

主論文の要約

論文題目 ディーゼル排気中の微粒子と窒素酸化物の
 低減技術向上
氏名 矢羽田 茂人

論文内容の要約

ディーゼル自動車は、高い熱効率と走行距離に対する二酸化炭素排出量が少ないため、将来の発展が有望視されているが、更なるクリーン技術の向上が要求されている。特に、ディーゼルエンジンの排気中に含まれ、人体に有害な影響を与える微粒子(Particulate Matter, 以下 PM), 及び窒素酸化物(以下 NO_x)に対しては、複雑なシステムによる浄化処理が必要であり、また、それぞれの処理方法に課題が残されている。本研究では、PM 浄化技術について、微粒子浄化フィルタ DPF(Diesel Particulate Filter)を高効率で安全に使用するための PM 捕集量の推算技術を開発し、性能向上を目指した。また、NO_x 浄化技術については、炭化水素選択的触媒還元 HC-SCR(Selective Catalytic Reduction)の浄化性能向上に有効な還元剤改質技術を開発した。この二つの技術開発はクリーンディーゼルエンジンの技術向上に貢献するものである。

第1章は序論であり、PM 浄化技術、及びNO_x 浄化技術の現状と課題を記した。PM の浄化技術については、ディーゼル乗用車にも広く普及し、一般的に用いられている DPF 技術を説明し、基本的な構造、使い方(制御方法)、及び課題について現状を概観した。そして、主要課題の一つがフィルタ内部の PM 捕集量を精度よく推算し、PM の異常発熱によるフィルタの高温破損(>1000°C)を回避することであることを説明し、この PM 捕集量推算技術について、現状と対応方針を示した。NO_x の浄化技術については、実用化されている尿素選択触媒還元 SCR(Selective Catalytic Reduction)技術、LNT(Lean NO_x Trap)技術、及び HC-SCR 技術を説明し、その特徴と課題も説明した。尿素 SCR システムについては、高い NO_x 浄化性能を得られるものの、尿素水タンク等のシステム規模が大きく、小中型車への搭載課題が大きいこと、LNT については、燃料中の硫黄分による触媒性能の低下が大きく、新興国等の燃料性状が悪い地域には適用が難しいこと、HC-SCR については、軽油を還元剤とした

場合に浄化性能が不足することを問題提起した上で、尿素水不要で、燃料に対してもロバスト性が高いHC-SCRが有望であり、HC-SCRの浄化性能向上に必須となる軽油改質による還元技術実現の重要性を述べた。

第2章では、PM捕集量の実用的推算技術として、DPF前後の差圧から高精度な推算を実現できる技術の構築過程を述べる。ここでは、DPF内部のPM捕集状態と差圧との関係性を明らかにするために、PMを捕集したDPFを分解観察し、その観察結果に基づいて、PMがDPFの壁細孔内に捕集される第1段階と、壁表面に捕集される第2段階と、細孔内のPMが焼失し壁表面のPMが残存する第3段階に分けてモデル化することの必要性を示した。そして、DPFに含まれる各圧損要素(縮小流、管摩擦、PM層透過、DPF壁透過、拡大流)を整理して数式を導出した上で、その数式を上記3つの段階に適用する方法を検討した。ここでは、式が複雑化することにより、実際の車両コンピュータへの適用が困難になったり、適合が煩雑化したりすることを避けるため、実使用範囲で十分な精度を出せることを念頭に置き、式をできる限り簡素化したモデルを提示し、説明した。また、排気中不燃成分であるアッシュの堆積は、PM捕集量と差圧の関係に大きな影響を与えるので、その対応についても検討し、DPFに堆積したアッシュの状態を観察した上で、モデルの改良方法を提案した。構築したモデルについては、エンジン、及び車両で十分な推算精度を得られることを実験で示した。

第3章では、NO_x低減技術の向上を扱い、HC-SCRの中でも高浄化が期待できるAg系触媒を対象に考え、その課題である低温での還元性能を引き出すために、低温で有効となるアルデヒド等の含酸素炭化水素を軽油から車両上で生成する方法とその有効性について、検討を進めた。ここでは、モデルガスを用いたNO_x浄化評価により必要なアルデヒド量を明らかにした上で、化学反応計算を行い効果的にアルデヒドを生成するための温度、酸素濃度等の条件を明らかにした。得られた計算結果に対しては、軽油を加熱して部分酸化させる実験を行い、その妥当性を示した。さらに、実エンジンによるNO_x浄化実証試験まで進め、浄化システムの実用性を示した。また、アルデヒド生成の速度を高めるために、軽油の加熱場にオゾンを添加する手法についても提案し、その効果を実証した。

第4章は、結言であり、第2章、及び第3章に記載した研究成果を総括する。

以上