

報 告

ディーゼル車からの微量有機物の排出量調査 —排出ガス低減システムの微量有機物への影響—

泉 川 碩 雄 吉 岡 秀 俊 秋 山 薫
 福 岡 三 郎 飯 田 靖 雄 舟 島 正 直
 横 田 久 司 竹 永 裕 二 坂 西 丕 昌
 梅 原 秀 夫

1 はじめに

窒素酸化物や浮遊粒子状物質による大気汚染は、ディーゼル車の汚染寄与が大きいことから、これら汚染物質の排出抑制対策が種々とられ始めている。当研究所においてもディーゼル車の黒煙の排出抑制を目的としたディーゼルパテキュレートフィルター装置の実用化などの研究を進めている。今回、ディーゼル車の窒素酸化物や黒煙の排出抑制対策として排出ガス再循環装置(以下、EGRと記す。)、ディーゼルパテキュレートフィルター装置(以下、DPFと記す。)、水エマルジョン燃料(以下、EMと記す。)の手法を単独あるいは複数併用するシステムについて、その有用性及微量有機物への影響について検討した。ここではこれら排出ガス低減システムの微量有機物への影響調査の結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査内容

ディーゼル乗用車に上記排出ガス低減システムを単独あるいは複数の組み合わせで設置し、これをシャシーダイナモメータ上で運転し、その排出ガス中の粒子状物質(以下、PMと記す。)を採取する。採取したPM中に含まれる多環芳香族炭化水素(以下、PAHと記す。)や含窒素化合物(以下NCと記す。)、含酸素化合物(以下OCと記す。)、含硫黄化合物(以下、SCと記す。)を測定し、その量から各システムのこれら微量有機物に対する影響を求めた。

(2) 調査対象車種等

1) ディーゼル乗用車の主要諸元

使用したディーゼル乗用車の主要諸元は、次のとおりである。

車種名：メルセデス・ベンツ 300 Dターボ
 57年規制適合、副室式ディーゼル乗用車
 自動変速機付

総排気量：2996 cc

車両重量：1530 kg

2) 排出ガス低減システムの組み合わせ

調査した排出ガス低減システムの組み合わせを表1に示した。

表1 低減システムの組合せ

記号	システム
A	標準(STD)
B	標準+EGR
C	標準+EM+EGR
D	標準+EM
E	標準+EGR+DPF
H	標準+EGR+DPF+EM

システム記号Aの標準システム(以下、STDと記す。)は、試験に使用したディーゼル車は1987年式米国カルフォルニア仕様の車両で、排出ガス低減対策としてEGRとDPFを標準装備しているが、この2装置の機能を停止した状態をSTDとした。

システム記号Bは、STDにEGRを組み合わせたもの。システム記号Cは、STDにEGRとEMを組み合わせたもの。システム記号Dは、STDにEMを組み合わせたもの。システム記号Eは、STDにEGRとDPFを組み合わせたもの。システム記号Fは、STDにEGR、EM、DPFを組み合わせたもの。

(3) 調査条件

上記システムを設置したディーゼル車をシャシーダイナモメータ上で10モード、10・15モード、都内実走行モードNo. 2、5、8、10で運転した。

(4) 粒子状物質の採取

PMの採取は、排出ガスを希釈トンネル(全長7m、内径45cm、ステンレススチール製、希釈風量10m³/分)に導入し希釈した後、ハイボリュームエアサンプラーを

用いて行った。

(5)調査項目

調査対象とした微量有機物を次に示した。

1) 多環芳香族炭化水素 (PAH)

調査したPAHは、フェナントレン (以下、Phと記す。)、アントラセン (以下Anと記す。)、フルオランテン (以下、FLと記す。)、ピレン (以下、Pyと記す。)、ベンゾ(a)アントラセン (以下、BaA と記す。)、ベンゾ(k)フルオランテン (以下、BkF と記す。)、ベンゾ(a)ピレン (以下、BaPと記す。)、ベンゾ(g h i)ピレン (以下、BghiP と記す。)の8物質である。

2) 含窒素化合物 (NC)

調査したNCは、2-ニトロフルオレン (以下、NFと記す。)、1-ニトロピレン (以下、NPと記す。)の2物質である。

3) 含酸素化合物 (OC)

調査したOCは、9-フルオレノン (以下、FOと記す。)、9, 10-アントラキノン (以下、AQと記す。)の2物質である。

4) 含硫黄化合物 (SC)

調査したSCは、ジベンゾチオフェン (以下、DBT と記す。)である。

(6)微量有機物の測定

1) 有機物の抽出

有機成分の抽出は、PM採取ろ紙から直径47mmのベルトポンチで円形に4~6枚打ち抜き、これをジクロロメタン100mlで、30分間超音波抽出する方法で行った。

2) 多環芳香族炭化水素等の分離

ジクロロメタン抽出液をシリカゲルカラムクロマトを用い次の4分割に分離した。始めにn-ヘキサンで溶出し第1画分を得る。次に順にn-ヘキサン:ベンゼン(1:1)で溶出し第2画分、ベンゼンで溶出し第3画分、ベンゼン:メタノール(1:1)で溶出し第4画分を得る。

3) 多環芳香族炭化水素等の分析

(ア) 多環芳香族炭化水素

カラムクロマトグラフの第2画分を濃縮し、PAHの分析試料とした。PAHのうち、Ph、An、FL、Pyの分析は、ガスクロマトグラフ・質量分析計 (以下、GC-MS と記す。)のマスフラグメントグラフ (以下、SIMと記す。)を用いて行った。また、BaA、BbF、

BkF、BaP、BghiPの分析は、蛍光検出器付高速液体クロマトグラフ (以下、HPLCと記す。)を用いて行った。

(イ) 含窒素化合物

カラムクロマトグラフの第3画分を濃縮し、NP試料とした。NPの分析は直接アミノ化還元処理、HPLC法により行った。

(ウ) 含酸素化合物、含硫黄化合物

カラムクロマトグラフの第4画分を濃縮し、OC、SC試料とした。分析は、いずれもSIM法で行った。

3 結 果

(1)標準システムにおける微量有機物の排出特性

1) 多環芳香族炭化水素

標準システムにおけるPAHの走行条件別の排出量を表2に示した。また、STDにおけるPAHの区間平均車速別の排出量を図1に示した。なお、PAHの測定成分のうちAnは検出限界付近の排出量であった。これは各低減システムとも同様であった。

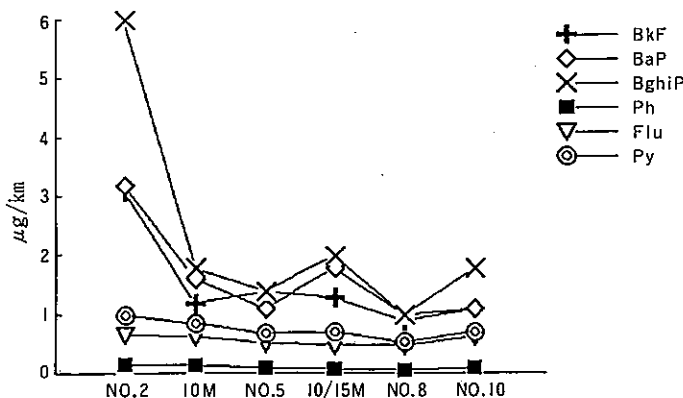


図1 PAHの走行条件別排出量

主なPAHの排出量について見ると、Pyの排出量が1.0~0.5mg/km、BaPが3.2~0.9µg/kmなどで、我々がこれまで調査してきた小型ディーゼル車と同レベルの排出量となっている。また、排出特性についてもディーゼル車の排出特性である平均車速の遅い走行領域で排出量が多く、高速になるにしたがい減少する傾向を示している。

2) 含窒素化合物

標準システムにおけるNCの走行条件別排出量を表3に示した。なお、NCの測定成分中NFは不検出であ

表2 PAHの走行条件別排出量

条件	BaA	BbF	BkF	BaP	BghiP	Ph	Flu	Py
(A) STD NO.2	12.7	10.3	3.1	3.2	6.2	176	669	1007
NO.5	5.3	14.6	1.4	1.1	1.4	124	532	686
NO.8	3	3.8	0.9	1	1	77.5	484	547
NO.10	1	4.5	1.1	1.1	1.3	122	642	712
NO.10 M	2.8	3.5	1.2	1.6	1.8	146	635	856
NO.10.15	3.1	3.9	1.3	1.8	2	103	479	717
(B) STD+EGR NO.2	11	8	2.7	3.3	3.9	160	541	778
NO.5	7	3.6	1.1	1.4	1.1	128	680	867
NO.8	2.6	1.3	0.4	0.6	0.4	99.4	559	689
NO.10	2.1	1.4	1	1.6	1.8	97.1	577	665
NO.10 M	2	4.1	1.9	2.8	3.2	86.3	499	642
NO.10.15	0.8	2	1.3	1.9	2.1	82.5	518	684
(C) STD+EM+EGR NO.2	20.8	8.1	4.3	7.8	18.5	453	504	914
NO.5	21.2	2.1	2.1	4.2	8.8	262	364	574
NO.8	14.8	2.1	1.3	2.5	5.5	104	95.8	188
NO.10	1.1	2.3	1.3	2.4	6.1	395	430	652
NO.10 M	1	2.9	1.5	3.3	9.6	182	238	341
NO.10.15	1.9	24.8	2	3.7	10.2	304	422	700
(D) STD+EM NO.2	50.9	54.8	5.7	12.6	25.6	363	339	704
NO.5	34.2	4.3	2.7	5.3	10.6	418	389	675
NO.8	29.1	4.1	2.3	3.5	7.1	384	357	595
NO.10	2	3.5	1.3	2.5	6.2	422	441	717
NO.10 M	6	6.8	4.2	6.6	13.7	628	752	1316
NO.10.15	2.5	10.3	2	3.3	6.6	493	704	1147
(E) STD+EGR+DPF NO.2	3.2	4.5	0.1	0.1	0.1	103	130	244
NO.5	0.5	0.8	0.3	0	0	0	0	0
NO.8	5	4.6	0.2	0.5	0.1	47.2	177	270
NO.10	6.3	1.3	0.1	0.3	0.4	168	437	523
NO.10 M	0.7	2.8	0.2	0.2	0.1	48.6	103	210
NO.10 M	0.7	2.8	0.4	0.3	0.3	67.9	98.3	232
NO.10.15	0.1	1.6	0.2	0.1	0.2	44.2	60.4	155
(H) STD+EGR+DPF+EM NO.2	4.6	5.37	0.1	0.5	0.8	540	619	1276
NO.5	9	4.6	0.1	0.6	0.6	491	434	814
NO.8	8.1	3.7	0.1	0.5	0.2	468	274	534
NO.10	2.4	2.3	0.9	1.1	0.5	445	326	601
NO.10 M	2.3	2.2	0.7	0.9	0.7	602	686	1456
NO.10.15	2	3.4	0.8	1.4	0.7	403	611	1180

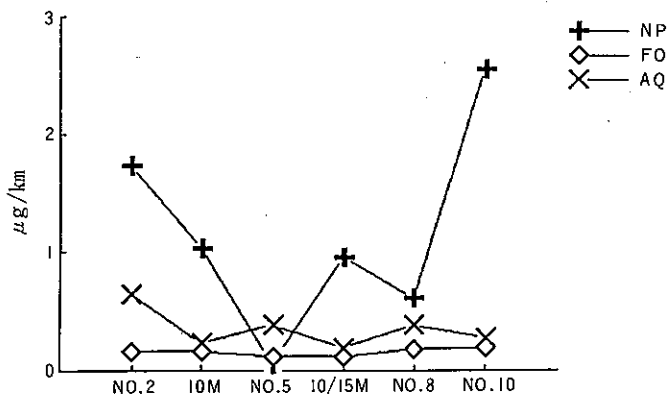


図2 NP及びOCの走行条件別排出量

た。これは各低減システムとも同様であった。

NPの区間平均車速別の排出量を図2に示した。これによると排出量は2.6~0.07 μg/kmで、PAHと同様にこれまでの調査結果と同様の値であった。また、排出特性についてもこれまでの結果と同様に低速域と高速域で排出量が多く、中速域で減少する傾向を示している。

3) 含酸素化合物、含硫黄化合物

標準システムにおけるOCの走行条件別排出量を表3に示した。SCのDBTは不検出であった。これは各低減システムとも同様であった。

表3 NP及びOCの走行条件別排出量

条件	NP	FO	AQ
(A) STD NO.2	1.736	171	660
NO.5	0.074	132	398
NO.8	0.626	18.8	39.6
NO.10	2.562	195	277
NO.10 M	1.038	170	239
NO.10.15	0.967	128	198
(B) STD+EGR NO.2	0.948	220	648
NO.5	0.379	74.6	280
NO.8	0.596	24.5	178
NO.10	0.798	101	179
NO.10 M	0.263	114	231
NO.10.15	0.149	168	195
(C) STD+EM+EGR NO.2	0.79	242	463
NO.5	0.379	142	246
NO.8	0.596	134	199
NO.10	0.798	328	202
NO.10 M	0.263	185	113
NO.10.15	0.149	174	119
(D) STD+EM NO.2	0.756	480	711
NO.5	0.621	287	336
NO.8	1.007	216	242
NO.10	0.866	326	220
NO.10 M	0.726	394	282
NO.10.15	0.158	247	172
(E) STD+EGR+DPF NO.2	0.224	111	356
NO.5	0.67	46.8	143
NO.8	0.3	43.9	164
NO.10	0.433	82.5	239
NO.10 M	0.049	98	138
NO.10 M	0.156	84.2	70
NO.10.15	0.143	73.3	66.3
(H) STD+EGR+DPF+EM NO.2	0.17	295	590
NO.5	0.324	208	332
NO.8	0.424	240	215
NO.10	0.135	417	181
NO.10 M	0.235	230	182
NO.10.15	0.115	164	151

OCの区間平均車速別の排出量を図2に示した。これ

によるとFOの排出量は0.2~0.13 mg/km、AQが0.66~0.2 mg/kmであった。排出特性はPAHと同様のパターンを示している。

(2) 排出ガス低減システムの微量有機物への影響

1) 多環芳香族炭化水素

PAHの各排出ガス低減システム別の排出量を表2に

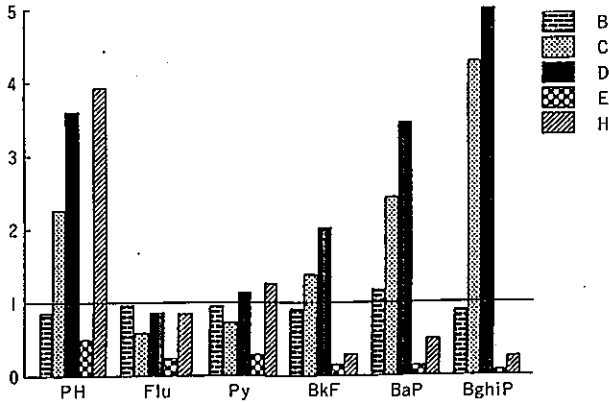


図3 標準に対する各システムの排出割合 (PAH)

示した。また、都内実走行モードNo. 2におけるSTDの排出量に対する各低減システムの排出割合を図3に示した。これによるとSTDにEGRを組み合わせたシステムBにおけるPAHの排出量はSTDとほぼ同値であり、EGRがPAHの排出には影響していないことを示している。これは、ガソリン車のEGRが炭化水素の排出量や成分に影響していないことと同様の結果となっている。STDにEMを組み合わせたシステムC、DのPAHの排出量はFlu、PyについてはSTDとほぼ同値であるがPhやBaP、BghiPの排出量はSTDの2~5倍上回っている。これは、このシステムにおけるPMや炭化水素の排出量も多く、不完全燃焼によるものと考えられる。STDにEGRとDPFを組み合わせたシステムEのPAHの排出量はSTDの8~50%で、特にBaP、BghiPが大きく減少している。これはガソリン車の三元触媒装置にも見られ、DPFが同様の作用をしているものと考えられる。システムEにEMを組み合わせたシステムFのPAHの排出量は、Ph、PyについてはSTDを上回っているが、BaPやBghiPについてはシステムEと同様の結果となっている。

2) 含窒素化合物

NCの各排出ガス低減システム別の排出量を表3に示した。また、都内実走行モードNo. 2におけるSTD

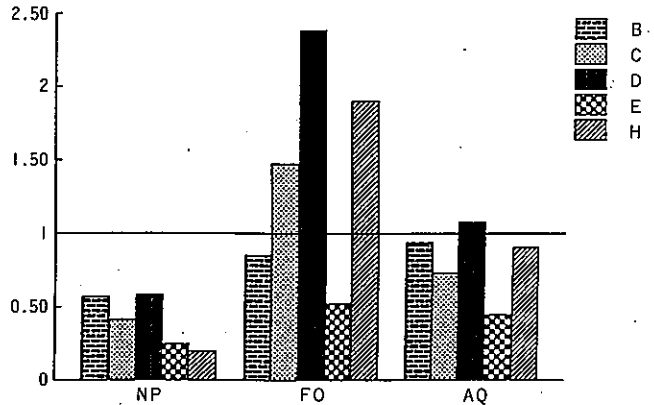


図4 標準に対する各システムの排出割合 (NP及びOC)

の排出量に対する各低減システムの排出割合を図4に示した。これによるとSTDにEGRやEMを組み合わせたシステムB、C、Dにおける1-NPの排出量はSTDの40~60%、STDにDPFを組み合わせたシステムE、Fで20%となっている。

3) 含酸素化合物

OCの各排出ガス低減システム別の排出量を表3に示した。また、都内実走行モードNo. 2におけるSTDの排出量に対する各低減システムの排出割合を図4に示した。これによるとFOの排出量はSTDにEMを組み合わせたシステムC、D、FでSTDの1.5~2.4倍多くなっている。AQの排出量はシステムEでSTDの50%となっているが、他のシステムではSTDと同レベルの排出量となっている。

参考文献

- 1) 泉川碩雄ら：ディーゼル車からの微量有機物の排出量調査—エンジンダイナモメータによる調査—東京都環境科学研究所年報 1989, p 24.
- 2) 泉川碩雄ら：ディーゼル車からの微量有機物の排出量調査—黒煙除去装置の微量有機物への影響—東京都環境科学研究所年報 1991, p 88.