

K2-14

燃料組成及び点火時期がノック強度に与える影響の調査 Investigation of Influence of Fuel Composition and Ignition Timing on Knock Intensity

○阿部陽介¹, 飯村匡哉¹, 五十嵐文太¹, 古荘拓磨², 竹田幸太郎², 飯島晃良³, 庄司秀夫³
*Yosuke Abe¹, Masaya Iimura¹, Ayata Igarasi¹, Takuma Furusyo², Kotaro Takeda², Akira Iijima³, Hideo Shoji³

Operating at high compression ratio and lean burn is necessary to improve thermal efficiency of internal combustion engine. However, knock becomes an issue when an engine is operated at a high compression ratio in the lean mixture region. In this study, knock intensity was investigated when changing fuel composition and ignition timing.

1. 序論

近年, 地球温暖化や大気汚染等による環境問題が深刻化している. そのため, 内燃機関における更なる高効率化が求められている. 火花点火機関において熱効率を向上させるためには, 高圧縮比及び希薄燃焼下での運転が必要となる. ただし, このような運転条件では, ノッキングが発生することが課題になっている. よって, 熱効率の向上には, ノッキング課題の解決が急務である. そこで本研究では, ノック強度に着目し, オクタン価, 点火時期を変化させることで様々な運転条件でノッキングを発生させ, ノック強度に影響を与える因子について調査した.

2. 実験条件及び方法

本研究で用いたエンジン諸元及び実験条件を表 1 に示す. 供試機関には, 2 ストローク単気筒空冷式エンジンを用いた. 圧縮比は $\epsilon = 13.1$ に設定し, 回転数は 1200 rpm 一定の下で実験を行った. 供試燃料にはオクタン価標準燃料(PRF : Primary Reference Fuel)を用い, オクタン価は 50 RON, 90 RON に設定した. 本研究の主な測定項目においては, 筒内圧力 (P [MPa]), 掃気温度 (Tsc [K])である.

Table 1 Specifications of test engine and test conditions

2-Stroke Air Cooled Single Cylinder Gasoline Engine	
Scavenging Type	Schnuerle
Bore × Stroke	72 mm × 60 mm
Displacement	244 cm ³
Throttle	WOT
Engine Speed	N = 1200 rpm
Compression Ratio	13.1 : 1
Exhaust Port Closing Timing	106 deg. ATDC
Equivalence Ratio	0.5
Test Fuel	PRF 90
	PRF 50
Ignition Timing	- 20 deg. ATDC
	- 40 deg. ATDC
	- 60 deg. ATDC

3. 実験結果及び考察

3.1 自着火評価に用いた特性値の定義

本研究では, 燃焼挙動の評価のために以下を定義した.

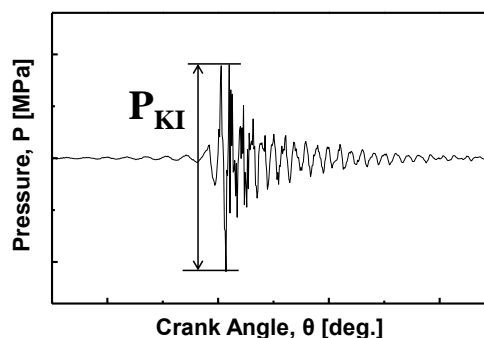


Fig.1 Definition of Knock Intensity, P_{KI} [MPa]

ノック強度, P_{KI} [MPa] : 図 1 に示すように筒内圧力を 4 kHz のハイパスフィルター処理しその最大振幅をノック強度 P_{KI} [MPa] と定義した.

ノック時期, (Knock Timing), θ_{KI} [deg.] : 熱発生率が最大値を示した時のクランク角度をノック時期と定義した.

3.2 オクタン価と点火時期のノック強度への影響

掃気温度が一定の下で, オクタン価変化と点火時期がノック強度に及ぼす影響を調査するために, 掃気温度 $T_{SC} = 338$ K, 燃料には PRF 50 と PRF 90 を用い, 当量比 $\phi = 0.5$, 点火時期を - 20 deg. ATDC, - 40 deg. ATDC, - 60 deg. ATDC と変化させた実験を行った. 図 2 に PRF 50 と PRF 90 における単一サイクルの指圧波形を示す.

まず始めに, PRF 50 に注目すると, すべての点火時期において強い圧力振動が発生していることがわかる. これは急峻な自着火が発生していることが原因と考えられる. 特に点火時期が -20 deg. ATDC の時, 圧力振動が最も大きくなった. このことから, 点火時期が -20 deg. ATDC における燃焼では自着火による燃焼の割合が増えていることを示している. 続いて, PRF 90 につ

いて考える。こちらでも PRF 50 と同様、どの点火時期においても圧力振動は発生している。しかし、その圧力振動は微弱なものとなっている。このことから PRF 90 での燃焼における自着火は比較的緩やかであることがわかった。以上より、オクタン価を高めることで圧力振動が低減すること、及び圧力最大時期の遅角ができるということがわかった。さらにオクタン価と点火時期がノック強度に及ぼす要因を調査するため、両オクタン価の条件下での全サイクルからノック特性を解析した結果を示す。

図 3, 図 4 に PRF 50 及び PRF 90 における各点火時期条件でのノック時期とノック強度の関係をそれぞれ示した。ここで、一つのプロットは $T_{sc} = 323 \sim 353$ K の 20 サイクル中の各サイクルを示している。

図 3, 図 4 より、点火時期一定の条件において、ノック時期が進角するにつれてノック強度は上昇することがわかる。その一方で、点火時期を進角させるとノック時期の進角に伴いノック強度が低下することがわかる。これは点火時期の進角により燃焼期間が長期化し、自着火時の未燃混合気の割合が減少したからだと考えられる。

ここで、図 3, 図 4 を比較すると、PRF 50 に対して PRF 90 のノック強度は小さくなった。これはオクタン価の上昇により混合気に着火しにくくなり、自着火が比較的緩慢化したからだと考えられる。また、PRF 50 と PRF 90 ではノック時期も異なる結果が得られた。PRF 50 では TDC 以前で強い自着火が起きているのに対し、PRF 90 では TDC 周辺で強い自着火が発生していることが分かる。このことから、オクタン価の上昇により自着火がしにくくなり、全点火時期条件において、ノック時期が TDC 付近へ向けて遅角したと考えられる。

4. 結論

同一ノック時期の場合、点火時期を進角させることでノック強度が低下することが分かった。また、オクタン価を高めることでノック強度が低下した。よって、点火時期を早めつつ、自着火時期を遅らせることがノック強度の低減に有効であると考えられる。

5. 参考文献

[1] 飯島晃良, 吉田裕貴, 林智敏, 島田貴司, 山田将徳, 田辺光昭, 庄司秀夫: 可視化エンジンを用いた SI 機関におけるノッキング現象の研究, 内燃機関シンポジウム講演論文集(2015)

[2] 飯島晃良, 竹田幸太郎, 吉田裕貴, 林智敏, 田辺光昭, 庄司秀夫: 末端ガス高速可視化観察によるノッキング時の自着火挙動解析, 自動車技術会秋季大会学術講演会講演論文集(2016)

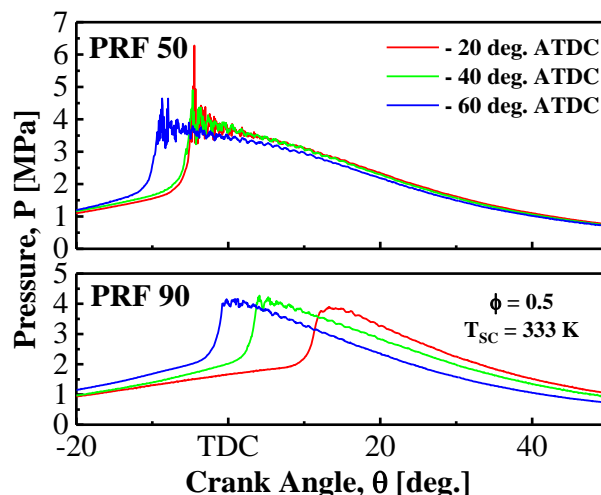


Fig. 2 Measured pressure waveforms

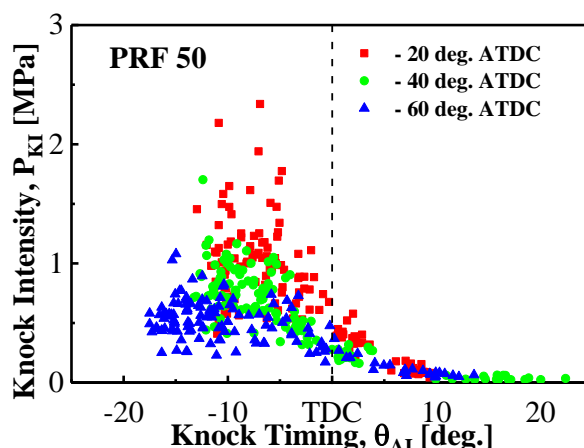


Fig. 3 Knock Intensity vs. Knock Timing on PRF 50

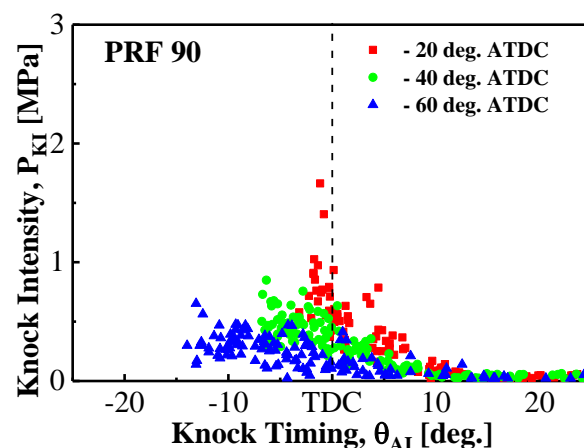


Fig. 4 Knock Intensity vs. Knock Timing on PRF 90