

# 平成元年規制適合の大型ディーゼル車の汚染物質排出実態について

横田 久司 福岡 三郎 竹永 裕二  
坂西 丕昌

## 要 旨

平成3年度～6年度に、大型自動車排出ガス実験システムを使用して行った、平成元年規制適合の使用過程車（車両総重量（GVW）3.5トン超から20トン未満の直接噴射式ディーゼルエンジン搭載の大型自動車）32台の調査結果をもとに、大型ディーゼル車の排出ガス排出実態に関する総括的な検討を行った。その結果、明らかになった主な点は以下のとおりである。

①GVWの大きい車両の方がエンジンの余裕駆動力が大きいため、仕事量当たりのNO<sub>x</sub>、PM排出量等は少なかった。

②ターボ過給及びインタークーラによる給気冷却により、NO<sub>x</sub>、PM、燃費の低減効果が一部みられたが、都市内走行に対するインタークーラ、過給エンジンの改善の必要性が認められた。

③NO<sub>x</sub>の排出量は燃料使用量にほぼ依存する。この関係は、事業所当たりの自動車排出NO<sub>x</sub>総量を簡易的に算出するような場合に利用できる可能性がある。

④NO<sub>x</sub>とPMの排出にはトレードオフ関係があることが、D13モード、実走行パターンにおいて認められた。長期目標値の達成のためには、このトレードオフを解消できる技術の導入が必要である。

また、今後の使用過程車調査の場合、対策技術の高度化・多様化が進展することが予想されることから、調査対象車両の抽出に当たってのスクリーニングが一層重要となると考える。

Study of Pollutants Emission from Heavy Duty Diesel Vehicles meeting the 1989 Exhaust Emission Regulations.

Hisashi Yokota, Saburo Fukuoka,  
Yuji Takenaga and Motomasa Sakanisi

## Summary

Discharge characteristics of 32 used vehicles meeting the 1989 exhaust emission regulations were investigated. There were heavy duty diesel trucks and buses whose GVW were within above 3.5 and below 20 tons. The results of this study are as follows:

① Since the vehicles with of big GVW had spare driving force of engine, NO<sub>x</sub> and PM discharge levels at working load were less.

② By the effect of inlet air cooling by turbo charger and intercooler, NO<sub>x</sub> and PM reduction effect of mileage were studied partly. However, with regard to intercooler for travelling within the city, necessity for improvement of turbo engine were recognized.

③ The NO<sub>x</sub> discharge almost depends on diesel fuel consumption. Therefore, there is a possibility of estimating the total volume of NO<sub>x</sub> discharge of each site, by simply using this relationship.

④ The discharge of NOx and PM included trade off relationship which was recognized in D 13 mode, and actual travelling pattern. For the achievement of long term desired level the technical introduction is necessary to cancel this trade off.

As advancement and diversification of motor vehicle exhaust emission reduction technology is expected, then, extraction of investigation object vehicle in case of used vehicles, screening of the investigation vehicles is believed to become more important from now on.

1 はじめに

東京都では、従来から、自動車排出ガスの排出実態を把握し、規制値に対する適応状況の確認に努めるとともに、排出係数の設定に資することを目的に、使用過程車

の排出ガス測定調査を行ってきた。自動車排出ガスの規制は、燃料種類、燃焼室型式及び車両総重量（以下、「GVW」という。）等により車種が区分され、排出ガス規制はそれぞれの車種毎に規制値が設定され、段階的

表1 平成元年規制ディーゼル車諸元一覧表

[貨物車]

型式	年式	走行距離 (km)	積載量 (kg)	GVW (kg)	車体形状	エンジン 型式	総排気量 (cc)	最大出力 (ps)	最大トルク (kgm)	車両重量 (kg)
U-SH40改	90	57,212	2,000	4,545	バン	FD35	3,460	105	25	2,380
U-WGL4T 改	90	44,550	2,000	4,635	バン	SL	3,455	105	25	2,470
U-SH40改	91	53,520	2,000	4,775	バン	FD35	3,460	105	25	2,610
U-NPR58LR	91	2,894	1,750	4,810	バン	4BE1(A/T)	3,636	120	27	2,950
U-SG2S41改	93	4,100	2,000	4,810	バン	FD42	4,210	125	31	2,700
U-FE435EV	91	14,568	2,000	4,885	キャブカー	4D32	3,567	110	26	2,720
U-NPR59LR	90	14,719	3,000	6,655	バン	4BD1(TC. IC)	3,856	140	34	3,490
U-FD3WLAA	92	2,954	3,250	7,835	バン	W06E	6,014	165	42	4,420
U-FK335H改	91	16,910	3,750	7,895	バン	6D14	6,557	160	42	3,980
U-FK417K改	92	16,762	3,500	7,905	バン	6D16	7,540	185	50	4,240
U-MK210FN	93	20,900	3,000	7,980	バン	FE6	6,925	195	51	4,870
U-CM88HE	91	23,522	2,750	7,980	キャブカー	FE6(TC)	6,925	205	60	5,120
U-FD2HKAJ	93	18,840	2,500	7,990	バン	H07C	6,720	215	65	5,380
U-FM517FG	92	12,000	7,000	11,585	コンテナ専用	6D16	7,545	185	50	4,420
U-FF3HGAA	90	125,570	7,000	11,700	コンテナ専用	H07D	7,412	195	51	4,590
U-CP88BK	92	137	7,000	11,775	コンテナ専用	FE6(TC)	6,925	205	60	4,610
U-CP88H	90	47,833	7,250	13,205	バン	FE6(TC)	6,925	205	60	5,790
U-PP418L	90	11,427	7,500	14,885	バン	6D22	11,149	280	105	7,220
U-FT418V改	91	273,134	10,500	19,790	バン	6D22(TC. IC)	11,149	280	105	9,180
U-CV450YN	92	228,522	10,500	19,830	バン	PF6	12,503	290	122	9,220
U-FT418V改	92	143,969	10,500	19,860	バン	6D22(TC. IC)	11,149	280	105	9,250
U-CD320VN	91	61,955	9,500	19,885	バン	NF6(TC. IC)	9,160	320	122	10,220
U-FV415JD	92	81,823	10,000	19,900	ダンプ	8DC9	16,031	300	105	9,790
U-FR2FWBA	92	2,954	9,000	19,910	バン	F17E	17,238	340	120	10,800
U-CV450YN	91	400	10,750	19,930	バン	PF6(TC. IC)	12,503	320	132	9,070
U-FS416U改	90	42,373	9,000	19,950	バン	8DC10	16,752	335	120	10,840
U-FS2KKAD	91	37,304	10,100	19,980	バン	K13D	13,267	270	97	9,770

[乗合]

型式	年式	走行距離 (km)	乗車定員 (人)	GVW (kg)	車体形状	エンジン 型式	総排気量 (cc)	最大出力 (ps)	最大トルク (kgm)	車両重量 (kg)
U-HT2MLAA	91	183,341	75	13,575	リヤエンジン	M10U	9,880	230	70	9,450
U-UA440LSN	91	40,433	80	14,070	リヤエンジン	PF6	12,500	235	85	9,670
U-MS729S	90	283,665	62	15,360	リヤエンジン	8DC11	17,737	355	125	11,950
U-LV771R	91	38,829	55	15,875	リヤエンジン	10PD1	16,683	335	122	12,850
U-LV771R	91	97,781	55	15,975	リヤエンジン	10PD1	16,683	355	122	12,950

に強化されてきている。上記の調査でも、それぞれの車種について規制年次毎に排出ガス測定を行っている。

特に、GVW 3.5トンを超える車両については、平成2年度に、東京都環境科学研究所に大型自動車排出ガス実験システム<sup>1)</sup>を増設し、車両ベースの排出ガス測定が初めて可能になった。

ここでは、このシステムを使用して平成3年度～6年度に行った、平成元年規制適合の使用過程車（GVW3.5トン超から20トン未満の直接噴射式ディーゼルエンジン搭載の大型自動車）32台の調査結果をもとに、平成元年規制適合大型ディーゼル車の排出ガス排出実態に関する総括的な検討を行ったので報告する。

## 2 調 査

東京都環境科学研究所の大型自動車排出ガス測定システムを用いた。このシステムは、GVW20トンまでの実験が可能なシャードイナモメータ（以下、「C/D」という。）、直径609.6mmの希釈トンネル、臨界流量ベンチュリ方式のCVS等で構成されている。システムの詳細は既報<sup>2)</sup>を参照されたい。

### (1) 対象車両

#### ア 対象車両の選定

本調査の対象となる車両の選定基準は、以下のとおりである。

① GVW 3.5トンから20トン以下の平成元年規制適合エンジンを搭載した車両を網羅的に選択すること。

② 実際に使用過程にある車両の中から、無作意に抽出したものであること。

上記の条件を満たす車両について、一定期間借り上げることにより調査を実施した。

#### イ 諸元

測定した車両32台の主要諸元を表1に示す。内訳は、貨物車が27台、乗合が5台であり、GVWの大きさにより貨物車をT1からT4、大型バスをB1と区分し表2に示す。

T2のターボチャージャーによる過給装置付き（以下、「TC」という。）車両1台と、T3の2台のTC車両は同一エンジン型式であった。T4については9台中4台がターボチャージャー及びインタークーラによる給気冷却装置付き（以下、「TC・IC」という。）であり、そのうち2台が同一型式エンジンであった。

表2 GVW区分と測定台数

車種	GVW区分 (トン)		台数	備 考
貨物車	T1	4.5～4.9	6	A/T1台
	T2	6.6～8.0	7	TC, TC・IC各1台
	T3	11.5～14.9	5	TC 2台
	T4	20	9	TC・IC 4台
バス	B1	13.5～16.0	5	観光3台、路線2台
計			32	

注) 1 A/T: 自動変速機付

2 TC: ターボチャージャー付

3 TC・IC: ターボチャージャー・インタークーラ付

### (2) 実験条件

#### ア C/Dでの運転条件

一般道路を走行する場合には、当該車両の車体形状、タイヤ空気圧等に左右される走行抵抗（転がり抵抗、空気抵抗）が加えられる。C/Dでの運転の際に、当該車両に適した走行抵抗を設定（負荷設定）するため、各試験車両毎にテストコース<sup>3)</sup>において惰行法による走行テストを行い、実測の走行抵抗をC/Dに設定している。

また、実走行パターン<sup>4)</sup>の運転に際しては、最大出力時の回転数の概ね70%の回転数で変速するように規格化している。これは、変速位置の違いが車両からの排出ガス排出量に直接の影響を与えるため、規格化することによって測定の再現精度を向上させるためである。この方式により排出ガス測定の再現性は5%以内に納まっている。

実走行パターンにおける積載条件は、従来通り1/2積載を標準としている。

#### イ 排出ガスの測定条件

排出ガスは、希釈トンネルを通じてCVSに導かれた希釈排ガスの一部をバッグサンプリングし、その分析結果を排出量算出に用いている。また、粒子状物質（以下、「PM」という。）のサンプリングは全量希釈トンネルからローボリュームサンプラー法により行っている。

#### (ア) 測定モード等

##### ① ディーゼル6モード

（以下、「D6モード」という。）

##### ② ディーゼル13モード

(以下、「D13モード」という。)<sup>3)</sup>

③ 東京都実走行パターン (No.1~No.12)

(イ) 測定項目

① 排出ガス等

NOx、PM等

② 燃料消費量

③ エンジン回転数、駆動力等

3 結果及び考察

(1) 実走行パターンによる排出実態

個体差の影響を除くため、実走行パターンNo.1からNo.10について、各区分毎に測定結果を平均し、以下の検討を行った。

ア GVW区分別排出量の比較

平均車速と単位走行距離当たりの排出量 (g/km) 等との関係を図1に示す。NOx、PMは平均車速が大き

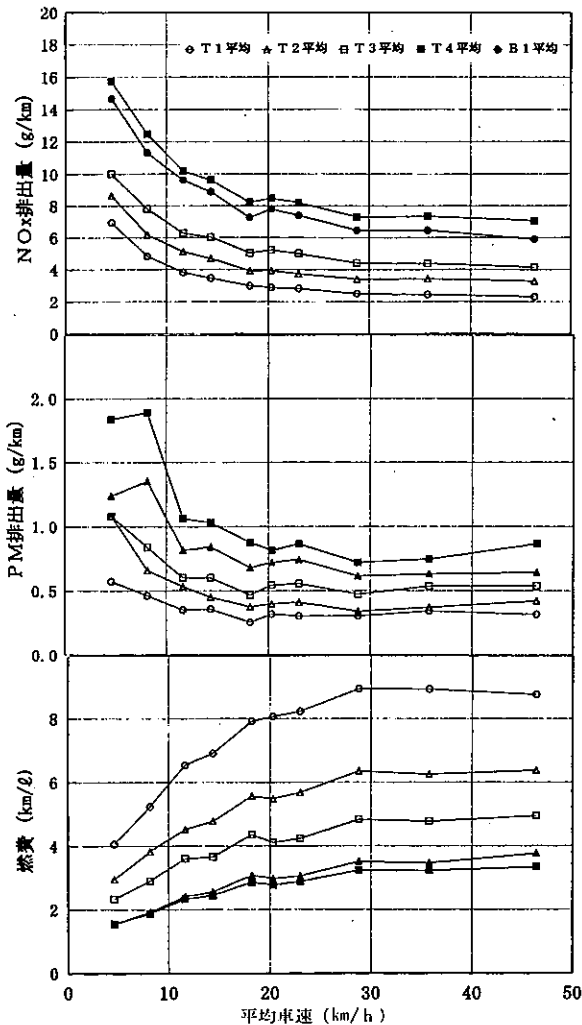


図1 GVW区分別の排出量等

くなるにしたがい減少し、単位燃料使用量当たりの走行距離 (以下、「燃費」という。) (km/ℓ) は逆に増加している。GVWが大きくなるにしたがいNOx、PM排出量は大きくなる傾向にあるが、PMではB1とT4が逆転している。また、燃費はNOxと逆の傾向にある。

上記の傾向は車両1台当たりの状況であるが、仕事量との関係を明らかにするため、排出量を等価慣性重量で除して仕事量当たりの単位 (g/トン・km) に換算し、更にNo.1からNo.10の実走行パターン排出量を平均して単純化した結果を図2に示す。NOxの場合、T1、T2が大きく、T3、T4及びB1はほぼ同等に低くなっている。PMはNOxと同様の傾向にあるがB1が大きくなっている。これは、B1区分のうちの路線バス1台のPM排出量が特異的に大きいためである。

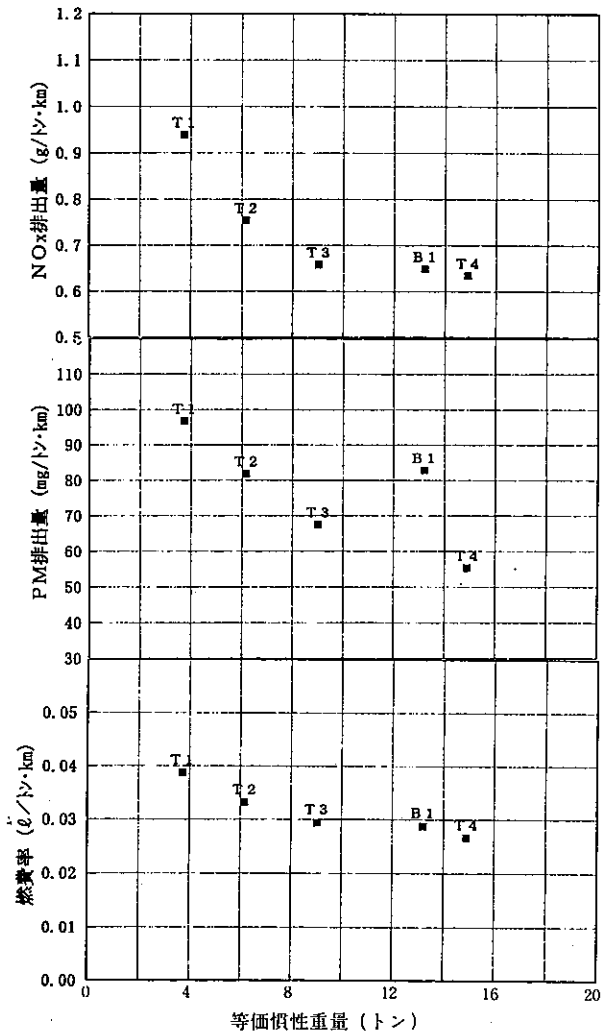


図2 仕事量当たりの排出量等

また、仕事量当たりの燃料消費量 (以下、「燃費率」という。) (ℓ/トン・km) はNOxと同様の傾向であ

るが、区分による差は小さくなっている。

図2からみて、GVWの大きい車両の方がエンジンの余裕駆動力が大きく、そのため仕事量当たりのNOx、PM排出量及び燃費率がGVWの大きいほど少なくなっているものと考えられる。

イ 給気方式の排出ガスに対する影響

各区分のうち、T3ではTC付きの車両が2台、T4ではTC・IC付きの車両が4台を占める。これらの車両と自然給気方式（以下、「NA」という。）の車両について比較し、排出ガス等に対する影響をみた。

(ア) T3の場合（図3）

NOxでは、TCが低速側を中心に実走行パターンNo.1からNo.10の平均で約7%低くなっている。PMでは、全体的にTCが約17%低くなっている。燃費では、TCとNAの差はほとんどみられなかった。TC車両は同一エンジン型式であるため、一般的な判断はできない

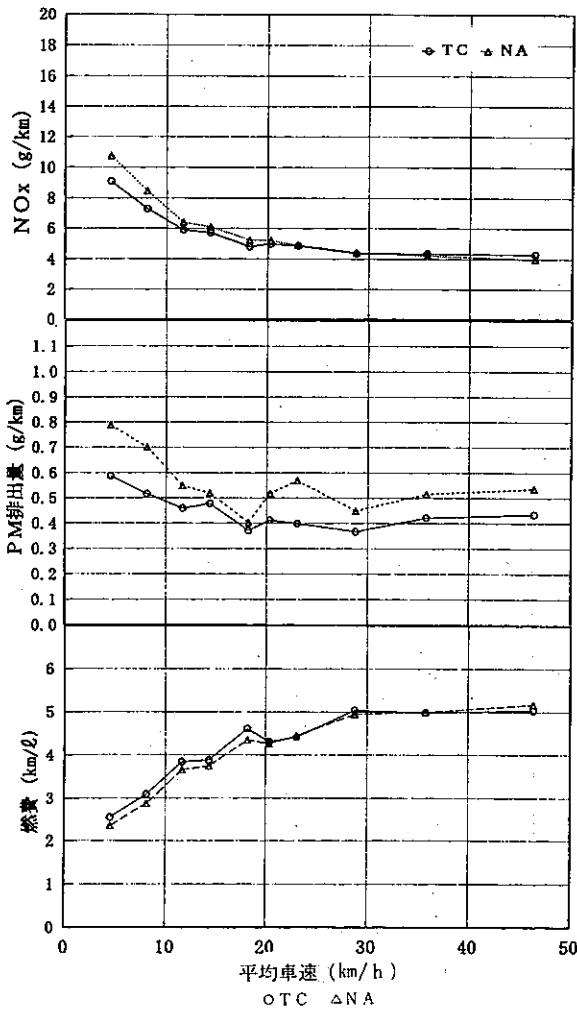


図3 給気方式による排出量等の変化（T3）

が、ターボ過給による改善効果が加わっているものと考えられる。

(イ) T4の場合（図4）

NOxでは、TC・ICが全体的に約10%低くなっている。PMでは、低速側でTC・ICが高く、全体では約9%高くなっている。燃費では、高速になるにしたがいTC・ICの燃費が向上しており、全体的に約4%良くなっている。

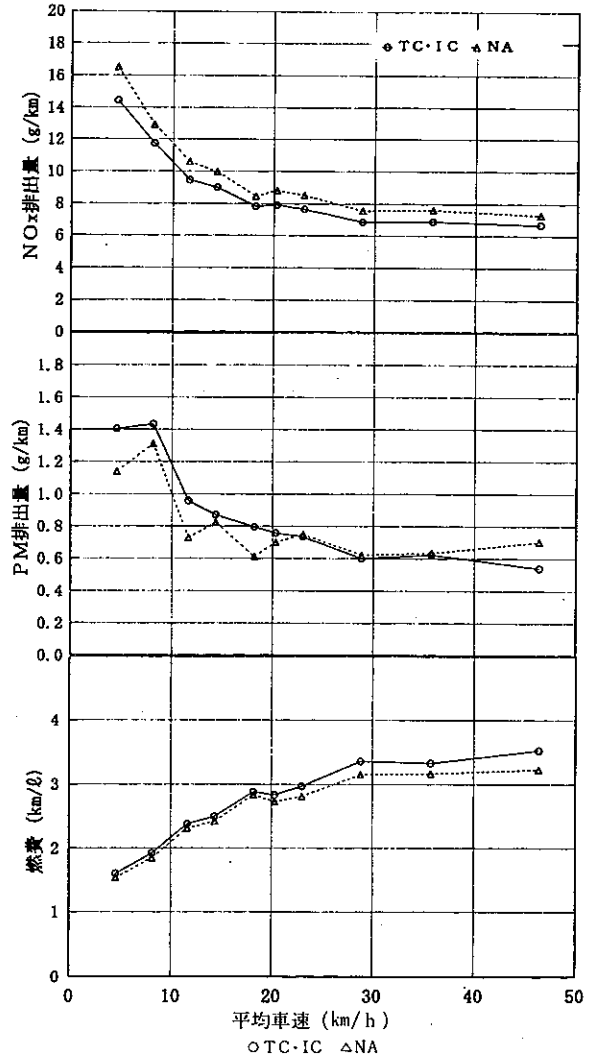


図4 給気方式による排出量等の変化（T4）

TC及びTC・IC装着の効果は、NOx等で低減効果がある程度みられるが、T4のPMでは逆に増加している。平均车速の低い走行では、発進・加速時等の過渡運転に対するターボ過給の応答遅れが問題とされており、インタークーラによる給気冷却の効果が現れにくいことも原因の一つと考えられる。

ウ 燃料使用量とNOx排出量

単位燃料当たりのNOx排出率（g/l）をみると、

特異なデータを出した1台を除く31台の実走行パターン  
310個のデータの全平均は22.9g/l、標準偏差は4.0  
g/lであり分散も比較的小さかった。また、等価慣性  
重量による差も小さく(図5参照)、給気方式、平均車  
速による差も小さかった。

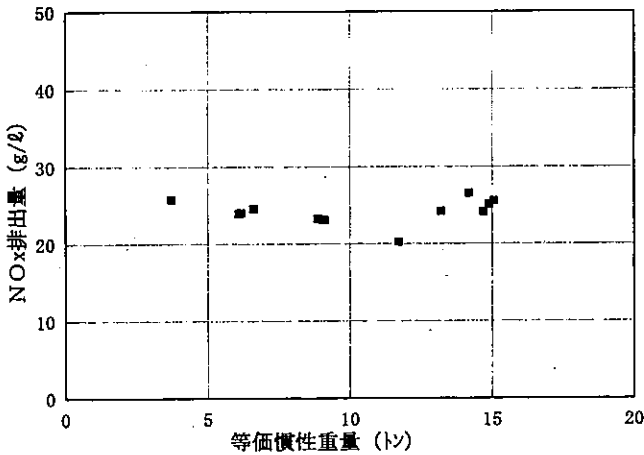


図5 単位燃料当りのNOx排出量

これは、NOxの排出量は燃料である軽油の使用量に  
ほぼ依存することを意味する。この関係は、事業所当た  
りの自動車排出NOx総量を簡易的に算出するような場  
合に利用できる可能性があるため、今後、平成6年規制  
適合車等について引き続き検討する必要がある。

(2) 規制値との対応

GVWが3.5トンを超える直接噴射式ディーゼルエン  
ジンの自動車排出ガス規制値及び目標値一覧を表3に示  
す。

ア 平成元年規制値等との比較

平成元年規制値(平均値400ppm、許容限度520ppm)に  
対し、全車両のD6モード平均値は388ppm(最大値475ppm、  
最小値332ppm)であり、概ね規制値に適合していた。

また、各車両の自動車型式指定規則<sup>4)</sup>に定める諸元表  
に掲載されたNOx値(以下、「諸元値<sup>5)</sup>」という。)の  
平均は平均375ppm(標準偏差5.3)で、メーカーにか  
かわらずほぼ同等の値であった。これは、エンジンベース  
の試験値であるが、本調査の車両ベースの測定結果はこ  
の諸元値の平均に比べて約3.5%高い。この原因として、  
元々のエンジンの個体差に加えて、車両の用途による変  
速比設定の違い、使用過程におけるエンジン条件の変化、  
タイヤ摩耗、自動車の動力伝達効率の変化等が考えられ  
る。

58年規制適合車の調査結果<sup>6)</sup>ではD6モード平均値は  
436ppmであり、本調査の結果はこれより約11%低減し  
ている。これは規制値の低減率15%(470ppm→400ppm)  
より低い結果であった。

イ 法定モードの新旧比較

D6モードとD13モードによるNOxの測定値の相関  
関係(図6参照)は次式で表わされた。

$$NOx(D13) = 0.0226 \cdot NOx(D6) - 2.063 \dots \text{①}$$

相関係数=0.94

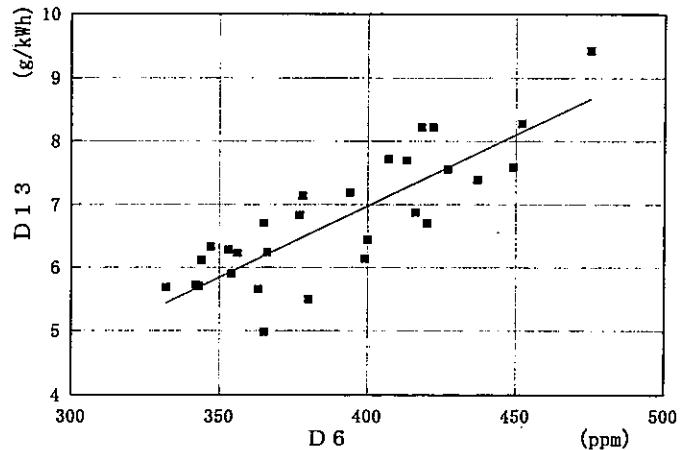


図6 D6モードとD13モードの相関(NOx)

表3 GVW3, 5トン超の直噴式ディーゼルエンジンに適用される自動車排出ガス規制と目標値

車種	排出ガスの種類	平成元年規制			平成6年規制			長期目標		測定法	単位
		許容限度値	平均値	施行年	許容限度値	平均値	施行年	平均値	施行年		
ディーゼル トラック・バス (GVW3.5トン超)	NOx	520	400	元年	-	-	-	-	-	D6	ppm
		-	-	-	7.80	6.00	6年	4.50	(未定)	D13	g/kWh
	PM	-	-	-	0.96	0.70	6年	0.25	(未定)	D13	g/kWh

この関係から、D6モードとD13モードについては、エンジン使用領域が異なっているもののエンジンベースの試験方法としては継続性が認められると言える。

①式によれば、元年規制値（平均値400ppm）は、D13モードで7.0g/kWhに相当し、平成6年規制値（平均値）の6.0g/kWhは14%、長期目標値（平均値）の4.5g/kWhは36%の強化ということになる。この削減比率は環境庁基準改定資料<sup>7)</sup>の数値とほぼ一致している。

(3) NOxとPMのトレードオフ関係

D13モードによるNOxとPMの測定結果を図7に示す。NOxとPMは、いわゆるトレードオフの関係にあるとされており、測定車両においてもその傾向がみえる。NOxの平均値は6.7g/kWh、PMの平均値は0.65g/kWhであり、長期目標値達成に向けて、平均的にはNOx33%、PM62%程度の低減が必要であるが、車両

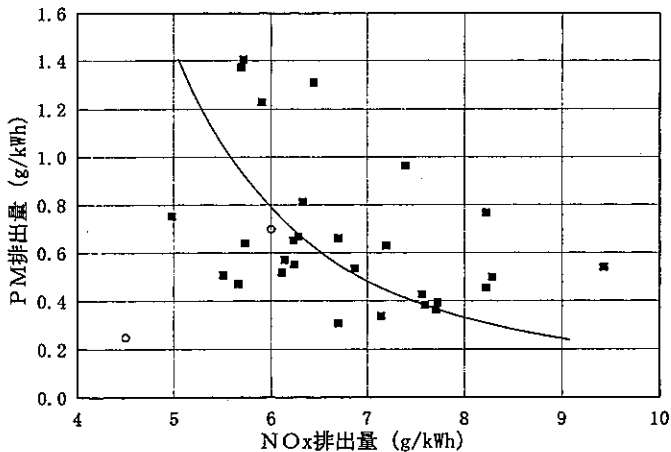


図7 NOxとPMの相関 (D13モード)

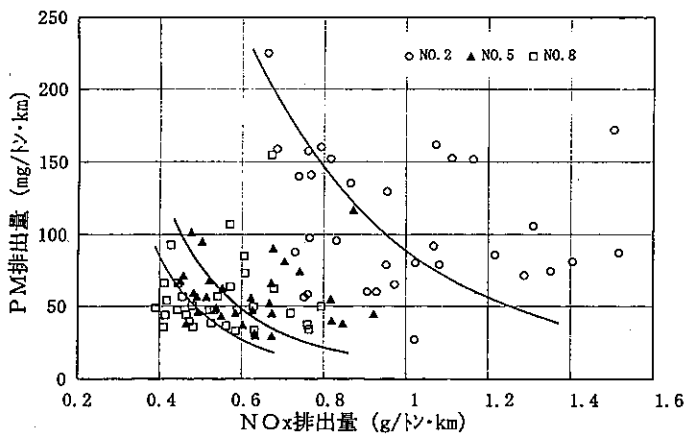


図8 NOxとPMの相関  
(実走行パターン No. 2, 5, 8)

によってはどちらか一方の大幅な低減が必要となる。なお、実走行パターンNo. 2、5、8の仕事量当たりの単位 (g/ton・km) におけるNOxとPMの関係も同様にトレードオフの関係がみられる (図8参照)。

長期目標値の達成のためには、EGR、酸化触媒等の低減レベルの大きい技術の導入と同時に、NOxとPMのトレードオフが解消できる対策として、インタークーラによる給気冷却、高圧燃料噴射による燃料粒子の微細化等の技術が並行して導入されなければならない。

4 まとめ

平成元年規制適合の大型ディーゼル車の排出ガス排出実態について、次のようなことが明らかになった。

① GVWが大きくなるにしたがい、車両1台当たりのNOx、PMの排出量は多くなる傾向にあるが、仕事量当たりに換算すると逆に少なくなる傾向にある。これは、GVWの大きい車両の方がエンジンの余裕駆動力が大きいためと考えられる。

② ターボ過給によるNOx、PM、燃費の低減効果が一部みられたが、ターボ過給及びインタークーラによる給気冷却の効果は小さく、都市内走行に対するインタークーラ、過給エンジンの改善が必要である。

③ NOxの排出量は燃料使用量にほぼ依存することが明らかになった。この関係は、事業所当たりの自動車排出NOx総量を簡易的に算出するような場合に利用できる可能性がある。

④ 全車両のD6モード平均値は388ppmであり、平成元年規制値平均値を下回っていた。また、昭和58年規制適合車両に比較して約11%低減していた。

⑤ 法定モードのD6モードとD13モードによるNOxの測定値の相関関係は次式で表わされた。

$$NOx(D13) = 0.0226 \cdot NOx(D6) - 2.063$$

⑥ NOxとPMの排出にはトレードオフ関係があることが、D13モード、実走行パターンにおいて認められた。長期目標値の達成のためには、このトレードオフが解消できる技術の導入が必要である。

平成2年度、東京都環境科学研究所に大型自動車排出ガス実験システムを増設し、大型車による車両ベースの排出ガス測定が初めて可能になった。特に、GVW12トンを超えるクラス的大型車両について、希釈トンネル・

CVS方式のシステムによって排出ガス測定が行われた例は、我が国にはない。その意味で、本調査の結果は、使用過程にある大型車の排出ガス排出実態を把握するうえで非常に重要である。

また、使用過程車対象の調査では、実際に使われている多数の車両から数台の試験対象車を、網羅的かつ無作為に抽出する方法がデータの代表性を高めるうえで重要である。今回の調査対象車両については、選定基準を設けて条件に合致する車両を抽出することを前提にしたが、エンジン型式が重複する等、GVW3.5～20トンの範囲を網羅的にカバーしたとは言えない面もあった。今後は、対策技術の高度化・多様化が進展することが予想されることから、調査対象車両のスクリーニングが一層重要となる。

#### 参考文献

- 1) 横田久司ら：大型自動車排出ガス実験システムについて、東京都環境科学研究所年報1991-2 (1991)。
- 2) 横田久司ら：大型自動車排出ガス実験システムに係る基礎的検討（その2）、東京都環境科学研究所年報1992(1992) .p39～45.
- 3) 自環第331号、運輸省自動車交通局長：「道路運送車両の保安基準に係る技術基準の制定について」の一部改正について（別添21：ディーゼル自動車13モード排出ガス測定の技術基準）、平成5年11月24日。
- 4) 運輸省令第85号：自動車型式指定規則。
- 5) 運輸省自動車交通局技術安全部：窒素酸化物諸元値一覧、平成5年9月。
- 6) 財団法人日本自動車研究所：排出ガス削減対策手法の検討調査（東京都環境保全局委託）、昭和61年度から平成2年度。
- 7) 環境庁大気保全局：「自動車排出ガス低減対策のあり方について」（答申）について、平成元年12月22日(1989)。