

論文の要旨

題目 NO₂添加の低温酸化・着火遅れに与える影響についての化学反応論的研究
(Chemical Kinetics Study About the Effect of NO₂ Addition on Low Temperature Oxidation and Ignition Delay)

氏名 葛 晰遥

環境問題やエネルギーセキュリティの観点から、内燃機関の熱効率向上が求められている。高効率な燃焼として、自着火を伴う予混合圧縮自着火燃焼などが挙げられる。この燃焼は燃料-空気混合気をエンジンの圧縮端で自着火させることで、燃料希薄条件下でも短期間で燃焼を完結させることが可能である。このような燃焼の実用化に向けた主要な課題の1つは着火時期の制御であり、エンジンの運転シーンに応じて着火時期を自在にコントロールする技術が求められている。先行研究から、NO_xは着火促進・抑制の両効果を持つ可能性が示唆されており、化学反応的に着火時期を進角・遅角制御可能な期待がもてる化学種である。一方で、NO_xは添加濃度、雰囲気温度圧力、燃料構造によって着火に及ぼす影響が異なることが報告されているが、詳細メカニズムは明らかになっておらず、エンジンでの適応可能性、適応指針が立っていない状態である。そこで本研究は、NO_xによるエンジン着火制御性拡大の可能性を明らかにするべく、NO_x成分のうちNO₂の着火影響に着目し研究を開始した。

第1章では、カーボンニュートラルに向けた内燃機関の熱効率向上など、本研究に関連する社会背景を述べ、エンジンの着火時期制御に関する先行研究の動向について紹介した後、本論文の目的と構成について述べている。

第2章では、NO₂添加の着火影響把握のために急速圧縮装置を用いて実施した、イソオクタンのNO₂添加燃焼実験について、その試験条件、試験結果とそこから得られた知見について述べている。

第3章では、NO_x添加の着火影響を表現可能な反応機構を構築するために、先行研究をもとにNO_x反応機構を検討し、2章にて実施したNO₂添加燃焼実験の0次元反応計算による再現と実験との対比を行った。さらに構築したNO_x反応機構の妥当性、問題点及びその要因について考察を行っている。

第4章では、第3章で明らかになった反応機構の問題点の修正と改善を行った。先行研究に関する調査を通じて明らかになった、未考慮の反応の反応速度定数の取り扱いと推定法について詳細に述べた後、実際に修正を行ったNO_x反応機構を用い、実エンジンならびに衝撃波管によるノック限界挙動と着火遅れ時間の実験に対する検証を実施し、反応機構の妥当性を確認した。

第5章では、第4章にて妥当性が確認されたNO_x反応機構を用い、オクタン価の一次標準燃料である、イソオクタンおよびノルマルヘプタンを対象にNO₂添加時の着火挙動の違いとそのメカニズムについて述べた。NO₂添加による着火遅角効果はCH₃の生成量に依存し、これは燃料構造に帰着することを明らかにした。

第6章では、エンジン運転条件変化に対するNO、NO₂添加がもたらす着火影響について示した後、NO_x添加のエンジン自着火制御性拡大の可能性について記述した。

第7章では、本研究を通じて得られた結論についてまとめている。