

学位論文題名

ディーゼル機関における NO_x 低減を
目的とした DME 改質式アルコール機関
およびゼオライト触媒に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文はディーゼル機関から排出される NO_x 低減を目的として、DME 改質式アルコール機関、およびゼオライト触媒について行った研究の成果を論述したものである。論文全体は7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の目的および得られた結果の概要について述べるとともに、研究の背景、ならびにディーゼル機関におけるアルコール燃料の利用に関する研究の動向、また NO_x 還元触媒によるディーゼル排気の浄化技術に関する研究の動向について取りまとめた。

第2章では、供試機関、供試燃料、および実験に用いた装置、ならびに測定方法および解析手法について記述した。

第3章では、DMEを吸気管から供給する方式による圧縮着火アルコール機関について研究した。まず、DMEの吸入量が燃焼および排気に対して及ぼす影響について調べた後、最適DME吸入量に対する主燃料噴射タイミング、機関回転速度、負荷ならびに機関圧縮比の影響について調べ、本方式の可能性と今後解決すべき課題について検討を行った。実験の結果、DMEを吸入することにより、広い運転範囲でアルコールによる安定した着火と燃焼とを実現できること、またDMEの最適供給量は、エンジンが安定に運転できる最少供給量と等しいことを明らかにした。この他、メタノールとエタノールとでは非常に近い性能が得られることも分かった。

第4章は、 γ -アルミナ触媒を用いてメタノールからジメチルエーテル (DME) に変換する際の変換効率ならびにその燃焼に対する影響について研究を行った。先ず、DME変換ガス中に存在する水分および未変換メタノールが機関性能に及ぼ

す影響について検討した。そして、DME変換率に対する温度、圧力、および流量の影響について調べた。その結果、変換率による変換ガス中の水分の変動は無視できる程度のものであることが確認された。また、DME変換率が80%以上あれば、100%の純DMEによる運転とほぼ同じ性能が得られることが明らかとなった。また、DMEの変換率は、触媒の温度、容器内部の圧力、および流量の影響を受けるが、現行の小型コンバータ(SV=7300 l/h)で、約70%以上の変換率が得られることが分かった。そして、未変換のメタノールを除いた後のDME変換ガスを用いることによって、純DMEガスと同様なエンジン性能が得られることが確認された。

第5章は、トーチ着火燃焼方式による必要DME量の低減および機関性能の改善について述べたものである。DME吸入方式によるアルコールディーゼルエンジンは、広い運転範囲でアルコールによる低NO_xでかつ安定した着火および燃焼を実現することができるが、通常の軽油による運転に比べると、HC、CO、および未燃DMEなどの排出量が多い。これらの問題を解決し、さらにDME必要量を出来るだけ減らすために、トーチ着火燃焼方式を考案して実験を試みた。トーチ着火燃焼方式は、シリンダヘッドに取り付けられたトーチ着火燃焼室(TIC)に、電磁バルブを介して吸気期間中にDMEを供給し、その圧縮着火によってアルコール噴霧に着火しようとするものである。この方式によれば、DMEのトーチをTIC内で形成するため、少量のDMEでアルコールを効果的に着火し得るものと期待される。実験の結果、TIC方式によれば、吸入方式に比べてDMEの必要量、COおよびHCを大幅に減少し得ることが明かとなった。また、メタノールの噴射時期とDME供給時期などの最適化や、排気絞りの付加などによって、とくにDMEを多く必要とする低負荷域においては、吸入方式のほぼ十分の一にまで必要DME量を低減することができた。

第6章は、白金ZSM-5ゼオライト触媒(Pt-Z触媒)によるディーゼル排ガス中のNO_x低減について研究した結果である。ディーゼル燃焼の高い熱効率を維持しながらNO_xを低下させる上で、NO_x触媒の意義は大きい。本研究は、アルコールディーゼルエンジンの一層の排気清浄化を主たる目的としたものである。岩本らはPt-Z触媒を開発し、モデルガスによって低温での高い活性および耐水性を有することを報告しているので、本章では、このPt-Z触媒を実際のディーゼルエンジン排ガスに適用した場合の活性温度、空間速度依存性、水分および還元剤の影響、さらに触媒の形状および触媒容器の形状の影響について調べた。また、軽油を燃料とした際の排ガスに加えて、エタノールエンジンにこの触媒を適用した際の性能についても併せて検討した。その結果、白金イオン交換ZSM-5ゼオライト触媒は、酸素過剰のディーゼル排気中のNO_x低減に対して有効であって、銅イオン交換ZSM-5ゼオライト触媒に比べて、浄化率が高いほか、最大活性温度も150°C位低いことが分かった。また、排気中の水分は白金イオン交換ZS

M-5ゼオライト触媒の浄化率にはほとんど影響を及ぼさないことが確認された。さらに、触媒および触媒容器の形状が触媒の浄化率に大きく影響し、特にハニカム状のものが顆粒状のものに比べ低い浄化率を示すことが明らかとなった。そして、排気中の炭化水素によってNO_x還元特性が大きく異なり、白金イオン交換ZSM-5ゼオライトではエチレン添加が有効であるが、エタノールや軽油添加はむしろ逆効果であることが示された。

第7章は、本研究の結論であり、得られた成果の概要を取りまとめた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 村 山 正
副 査 教 授 宮 本 登
副 査 教 授 伊 藤 献 一
副 査 教 授 岩 本 正 和

学位論文題名

ディーゼル機関における NO_x 低減を 目的とした DME 改質式アルコール機関 およびゼオライト触媒に関する研究

本論文は、ディーゼル機関から排出される NO_x の低減を目的として、DME 改質式アルコール機関、およびゼオライト触媒について行った研究の成果を論述したものである。

論文全体は7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の目的、得られた結果の概要、研究の背景、ならびにアルコール燃料の利用に関する研究の動向、さらには、NO_x 還元触媒によるディーゼル排気の浄化技術に関する研究の動向について取りまとめている。

第2章では、供試機関、供試燃料、および実験に用いた装置、ならびに測定方法および解析手法について記述している。

第3章においては、DMEを吸気管から供給する吸入方式による圧縮着火アルコール機関について研究しているが、その結果、DMEを吸入することにより、広い運転範囲でアルコールによる安定した着火と燃焼とを実現できること、また、DMEの最適供給量はエンジンが安定に運転できる最少供給量と等しいこと、更に、メタノールとエタノールとでは非常に近い性能が得られることをも明らかにしている。

第4章では、 γ -アルミナ触媒を用いてメタノールからDMEに変換することに関して研究を行っている。まず、DME変換ガス中に存在する水分および未変換メタノールの影響について検討して、DME変換率に対する温度、圧力、および流量の影響について調べている。その結果、DME変換率が80%以上あれば、100%の純

DMEによる運転とほぼ同じ性能が得られることを明らかにしている。ここで、DMEの変換率は、触媒の温度、容器の圧力、および流量によって影響を受けるが、70%以上の変換率を確保しうることを、そして、DME変換ガスを用いることによって、純DMEガスと同様なエンジン性能が得られることを確認している。

第5章は、トーチ着火燃焼方式による必要DME量の低減および機関性能の改善について述べたものである。本章では、吸入方式の排気を改善し、さらにDME必要量を減らすために、トーチ着火燃焼方式を考案している。この方式は、シンリンダヘッドに取り付けられたトーチ着火燃焼室に吸気期間中にDMEを供給し、その圧縮着火によって、アルコール噴霧に着火しようとするものであるが、実験の結果、TIC方式によれば、吸入方式に比べてDMEの必要量、COおよびHCを大幅に減少し得ることが明かとなっている。また、メタノールの噴射時期とDME供給時期などの最適化や、排気絞りの付加などによって、とくにDMEを多く必要とする低負荷域においては、吸入方式のほぼ十分の一程度まで必要DME量を低減することに成功している。

第6章は、白金ZSM-5ゼオライト触媒（Pt-Z触媒）によるディーゼル排ガス中のNO_x低減について研究した結果である。本章では、Pt-Z触媒を実際のディーゼルエンジン排ガスに適用した場合の活性温度、空間速度依存性、水分、および還元剤の影響、さらに触媒の形状および触媒容器の形状の影響について調べている。また、軽油を燃料とした際の排ガスに加えて、排ガス改善の一つとして注目されているエタノールエンジンにこの触媒を適用した際の性能についても併せて検討を行った。その結果、白金イオン交換ZSM-5ゼオライト触媒は、酸素過剰のディーゼル排気中のNO_x低減に対して有効であって、銅イオン交換ZSM-5ゼオライト触媒に比べて、浄化率が高いほか、最大活性温度も150°C位低いことを明らかにしている。また、排気中の水分は、白金イオン交換ZSM-5ゼオライト触媒の浄化率に対してほとんど影響を及ぼさないことが確認された。さらに、触媒の形状および触媒容器の形状が触媒の浄化率に対して大きく影響し、ハニカム状のものが顆粒状のものに比べて低い浄化率となることを明らかにしている。そして、排気中の炭化水素によってNO_x還元特性が大きく異なり、白金イオン交換ZSM-5ゼオライトではエチレン添加が有効であるが、エタノールや軽油添加はむしろ逆効果であることを確認している。

第7章は本研究の結論であり、得られた成果の概要をここで取りまとめたものである。

以上のように本論文においては、NO_xを低減するために、単一メタノールを燃料

としたアルコールエンジンの利用技術を開発し、さらに白金ゼオライト触媒により低NO_xのアルコールエンジンを実現することができ、内燃機関工学の進歩、および環境改善に寄与するところ大である。

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があるものと認める。