

燃料性状がディーゼル排気粒子に与える影響

小谷野 眞 司* 横 田 久 司 佐々木 裕 子
舟 島 正 直 坂 西 丕 昌

(* 現 交通局)

要 旨

軽質化軽油及び含酸素軽油を平成6年規制適合の大型ディーゼル車4台に使用し、PM排出量等について市販軽油を使用した場合との比較を行った。その結果、次のことが確認された。

- ①これらの燃料の使用は、市販軽油に比べてPM低減に効果が得られた。
- ②PM低減の効果は、車種や走行パターンにより大きく差を生じた。

キーワード：燃料性状、ディーゼル車、粒子状物質

The Effect of Fuel Composition on Diesel Exhaust Particulate Emission

Shinji Koyano*, Hisashi Yokota, Yuko Sasaki, Masanao Funeshima,
and Motomasa Sakanishi

* Bureau of Transportation

Summary

Particulate emissions from 4 heavy duty diesel vehicles conforming to 1994 exhaust emission regulations, were investigated with 3 types of diesel fuel, that includes light fuel, oxgenated fuel, and ordinary diesel fuel that sold in the market. Results of such comparative studies of these fuels are as follows:

- ① Using light fuel and oxgenated fuel gives reduction of diesel exhaust particulate, in comparison with using ordinary fuel.
- ② PM reduction level is greatly dependent on the types of vehicles and running patterns.

Keywords : fuel composition, diesel vehicles, particulate matter

1 はじめに

ディーゼルエンジンから排出される粒子状物質(PM)を抑制させるため、種々の対策が進められている。エンジン側の改良として、1500kgf/cm²を超える高圧燃料噴射や噴射の電子制御化等の技術が実用化され、また、エンジン後処理技術としてのDPFも、様々な方式において試験走行が行われている。

一方、これらの対策とは異なり、軽油の燃料組成の面からPMを低減させる手法も検討されている。PMの発生は、燃焼室へ噴射された燃料が、十分に空気と混合さ

れず未燃のまま排出されたり、炭化されて、すすとなることが主原因である。このため、燃料の分子量を相対的に小さくすること(軽質化)により、燃えやすくする方法、或いは、分子中に酸素を含んだ成分を配合させる(含酸素燃料)方法は、PM低減に効果があるとされている。しかし反面、燃料密度の低下による機関出力の低下や、NO_xなどの他の排ガス成分への悪影響も予想される。

これまで、ディーゼル車からのPM低減対策手法の一つとして、燃料性状を改質することの効果は報告され

ているものの、大型ディーゼル車を用いた実車での測定はなされていない。このため、使用過程車のPM低減対策として、改質燃料を使用することの可能性を検証するため、市販の軽油に比べ軽質成分が多い軽質化軽油（以下「L」と言う。）、分子中に酸素を含有する成分を配合した含酸素軽油（以下「O」と言う。）の2種類の燃料を、平成6年規制適合の大型ディーゼル車4台に使用し、PM低減効果等について、確認試験を行った。本報では、この結果について報告する。

2 調査等

当研究所の大型自動車排出ガス測定システムを用いて、大型シャーシダイナモメータ上で、3種の燃料について、車両を法定モード及び東京都実走行パターンに従い運転した。試験内容等について、以下に記す。

(1) 供試燃料

供試した燃料の主な性状を表1に示す。Lは、JIS規定の特3号軽油（冬季の道南を除く北海道で、燃料の低温流動性を確保するために用いられている。）相当のもの

表1 供試燃料の性状

項目		L	O
密度	g/cm ³ 15°C	0.808	0.824
分留性状	IBP	149	159
	10%	176	186
	50%	214	262
	90%	301	334
	FBP	340	351
粘度	mm ² /s 30°C	1.843	2.609
流動点	°C	-35	-15
セタン価		54	57
硫黄分	mass%	0.03	0.02

のに、セタン価向上剤を添加したものである。Oは、含酸素成分としてメチルエステルを20%程度、灯油を40%程度含んだものである。比較対照とした市販軽油は、測定車両にあらかじめ搭載されたタンク内の燃料を用い、適宜市販の軽油を補充した。また、供試燃料は、それぞれ専用のタンクから燃料温度調整装置、燃料流量計を経て、測定車両へ接続した。燃料の交換に際しては、燃料温度調整装置内やエンジン間までの残留燃料を抜き取った後に、予備運転を十分に行い、噴射ポンプ内等の燃料の確実な入れ替わりに配慮した。なお、燃料温度は40°C一定になるように制御している。

(2) 測定車両

測定に用いた車両を表2に示す。全車、平成6年排出ガス規制に適合した直噴式エンジンを搭載している。なお、A車、C車、D車は自然吸気、B車は過給機付きである。また、これらの車両は、運送業者等において、実際に使用過程にあるものを一定期間借り上げたものである。

(3) 測定内容

ア 運転条件

以下のモード等において測定を行った。

イ 法定モード

①ディーゼル13モード（以下「D13」と言う。）

各モード点で設定する負荷は、それぞれの燃料での最大駆動力に規定の比率を乗じている。後述するように、燃料によって最大駆動力に差があるため、同一モードでの駆動力は各燃料により若干異なっている。

②排気煙濃度試験法（黒煙）

③無負荷急加速試験法（黒煙）

イ 東京都実走行パターン（No.2、No.5、No.8）及びM15モード

1/2積載条件で行っている。

表2 試験車両の概要

車名	A	B	C	D
エンジン排気量 (cc)	19,680	12,880	17,990	6,920
エンジン形式	V型8気筒	直列6気筒	V型8気筒	直列6気筒
エンジン吸気方式 (NA/TC)	NA	TC	NA	NA
エンジン最高出力 (PS/rpm)	355/2,200	360/2,100	350/2,200	195/3,000
等価慣性重量 (kg)	18,080	15,180	15,030	6,220
既走行距離 (km)	121,660	72,010	9,590	10,760
測定年月	9年10~11月	9年7月	9年7月	9年8月

イ 測定項目

PM、黒煙、NO_x、THC、CO、燃費等

3 結果及び考察

(1) 法定モードにおける結果等

ア 排出ガス等

D13における排出ガス等の測定結果を表3に、黒煙濃度測定結果を表4に示す。PMは、市販燃料に比べて、Lでは2.0~22.9% (平均12.1%)、Oでは5.5~12.5% (平均12.4%)と車両により差を生じているものの、全車で低減する傾向が認められた。NO_xについては、Lでは0.0%~5.0%、Oでは-2.3%~5.7%の低減であり、悪化する傾向は認められない。COは、Lでは-1.1%~12.3%、Oでは、-1.4%~17.7%の低減であり、A及びD車では低減効果を得ている。HCは、A車ではL、O共に低減しているが、その他の車両では増加が認められた。黒煙については、全ての測定において低減している。また、市販燃料を用いた時に排気濃度試験値が最も高いD車は、特に大きな低減が認められた。

イ 出力

法定モード測定時に計測した最大駆動力を図1に示す。各車の平均した市販燃料に対する出力低減率は、Lでは、最も良いC車で3.9%、悪いB車で7.6%となった。また、Oでは、Lに比べて出力の低下は少なく、C車で1.6%、B車で4.3%であった。市販軽油の燃料密度は、JIS K2249による試験方法で測定した結果は0.835 g/cm³であり、発熱量を46MJ/gとすると単位体積当たりの発熱量は、38.4MJ/cm³となる。表1を基に、改質燃料の発熱量を算出すると、Lは37.2MJ/cm³、Oは36.6MJ/cm³である。市販軽油と比較した最大出力の低下は、燃料の発熱量の差による影響と考えられる。しかし、L、O間での出力比較では、発熱量の大小関係とは逆の結果となった。

(2) 東京都実走行パターン等

ア 排出ガス等

東京都実走行パターン (No2、No5、No8) 及びM15モードでの測定結果を表5に示す。

PMについて、各種燃料での比較結果を図2に示す。C車のNo8では、L、O共に市販燃料に比べて増加しているが、それ以外では概ね低減が認められた。A車ではLよりOが、B及びD車ではOよりLの低減効果大きい。Lの低減効果は、D車に対し29.7~61.8% (平均46.6%)

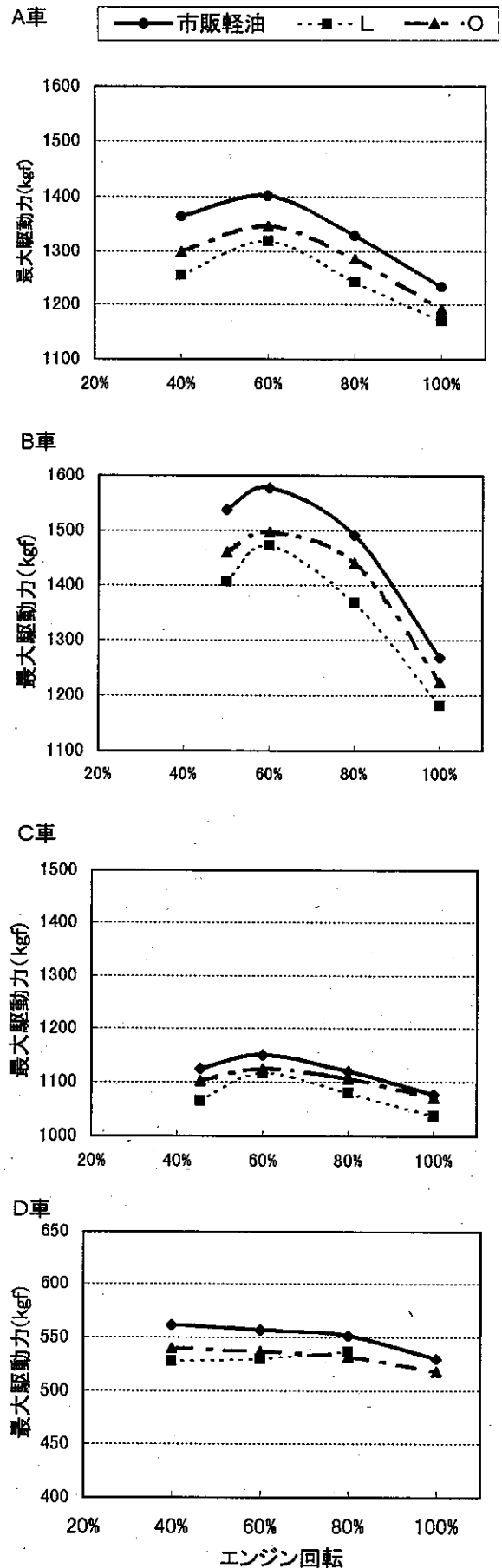


図1 各種燃料でのエンジン最大出力

表3 D13モードにおける排出ガス等測定結果

単位:g/kWh

項目 車名	PM			NOx			CO			HC		
	市販	L	O	市販	L	O	市販	L	O	市販	L	O
A	0.98	0.89 9.2%	0.77 21.4%	6.39	6.07 5.0%	6.30 1.4%	1.92	1.82 5.2%	1.58 17.7%	1.18	1.02 13.6%	0.87 26.3%
B	0.50	0.49 2.0%	0.45 10.0%	5.72	5.61 1.9%	5.85 -2.3%	1.79	1.81 -1.1%	1.68 6.1%	0.50	0.78 -56.0%	0.63 -26.0%
C	0.71	0.61 14.1%	0.67 5.5%	5.56	— —	5.53 0.5%	2.10	— —	2.13 -1.4%	0.97	— —	1.17 -20.6%
D	0.48	0.37 22.9%	0.42 12.5%	6.69	6.69 0.0%	6.31 5.7%	2.27	1.99 12.3%	1.97 13.2%	1.49	1.69 -13.4%	1.42 4.7%

表4 黒煙濃度測定結果

下段は、市販燃料に対する低減率

項目 車名	無負荷急加速試験法			排気煙濃度試験法								
	市販	L	O	40%			60%			100%		
				市販	L	O	市販	L	O	市販	L	O
A	27	26	26	36	35	32	26	24	22	22	17	16
B	34	28	30	23	19	19	22	22	18	19	14	15
C	22	20	21	25	22	21	25	23	22	31	24	25
D	22	16	17	31	14	15	38	18	20	43	24	26

表5 実走行パターン等における排出ガス等結果

単位:g/km

走行パターン	項目 車名	PM				NOx			
		A	B	C	D	A	B	C	D
No.2 (8.2km/h)	市販	2.08	1.55	1.41	0.54	13.23	10.84	10.71	6.39
	L	1.64	1.08	1.27	0.38	12.84	10.64	10.38	5.83
	O	1.46	1.15	1.07	0.55	12.96	10.39	10.82	6.17
No.5 (18.2km/h)	市販	1.33	0.73	0.81	0.49	8.98	7.27	6.79	3.99
	L	1.28	0.59	0.74	0.19	8.22	7.05	6.67	3.87
	O	1.03	0.62	0.62	0.34	8.37	7.07	7.19	3.93
No.8 (28.8km/h)	市販	1.24	0.73	0.61	0.40	7.86	6.50	5.89	3.43
	L	1.18	0.57	0.74	0.17	7.45	6.29	5.69	3.32
	O	1.01	0.58	0.69	0.27	7.57	6.43	6.12	3.31
M 15	市販	1.66	0.91	1.40	0.47	10.19	8.86	9.06	4.96
	L	1.43	0.69	0.92	0.29	10.61	8.64	8.13	4.73
	O	1.31	0.75	0.83	0.45	11.90	8.66	8.56	4.84

走行パターン	項目 車名	THC				CO			
		A	B	C	D	A	B	C	D
No.2 (8.2km/h)	市販	1.45	1.25	1.93	1.51	4.41	8.19	5.39	3.10
	L	1.66	1.57	2.34	1.47	4.17	6.03	5.39	2.20
	O	0.98	1.36	1.64	1.40	3.59	6.76	4.94	2.55
No.5 (18.2km/h)	市販	0.73	0.86	1.20	0.98	2.77	3.43	3.11	1.76
	L	1.02	1.02	1.66	0.87	2.81	3.22	3.35	1.52
	O	0.79	0.84	1.18	0.87	2.33	3.32	3.19	1.60
No.8 (28.8km/h)	市販	0.60	0.59	0.95	0.73	2.53	3.12	2.65	1.40
	L	0.73	0.73	1.17	0.71	2.45	2.75	2.81	1.09
	O	0.59	0.56	0.89	0.62	2.08	2.78	2.62	1.24
M 15	市販	0.89	0.95	1.17	1.07	3.54	3.63	4.12	2.08
	L	0.94	1.02	2.02	1.02	3.42	3.05	3.98	1.75
	O	0.72	0.80	1.21	1.00	2.89	3.50	3.78	1.86

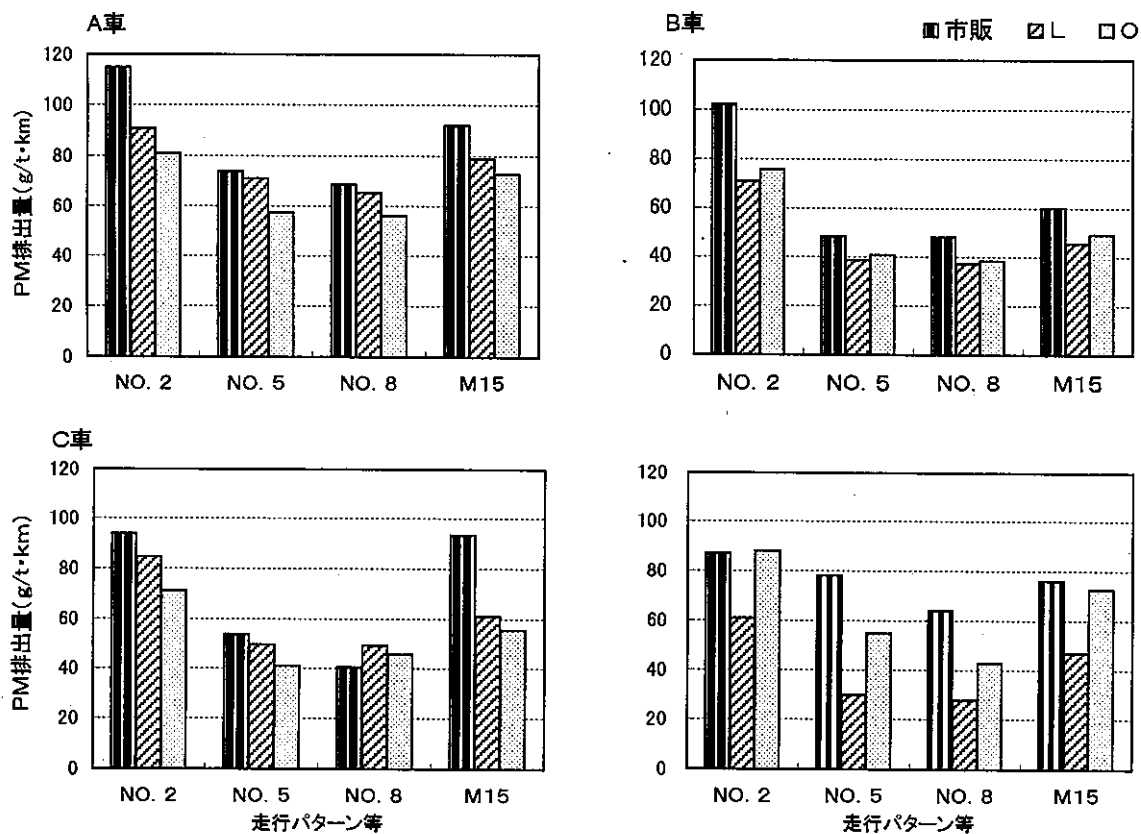


図2 各種燃料での実走行パターン等におけるPM排出量

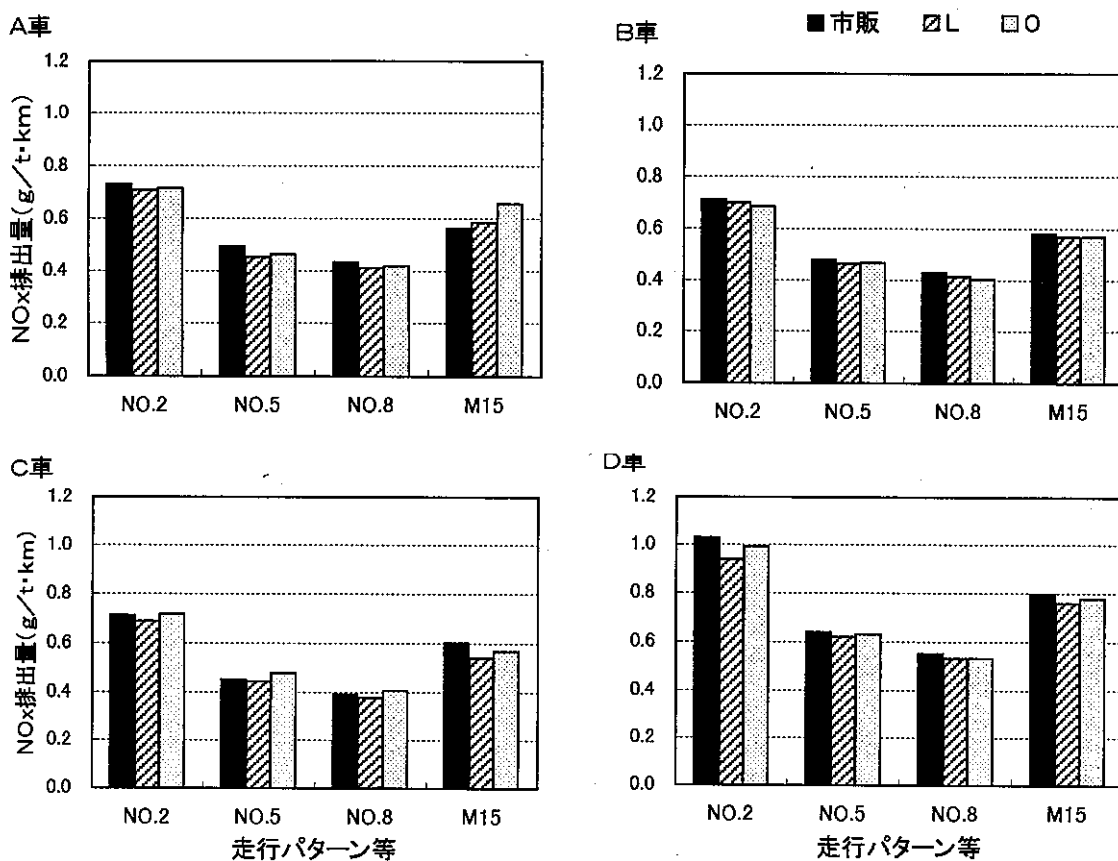


図3 各種燃料での実走行パターン等におけるNOx排出量

と高い。Oは、A車に対して最も効果を得て、18.6~29.6% (平均22.9%) の低減であった。

NO_xについて、比較結果を図3に示す。Oでは、C車のNo2、No5、No8において、1.0~5.9%増加し、A車のM15モードでは、16.8%の増加であった。また、A車のM15モードは、Lについても僅かに増加している。しかし、Lでは、全体として低減する傾向があり、各車の測定を平均した低減率は2.6~4.9%であった。なお、Oについても、B車3.8%、D車2.7%と低減している。

COについては、Lでは、C車で若干増加しているが、それ以外では低減し、各測定の平均低減率はB車で15.1%、D車で20.2%と大きく低減している。Oは、全車で低減し、平均低減率は3.8~17.7%であった。THCは、LではD車を除き全車両で増加し、特にC車は平均38.6%と著しい悪化を生じている。Oは、D車で低減しているものの、それ以外の車両では増減の傾向は現れなかった。

イ 燃費

各試験における実測した燃料消費量を表6に示す。D車では燃費の悪化が見られないが、それ以外の車両では、1~4%の悪化を生じた。出力の低下を補うべく、市販燃料での運転に比べアクセル開度が増加していることが考えられる。

4 まとめ

本試験により、今回供試した軽質化軽油、含酸素軽油について、次のことが確認された。

①両燃料ともに、PM低減に効果が得られた。最も高い効果を得た車両は、軽質化軽油で平均46.6%、含酸素軽油で平均22.9%であった。また、NO_x、COについても一部の車両を除き低減した。なお、THCは、軽質化軽油で複数の車両に増加が認められた。

②両燃料共に、エンジン出力は低下するものの、測定する走行パターンへの追随性等に支障はなかった。また、燃費は、最大で4%程度の悪化を生じた。

③PM及びNO_x等の排出ガス、出力等に与える影響は、エンジンの種類により大きく差を生じることが分かった。

5 おわりに

本試験により、燃料性状の変更は、使用過程の大型ディーゼル車から排出されるPMの低減対策として、可能性が示唆された。今後、その定量的な効果を推計するためには、ベースとする市販燃料の組成の安定性、噴射ポンプやインジェクタ等の特性の確認を行うとともに、エンジンの排気量や燃焼方式などの分類を行い、測定回数を増やす必要がある。また、更なるPM等の排出物質低減へ向けた車両の開発には、燃料組成とエンジン改良の両側面から最適化を図ることが効果的であると考えられる。

本試験に当たり、燃料の提供を頂いた日本石油(株)及び(株)ジャパンエナジーの各位に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 相原伸二ら：軽油性状及び酸化触媒のディーゼル排

表6 各種燃料における燃費

単位: km/L

	A			B			C			D		
	市販	L	O	市販	L	O	市販	L	O	市販	L	O
NO.2	1.42	1.41 1.00	1.40 0.99	1.76	1.74 0.99	1.78 1.01	1.52	1.46 0.96	1.52 1.00	3.54	3.56 1.01	3.58 1.01
NO.5	2.14	2.07 0.97	2.11 0.98	2.65	2.59 0.98	2.64 1.00	2.36	2.26 0.96	2.29 0.97	5.39	5.31 0.99	5.29 0.98
NO.8	2.35	2.26 0.96	2.33 0.99	2.99	2.91 0.97	2.92 0.98	2.64	2.52 0.95	2.57 0.98	5.99	6.00 1.00	5.83 0.97
M15	1.70	1.67 0.98	1.68 0.99	2.12	2.13 1.00	2.12 1.00	1.85	1.82 0.98	1.85 1.00	4.37	4.53 1.04	4.50 1.03
平均	2.07	2.01 0.97	1.98 0.96	2.59	2.54 0.98	2.57 0.99	2.29	2.19 0.96	2.24 0.98	5.25	5.25 1.00	5.18 0.99

下段は、市販燃料に対する比率

出ガスへの影響、(社)自動車技術会 学術講演会前刷
集 976,1997-10