学位論文題名

高速ディーゼル機関における燃焼および排気特性の 燃料性状依存性に関する研究

学位論文内容の要旨

ディーゼル機関は、その優れた経済性、出力特性、耐久性等のため、動力源として極めて広範囲にまた数多く利用されているが、近年とくに都市部における物流の拡大にともなうディーゼル機関の需要増加とも相まって、環境保全の観点から、その排気エミッションを更に低減することが社会的要求として強く求められている。

これに対する対応として、従来から機関における燃焼系の改善あるいは排気処理システム等の研究開発が多くされて来ているが、一方燃料側からの排気エミッション低減に対するアプローチも非常に重要であって、国内外において各種燃料およびその燃焼に関する研究の進展に大きな期待が寄せられている。

本研究はこのような背景を踏まえて、とくに高速ディーゼル機関の燃焼および排気エミッションに対する燃料性状依存性に関して系統的な解明を行うと共に、燃料性状の点から排気エミッションの低減に対する知見を得ようとするものである。

本論文は6章から構成されている。

第1章では、研究の目的、社会的背景、および得られた結果の概要を示すとともに、ディーゼル機関の燃焼および排気エミッションと燃料性状に関する研究の動向について述べている。

第2章では、本研究で使用した各種の炭化水素燃料、実験装置および測定装置について説明すると同時に、主な実験方法についても記述している。

第3章から第5章までが本論文の中核であり、得られた実験結果およびその解析結果について 論述している。

第3章では、通常の石油系燃料における個々の主要な燃料性状とディーゼル機関の定常運転時における燃焼・排気特性との関係について系統的な検討と解明を行っている。すなわち、燃料の動粘度、着火性、芳香族含有割合および硫黄含有割合の各々の性状因子が、燃焼および排気エミッションに与える影響をそれぞれ独立に解明すると同時に、とくに排気黒煙および NOx に対して

は三つの燃料性状因子, つまり, 着火遅れ, 動粘度, 芳香族含有割合を変数ととした一次結合回帰式によってそれらの排出濃度を概ね記述し得ることを立証し, 併せて排気エミッションの低減に必要な燃焼性状上の知見を提示している。なお, その知見に基づき, 排気エミッションの改善に向けて性状の適合化を施した石油系燃料を試作することにより, 燃料による排気エミッションの低減効果を実証している。

第4章では、各種の単組成炭化水素を広範囲かつ系統的に混合した燃料を用いることにより、 燃料中のとくに芳香族成分に注目して、その具体的な分子構造が機関定常運転時の燃焼・排気特性に及ぼす影響について究明している。すなわち、一環あるいは二環を有する芳香族系炭化水素 とそれらに物理的性状が類似しているパラフィン系炭化水素との混合燃料を使用し、芳香族系炭 化水素の分子構造と燃焼・排気特性との関係について検討を行った。

その結果、排気黒煙濃度と芳香族成分との関連については、一環のベンゼン芳香族系炭化水素におけるアルキル基の位置および数などの分子構造の如何に依らず、燃料中の芳香族含有割合と言うよりはむしろC/H原子比が黒煙濃度を決定する支配因子になり得ること、更に二環までを有する芳香族系炭化水素での黒煙濃度に対する支配因子も、ベンゼン核の環数よりもC/H原子比に概ね集約されること等を明らかにしている。一方、NOx濃度と芳香族成分の関係は、燃料中の芳香族系炭化水素の分子構造に直接依存するのではなく、その単位体積当たりの発熱量によって説明され得ることを論述している。

第5章では、前章までに述べた機関の定常運転時における排気特性に代わって、過渡運転時とくに加速運転時での排気特性に対する燃料性状の影響について時系列的な解析を行っている。まず、加速運転時での排気をサイクルオーダで採取するための排気採取システムを試作・構築することによって、加速時の基本的な排気特性を把握すると同時に、各種燃料性状に対する排気エミッションを時系列的に測定・解析することに成功している。

その結果,加速開始後における排気黒煙,CO, CO_2 , および O_2 の濃度は,いずれの燃焼性状においても加速開始直後からほぼ一定の定常値として推移するのに対し,NOx および未燃炭化水素 THC の濃度は過渡的な推移を経過して定常値に収束しており,その場合の過渡的な推移特性は経過サイクル数の指数関数によって概ね記述できることを明らかにしている。更に,NOx あるいは THC 濃度の推移特性について,燃焼性状の影響を最も大きく受けるのは加速開始直後であること,その際のガス濃度は,燃料の蒸留特性,動粘度,および着火性などの物理的性状に依存し,芳香族成分などの燃料分子構造それ自体にはほとんど左右されないこと,ならびに定常運転時の排気濃度に影響を与えない燃料性状であっても,加速時の排気濃度に影響を与え

る場合があること等を見出している。

第6章は結論であって、ここでは本研究の結果を総括して記述している。

学位論文審査の要旨

宫 本 沯 主 教 授 īF. 副 査 教 授 村山 副 査 教 授 伊 藤 獻一 副 杳 教 授 真 田 雄三 小 川 英 之 副査 助教授

ディーゼル機関は、その優れた出力特性のため動力源として広範な分野において利用されているが、近年その排気エミッションあるいは燃焼の改善に対する社会的要望が一層強くなる状況にある。

本論文は、高速ディーゼル機関の燃焼および排気エミッションに対する燃料性状依存性に関して系統的な解明を行うと同時に、燃料性状の点から排気エミッションの低減に対する有益な知見を提示したものであって、6章から構成されている。

第1章では、研究の目的、社会的背景、および得られた結果の概要を述べている。

第2章においては、本研究で使用した各種の炭化水素燃料、実験装置および測定装置について 説明すると同時に、主な実験方法についても記述している。

第3章から第5章までが本論の中核であり、得られた実験結果およびその解析結果について論述している。

第3章では、通常の石油系燃料における個々の主要な燃料性状とディーゼル機関の定常運転時における燃焼・排気特性との関係について系統的な検討と解明を行っている。すなわち、燃料の動粘度、着火性、芳香族含有割合および硫黄含有割合の各々の性状因子が、燃料および排気エミッションに与える影響をそれぞれ独立に解明すると同時に、とくに排気黒煙および NOx に対しては三つの燃料性状因子、つまり、着火遅れ、動粘度、芳香族含有割合を変数とした一次結合回帰式によってそれらの排出濃度を概ね記述し得ることを立証し、併せて排気エミッションの低減に必要な燃料性状上の知見を提示している。また、その知見に基づき、排気エミッションの改善に

向けて性状の適合化を施した石油系燃料を試作することにより、燃料による排気エミッションの 低減効果を実証している。

第4章で、各種の単組成炭化水素を広範囲かつ系統的に混合した燃料を用いることにより、燃料中のとくに芳香族成分に注目して、その具体的な分子構造が機関定常運転時の燃焼・排気特性に及ぼす影響について究明している。

すなわち排気黒煙濃度は、芳香族に結合したアルキル基の位置および数などの分子構造よりは、 燃料のC/H原子比に大きく依存すること、また、NOx 濃度は、燃料中の芳香族系炭化水素の 分子構造に直接依存するのではなく、その単位体積当たりの発熱量によって説明され得ることな どを明らかにしている。

第5章では、過渡運転時とくに加速運転時での排気特性に対する燃料性状の影響について時系 列的な解析を行っている。まず、加速運転時での排気をサイクルオーダで採取するための排気採 取システムを試作・構築することに成功している。

このシステムを用いて、加速開始後における排気黒煙、CO、 CO_2 、および O_2 の濃度は、いずれの燃料性状においても加速開始直後からほぼ一定の定常値として推移するのに対し、NOx および未燃炭化水素 THC の濃度は過渡的な推移を経過して定常値に収束すること、またその場合の過渡的な推移特性は経過サイクル数の指数関数によって概ね記述できることを明らかにしている。更に、NOx あるいは THC 濃度の推移特性について、燃料性状の影響を最も大きく受けるのは加速開始直後であること、その際のガス濃度は、燃料の蒸留特性、動粘度、および着火性などの物理的性状に依存すること等を見出している。

第6章では、本研究の結果を総括し、結論としてとりまとめている。

これを要するに、本論文はディーゼル機関の燃焼・排気特性に対する燃料性状の影響について 系統的な解明を行ったものであって、内燃機関工学および燃焼工学の分野に貢献するところ大で ある。

よって著者は,博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認められる。