

連続再生型ディーゼル用トラップによる S O F および P A H の浄化特性について

環境エネルギー部

※堀 重雄 佐藤辰二 成澤 和幸 小高 松男

1. はじめに

排ガス規制の進展、強化により大型ディーゼル車からの P M 排出低減対策として近年、各種の連続再生型ディーゼル車用トラップ (C R - D P F) が注目され、実用化に向けて研究開発が進められている。

本報告では、平成元年および平成 6 年規制対応のヘビーデューティディーゼルエンジン各 2 台に C R - D P F を装着し、各種運転条件における P M、S O F および未規制物質である 4 環から 6 環の多環芳香族炭化水素 (P A H) の浄化特性および浄化特性に与える D P F 内温度の影響について検討、考察した。

2. 実験方法

図 1 に実験装置の構成を示す。実験は、十分エンジンのプリコンディショニングを実施した後、現行法定試験パターンである D 1 3 モード、米国ランジェントモード (1 1 9 9 モード) および日本自動車研究所が都市内走行実態から統計的に作成した実走行型のモード (J A R I モード) を運転して行った。粒子状物質 (P M) は、全量式の 2 段希釈トンネルを用いてフィルタ捕集したが、ガス状 P A H については今回は捕集を行わなかったため、3 環以下の P A H については、検討の対象としなかった。また、4 環の P A H であるピレン (P y) はフィルタのみでは完全に捕集できないが、約 7 割程度は P M に含まれると考えられる。⁽¹⁾

今回実験に用いた C R - D P F は、捕集した P M をフィルタ上で担持された複合触媒の作用により比較的低温で連続的に酸化除去し、フィルタを再生するものである。⁽²⁾ 実験中、C R - D P F の入口、出口の温度を計測するとともに、排出ガスを直接同時サンプルして各成分濃度を連続測定した。また、排出ガス量は、吸入空気量、燃料流量をベースとした連続積和法で算出した。

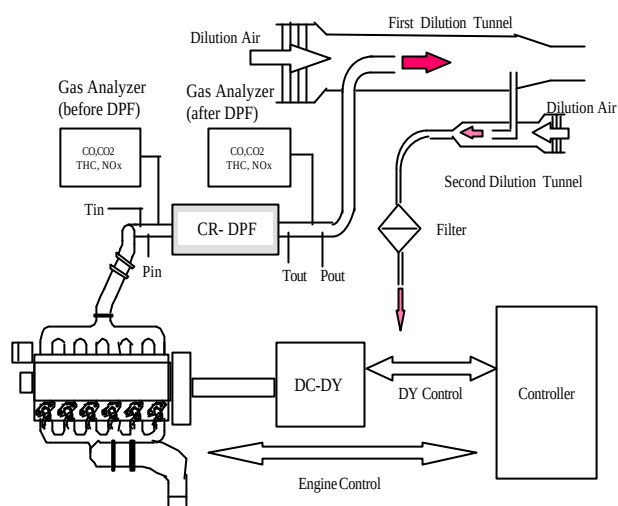


Fig. 1 実験装置の構成図

Table.1 試験燃料の性状

	FUEL
	IIS-2
Density (5°C)g/m ³	0.8294
Sulfur (wt%)	0.03
Viscosity cst(30°C)	3.53
Flash Point °C	68
Distillation T90 °C	335
Cetane Index(JIS)	56

Table.2 試験エンジンの諸元

	A1	B1	A 6	B 6
Combustion System	D I	D I	D I	D I
Fuel Injection Type	ZEXEL-P	ZEXEL-AD	ZE-HDTICS	ZE-MDTICS
Valve System	2	2	2	2
Bore (mm)	122	118	122	118
Stroke (mm)	150	125	150	125
Displacement (L)	10.52	8.201	10.52	8.201
Aspiration	NA	NA	TC	NA
Compression Ratio	15.5	18	16	19
Maximum Power (kw/rpm)	325/2100	210/2900	330/2100	200/2900
Peak Torque (N・m/rpm)	1400/1100	550/1700	1440/1100	540/1700
Regulation Year	1989	1989	1994	1994

表 1 に試験燃料の性状、表 2 に試験エンジンの諸元を示す。燃料は現行の市販燃料であり、硫黄含有量は 0. 0 3 w t % である。試験エンジンは、それぞれ平成元年規制 (A 1、B 1)、平成 6 年規制 (A 6、B 6) 適合車両に搭載されており、A エンジンは、排気量が約 1 0. 5 L の大型貨物車用、および

Bエンジンは排気量が約8.2 Lの中型貨物車用である。

捕集したPMの分析操作手順を図2に示す。サルフェート結合水はCR-DPFを装着した場合、サルフェート計測値の0.36倍、未装着時は1.3倍と仮定してそれぞれ算出し、PMの組成割合を求めた。⁽³⁾ また、SOFを対象として、蛍光検出器付き高速液体クロマトグラフィにより各PAHの分離・定量を、またGC-MSにより定性分析を実施した。

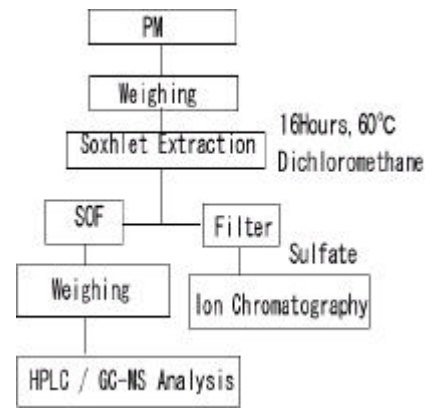


Fig.2 PMの分析操作手順

3. 実験結果および考察
3. 1 4環から6環のPAHの浄化率特性

表3にCR-DPF未装着時における各エンジンの各試験モード運転時における各エミッション値、図3に4環から6環のPAHの浄化率特性をそれぞれ示す。

表3に示すように、PM排出量は運転モードにより異なるが、各エンジンともにD13モードにおけるエミッション値にみるようにいずれも規制値を下回るレベルにある。一方、各PAH排出量も運転モードにより異なり、大まかな排出傾向はPy》BaP~BgHiPである。図3にみられるようにA1エンジンのD13モードを除いていずれのエンジンにおいても浄化率は運転モードによらず90%以上と高く、排出量は大幅に低減する。このことは、通常走行時におけるディーゼルエンジンからのPAH排出低減に対するCR-DPFの効果が大きいことを示している。また、図4に規制成分であるCO、THC、NOxの浄化率特性を示すが、各試験モード走行時にいずれのエンジンにおいてもPAHと同様CO、THCの浄化率も高い。以上のように、CR-DPFは3環から6環のPAHならびにCO、THCの排出低減対策としても有効である利点を有する。今回の実験では新品のCR-DPFを使用した。今後、耐久使用時における浄化性能の検討が必要と考える。

3. 2 PM、SOFの浄化率特性とDPF温度との関係

図5に各試験モード走行時のPMおよびSOFの浄化率特性を5環のPAHであるBaPとともに示す。PMの浄化率は試験エンジンおよび試験モードにより異なる。A6エンジンを除いて、1199

Table.3 CR-DPF未装着時における各エミッション値

試験モード		A1	B1	A6	B6
1199	PM g/kwh	0.225	0.649	0.213	0.375
	SOF g/kwh	0.064	0.165	0.073	0.051
	Py ug/kwh	6.7	28.7	14.6	21.5
	BaP ug/kwh	0.18	1.17	0.171	0.371
	BghiP ug/kwh	0.1	1.36	0.089	0.422
D13	PM g/kwh	0.161	0.445	0.212	0.245
	SOF g/kwh	0.059	0.086	0.043	0.046
	Py ug/kwh	3.57	15.5	16.4	12
	BaP ug/kwh	0.12	0.53	0.11	0.327
	BghiP ug/kwh	0.08	0.17	0.043	0.213
JARI	PM g/kwh	0.257	0.48	0.327	0.32
	SOF g/kwh	0.14	0.146	0.202	0.072
	Py ug/kwh	7.8	14	16.8	20.1
	BaP ug/kwh	0.3	1.64	0.36	0.94
	BghiP ug/kwh	0.21	1.65	0.231	2.02

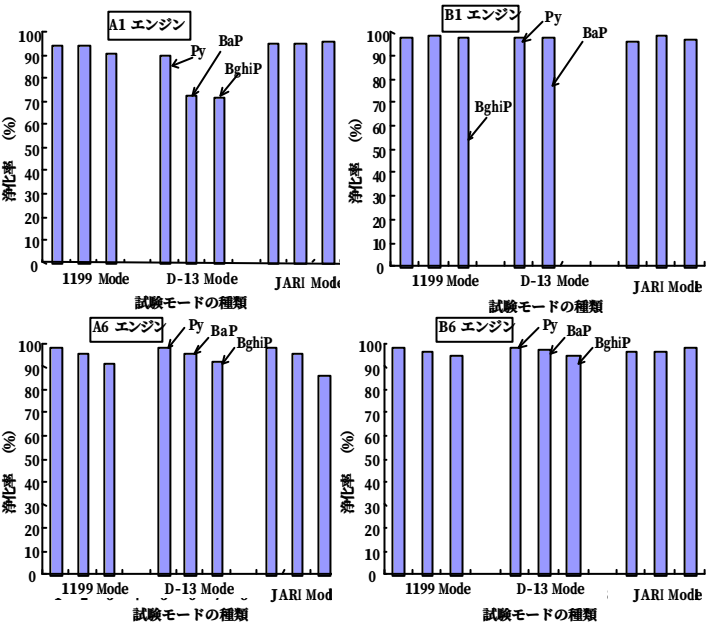


Fig.3 各試験モード走行時の4環から6環のPAHの浄化率特性

モードおよびJARIモードでは、PM浄化率はいずれも80%以上と高く、CR-DPFのPM低減機能は良好である。しかしながら、D13モードでは、Aエンジン、BエンジンともにPM浄化率は80%以下と低い傾向を示す。特に、A6エンジンでは、PMおよびSOFのいずれも浄化率はマイナスであり、PMおよびSOF排出量が逆に増加する。

本実験で使用したDPFは試験エンジンの特性に合わせて設計されたものであり、推奨再生作動温度が200~350℃程度とされている。また、通常、燃料中の硫黄分が高いと高温時におけるDPF担持触媒によるサルフェートの生成が問題となるため低硫黄軽油の使用が望ましいとされる。本実験では、現在の使用過程車へのCR-DPFの適用を想定し、硫黄分が0.03wt%の現行市販軽油を使用したため、DPF内の温度条件によりサルフェート生成の影響が大きく現れると考えられる。そこで、PMおよびSOF浄化率がマイナスを示したA6エンジンのD13モードにおけるDPF内の温度挙動を検討するため、入り口温度と出口温度の関係についてプロットし、D13モードとPM、SOF浄化率が80%以上である1199モードについて比較、検討した。結果を図6(a)(b)に示す。図6(a)に示すようにDPFを装着した場合、DPF内でのPMの再生による発熱およびDPF本体の熱容量の影響により、DPF入り口温度と出口温度は複雑な関係を示すがDPF出口温度はDPF内部温度に近いと考えられる。図6(b)からわかるように折れ線パターンであるD13モード運転時の触媒出口温度は、ランジエントパターンである1199モードと異なった傾向を示し、サルフェート生成が活発となると考えられる400~500℃の温度領域が多く存在する。したがって、これらの領域でのサルフェート生成がA6エンジンのD13モードにおけるPM浄化率のマイナスをもたらした原因であると考えられる。

3. 3 サルフェート生成時のSOFの組成変化

一方、図5にみるように、A6エンジンのD13モードでは、SOFを構成するBaPの浄化率は90%以上と高いにもかかわらず、SOF浄化率はマイナスの値を示している。このことは、サルフェート生成に関連して新たなSOF成分が捕集フィルタ上に捕捉あるいは生成したことを示唆していると考え

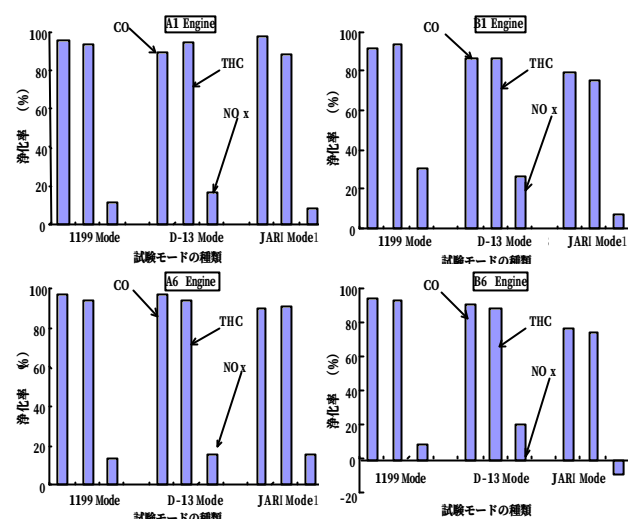


Fig.4 各試験モード走行時のCO,THC,NOxの浄化率特性

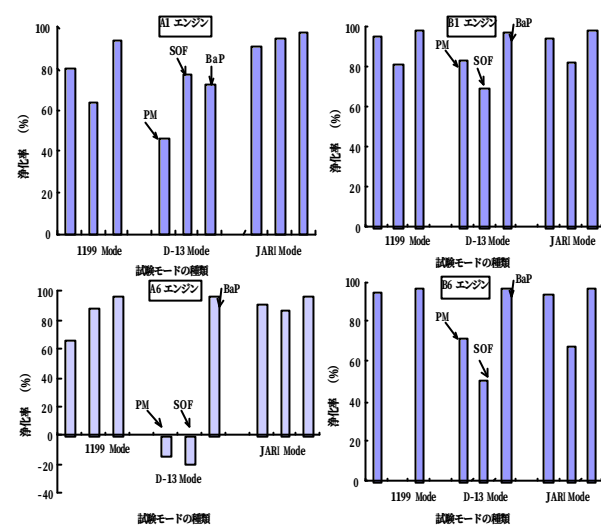
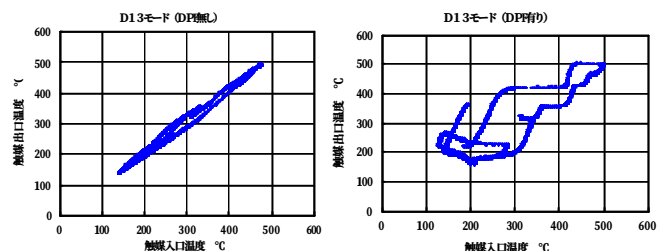
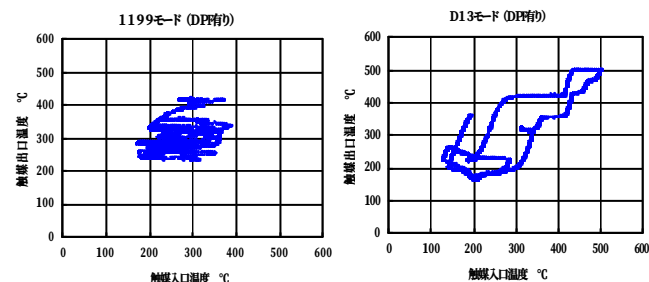


Fig.5 各試験モード走行時のPM,SOF および BaP の浄化率特性



(a) DPF の影響



(b) D13モードと1199モードの比較

Fig.6 DPF 入り口温度、出口温度の関係 (A6エンジン)

えられる。そこで、サルフェート生成の確認とSO₂増加の理由について検討するため、図2に示した分析操作手順によりA6エンジンのD13モードおよび1199モードにおけるPMの組成別排出量の測定およびそれぞれのSOFのGC-MSによる定性分析を行い、比較、検討した。結果を図7、図8(a)(b)に示す。

図7にみるように、D13モードでは、CR-DPF装着によりSOOTは大幅に低減するが、サルフェート生成によりPM排出量は増加している。したがって、CR-DPF装着のPM低減効果をさらに高め効果的なものとするためには、現行市販軽油よりさらに低硫黄含有率の燃料の使用が必要であると言える。また、SOOT低減率は1199モードと比較して、D13モードでは低く、一方、SOF排出量は逆に増加している。ディーゼル用酸化触媒装着時においてもサルフェートが生成する運転条件においてSOF排出量が増加する現象が報告されているがその原因は明らかにされていない。⁽⁴⁾そこで、それぞれのSOF成分の定性分析を実施した。図8に示すようにD13モードのSOF成分は1199モードのSOF成分と比較して、各種の含酸素有機成分が検出されている。これらの成分がSOF排出量増加に寄与していると考えられるが、サルフェート生成との関連および含酸素有機成分の生成メカニズムについては不明であり、それらの解明は今後の課題であるとする。

4. まとめ

大型ディーゼル車両のCR-DPF装着によるPM、SOFおよびPAHの浄化特性について検討した。結果をまとめると、以下のようである。

- (1) 通常走行時におけるCR-DPFによる4環から6環のPAH類の排出低減効果は大きい。また、CO、THCの排出低減対策としても有効である。
- (2) DPF内が高温となる運転条件では、サルフェートの生成によりPMならびにSOFの浄化効率が低減する。本装置の効果的利用のためには、さらに低硫黄軽油の使用が必要である。
- (3) DPF内での高温領域におけるサルフェート生成時においてSOF排出増に寄与すると考えられるSOFの組成変化が観察された。

〈参考文献〉

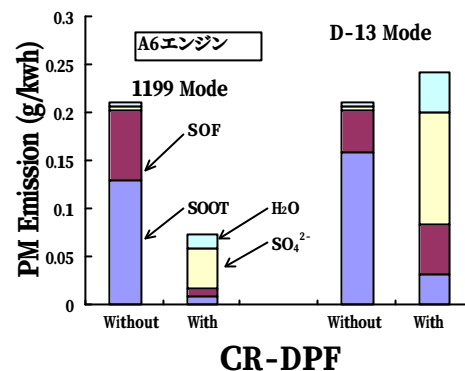
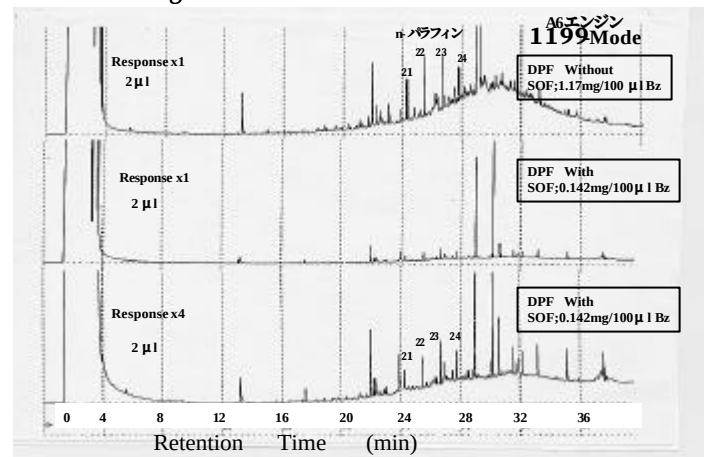
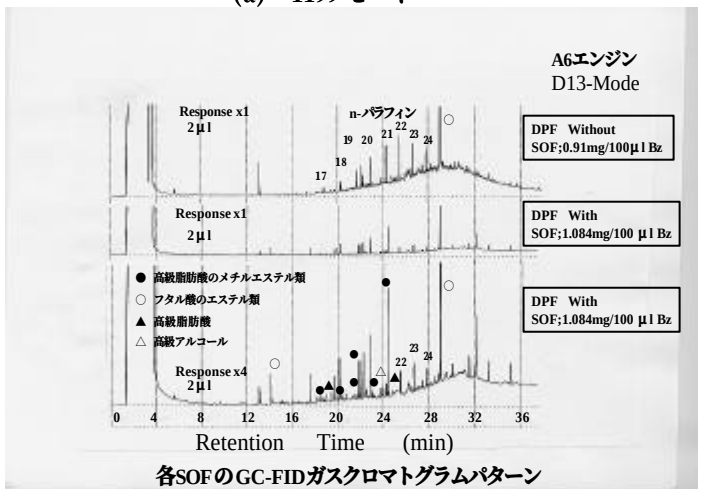


Fig.7 PM組成別エミッションの比較



各SOFのGC-FIDガスクロマトグラムパターン

(a) 1199 モード



各SOFのGC-FIDガスクロマトグラムパターン

(b) D-13 モード

Fig.8 SOF成分の定性分析結果の比較

- (1) 堀他、自動車技術会学術講演会前刷り集、20005561(2000)
- (2) Kevin Hallstorm, JSAE Symposium, NO.20014431 (2001)
- (3) 藤井他、自動車技術会学術講演会前刷り集、20015518(2001)
- (4) 茂木他、自動車技術会学術講演会前刷り集、9306363(1993)

