

小型ディーゼルトラック車の走行状態と 汚染物質の排出に関する研究*

中 沢 誠**・才 木 義 夫**

1. はじめに

ディーゼルエンジンは、軽量化、耐久性等の技術改善や燃料経済性により、従来ガソリンエンジンが多く使用されていた小型トラック・乗用車にも使用される傾向が強まりつつある¹⁾。

これらディーゼル車の排出ガス上の問題点としては粉じん^{2),3)}、硫酸ミスト⁴⁾等が注目されているが、実走行状態における排出実態については、NO_x、CO、SO₂等のガス状汚染物質についても、研究例が少ないのが現状である。

本研究ではまず実走行ディーゼル車のガス状汚染物質の排出実態を把握するため、まず市街地の国道と県道において1台の小型ディーゼルトラックを用いて走行状態(区間速度等)と交通量との関係を調査し、ディーゼルトラック車の走行状態に関する基礎的情報を得た。次にこれにより得られた実走行パターンをシンダイナモメータ上で再現させ、汚染物質排出量(g/km)の測定を行い、小型ディーゼル自動車の走行状態と排出量との関係を求めた。また市販のディーゼル自動車用軽油の硫黄分の調査を行い、上記調査で得られた燃料消費率のデータを使い、走行状態とSO₂排出量との関係を調べた。

2. 実験方法

2・1 実走行パターン調査

(1) 試験車両

試験車は小型ディーゼルトラックでその主要諸元⁵⁾を表1に示す。

(2) 調査路線

調査は道路形態が異なる国道と主要地方県道の計2路線について実施した。調査路線(区間)の概略を表2に示す。

(3) 調査方法

(a) 実走行パターンの測定は調査路線を試験車両によ

表1 試験車主要諸元

車 名		いすゞエルフ
初 度 登 録 年 月		昭和54年 8 月
車 両 重 量 (kg)		1,440
最 大 積 載 量 (kg)		1,500
変 速 (段)		4
エ ン ジ ン	型 式	C-190
	燃 焼 室 形 状	うず室式
	総 排 気 量 (cc)	1,951
調 査 時 走 行 キ ロ (km)		2,000

表2 調査路線(区間)の概略

項 目	区 分	
	国 道	主要地方県道
路 線 名	国道1号線	東京丸子横浜線
調 査 区 間 (方 向)	新子安～都町 (上り)	菊名～日吉 (上り)
区 間 距 離 (km)	6.25	3.85
車 道 平 均 幅 員 (m)	19	8.6
車 線 数 (片 側)	変則 3	1
信 号 数 (基)	20	19
最 高 制 限 速 度 (km/h)	50	40

り車の流れに乗って走行し、その時の車速、燃料消費率、エンジン回転数をデータレコーダに記録した。また調査区間の所要走行時間、走行距離、出発地点と到着地点の交通量(調査方向(片側)における10分間交通量)を同時に測定した。

(b) 走行時刻は平日の7～19時であり、走行回数は国道1号線は23回、東京丸子横浜線(以後丸子線と略す)

* Studies on the Driving Pattern and the Air Pollutant Emission of Diesel Engine Truck

** Makoto NAKAZAWA and Yoshio SAIKI (神奈川県公害センター, 京浜支所) Kanagawa Prefectural Environmental Center, Keihin Branch

は14回走行し、合計37の走行パターンを得た。

(c) 試験車両の積載量は55 kg+最大積載量(1.5 t)× $\frac{1}{2}$ とした。

(d) 測定によって得られた車速データから次の諸量を求めた。

区間速度 (km/h)

平均ショートトリップ長 (km)

1 km当りアイドリング時間 (sec/km)

1 km 当り加減速累加量⁶⁾ (km/h/km)

2・2 汚染物質排出量の測定

(1) 試験車両

実走行パターン測定車両に同じ。

(2) 排出ガス採取法

排出ガス採取はシンダイナモメータを用い、C.V.S.法によって行った。試験機器の調整はディーゼル自動車排出ガス試験方法(M-15モード法)に準じて行ったが、等価慣性重量は2,200 kgを使用した。

(3) 測定項目および測定原理

NOx……化学発光法

CO ……非分散赤外線吸収法

CO₂ ……非分散赤外線吸収法

(4) 測定モード

(a) 実走行パターン

使用した実走行パターンは2・1の実走行パターン調査で得られた国道1号線の23パターンと丸子線の8パターンを用いた。

(b) 定速走行

定速走行の実験は次の一定車速において行った。

20, 30, 40, 60, 80 km/h

2・3 ディーゼル自動車用軽油中の硫黄含有量の調査

市販されている主要12社のディーゼル自動車用軽油を各社2種類ずつ、各々別々のガソリンスタンド(横浜、川崎市)から購入し、硫黄含有量の分析と比重の測定を行った。購入時期は昭和54年5月である。軽油中の硫黄含有量の分析はJIS K 2263に定めるポンベ法により行い、また比重は浮きばかり法で測定した。

3. 結果および考察

3・1 実走行パターン調査結果

(1) 概要

両路線の平均交通量(片側)は3車線道路である国道1号線が1,300台/時、1車線道路である丸子線は610台/時であり、丸子線は国道1号線の $\frac{1}{2}$ 以下であった。

区間速度は、国道1号線は24.3~32.3 km/h、丸子線は14.6~25.2 km/hの範囲であり、国道1号線が丸子線よりも大きい、速度の変動は区間速度の遅い丸子線の

方が大きい。平均ショートトリップ長は平均値で国道1号線が0.86 km、丸子線が0.46 kmで、丸子線の方が単位距離当りの停止回数が多い。

アイドリング時間は1 km当り国道1号線が17~45秒、丸子線が26~101秒の範囲である。

燃料消費率は平均で国道1号線が96.2 cc/km、丸子線が108.6 cc/kmで、丸子線が国道1号線に比較して1割程度大きい。

(2) 交通量と走行状態(走行パターン諸量)との関係
交通量と区間速度との関係を図1に示した。交通量は車道幅員1 m当りの交通量に換算してある。

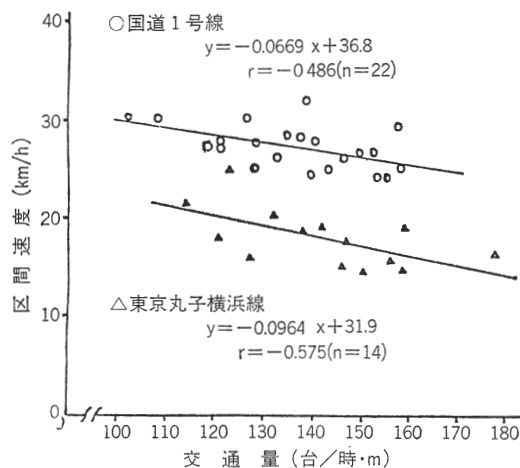


図1 区間速度と交通量との関係

走行速度(停止時間を含まない速度)と交通量とは臨界速度以前では直線関係にある事が知られているが⁷⁾、図1は区間速度と交通量との関係も直線近似されることを示している。また、その回帰式によると交通量の増加(率)に対する区間速度の減少は丸子線の方が大きい。例えば交通量の10%増加により区間速度は1号線が0.67 km/h、丸子線が0.96 km/hほど遅くなることが推測される。なお、交通量と区間速度との相関係数(r)はそれほど高くないが(両路線とも危険率5%で有意、危険率1%で有意でない)、これは区間がある程度長いため、その区間の正確な平均交通量のは握が困難なことによる誤差、および交通量の車種構成の変化、例えば大型車の混入率の変化による区間速度の変化等が影響しているものと考えられる。

また図1によると、国道1号線と丸子線では車道幅員1 m当りの交通量が同じ場合でも、区間速度は国道1号線の方が速い。したがって両路線を同一の回帰式で表わすことは若干困難をとまなう。なお、交通量に1車線当りの交通量を用いても同様に不偏性のある回帰式は得ら

かった。区間速度に影響を与える因子は対象道路が異なる場合には、上記等の交通要因の他に、車線数およびその幅員、車道と歩道の分離状況、中央分離帯の状況等の道路要因も加わり、その因子は多いと考えられる。

交通量と平均ショートトリップ長の関係を図2に示した。相関は国道1号線では認められるが、丸子線では認められない。これは丸子線では停止する原因が交通量による影響よりも信号数が多いことが影響しているものと考えられる。また、交通量と1km当り加減速累加量、

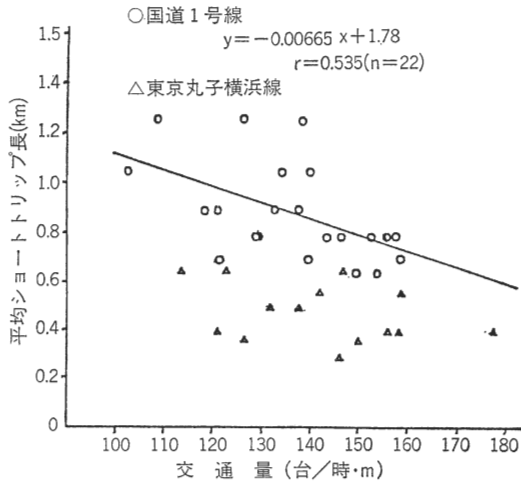


図2 交通量と平均ショートトリップ長との関係

アイドリング時間との相関は平均ショートトリップ長と同様に国道1号線では認められるが、丸子線では認められない。

これら走行パターン諸量および燃料消費率相互の単純相関係数を表3に示した。これらの間ではいずれも相関が認められる。

3・2 NOx, CO, CO₂ 排出量

(1) 国道1号線および丸子線における1台当りの排出量の平均値はそれぞれ、NOxが0.92, 1.07 g/km, COが0.84, 1.10 g/km, CO₂が225, 256 g/kmであり、3成分とも丸子線が高い値を示した。

(2) NOx, CO, CO₂ 排出量と区間速度との関係を図3~5に示した。NOx, CO, CO₂ 排出量とも区間速度との間に負の相関が認められ、区間速度が遅くなるに従い、排出量は増加する傾向がある。

なお、汚染物質の排出量と車速との関係については従来から種々調べられているが、その結果は道路事情、車両の種類等によって異なっている。一般にガソリン車のNOx排出傾向はCO等の場合と異なり、区間速度30 km/h付近を下限として、それ以下およびそれ以上でその排出量(g/km)は増大する傾向が見られるが、今回のディーゼル車の実験(市街地走行)では、区間速度は32 km/h以下であったが、この範囲ではNOx排出量はCO, CO₂と同様に車速の増大とともに減少傾向とな

表3 実走行パターン諸量相互の相関係数

諸量	諸量	区間速度 (km/h)	平均ショートトリップ長 (km)	1 km 当り加減速累加量 (km/h/km)	1 km 当りアイドリング時間 (sec/km)	燃料消費率 (cc/km)
平均ショートトリップ長 (km)	1号線	0.802				
	丸子線	0.803				
	全体	0.897				
1 km 当り加減速累加量 (km/h/km)	1号線	-0.545	-0.850			
	丸子線	-0.820	-0.869			
	全体	-0.898	-0.919			
1 km 当りアイドリング時間 (sec/km)	1号線	-0.886	-0.663	0.414		
	丸子線	-0.836	-0.760	0.694		
	全体	-0.887	-0.781	0.807		
燃料消費率 (cc/km)	1号線	-0.623	-0.846	0.752	0.598	
	丸子線	-0.898	-0.858	0.857	0.843	
	全体	-0.879	-0.877	0.906	0.882	
交通量 (台/時・m)	1号線	-0.486	-0.535	0.497	0.312	0.387
	丸子線	-0.575	-0.346*	0.310*	0.412*	0.509*
	全体	-0.391	-0.419	0.373	0.360	0.429

注：試料数は1号線は23, 丸子線は23, 全体は37 (ただし交通量の試料数はそれぞれ, 22, 14, 36)。

*印は相関(n-2, 0.05)無し, 無印は相関有り。

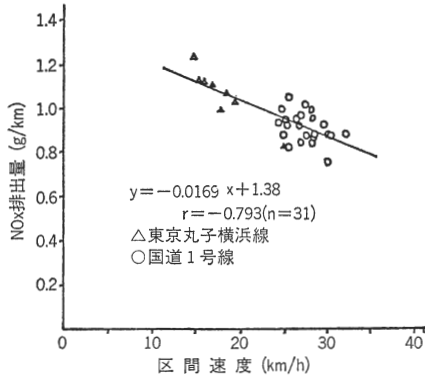


図3 NOx 排出量と区間速度との関係

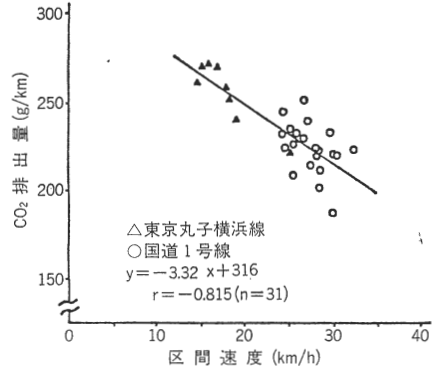


図5 CO₂ 排出量と区間速度との関係

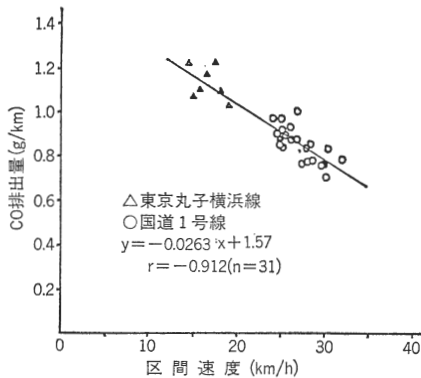


図4 CO 排出量と区間速度との関係

区間速度の変動が少ない国道1号線に限った場合には、排出量と区間速度との間に相関は認められず、NOx 排出量が他の走行状態要因にも強く影響されることを示している。

図6に平均ショートトリップ長とNOx 排出量との関係を示したが、両者の間には国道1号線、丸子線とも相

っている。

また表4に排出量と走行パターン諸量との相関係数を示した。これによると走行パターン諸量の中では区間速度が、3成分排出量と比較的良好な相関があることがわかる。しかしながらNOx 排出量については国道1号線・丸子線の両路線を通じては、上記のことが認められるが、

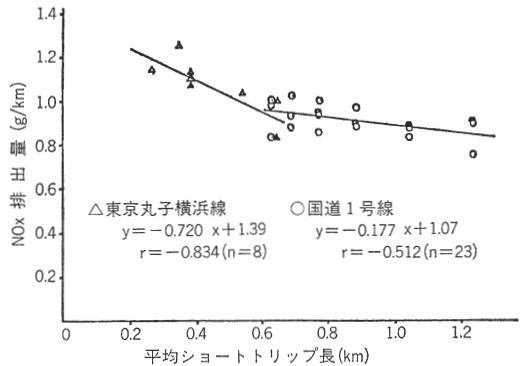


図6 NOx 排出量と平均ショートトリップ長との関係

表4 汚染物質排出量と走行パターン諸量との相関係数

排出量	諸量	区間速度	平均ショートトリップ長	1 km 当り加減速累加量	1 km 当りID時間	燃料消費率
		(km/h)	(km)	(km/h/km)	(sec/km)	(cc/km)
NOx (g/km)	1号線	-0.380*	-0.512	0.351*	0.448	0.488
	丸子線	-0.952	-0.834	0.799	0.817	0.901
	全体	-0.793	-0.750	0.760	0.804	0.828
CO (g/km)	1号線	-0.703	-0.609	0.523	0.613	0.663
	丸子線	-0.804	-0.335*	0.502*	0.640*	0.555*
	全体	-0.912	-0.786	0.825	0.806*	0.836
CO ₂ (g/km)	1号線	-0.428	-0.636	0.655	0.409*	0.678
	丸子線	-0.911	-0.731	0.760	0.651*	0.869
	全体	-0.815	-0.815	0.851	0.733	0.872

注：試料数は1号線は23、丸子線8、全体は31。*印は相関(n-2, 0.05)無し、無印は相関有り。

関が認められる。したがって走行パターン別の NOx 排出量を求める場合、あるいは幾つかかの走行パターンの中から代表的走行パターンを選定する時等は、区間速度とともにショートトリップ長も考慮した方が良いと考えられる。

(3) NO/NOx 比 (%) は国道1号線が平均 81%, 丸子線が 79% で、両路線でほとんど差は見られず、また区間速度との関係は区間速度が速くなると若干その値は大きくなる傾向がある。

(4) 図7に定速走行時(20, 30, 40, 60, 80 km/h)の NOx, CO, CO₂, および燃料消費率を示した。全成分とも 20 km/h で最高値を示し、40 km/h において NOx, CO₂, 燃料消費率が、60 km/h において CO が最低を示し、更に車速が速くなると排出量は再び増加する傾向がある。

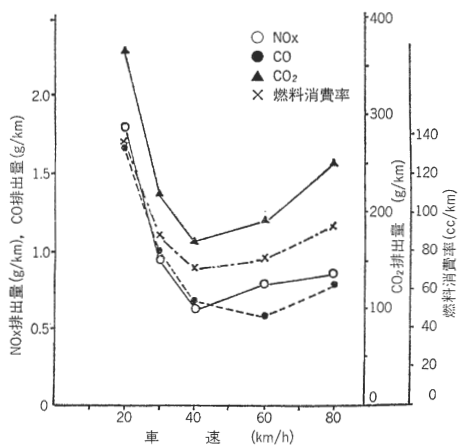


図7 定速走行時の汚染物質排出量と燃料消費率

3・3 SO₂ 排出量

実走行状態における SO₂ の排出量を軽油中の S 含有量、軽油の比重および走行実験で求めた燃料(軽油)消費率 (ml/km) の値から求めた。

(1) 軽油の S 含有量と比重の測定結果

測定結果を表5に示したが12社24検体の分析結果では軽油の硫黄含有量は平均値 0.37%, 最高値 0.49%, 最低値 0.21% であり、若干のばらつきはあったが全て JIS 規格 (0.5%以下) の範囲内であった。

(2) SO₂ 排出量 (g/km) の計算方法

(a) 燃料中の硫黄 (S) が全て SO₂ になったとすると S の 1 モル (32 g) から SO₂ の 1 モル (64 g) が生成する。すなわち、S 1 g から SO₂ 2 g を生じる。

(b) 軽油の平均比重は 0.824, 平均 S 分は 0.37% であったので、軽油 1 ml から生成する SO₂ (g) 量は次の(1)式から求められる。

表5 市販軽油の硫黄含有量および比重の測定結果

軽油の種類	硫黄含有量(%)	比重 (22.5℃)
A	1	0.45
	2	0.45
B	1	0.45
	2	0.38
C	1	0.45
	2	0.43
D	1	0.39
	2	0.27
E	1	0.34
	2	0.45
F	1	0.45
	2	0.36
G	1	0.38
	2	0.37
H	1	0.43
	2	0.49
I	1	0.21
	2	0.41
J	1	0.28
	2	0.27
K	1	0.24
	2	0.27
L	1	0.36
	2	0.41
最高値	0.49	0.836
最低値	0.21	0.807
平均値	0.37	0.824

軽油 1 ml から生成する SO₂ 量(g)

$$= 1 \times 0.824 \times 0.0037 \times \frac{64}{32} = 0.0061 \dots(1)$$

(c) 走行状態の試験で求めた燃料消費率 (ml/km) の値に(1)式の値を乗じることによって 1 km 当りの SO₂ 排出量 (g) を求めることができる。

(3) 走行状態における SO₂ 排出量

図8に区間速度と SO₂ 排出量および燃料消費率との関係を示した。SO₂ 排出量は区間速度の遅い丸子線では平均値 0.662 g/km, 最大値 0.745 g/km, 最小値 0.588 g/km であったが、区間速度の速い国道1号線では平均値 0.587 g/km, 最大値 0.637 g/km, 最小値 0.527 g/km であった。

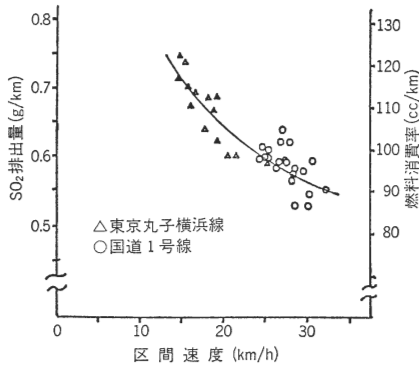


図8 区間速度とSO₂排出量、燃料消費率との関係

4. まとめ

小型ディーゼルトラック車を用い、道路状況の異なる市街地の国道1号線（新子安～都町間）と東京丸子横浜線（菊名～日吉間）において、交通量と走行状態との関係等を調査した。また、これらの走行状態におけるNO_x、COおよびCO₂排出量をシャシダイナモメータを用い測定し、さらに燃料分析の結果等からSO₂排出量を調べ、次の結果が得られた。

(1) 交通量と走行状態の一要素である区間速度との間には単純相関があり、その回帰式は道路により異なるこ

とが示された。また平均ショートトリップ長、単位距離当たり加減速累加量・アイドリング時間は道路の交通事情によって異なることが示された。

(2) 単位距離当りのNO_x、CO、CO₂、SO₂排出量あるいは燃料消費量は、今回調査を行った区間速度が14～32 km/hの範囲では、区間速度が遅いほど多いという結果が得られた。

謝 辞

本研究を行うにあたり、種々ご鞭撻をいただいた公害センター和田裕前所長および山本明夫支所長に深謝いたします。

—引用文献—

- 1) 彦坂 隆：自動車技術，33，434（1979）。
- 2) 藤原康博：自動車技術会学術講演会前刷集，792，217（1979）。
- 3) 才木義夫・中沢 誠・小山恒人・片桐佳典・須山芳明：安全工学，17，282（1978）。
- 4) 松野 武雄・松林直行・佐々木薫：安全工学，19，78（1980）。
- 5) 自動車技術会：自動車諸元表（1978）。
- 6) 交通流管理対策研究委員会：交通流管理から見た自動車排出ガスの研究（1974）。
- 7) 交通工学研究会編：交通工学ハンドブック，技報堂（1973）。