

学位論文審査結果の要旨

専攻主任



博士（工学） 申請者 能戸 正

審査委員

主査 教授 藤原 康博
副査 教授 豊田 国昭
副査 教授 丸山 晃市
副査 教授 登坂 茂

ディーゼル機関から排出される NO_x および微粒子 低減に関する研究

近年、地球の温暖化が大きな社会問題となっているが、これは化石燃料の燃焼により排出される CO₂ が主原因と考えられている。この CO₂ の排出を低減するためには、熱効率が高く有害成分の排出の少ない熱機関の開発が急務である。ディーゼル機関は、他の内燃機関に比較して熱効率が高いことから、特に、ヨーロッパ等でディーゼル車が急増している。それに伴って、ディーゼル機関から排出される窒素酸化物（NO_x）および微粒子の低減が強く求められている。ディーゼル機関から排出される NO_x と微粒子は、燃焼室内での低減対策を考えるべきであるが、両者はトレードオフの関係にあるため、熱効率を低下させることなく燃焼室内での燃焼改善による同時低減は困難である。このため、燃焼室内での低減が困難な NO_x は、排気過程で触媒による処理が必要となるが、この場合には、燃焼室内での微粒子の低減が必要不可欠な条件となる。

現在、ディーゼル機関用の触媒の一つとして、銀系触媒に還元剤としてエタノールを用いると高い NO_x 還元効果が得られているが、その還元機構は明らかにはされていない。この NO_x の還元機構を明らかにするためには、少量サンプルガスによる NO_x の測定法の確立が必要となる。また、ディーゼル燃焼は、基本的には拡散燃焼であることから、燃焼初期における微粒子の生成は避けることができない。このため、燃焼室内での微粒子の生成を抑制するためには、燃焼改善だけでなく、燃料側からの検討も必要となる。植物油をモノエステル化したメチルエステル燃料は、その成長過程で CO₂ を固定することから CO₂ の排出の少ない燃料として注目されている。また、メチルエステル燃料は、含酸素系の燃料であることから燃焼初期における微粒子の生成を抑制できる可能性が考えられる。

このような背景を基に、本論文は、少量サンプルガスによる NO_x の測定法、ならびにディーゼル機関から排出される NO_x および微粒子の低減機構について研究を行ったものであって、全7章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的について述べ、触媒による NO_x 低減に関する研究の動向、少量サンプルガスによる NO_x の測定法に関する研究の動向、ならびに微粒子低減に関する研究の動向について記述している。

第2章では、本研究での供試機関および供試燃料、各種ガス成分の測定装置、微粒子の測定、高速ガスサンプリング装置、燃焼解析法などについて記述している。

第3章では、少量サンプルガスによる NO_x の測定法として、NO_x を有機の炭素原子を

有する亜硝酸エステルに変換し、水素炎イオン化検出器 (FID) 付きガスクロマトグラフを用いた測定方法 (FID 法) について論述している。

本研究で開発された FID 法は化学発光法 (CLD 法) との比較検討の結果、NO_x 測定法として十分信頼性があることを示している。しかし、亜硝酸エステルの溶出位置に高濃度の低沸点炭化水素が溶出する場合には、NO_x の測定が困難となることから、低沸点炭化水素に感度を示さない検出器を用いた NO_x 測定法を提案している。

第 4 章では、低沸点炭化水素に感度を示さない電子捕獲型検出器 (ECD) 付きガスクロマトグラフを用いた NO_x 測定法 (ECD 法) について論述している。

ECD 法は、低沸点炭化水素に感度を示さないが、酸素に感度を示すことから流路を試作し、ECD 法での分析および測定条件について再検討し、ECD 法が少量サンプルガスによる NO_x 測定法として精度ある測定法であることを示している。また、燃焼室内の NO_x の生成過程ならびに短時間で NO_x 濃度を推定する方法についても述べている。

第 5 章では、試作した NO_x 還元装置を用いて実際の排ガスを模擬した雰囲気、触媒温度で NO_x 還元機構解明のためのモデル装置による実験を行い、ECD 法の適用により NO_x 濃度を測定することにより、酸素存在下で銀系触媒上でのエタノールによる NO_x 還元機構について詳述している。

酸素濃度、還元剤としてのアルコールの種類ならびに予熱温度が NO_x 還元率に及ぼす影響について述べ、この結果、酸素が存在すると NO_x 還元率は高くなり、エタノールは主としてアセトアルデヒドへ酸化され、酸素が存在しない場合には主としてエチレンへ分解されることを示している。

還元剤のエタノールにより NO_x は、エタノールがアセトアルデヒドへ酸化される際に、さらにアセトアルデヒドも還元剤として働き、アセトアルデヒドが分解および酸化される際に還元されることを明らかにしている。

第 6 章では、植物油をメタノールでモノエステル化したメチルエステル燃料を用い、ディーゼル機関を運転した場合の機関性能ならびに排気特性、さらに、微粒子の低減機構ならびに有害成分の生成過程について詳述している。

最初にメチルエステル燃料の構成成分を明らかにし、次いでメチルエステル燃料を用いてエンジンを運転した場合の燃焼解析、運転条件、燃焼室形状がエンジン性能ならびに排気特性、排気黒煙、微粒子ならびに大気汚染防止法で定められた特定物質を軽油と比較して論述している。

メチルエステル燃料による微粒子の低減機構を明らかにするために、熱分解装置を試作して熱分解過程を詳細に検討し、メチルエステル燃料は、二重結合を多く含む燃料であることから二重結合のβ位の解離エネルギーが小さいため分解、環状化は進行するが、燃料分子中の酸素により多環化が抑制され、このことにより微粒子が低減することを明らかにしている。さらに、特定物質の生成過程についても述べている。

第 7 章は本研究の結論であって、得られた結果を総括している。

以上のように、本論文は、少量サンプルガスによる NO_x の測定法を開発し、この手法の適用によって酸素存在下で銀系触媒に還元剤としてエタノールを用いた場合の NO_x 還元機構を明らかにしたものである。また、含酸素系燃料の一つとして、植物油をモノエステル化したメチルエステル燃料を用いて、ディーゼル機関の機関性能を低下させることなく、排気特性、微粒子の低減機構を明らかにしたものである。これはディーゼル機関の熱効率を低下させることなく、NO_x と微粒子の同時低減策を提案したものであり、内燃機関工学の発展に寄与するものである。

よって、筆者は博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。