

ディーゼル車の排出ガスに及ぼす車両技術と燃料性状の影響

杉山 元((財)日本自動車研究所)

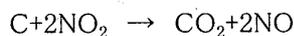
1. はじめに

環境負荷の低減を目的として、各国で軽油の低硫黄化が推進されている。軽油中の硫黄分は、それ自身が硫酸化物として大気中に放出されて環境に悪影響を与える懸念がある他、連続再生式 DPF(ディーゼルパーティキュレートフィルター)や吸蔵 DeNOx 触媒など、将来型のディーゼル後処理装置の浄化性能や耐久性能に悪影響を及ぼす懸念がある。そのため、これらの後処理技術を実用化するためにも軽油中の硫黄分を低減することが必要と考えられている。我が国においても軽油中の硫黄分上限値が現行の 500ppm から 50ppm に低減されることが決定されており、ディーゼル車のエミッション低減が進むことが期待されている。本報では、将来に向けた粒子状物質(PM)低減対策技術の有望な候補の一つと考えられている連続再生式 DPF を使用した試作エンジンシステムの排出ガス特性と、PM 排出に及ぼす軽油中の硫黄分の影響を調査した結果を紹介する。

2. 連続再生式 DPF による PM 低減と燃料中の硫黄分の影響

(1) 装置概要

試験に供試した連続再生式 DPF は、ジョンソンマッセイ社製 CRT™ である。DPF 部分には代表的な DPF の構造であるウォールフローモノリスが採用されている。PM 低減の原理は DPF のフィルター機能により排出ガス中の固形物質が濾し取られて捕集されることによる。PM 中には、ドライソート(Dry soot)と呼ばれる固相の炭素質成分、有機溶媒可溶成分(SOF: Soluble Organic Fraction)と呼ばれる高沸点の炭化水素成分、および燃料や潤滑油に含まれる硫黄分の酸化生成物であるサルフェートとその結合水が存在する。これらの物質のうち、DPF によって捕集されるのは、主としてドライソートである。単に PM を捕集するだけでは、DPF が PM で目詰まりしてしまうので、DPF を継続的に使用可能な状態に保つためには、捕集された PM を、適宜除去する再生過程が必要である。CRT™ の再生過程は、排出ガス中の NO₂ を酸化剤として利用して PM を連続的に酸化除去する方式であり、排出ガス中の NO_x に含まれる NO₂ の比率を高めるため、DPF の前段に貴金属触媒が組み込まれている。この酸化触媒により炭化水素や一酸化炭素も大幅に低減する。再生過程の化学反応は DPF に蓄積されるドライソートを純粋な炭素と仮定すれば、次式の NO₂ による酸化反応(総括反応)で表される。



NO₂ を酸化剤として使用することにより、従来型の酸素を利用する再生方式に比較して低温での酸化が可能となり、従来型の DPF で必要であった着火補助装置等が不要となり装置全体が簡素化される利点がある。

供試エンジンおよび連続再生式 DPF の諸元を表 1 に示す。試験はディーゼル自動車 13 モード排出ガス試験方法(TRIAS 24-5-1993)により行った。

表 1 エンジン諸元および CRT 寸法

エンジン諸元		
燃焼方式		直接噴射式
サイクル		4
気筒数		4
総排気量	L	4.9
ボア×ストローク	mm	114×120
圧縮比		17.5
過給機		ターボインタークーラー
EGR		Low Pressure Loop
燃料噴射方式		分配型・電子制御
CRT 寸法		
触媒呼び寸法	inch	φ7.5"×6" long
フィルター呼び寸法	inch	φ7.5"×12" long

(2) 結果

図1に、連続再生式DPFを装着しない条件と装着した条件で測定した排出ガスの結果を示す。THC, CO, PMの低減効果が大きいこと、NOxはほとんど変化しないことがわかる。

図2に、硫黄分の異なる軽油を用いてPMの排出量を測定した結果を示す。燃料中の硫黄分が高いほどPMの排出量が増加することが明らかである。同図に、燃料中の硫黄分がサルフェートに変換される比率を種々に仮定してサルフェートと結合水の重量を計算した結果を併せて示す。この計算において、サルフェートに対する結合水の重量比率は1.4と仮定し、燃料消費量は実測値を与えた。PMの実験値は、ほぼ直線上に並んでおり、燃料中の硫黄分が0.2~0.4の割合でサルフェートに変換されると仮定して算出した結果に近い。

図3に、PMの組成分析の結果を示す。PMのほとんどがサルフェートおよびSOFであって、燃料中の硫黄増加と共にサルフェートが増加している。酸化触媒により排気中の硫黄分からサルフェートが生成されるためと考えられる。

以上の観察から、このように強力な酸化触媒と捕集効率の高いDPFで構成される連続再生式DPFを使用する際には、PMの排出量は燃料中の硫黄分にはほぼ比例するといえる。

以上の調査は、連続再生式DPFの初期性能の評価であって、今後、比較的長期間の運用後の排出ガス特性や、燃料中の硫黄分がDPFの再生に必要な触媒のNO₂生成機能を阻害する作用について、調査を進める計画である。

本調査は、(財)石油産業活性化センター内に設置されたJCAPのディーゼル車ワーキング・グループで検討・評価されたものであり、ワーキンググループ各位に感謝の意を表します。

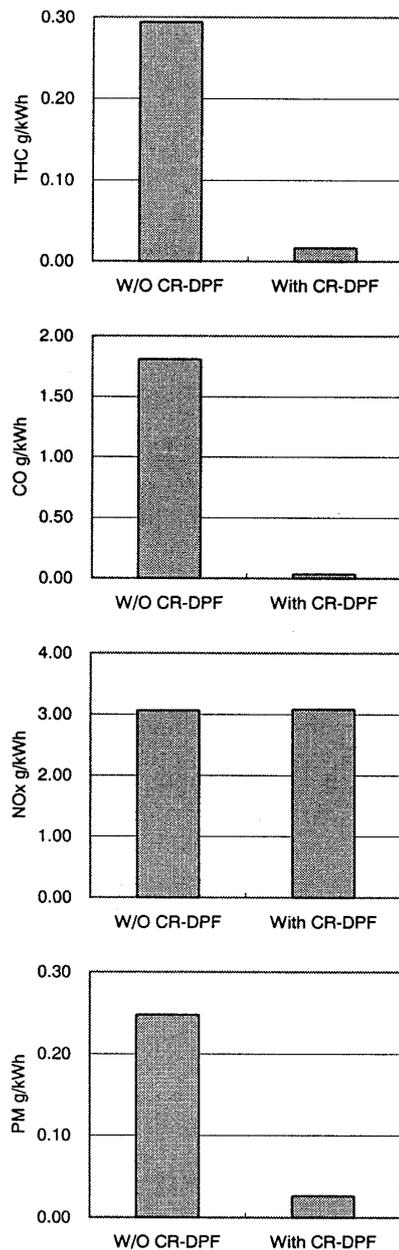


図1 連続再生式DPF (CR-DPF) によるエミッション低減効果

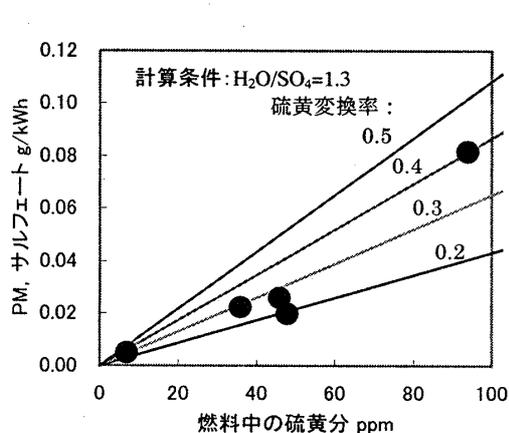


図2 燃料中の硫黄分がPMに及ぼす影響 (●は実験値, 直線は計算値)

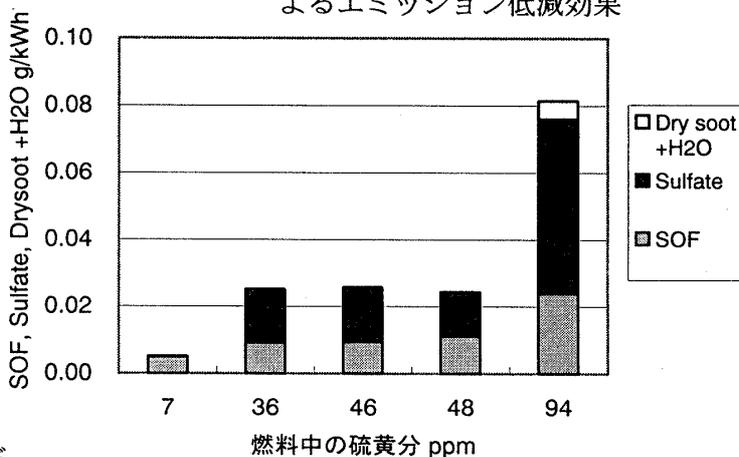


図3 燃料中の硫黄分がPM組成に及ぼす影響