

## 二種燃料を用いた HCCI 機関の着火時期制御に関する研究

### A Study of Ignition Timing Control in an HCCI Engine by Dual Fuels

○須山謙太<sup>1</sup>, 芹澤洋亮<sup>1</sup>, 鷹箸和矢<sup>1</sup>, 堀田英伸<sup>1</sup>  
 小田切康博<sup>2</sup>, 高橋勇介<sup>2</sup>, 斉藤健児<sup>2</sup>, 飯島晃良<sup>3</sup>, 庄司秀夫<sup>3</sup>  
 \*Kenta Suyama<sup>1</sup>, Yosuke Serizawa<sup>1</sup>, Kazuya Takanohashi<sup>1</sup>, Hidenobu Horita<sup>1</sup>  
 Yasuhiro Otagiri<sup>2</sup>, Yusuke Takahashi<sup>2</sup>, Kenji Saito<sup>2</sup>, Akira Iijima<sup>3</sup>, Hideo Shoji<sup>3</sup>

Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) combustion has attracted considerable interest as a new combustion concept for internal combustion engines. HCCI combustion process has three issues to be resolved: ignition timing control, slower combustion, expanding stable operation region. In an earlier study, the ignition timing can be controlled and the rapidity of combustion can be lessened by using a fuel having two components with different ignition characteristics. In this study, the influence of using dual fuels on ignition and combustion in an HCCI engine was investigated by using an actual engine.

#### 1. 序論

近年、高効率かつ低公害な燃焼が実現し得るとして、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<sup>(1)</sup>。しかし、HCCI 機関は物理的な着火手段が無く、着火及び燃焼は混合気の化学反応に大きく影響されるため、運転領域が狭く、着火時期の制御及び急峻な燃焼を抑制する必要がある。そこで、著者は着火特性の異なる二種燃料を用いることにより、課題の解決を試みた。実機を用い、二種燃料が HCCI 機関の着火及び燃焼に与える影響について検討を行った。

#### 2. 実験装置及び方法

##### 2.1. 供試機関及び実験条件

供試機関仕様及び共通の実験条件を表 1 に示す。供試機関には、シュニーレ掃気方式の二ストローク空冷単気筒ガソリン機関を用いた。本実験では、供試燃料に自己着火が容易なノルマルヘプタン (n-heptane (0 RON)) 及び自己着火が困難なイソオクタン (iso-octane (100 RON)) を用いた。さらに、それぞれの燃料の供給量を個別に制御可能にするため、吸気管に二つのインジェクタを取り付けた。また、着火時期を意図的に変化可能とするため、吸気管に加熱装置 (200 V, 2 kW) を取り付けた。

##### 2.2. 測定項目及び測定位置

基本的な実験装置の概要を図 1 に示す。基本実験の代表的な測定項目は、シリンダ内圧力 (P [MPa])、吸気温度 (T<sub>in</sub> [K])、掃気温度 (T<sub>sc</sub> [K])、排気温度 (T<sub>ex</sub> [K])、軸トルク (T [N・m]) である。シリンダ内圧力の測定には、シリンダヘッド上部に取り付けた水晶圧力変換器を用いた。また、吸気温度、掃気温度及び排気温度は熱電対を吸気管、掃気ポート及び排気ポート出口部にそれぞれ取り付けて測定した。ロードセルを用いて軸トルクも測定した。

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
Exhaust Port Closing Timing	106 deg. BTDC
Effective Compression Ratio	$\epsilon = 10 : 1$
Engine Speed	N <sub>e</sub> = 1000 rpm
Throttle	WOT

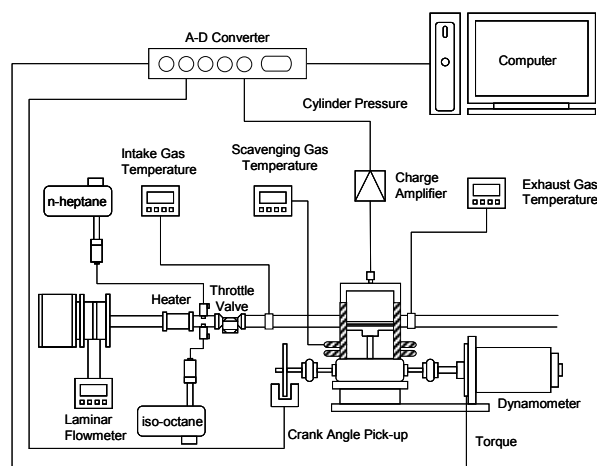


Fig. 1 Configuration of experimental equipment

##### 2.3. 着火時期及び燃焼急峻指数の定義

本実験では、着火時期を熱炎での熱発生率が最大熱発生率 (HRR<sub>MAX</sub>) の 10% に達した時期とした。

また、燃料投入量に関係なく燃焼の急峻度合いを比較するため、燃焼急峻指数 (INC [J/deg.<sup>2</sup>]) を以下 (1) 式のように定義した。

$$INC [J/deg.^2] = \frac{HRR_{MAX}}{T_{HTR}} \quad (1)$$

ここで、T<sub>HTR</sub> [deg.] は燃焼期間 (熱発生率波形の熱炎における HRR<sub>MAX</sub> の 10% 以上の期間) である。

3. 結果及び考察

3.1. 単一燃料投入量変化が与える影響

掃気温度  $T_{sc} = 348 \text{ K}$  一定において、ノルマルヘプタンの投入量を  $B_n = 330, 380, 460 \text{ J/cycle}$  (当量比  $\phi = 0.5, 0.6, 0.7$  相当) と増加させた時の結果を図 2 に示す。図 2 より、燃料投入量が増加するほど、冷炎発生時期及び着火時期が進角していることがわかる (矢印 A, B)。これは、ノルマルヘプタンの投入量が増加したため、低温酸化反応及び自己着火が容易となり、冷炎発生時期及び着火時期が進角したと考えられる。また、最大熱発生率はノルマルヘプタンの投入量が増加するほど、大きく上昇している (矢印 C)。さらに、シリンダ内圧力波形は  $B_n = 460 \text{ J/cycle}$  では、ノック振動が見られる (領域 D)。したがって、急峻な燃焼になっていると考えられる。

また、吸気温度を意図的に変化させることで、ノルマルヘプタンの投入量に関係なく、着火時期を  $\theta_{IT} = 6 \text{ deg. BTDC}$  同一とした時の結果を図 3 に示す。図 3 より、着火時期は同一だが冷炎発生時期は異なっていることがわかる (領域 E)。また、 $460 \text{ J/cycle}$  の場合において、図 2 では見られたノック振動が見られない。したがって、燃焼が緩慢になったと考えられる。

3.2. 二種燃料投入量変化が与える影響

掃気温度  $T_{sc} = 348 \text{ K}$  一定において、ノルマルヘプタンの投入量を  $B_n = 330 \text{ J/cycle}$  ( $\phi = 0.5$  相当) 一定とし、イソオクタンの投入量を  $B_i = 0, 50, 120 \text{ J/cycle}$  ( $\phi = 0, 0.1, 0.2$  相当) と増加させた時の結果を図 4 に示す。図 4 より、冷炎から着火までの挙動がほぼ同じであることがわかる (領域 F)。これは、低温酸化反応が起きやすいノルマルヘプタンの投入量が一定なのに対し、低温酸化反応が起きにくいイソオクタンの投入量だけを増加したことで着火までの反応がノルマルヘプタンに依存したからではないかと考えられる。図 3 のノルマルヘプタンの投入量を増加させ、着火時期を同一とした場合と比較すると、冷炎発生時の挙動以外の点において大きな違いは見られない。

3.3. 燃料投入量と燃焼急峻指数、軸トルクの関係

図 2~4 に示した各条件における総燃料投入量と燃焼急峻指数、軸トルクの関係を図 5 に示す。図 5 より、着火時期が変化する場合 (図 2) では、燃焼急峻指数の大きな上昇 (矢印 G)、かつ軸トルクはほぼ横ばいまたは低下の傾向が見られる (矢印 H)。一方、着火時期が同一である条件 (図 3, 4) では、燃焼急峻指数の上昇は緩やかになり (矢印 I)、かつ軸トルクは上昇の傾向が見られる (矢印 J)。

4. 結論

- (1) ノルマルヘプタンの投入量を増加させると、着火時期が進角し、それに伴って燃焼が急峻となり、燃料投入量を増加させることが困難である。
- (2) ノルマルヘプタンの投入量を一定とし、イソオクタンの投入量を増加することで、着火時期の制御及び急峻な燃焼を抑制し、軸トルクの向上が可能であった。

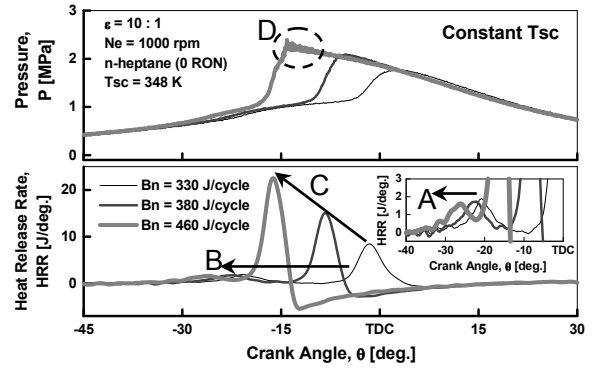


Fig. 2 Measured waveforms (Change  $B_n$ , Constant  $T_{sc}$ )

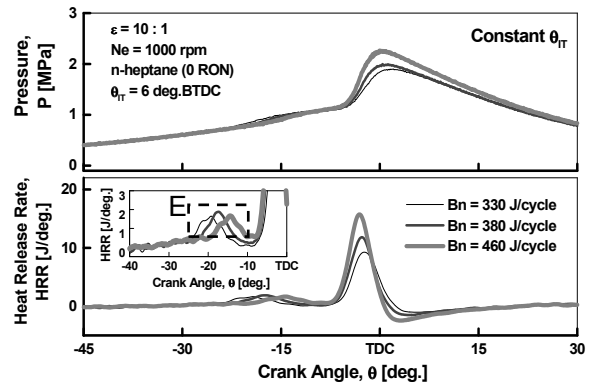


Fig. 3 Measured waveforms (Change  $B_n$ , Constant  $\theta_{IT}$ )

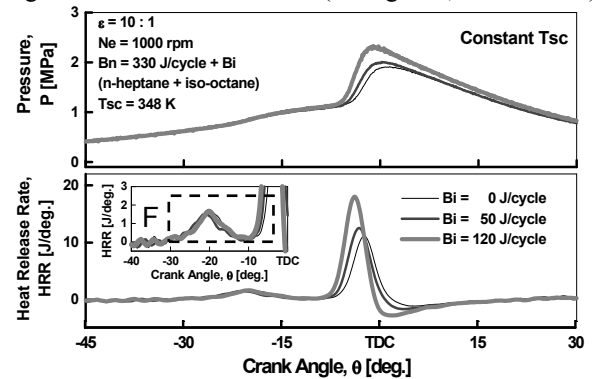


Fig. 4 Measured waveforms (Change  $B_i$ , Constant  $T_{sc}$ )

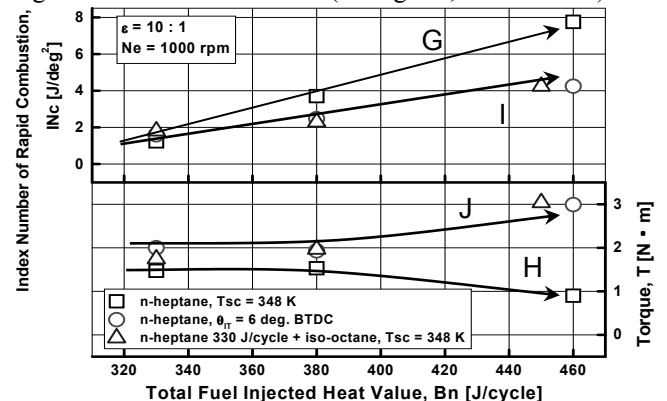


Fig. 5 Total fuel injected heat value vs. index number of rapid combustion and torque

5. 参考文献

[1] 飯島晃良, 庄司秀夫: 「発光・吸収計測による予混合圧縮着火燃焼の研究」, 自動車技術会論文集, Vol. 38, No. 6, p. 83-88, 2007.