K2-4

# SI 燃焼におけるエンジン回転数がノッキングに及ぼす影響

**Effect of the Engine Speed on Knocking in SI Combustion**

○山下　貴大[1]，居迫　拓治[1]，石川　貴大[1]
工藤　大貴[2]，高畑　周平[2]，清水　堅斗[2]，飯島　晃良[3]，庄司　秀夫[3]
Yamashita Takahiro[1], Izako Takuya[1], Ishikawa Takahiro[1]
Kudou Hiroki[2], Takahata Syuuhei[2], Shimizu Kento[2], Iijima Akira[3], Shoji Hideo[3]

This study investigated the effect of engine speed on knocking in SI combustion. Auto-ignition and abnormal combustion behavior were examined by using light absorption spectroscopy and in-cylinder flame visualization techniques. The result showed that the auto-ignition timing was retarded and knocking intensity was rised by increasing engine speed.

## １．序　論

過給を用いることでエンジンの低速回転領域においても高負荷化が可能な，過給ダウンサイジング技術が注目されている(1)．低速かつ高負荷という運転条件のためノッキングなど異常燃焼が起こることが知られているが，一般にエンジン回転数が増大すると，低速ノックは起こりにくくなる．しかし，自着火に伴うノッキング特性（ノック強度など）は十分には明らかにされていない．そこでエンジンの回転数変化が異常燃焼に与える影響を調査するために，本研究では単気筒エンジンの回転数を変化させ，ノッキングを伴う条件での燃焼実験を行った．

## ２．実験装置及び方法

供試機関仕様及び実験条件を表 1 に示す．本研究では，筒内の可視化が容易なサイドバルブ方式の空冷 4 ストローク単気筒エンジンを用いた．また，エンジン回転数を 1400 rpm から 400 rpm ずつ上げていき，2600 rpm までの計 4 条件で実験を行った．測定装置の概要を図 1 に示す．シリンダヘッド上部に石英観測窓を設け，筒内のノッキングの様子を高速度カメラで撮影した．また，シリンダヘッドの側面に小型の石英窓を設けることで燃焼室にキセノン光源からの光を透過させ，燃焼室末端で吸光測定を実施した．燃焼室を透過した光は，光ファイバによって分光器に導かれ，低温酸化反応で生成されるホルムアルデヒド (HCHO) の吸収波長である 293.1 nm(2) の波長に分光される．分光した光を光電子増倍管によって電気信号に変換し，反応が起こっていない状態での透過光強度の平均を $E_{HCHO(AVG)}$ [A.U.]，任意のクランク角度での透過光強度を $E_{HCHO}$ [A.U.] と定義し，式 (1) より吸光度 $A_{HCHO}$ [-] を算出した．

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

Table 1. Specifications of test engine and test condition

| Four-stroke Air-cooled Single-cylinder Gasoline Engine | |
|---|---|
| Bore × Stroke | 85 × 70 mm |
| Displacement | 397 $cm^3$ |
| Compression Ratio : ε | 8 : 1 |
| Engine Speed : N | 1400 rpm |
| | 1800 rpm |
| | 2200 rpm |
| | 2600 rpm |
| Fuel | PRF 50 |
| Mixture Ratio | Stoichiometric |

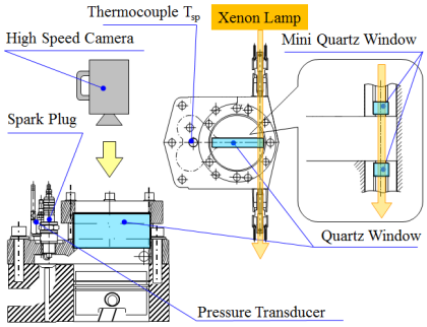


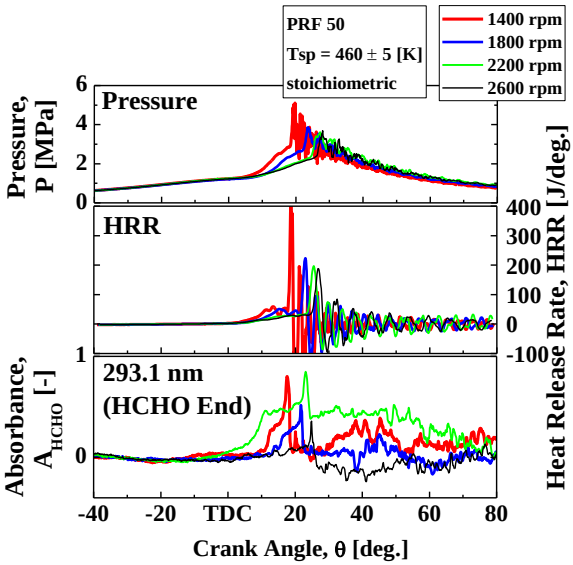

Fig . 1 Configuration of the test engine

## ３．実験結果および考察

機関温度を変化させることで燃焼状態を正常燃焼から異常燃焼に推移させた．用いた供試機関は空冷方式のため，機関温度の代表値として点火栓座金温度 $T_{sp}$ [K] を用いた．図 2 に測定波形とそれぞれの波形に対応する燃焼の可視化画像を示す．測定波形の縦軸は上から筒内圧力 P [MPa]，熱発生率 HRR [J/deg.]，吸光度

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

$A_{HCHO}$ [-] をそれぞれ表している．測定波形をみると筒内圧力は回転数が高くなるにつれて減少していることが分かる．これは低回転時における未燃混合気が自着火するよりもエンジンの回転数が上昇したことによる，膨張行程の筒内の圧力が低下し，筒内末端部の未燃混合気の自着火に影響したと考える．可視化画像においても末端の自着火は，低回転時が最も早いことが分かる．図 3 からは，各温度帯の自着火時期が低回転になると進角していくことが分かる．図 4 に各回転数における自着火時期とノッキング強度 $P_{ki}$ [MPa] の関係を示す．回転数が高くなるほど，ノッキング強度は高くなる傾向となった．これはエンジンの回転数が速くなることによって火炎伝ぱが速くなり，末端の未燃混合気が一瞬にして自着火することで，強いノッキングになったと考えられる．可視化画像からも末端の自着火が一瞬で起こることが確認できる．



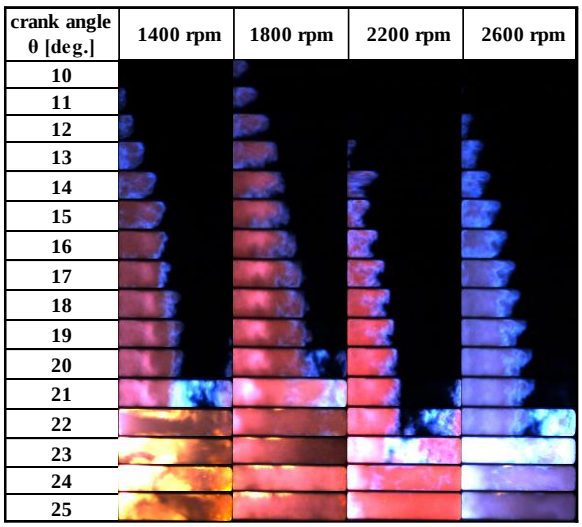




Fig. 2 Measured waveforms and visualization flame

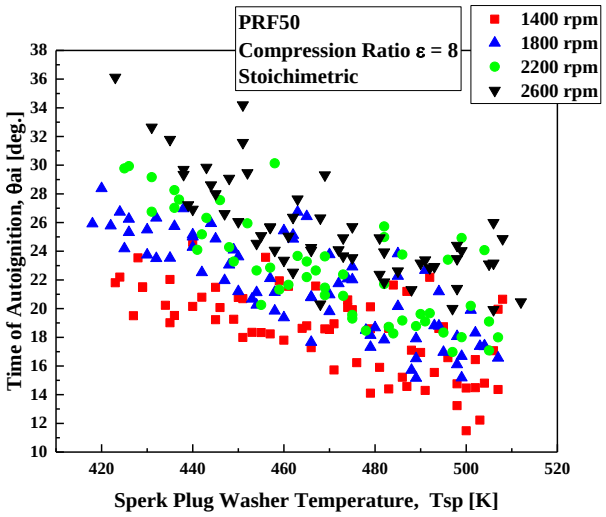



Fig. 3 Relationship between spark plug washer temperature and auto-ignition timing

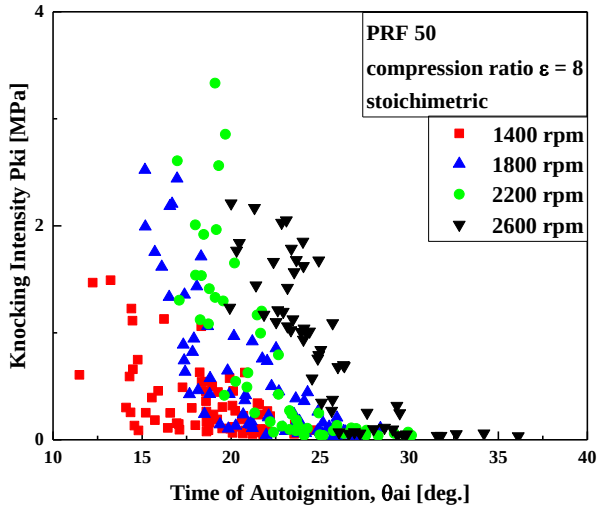



Fig. 4 Relationship between auto-ignition timing and knocking intensity

## 4．結　論

自着火時期は低回転になると進角する．また，ノッキング強度においては低回転時よりも回転数を上昇させることで，末端の未燃混合気が瞬間に自着火することで強くなる．

参考文献

(1) 森吉泰生：火花点火機関の燃焼と熱効率改善のための課題と対策，日本機械学会―エンジン技術の基礎と応用（その 26）―, No. 13-116, p. 11-18 (2013)
(2) Gaydon, A. G.: The Spectroscopy of Flame -2nd Edition, London, Chapman and Hall Ltd (1974)