HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Influence of Fuel Properties on Premixed Diesel Combustion [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	熊, 仟
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11448号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55499
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Xiong_Qian_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　熊 仟

審査担当者　主　査　教　授　小川 英之
副　査　教　授　近久 武美
副　査　教　授　藤田 修
副　査　准教授　柴田 元

学位論文題名

Study on Influence of Fuel Properties on Premixed Diesel Combustion
(予混合化ディーゼル燃焼の燃料性状依存性に関する研究)

ディーゼルエンジンは高い熱効率と優れた性能特性を有することから, 多方面で動力源として用いられているが, 排気エミッション対策に対する高コスト化が顕在化しており, その解決策として燃焼面からの排気エミッション低減が強く求められている. その中で予混合化ディーゼル燃焼は, 多量の排気再循環 (EGR) を用いることなどにより着火を燃料噴射終了後に生じさせて予混合化と低温燃焼化を促進する新しい燃焼方式であり, 高い熱効率を維持したまま窒素酸化物 (NOx) と微粒子状物質 (PM) の同時低減が可能であるとして注目を集めている. しかし, この燃焼方式ではノッキングをともなう急激燃焼, 不安定着火, および未燃燃料の増加などにより運転可能領域が制限されることが実用化へ向けた最大の課題となっている. 一方, その燃焼特性は着火性などの燃料性状に強く依存することから, 燃料性状の最適化により燃焼改善と運転可能領域の拡大が期待できる. 本研究では, 燃料の着火性, 成分, および蒸留温度といった燃料性状因子が予混合化ディーゼル燃焼の諸特性に及ぼす影響について, 低圧クールドループ EGR およびコモンレール燃料噴射システムを備えた単気筒・過給・直噴式ディーゼルエンジンを用いた実験を中心に系統的な検討を行っている.

まず, オクタン価が 0,20,40 および 60 の四種類のオクタン価正標準燃料 (PRF: Primary Reference Fuel) を用いて着火性の影響を検討している. その結果, オクタン価が高く着火性の低い燃料ほど高吸気酸素濃度・高空気過剰率側のノック限界および低吸気酸素濃度・低空気過剰率側の安定限界のいずれも高吸気酸素濃度・高空気過剰率側に移行し, 低着火性燃料では低 EGR 率・高吸気酸素濃度に設定しても穏やかな燃焼が得られるため, 運転可能負荷限界が拡大することを明らかにしている. さらに, 低着火性燃料は高着火性燃料に比べて吸気酸素濃度を高く設定できるため, 高負荷運転時においても燃焼効率の低下が小さく, 高い発熱の等容度も影響して図示熱効率が高くなるとしている.

次に, 燃料の成分の影響を明らかにするためノルマルヘプタン-トルエン混合燃料 (NTF) を用いて実験を行い,NTF の運転可能負荷範囲が同一リサーチオクタン価のオクタン価標準燃料 (PRF) と比較して高吸気酸素濃度・高空気過剰率側のノック限界および低吸気酸素濃度・低空気過剰率側の安定限界のいずれも高吸気酸素濃度側に移行し,NTF は予混合化ディーゼル燃焼ではオクタン価のわりに低着火性の特性を示すことを明らかにしている.

さらに, 燃料の蒸留温度は, 予混合化ディール燃焼の運転可能範囲および燃焼特性に与える影響は小さいものの, 同等の着火性を有する軽油と低蒸留温度・高蒸発性燃料 (オクタン価 20 の正標準燃料,PRF20) を比較すると, 軽油の図示熱効率のほうが顕著に低くなることを示し, この要因として,

総投入熱量から図示仕事, 排気損失, および排気組成から求めた未燃損失を差し引いて求められる未知損失の増加を挙げている. この未知損失は従来型ディーゼル燃焼では大部分が冷却損失であるが, 予混合化ディーゼル燃焼では燃料の壁面付着に起因する有効な燃焼に寄与しない燃料の増加を無視できなくなるとしている. とくに軽油の予混合化ディーゼル燃焼における未知損失の増加の要因は, 冷却損失の増加とは考えにくいことから, この有効な燃焼に寄与しない燃料の増加によるものであると結論づけている. この有効な燃焼に寄与しない燃料には, クランク室に浸入した燃料のほか, 膨張行程後期から排気行程で酸化することで発熱の等容度や燃焼効率に影響を与えず有効な燃焼に寄与しない燃料も挙げている. さらに, 燃料噴射中に着火が起こる従来型のディーゼル燃焼で軽油とPRF20 の図示熱効率および燃焼様態に大きな差異が見られないことから, 予混合化ディーゼル燃焼における高蒸留温度成分の壁面付着は, 主に着火遅れ期間に起こるとしている.

予混合化ディーゼル燃焼では, 燃料性状に応じて適切な吸気酸素濃度を設定することにより, 広い負荷範囲で高効率・低 NOx・無煙運転が可能であるが, 一方で蒸発性が高い PRF20 を用いても従来型ディーゼル燃焼と比べて CO の排出量が多く, 燃焼効率が低下するため, 予混合化ディーゼル燃焼の熱効率をさらに向上させるためには燃焼効率の改善を図る必要があるとしている.

これを要するに, 著者は予混合化ディーゼル燃焼の燃料性状依存性を系統的に検討して, その最適化による燃焼改善の可能性を示すとともに, ディーゼルエンジンの高効率化および低エミッション化に対する多くの新知見を明らかにしており, エンジンシステム工学に対して貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.