

過給 HCCI 機関における燃焼特性の研究

A Study of Combustion Characteristics of Supercharged HCCI Engine

○石橋隆司¹, 長田佳祐¹, 屋代拓路¹, 稲葉州亮², 飯島晃良³, 庄司秀夫³, 吉田和範⁴, 柳平和寛⁴

*Takashi Ishibashi¹, Keisuke Osada¹, Takuji Yashiro¹, Shusuke Inaba², Akira Iijima³, Hideo Shoji³

Kazunori Yoshida⁴, Kazuhiro Yanagidaira⁴

The Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) combustion has attracted much interest because it can achieve clean combustion and high efficiency. However, the HCCI combustion has some problems, Such as expansion of operational region and control of knocking. In this study, we paid attention to the expansion of the operational region, by using supercharging. And examined influence of changing engine speed on combustion characteristics. dimethyl ether (DME) was used as the test fuel. As a result, two stage light emission at a wavelength corresponding to that of the CO-O glow can be confirmed on the heat release of the hot flame.

1. 序論

予混合圧縮着火 (以下 HCCI) 燃焼は均一な混合気を低い温度で燃焼させるため, 粒子状物質 (PM) 及び窒素酸化物 (NOx) の同時低減が可能である. また, 高圧縮比での運転が可能なることから, 高効率を実現できる燃焼方式である. しかし, HCCI 燃焼は燃焼室内の多点で予混合気が同時に着火し燃焼が進行するので圧力上昇が急峻である. そのため, 高負荷で運転することが困難である. 過去の研究から, 過給を行うことで燃焼が緩慢になり, 高負荷化が可能であることが分かっている⁽¹⁾⁽²⁾.

そこで, 本研究では過給 HCCI 機関において機関回転数の変化が燃焼にどのような影響を与えるか調査した.

2. 実験装置及び実験方法

機関は四サイクル空冷単気筒ディーゼル機関 (行程容積 299 cm³, 圧縮比 11.5 : 1) をベースとした. 過給を行った際の新気の吹き抜けを最小限とするため, タペット隙間を調節してバルブオーバーラップをゼロとした. 筒内圧力 P [MPa] は, シリンダーヘッド上部に設置した水晶圧力変換器を用い測定を行い, 測定した圧力から熱発生率 HRR [J/deg.] を算出した. 機関回転数は 800, 1400, 2200 rpm と変化させた. 燃料であるジメチルエーテル (DME) は, マスフローコントローラにより流量制御し, 吸気管に投入する. 吸気管の途中に機械駆動式の過給機を設け, 吸気圧力を Pb(abs) = 100, 140, 180 kPa と変化させ計測を行った. 吸気温度は, インタークーラを使用することで調節した.

HCCI 燃焼の火炎光の採取を行うため, シリンダに石

英観測窓を設け, ボア方向の筒内火炎光を採取した⁽³⁾. 火炎光は光ファイバによって分光器へと導入され, 395.2 nm の波長に分光される. これは, CO と O の再結合反応による強い連続スペクトル発光 (CO-O 放射) の波長の一部であり, 主に熱炎発生時期に放射されるため⁽⁴⁾, 熱炎の挙動を調べるのに有効である.

3. 実験結果及び考察

3.1. 機関回転数変化が燃焼の緩慢化に与える影響

図 1 は投入熱量 $Q_{in} = 370$ J/cycle, 着火時期を BTDC 10 deg. 付近一定とし, 機関回転数 $N = 800, 1400, 2200$ rpm, 吸気圧力 $Pb(abs) = 100, 140, 180$ kPa と変化させた場合の最大圧力上昇率 $dP/d\theta_{max}$ [MPa/deg.] である. 図 1 より, 全ての回転数において最大圧力上昇率が低減されていることが確認できる.

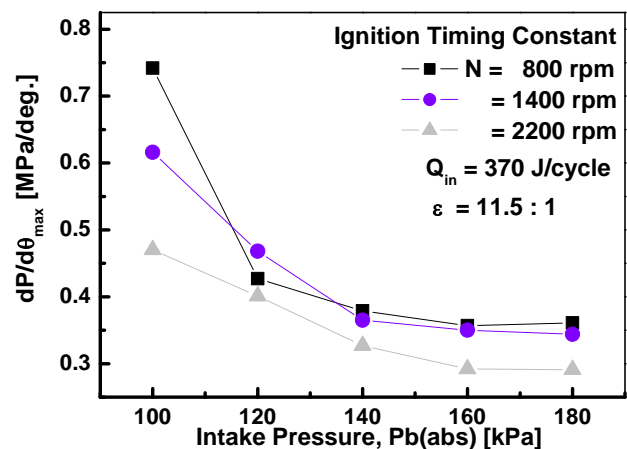


Fig. 1 Influence of changing engine speed and supercharging on $dP/d\theta_{max}$

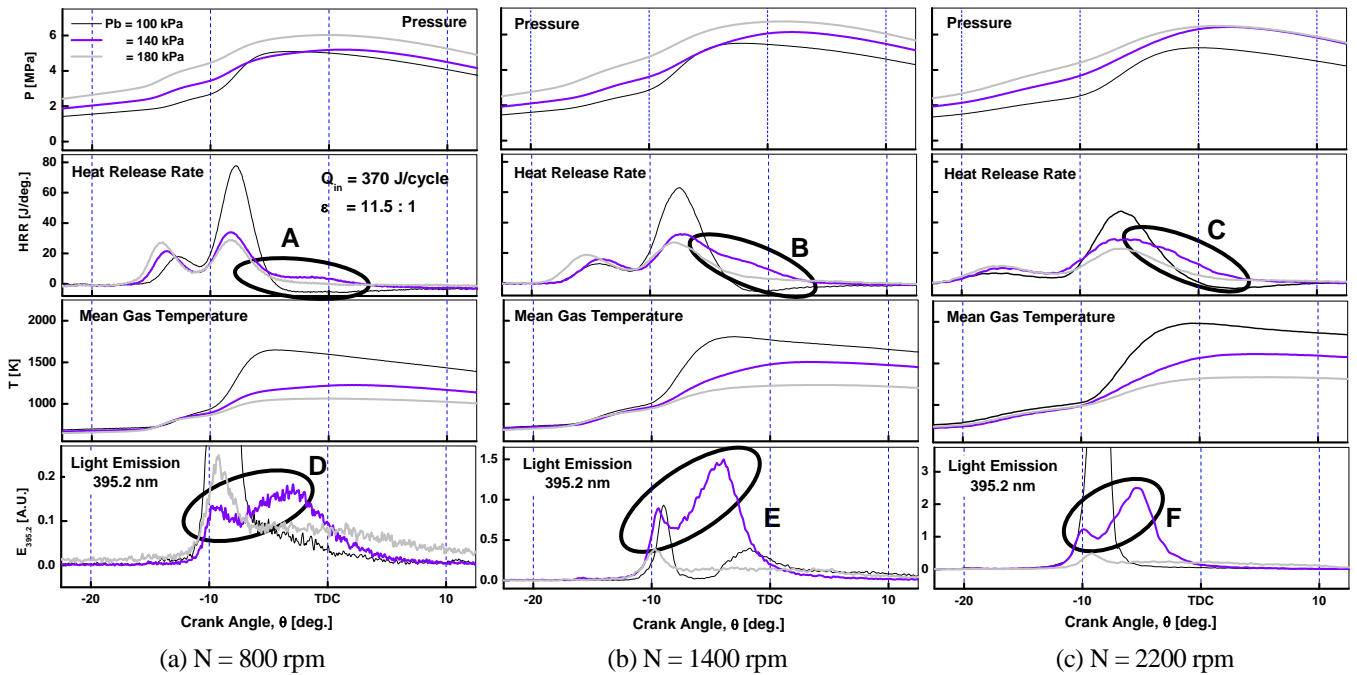


Fig. 2 Influence of engine speed and supercharging on combustion characteristics

よって、過給による燃焼の緩慢化は回転数によらず可能であると考えられる。

3.2. 機関回転数変化が燃焼に与える影響

過給 HCCI 機関において、回転数の変化が燃焼に与える影響について調査を行うため、投入熱量 $Q_{in} = 370$ J/cycle、機関回転数 $N = 800, 1400, 2200$ rpm、吸気圧力 $Pb(abs) = 100, 140, 180$ kPa と変化させ計測を行った。また、すべての条件において着火時期の違いによる熱炎の振る舞いの差をなくすため、吸気温度 T_{in} を変化させ着火時期を BTDC 10 deg. 付近一定に保った。図 2 に筒内圧力 P [MPa]、熱発生率 HRR [J/deg.]、気体の状態方程式より求めた筒内平均ガス温度 T [K]、火炎の 395.2 nm の発光強度 $E_{395.2}$ [A.U.] を示す。

熱炎の熱発生に着目すると、全ての回転数において吸気圧力の増加に伴い熱発生率の最大値が低下していることがわかる。平均ガス温度についても温度低下が確認できた。よって、吸気圧の増加と共に燃焼が緩慢化していると考えられる。

熱炎の熱発生に着目すると、 $Pb(abs) = 140$ kPa の場合 $N = 800, 1400$ rpm では熱炎の熱発生が僅かに二段になっており（領域 A, B）、 $N = 2200$ rpm では熱炎の熱発生の後半部が穏やかに減少し、熱炎の熱発生が一段になっている（領域 C）。しかし、395.2 nm の発光強度について着目してみると、全ての回転数において $Pb(abs) = 140$ kPa の場合では二段の CO-O 放射における発光がみられた（領域 D, E, F）。また、堤らは $N = 1400$ rpm 時において分光的手法と排気ガス

成分の解析によりこれらの傾向を確認しており、一段目の熱発生は CO の生成による熱発生であり、二段目は CO_2 の生成による熱発生であるとしている⁽³⁾。よって、 $Pb(abs) = 140$ kPa の場合において熱炎の熱発生の挙動は、回転数の増加により二段から一段へ変化するが、熱炎の熱発生における二段の発光は回転数に関わらずに見られることが分かった。

4. 結論

本実験において、以下のことが明らかになった。

1. 投入熱量、着火時期一定において、過給による燃焼の緩慢化への効果は回転数によらず確認できた。
2. $Pb(abs) = 140$ kPa の場合に確認された熱炎の二段の熱発生は、回転数が増加するにしたがい確認できなくなる。しかし、発光計測では本実験にて設定した全ての回転数において、熱炎の熱発生時における二段の発光をとらえることができた。

5. 参考文献

- [1] Christensen M., et al. : "SAE Paper", 980787
- [2] 堤 優二郎, 飯島 晃良, 庄司 秀夫:「自動車技術会論文集」, Vol. 40, No. 4, pp. 1023-1028, 2009
- [3] 堤 優二郎, 飯島 晃良, 庄司 秀夫:「日本機械学会論文集 (B 編)」, Vol. 75, No. 755, pp. 166-173, 2009
- [4] 飯島 晃良, 庄司 秀夫:「自動車技術会論文集」, Vol. 38, No. 6, pp. 83-88, 2007