

燃料転換及び酸化触媒によるディーゼル車排出ガスに与える影響

原 久男、江田 良将、岩淵 美香、浦木 陽子、古塩 英世、高橋 篤、井上 俊明（川崎市公害研究所）
菊地 美加、原 美由紀、安藤 仁（環境局公害部）

1 はじめに

ディーゼル車に用いられる燃料において、一般軽油（硫黄分 500ppm、硫黄分 50ppm）の他、川崎市で進めているクリーン軽油や硫黄分や芳香族分を含まない将来の燃料として期待される GTL 軽油を使用し、燃料転換及び酸化触媒方式排出ガス後処理装置の装着の有無による粒子状物質（PM）、窒素酸化物（NOx）、PM 中の多環芳香族炭化水素類（PAH）等の大気汚染物質排出量低減効果を実証するとともに走行モード別の NOx、PM 等の排出量を調査した。

2 調査方法

2.1 調査方法

実走行モード試験の概要を表 1、図 1 に示す。実走行モード試験^{1), 2), 3)}は酸化触媒を装着あるいは未装着で走行モード別でサンプリング等を行った。また PM の捕集には、70 mm テフロンコーティングろ紙（TX40HI20-WW）を使用した。

2.2 使用燃料

表 1 に示す一般軽油（硫黄分 500 ppm 以下）、低硫黄軽油（硫黄分 50 ppm 以下）、クリーン軽油（硫黄分 50 ppm 以下）⁴⁾ 及び GTL 軽油を車両の燃料に用いた。クリーン軽油は当市が路線バス等で使用を推進

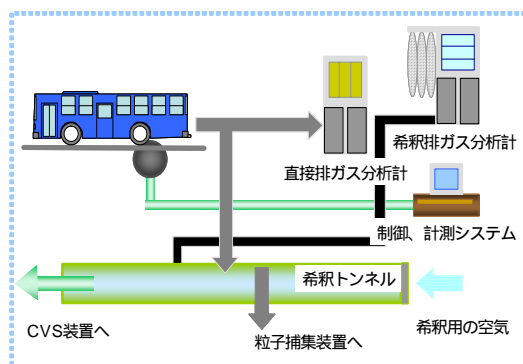


図 1 実走行モード試験装置の構成

表 1 実走行モード試験の方法及び燃料の性状

設備等				
試験場所	(財)日本自動車研究所大型シャシダイナモ実験室			
試験日時	平成14年6月12日～平成14年8月9日			
試験車種	三菱・大型ディーゼルバス1台、KC-MP217K改 (9,400kg、手動変速、既走行距離255,730km)			
	規制年度	平成6年度(短期規制)		
排出ガス浄化装置	酸化触媒マフラー1本((株)UNICAT製)			
走行モード	D13モード(D13)、D3500超モード(D3500超)、川崎バスモード(KB2)、東京都5モード(T-5)			
燃料の性状				
燃料名	一般軽油 (S=0.05%)	低S軽油 (S=50ppm)	クリーン軽油 (S=50ppm)	GTL軽油
密度(15) kg/m ³	831.6	827.5	808.6	770.0
粘度40 mm ² /sec.	1.138	1.067	0.7979	2.1
硫黄分 mass ppm	480	28	29	<5
セタン価	52.7	53.2	54.3	73
蒸留性状	IBP	168.5	164.0	172.0
	90%	336.5	333.5	286.0
	EP	364.0	367.5	329.5
10%残炭 %	0.02	0.02	0.02	0.04
総芳香族 mass%	25.0	22.7	21.1	0.4

している軽質軽油である。また GTL 軽油は、天然ガスから合成した新規燃料であり、硫黄分・芳香族分をほとんど含まない。

2.3 調査項目

調査項目を表 2 に示す。粒子状物質 (PM) 及び自動測定で定量する物質については、いずれの条件も 2 回ずつ試験を実施し平均値を結果とした。

有機性炭素成分 (SOF)、元素状炭素成分 (Soots) 及び多環芳香族炭化水素 (PAH) 18 物質の排出量については、PM 捕集ろ紙をジクロロメタン抽出し、SOF 重量測定と GC/MS による PAH 測定を行った。

サルフェートについては、エタノールを含浸させたろ紙を水で超音波抽出しイオンクロマトグラフ法で定量した。

表 2 調査項目

測定項目

区分	項目
重量測定	PM
自動測定	NO _x 、CO、CO ₂ 、HC、燃料消費率、排出ガス温度
PM中の成分	SOF、SOOTs、PAH、Sulfate

定量したPAH成分

フェナントレン、アントラセン、ジベンゾチオフェン、カルバゾール、フルオランテン、ピレン、ベンゾ(a)アントラセン、クリセン、ベンゾ(b,j,k)フルオランテン、ベンゾ(e)ピレン、ベンゾ(a)ピレン、ペリレン、ベンゾ(ghi)ペリレン、ジベンゾ(ah)アントラセン、コロネン

3 結果

3.1 走行モード別の排出量

走行モード別の大気汚染物質排出量及び低減率を表 3 に示す。ただし表中の低減率は、同一走行モードで比較したとき、一般軽油・触媒なしでの各成分の排出量に対して他の条件における排出量が低減された割合を意味する。

3.1.1 PM排出量

PM 排出量は、低硫黄軽油による低減率が本試験では小さかった。クリーン軽油を使用したときは、触媒の有無に関らず低硫黄軽油使用時より PM 排出量は少なく、触媒のないときは 20 %程度、あるとき (D13 モード) は 32.5 %となった。また GTL 軽油は、触媒のないとき 30 %程度、あるとき 50 %程度となり、低減率が全燃料中で最大であった。したがって本試験では、燃料転換によって PM 排出量が一般軽油 (S = 500 ppm) > 低硫黄軽油 (S = 50 ppm) > クリーン軽油 (S = 50 ppm) > GTL 軽油 (S < 5 ppm) の順になっているといえる。

また酸化触媒について見ると、例えば D13 モードでは、PM 排出量は (酸化触媒あり + 低硫黄軽油) で 0.267 g/kWh、(酸化触媒なし + クリーン軽油) で 0.324 g/kWh であり、本試験では酸化触媒による PM 低減効果が高かった。

3.1.2 NO_x 排出量

NO_x においても、排出量は一般軽油 > 低硫黄軽油 > クリーン軽油 > GTL 軽油の順となっているが、酸化触媒装着によって若干増加する傾向を示した。

3.2 有機性炭素成分 (SOF)、元素状炭素成分 (Soots) 及びサルフェート (硫黄分) 排出量

PM中のSOF、Soots及びサルフェート排出量を図2に示す。ただし図中、D3500モード・クリーン軽油におけるデータがないのは、測定の前処理時におけるろ紙の破損のため、欠測となったことによる。燃料転換によってSOFの排出量は減少したが、Sootsのそれは大きく変化していない。これは、酸化触媒では、PM炭素成分中のSOFが主に削減されることによると考えられる。

3.3 PAH排出量

PAH 17成分の総排出量を図3に示す。低硫黄軽油を

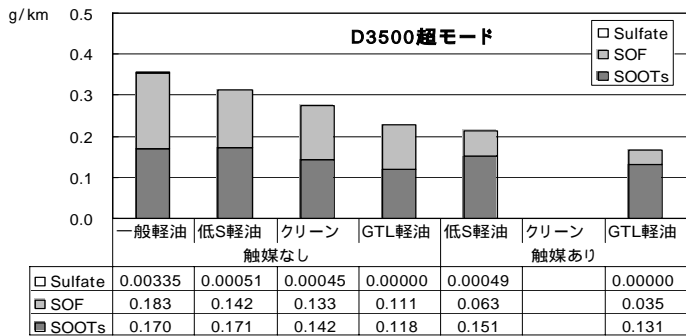


図2 D3500超モードにおける排出PM中の成分組成

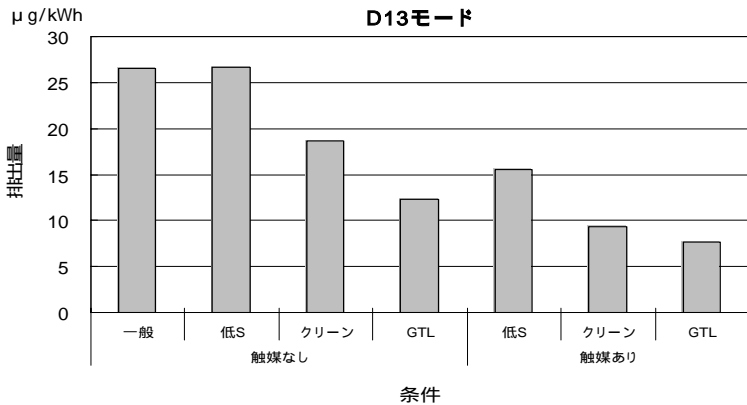


図3 D13モードにおけるPAH(17物質)の総排出量

表3 走行モード別大気汚染物質の排出量及び低減率

走行モード	触媒	燃料	CO		HC		NOx		CO ₂		PM		燃料消費率	
			排出率 (g/kWh)	低減率 (%)	排出率 (g/kWh)	低減率 (%)	排出率 (g/kWh)	低減率 (%)	排出率 (g/kWh)	低減率 (%)	排出率 (g/kWh)	低減率 (%)	測定値 (l/km)	低減率 (%)
D13	なし	一般軽油	2.194	0.0	0.963	0.0	6.010	0.0	916	0.0	0.391	0.0	2.92	0.0
		低S軽油	2.185	0.4	0.959	0.4	6.152	-2.4	928	-1.3	0.360	7.9	2.96	-1.4
		クリーン軽油	1.938	11.7	0.938	2.6	5.931	1.3	910	0.7	0.324	17.1	2.90	0.7
		GTL軽油	1.698	22.6	0.834	13.4	5.315	11.6	908	0.9	0.278	28.9	2.89	1.0
	あり	一般軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		低S軽油	2.317	-5.6	0.667	30.7	6.161	-2.5	926	-1.1	0.267	31.7	2.95	-1.0
		クリーン軽油	2.124	3.2	0.867	10.0	6.025	-0.2	928	-1.3	0.264	32.5	2.95	-1.0
		GTL軽油	1.879	14.4	0.690	28.3	5.339	11.2	915	0.1	0.228	41.7	2.91	0.3
D3500超	なし	一般軽油	1.647	0.0	0.724	0.0	5.464	0.0	654	0.0	0.353	0.0	0.251	0.0
		低S軽油	1.735	-5.3	0.744	-2.8	5.391	1.3	662	-1.2	0.313	11.3	0.255	-1.6
		クリーン軽油	1.520	7.7	0.750	-3.6	5.349	2.1	648	0.9	0.275	22.1	0.256	-2.0
		GTL軽油	1.289	21.7	0.627	13.4	4.660	14.7	625	4.4	0.229	35.1	0.259	-3.2
	あり	一般軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		低S軽油	1.725	-4.7	0.732	-1.1	5.818	-6.5	651	0.5	0.214	39.4	0.251	0.0
		クリーン軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		GTL軽油	1.607	2.4	0.555	23.3	4.899	10.3	654	0.0	0.166	53.0	0.271	-8.0
K82	なし	一般軽油	2.071	0.0	0.932	0.0	8.960	0.0	989	0.0	0.479	0.0	0.379	0.0
		低S軽油	1.962	5.3	0.933	-0.1	9.366	-4.5	1008	-1.9	0.478	0.2	0.388	-2.4
		クリーン軽油	1.760	15.0	1.001	-7.4	9.526	-6.3	1020	-3.1	0.436	9.0	0.402	-6.1
		GTL軽油	1.423	31.3	0.802	13.9	8.371	6.6	933	5.7	0.352	26.5	0.386	-1.8
	あり	一般軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		低S軽油	1.938	6.4	0.996	-6.9	10.039	-12.0	990	-0.1	0.323	32.6	0.381	-0.5
		クリーン軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		GTL軽油	1.741	15.9	0.796	14.6	8.740	2.5	951	3.8	0.241	49.7	0.393	-3.7
T-5	なし	一般軽油	1.567	0.0	0.797	0.0	6.880	0.0	731	0.0	0.371	0.0	0.280	0.0
		低S軽油	1.589	-1.4	0.800	-0.4	6.644	3.4	725	0.8	0.329	11.3	0.279	0.4
		クリーン軽油	1.427	8.9	0.833	-4.5	6.558	4.7	714	2.3	0.303	18.3	0.282	-0.7
		GTL軽油	1.269	19.0	0.673	15.6	5.998	12.8	690	5.6	0.247	33.4	0.285	-1.8
	あり	一般軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		低S軽油	1.591	-1.5	0.834	-4.6	7.060	-2.6	712	2.6	0.208	43.9	0.275	1.8
		クリーン軽油	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		GTL軽油	1.440	8.1	0.598	25.0	6.146	10.7	692	5.3	0.172	53.6	0.286	-2.1

使用する場合にはそれほど低減率が低く、むしろ一般軽油よりも増加する結果も一部にみられたが、GTL 軽油又は酸化触媒は低減効果が大きかった。

4 まとめ

燃料転換及び酸化触媒の装着がディーゼル車排出ガスに与える影響を調べるために実走行試験を実施した結果、次のことが明らかになった。

- 1) 燃料別にみると酸化触媒なしの条件での PM 低減率は低硫黄軽油で 0.2～11%、クリーン軽油で 9～22%、GTL 軽油で 26～35%であった。
- 2) PM 中の炭素成分については、燃料の違いによる SOF 及び Soots の排出量を一般軽油と比較すると、走行モードに関係なく低硫黄軽油、クリーン軽油の順で SOF 分の低減がみられ、Soots 分の減少が少なめであったのに対し、GTL 軽油では SOF、Soots 分とも減少していた。
- 3) 多環芳香族炭化水素類排出量の低減効果の最も高い走行モードは川崎バスモードであり、低いモードは D13 モードと T-5 モードで、特に低硫黄軽油は一般軽油と同等又は増加の傾向を示した。また、多くの PAH 成分は酸化触媒によって低減されていた。
- 4) GTL 軽油については、走行モード別排出量試験から、PM、多環芳香族炭化水素類等の排出量で、低減効果の良いことがわかった。しかし、GTL 軽油の使用過程車に対する実際の使用段階では実走行試験等によるデータの積み重ねが必要と思われる。

引用文献

- 1) 井上俊明他、2001：川崎市におけるディーゼル排ガス中の PM 削減緊急対策 クリーン軽油による PM 及び多環芳香族類の低減効果、第 25 回公害研究合同発表会講演要旨集
- 2) 横田久司他、2002：合成軽油（GTL）の排出ガス性状への影響調査（その 1）及び（その 2）、東京都環境研究所年報 2002、140～152
- 3) 白砂裕一郎、江幡育郎、2003：ディーゼル自動車対策に関する研究 低硫黄軽油・酸化触媒システムによる大気汚染物質低減効果、横浜市環境科学研究所報第 27 号、42～47
- 4) 渡辺裕朗他：既存ディーゼル車から排出される粒子状物質を低減させる軽質軽油の開発、新日本石油（株）
- 5) 松沢貞夫：有害多環芳香族炭化水素（PAH）の環境挙動と運命—PAH の発生源、移動および分解について—、資源環境技術総合研究所 NIRE ニュース 2000（<http://www.aist.go.jp/NIRE/publica/news-2000/2000-11-2.htm>）