

434 火花点火機関の点火時期変化における前炎反応発光挙動の影響の研究

Research of Influence of Preflame Reaction Light Emission

Behavior at Various Ignition Timing of S.I. Engine

○学 笹川貴司 (日大院) 学 鈴木剛史 (日大院) 正 吉田幸司 (日大) 正 庄司秀夫 (日大)

Takashi SASAGAWA, Tsuyoshi SUZUKI, Koji YOSHIDA, Hideo SHOJI,

Nihon University, 1-8-14 Surugadai Kanda, Chiyoda-ku Tokyo

Key Words: Knocking, Spark Ignition Engine, Ignition-Timing, Preflame Reaction

1. 序 論

近年、燃料の枯渇や地球温暖化による CO₂ 低減が深刻な問題となっている。そこで、内燃機関の更なる熱効率向上が求められている。熱効率向上を妨げる要因の一つに火花点火機関のノッキング現象が挙げられる。火花点火機関でのノッキングの発生は、未燃混合気が火炎面からの断熱圧縮により、低温度炎の発現後、自着火に至ることが原因である。

本研究では、実機を用いて自己着火前の前駆反応(冷炎)の発生現象に着目し、分光学的手法から中間生成物の発光挙動を調べることを目的とした。そこで、前駆反応である低温酸化反応に着目し OH ラジカル、HCHO(冷炎)の中間生成物に着目し、発光法⁽¹⁾により観察した。これらの中間生成物の挙動が点火時期を変化させた場合に、どのような影響を与えるのか考察した。

2. 実験装置および実験方法

供試機関には、測定が容易なサイドバルブ方式の4サイクル空冷単気筒ガソリンエンジンを使用した。図1にシリンダヘッドと各測定装置の測定位置を示す。本実験では水冷型石英観測窓ホルダから火炎光を光ファイバを用い、多波長分光器に導き OH ラジカル、HCHO に対応する波長と考えられる 306.4 nm、395.2 nm の発光強度を測定した。本実験では、2ヶ所に取り付けた水冷型石英観測窓ホルダのうち点火栓に近い側を燃焼室中央部(Center)とし、遠い側を燃焼室末端部(End)と定義した。シリンダヘッドの過熱状態を知るために、点火栓座金温度(T_{sp})と燃焼室末端部に設けた K 型熱電対により燃焼室内壁温度(T_{tw})を測定した。K 型熱電対については、図1中に先端の形状を示す。本実験では、燃料には n-heptane (0 RON) を使用した。また、点火時期(I.T.)を 5 deg.BTDC、15 deg.BTDC、25 deg.BTDC と変化させた。機関回転数は 1800 rpm、吸気圧力は一定、混合比は理論混合比(MR=15.1)で実験を行なった。1800 rpmでの通常運転では機関の点火時期は、15 deg.BTDCである。実験中はシリンダヘッドの冷却風量を減じ、過熱状態にさせることで正常燃焼からノッキングに移行させた。

3. 実験結果および考察

点火時期を変化させた時の発光強度の比較をする為、図2にシビアノッキング時の実験結果を示す。測定波形は上からシリンダ内圧力 P[MPa]、シリンダ内圧力から求めた熱発生率 H.R.R[J/deg.]、燃焼室中央部(Center)、末端部(End)における OH ラジカル発光強度 E_{OH} [V]および HCHO 発光強度 E_{HCHO} [V]を示す。また、横軸にはクランク角を示す。その下に運転状態として吸気管圧力 P_B [kPa]、点火栓座金温度 T_{sp} [K] 及び燃焼室内壁温度 T_{tw} [K]を示す。

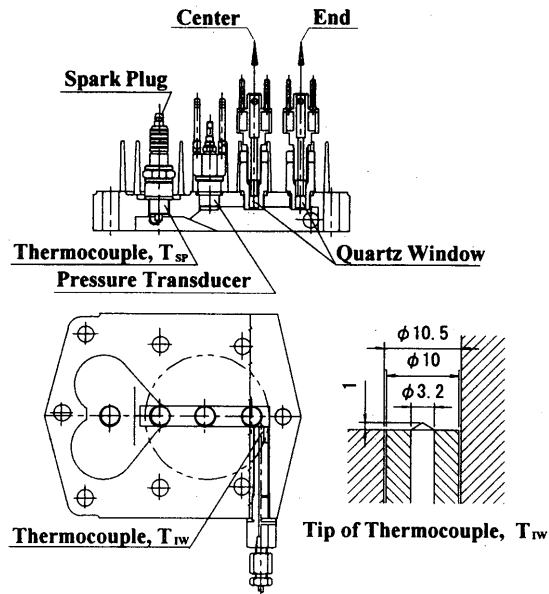


Fig.1 Cylinder head and measurement positions

図2(a)は、I.T.=5 deg.BTDC時の測定結果である。線AEで急激な発光強度が確認できる。これは、同時期にシリンダ内圧力波形で自着火による圧力振動が確認できるため、線AEでの急激な発光強度は自着火を捉えたものだと考えられる。また、点火時期がかなり遅角しているため、燃焼室中央部のOHラジカル発光強度波形で点火栓による火炎が伝ばする以前に自着火が起きていることがわかる。この波形では、HCHOの発光挙動において特徴的な現象が確認できる。図中のC点より微弱な発光が確認できる。また、同時期に熱発生率の波形で微弱な熱発生Rが確認できる。これにより、図中のC点での微弱な発光は、低温酸化反応の冷炎によるものだと考えられる。また、C点で微弱な発光をして縮退した後にB点で微弱な発光が再び確認できる。これは、自着火の直前であるため、青炎による影響だと考えられる。

図2(b)は、I.T.=15 deg.BTDC時の測定結果である。燃焼室中央部のOHラジカル発光強度波形において、線Acで発光強度の急激な増加が確認できる。これは、シリンダ内圧力波形において自着火による圧力上昇が確認できないので、点火栓による火炎の伝ばの影響を捉えたものだと考えられる。また、燃焼室末端部では線AEで発光強度の急激な増加が確認できる。これは、燃焼室末端部での自着火の影響を捉えたものと考えられる。またHCHO発光強度波形では、C点から微弱な発光が確認できる。

図2(c)は、I.T.=25 deg.BTDC時の測定結果である。燃焼室中央部のOHラジカル発光強度波形において、線Acで発光強度の急激な増加が確認できる。これはシリンダ

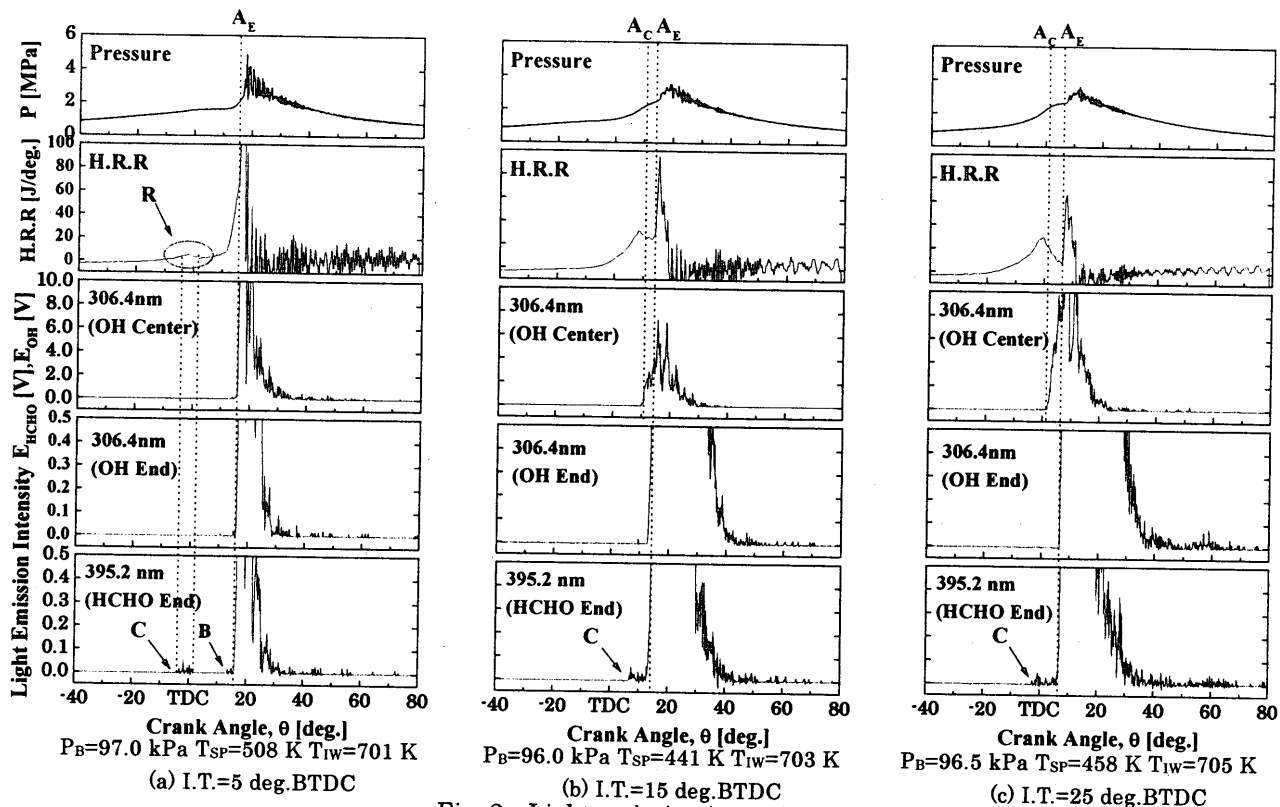


Fig. 2 Light emission intensity waveforms

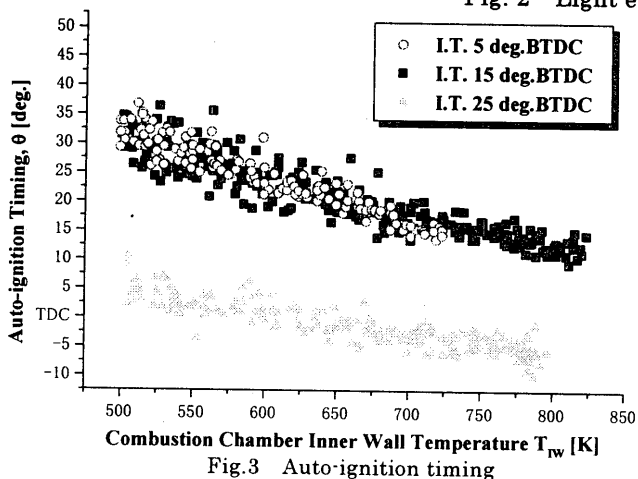


Fig.3 Auto-ignition timing

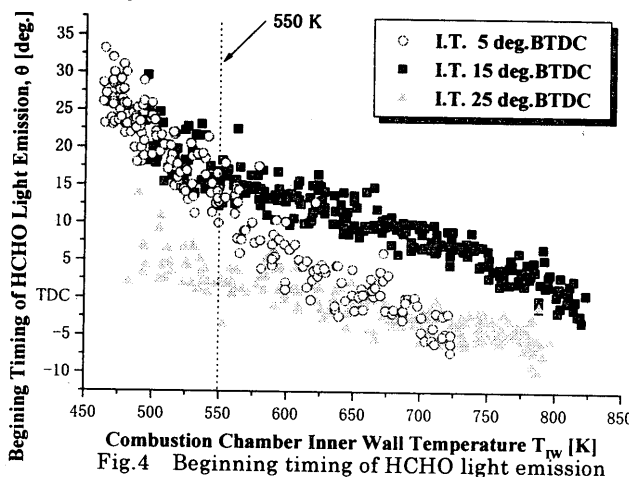


Fig.4 Beginning timing of HCHO light emission

内圧力波形において自着火による圧力上昇が確認できないので、点火栓による火炎の伝播を捉えたと考えられる。また、燃焼室末端部では線 A_E で発光強度の急激な増加が確認できる。これは、燃焼室末端部での自着火の影響を捉えたと考えられる。点火時期 25 deg.BTDC の実験では、測定開始から燃焼室内壁温度が非常に高温な場合でも点火時期が非常に早期なため、燃焼室中央部 OH ラジカル発光強度波形で火炎の伝播を常に捉えている。また HCHO 発光強度波形では、C 点から微弱な発光が確認できる。

図 2 (a)、(b) より点火時期 5、15 deg.BTDC の自着火時期が約 15 deg.ATDC であることがわかる。ここで、図 3 は、内壁温度が高温な温度領域での自着火時期をまとめたグラフである。燃焼変動がある為、ばらつきがある。点火時期が 5 deg.BTDC の場合では、通常では TDC 後ピストンが下がり、膨張が始まり温度は下がるが、TDC 付近で冷炎が発生することで燃焼室内温度が上昇し、点火時期が遅いにもかかわらず 15 deg.BTDC とほぼ同時期に自着火が起きたと考えられる。

図 4 は、点火時期ごとの HCHO の微弱な発光開始点をまとめたものである。I.T.=5 deg.BTDC のときは、発光の

開始点は燃焼室内壁温度 T_{IW} が約 550 K 以上になると急激に進角している。また、図 2 (a) で示した通り TDC 付近の早い段階での発光が確認できることも影響している。点火時期が 15、25 deg.BTDC の場合では、ほぼ同じ様な傾きをもった傾向を示している。また、HCHO の発光開始の C 点も同様に進角していることがわかる。これは燃焼変動があるが、点火時期 15、25 deg.BTDC の差 10 deg. が確認できる。これは点火時期を進角させることで火炎が早期に形成されるため、燃焼室末端部が早い段階で活性化されるためだと考えられる。

4. 結論

本実験において、以下のことが明らかになった。

1. I.T.=5 deg.BTDC と遅角した時、燃焼室末端部で、冷炎に相当する微弱な発光を確認後、自着火の直前に青炎と思われる微弱な発光を確認できた。
2. 点火時期を進角させることで、燃焼室末端部での前炎反応開始角はクランク角の早い時期に移行する。

参考文献

- (1) 大原、庄司、他、自動車技術会論文集 Vol.34, No.4, October: p31-36(2003)