

小型ディーゼル車からの汚染物質排出実態

福岡 三郎 飯田 靖雄 舟島 正直
 古明地 哲人 茅島 正資 小林 温子
 鈴木 正次 梅原 秀夫 泉川 碩雄
 石黒 辰吉

1 はじめに

ディーゼル自動車は、燃料の経済性、高出力という利点から最近著しく、登録台数が増加している。例えば、わが国の貨物車保有台数に占めるディーゼル車の比率は、1968年が9%であったものが、1979年には19%にも達しており¹⁾、乗用車・貨客車以外の分野におけるディーゼル車の占める割合は、今後とも高くなるものと思われる。

一方、ディーゼル車から排出される汚染物質のうち、一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)、窒素酸化物(NO_x)については、昭和49年から規制が始ったこともあって、その排出実態に関する調査研究も数多く行われている。しかし、規制が行われている3物質以外の汚染物質については、わずかに黒煙についてのみ相対濃度としての規制がなされているに過ぎず、黒煙の原因となる粒子状物質やサルフェイト(SO₄⁻²)、ホルムアルデヒド(HCHO)といった汚染物質については、測定法すら確立されておらず、その排出実態は全く明らかにされていない。

また、米国環境保護庁(EPA)は、1982年から小型ディーゼル車からの粒子状物質について、規制を始めることを告示しており、わが国においても、ディーゼル車から排出される粒子状物質の有害性についての検証が急がれている。

当公害研究所では、このような状況にかんがみ、1974年に粒子状物質測定用の希釈トンネル装置を購入し、自動車排出ガス中粒子状物質測定法の検討を進めるとともに、1978年から小型ディーゼル車からの粒子状物質等微量有害物質排出実態把握につとめ、現在までに、粒子状物質の粒径別排出特性、SO₄⁻²、HCHO等微量有害物質の排出実態を明らかにし、ま

た、汚染物質相互の関係についても若干の検討を加えたので、以下に報告する。

2 測定内容と方法

(1) 測定の概要

シャーシダイナモ上で実験車を運転し、その全排出ガスを希釈装置に導き、フレッシュ・エアと混合させ、この希釈排出ガスの一部をサンプリングし、粒子状物質等有害物質の測定を行うとともに、既存のCVS装置を用いて通常の排出ガス試験を行った。

(2) 実験装置と実験条件

実験に用いたシャーシダイモーターおよび排出ガス分析装置の諸元は表1に示すとおりである。また、

表1 実験装置の主要諸元

シャーシダイナモーター		
型 式	万才自動車(株)製BCD200E型	
動力吸収方式	渦電流式(MCAD-200)	
最高吸収馬力	160 PS	
ドラム配列	2 軸	
ドラム径及び輪間距離	370φmm 450mm	
フライホイール	125kgピッチ500~3500kg	
排 出 ガ ス 分 析 装 置		
C V S 装 置	型 式	堀場製CVS-31型
	風量設定方式	ルーツプロア-3,4,5,6,9m ³ /min
	温度制御方式	熱交換方式
	サンプルバック	6ヶ(200ℓ)
分 析 計	型 式	堀場製MEXA-2300型
	直接測定用	NO, HC, CO(H), CO(M), CO ₂ , NO ₂
	CVS測定用	NO _x , HC, CO _L , CO ₂ (CO _M)
データ処理装置	岩崎通信(株) DEATAC-S	

希釈装置は図1に示す形状のもので、排気ダクトをそのままCVS装置につないでいる。CVS装置のループロワーを排気量9ℓ/minで使用している関係から、希釈装置(トンネル)内のガス流速は約1m/sとなっている。自動車排出ガス導入部からサンプリングポイントまで約9mの距離をもたせているので、希釈混合した排出ガス流は均一な状態になっていると思われる。ガス流速が1m/sと遅いので、粒径の大きい粒子状物質は自重で希釈トンネル内で沈降する。

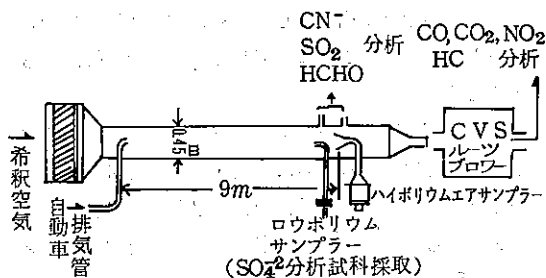


図1 希釈トンネル装置の概略図

実験は、定常条件(アイドリング, 20km/h, 40 km/h, 6.0 km/h, 8.0 km/h)と過渡運転(M-15モードおよび都内実走行モード10本²⁾)について行い、荷重条件としては、最大積載量の1/2を積載しているものとして、実験車重量を求め、これに相当する等価慣性重量をフライホイールで設定した。

なお、実験に使用した小型ディーゼル車は、3車種とも渦室式で、その主要諸元は表2に示すとおりである。

表2 実験車仕様

項目	エンジン型式	総排気量	圧縮比	最高出力	トルク	車両重量	最大積載量	車両総重量	走行距離
		cc		PS/rpm	kg·m/rpm	kg	kg	kg	km
A車	渦室式	2,770	19.0	85/400	18.5/220	1,890	2,000	4,000	1,760
B車	渦室式	2,977	21.0	85/360	21.2/220	1,910	2,000	4,075	4,000
C車	渦室式	2,956	21.0	85/360	20/200	1,860	2,000	4,025	5,200

(3) 試料の採取および分析

ア 粒子状物質

粒子状物質は、希釈トンネルの図1に示す位置で、5段分級のアンダーセンハイボリウムエアサンプラー(ダイレック製AH-600型)を用いてサンプリングした。吸引流量は566ℓ/minで、サンプリング中目づまりによる流量低下は、スライダックで電圧を上げて調整している。使用濾紙は石英濾紙で、第1段は7.1μ以上、第2段は7.0μ~3.3μ、第3段は3.2μ~2.1μ、第4段は2.0μ~1.1μの粒子状物質を各々分級し、1μ以下は最終段のバックアップフィルターに捕集される。粒子状物質捕集後濾紙の恒量処理を行い秤量した。

イ サルフェイト(SO₄²⁻)

希釈トンネルの粒子状物質サンプリング場所よりやや手前で、ローボリウムエアサンプラーで、吸引流量15~20ℓ/minにて、47mmφのフロロポア濾紙に粉じんを採取し検体をアンモニア水をみたしたデシゲータ内に入れ、検体中の硫酸ミストを固定した後SO₄²⁻を60%イソプロピルアルコールで抽出し、この抽出液をフロロポア濾紙で濾過(すすの妨害を除去するため)した後、表3の条件で液クロマトグラフ分析を行った。

表3 液クロ分析条件

移動相	60% IPA
使用カラム	CX, BCカラム
カラム入口圧力	70 kg/cm ²
移動相流量	1.4 ml/min
試料注入量	1.0 ml
測定波長	310 nm

ウ 亜硫酸ガス(SO₂)

希釈トンネルより吸引流量1ℓ/minにてサンプリング、NDIR法により自動測定(横河製煙道ガスSO₂分析計8230型)した。

エ ホルムアルデヒド(HCHO)

2本直列に連結したボールフィルター付吸引管に、2-4ジニトロフェニルヒドラジンりん酸溶液を20ml入れ、希釈トンネルより1~1.5ℓ/minの吸引速度で排出ガスを40~60ℓ捕集し、生成したヒドラ

ゾンを四塩化炭素で抽出しこの一部を水素炎イオン化検出器付ガスクロマトグラフで定量した(DNPH法)。オ シアン (CN⁻)

ボールフィルター付吸収管に5 N水酸化ナトリウム溶液を20 mlとり、1.5~2.0 ℓ/minで希釈排出ガスを60~80 ℓ捕集する。捕集後溶液のpH調整等を行った後、シアンイオン電極法でCN⁻を定量した。カ NO_x, HC, CO, CO₂

CVSを用いて、ガソリン車排出ガス試験法に準じて、排出ガス測定を行った。

キ 燃費

燃費計(小野測器製AF200型)により、単位時間、または一走行モード当りの燃料消費量を計測した。

3 測定結果と考察

(1) 汚染物質走行条件別測定結果を示す。

ア 定常条件

表4に定常条件における汚染物質測定結果を示す。

表4 走行条件別汚染物質測定結果①

		定常条件							
車種	走行条件	汚染物質	NO _x	HC	CO	粒子状物質	SO ₄ ²⁻	SO ₂	燃費
			g/km	g/km	g/km	mg/km	mg/km	g/km	km/ℓ
A車	ID*	0.212	0.019	0.109	93.5	2.6	-	4.6	
	20 km/h	2.11	0.04	0.72	107	6.4	-	7.1	
	40 "	1.41	0.06	0.69	60	10.6	-	13.9	
	60 "	1.70	0.03	0.26	90	18.4	-	11.9	
	80 "	2.90	0.02	0.26	106	19.2	-	9.5	
B車	ID*	0.205	0.026	0.178	22.9	1.2	-	11.3	
	20 km/h	1.65	0.19	1.20	204	9.0	0.54	10.0	
	40 "	1.96	0.09	0.80	169	8.0	0.48	12.3	
	60 "	2.37	0.58	1.40	358	38.6	0.62	10.1	
	80 "	1.95	0.82	1.39	238	40.3	0.57	7.6	
C車	ID*	0.170	0.009	0.0087	58	3.9	0.03	12.5	
	20 km/h	2.24	0.16	1.28	153	15.4	0.84	8.0	
	40 "	2.31	0.08	0.64	143	22.1	0.69	10.5	
	60 "	2.50	0.12	0.81	191	16.5	0.60	10.0	
	80 "	3.45	0.28	1.56	260	33.8	0.85	8.7	

注)* ID(アイドリング)単位: NO_x, CO, HC, SO₂はg/min; SO₄²⁻はmg/min; 燃費はcc/min。

一般に自動車は、40km/hの車速の時一番燃費がよく、それより高速になる程燃費はわるくなる。この傾向は汚染物質排出量にも対応してみられるもので、各汚染物質ともに40km/hの時排出量が最小になっている場合が多い。

粒子状物質排出量は車種によってかなりデータがばらついており、例えばA車は燃費がよく、CO, HCの排出レベルも低く、燃焼効率のよい車と思われ、粒子状物質排出量も他車に比べ著しく少ない。これに対してB車は高速域(60km/h, 80km/h)のHC排出レベルが他車に比べ著しく高く、燃焼状態がややわるいと推定され、これに対応して粒子状物質排出量も多くなる。

ディーゼル車からの粒子状物質排出量を、ガソリン車のそれと比較するために、表5に当公害研究所が実施したガソリン車の粒子状物質測定例³⁾を示す。両者を比較すると、ディーゼル車からは、未規制ガソリン車の15~30倍、53年規制対策車の30~60倍の粒子状物質が排出されているのがわかる。

表5 ガソリン車の粒子状物質排出量

		mg/km	
走行条件	車種	53年規制車	未規制車
		定速条件	20 km/h
	40 "	4.3	4.7
	60 "	4.6	7.3
	80 "	6.0	6.2
	10モード	8.4	1.4
実走行	No. 2	10.8	2.0
	5	8.7	13.4
	8	5.3	7.5

イ 過渡運転

表6に過渡運転における汚染物質測定結果を示す。各汚染物質ともに車種、走行条件、燃費等により排出量が大きく変動している。ガソリン車の10モードに相当するM-15モードにおける排出量は、粒子状物質で300~500mg/km, SO₄²⁻で30~50mg/km, HCHOで5~45mg/km, CN⁻で4mg/kmの範囲内にある。車種別ではA車の汚染物質排出量が他車種に比べてやや少ない。粒子状物質排出量をガソリン車の

表6 走行条件別汚染物質測定結果②

過渡運転

汚染物質 車種	No	NO _x	HC	CO	粒子状物質	SO ₄ ²⁻	SO ₂	HCHO	CN	燃費
		g/km	g/km	g/km	mg/km	mg/km	g/km	mg/km	mg/km	km/l
A 車	No 2	3.75	0.35	2.20	573	71.1	-	6.9	-	2.5
	4	3.05	0.29	1.58	289	37.2	-	19.4	-	4.3
	5	2.30	0.24	1.33	179	15.3	-	23.3	-	4.9
	8	1.82	0.13	0.91	227	10.6	-	16.3	-	7.4
	10	1.69	0.15	0.75	226	30.3	-	14.3	-	8.8
	M-15	2.55	0.31	1.34	313	30.8	-	4.8	-	4.7
B 車	No 1	4.34	1.09	4.29	879	82.3	1.71	54.0	-	3.3
	2	3.76	0.81	3.35	733	76.4	1.43	37.9	-	4.2
	3	3.47	0.62	2.56	509	47.5	1.26	21.9	-	5.2
	4	2.95	0.53	2.22	555	78.9	1.09	19.8	-	5.9
	5	2.76	0.51	2.03	536	65.4	0.96	23.5	-	6.6
	6	2.68	0.43	1.80	449	39.3	0.91	16.8	-	6.8
	7	2.50	0.36	1.60	447	28.1	0.85	15.7	-	7.2
	8	2.38	0.34	1.54	278	46.0	0.80	15.0	-	8.0
	9	2.27	0.33	1.44	365	47.0	0.70	15.4	-	8.2
	M-15	2.68	0.46	1.96	461	35.4	1.04	25.8	-	5.8
C 車	No 1	6.28	1.01	5.22	1296	-	2.19	-	9.38	1.7
	2	4.90	0.73	3.82	642	62.8	1.60	28.1	6.59	3.1
	3	4.11	0.69	3.43	687	-	1.52	25.8	5.49	3.2
	4	3.76	0.58	2.86	598	-	1.30	20.5	5.34	3.5
	5	3.72	0.51	2.61	539	58.6	0.99	16.9	4.86	5.1
	6	3.33	0.51	2.48	516	-	1.16	12.1	6.17	4.6
	7	2.83	0.47	2.13	566	-	1.07	17.5	3.41	5.1
	8	2.90	0.36	1.85	430	70.8	0.85	17.6	4.00	6.5
	9	2.56	0.37	1.79	457	-	0.86	12.7	4.43	6.5
	M-15	2.68	0.37	1.87	387	-	0.90	10.0	4.19	6.8

場合と比較してみると(表5)定常条件のデータ以上に両者に差がみられ、場合によっては、ガソリン車の100倍以上の粒子状物質が排出されている。またガソリン車のSO₄²⁻排出量は、一般的に触媒装着車で1.0mg/km(10モード)前後といわれており、それ

と比較するとディーゼル車の排出量は30~50倍多い。

一方、1982年から粒子状物質の規制を始めるといわれている米国のディーゼル車汚染物質排出実態については、Springerらによって調査がなされており⁴⁾、その測定結果の概要を表7に示す。測定法等実験条件が異なるが、参考のために本測定データと比較してみると、両者にはつぎのような差異がみられている。(なお、米国における試験走行モードは、区間平均車速31.5km/hであり、これに対応する当研究所の実走行モードは、No9[区間車速34.6km/h]がこれに相当すると思われる。)

① 米国のディーゼル車の方がNO_x、HC、COの排出レベルが低く、燃費も若干よい。

② 米国における粒子状物質排出量は、排気量3ℓ程度の車種(乗用車)では300mg/kmで、オーダー的には本測定データとそれ程の差異はない。

③ 軽油中のS含有率が低いこともあって、米国のディーゼル車中SO₄²⁻排出量は、排気量2~3ℓの車では7~9mg/kmと少なく、本測定データ(47mg/km)の1/5~1/7である。

④ 軽油中のS分に対して、SO₄²⁻として排出されるS分の割合は、米国では平均1.65程度であるが、本測定結果では、表8に示すように、2.0~2.5%で若干高い割合になっている。

⑤ HCHOについても、粒子状物質、SO₄²⁻同様、米国の排出量の方が少なく、排気量3ℓクラスでは、本測定データは米国のそれより3~4倍多い。

⑥ 1982年に施行される米国の小型ディーゼル車に対する粒子状物質の排出規制値は、372mg/km(0.6g/mile)である。今回測定した3車種は、規制値すれすれか若干規制値を上回る測定値を示している。

(2) 粒子状物質とSO₄²⁻の粒径別排出量

ア 粒子状物質

アンダーセンハイポリウムエアサンプラーで、大気中粉じんを測定した場合、最小粒径のバックアップフィルターに捕集される粉じん量は、総量の20~30%といわれている⁵⁾が、ディーゼル車排出ガス中では、表9にみるとおり、1μ以下の占める割合が著しく高く、総量の80%近くに達している。ただ、定常条件に比べ、過渡運転では1μ以下の割合が若干低くなり、総量の60~70%程度となる。

表7 米国における小型ディーゼル車からの汚染物質排出量

項目 形式No	排気量	車種	等価慣性重量 kg	NOx g/km	HC g/km	CO g/km	粒子状物質 mg/km	SO ₂ mg/km	燃料中Sとの比 %	SO ₂ g/km	燃料中Sとの比 %	HCHO mg/km	燃費 km/l
220D	2.2ℓ	セダン	1,588	0.65	0.11	0.81	375	7.0	1.34	0.35	106.8	2.5	9.1
240D	2.4ℓ	"	"	0.79	0.18	0.60	298	7.9	1.51	0.32	91.7	4.0	9.2
300D	3.0ℓ	"	1,814	1.07	0.10	0.53	306	9.2	1.67	0.31	86.1	3.8	9.9
204D	1.36ℓ	ワゴン	1,134	0.42	0.69	1.06	237	6.7	1.71	0.26	99.6	11.3	6.7
6-247	4.05ℓ	ピックアップ	2,041	0.93	0.45	1.78	500	10.8	2.00	0.36	108.1	38.2	9.2
平均	-	-	-	0.77	0.31	0.96	343	8.3	1.65	0.32	98.5	12.0	8.8

(注1) 走行モード 1975 FTP 軽油中S分は0.19~0.25%
(連邦標準試験モード)

表8 燃料中S分に対するSO₂中S分の割合 (%)

走行モード		車種	A車	B車	C車	平均
定速条件	20 km/h		0.3	0.8	1.1	0.7
	40 "		0.7	0.7	2.6	1.3
	60 "		1.8	3.3	1.6	2.2
	80 "		1.5	2.5	2.3	2.1
M-15			1.3	2.2	2.5	2.0
実走行	No. 2		1.7	2.7	1.6	2.0
	5		0.6	3.7	2.6	2.3
	8		0.6	3.1	3.9	2.5

(注) 本調査の使用燃料中のS分含有率は0.462%。

自動車から排出される粒子状物質の粒径分布は、排ガス温度および排気系通過時間と密接な関係があり、排ガス温度が300℃以下になると粒径は大きい方に移行するといわれており⁶⁾、加減速やアイドリングの時間比が多い過渡運転で1μ以下の粒子状物質の割合が低くなっているのも排気温度の変化に原因があると推測される。

イ SO₂

SO₂の粒径別排出状況を知るために、定常条件におけるアンダーセンハイボリウムエアサンプラー採取検体の一部について、SO₂の分析を行った結果、表10に示すような結果が得られた。SO₂についても粒子状物質同様、1μ以下の粒径の占める割合が多く、総量の60~75%を占めているが、SO₂の場合1μ以下の割合が粒子状物質に比べやや少なくなっている。

表9 ディーゼル排ガス中粒子状物質粒径別排出量

走行モード	項目 粒径目	A車		B車		C車	
		排出量 mg/km	比率 %	排出量 mg/km	比率 %	排出量 mg/km	比率 %
定速条件	7.1μ以上	2.7	3.0	12.6	5.2	7.2	3.5
	7.0~3.3	4.4	4.9	14.3	5.9	10.0	9.9
	3.2~2.1	5.0	5.5	16.1	6.6	12.0	5.8
	2.0~1.1	6.4	7.1	17.4	7.2	12.9	6.3
	1.0μ以下	72.2	79.5	181.9	75.1	163.4	79.5
	計	90.7	100.0	242.3	100.0	205.5	100.0
M15	7.1μ以上	31.0	9.9	34.0	7.4	34.6	6.1
	7.0~3.3	28.5	9.1	34.0	7.4	40.1	7.1
	3.2~2.1	34.3	11.0	44.0	9.6	52.2	9.3
	2.0~1.1	32.1	10.3	42.6	9.2	54.1	9.6
	1.0μ以下	187.2	59.7	306.0	66.4	383.3	67.9
	計	313.1	100.0	460.6	100.0	564.3	100.0
実走行(2.5・8の平均)	7.1μ以上	17.8	5.5	33.4	6.5	19.8	3.7
	7.0~3.3	34.2	10.5	40.6	7.9	29.4	5.5
	3.2~2.1	39.4	11.5	60.4	11.7	40.4	7.5
	2.0~1.1	37.1	7.4	50.5	9.8	42.5	7.9
	1.0μ以下	197.8	75.6	330.8	64.1	405.0	75.4
	計	326.3	100.0	515.7	100.0	537.1	100.0

表10 ディーゼル排出ガス中粒径別粉じん, サルフェイト濃度

走行条件	粒径別	総粉じん濃度 mg/m ³ (%)	サルフェイト濃度 μg/m ³ (%)	粉じん中サルフェイト存在比 %
アイドリ	1 (7 μ~)	0.19 (4.3)	22.4 (6.4)	11.9
	2 (3.3~7.0)	0.54 (12.3)	40.6 (11.7)	7.5
	3 (2.1~3.2)	0.57 (13.0)	24.2 (7.0)	4.2
	4 (1.1~2.0)	0.32 (7.3)	33.6 (9.7)	10.7
	5 (1.0以下)	2.78 (63.1)	225.9 (65.2)	8.1
	計	4.40 (100.0)	346.7 (100.0)	7.9
20 km/h	1	0.77 (3.4)	57.4 (8.8)	7.5
	2	1.11 (4.8)	67.1 (10.3)	6.0
	3	1.36 (5.9)	56.5 (8.7)	4.1
	4	1.46 (6.4)	65.4 (10.1)	4.5
	5	18.23 (79.5)	403.9 (62.1)	2.2
	計	22.94 (100.0)	650.3 (100.0)	2.8
40 km/h	1	0.84 (4.8)	76.6 (10.0)	9.2
	2	0.80 (4.6)	66.0 (8.6)	8.2
	3	1.16 (6.6)	58.9 (7.7)	5.1
	4	1.14 (6.5)	68.3 (8.9)	6.0
	5	13.63 (77.5)	495.2 (64.8)	3.6
	計	17.56 (100.0)	765.0 (100.0)	4.4
60 km/h	1	2.23 (4.1)	238.5 (8.6)	10.7
	2	2.78 (5.1)	225.3 (8.1)	8.1
	3	3.14 (5.8)	242.9 (8.7)	7.7
	4	3.80 (7.1)	291.5 (10.4)	7.7
	5	42.09 (77.9)	1789.1 (64.2)	4.3
	計	54.04 (100.0)	2787.3 (100.0)	5.2
80 km/h	1	0.80 (2.4)	139.6 (6.1)	17.6
	2	1.66 (5.1)	114.8 (5.0)	6.9
	3	2.49 (7.6)	137.8 (6.1)	5.9
	4	1.75 (5.3)	160.8 (7.1)	9.2
	5	26.18 (79.6)	1724.2 (75.7)	5.2
	計	32.88 (100.0)	2277.2 (100.0)	6.9

(3) 汚染物質の車速別排出特性

汚染物質排出量は表6にみるとおり、同じ車種でも、走行モード(区間平均車速)のちがいで大きく変化する。そこで横軸に区間平均車速、縦軸に汚染物質排出量をとって、汚染物質の排出特性カーブを描くと、図2に示すようなグラフが得られる。

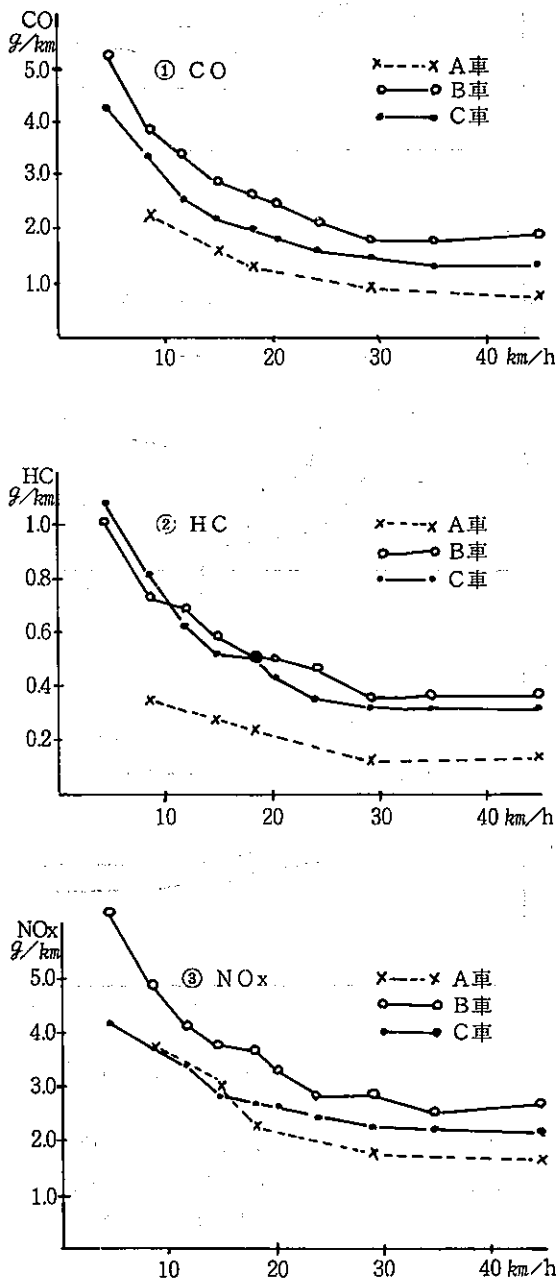


図2-1 汚染物質の排出特性

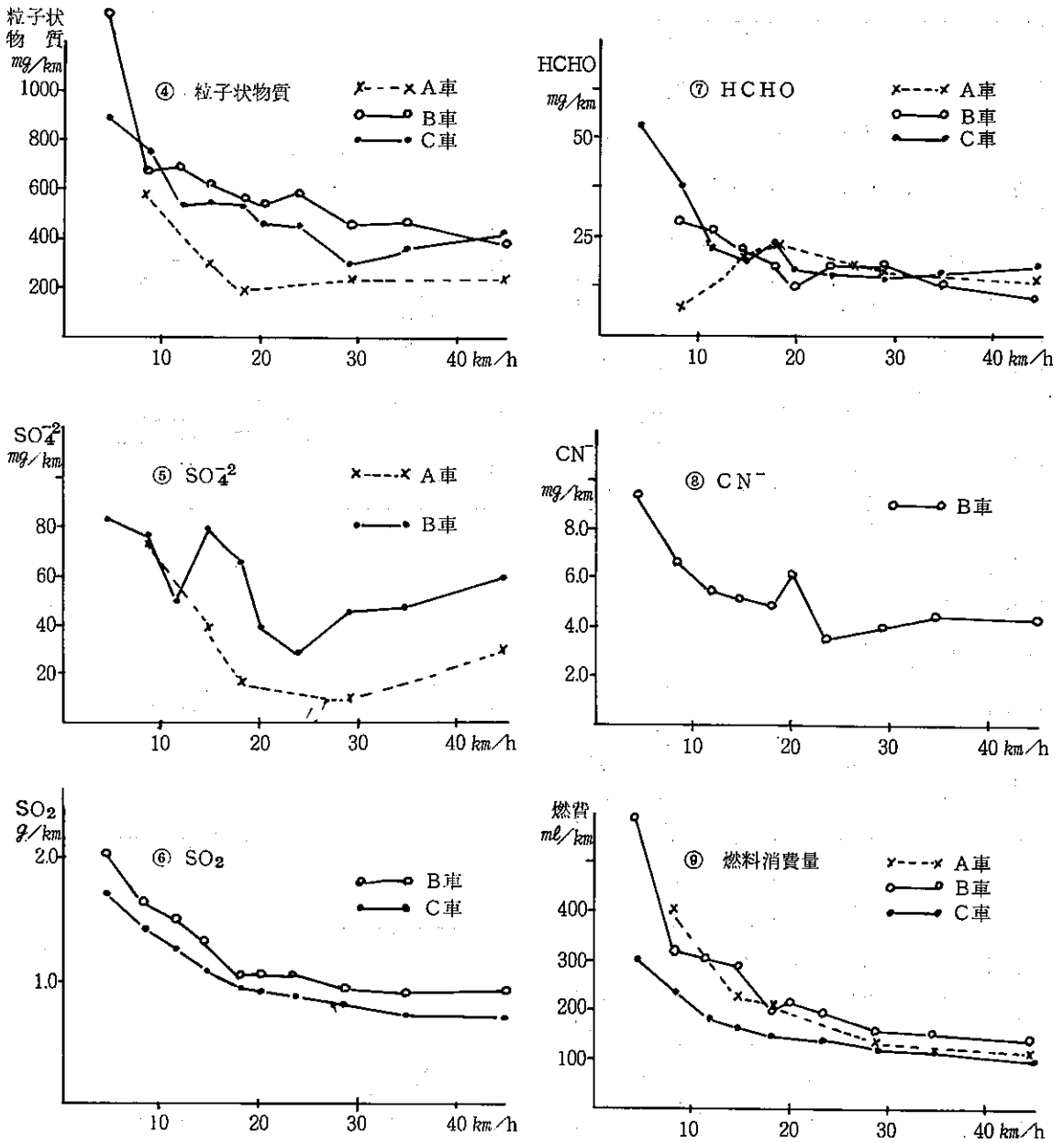


図 2-2 汚染物質の排出特性

図 2 にみるとおりディーゼル車の燃費（他の項目との整合性をはかるため、 km/l を ml/km に換算）は、区間平均車速の遅い領域では著しくわるく、25 km/h をこえた車速領域からは一定レベルになる。各汚染物質排出特性も燃費の特性にほぼ対応しており、平均車

速の遅い領域で排出量が多く、その後排出量は漸減し、25 km/h をこえる領域で排出レベルが一定となる。ただ、粒子状物質と SO_4^{2-} では車種によっては、高速領域で再び排出量が増加する傾向を見せている。HCHOや CN^- にも若干の傾向がみられる。

(4) 汚染物質相互の関係

ア 粒子状物質と他の汚染物質との関係

粒子状物質の種々の特性を把握するために、粒子状物質と他汚染物質との相関図を図3～8のように作成

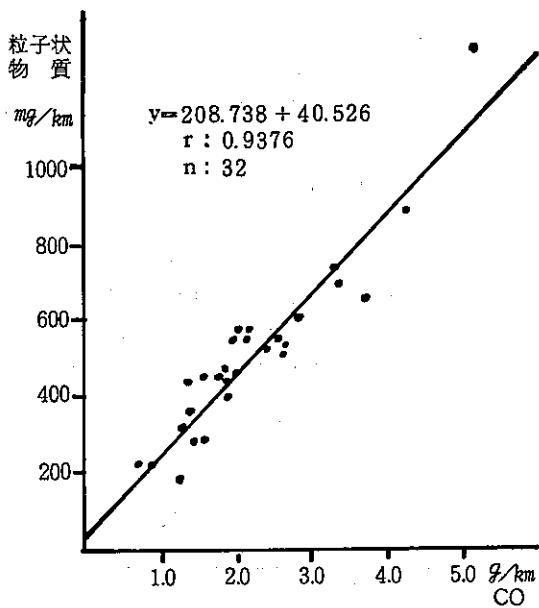


図3 粒子状物質とCOの関係

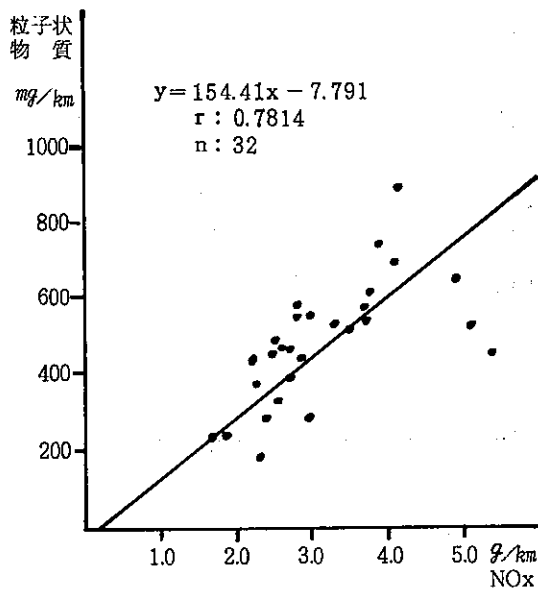


図5 粒子状物質とNOxの関係

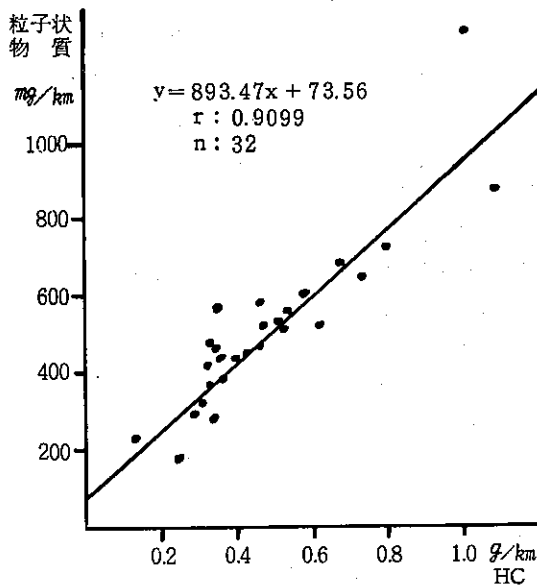


図4 粒子状物質とHCの関係

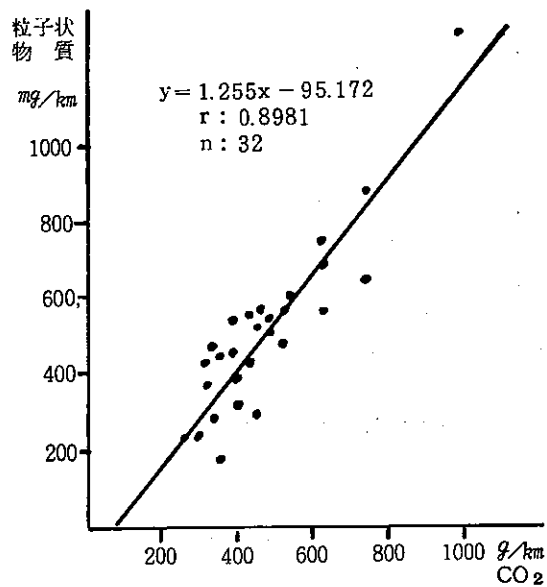


図6 粒子状物質とCO₂の関係

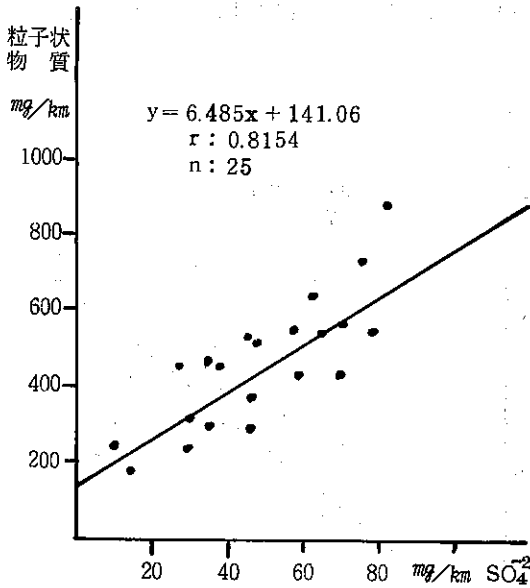


図7 粒子状物質とSO₄²⁻の関係

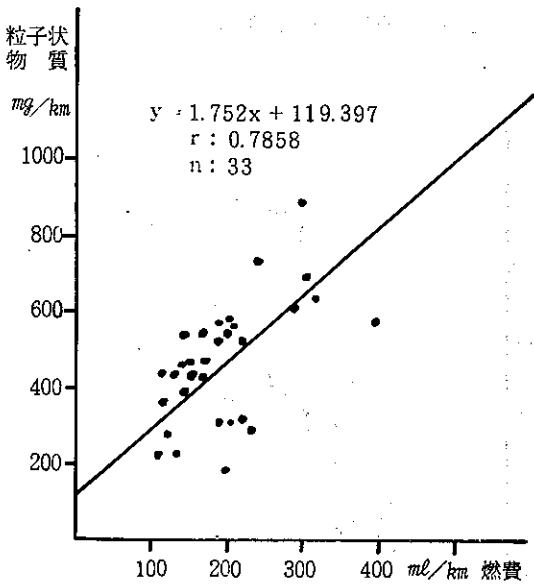


図8 粒子状物質と燃費の関係

した。図にみるとおり粒子状物質は他汚染物質とよい相関があり、とくにCO, HC, CO₂とは相関係数0.9

前後の密接な関係をもっている。このことから、粒子状物質を構成しているものが、完全燃焼生成物と不完全燃焼生成物とを合算したものであることがわかる。NO_xとは生成のメカニズムが異なるために、CO, CO₂, HCに比べ相関係数が若干わるい。粒子状物質は燃費とも良好な関係があり、km当りの燃料消費量が増えるにしたがって、粒子状物質排出量も増えることがわかる。

一方、粒子状物質中に占めるSO₄²⁻の割合について調べた結果は表11に示すとおりで、粒子状物質に対するSO₄²⁻の割合は、過渡運転で10～12%、定常条件では車速の速い方の割合が高く、80km/hでは15%となっている。この値は、米国における測定例(表7参照、5車種平均で2.4%)に比べて、我が国の軽油中S含有率が多いとはいえ、著しく高い割合である。

表11 粒子状物質質量に対するSO₄²⁻の割合

走行モード	車種				
	A車	B車	C車	平均	
定速条件	20 km/h	6.0	4.4	10.1	6.8
	40 "	17.6	4.0	20.5	14.0
	60 "	20.6	10.8	9.9	13.8
	80 "	18.1	16.0	11.8	15.3
M	15	10.5	9.5	10.6	10.2
実走行	Na 2	12.5	10.4	9.8	10.9
	5	8.5	12.2	10.9	10.5
	8	4.7	16.5	16.5	12.6

イ SO₄²⁻とSO₂

図9はSO₄²⁻とSO₂の相関図である。図にみるように両者の相関はわるく、むしろ図7に示した粒子状物質とSO₄²⁻の相関の方がはるかによい。ディーゼル排出ガス中のSO₄²⁻とSO₂の相関がわるいのは、反応剰余物質であるSO₂と反応生成物であるSO₄²⁻とは本来関係がうすいこともあるが、SO₂が排出ガス中の重金属等と結合しSO₄²⁻になるには、排ガス温度、O₂濃度などその時の周囲条件によって大きく影響され、SO₂濃度が増えても他の条件が整わなければ、必ずしもSO₄²⁻にならないことによるものと思われる。

また、SO₄²⁻、SO₂と燃費の関係は、図10～11

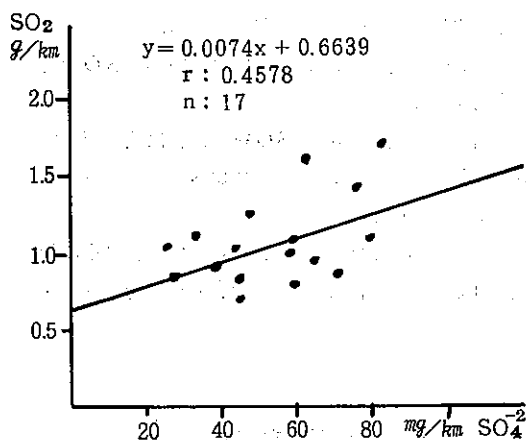


図9 SO₂とSO₄²⁻の関係

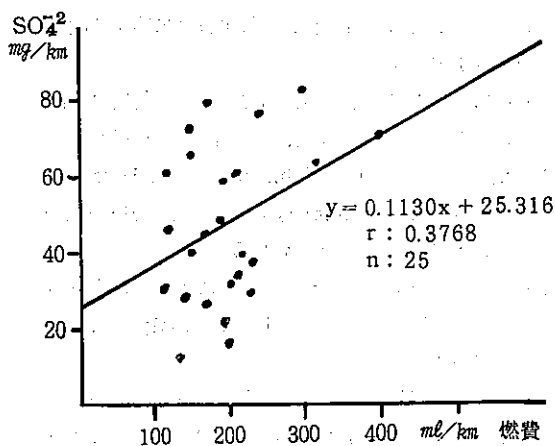


図10 SO₄²⁻と燃費の関係

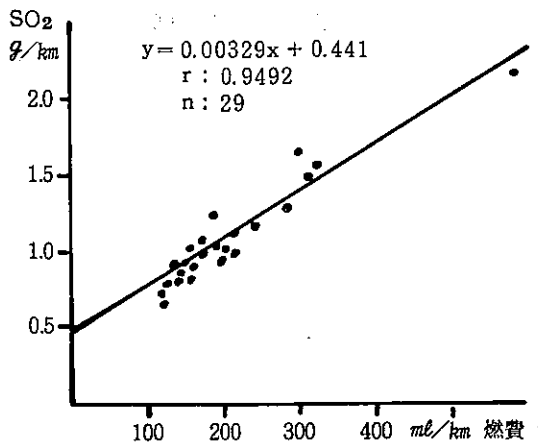


図11 SO₂と燃費の関係

に示すとおり、燃費とSO₂は著しくよい相関にあるが、燃費とSO₄²⁻は全く相関がわるい。

ウ HCHOとHC

一般に全HCに対するアルデヒド類の割合はディーゼル排ガスの場合13～14%⁶⁾といわれ、また、全HCとHCHOの割合は、表7の米国の測定例では2～8%となっている。今回筆者らの測定したのはホルムアルデヒドのみであるが、全HCとHCHOの比は米国の場合よりやや高く、2～10%となっている。

一方、HCHOと全HCの相関図は図12に示すように、両者の相関は比較的よい。また、HCHOと燃費の相関はわるい。

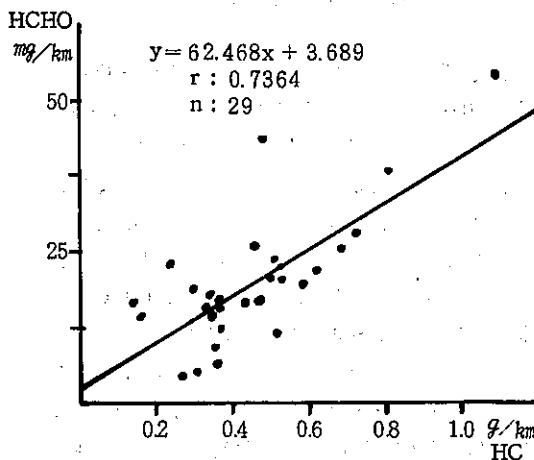


図12 HCHOとHCの関係

エ CN⁻とCO

芳住らの研究⁷⁾によると、ガソリン車排出ガス中のCN⁻は、NO_xと非常によい相関が認められるとしているが、ディーゼル車の場合は、図13に示すようにNO_xとはわるく、むしろCOとよい相関がみられている。また、HCHO同様燃費との相関はわるい。

4 ま と め

希積トンネルを用いて、小型ディーゼル車からの汚染物質排出実態を調査した結果つぎのことがわかった。

- ① 小型ディーゼル車からの粒子状物質排出量は、車種によってばらつきがあり、HC、COなど未燃焼生成物の多い車種は粒子状物質排出量も多い。
- ② 過渡運転の代表的モードであるM-15モードで

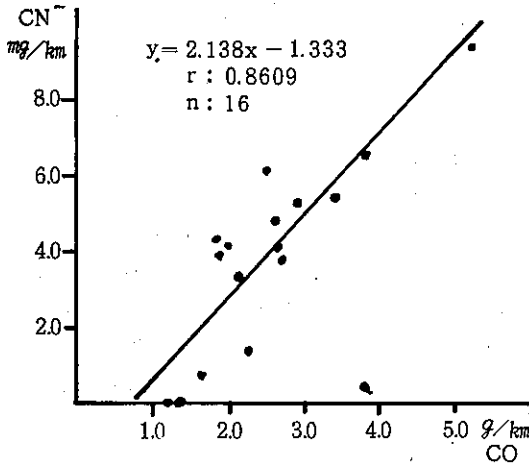


図13 CN⁻とCOの関係

の粒子状物質排出量は300~500mg/km, SO₄²⁻排出量は30~50mg/km, HCHO排出量は, 5~45mg/km, CN⁻排出量は4mg/kmの範囲内であった。

③ 本測定データと米国のデータとを比較した結果, 粒子状物質排出量はほぼ同一レベルにあるが, SO₄²⁻排出量はわが国の軽油中S含有率が高いこともあって, 本測定データの方が著しく高い。また, HCHOも高く米国のデータの3~4倍の値を示している。

④ 小型ディーゼル車の粒子状物質排出量は, ガソリン車のその30~60倍(定常条件で), 過渡運転では100倍以上の値である。またSO₄²⁻もディーゼル車は, ガソリン車の30~50倍多い排出量となっている。

⑤ 燃料中S分の2.0%前後がSO₄²⁻として排出され, この比率は米国の測定例よりやや高い。

⑥ 粒子状物質, SO₄²⁻ともに1μ以下の粒径のものが著しく多い。

⑦ 粒子状物質は, HC, CO, CO₂と非常に相関がよく, 相関係数が0.9前後となっている。

⑧ SO₄²⁻は粒子状物質との相関はよいが, SO₂とは相関がわるい。

⑨ 粒子状物質中に占めるSO₄²⁻の割合は過渡運転で10~12%で, 米国の測定例に比べるとかなり高い割合となっている。

⑩ ディーゼル排出ガス中のHCHOは, 全HCに対し2~10%の割合で存在し, 両者の相関関係は非常によい。

参考文献

- 1) 日本自動車工業会:自動車統計月報 VoL 13 No.10.
- 2) 東京都公害研究所:自動車排出ガスに関する調査研究(1977).
- 3) 飯田靖雄:自動車から排出される汚染物質の排出量, 第19回大気汚染学会講演要旨集(1978).
- 4) Springer, K. J., Sfahman, R. C.: Diesel Car Emission Emphasis on Particulate and Sulfate SAE paper 770254.
- 5) 角脇:アンダーセンサーブラーによる都市大気中の粒子状物質の粒度分布 Japan Analysis 23 (1974).
- 6) 中央公害対策審議会大気部会自動車公害専門委員会:「自動車排出ガス許容限度長期設定方策について」に関する説明資料(1977).
- 7) 東京都公害研究所:シャーンダイナモによる自動車排気ガスに関する調査研究報告(1975).