

K2-8

火花点火機関における過給と燃料オクタン価がノッキングに及ぼす影響の可視化と分光学的解析

Visualization and Spectroscopic Analysis of the Knocking in a SI Engine with Supercharge and Octane Number

○宮坂 智海¹, 海谷 朋寛¹, 栗田 智明¹, 早川 昇邦¹,
石野 賢司², 長谷川 智弘², 飯島 晃良³, 庄司 秀夫³

*Tomomi Miyasaka¹, Tomohiro Kaiya¹, Tomoaki Kurita¹, Norikuni Hayakawa¹,
Takashi Ishino², Tomohiro Hasegawa², Akira Iijima³, Hideo Shoji³

Recently, there are the problems which occurrence of the auto-ignition in the charged down-sizing spark ignition engine. In this study, the behavior of the auto-ignition at the time of knocking was investigated by using high speed photography and light absorption spectroscopic technique with that 0 RON / 50 RON primary reference fuel and natural aspirated (NA) / supercharged engine. As a result, the low-temperature reaction period was shortened by supercharging, and the auto-ignition timing was advanced with intense pressure oscillation at the low octane number in the supercharging.

1. 序論

近年、自動車ガソリンエンジンは燃費低減のため、過給ダウンサイジングにより、排気量を抑えかつ必要な出力を得るといった傾向になっているが、異常燃焼(ノッキング)の発生が課題となっている。本実験では、オクタン価の異なる標準燃料(0 RON, 50 RON)を用いて、自然吸気時と過給時のノッキング現象を筒内の可視化と分光学的手法⁽¹⁾により調べた。

2. 実験装置および方法

供試機関仕様および実験条件を表 1 に、シリンダヘッドおよび各測定装置の取付位置を図 1 に示す。本研究では、測定機器の取付の容易なサイドバルブ機関を使用し、過給時には外部過給器を用いた。また、低温酸化反応を捕えやすくするために、点火時期 I.T. (Ignition Timing) を正規の 15 deg. BTDC から 5 deg. BTDC に遅角させた⁽²⁾。

シリンダ上部に取り付けた石英窓により筒内を可視化し、筒内の燃焼およびノッキングの様子を撮影速度 40,000 frames / sec. に設定した高速度カメラを用いて撮影した。

分光計測は、シリンダ側部の石英観測窓ホルダからキセノンランプの平行光を燃焼室へ照射し、反対側から得られた 293.1 nm (HCHO)⁽³⁾の透過光強度を測定した。そして、低温酸化反応が顕著に現れる前の透過光強度の平均値 $E_{HCHO(AVG)}$ [A.U.] を基準とし、任意のクランク角での透過光強度 E_{HCHO} [A.U.] から吸光度 A_{HCHO} [-] を (1) 式のように定義した。

$$A_{HCHO}[-] = \frac{E_{HCHO(AVG)} - E_{HCHO}}{E_{HCHO(AVG)}} \dots (1)$$

Table 1. Specifications of test engine and test condition

Four-stroke Air-cooled Single Cylinder Gasoline Engine	
Bore × Stroke	85 × 70 mm
Displacement	397 cm ³
Valve Arrangement	Side Valves
Engine Speed	1400 rpm
Test Fuels	0 RON (n-heptane)
	50 RON (n-heptane + iso-octane)
Ignition Timing (I.T.)	5 deg. BTDC
Boost Pressure	NA (P _{b(abs)} = 98.0 ± 1.0 kPa)
	Supercharged (SC) : P _{b(abs)} = 120 kPa)
Mixture Ratio	Stoichiometric
Compression Ratio	6.4 : 1

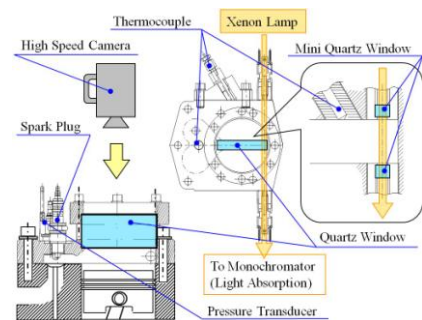


Figure 1. Cylinder head and measurement position

また、燃焼室末端部に設置した K 型熱電対により燃焼室内壁温度 (T_{iw}) を測定した。

3. 実験結果および考察

図 2, 3 にオクタン価 0 RON, 50 RON における自然吸気 (NA) および過給時 (SC) の測定波形と可視化画像、図 4 に過給時 (SC) におけるオクタン価 0 RON, 50 RON の測定波形と可視化画像を示す。燃焼室内壁温度は概ね $T_{iw} = 850$ K, 波形は横軸がクランク角 θ [deg.], 縦軸は上からシリンダ内圧力 P [MPa], シリンダ圧力より求めた熱発生率 HRR [J/deg.], 燃焼室末端部 (End) における HCHO 吸光度 A_{HCHO} [-] である。

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

3.1. 自然吸気時と過給時の比較

図 2, 3 の計測波形より, 冷炎発生時 (図中 a) の吸光度波形に着目してみると, 冷炎発生時に吸光度が増加するのを確認することができ, HCHO を生成していることがわかる. その吸光度の増加は, 自然吸気時では緩やかであるが過給時は急激である. ノッキング発生時以降の吸光度波形では吸光度が減少しておりノッキング発生とともに HCHO を消費していることがわかる. 次に, 冷炎発生からノッキング発生に至るまでの期間 (前炎反応期間と定義する) は, 過給時の方が自然吸気時より短期化している. また図 2 の可視化画像より, 0 RON では自然吸気時は, 燃焼室の末端付近から中央部にかけて自着火しており, 過給時も同様な自着火を開始するがその後急激に全面燃焼を起こしている.

これらのことから, 過給時は自然吸気時と比べ, バルブオーバーラップ部での残留ガスの掃気作用が大きいため筒内温度が下がり, 圧縮開始温度が低下するため, 冷炎発生時期が遅角したと考えられる. また, 前炎反応期間が短期化しているため, 自然吸気時より過給時の方が未燃ガスの低温酸化反応は活発であると考えられる.

3.2. オクタン価の違いによる比較

図 4 の計測波形より, 過給時において 0 RON の方が 50 RON より冷炎発生および自着火は早期化し, ノッキング発生時には激しい圧力振動が起きている. また, 前炎反応期間が短期化していることがわかる. 可視化画像より, 0 RON の方が 50 RON より早期に燃焼室末端部で自着火し, 燃焼が急峻であることが確認できる. また, 点火栓からの伝播火炎の進行が抑制されている様子が確認できる.

これらのことから, オクタン価が低いと低温酸化反応が起きやすくなり, 自着火しやすいと考えられる. また, 燃焼室末端部における自着火の圧力の影響により点火栓からの伝播火炎の進行が抑えられたと考えられる.

4. 結論

- (1) 自然吸気時と比べ過給時は, 圧縮開始温度の低下により冷炎発生時期が遅角するが, 前炎反応期間は短期化することから, 未燃ガスの低温酸化反応は活発であると考えられる.
- (2) 過給時において, 低オクタン価の方が低温酸化反

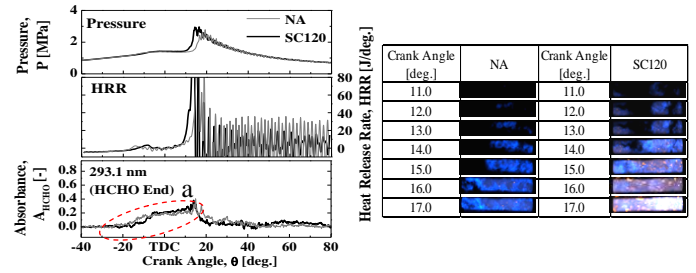


Figure 2. Visualization results and measured waveforms (0 RON)

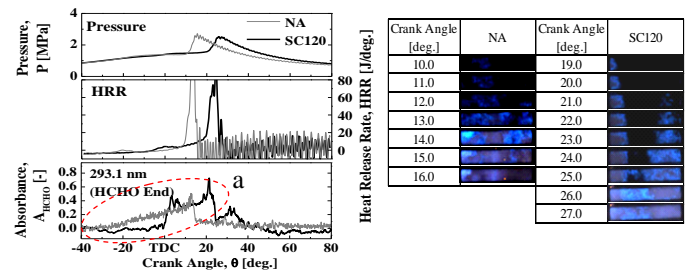


Figure 3. Visualization results and measured waveforms (50 RON)

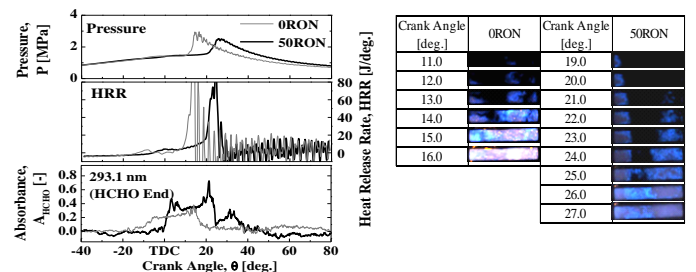


Figure 4. Visualization results and measured waveforms (SC120)

応が起きやすくなり早期に自着火し, 強いノック振動が発生した.

- (3) 点火栓からの伝播火炎進行の抑制は, 燃焼室末端部における未燃ガスの自着火によるものであると考えられる.

5. 謝辞

本研究は理工学部シンボリックプロジェクト (熱工学システム) の一環として実施した.

6. 参考文献

- (1) Iijima, A., Yoshida, K., Shoji, H. : SAE International Journal of Engines, Vol. 2, No. 2, pp. 721 - 732, 2010
- (2) 石野, 白木, 関口, 長谷川, 飯島, 庄司 : 日本機械学会 関東支部 第 51 回学生員卒業研究発表講演会, pp. 481 - 482, 2012
- (3) Gaydon, A. G : The Spectroscopy of Flame Second Edition London, Chapman and Hall Ltd. (1974)