

自動車排出ガスにおよぼす交通制御の影響について

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF TRAFFIC
CONTROL ON MOTOR VEHICLE EMISSIONS越 正 毅*・大 蔵 泉**・茨 木 康 男***
By Masaki KOSHI, Izumi OHKURA and Yasuo IBARAGI

1. はじめに

自動車排出ガスの減少対策としては、在来主としてエンジンの改良などの自動車構造面からの努力が強調され、多くの研究もなされてきたが、信号制御の合理化などによる自動車交通流の改善という交通工学的対策については、これまであまり真剣には取り上げられなかった。

排出ガスが走行のしかたによって変わることはよく知られているにもかかわらず、自動車の走行状態と排出ガスとの関係については、きわめて断片的な事柄しか知られていない。定速定地走行あるいは一定パタンのもとにおける排出ガス資料はこれまでも得られており^{2),3)}などCO, HCの排出量はアイドリング時および減速時に多いこと、NO_xの排出量は定速走行時および加速時に高まることなどが確認されている。

一方複雑かつ不規則な速度変化を伴う街路における実際の走行状態に関する資料としては、アメリカ公衆衛生局の路上走行に基づく排出ガス調査⁴⁾、および1973年東京都が行った大気汚染物質排出係数算出調査⁵⁾が知られる程度で他にほとんどよるべき資料が見当たらない状況である。アメリカ公衆衛生局の解析では、HCおよびCOの単位距離当りの排出量は平均車速の対数関数として説明できること、NO_xの排出量は平均車速によらず、むしろ空気-燃料混合比の関数となることが報告されている。また、東京都の調査では、路上での実車走行試験によって得られた走行状態から平均車速および運転状態(アイドル、加減速、定速)の時間割合などを考慮して代表的走行状態を選び出し、単位距離当りの排出ガスを測定している。いずれの解析も走行状態を定量的に表現

することについては十分とはいえず、排出ガス量と走行状態との一般的な関係を導き出すに至っていない。

以上の背景のもとに本研究は、交通制御による自動車排出ガス対策の効果を定量的に知ることを目的として、主として街路における自動車の走行状態と排出ガスおよび燃料消費量との定量的な関係を実験的に解析したものである。

本研究は警視庁交通部との協力によって実施したものであり、実走行パタンおよび排出ガスに関する実験的資料は警視庁交通部が作成し、筆者らはこれらの資料の解析作業を分担した。

2. 走行パタンおよび排出ガスの測定

実際の道路上での走行状態を得るために、各種の車両を用いて、さまざまな道路種別、時間帯について走行調査を実施し、合計510通りの実走行パタンを得た。

これらのうち、各車種別、道路種類別に代表的な走行パタンを計64通り選定し、代表的なガソリン車およびLPG車計8台を用いて、シャシダイナモにより、延べ109通りの実走行パタンにおける排出ガス直接測定を行った。

ディーゼル車(大型トラック)については、シャシダイナモによる直接測定が不可能であったので、実走行調査で得られたエンジン運転状態と、別途行われたエンジン単体ベンチテストによる排出ガス測定結果とに基づいて、実走行パタンにおける排出ガス量を推定した。

(1) 実走行パタンの測定

実走行パタンの測定に用いた車両は、小型乗用車、軽自動車、小型トラック、大型トラックの4車種につきそれぞれ代表車1台ずつの計4台である。

道路の種類として、幹線道路、細街路(裏通り)、首都高速道路の3種を取り上げ、さらに幹線道路について

* 正会員 工博 東京大学助教授 生産技術研究所

** 正会員 工博 東京大学助手 生産技術研究所

*** 正会員 工修 運輸省航空局飛行場部計画課

は平常実現する走行状態（平常走行）のほかに異常高速走行状態も付け加えた。異常高速走行状態とは深夜、早朝などすいた交通状況のもとでまれに実現する状態で、一般街路を可能な限り高速で走行した結果を適用した。各道路種類、各車種ごとの測定走行パターン数は表一1 に示されるとおりである。

試験車は異常高速走行以外は、車の流れにのってフローティング法で走行し、データレコーダに速度を記録した。本研究では、こうして得られた速度記録の各サンプルを走行パターンと称することにす。ディーゼル車（大型トラック）の場合にはこれに加えて、エンジン回転数およびアクセル開度を同時に記録した。

実走行試験から得られた速度記録は、速度-時間および速度-距離のグラフとして再現し、これらのグラフをグラフペンで読み取って各走行パターンごとに次のような諸量を求めた。

X_1 : 走行所要時間（旅行時間，秒）

L : 走行距離（km）

X_2 : 停止回数（回）

$$V_T : \text{区間速度 (km/hr)} = \frac{L}{X_1} \times 3600$$

V_x : 距離的平均速度（km/hr）

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{L} \int_0^L v(x) dx \\ &= \frac{1}{L} \int_0^T v(t) \cdot v(t) dt \\ &= \frac{1}{L} \int_0^T v^2(t) dt = \frac{\int_0^T v^2(t) dt / T}{L/T} \\ &= \frac{V_T^2 + \sigma_T^2}{V_T} = V_T + \frac{\sigma_T^2}{V_T} \end{aligned}$$

ここに、

$v(x)$: 距離 x における速度

$v(t)$: 時間 t における速度

σ_T : $v(t)$ の平均値 (V_T) まわりの標準偏差

X_3 : 加減速度の累加値 (km/hr)

$$x_1 : 1 \text{ km 当り走行所要時間 (秒/km)} = X_1/L$$

$$x_2 : 1 \text{ km 当り停止回数 (回/km)} = X_2/L$$

表一1 測定走行パターン数（道路種類別，車種別）

車種	道路種類			車種別計
	幹線道路	細街路	首都高速道路	
小型乗用車	401	15	8	424
軽自動車	17	—	—	17
小型トラック	34	—	—	34
大型トラック	35	—	—	35
道路種類別合計	487	15	8	510

表一2 排出ガス測定に用いた試験車

車種	車名	年式	排気量 (cc)	車両重量 (kg)	気筒	変速 (段)	定員	総走行キ	燃料
小型乗用車	スカイラインセドリック	45	1480	1030	4	3	5	20441	ガソリン
	カリーナ	48	1980	1315	6	4	5	3000	〃
	シビッククラウン	48	1588	930	4	4	5	22500	〃
	シビッククラウン	48	1169	650	4	4	5	6700	〃
軽自動車	ライフ	48	356	640	4	4	4	10000	ガソリン
	フロンテ	48	356	545	2	4	4	10000	〃
小型トラック	トヨエース	48	1587	1355	4	4	3	17000	〃

$$x_3 : 1 \text{ km 当り加減速度累加値 (km/hr/km)}$$

$$= X_3/L$$

距離的平均速度 V_x は、いわば巡航速度を示すものである。もし一定速度で走行すれば、 $V_T = V_x$ となり、速度のばらつき（加減速）が増すほど V_T に対して V_x が大きくなる。

ディーゼル車の場合には、エンジン回転数とアクセル開度との組み合わせごとに秒数の頻度も求めた。

(2) 排出ガスの実測（ガソリンおよび LPG 車）

上述のガソリン車実車走行試験結果の中から、平均速度と 1 km 当り停止回数との組み合わせが広い範囲にばらつくように、また (1) で求めた諸量が偏らずにできるだけ広い範囲にばらつくように、代表的な実走行パターンを選定して、排出ガスの測定対象とした。選定された走行パターンは、小型乗用車 46 パタン、軽自動車 9 パタン、小型トラック 9 パタンの計 46 パタンである。

排出ガス測定に用いる試験車として、車種、エンジン形式、エンジン排気量を考慮して、表一2 に示すように、計 8 台の車両を選定した。

これらの試験車をシャシダイナモ上で実走行パターンに従って運転し、CVS 法によって排出ガスを推定した。また、各車両とも、実走行パタンのほかに運輸省 10 モードにおける排出ガス測定も実施した。延べ 116 パタン (10 モードを含む) の測定がなされ、そのうち、スカイラインについては 47 パタンについての測定が行われた。排出ガス量の測定に際しては適宜、複数回の測定を行い変動係数によって測定精度の検討を行った。その結果、CO の測定誤差は他の成分より幾分大きく、7~8% の誤差が認められたケースもあるが、HC、NO_x および燃料消費量の測定誤差は数 % の範囲にあることが知られた。

(3) ディーゼル車の排出ガス推定

ディーゼル車については、エンジン単体のベンチテスト結果から、実走行パターンにおける排出ガスを推定するという方法によった。予燃焼式、直接噴射式および渦

流式の3種のエンジン各1台ずつについて、エンジン回転数と負荷率とをさまざまに変えた場合の定常運転時排出ガス量測定結果¹⁾を入手し、走行試験で得られているエンジン回転数とアクセル開度とのデータを用いて、実走行パターンにおける排出ガス量を算出した。

3. 走行状態と排出ガス量との関係

(1) 旅行時間と排出ガスとの関係

排出ガス測定数のもっとも多いスカイラインについて、1km 当り旅行時間と1km 当り排出ガス量および燃料消費量との関係を図示してみると、図-1~4 のようになる。これらの図から、CO, HC および燃料消費量は、街路の平常走行状態においては、ほとんど旅行時間と比例関係にあることが知られる。

これに反して NO_x は旅行時間との相関があまり高くなく、また街路の平常走行状態においては、走行状態の

変化による NO_x 排出量の変化はあまり大きくない。

高速道路走行 および街路異常高速走行の CO および HC 排出ガス量は、街路平常走行の場合に見られる旅行時間との線形関係からはずれている。

また、CO と HC との間には図-1 と図-2 との対比から、きわめて高い相関が認められる。

表-3 は、各車両についての CO, HC および燃料消費量と旅行時間との単相関計算結果である。

(2) ガソリン車および LPG 車の排出ガス量と走行パターンとの相関分析

排出ガス量と走行パターンとの関係を説明する回帰構造について検討した結果、街路平常走行状態に関しては、次の回帰式がよく適合することが見いだされた。

すなわち、CO, HC, 燃料消費量に対しては、

$$y = \beta_1 \frac{x_3}{V_x} + \beta_2 x_1 + \beta_3$$

ここに、

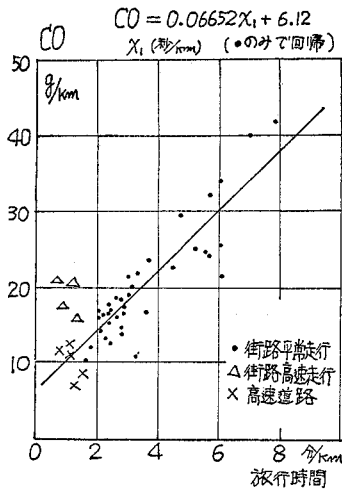


図-1 旅行時間と CO 排出量

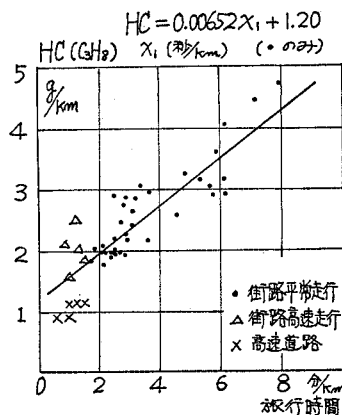


図-2 旅行時間と (HCC₃H₆) 排出量

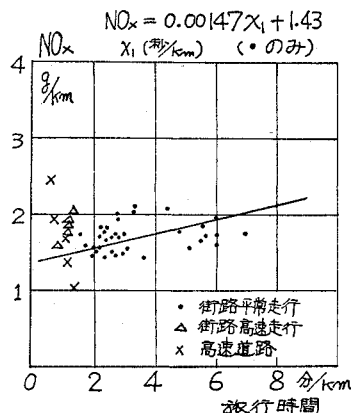


図-3 旅行時間と NO_x 排出量

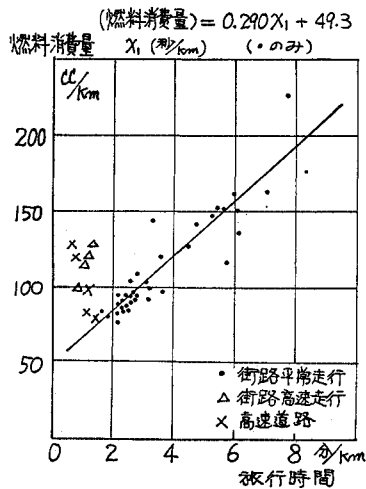


図-4 旅行時間と燃料消費量

表-3 旅行時間との単相関分析結果

		サンプル	CO			t 値	HC			t 値	燃料消費量 (cc/km)			t 値
			相関係数	回帰係数			相関係数	回帰係数			相関係数	回帰係数		
				a	b			a	b			a	b	
乗用車	スカイライン	36	0.90	0.067	6.1	12.3	0.88	0.0065	1.20	10.8	0.91	0.290	49.3	12.8
	セドリック	9	0.98	0.235	-13.1	13.8	0.98	0.0128	-0.29	11.8	0.99	0.473	70.0	23.6
	クラウン (LPG)	7	0.92	0.146	-13.4	5.08	0.74	0.0208	1.68	2.46	0.98	0.289	46.2	10.2
	カリナーナ	9	0.97	0.085	-4.3	10.4	0.96	0.0117	0.12	9.20	0.98	0.291	51.5	13.9
	シビック	9	0.92	0.101	-2.6	6.39	0.78	0.0084	0.45	3.48	0.82	0.322	38.8	3.82
軽自動車	ライフ	9	0.84	0.027	1.5	4.12	0.88	0.0027	0.57	4.95	0.92	0.093	34.0	6.33
	フロントテ	9	0.93	0.054	2.1	6.85	0.90	0.0380	6.31	5.51	0.91	0.101	60.3	5.75
小型トラック	トヨエース	9	0.91	0.052	2.5	5.96	0.87	0.0093	0.76	4.77	0.81	0.179	74.2	3.61
大型トラック	1. 予燃焼	18	0.90	0.039	13.4	3.42	0.65	0.0073	1.23	7.78				
	2. 予燃焼	18	0.59	0.019	2.4	8.16	0.81	0.0019	0.78	3.47				
	3. 直接噴射	18	0.82	0.017	6.8	2.91	0.96	0.0042	0.94	7.36				
	4. 直接噴射	18	0.82	0.043	7.1	5.72	0.96	0.0094	0.99	14.0				
	5. うず流	18	0.58	0.044	7.3	5.67	0.81	0.0164	1.62	14.0				

$y = ax + b$, y : 排出ガス量 (g/km) または燃料消費量 (cc/km), x : 旅行時間 (秒/km)

表-4 相関分析結果 (ガソリン車および LPG 車)

車種	車名	成分	重相 関係数	偏相関係数			回帰係数				t 値		
				r ₁	r ₂	r ₃	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄	1	2	3
小型乗用車	スカイライン	CO	0.90	0.11	0.55		0.230	0.0586	5.96		0.609	3.82	-5.30
		HC	0.88	0.21	0.43		0.0520	4.59	1.19		1.25	2.71	
		NO _x	0.81	0.74	0.60	-0.68	1.84	0.128	-0.0137	0.27	6.26	4.27	
		燃料	0.91	0.06	0.59		0.588	0.269	49.0		0.372	4.20	
	セドリック	CO	0.98	0.26	0.92		0.658	0.214	-13.8		0.668	5.81	-4.50
		HC	0.98	0.09	0.90		0.014	0.0124	0.27		0.221	5.09	
		NO _x	0.93	0.91	0.84	-0.90	1.05	0.060	0.0078	0.43	5.02	3.45	
		燃料	0.99	0.36	0.97		1.06	0.438	68.8		0.950	10.49	
	カリナーナ	CO	0.97	0.38	0.86		0.456	0.0701	-4.85		1.00	4.13	-3.33
		HC	0.98	0.61	0.82		0.114	0.00796	0		1.89	3.53	
		NO _x	0.88	0.84	0.81	-0.83	0.746	0.0544	-0.0058	0.29	3.53	3.09	
		燃料	0.98	0.30	0.92		0.926	0.261	50.5		0.770	5.82	
シビック	CO	0.98	0.83	0.62		1.93	0.0382	-4.74		3.65	1.93	-2.87	
	HC	0.96	0.90	-0.34		0.319	-0.00206	0.10		5.09	-0.877		
	NO _x	0.92	0.74	0.89	-0.79	0.712	0.105	-0.0069	0.38	2.46	4.34		
	燃料	0.95	0.83	-0.05		10.2	-0.0130	27.4		3.64	-0.124		
クラウン	CO	0.94	-0.27	0.85		-1.05	0.226	-21.3		-0.631	3.61	-2.60	
	HC	0.84	-0.19	0.68		-0.150	0.0266	-1.69		-0.439	2.06		
	NO _x	0.93	0.84	0.79	-0.79	5.65	0.373	-0.0382	-3.45	3.12	2.54		
	燃料									0.340	1.40		
ライフ	CO	0.84	-0.10	0.61		-0.252	0.0312	2.36		-0.255	1.86	0.690	
	HC	0.96	0.80	0.12		0.160	0.0003	0.03		3.24	0.304		
	NO _x	0.94	-0.66	0.87	0.29	-0.382	0.172	0.0020	0.32	-1.99	3.92		
	燃料	0.94	0.51	0.54		2.72	0.0507	24.9		1.44	1.58		
フロントテ	CO	0.99	0.89	0.54		2.55	0.0145	-6.42		4.71	1.58	-0.582	
	HC	0.91	0.31	0.54		0.790	0.0259	3.67		0.806	1.55		
	NO _x	0.93	-0.21	0.73	-0.25	-0.0452	0.0503	-0.0008	0.16	-0.491	2.38		
	燃料	0.96	0.76	0.34		4.85	0.0260	44.1		2.83	0.894		
トヨエース	CO	0.94	0.58	0.89		1.77	0.0434	-6.39		1.73	4.76	-1.80	
	HC	0.88	0.11	0.83		0.0744	0.00889	0.38		0.269	3.61		
	NO _x	0.64	0.61	0.17	-0.63	1.19	0.0881	-0.0182	3.80	1.71	0.374		
	燃料	0.81	0.19	0.73		3.34	0.163	57.4		0.477	2.62		

HC: C₃H₈, 燃料: 燃料消費量

y : 排出ガス量 (g/km) または燃料消費量 (cc/km)

$\beta_1 \sim \beta_4$: 回帰係数

x_3, V_x, x_1 : 前述 2.(1) の定義による。

また, NO_x に対しては,

$$y = \beta_1 \frac{V_x}{V_T} + \beta_2 \frac{x_3}{V_x} + \beta_3 x_1 + \beta_4$$

ここに,

y : NO_x 排出量 (g/km)

$\beta_1 \sim \beta_4$: 回帰係数

V_x, V_T, x_3, x_1 : 前述 2.(1) の定義による。

である。

表-4 は各車の重相関係数, 偏相関係数, 回帰係数および t 値を示す。また, 図-5 および 図-6 は分析結果のうち CO , NO_x について, 回帰式による計算値と実測値との対比を示すものである。全体にかなりよい相関を示しており, ガソリンおよび LPG 車の街路平常走行に関しては, 走行パターンから排出ガス量を推定するための良好な回帰式が得られたということができよう。

(3) ディーゼル車の排出ガス量と走行パターンとの相関

ディーゼル車の排出ガス量と走行パターンとの相関性について検討するために, ガソリン車および LPG 車について用いた回帰式を適用してみた。

表-5 に示されるように, あまり良好な相関は得られなかった。

ディーゼル車の排出ガス量は実測値ではなく, エンジン単体定常運転試験結果に基づく推定値であり(前述 2.(3)), 信頼性に疑問なしとしないので, これ以上の検討は行わなかった。

(4) 高速道路および街路異常高速走行における排出ガス量

図-5 および 図-6 には, スカイラインについて街路平常走行時を対象として求めた回帰式(前述 3.(2))による計算値と実測値とを対比したグラフに, 首都高速道路の5パターンおよび街路異常高速走行の5パターンを重ねて示してある。

高速走行時においては, いずれの成分も回帰式とは必ずしも合致していない。特に NO_x は排出量が多く, 偏差も大きい。

いずれにせよ, 高速走行状態における排出ガスに対して

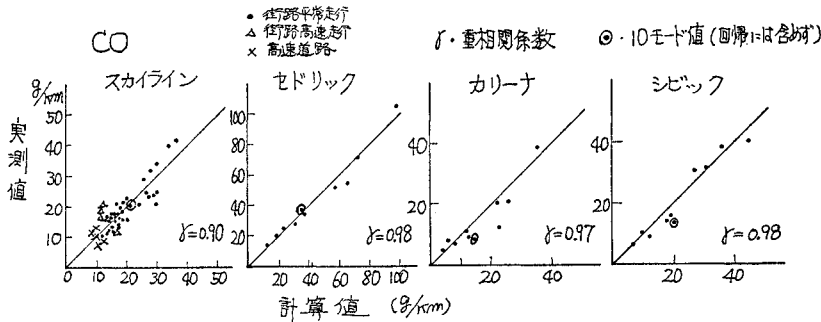


図-5 CO 排出量・回帰式による計算値と実測値との対比

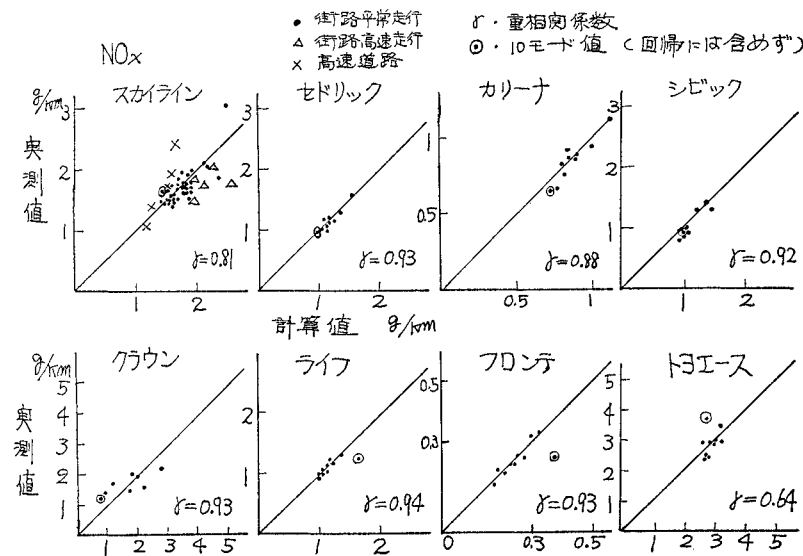


図-6 NO_x 排出量・回帰式による計算値と実測値との対比

表-5 ディーゼル車についての分析結果

	重 相 関 係 数	偏 相 関 係 数			回 帰 係 数				t 値			
		r ₁	r ₂	r ₃	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄	1	2	3	
1. 予 燃 焼 式	CO	0.90	0.27	0.73		0.12	0.0160	1.82		1.09	4.15	
	HC	0.66	0.11	0.42		0.01	0.0016	0.72		0.421	1.77	
	NO _x	0.76	-0.02	0.10	0.10	-0.159	0.099	0.0232	6.94	-0.0571	0.372	0.722
2. 予 燃 焼 式	CO	0.62	0.24	0.26		0.26	0.0975	5.45		0.972	1.05	
	HC	0.81	0.05	0.64		0.008	0.0041	0.90		0.211	3.20	
	NO _x	0.66	0.004	0.17	0.11	0.013	0.050	0.0037	1.93	0.0160	0.660	0.403
3. 直 接 噴 射 式	CO	0.83	0.26	0.58		0.37	0.0334	5.24		1.04	2.76	
	HC	0.96	0.13	0.90		0.02	0.0089	0.90		0.513	8.11	
	NO _x	0.59	-0.05	0.19	0.12	-1.538	0.641	0.0470	23.3	-0.169	0.735	0.444
4. 直 接 噴 射 式	CO	0.83	0.27	0.57		0.40	0.0338	5.33		1.09	2.70	
	HC	0.96	0.17	0.90		0.04	0.0154	1.44		0.657	8.05	
	NO _x	0.59	-0.05	0.19	0.12	-2.192	0.894	0.0655	32.4	-0.173	0.737	0.445
5. う ず 流 式	CO	0.62	0.26	0.25		0.89	0.0291	17.34		1.03	0.982	
	HC	0.81	0.04	0.64		0.01	0.0061	1.36		0.169	3.24	
	NO _x	0.67	0.02	0.18	0.11	0.009	0.065	0.00486	2.48	0.00840	0.667	0.409

$$\text{CO, HC(C}_8\text{H}_{18}\text{)} : y = \beta_1 \frac{x_2}{V_x} + \beta_2 x_1 + \beta_3$$

$$\text{NO}_x : y = \beta_1 \frac{V_T}{V_x} + \beta_2 \frac{x_2}{V_x} + \beta_3 x_1 + \beta_4$$

前述 3.(2) で求めた回帰式を適用するのは適切でないと考えられる。

(5) 運輸省 10 モードと実走行パタンの比較

図-5 および 図-6 には、本研究で街路平常走行の代表的パターンとして選択した走行パターンとともに、運輸省 10 モードにおける排出ガスの実測値と回帰式による計算値との対比を示してある。これらによれば、運輸省 10 モードにおける排出ガスは、いくつかの例外はあるにしても街路平常走行パターンと同じ回帰式で表現できることが知られる。

4. 交通流管理による排出ガス対策

(1) 23 区自動車排出ガス総量の推定

大気汚染対策のための基礎資料とするために、東京 23 区内における車種別、道路種類別、時間帯別排出係数および走行台キロを算出し、昭和 46 年時点における自動車交通による 23 区内 1 日当りの排出ガス総量を推定した。排出係数とは 1 km 走行当りの排出量をさす。

車種として乗用車、小型トラック、大型トラック、軽自動車の 4 種をとりあげ、道路を次の 4 種に分類した。

幹線道路：国道および都道

準幹線道路：幅員 7.5 m 以上の区道

細街路（裏通り）：幅員 7.5 m 未満の区道

自動車専用道路：首都高速道路ほか

a) 走行台キロ

① 幹線道路については約 4 km 程度の小区間に分割し、各区間長と時間帯別、車種別交通量とを乗ずることによって走行台キロを求めた。各区間交通量は、昭和 46 年の全国道路交通情勢調査の実測値⁹⁾に基づいて設定した。交通量実測地点数は 23 区内に 252 地点であった。

② 準幹線道路の場合には交通量の実測値がないので、経験的な推定値として幅員 1 m 当り日交通量を 800 台として走行台キロを求めた。

③ 細街路については、各区別にトリップエンド数と 1 トリップ当り細街路平均走行距離との積として走行台キロを求めた。1 日のトリップエンド数は昭和 46 年全国道路交通情勢調査の OD 表⁹⁾から車種別に求めた。また 1 トリップ当りの細街路平均走行距離は、幹線および準幹線道路が正方格子をなしており、かつトリップエンドが平面的に均一に分布しているという仮定に基づいて、各区別にモデル式によって算出した。

④ 自動車専用道路については、各ランプ間の車種別交通量と各ランプ間の距離との積として走行台キロを算出した。

表-6 は上述の方法による走行台キロの推定結果を車種別、道路種類別に示したものであり、23 区内走行台キロは約 300 万台キロ/日と推定された。

b) 排出係数

排出係数（走行 1 km 当りの排出量）は次のようにして推定した。

① それぞれの道路種類別について各路線を交通条件が一様であると考えられる道路区間に分割し、おのおのに実走行パターン (2.(1)) をあてはめた。各走行パターンに

表一六 車種別・道路種類別走行台キロ

車種別	走行台キロ (千台キロ/日)	走行台キロ構成比
乗用車	24 367	0.46
小型トラック	18 173	0.34
大型トラック	6 383	0.12
軽自動車	4 131	0.08
合計	53 064	1.00

道路種類別	走行台キロ (千台キロ/日)	走行台キロ構成比
幹線道路	33 819	0.64
準幹線道路	9 984	0.19
細街路	2 362	0.04
自動車専用道路	6 899	0.13
合計	53 064	1.00

における各車種の排出係数は、排出ガスの測定結果のあるものはこれを用い、ないものは 3. で求めた回帰式に各走行パタンの諸量（旅行時間、加減速量など）を代入することによって求めた。準幹線道路については走行パターンを測定していないので、その排出係数は幹線道路の平均値を用いた。

② 48 年規制合格車による排出ガス測定試験結果は、48 年規制以前車との 10 モード値比較に基づいて、10 モード値に比例的に補正して 46 年時点走行車の排出係数を推定した。

③ ディーゼル車の HC および NO_x の排出係数については、本研究における計算値に十分の信頼性をおけないと考えて、東京都公害局資料⁹⁾ に用いられた値をそのまま用いた。これはカルフォルニア 13 モードの修正値であるといわれる。

④ 大型トラックはディーゼル車、小型トラックはガソリン車として計算した。

⑤ ガソリン車の HC 排出量には、燃料系からの蒸発分が排気管からの排出量の 20% であるとみなして、これを加えて計算した。

c) 23 区 1 日総量推定結果

表一七 は上述の走行台キロと排出係数とに基づいて、昭和 46 年における 23 区 1 日当りの排出ガス総量を推定した結果を車種別に示したもので、各成分別の推定総量は、

CO 1 289 t/日, HC(CH₄) 377 t/日

表一七 車種別 23 区内自動車排出ガス総量

	CO	HC(CH ₄)	NO _x
乗用車	617	161	86
小型トラック	506	158	67
大型トラック	117	21	34
軽自動車	49	37	4
合計	1 289	377	191

表一八 道路種類別 23 区内自動車排出ガス総量

	CO	HC(CH ₄)	NO _x
幹線道路	870	253	122
準幹線道路	247	73	36
細街路	110	27	8
自動車専用道路	62	24	25
合計	1 289	377	191

NO_x 191 t/日

である。

また表一八は、同じ推定結果を道路種類別に示したものである。

(2) 23 区幹線街路交通流改善効果の推定

3. における排出ガスと走行パタンとの相関分析の結果から、排出ガス減少の対策として、旅行時間の短縮および加減速の減少の 2 つが有効であることが知られた。

これらのうち、旅行時間の定量的表現方法として旅行時間の走行台キロ頻度分布（旅行時間分布）を考へて、都内 23 区内幹線街路における交通流改善策の効果の推定を行った。

対象とした道路 981 km（23 区内国道および都道の 91%）における現状の旅行時間分布を推定し、3. で得られた回帰式によって旅行時間の関数として CO, HC および燃料消費量を求めた。さらに、信号改良、容量増大、需要抑制などの手段によって達成される旅行時間目標分布を仮定問題として 2 通り設定し、それぞれにおける CO, HC および燃料消費量を計算して、減少効果を求めた。

a) 旅行時間分布の推定

対象道路を、交通の特性に従って都心部道路、周辺部環状線、外周部環状線、周辺部放射線・下り、外周部放射線・上り・下りの 7 種に分類した。

各路線を約 4~5 km の小区間に分け、おのおのについて旅行時間および走行台キロの推定を行った。走行台キロは(1)で述べたと同様の方法によった。

2.(1)で述べられた実走行パターン測定に加えて、本節の目的のための追加測定を実施することによって、23 区内幹線街路における乗用車旅行時間実測値を計 396 個得た。これらの実測値は、街路区間約 4~5 km におけるもので、その多くは 1 路線区間当り 2 個が 1 対となっており、午前および午後の各 1 時点ずつの旅行時間が実測されている。

他方、警視庁による資料として路線別時間帯別延べ渋滞時間統計がある。これを上述の道路種類別に従って整理し、7 個の渋滞パターンを作成し、各道路種類別の日中の旅行時間変動パターンを推定し、実測値の得られていない区間および時間帯における旅行時間を推定した。

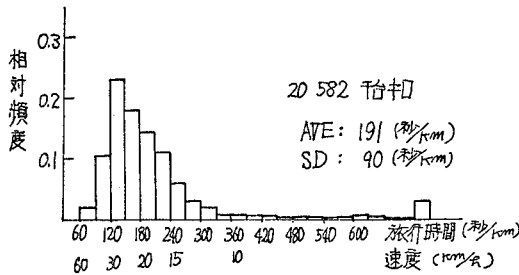


図-7 日中 12 時間の 23 区内幹線街路旅行時間分布

図-7 は以上の方法で推定した 23 区内幹線街路の日中 12 時間旅行時間別走行台キロの分布である。平均旅行時間は 191 秒/km (18.8 km/hr) であり、240 秒/km 以上 (15 km/hr 以下) の場合が 20% を占めるという結果となった。

b) 交通流改善効果の推定

上で求めた旅行時間の走行台キロ分布と、旅行時間を説明変数にした乗用車の排出係数 (CO, HC) および燃料消費量の単純回帰式とから、幹線街路についての各成分の総量を計算した。

図-8 は現状および改善目標旅行時間分布のおおのについて、成分別に旅行時間クラスごとの総量を計算した結果を示したものである。改善目標旅行時間分布 I、

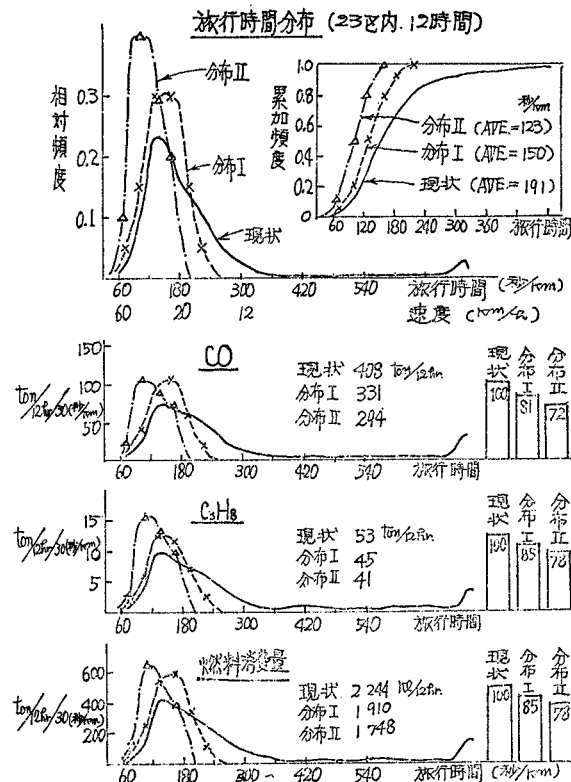


図-8 旅行時間分布と成分別排出ガス量

II は対策によって 1 km 当りの旅行時間にしてそれぞれ 240 秒以上 (15 km/hr 以下), 180 秒以上 (20 km/hr) かかるような渋滞が解消された場合を仮定して設定した分布である。

この結果から改善目標分布が達成された場合には、各成分別に次のような現状に対する改善効果が見込まれる。

- (i) CO : (分布 I) 19% 減, (分布 II) 28% 減
- (ii) HC : (分布 I) 15% 減, (分布 II) 22% 減
- (iii) 燃料消費量 : (分布 I) 15% 減, (分布 II) 22% 減

5. まとめ

街路における平常の走行状態と排出ガスおよび燃料消費量との間には、かなり明らかな関係があることが知られた。

CO, HC および燃料消費量は、旅行時間とほぼ線形関係にあり、しかもその変化範囲が大きいので、旅行時間の短縮をはかることによってかなりの程度軽減することが可能と思われる。

NO_x はほぼ加減速量に依存するが、その変化範囲はあまり大きくならないようである。したがって、加減速を減少させるような方策によって多少程度の NO_x 減少は期待できる。

一般的には、旅行時間の短縮と加減速の減少とは互いに矛盾するものではなく、実走行パターンにおいても旅行時間が短い方が NO_x も少ないという傾向が認められた。

このようなことから、旅行時間の短縮によって排出ガスおよび燃料消費のいずれについても軽減をはかることが十分に可能であるということができ、都内 23 区幹線街路を対象とする粗い効果測定を試みによっても、実際的に意味のある程度の効果を期待できることが知られた。

高速道路や深夜、早朝における街路での高速走行状態については、街路平常走行状態とは逆に、旅行時間の短縮 (旅行速度の増大) にともなって排出ガスおよび燃料消費もかえって増大する傾向にあるものと推定される。したがって排出ガス対策としては、高すぎずかつ低すぎない適当な旅行速度を交通制御の目標とする必要があると思われる。

交通制御の目的関数としては、時間および燃料の経済便益からしても、また排出ガス最小という点からしても、遅れ最小を採るのが妥当であると思われる。

ディーゼル車の排出ガスは、実走行モードによる直接測定がきわめて困難であるために、ここに本研究の

成果として十分に自信を持った結論を述べることはできない。しかしながら、NO_xに関する限り自動車排出ガス総量の中でディーゼル車からのNO_xの占める比率がかなり大きいものと思われるので、今後NO_x総量軽減という点からすれば、ディーゼル車排出NO_xのより正確な測定および解析が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック，技報堂，pp. 112～113，1973.
- 2) 運輸省交通安全公害研究所：都市内走行条件と自動車排出ガスによる汚染量との関連並びにアイドル調整効果に関する研究，1972.6.
- 3) 平井好美ほか：ガソリンエンジンの排気ガスの組成について，自動車技術，Vol. 25，No. 3，pp. 249～259，1971.
- 4) 八巻直臣：自動車排気ガスによる大気汚染の防止に関する諸問題，石油学会誌，Vol. 8，No. 9，p. 688，1965.
- 5) 東京都公害局規制部：大気汚染物質排出係数算出調査—大気汚染物質の発生源別排出強度の現状と将来予測，1973.7.
- 6) 東京都公害局規制部：大気汚染物質排出係数算出調査(移動発生源)，1972.6.
- 7) 警視庁交通部：警視庁交通年鑑，1972.
- 8) 東京都建設局，建設省関東地方建設局：昭和46年全国道路交通情勢調査表(東京都内).
- 9) 建設省関東地建企画部：昭和46年全国交通情勢調査関東地域OD調査報告書(第3分冊).
- 10) 首都高速道路公団計画部調査課：昭和48年度首都高速道路起終点調査報告書.

(1974.10.9・受付)