

〔報告〕

新長期規制適合ディーゼル重量車の NOx 等の排出特性について

小谷野 眞司 木下 輝昭 山崎 実 横田 久司 岡村 整

1 はじめに

都内の道路沿道では、NO₂の環境濃度が高い地点が存在し、その改善に向けて自動車からの NOx 排出低減が求められている。

平成 17 年 10 月からディーゼル重量車に適用された新長期排出ガス規制では、従来までの排出ガス規制と異なり、法定モードが定常運転である D13 モードから過渡走行モードである JE05 モードへと変更された。そして、この排出ガス規制の強化では、従来まで規制効果が十分に現れなかった実際の路上走行条件に近い東京都実走行パターン（以下、「都パターン」という。）でも 40%程度の NOx 低減効果が確認されたことを速報として報告した¹⁾。

本報では、その後に実施した新長期規制適合車等の排出ガス測定結果を加え、NOx を中心とした新長期規制適合車の排出ガス特性について、新短期規制適合車等と比較した結果を報告する。

2 調査概要

調査は、次のとおり実施した。

(1)目的

調査は、新長期規制適合車（以下、「新長期車」という。）や新短期規制適合車（以下、「新短期車」という。）の NOx 等の排出係数作成の資料を得る目的のほか、ポスト新長期規制へ向けた更なる排出ガス低減のための課題等を把握するため、新長期車の排出ガス低減対策を踏まえた排出特性を調査することを目的に実施した。具体的には、次のとおりである。

ア 都パターン（No.1～No.10 及び高速）及び定速走行（80km/h）での測定結果を基に、平均車速と排出量の関係（車速別排出係数）を得る。また、この結果を従来の規制車両と比較する。

イ 法定モードが D13 モードから JE05 モードへ変わったことによる排出ガスの排出特性を把握するため、エ

ンジンの回転数、負荷率別に NOx 排出量を確認する。

ウ 同様に JE05 モード（過渡運転）に変更されたことによる過渡運転時の排出ガス対策の応答性等を確認する。

エ 新長期車等では、触媒を備えたディーゼルパティキュレートフィルタ(DPF)や尿素還元触媒(SCR)の搭載のほか、NOx 低減対策として従来規制車以上の高 EGR 率化などの技術が採用されている。これらの排出ガス低減対策が十分に働かない（働かせにくい）エンジン冷間時の走行での排出特性をコールドスタート試験により確認する。

(2)調査車両

調査車両は新長期車 10 台、新短期車 11 台であり、全て運送事業者が日常使用している車両を用いた。これらの車両の諸元概要を表 1 に示す。なお、排出ガスの測定は、新短期車は平成 15 年 7 月から平成 19 年 9 月、新長期車は平成 17 年 10 月から平成 20 年 12 月の間に実施した。

(3)調査方法

当研究所の大型シャシダイナモメータ及び大型自動車用排出ガス計測システムを用い、調査車両の法定モードや都パターン等による排出ガス測定を実施し、測定結果の評価、考察を行った。

3 調査結果及び考察

(1)車速別排出係数

排出係数算出のための排出ガス調査では、惰行法により実測した走行抵抗値を用いるとともに、積載条件は 1/2 とした。また、排出ガス測定前には定速 60km/h での十分な暖機運転を実施した。

ア NOx

測定結果を基に作成した車速別 NOx 排出係数を図 1 に示す。なお、ここで使用した近似式は、都内自動車排出ガス量等の算出時²⁾と同じ式を用いた。比較のため、

表 1 調査車両の諸元概要

規制区分	車両ID	排出ガス 識別記号	排気量 (cc)	排気 後処理	車両重量 (kg)	積載量 (kg)	車両総重量 (kg)	最大出力 (kW/min-1)
新長期 (10台)	A	BDG	4,009	DPF	4,020	2,950	7,135	110/3000
	B	PDG	7,545	DPF	5,270	2,600	7,980	177/2700
	C	ADG	7,684	DPF	5,730	2,150	7,990	177/2700
	D	PDG	4,899	DPF	3,040	2,000	5,150	110/2700
	E	BDG	12,882	SCR	11,660	13,200	24,970	279/2000
	F	BKG	2,999	DPF	3,110	2,000	5,275	110/2800
	G	ADG	6,103	DPF	3,970	3,900	7,980	154/2700
	H	ADG	12,913	DPF	11,680	13,200	24,990	279/1800
	I	ADG	5,193	DPF	4,580	3,300	7,990	140/2600
	J	ADG	13,074	SCR	11,940	12,900	24,950	279/1800
新短期 (11台)	a	PA	2,977	DPF	2,150	2,000	4,315	92/3200
	b	PJ	9,830	DOC	11,240	13,600	24,950	279/2000
	c	PK	12,913	DPF	11,120	13,700	24,930	279/1800
	d	PB	4,777	DPF	2,890	4,000	7,055	96/3000
	e	PA	4,899	DPF	4,650	3,150	7,965	132/2700
	f	PB	6,403	DPF	5,070	2,800	7,980	154/2700
	g	PA	4,899	DPF	4,030	2,000	6,195	103/2700
	h	KR	4,985	DOC	3,810	3,500	7,475	114/3100
	i	KR	4,985	DOC	3,500	2,000	5,665	114/3100
	j	KR	4,777	DOC	3,220	3,000	6,385	100/3000
	k	KR	4,777	DOC	2,700	2,000	4,810	96/3000

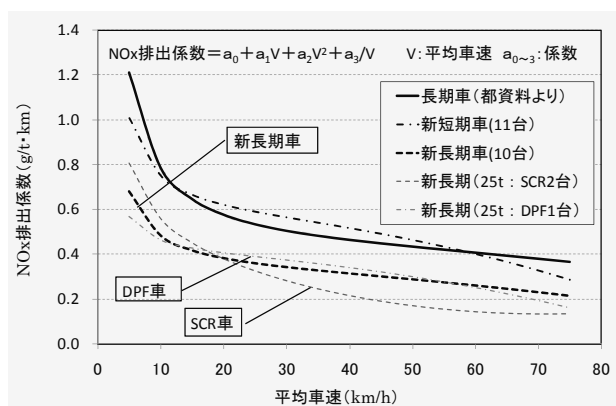


図 1 平均車速別 NOx 排出係数

長期規制適合車（以下、「長期車」という。）の排出係数²⁾を合わせて図示する。また、車両総重量が 25t の新長期車では、SCR 装着車と DPF 搭載車では平均車速 20km/h 近傍を境に排出傾向がやや異なることから、それぞれを分けて示した。

新長期車の NOx 排出量は、平均車速が低い渋滞走行から高速走行までの幅広い車速域で、長期車に比べて低減している。都内出現頻度の高い平均車速 20km/h を中心として 10～30km/h の範囲で見ると、長期車に比較して 32～38%程度の低減である。新短期車では、10km/h 以下の低い車速以外は長期車からの低減が見られない。

イ PM、HC

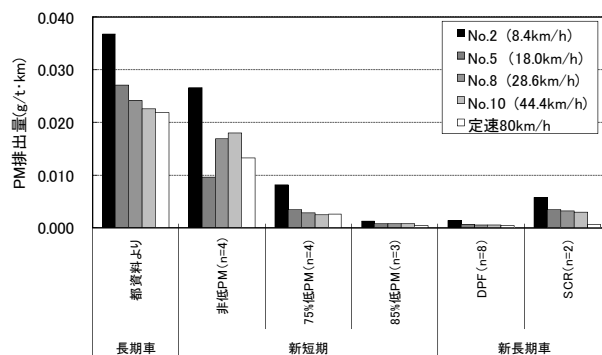


図 2 車両分類別 PM 排出量

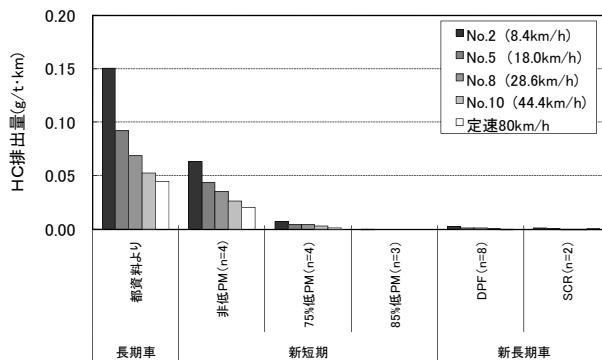


図 3 車両分類別 HC 排出量

DPFを搭載している新長期車や新短期車の中でもPM基準値を85%低減させた低PM車（以下、「○○%低PM車」という。）では、PM、HC、COの排出が殆どないことを速報¹⁾に示した。速報を踏まえ、ここでは、新短期車をPM基準値（非低PM車(KR)、75%低PM車(PA、PJ)、85%低PM車(PK、PB))で、新長期車を排気後処理の方法（DPF、SCR）で分けし、車両分類別のPM及びHCの排出状況を比較した。この結果を図2、3に示す。新長期車でもSCR搭載車のPM排出量は75%低PM車に近い。また、DPF搭載車では、85%低PM車と同等であった。HCについては、低PM車及び新長期車では、長期車に比べて大幅な低減が見られた。これは、酸化力の強い酸化触媒による効果と考えられる。

(2)エンジンの回転数、負荷率別の排出特性

エンジンの回転数、負荷率別の排出特性を確認するため、D13モードのモード点別NO_x排出量について、JE05モード及び都パターンNo.5（平均車速18.0km/h）の走行に出現するエンジン回転数と負荷率を踏まえて考察した。

ア エンジン回転数・負荷の出現状況

車両総重量が約8tのB車と約25tのE車のJE05モード及び都パターンNo.5走行時におけるエンジン回転数・負荷率の出現状況とD13モードの測定点の比較を図4、5に示す。なお、都パターンNo.5については、1/2積載時と定積載時の走行の2種を示した。B車は、JE05モード、都パターンNo.5のいずれの走行でも出力に余裕があり、60%回転以上、60%負荷以上の高回転・高負荷率の出現は少ない。E車は、B車に比べて出力に余裕がないものの、80%回転に至る高回転の出現は殆どない。

イ D13モードのモード点排出量

D13モードによるNO_xの測定結果は、新長期車は1.62～5.43g/kWh（n=10）であった。また、新短期車は1.69～5.73g/kWh（n=10）で3台が規制上限値（4.22 g/kWh）を超えていた。ここで、各モード点別の仕事量当たりの排出量について、規制基準を満足した新短期車（7台）と新長期車の平均値を比較した。また、新長期車はD13モード排出量が新短期規制の規制平均値（3.38 g/kWh）を下回る車両5台（低D13車）と基準を超えた車両5台（高D13車）とを区分した。結果を図6に示すが、新長期車は、JE05モードや都パターンでの出現頻度が高い低回転、低負荷領域において新短期車に比べて排出量が少な

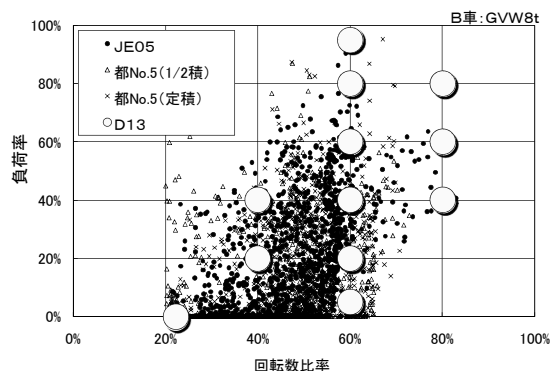


図4 エンジン回転・負荷率の出現状況（B車）

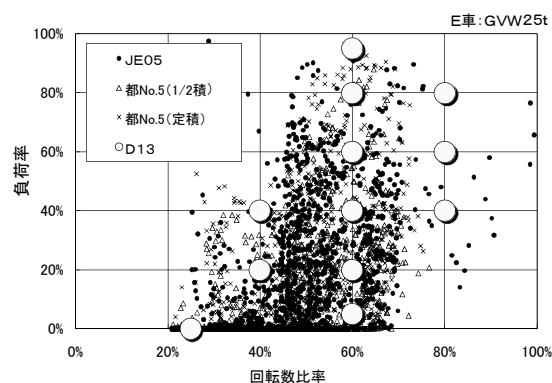


図5 エンジン回転・負荷率の出現状況（E車）

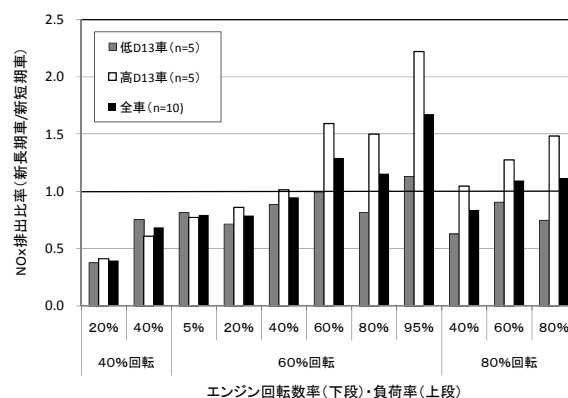


図6 D13モードのモード点でのNO_x排出量比較

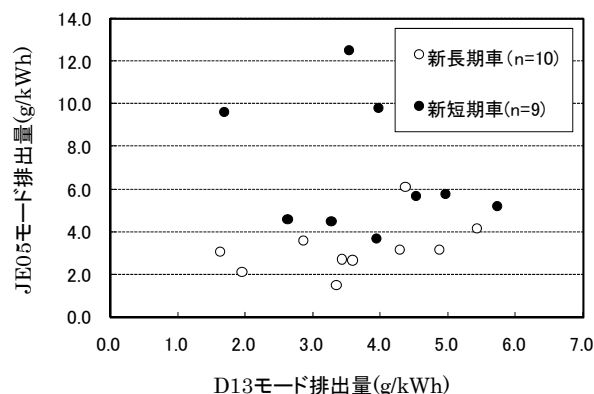


図7 D13モードとJE05モードのNO_x排出量の関係

い。一方、特に高 D13 車では、負荷率が 60%を超える領域で新短期車よりも排出量が増大する傾向にある。

なお、参考までに各車両の D13 モードと JE05 モードの測定結果の関係を図 7 に示すが、両測定値の相関は低い。

(3) 排出ガス対策の応答性

D13 モードの測定では、モード点間の移行時間（規定時間 10~20 秒）と移行後の安定時間（規定時間 60 秒）の排出ガスの測定は行わない。新短期（a 車）、新長期（E 車）について、D13 モードのモード点を移行している際の排出ガス測定を実施した。回転数を変化させず、負荷率のみを変える移行時の NOx 濃度の挙動を図 8 に示す。新長期車の E 車では、a 車と比較して、負荷変化における NOx 濃度のピークが小さく、負荷などが常に変化することの多い過渡走行での NOx 低減性能の向上が図られていることが伺える。

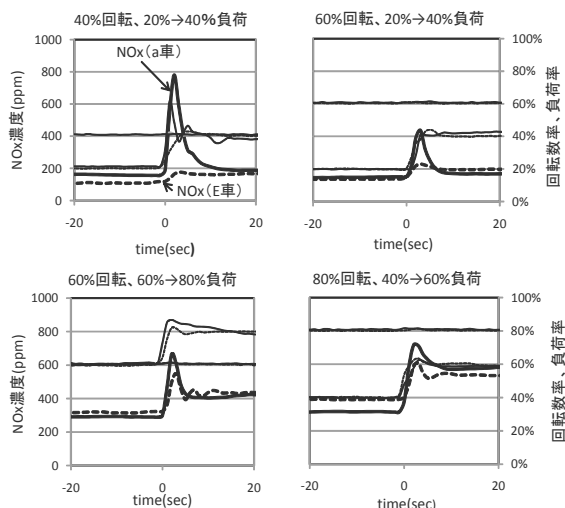


図 8 モード点移行時の NOx 排出挙動

(4) コールドスタート時の排出

新長期車（積載量 2t）において、コールドスタート時の NOx 排出量がホットスタート時に比較して、JE05 モード及び都パターン No.8 (28.6km/h) で 2~2.5 程度増加することが報告³⁾されている。ここでは、平均車速が遅い M15 モード (15.0km/h) と都パターン No.2 (8.4km/h) におけるコールドスタート時の NOx 排出状況を確認した。

ア M15 モード

ホットスタート時の排出量に対するコールドスタート時の排出量の比率を図 9 に示す。新長期車の中でも E 車

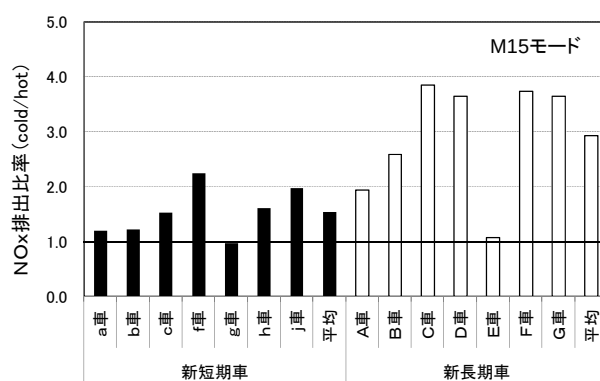


図 9 コールドスタート時の NOx 排出量増加率(1)

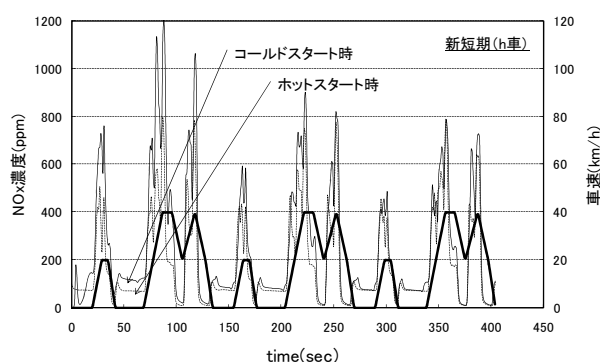


図 10 NOx 排出濃度の推移（新短期車：h 車）

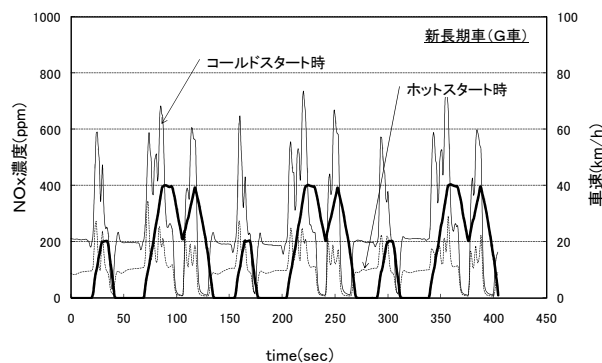


図 11 NOx 排出濃度の推移（新長期車：G 車）

(SCR 搭載) については、コールドスタート時の NOx 増大の比率は少なかったが、その他の車両では、約 2~4 倍であり、増大の比率は新短期車よりも大きい傾向を示す。ただし、新長期車は、新短期車に比べ NOx 排出量自体は少ないため、コールドスタート時の NOx 排出量の増加量で比べると、新長期車 (7 台) の平均は 1.00g/t・km で、新短期車 (7 台) の平均 1.05g/t・km と同等である。

次に、新短期車 (h 車)、新長期車 (G 車) について、

コールドスタート時とホットスタート時の NOx 排出濃度の推移を図 10、11 に例示する。新短期車の h 車では、NOx 濃度は時間の経過とともに低下し、パターン走行の 3 サイクル目（約 300 秒後）ではホットスタート時と同等になっているが、新長期車の G 車では低下する傾向が全く見られない。新短期車は 7 台全てが、M15 モード（コールドスタート）の計測時間（405sec）内で、NOx 濃度の低下傾向が確認されたが、新長期車では低下しない車両が複数存在した。

イ 都パターン No.2

新長期車のコールドスタートの渋滞走行において、NOx 濃度がホットスタート時と同等になるまでの時間を確認する目的で、コールドスタートでの都パターン No.2 の連続測定を実施した。本測定では、1 回目の測定終了後、引き続いて同パターンの走行を 2 回実施した。なお、測定終了から次の測定を行うまで（10 分程度）はアイドリングで待機した。この結果を図 12 に示す。B～E 車では、コールドスタート 1 回目の排出量は、ホットスタート時に比べて 2.2～2.5 倍程度の増加で、測定時間の短い M15 モードに比べると低い。2 回目ではほぼホットスタート時の排出量と同等になり、1 回目の計測時間（878sec）以内では、ホットスタート時の排出と同等になることが確認された。なお、A 車は、コールドスタート 1 回目で既にホットスタート時に近い NOx 排出量であった。また、E 車（SCR 搭載）については、M15 モードの時も同様にコールドスタート時とホットスタート時の排出量の差は小さい。なお、E 車は、ホットスタート時の測定において、測定開始から、NOx 濃度が徐々に上昇する傾向にあった。これは、測定前の暖機運転（60km/h、20 分間）により SCR の NOx 還元能力が高

まったものが、測定の低速走行に移行後には、その性能を持続できないためと考えられる。

4 まとめ

以上、本調査による新長期車の NOx 排出特性をまとめると次のとおりである。

- (1) 都パターン等の測定結果から作成した平均車速別の排出係数を見ると、5～80km/h 程度の走行まで、従来規制車に比べ排出量の大幅な低減が見られる。都内出現頻度の高い平均車速 20km/h を中心に 10～30km/h の範囲で見ると、長期車に比較して 32～38%程度低減している。
- (2) 法定モードである JE05 モードや都パターンにおける出現頻度が多い低回転、低負荷のエンジン運転領域では、新短期車に比べて NOx の低減が確認された。一方、高回転、高負荷のエンジン運転領域では、新短期車より多く排出される車両が存在した。
- (3) D13 モード移行部（過渡運転部）の NOx 濃度を確認すると、負荷変化における濃度のピークが小さい。負荷などが常に変化することの多い過渡走行での NOx 低減技術が向上していることが伺える。
- (4) コールドスタート時のホットスタート時に比べた NOx 排出量の増大の比率は新短期車よりも大きい。また、都パターン No.2 の走行以内（878sec 以内）には、ホットスタート時の排出と同等になった。
- (5) SCR 搭載車は、平均車速が概ね 20km/h 以下では、DPF 搭載車に比べて排出量が多く、20km/h を超えると排出量が少ない傾向が確認された。また、試験前の暖機運転によって NOx 還元能力は高まるが、低速走行に移行後は、その性能を持続できない。

5 おわりに

本調査結果から、新長期車の普及拡大は、都内 NOx 排出量の低減に寄与すると考えられた。一方、新長期車の中には、エンジンが高回転、高負荷な領域では、従来規制車以上に NOx を排出する車両がある。このため、NO₂ の環境濃度が高い地域などにおいて、立体交差点周辺の上り勾配等で、こうした高回転、高負荷な走行の発生状況及びその影響等についての調査などが必要と考えられる。また、コールドスタート時の NOx 排出量の増加は、その増加量を踏まえると排出総量への影響は少ないと考えられる。しかし、コールドスタート時には、HC

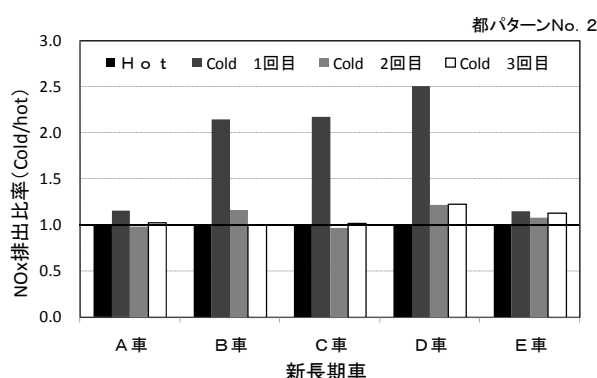


図 12 コールドスタート時の NOx 排出量増加率(2)

増加も確認されるため、さらに HC の成分別調査は継続して実施し、自動車からの未規制物質の排出実態を把握していく必要がある。

本年 10 月から、ポスト新長期規制が適用され規制が強化されるが、特に NOx 排出量については、規制値の更に 1/3 というチャレンジ目標も検討されている。これを機に、現在の主要な排出ガス低減技術である DPF や SCR の技術を成熟させ、より一層、低公害な大型ディーゼル車が開発されることを期待している。

参考文献

- 1)小谷野ら：最新規制大型ディーゼル車の排出ガス測定結果(速報)、東京都環境科学研究所年報 2007、P127-130 (2007)
- 2)平成 17 年度及び平成 22 年度における都内自動車排出ガス量等算出調査委託報告書、東京都環境局、2007 年 3 月 (2007)
- 3)小林伸治：最新ディーゼル車のコールドスタート時における排出ガス、第 49 回大気環境学会年会講演要旨集 (2008)