

# 尿素を必要としない中小型ディーゼル 車用NO<sub>x</sub>、PM後処理システム

日野自動車株式会社

代表取締役社長 市橋 保彦

日野自動車(株) 技術研究所	細谷 満
日野自動車(株) エンジン設計部	南川 仁一
日野自動車(株) 技術研究所	平林 浩
日野自動車(株) パワートレイン実験部	小柳 善武
日野自動車(株) エンジン設計部	佐野 類

## はじめに

ディーゼルエンジンは熱効率に優れ、CO<sub>2</sub>の排出量が少なく低燃費であるため商用車用のエンジンとして広く利用されている。一方、環境影響や健康影響への関心の高まりから排出ガス中のNO<sub>x</sub>、PM (Particulate Matter：粒子状物質)の低減が求められている。更なる排出ガス低減のためには、エンジン改良による排出ガス低減と後処理技術による排出ガス低減が必須となる。

日本および欧米先進国において大型ディーゼル商用車の後処理装置として尿素SCR(Selective Catalytic Reduction：選択触媒還元)システム+DPF(Diesel Particulate Filter：ディーゼル微粒子捕集)システムが実用化されているが、尿素水のインフラ整備が課題である。この問題を解決するために、燃料を反応促進剤として使用しNO<sub>x</sub>とPMを同時低減できる一体型触媒システムの開発を行った。本装置は、尿素水を使わず、NO<sub>x</sub>とPMを低減できる後処理システムであり、経済的である。さらに本装置は、経済発展により車両が急増し、大気環境の悪化が進んでいる新興国の環境対策技術として、今後大いに貢献できると期待できる。

## 開発のねらい

ディーゼル商用車の後処理装置として尿素SCRシステムが実用化されているが、国内、海外において尿素水のインフラが十分整っておらず、また、ユーザーが尿素水の補給をおこなうことが必要であり、使用地域および車種が限定されるのが実情である。特に中型・小型ディーゼル商用車は大型ディーゼル商用車と異なり、都市内、郊外、地方など狭い範囲内での走行が多く、十分な数の尿素水インフラが必要であるが、国内での尿素水のインフラは非常に少なく、尿素水の供給可能な燃料供給スタンドは、全体の僅か6%程度でありインフラ整備が不十分である。一方、新興国では、経済発展に伴い車両が急増し大気環境の悪化が進んでいるため、早急に環境対応技術を導入する必要がある。しかし、尿素水のインフラ整備が不十分であるため、メンテナンスフリーの後処理システムが望まれていた。また、中型・小型ディーゼル車両には、尿素SCRが大きいと、搭載出来ない車型が発生する等の問題が生じていた。これらの問題を解決するために、燃料を反応促進剤として使用しNO<sub>x</sub>とPMを同時低減する一体型触媒システムの開発を行った。

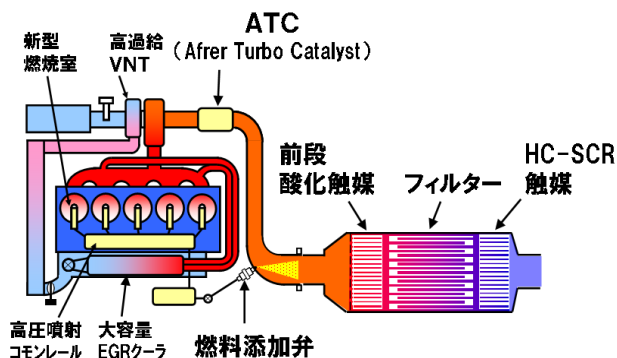


図1 開発した後処理システムの構成

## 装置の概要

図1に開発したNOx、PM同時低減後処理システムの構成を示す。排気後処理装置はATC (After Turbo Catalyst)、燃料添加弁、前段酸化触媒、フィルター (DPF)、HC-SCR触媒から構成される。DPFの再生時間を短縮させるためには、昇温モード運転時に酸化触媒の温度を急速に昇温する必要がある。

そこで、図1に示すように排気温度が高いターボ出口直下に新たな小型の酸化触媒 (ATC) を搭載し、ATCと触媒コンバータの間に新たに搭載した燃料添加弁による燃料添加に切り替えることで、低速走行時でも短時間にDPFの再生を可能にした。また、触媒を搭載したコンバータにはNOxの還元剤として軽油を燃料添加弁で供給する。エンジン制御用ECUが触媒コンバータに装着した温度センサー、NOxセンサーにより触媒の使用環境を精度よく推定し、最適な燃料を添加することによりNOx低減性能を最大限引き出すように制御している。触媒は、HC-SCR反応を利用し、活性酸素を多く持つセリア (酸化セリウム: CeO<sub>2</sub>) によりNOx、PM同時低減を実現した。

## 技術上の特徴

### <NOx、PM同時低減触媒の反応>

新開発のNOx、PM同時低減システムにおける最大の特徴は、同一触媒コンバータ上でNOxとPMの同時低減を図ることにある。燃料をDPFの再生と

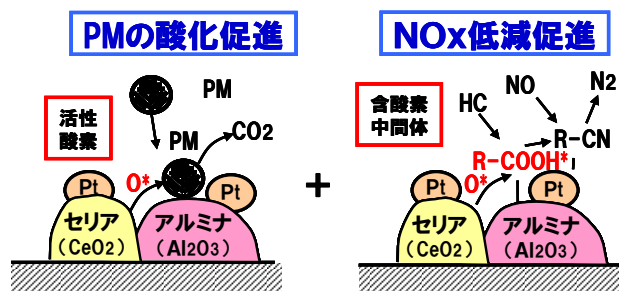


図2 NOx、PM同時低減触媒の反応

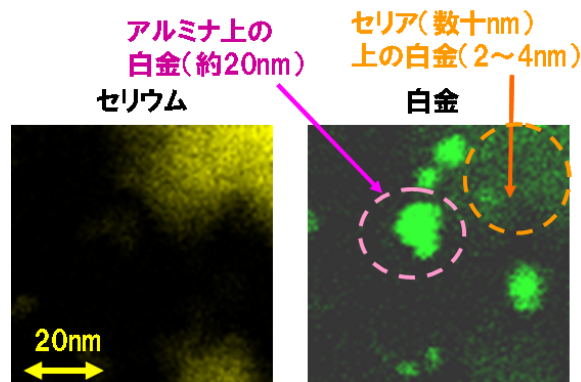


図3 触媒の電子顕微鏡写真 (EDX)

NOx還元剤として使用するため、定期的な尿素水の供給が一切不要であり、従来の車両と同様に燃料のみの供給で走行可能である。

図2にNOx、PM同時低減触媒の反応を示す。白金系の酸化触媒の場合、触媒の酸化力が高すぎると添加した燃料の触媒上での酸化反応が優先的に進行するため、燃料によるNOx還元効果が低下する。一方、NOx還元反応の進行を優先すると触媒上での燃料の酸化反応が不足しDPFのPM再生ができなくなるという相反する課題があった。

そこで、図2に示すように燃料による触媒の酸化反応とHC-SCR反応によるNOx還元を両立するために、ウォッシュコート材であるアルミナを微粒化し白金粒子を広く分散させることにより燃料の酸化反応を確保し、かつ機能性材料として塩基性金属酸化物であるセリアの添加により、白金触媒そのものの局所的な酸化力を弱め、セリアからの活性酸素の供給を行うことで中間体である含酸素化合物の生成を促進しNOx低減反応を進行させる触媒設計を行った。

更に、PM（煤）の燃焼特性を改善するため、数十nmレベル（通常数十 $\mu\text{m}$ ）まで微細化、高分散化したセリアを用いることで、セリアの活性酸素によりPMの酸化開始温度を低温化させ再生効率の向上を図った。

図3に電子顕微鏡写真を示す。PM酸化では、セリアから放出した活性酸素により、触媒上でPMの酸化を図ることで燃焼温度が低下する。また、NO<sub>x</sub>還元は、含酸素中間体を経由して反応が進行するため、セリアから放出した活性酸素により、含酸素中間体を形成しやすくなり反応が促進する。そして、部分酸化したHCがこの後段のHC-SCR触媒に導入され、大幅なNO<sub>x</sub>還元が促進する。このようにして、触媒上でNO<sub>x</sub>とPMの同時低減を実現した。

#### <セリアのPM燃焼特性>

熱天秤-質量分析計（TG-MASS）を用いて、セリアのPM燃焼特性を測定した結果を図4に示す。セリアを用いたPM燃焼温度は従来の白金アルミナの650℃に対して大幅改善し、480℃で燃焼することが確認できた。すなわち、170℃の低温下が実現できた。これらの触媒改良によりNO<sub>x</sub>低減反応とフィルター再生反応の促進が可能となった。

#### <白金触媒の改良効果>

白金触媒の改良効果を図5に示す。NO<sub>x</sub>低減性能は200℃～250℃では尿素SCRに匹敵するほどの性能を確保できた。これにより低温で高活性なNO<sub>x</sub>低減活性を40%から80%に向上できた。

#### <排出ガス低減効果>

本後処理システムを使用し、都市内走行モード運転時における排出ガス低減効果を図6に示す。NO<sub>x</sub>、PM同時低減後処理システムは、同一触媒コンバータ上で、NO<sub>x</sub>、PM低減の他にNMHC（Non-Methane Hydro-Carbon）、COの低減も図っており、3元触媒（NO<sub>x</sub>、CO、HC）機能に、PM低減機能を加えた4元触媒（NO<sub>x</sub>、PM、NMHC、CO）のレベルに到達している。

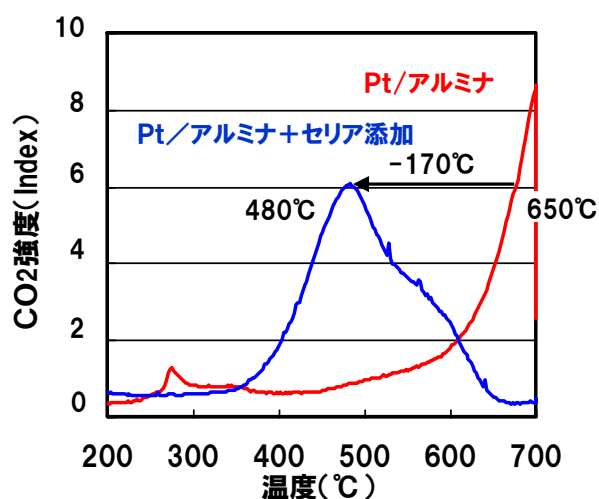


図4 セリアのPM燃焼特性（TG-MASS）

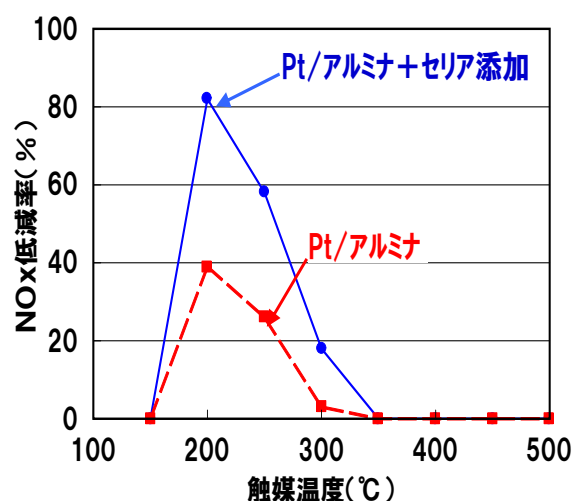


図5 白金触媒の改良効果

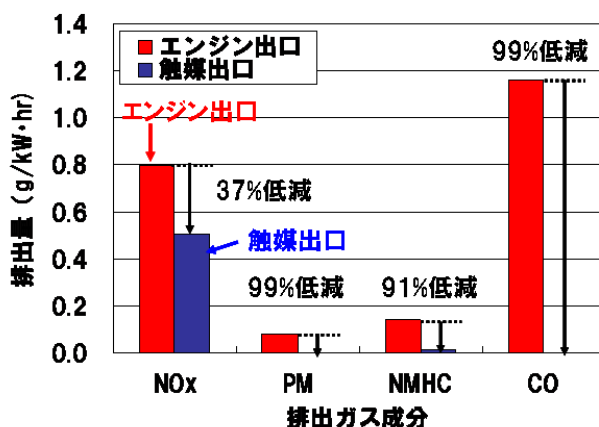


図6 都市内走行モードの排出ガス低減効果

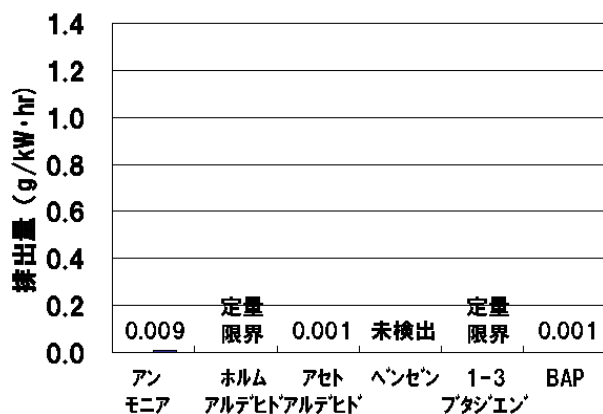


図7 都市内走行モードの未規制物排出量

図7に都市内走行モードにおける未規制物質の排出量の計測結果を示す。未規制物質の重要5物質（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、1,3-ブタジエン、ベンゼン、BAP（ベンゾ（a）ピレン））の排出量が非常に少ないことが確認できる。

### 実用上の効果

本後処理システム（HC-SCRシステム）を搭載した車両は尿素SCRシステムを採用した車両に対し、尿素タンク、尿素供給装置、SCR触媒等が不要であり、後処理システムがコンパクトで、架装性、搭載性に優れており、幅広い架装の要望に応えることが可能である。従来の4トン車の尿素SCRシステムと比較して、コストで30%減、重量で80Kg減、スペースで50L減を達成している。

2010年から国内、中小型車において販売を開始し7.2万台の生産実績を有する。現在市場で使用されている国内の中小型のディーゼル車において、DPF上のPMを燃焼再生するための燃料消費が28%低減可能なことから、中小型車両が運転時における年間の燃料削減分を推定すると、年間で軽油を4.5kL、CO<sub>2</sub>を11,600トン削減できることになる。

今回、本後処理システムは日本国内のポスト新長期規制への対応で適用したが、今後、新興国で導入される排出ガス規制に適応可能な後処

理技術であり、尿素水のインフラ整備がされていないアジア諸国始め新興国に展開が期待される。

### 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

日本国特許第3230799号

名称：ディーゼル機関の排ガス浄化装置

概要：第一酸化触媒とフィルター（DPF）と第二酸化触媒で構成される排ガス浄化装置。

### むすび

本装置はPMだけでなくNOxを同時に低減できる後処理システムである。尿素水等の新たな還元剤を使用せず、少量の燃料を使用してNOxを還元し、クリーンな後処理システムを市場に投入することができた。

今後はHC-SCR触媒の更なる性能向上に努め、更なる大気環境の改善に貢献していきたい。