

直噴ガソリンエンジンの異常燃焼 の発生要因に関する研究

【研究背景】

高過給の直噴ガソリンエンジンの開発が行われるなか、低速プレイグニッション(LSPI)と呼ばれる異常燃焼が確認されており、その防止対策が開発課題となっている。

【研究目的】

LSPIの発生がピストンクレビスから飛散する潤滑油に起因するという報告の妥当性の検証を試みた。

【定容容器を用いた潤滑油の着火性の検証】

まず、実験装置として定容容器を用い、混合液の燃焼観察を行った。その際、燃料としてiso-Octaneを、潤滑油は市販されているものを使用し、これらの混合割合を変化させ潤滑油の着火への影響を調べた。

図1に示す実験結果から、潤滑油の混合割合が高い条件程激しい燃焼が起こっており、潤滑油の着火性が高いことが明らかとなった。

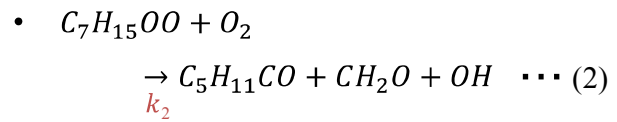
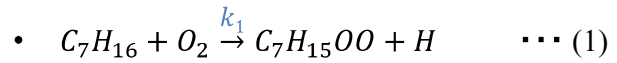
【数値計算による潤滑油の着火特性の検証】

次に、実験結果を基に、数値計算コードを用いて潤滑油の化学着火遅れ特性の解明を試みた。現状潤滑油の化学反応を考慮した反応スキームは存在しないため、化学計算はn-Heptaneで代表させ、式(1)、(2)のような低温酸化反応を表現した総括反応式を導入し、実験と計算結果との着火開始時期が合うよう、反応速度定数を最適化することで潤滑油の化学着火遅れを再現することを試みた。その際、潤滑油の基油を構成する炭化水素の炭素数の中央値は20であると仮定し、主に炭素数20の代表的アルカンであるn-Eicosaneの物性値を使用した。

図2に実験と計算結果との比較を示す。計算結果については、温度分布のみではなく噴霧を白色で表示した。この図から、概ね噴霧燃焼の着火開始時期が再現できていることが分かる。この結果から推算された潤滑油の着火遅れとn-Heptaneの着火遅れとの比較を図3に示す。図からn-Heptaneと比べて潤滑油の自着火性が非常に高いことが確認された。

【結論】

潤滑油がLSPIの原因物質であることが示唆された。



$$k = AT^n e^{-\frac{E}{RT}}$$

k : reaction rate constant E : activation energy

A : pre-exponential factor R : universal gas constant

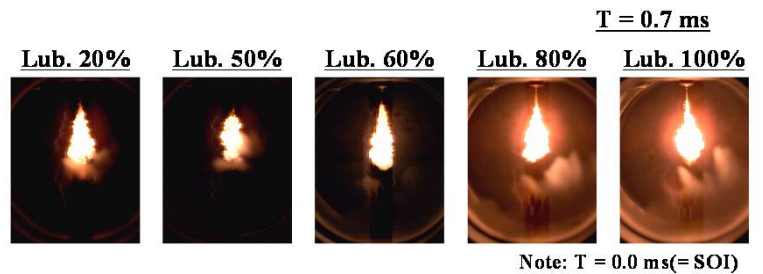


Fig.1 Images obtained by using the constant volume chamber

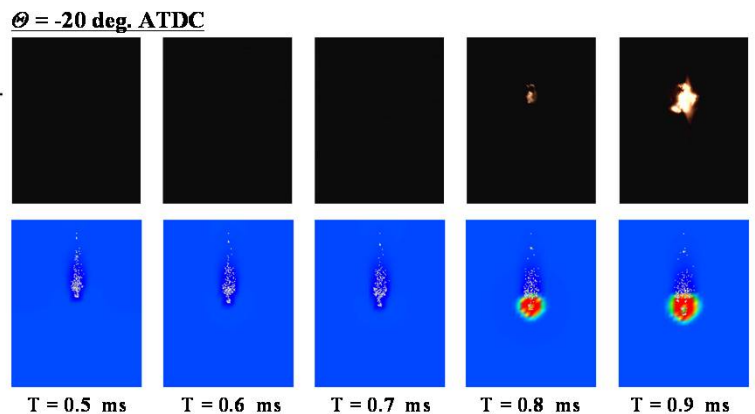


Fig.2 Experimental and calculation comparison

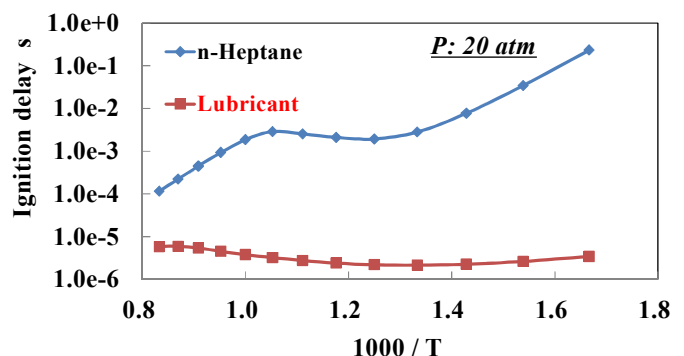


Fig.3 Comparison of ignition delay results