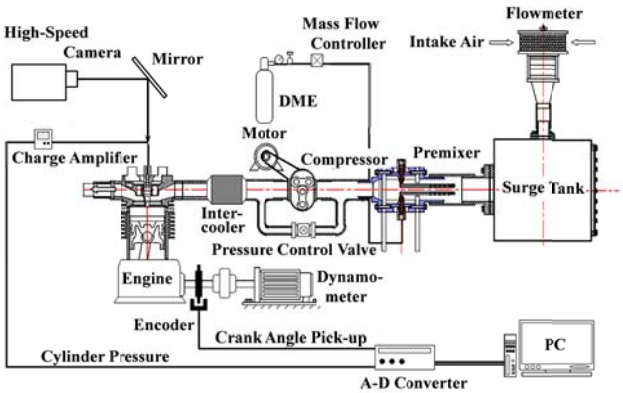

Fig. 1　Schematic diagram of experimental setup

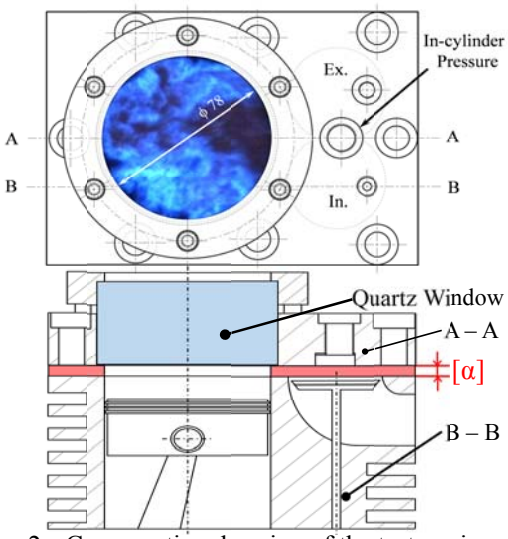

Fig.　2　Cross section drawing of the test equipment

供試機関は，4 ストローク空冷単気筒ガソリン機関をベースとし,ボア方向全面可視化を行うため側弁式を用いた．全面可視化をするに当たり，圧縮比の低下を防ぐためシリンダヘッドとシリンダーブロックのクリアランスを 1 mm（図 2[α]部）としている．また，高速度カメラ(Photron FASTCAM SA-1.1)を用いて毎秒 10000 コマで直接撮影した.

表 2 に実験条件を示す.

Table 2　Experimental condition

	Case 1	Case 2
Fuel	DME	
Input heat energy per cycle Q_{in} [J/cycle]	400	450
Intake air pressure P_{in} [kPa]	100	
Intake air temperature T_{in} [K]	320	
Engine speed [rpm]	1400	
Frame Rate [fps]	10000	

1：日大理工・学部・機械　2：日大理工・院（前）・機械　3：日大理工・教員・機械

3.　実験結果および考察

Case 1，Case 2 は正常燃焼とノッキング時の燃焼の比較を可視化で行うため表 2 に示す投入熱量を選択した．

図 3 に Case 1，Case 2 における実験結果を示す．縦軸は上から，筒内圧力 P [MPa]，熱発生率 HRR [J/deg.]，横軸はクランク角度 [deg.] である．また，Case 1 及び Case 2 における可視化画像を図の上下に示す．

Case 1 の波形に着目すると，TDC 付近で着火し圧力上昇も緩やかな燃焼をしている．また，可視化画像では領域 C において初期火炎が形成された後燃焼が進行していき，9.60 deg 付近で体積的な燃焼となり，HCCI 燃焼であることが確認できる．

Case 2 の波形に着目すると，投入熱量の増加，即ち当量比の増加による影響を受け着火時期が進角し急激な熱発生を伴う燃焼となっている．(矢印 A) また，筒内圧力に着目すると急激な圧力上昇の後振動が起きている．これは目的としたノッキングが生じていることを示しそれに伴うノック振動が起きていることも示している．可視化画像では，領域 D において初期火炎が同時に形成され HCCI 燃焼している．Case 1 に比べ青い火炎の輝度が高い．これは当量比の増加に伴い火炎温度が増加したためと考えられる．燃焼が進行していくと-8.36deg 付近で吸排気バルブ側から急激な燃焼が発生し末端部と吸排気側を往来する赤い輝炎が確認できる(領域 E)．

4.　結言

DME の HCCI 燃焼時は青い火炎を伴い多点着火で燃焼する．しかしノッキング時は圧力振動を伴いながら，高い輝度の火炎を伴い燃焼する．また，その後に輝炎の発光も確認された．

5.　参考文献

[1]Thring, R.H., Homogeneous – Charge Compression - Ignition (HCCI) Engines, SAE paper 892068, 1989.

[2]山川・他 2 名，高圧縮比ガソリンエンジンの燃焼技術開発，自動車技術会論文集，Vol.43, pp. 81-87,No.1(2012)

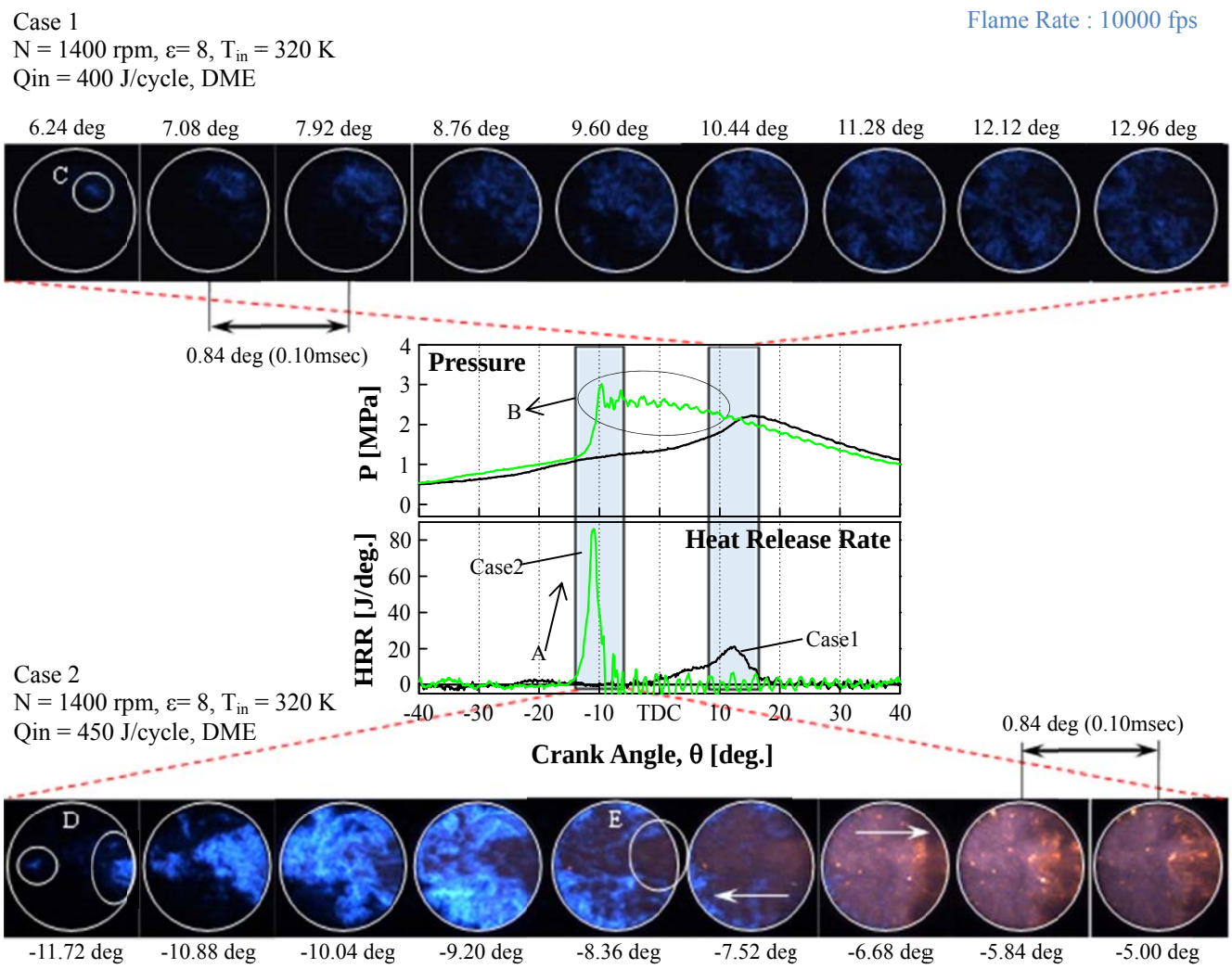

Fig. 3　Experimental results at Case1 and Case2