

OS0117 着火特性の異なる二種燃料成層化における HCCI 機関に関する研究

Research on HCCI Engine using Mixture Stratification by Double Componential Fuels

○ 学 片山 泰貴 (日大院) 学 齋藤 健児 (日大院)
正 飯島 晃良 (日大) 正 吉田 幸司 (日大) 正 庄司 秀夫 (日大)

Taiki KATAYAMA, Kenji SAITOU, Akira IJIMA, Koji YOSHIDA, Hideo SHOJI
Nihon University, 1-8-14, Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo

Key Word : Internal Combustion Engine, Gasoline Engine, HCCI, Spectroscopic Measurement, Mixture Stratification

1. はじめに

近年、高効率かつ低公害な燃焼方式として予混合圧縮着火 (Homogeneous Charge Compression Ignition 以下 HCCI) 機関が注目されている。しかし、HCCI 燃焼はその燃焼特性から、着火時期の制御及び急峻な燃焼の抑制という課題が存在する⁽¹⁾。また、これらの課題から高負荷域への運転が困難となっている。その解決手法として、燃料及び温度を不均一とした成層燃焼の研究がなされている。そこで、著者らは着火特性の異なる燃料を用いることで、シリンダ内の混合気を不均一とする成層燃焼を行い、相当オクタン価や燃料投入量の変化が燃焼に与える影響について検討を行った。また、燃焼状態の解析に分光学的手法を用いた。

2. 実験装置及び方法

供試機関には、二ストローク空冷単気筒ガソリン機関を用いた。供試機関仕様及び実験条件を表 1 に示す。

本実験では、左右の各掃気ポートにそれぞれインジェクタを設け、着火特性の異なる燃料を噴射することで成層燃焼を行った。図 1 の Injector 1 から n-heptane を、Injector 2 から iso-octane を噴射し、噴射量を個別に制御した。

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 ³
Type of Scavenging System	Schnürle
Scavenging Port Opening Timing	58 deg. BTDC
Scavenging Port Closing Timing	58 deg. ATDC
Effective Compression Ratio	$\varepsilon = 12 : 1$
Engine Speed	Ne = 1000 rpm
Throttle	WOT
Scavenging Gas Temperature	Tsc = 383 K
Test Fuel	Injector 1 n-heptane (0 RON)
	Injector 2 iso-octane (100 RON)

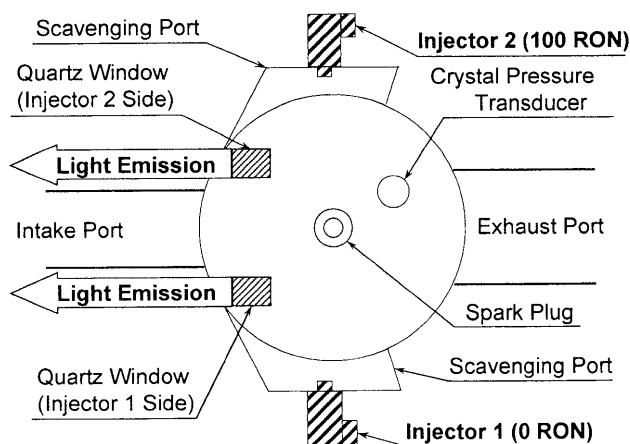


Fig.1 Injection position and measurement position

Table 2 Fuel injection heat value condition

Case	Fuel Injected Heat Value [J/cycle]			Equivalence RON
	n-heptane, Bn	iso-octane, Bi	Total, Bt	
1	240	60	300	S20
2	180	120		S40
3	120	180		S60
4	140	140	280	S50
5	185	185	370	
6	210	210	420	
7	140	180	320	S56
8		210	350	S60

ここで、燃料の噴射割合を相当オクタン価と定義し、従来のオクタン価表示の頭に S をつける。また、各条件における燃料投入量を表 2 に示す。

さらに、燃焼室内の燃焼状態を観測するため、図 1 に示すシリンダヘッド上部の各掃気ポート付近に石英観測窓を設けた。それぞれの石英観測窓より、燃焼室の発光を捉え、採取した発光は光ファイバを用いて分光器へ導いた。分光器で分光した波長は、CO-O 放射⁽²⁾の代表的な波長に相当する 395.2 nm である。そして、分光した波長を光電子増倍管によって電気信号に変換し、その出力電圧を発光強度 ($E_{395.2}$ [A.U.]) とした。このとき、Injector 1 (n-heptane) 側の発光強度を $E_{395.2-0 \text{ RON}}$ [A.U.]、Injector 2 (iso-octane) 側の発光強度を $E_{395.2-100 \text{ RON}}$ [A.U.] とした。なお、分光器の半値幅は $\lambda = 4.0$ nm である。

3. 実験結果及び考察

3.1. 相当オクタン価の上昇による影響について

n-heptane (0 RON) 及び iso-octane (100 RON) のそれぞれの噴射量を変化させ、相当オクタン価を変化させ、実験を行った。相当オクタン価を変化させた Case 1 から 3 の場合の実験結果を図 2 に示す。図は横軸にクランク角 (θ [deg.])、縦軸には上からシリンダ内圧力 (P [MPa])、熱発生率 (HRR [J/deg.]) である。

図 2 より、相当オクタン価が向上するほど着火時期が遅角し (矢印 A)、最大熱発生率は大きく低下している (矢印 B)。これは、相当オクタン価が上昇したことで、自着火がより困難になり、着火時期が遅角したと考えられる。また、総燃料投入量は変化していないので、最大熱発生率の低下は急峻な燃焼を抑制していることを示している。したがって、相当オクタン価を上昇させることで、着火時期の制御及び急峻な燃焼の抑制には、有効であると考えられる。

3.2. S50 RON における燃料投入量の増加による影響

高出力化には燃料投入量を増加させなくてはならない。そこで、n-heptane 及び iso-octane の投入量が同じ S50 RON において燃料投入量を増加させた Case 4 から 6 の結果を図 3 に示す。図は横軸にクランク角、縦軸には上からシリンダ内圧力、熱発生率、Injector 1 側の発光強度 ($E_{395.2-0 \text{ RON}}$)

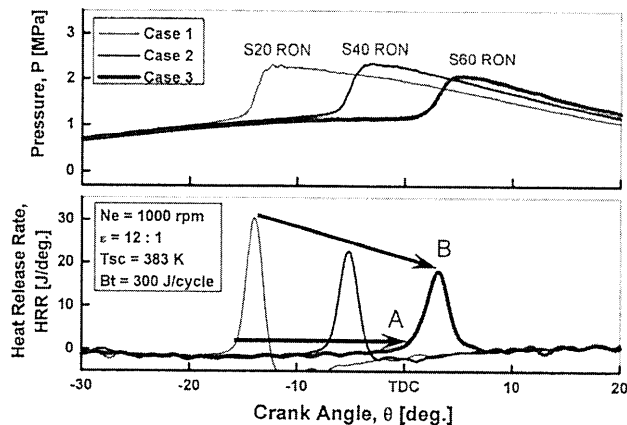


Fig.2 Typical waveforms (Case 1 to 3)

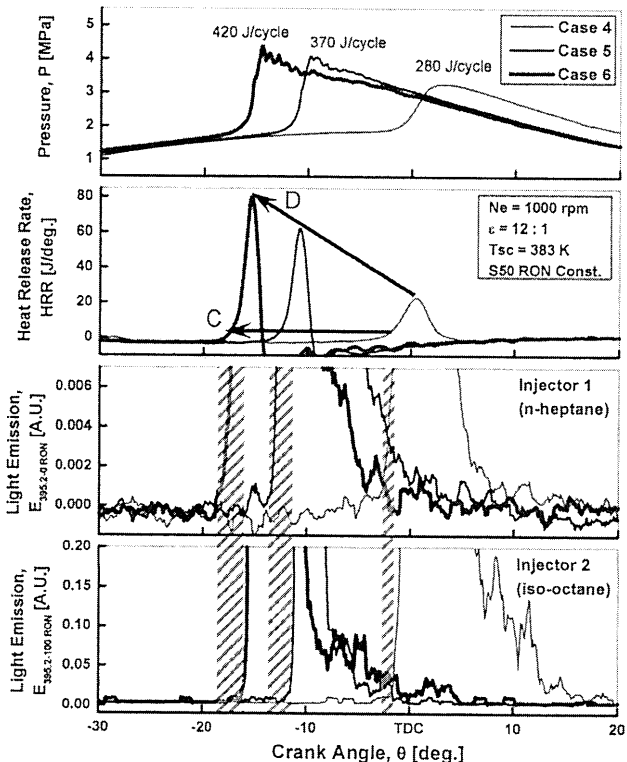


Fig.3 Typical waveforms (Case 4 to 6)

[A.U.], Injector 2 側の発光強度 ($E_{395.2-100 \text{ RON}}$ [A.U.])である。

図 3 より, S50 RON において燃料投入量を増加させると, 着火時期が大きく進角し (矢印 C), 最大熱発生率は大きく上昇している (矢印 D)。

これは, 燃料投入量が増加したことで, 自着火が容易となり, それによって着火時期が進角したと考えられる。また, 燃料投入量は異なるが, 最大熱発生率が大きく上昇していることから, 燃料投入量が増加すると急峻な燃焼になっていると考えられる。したがって, S50 RON のまま燃料投入量を増加させることは困難であると考えられる。

また, 発光強度に着目すると, どの条件においても自着火が容易な n-heptane を噴射した Injector 1 側で先に発光が確認され, その後に自着火が困難な iso-octane を噴射した Injector 2 側で発光が確認されており, 発光時期に差異があることがわかる (図中の斜線部)。このことから, Injector 1 側で着火し, その後 Injector 2 側で着火が起こったと考えられ, シリンダ内で燃焼が段階的に起こっていると考えられる。

3.3. 相当オクタン価及び燃料投入量の変化による影響

S50 RON のまま燃料投入量を増やしたのでは, 急峻な燃焼の抑制は困難であった。そこで, n-heptane の投入量を一定

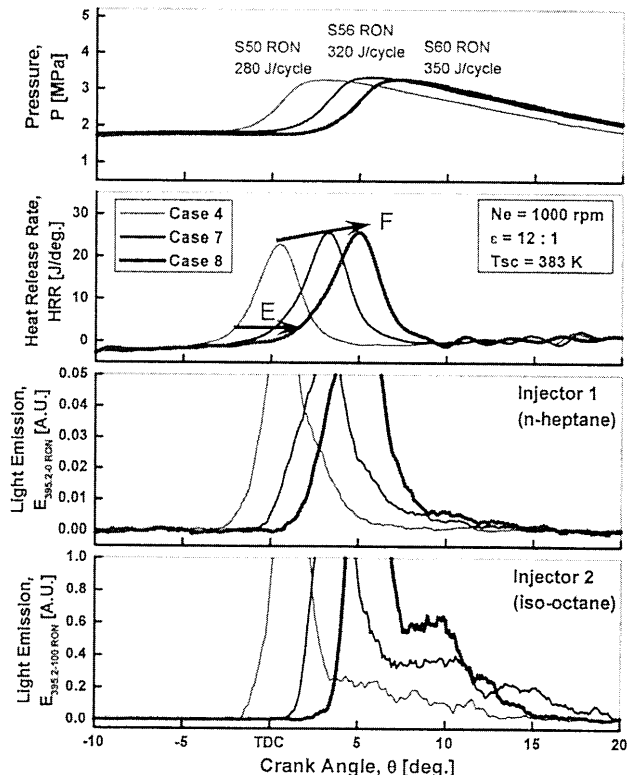


Fig.4 Typical waveforms (Case 4, 8 and 9)

とし, iso-octane の投入量を増加させた Case 4, 7 及び 8 の結果を図 4 に示す。

図 4 より, 着火時期はわずかに遅角し (矢印 E), 最大熱発生率はわずかに上昇している (矢印 F)。

これは, 相当オクタン価の上昇の効果によって着火時期は遅角し, 燃料投入量の増加によって最大熱発生率が上昇したと考えられる。また, これらがわずかな変化であったのは, それぞれの効果が相反するため打ち消しあったためと考えられる。したがって, それぞれの効果の均衡を取ることで着火時期及び急峻な燃焼の抑制が可能であると考えられる。

また, 燃料の投入量の割合が異なる場合においても, 図 5 より n-heptane が噴射された Injector 1 側から発光, その後 iso-octane が噴射された Injector 2 側から発光していることから, 発光時期の差異を確認することができる。したがって, 燃料の投入量の割合が異なる場合でも Injector 1 側で着火し, その後 Injector 2 側で着火が起こり, シリンダ内において燃焼が段階的に起こっていると考えられる。

4. 結 論

- (1) 相当オクタン価を上昇させた場合, 着火時期が遅角し, 急峻な燃焼の抑制に有効である。
- (2) 同一相当オクタン価において燃料投入量を増加させた場合, 着火時期が遅角し, 燃焼が急峻になった。また, 発光強度よりシリンダ内において燃焼が段階的に起こっていると考えられる。
- (3) 相当オクタン価を上昇させつつ, 燃料投入量を増加させることで, 着火時期及び急峻な燃焼の抑制が可能と考えられる。また, 燃料噴射割合が異なる場合でもシリンダ内において燃焼が段階的に起こっていると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 飯島晃良, 吉田幸司, 庄司秀夫 : 日本機械学会論文集 (B 編) Vol.74, No.742, p.1433-1442, 2008.
- (2) A. G. Gaydon : The Spectroscopy of Flame-2nd Edition, London, Chapman and Hall Ltd., 1974, 412p.