

## 平成6年規制適合車の排出ガス特性

田原茂樹 横田久司 泉川碩雄  
舟島正直 佐野藤治 坂西丕昌

### 要 旨

平成6年度規制適合の大型ディーゼル車6台について、法定モード（D13モード）、東京都実走行パターン及びエンジン負荷比率と回転数比率毎に排出ガス濃度を測定するエンジンマップによる測定を実施した。その結果について、比較検討を行いつぎのことが分かった。

- ①各車両間のNO<sub>x</sub>排出量比較において、D13モードと東京都実走行パターンでは試験方法の違いによって、排出傾向に差が見られる車両が存在した。
- ②ターボインタークーラー装着車（TIC車）は、過給率の低い低回転数領域ではNO<sub>x</sub>排出濃度が高くなる傾向が見られた。
- ③D13モード測定ポイントにおけるNO<sub>x</sub>排出濃度は、それ以外のエンジン使用領域での排出濃度に比べて低く押さえられている。
- ④排出ガス再循環装置装着車（EGR車）においては、負荷率が一定であれば、EGR率の上昇に伴い、NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>は減少する。

キーワード：大型ディーゼル車、エンジン負荷比率、回転数比率、NO<sub>x</sub>

## Emission Characteristics from Heavy-Duty Diesel Vehicles Conforming to FY 1994 Exhaust Gas Regulations

Shigeki Tahara, Hisashi Yokota, Sekio Izumikawa,  
Masanao Funeshima, Fujiharu Sano and Motomasa Sakanishi

### Summary

Exhaust emissions are measured from six heavy-duty vehicles, which conform to the FY 1994 exhaust gas regulations, under three driving test patterns: 1) the regulated Diesel-13 mode; 2) the actual-travel-pattern mode prepared by Tokyo Metropolitan Government; and 3) the Engine Map method, which measures the emission by the ratio of engine-load/revolutions-per-minute. The following results were obtained:

- (1) Two of tested vehicles show a different tendency in NO<sub>x</sub> emission between Diesel-13 mode and actual-travel mode.
- (2) Two vehicles equipped with turbo inter-cooler exhaust higher concentrations of NO<sub>x</sub> at low engine revolutions and load.
- (3) The concentration of NO<sub>x</sub> emissions at the measuring points of Diesel-13 mode was lower than the other regions of engine revolution and load.
- (4) NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> emission ratio from vehicles equipped with Exhaust Gas Recirculation (EGR) device, decreases as the EGR ratio increases under the same engine load.

Keywords : heavy-duty diesel vehicle, engine-load ratio, revolutions (RPM) ratio, NO<sub>x</sub>

1 はじめに

平成10年12月の中環審「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」(第3次答申)<sup>1)</sup>をうけて、新短期、新長期規目標が設定され、ディーゼル車から排出される窒素酸化物(NOx)及び粒子状物質(PM)の規制は、今後さらに強化される。新短期、新長期目標は、エンジン内での燃焼コントロールはもとより、排出ガスの後処理装置といった新しい低減技術の導入を前提として、車両からの排出ガスを大幅に低減することとしている。

一方、東京都では、大型ディーゼル車に関する各規制年次(昭和58年規制、平成元年規制、平成6年規制)の規制適合車の調査から、NOx排出量については、法定モード(D13モード)による低減率と東京都実走行パターンによる低減率が必ずしも一致していないことを報告した<sup>2)</sup>。排出ガス規制の実効性を確保するためには、実走行時の低減が達成されることが重要であり、そのための原因究明を継続して行ってきたところである。ここではその基礎段階として、平成10年度に行ったエンジンマップ調査の結果を中心に、平成6年規制適合車の排出ガス特性について報告する。

2 調査等

当研究所の大型自動車排出ガス測定システムと、シャシダイナモメータを用いてD13モード、東京都実走行パターン及びマップ調査を実施し、その結果について比較検討を行った。

(1) 車両諸元

表1に示す車両総重量(GVW)3.5t超の平成6年規制適合ディーゼル車6台を使用した。いずれも直噴式の使用過程車で、A車、B車、E車、F車は自然給気式(NA)で、F車は排出ガス再循環装置(EGR)装着車で

あった。また、C車及びD車はターボインタークーラー(TIC)装着車であった。

(2) 測定内容

ア 測定項目

NOx、NO、NO<sub>2</sub>

イ 測定方法

測定は以下の3つの方法で実施した。

(ア) D13モード

「ディーゼル自動車13モード排出ガス測定の技術基準」<sup>3)</sup>に基づき測定を実施した。D13モードの測定方法は、都市走行において出現頻度が高いとされるエンジン回転数と負荷を組み合わせた13ポイントで定常運転を行い、そのときの排出量に、重み付け係数を乗じて時間仕事量当たりの排出重量を算出するものである。測定ポイントを図1に示す。

(イ) 東京都実走行パターン

東京都実走行パターンは、都内での走行調査に基づいて作成された、平均車速の異なるNo1~10パターンでの測定を実施した。なお、F車については、No2、5、8、10のみの測定を行った。積載量は1/2積載とした。

(ウ) マップ調査

マップ調査では、エンジン回転数とエンジン負荷の組み合わせごとの測定ポイントを定め、排出ガス濃度を測定した。測定ポイントを図2に示す。エンジン回転数は、エンジン性能曲線の、図示最高出力時回転数の、100%、80%、60%、40% (以下「回転数比率〇%」という)の状態 で車両運転が行われるように、シャシダイナモメータ側から制御を行った。エンジン負荷は、前述の各回転数での最大駆動力実測値に対して、100%、80%、60%、40%、20% (以下「負荷比率〇%」という)となるように車両運転を実施した。なお、A車及びB車は負荷比率20%での測定は実施しなかった。

表1 測定車両諸元

車名	A車	B車	C車	D車	E車	F車
車種区分	貨物	貨物	貨物	貨物	バス	ゴミ収集車
ENG型式	4気筒直噴 NA	6気筒直噴 NA	6気筒直噴 TIC	6気筒直噴 TIC	8気筒直噴 NA	4気筒直噴 NA・EGR
排気量(cc)	4,104	8,220	12,880	12,060	17,990	4,334
最高出力(ps/rpm)	125/3200	210/2850	360/2000	390/2000	350/2200	130/3200
最大積載量(kg)	2,750	4,000	14,000	14,200	56人	2,000
車両総重量(kg)	6,515	7,990	24,990	25,000	15,580	6,305
等価慣性重量	5,085	5,990	17,790	17,900	14,150	5,250

NA:自然給気 TIC:ターボインタークーラー EGR:排出ガス再循環装置

NOxの測定は、試験車両のテールパイプから、直接排出ガスを採取してサンプルを、化学発光式NOx計 (CLD) を使用して連続測定を行った。NOx及びNOについて、30秒間の平均濃度を算出し、NO2 = (NOx - NO) として求めた。

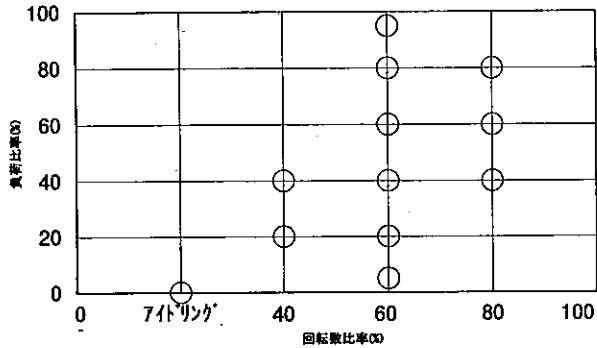


図1 D13測定ポイント

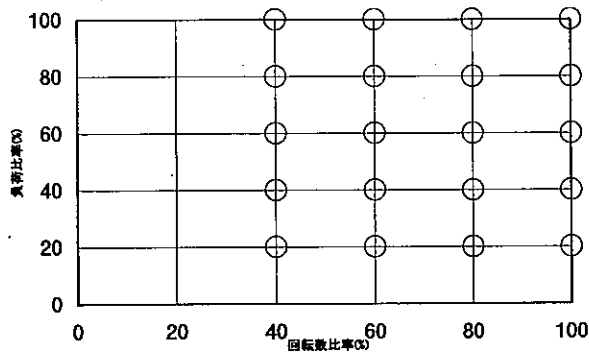


図2 マップ測定ポイント

### 3 結果及び考察

#### (1) D13モードと東京都実走行パターンにおける排出傾向

D13モード及び東京都実走行パターン (No. 2、5、8、10) におけるNOx排出量を表2に示す。

表2 D13及び実走行パターンNOx排出量

	平均車速	A車	B車	C車	D車	E車	F車
D13	—	6.8	7.03	5.47	5.22	5.65	5.97
No.2	8.37	0.87	0.96	0.65	1.06	0.71	0.87
No.5	17.96	0.58	0.65	0.46	0.67	0.43	0.57
No.8	28.55	0.53	0.56	0.43	0.57	0.35	0.47
No.10	44.37	0.53	0.55	0.41	0.49	0.30	0.46
実走行平均値		0.63	0.68	0.49	0.69	0.45	0.60

排出単位 D13: g/kWh 実走行: g/t·km

#### ア D13モード

D13モードにおける排出量は、各車とも平成6年規制

値の許容限度値 (7.80 g/kWh) に適合していた。また、TIC車2台は、NA車に比べて低い排出量となり、TICによる排出ガス低減対策の効果が得られているように見える。

#### イ 東京都実走行パターン

東京都実走行パターンにおける排出量は、等価慣性重量で除して単位仕事量当たりの排出量 (g/t·km) に換算して算出した。その結果、D13モードで最も排出量の低い結果となったD車は、東京都実走行パターンでは、No. 2、No. 5、No. 8の走行パターンにおいて、測定車両中で最も排出量が多い結果となった。しかし、D車と同じくTIC装着車であるC車は、実走行パターンにおいても、比較的低い数値を示した。また、NA車4台の排出量の順位関係は、D13モードと同じであった。

#### (2) マップ調査における排出傾向

##### ア NOx

マップ調査における、車両別NOx排出濃度の変化を図3に示す。各車のNOx排出傾向は以下のとおりであった。

##### (ア) 負荷比率別の排出傾向

各車とも、回転数比率を一定として負荷比率を変化させた場合には、負荷の増大に伴い排出濃度が高くなった。

##### (イ) 回転数比率別の排出傾向 (NA車)

A車については、同一負荷比率で比較した場合、回転数比率に関係なく、ほぼ一定の排出濃度を示した。B車、E車については、負荷比率が一定であれば、回転数比率100%で最高値を示した。また、負荷比率が60~100%の中高負荷で運転を行った場合に、回転数比率40%での排出濃度は、回転数比率60~80%での排出濃度を上回る傾向が見られた。

##### (ウ) 回転数比率別の排出傾向 (EGR装着NA車)

F車の排出傾向は、B車、E車と同様であった。排出濃度の増減はEGR率の変化とよく一致する結果となった。F車のEGR率の変化を表3に示す。比較的排出濃度の低い回転数比率60~80%ではEGR率が高くなっている。

##### (エ) 回転数比率別の排出傾向 (TIC車)

C車、D車のTIC装着車2台は、負荷比率が一定であれば、回転数比率40%におけるNOx排出濃度が、特に高くなる傾向が見られた。

また、TIC車とNA車のNOx排出濃度を比較しても、回転数比率40%領域でのTIC車の排出濃度が高くなる傾向が見られた。表4に、NA車4台のマップ測定ポイント

別の平均NOx排出濃度に対するTIC車2台のNOx排出濃度比を示す。回転数比率40%では、C車の負荷比率40%における排出濃度は、NA車と同等であったが、その他の負荷比率においては2倍以上の排出濃度であった。D車については、いずれの負荷比率においても、NA車平均値の3倍以上の排出濃度であった。これに対して回転数比率60~100%では、C車は0.7~1.7倍、D車は0.9~1.9倍であった。

このように、TIC車のNOx排出濃度が低回転領域で高くなる要因としては、低回転域においてはTICが十分に機能せず、給気冷却によるNOx低減効果が得られていな

いことがあげられる。表5にTIC車のマップ測定ポイント別の過給比を示す。回転数比率40%では、C、D車とも、他の回転数比率よりも過給比が低くなっており、NOxの排出傾向と一致している。低回転数領域での過給率の向上が、TIC車の今後の課題となる。

(オ) D13モード測定ポイントでの排出傾向

NA車はA車を除き、D13モードの測定ポイント(図1)に該当する領域での排出濃度は、それ以外のマップ調査測定ポイントに比べて低くなった。

TIC車については、D13モード測定ポイントに該当する、回転数比率40%—負荷比率20%及び40%の排出濃度

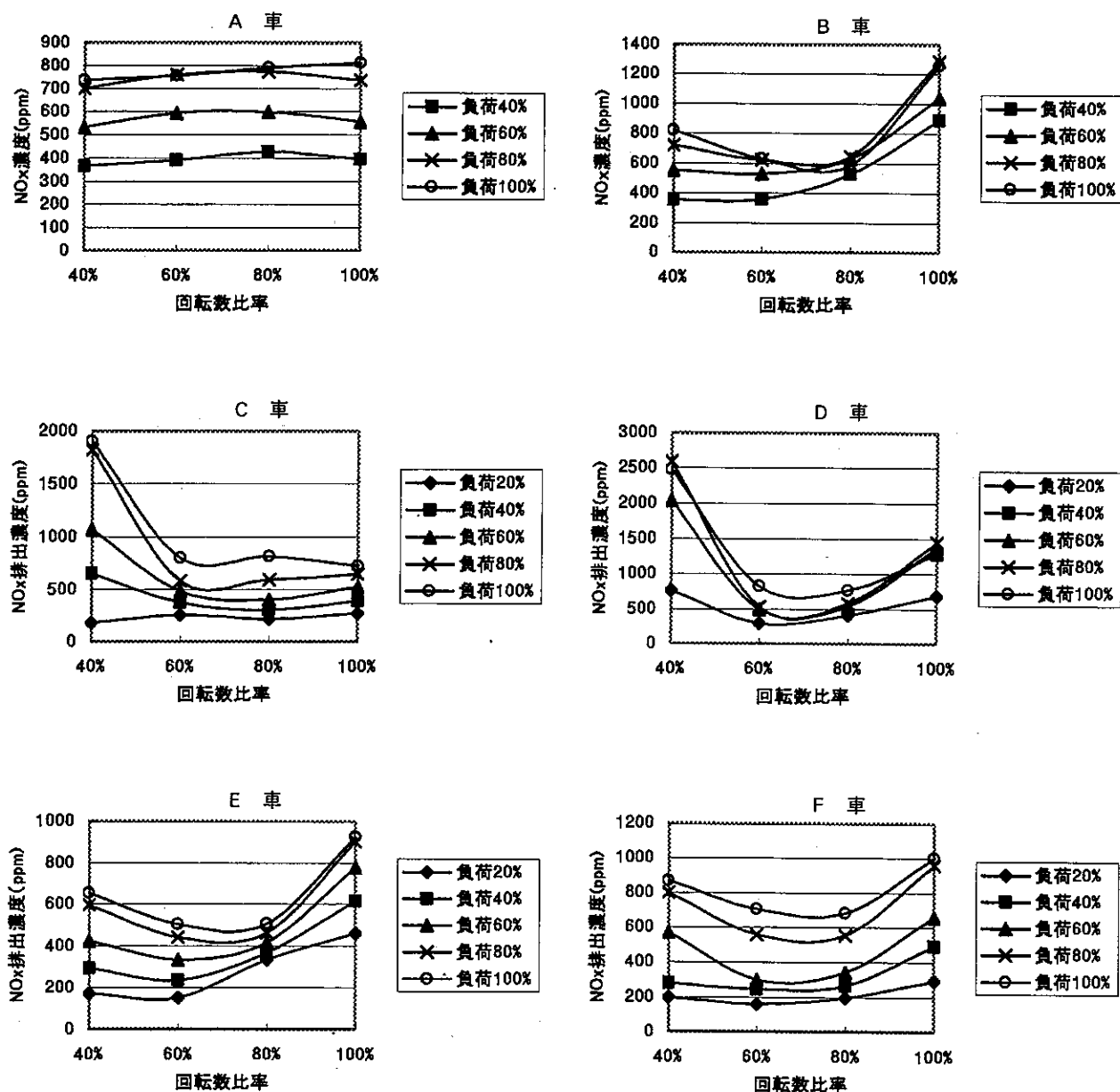


図3 車両別NOx排出量

表3 F車のEGR率 単位:%

回転数 負荷	40%	60%	80%	100%
20%	18.6	23.7	26.2	10.4
40%	18.6	25.4	27.5	9.4
60%	3.3	25.4	27.5	9.4
80%	3.3	10.1	12.2	9.4
100%	5.8	5	4.6	9.4

表4 NA車のNOx平均排出濃度に対する  
TIC車のNOx排出濃度比

回転数 負荷	C車				D車			
	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%
20%	1.0	1.7	0.8	0.7	4.1	1.9	1.5	1.8
40%	2.0	1.2	0.8	0.7	3.9	1.5	1.4	1.8
60%	2.1	1.1	0.8	0.7	3.9	1.1	1.1	1.8
80%	2.5	1.0	1.0	0.7	3.7	0.9	0.9	1.5
100%	2.5	1.2	1.3	0.7	3.2	1.3	1.2	1.3

表5 TIC車の過給比

回転数 負荷	C車				D車			
	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%
20%	1.2	1.2	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3	1.2
40%	1.2	1.3	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5	1.4
60%	1.3	1.6	1.8	1.7	1.2	1.8	1.9	1.8
80%	1.3	1.9	2.0	2.0	1.3	2.1	2.2	1.8
100%	1.4	2.0	2.2	2.2	1.4	2.3	2.5	2.1

が、同一負荷比率の他の測定ポイントに比べ高くなった。しかし、D13モードでの排出量測定においては、回転数比率40%のポイントで最高出力時の回転数の40%が1000rpm以下となる場合、1000rpmで測定を行うこととされている。C、D車は最高出力時のエンジン回転数が2000rpmであるため、実際のD13モードでは当該回転数比率での測定を、1000rpm（回転数比率50%）にて実施した。図4にTIC車のD13モード1000rpmとマップの回転数比率40%でのNOx排出濃度を示す。C車の負荷比率20%時を除き、D13モード1000rpmの方が低い排出濃度となった。特にD車については、回転数比率40%における排出濃度の約40%となった。このため、TIC車もD13モード測定ポイントでは排出濃度が低くなり、各測定ポイントでの排出濃度はNA車と同レベルとなった。このことからD車において、D13モードと実走行パターンの

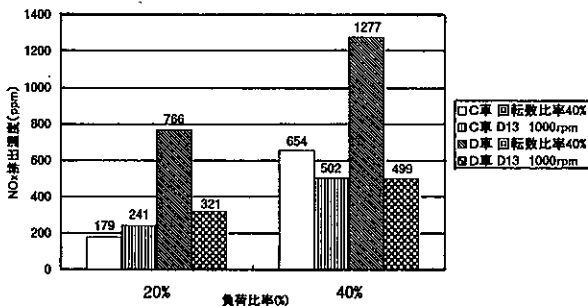


図4 D13—マップ NOx排出濃度比較

間に排出傾向の差が見られた原因の一つとして、D13モード測定ポイントに該当しないエンジン領域での排出量がNA車に比べて多く、東京都実走行パターンではその領域を頻繁に使用していることが考えられる。

イ NO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub>の排出濃度は、前述の通りNOx及びNO濃度を測定し、NOx-NOとして求めた。表6各に車両別のNO<sub>2</sub>排出濃度及びNO<sub>2</sub>/NOxを示す。

NO<sub>2</sub>の排出傾向は、各車両とも、低負荷比率での排出濃度が高くなり、車両によって違いはあるが、約20~50ppmの排出濃度を示した。NO<sub>2</sub>については都内一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局ともに環境基準の達成率が低く、NOx低減に限らず、車両から直接排出されるNO<sub>2</sub>についても低減を図る必要がある。測定車両6台中、最も高い排出濃度を示したのはF車で、最高値が50ppmを超える結果となった。低回転域でNOx排出濃度が高かったTIC車は、回転数比率100%での排出濃度が高かった。

NO<sub>2</sub>/NOxについては、EGRによる影響が認められた。表3のEGR率と表6のNO<sub>2</sub>排出濃度を比較すると、負荷比率が一定の場合には回転数比率40~80%において、EGR率の上昇に伴い、NO<sub>2</sub>/NOxが減少する結果となった。

4 まとめ

D13モード、東京都実走行パターン及びマップ調査を比較した結果から以下のことが分かった。

- ①各車両間のNOx排出量比較において、D13モードでは低い排出量を示し、東京都実走行パターンでは高い排出量を示すという、試験方法の違いによって、排出傾向に差が見られる車両が存在した。
- ②TIC車は、過給率の低い低回転数領域ではNOx排出濃度が高くなる傾向が見られた。NOx低減対策としてTICを導入するには、低回転数領域での過給率改善の必要性があげられる。
- ③一部の車両を除いて、D13モード測定ポイントにおけるNOx排出濃度は、それ以外のエンジン使用領域での排出濃度に比べて低く押さえられており、法規制を重視した車両仕様となっている。
- ④EGR車においては、負荷率が一定であれば、EGR率の上昇に伴い、NO<sub>2</sub>/NOxは減少する。

表6 NO<sub>2</sub>排出濃度とNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>比率  
 上段:NO<sub>2</sub>排出濃度(ppm)、下段:NO<sub>2</sub>/No<sub>x</sub>(%)

回轉数 負荷	A車(NA車)				B車(NA車)				C車(TIC車)			
	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%
20%	—	—	—	—	—	—	—	—	13	12	27	31
	—	—	—	—	—	—	—	—	7%	5%	12%	12%
40%	40	33	35	45	42	13	11	0	19	11	24	0
	11%	8%	8%	11%	12%	4%	2%	0%	3%	3%	8%	0%
60%	8	6	0	6	25	0	0	0	3	0	15	16
	2%	1%	0%	1%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	3%
80%	0	0	0	0	0	0	0	0	18	9	6	20
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	1%	3%
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
回轉数 負荷	D車(TIC車)				E車(NA車)				F車(NA車)			
	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%
20%	21	17	16	39	27	28	31	26	4	38	35	48
	3%	6%	4%	6%	16%	18%	9%	6%	2%	24%	18%	16%
40%	2	23	0	39	25	9	7	0	53	33	12	31
	0%	5%	0%	4%	8%	4%	2%	0%	19%	13%	5%	6%
60%	0	23	0	0	12	3	0	0	38	4	3	0
	0%	5%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	7%	1%	1%	0%
80%	0	3	0	0	0	7	0	0	17	0	0	3
	0%	1%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

5 終わりに

D13モードは、都市における走行調査を実施した結果から得られたエンジン使用領域と、その出現頻度に基づき決定された重み付け係数を利用して、排出ガス量を算出している。しかし、登坂走行や高積載量時における低速定常走行などでは、D13モード測定ポイント以外のエンジン領域が使用されることも考えられる。また、現時点ではディーゼル貨物車におけるTICの装着は、比較的積載量の大きな車両において行われており、これらの車両は、長距離輸送用に使用されることが多く、走行実態としては、都市郊外に設置されている物流ターミナル基地間を往復するのが実状と考えられる。しかし、新短期、新長期目標におけるNO<sub>x</sub>低減対策として、都市区域を走行する車両にTICの導入を図る可能性があるとするれば、D13モードでの排出量算出において比重の小さくなる、低回轉領域での排出量についての評価も考慮していく必要がある。今後、測定方法の見直しを行う際には、これらの現象を加味したうえで、実走行モードの導入も視野に入れた測定方法の検討が必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 環境庁大気保全局：「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」(第3次答申)平成10年12月14日
- 2) 小谷野慎司ら、「大型ディーゼル車の平成6年排出ガス規制によるNO<sub>x</sub>等の低減効果(速報)」東京都環境科学研究所年報1997、p165-169(1997年)
- 3) 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判定基準の制定について」第21号、平成5年11月24日
- 4) 横田久司ら、「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」東京都環境科学研究所年報1995、p168-175(1995年)