

大型ディーゼル車の平成6年排出ガス規制による NO_x等の低減効果 (速報)

小谷野 眞 司 横 田 久 司 飯 田 靖 雄
石 井 康 一 郎 坂 西 丕 昌

要 旨

平成6年規制適合エンジンを搭載した車両総重量5tを超える大型ディーゼル車9台の排出ガスの測定を行った。この測定結果を、以前測定した平成元年規制適合車と比較した。その結果は、次のとおりである。

- ①NO_xの排出量は、法定モード(D13モード)で9.1%の低減、東京都実走行パターンで1.7~4.4%の低減であり、排出ガス規制による効果が期待されているほど得られていない。
- ②粒子状物質については、測定した車両間のばらつきが大きいものの、元年規制車に比べ、東京都実走行パターンで21~42%低減していた。

この6年規制適合大型ディーゼル車の調査は、現段階では、測定車両数も少なく、調査を継続中であるが、次期規制を間近に控えていることを考慮し、速報として報告する。

キーワード：平成6年排出ガス規制、大型ディーゼル車、窒素酸化物、粒子状物質

Study of NO_x Reduction Effect Based on the 1994 Exhaust Emission Regulation for Heavy Duty Diesel Vehicles

Shinji Koyano, Hisashi Yokota, Yasuo Iida
Koichiro Ishi and Motomasa Sakanishi

Summary

Exhaust emission of 9 heavy duty diesel vehicles with over 5 tons(GVW) conforming to the 1994 exhaust emission regulation, were investigated using a chassis dynamometer. Comparative studies on NO_x and PM discharge levels from these vehicles with the levels from the vehicles conforming to the 1989 regulation are as follows.

- ① NO_x discharge level is 9.1% lesser under D13 driving mode, and 1.7~ 4.4% lesser under typical travelling patterns in Tokyo. These results are less than the expected effects of the strengthened regulations.
- ② PM discharge level is 21 ~40% lesser under typical travelling patterns.

As the next amendment of regulation is planned in the near future, we have been continuing to accumulate the emission data of sufficient number of heavy duty diesel vehicles.

Keywords : the 1994 exhaust emission regulation, heavy duty diesel vehicle, NO_x, PM

1 はじめに

平成元年12月、窒素酸化物の大幅低減と粒子状物質対策の抜本的な見直しを2段階の目標値を通じて行うことが、中央公害対策審議会から環境庁へ答申¹⁾された。平成6年排出ガス規制は、答申を受けて、この2段階の最初の目標とする短期規制として実施されたものである。

表1に、車両総重量が2.5tを超えるディーゼルバス・トラックの元年規制値から長期規制値までの変遷を示す。

6年規制では、元年規制に対して窒素酸化物17%の低減を目標とし、また、これまでの黒煙規制だけでなく、粒子状物質が初めて規制に採り入れられた。さらに、6年規制からは、測定モードがディーゼル6モード(D6モード)からディーゼル13モード(D13モード)へと見直しが行われ、次の変更がされた。

- ①都市内での渋滞の悪化に伴うアイドル、低速走行を重視
- ②濃度での規制から、排出総量を重視した重量による規制

ここでは、この平成6年排出ガス規制による効果を把握するため、平成7～8年度に排出ガス測定をした平成6年規制に適合した大型ディーゼル車(以下「6年規制車」と言う。)の内、車両総重量が5tを超える9台の車両について、平成3年度から6年度に測定した元年規制適合車(以下「元年規制車」と言う。)26台²⁾と比較した結果について報告する。なお、車両総重量が5t以下の車両については、現段階までに測定した6年規制車が少ないため、除外している。

2 調査等

(1) 調査

6年規制車の測定は、当研究所の大型自動車排出ガス測定システム³⁾を用いて行った。また、車両選定方法及び実験条件については、比較対照としている元年規制車

表2 測定車両の概要

諸元等	6年規制車	元年規制車
測定台数	9台	26台
エンジン型式	9種	21種
車両総重量(kg) (平均)	5,495~24,970 (14,846)	6,655~19,980 (14,280)
等価慣性重量(kg) (平均)	4,065~18,170 (11,386)	5,100~15,450 (11,084)
エンジン排気量(l) (平均)	4.3~19.0 (10.4)	3.9~17.7 (10.7)

と同様²⁾に行った。

(2) 測定車両

測定した6年規制車及び元年規制車の諸元等の概要を表2に示す。また、測定した9台の車両に搭載されているエンジン及び比較対照として元年規制の同型式エンジン(1型式については、6年規制で新たに開発された型式のため、比較対照エンジンとして同等クラスの車両に搭載されているエンジン)の諸元⁴⁾の概要を表3に示す。これらは、全て直噴式エンジンである。

表3から、6年規制車の改良点には、次の特徴が見られる。

- ①最大出力及び最大トルクの向上
- ②圧縮比の増大
- ③噴射時期の遅延
- ④噴射ノズルの噴口数の増加及び噴口径の小径化
- ⑤噴射圧力の増大

これより、NOx対策としては③の対策が、NOxには相反するが、PM対策としては②、④、⑤の対策が施されていることが分かる。また、①については、実走行において、余裕駆動力を持たせるNOx、PMの双方の対策といえる。

(3) 比較項目

測定した汚染物質等の中からNOx、PMについて、法定モード(D6モード、D13モード)及び東京都実走行パターン(No2、No5、No8、No10)による測定結果を比

表1 車両総重量2.5t超えのディーゼル貨物車等の排出ガス規制

車種	排出ガスの種類	平成元年規制		平成6年規制		長期規制(注)	
		許容限度値	平均値	許容限度値	平均値	許容限度値	平均値
ディーゼル トラック・バス (車両総重量2.5t超え)	NOx	520ppm	400ppm	7.8g/kWh	6.0g/kWh	5.8g/kWh	4.5g/kWh
	PM	—	—	0.96g/kWh	0.70g/kWh	0.49g/kWh	0.25g/kWh
	黒煙(D3モード)	50%	—	40%	—	25%	—

(注) 車両総重量3.5t以下は平成9年施行、3.5t超え12t以下は平成10年施行、12t超えは平成11年施行

表3 測定した車両等のエンジン諸元

測定エンジン 元年エンジン	気筒数	最大出力 (ps/rpm)	最大トルク (kgf・m/rpm)	燃料消費率 (全負荷) g/psh(rpm)	圧縮比	弁開閉時期				噴射 時期 BTDC*	噴射ノズル 噴口数*径mm	噴射圧力 kgf/cm ²
						吸気		排気				
						BTDC*	ABDC*	BBDC*	ATDC*			
A	4	130/3200	31.0/1700	158(1200)	19.0	18	50	51	17	7	5*0.28	185
同型式	同上	135/3200	32.0/1700	155(1400)	18.5	18	50	51	17	11	4*0.31	同上
B	6	215/2900	57.0/1700	151(1300)	19.2	12	44	55	13	9	6*0.21	220
同型式	同上	210/2900	56.0/1700	同上	同上	12	40	55	13	11	6*0.26	200
C	6	330/2100	142.0/1200	143(1200)	16.5	20	42	60	10	9	6*0.31	230
同型式	同上	320/2100	132.0/1200	同上	同上	16	20	52	12	8	5*0.35+1*0.25	200
D	6	230/2500	70.0/1500	157(1000)	18.2	11	49	51	13	7	3*0.25+2*0.26	220
同型式	同上	同上	同上	同上	同上	11	33	51	13	10	3*0.30+2*0.31	同上
E	6	360/2200	145.0/1200	139(1400)	17.5	18	50	50	18	6	5*0.30	180
同型式	同上	350/2200	142.0/1300	139(1600)	15.5	18	50	50	18	17	7*0.30	同上
F	6	170/2900	47.0/1700	155(1200)	19.0	19	41	62	18	7	5*0.25	160
同型式	同上	185/2800	50.0/1700	158(1100)	18.0	21	39	62	18	11	5*0.31	同上
G	6	220/2900	58.0/1700	152(1200)	19.0	19	41	54	18	7	5*0.25	160
同型式	同上	210/2900	55.0/1700	155(1200)	18.0	19	41	62	18	10	5*0.27	同上
H	6	360/2000	147.0/1200	145(1400)	16.5	21	27	52	17	0	5*0.28	185
同型式	同上	350/2000	145.0/1200	同上	同上	21	27	52	17	11	4*0.31	同上
I	10	380/2300	130.0/1400	161(1000)	18.0	20	34	51	15	4	7*0.21	225
同クラス搭載	同上	340/2300	120.0/1400	159(1000)	17.5	20	34	51	15	8	3*0.32+2*0.34	160~225

上段：測定した6年規制車に搭載されているエンジン 下段：同等元年規制エンジン

較した。なお、D13モードは、「ディーゼル自動車13モード排出ガス測定の技術基準」⁹⁾に準じて、シャーシダイナモメータ上で測定した。

3 結果及び考察

(1) NOxについて

ア 法定モードによる比較

法定モードによる測定結果を表4に示す。測定した6年規制車は、全車両とも、排出ガス規制の許容限度値を下回っていた。

6年規制から、排出ガス測定モードが変更されているが、規制の効果を見るため、新旧両方の測定モードの結果を比較した。測定車両の平均値を比較すると、旧測定法(D6モード)では約8.4%の低減であり、新測定法(D13モード)においては約9.1%の低減であった。いずれの測定法においても低減率は、規制の目標値17%を下回っていた。

イ 東京都実走行パターンによる比較

東京都実走行パターンによる比較結果を表5に示す。

表4 法定モードによるNOx排出量

測定モード	元年規制車	6年規制車	低減率
13モード			
平均値	6.79(n=26)	6.17(n=8)	9.1%
標準偏差	0.84	0.20	
6モード			
平均値	391(n=26)	358(n=8)	8.4%
標準偏差	32	34	

6年規制車の各走行パターンにおける元年規制車に対する低減率は、5%未満であり、法定モードによる低減率と同等の効果は、実走行パターンでは得られなかった。

法定モードと実走行パターンでの低減率の乖離の原因について、以下の検討を行った。

D13モードは、都市部において実車を走行させて、そこで出現したエンジン回転数と負荷を区分し、その出現頻度の重み付けを行い作成したとされている。ここで、測定した車両のD13モードの各モードにおける排出量の比較を表6及び図1に示す。

アイドリング及び低回転、低負荷状態における排出量は、各車両間のばらつきが大きく、各車両ごとの低減対策の効果に差を生じているものの、6年規制車と元年規制車の平均値を比較すると6年規制車の排出量が多い。なお、それ以外のモードでは、全て低減している。

東京都実走行パターンは、高速道路走行パターンを除き、平均車速区分ごとに10種が設けられ、平均車速4.5km/hの低速パターンから46km/hの高速パターンでは、アイドリング比率も約60~11%と大きく異なり、加減速

表5 東京都実走行パターンによるNOx排出量(g/t・km)

走行パターン	元年規制車		6年規制車		低減率(%)	
	平均車速	平均値	標準偏差	平均値		標準偏差
NO.2	8.12km/h	0.92(n=26)	0.16	0.88(n=9)	0.07	4.4
NO.5	18.18	0.59(n=26)	0.09	0.58(n=9)	0.05	1.7
NO.8	28.79	0.52(n=26)	0.08	0.50(n=9)	0.05	3.9
NO.10	46.39	0.49(n=26)	0.08	0.48(n=9)	0.05	2.0

表6 D13モードのモード別NOx排出量

単位：g/kWh、ただしIDはg/h

モードNO.	モードNO.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	運転条件	回転数 負荷	ID	40%	40%	ID	60%	60%	80%	60%	80%	60%	60%	80%	60%
	運転時間 (%)		20.5%	3.7%	2.7%	20.5%	2.9%	6.4%	4.1%	3.2%	7.7%	5.5%	4.9%	3.7%	14.2%
6年規制車	平均値		5.51	8.90	7.65	5.71	6.64	5.33	5.45	5.15	5.52	5.37	5.69	5.22	12.70
	標準偏差		0.70	1.62	2.47	0.68	0.69	0.34	0.32	0.38	0.47	0.51	0.73	0.69	2.55
元年規制車	平均値		5.26	8.48	7.36	5.19	6.94	5.87	6.21	6.04	6.42	6.46	6.01	5.71	14.50
	標準偏差		1.83	1.80	1.10	1.78	0.93	0.78	0.77	0.80	0.97	0.83	0.87	0.85	3.12

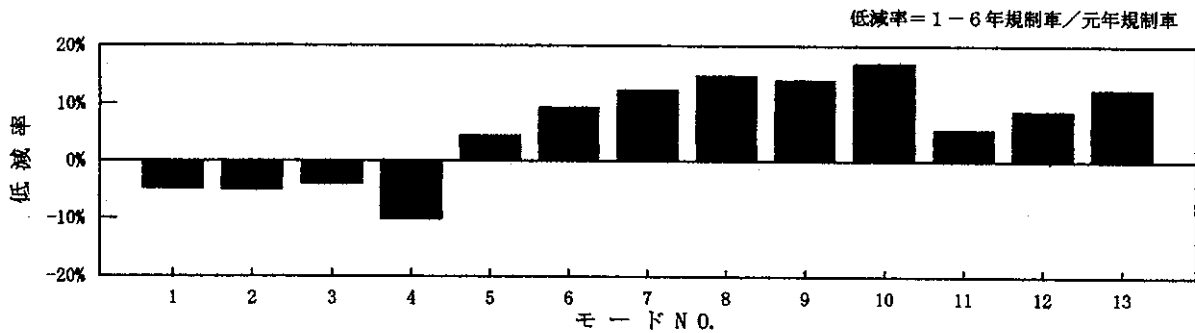


図1 D13モードのモード別NOx低減率

の発生割合も約18~30%と異なる。東京都実走行パターンのいずれにおいても法定モードの低減率に比べて低い理由として、次のことが推測される。

- ①アイドリング及び低回転、低負荷の領域での排出ガス対策が不十分である。
- ②上記①を含め、D13モードの各モード点以外に低減対策が不十分な領域が存在し、実走行状態では、その領域が無視できない。
- ③回転数、負荷が過渡的に変動する実走行パターンでは、定常モードでの排出ガス対策の効果が表れにくい。

(2) PMについて

ア 法定モードによる比較

法定モードによる比較結果を表7に示す。測定した6年規制車の中の1台は、排出ガス規制の許容限度値を超えていた。PMについては、測定した車両間のばらつきが大きいものの、この1台を除いて、測定した車両の平均値を比較すると低減率は、13.5%である。

イ 実走行モードによる比較

東京都実走行パターンによる比較結果を表8に示す。法定モードと同様に測定した車両間のばらつきは大きいものの、平均値での低減率は21~42%であり、法定モー

表7 法定モード (D13) によるPM排出量

	元年規制車	6年規制車	低減率
平均値	0.61 (n=24)	0.59 (n=9)	-3.3%
最大値	1.37	1.09	
最小値	0.31	0.26	
標準偏差	0.18	0.22	

表8 東京都実走行パターンによるPM排出量 (mg/t・km)

走行パターン	元年規制車		6年規制車		低減率 (%)	
	平均車速	平均値	標準偏差	平均値		標準偏差
NO. 2	8.12km/h	105 (n=26)	38	75 (n=9)	20	29
NO. 5	18.18	53 (n=26)	16	42 (n=8)	10	21
NO. 8	28.79	50 (n=26)	11	35 (n=8)	10	28
NO. 10	46.39	57 (n=25)	16	33 (n=8)	12	42

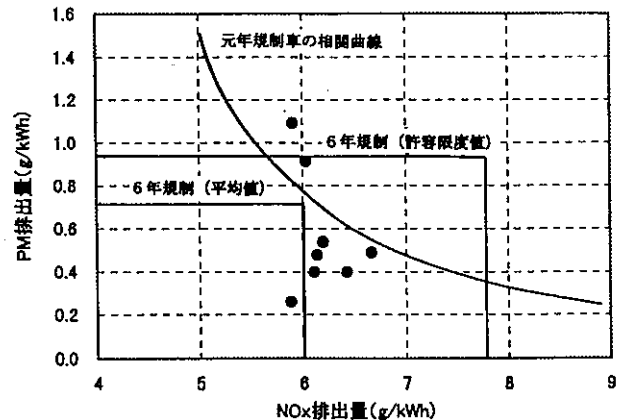


図2 NOxとPMの相関 (D13モード)

ド以上の低減効果が得られた。

(3) NO_xとPMの相関

NO_xとPMは、その発生メカニズムから排出特性が相反する傾向を示す。6年規制を達成するためには、元年規制のNO_x、PMの排出量のトレードオフ特性を改善し、双方の排出量を低減するための新たな対策が必要とされる。図2に、6年規制車のD13モードにおけるNO_x、PMの排出量の関係を示す。

図中の8台の車両からは、元年規制車のNO_x、PMのトレードオフ関係と相違が見られない車両も存在している。また、PMは規制値に対し余裕がある車両が多いものの、NO_xについては余裕が見られなかった。6年規制車は、全体的にPM対策に重点を置いた傾向が見られる。

4 まとめ

車両総重量が5 tを超える6年規制車9台と元年規制車26台について、排出ガスを比較したところ次の結果が得られた。

- ①NO_xについては、6年規制への排出ガス規制強化による低減効果が十分に得られていない。特に、東京都実走行パターンにおいては、低減していない。
- ②PMについては、各車両間のばらつきが大きいものの、元年規制車に比べて東京都実走行パターンにおいて21%以上低減している。
- ③6年規制車は、NO_xとPMの対策が相反する中で、PM対策に重点が置かれている傾向がある。

5 おわりに

現在のところ、6年規制車の測定台数は少ないため、今後、6年規制車の調査台数を元年規制車程度まで増やし、車種や採用している排出ガスの低減対策を考慮して、比較検討を行う必要がある。特に、NO_xについては、定常運転と過渡運転での排出状態の相違の詳細な検討を行うとともに、PMについては、ばらつきの程度を十分に考慮した規制の効果の把握が必要である。

本研究を共にし、多大なご指導をいただいた飯田靖雄研究員が志半ばにして逝去されました。残された我々一同、深く哀悼の意を捧げ、ご冥福をお祈り致します。

引用文献

- 1) 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
- 2) 横田久司ら：平成元年規制適合大型ディーゼル車の汚染物質排出実態について、東京都環境科学研究所年報1995, p.168～175
- 3) 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, p.39～45
- 4) (株)自動車技術会：「1996年版自動車諸元表」1996年4月
- 5) (株)自動車技術会：「1993年版自動車諸元表」1993年4月
- 6) 運輸省自動車交通局長、自環第331号：「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」第21号、平成5年11月24日