

53年規制車の NO_x 排出状況について*

鈴木 亮太**・久野 清和**・児玉 博和**
荒川 幸夫**・吉本 健二**

1. はじめに

自動車からの排気ガス中の有害成分の除去技術は、48年の規制導入以来急速な進歩を遂げてきており、さらに、50年、51年、53年と規制の強化に伴ない有害成分排出量は大幅に減少されてきた。しかしながら、最新の排ガス対策システムが取付けられていてもそれが正常に作動していない場合がしばしば見受けられる。一方、愛知県の場合、自動車保有台数は、東京都に次いでおり、昭和60年において、環境基準が達成不可能とされているメッシュでの発生源寄与率は、自動車が75.2%、工場・事業場が18%、その他が6.8%で自動車の影響がもっとも大きい予測になっている¹⁾。NO_xの環境基準値0.06 ppmを越える測定局は、大半が交通量の多い名古屋市内に集中しており²⁾、自動車排ガス中のNO_xが環境汚染に大きく寄与しているのは明かである。自動車排ガス中のNO_xを抑制する対策として、排ガス再循環装置(EGR)、三元触媒、点火時期調整、エンジン改良等と共にターボチャージャー装置や電子燃料供給装置が挙げられる³⁾。

これらの中でEGRは、53年規制乗用車の大半に、また、バン、トラックにおいても半数以上装着されているが、これは排ガスの一部を再循環させエンジンの燃焼温度を下げてNO_x生成を抑制する機構を有する。

Fig. 1に53年規制車に装着されている負荷比例方式のEGRを示した。しかしながら、これはメーカーにより排ガスの再循環量、EGRバルブの作動タイミング等が異なるためNO_x排出量にも大きな差が認められる⁴⁾。本稿では、メーカーの代表的なEGR装着の車種数台について、10・11モードと共に定速走行時、加速時や愛知県モードを測定し53年規制車のNO_x排出状況を検討した。また、最近ターボチャージャーや電子燃料噴射装置を装着した車種がどこのメーカーにおいても多くを占めるようになってきており、このため、NO_x排出係数になんらかの変化をもたらしていると推察される。さらに、

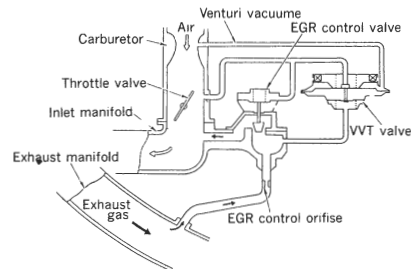


Fig. 1 EGR system of proportional on load

ターボチャージャーは一部ではファッション的な見方をされているが、排出ガス面、パワー等を見る限りその占める割合の増加する理由が納得できることからターボチャージャー搭載車について重点的に検討した。

2. 測定

2.1 測定装置および分析装置

シャーシダイナモメーターは明電舎製、90 kW 直流電気動力計式、1ローラーで設定慣性負荷量は700～2250 kgである。CVSは掘場製作所製CVS-31-1型、6パック式を用い、分析装置はMEXA-2200を用いた。

2.2 測定条件

測定は運輸省通知「自動車排出ガス測定要領について」⁵⁾に準拠した。また、測定車両は、アイドリング時のメーカー基準値に従って、エンジン回転数、点火時期、CO、HC値を調整した。

2.3 測定車両

代表的な測定車両の諸元をTable 1に示す。

2.4 測定項目

運輸省により定められた10モード(平均車速、V_{av}: 17.7 km/h)、11モード(V_{av}: 30.6 km/h)では実際の排出状況を正しくは握できないため、それ以外に愛知県モードである名古屋市内(V_{av}: 21.6 km/h)、都市間

*NO_x Emission of 1978-Regulation Vehicles

**Ryohta SUZUKI, Kiyokazu KUNO, Hirokazu KODAMA, Yukio ARAKAWA, Kenji YOSHIMOTO (愛知県公害調査センター) Aichi Environmental Research Center

Table 1 Specification of test vehicles

Vehicles	A	B	C	D
Engine displacement	2000	2000	1800	1600
Cylinder dia × Stroke (mm)	78 × 70	85 × 88	85 × 78	77 × 86
Combustion control	Electronically	Electronically	Carburetor	Carburetor
Maximum power (PS/rpm)	145/5000	145/5000	135/5000	86/5000
Control device	CC _{Ro} , EGR	CC _{Co} , EGR, AIR, LC	CC _{Co} , EGR, ASS	CC _{Co} , EGR, AIR, LC
Running distance (km)	12117	1339	24,885	4399
Transmission	5 speed	5 speed	5 speed	4 speed
Turbo charger	on	on	on	none

CC_{Ro} : Three-way catalytic converter
 CC_{Co} : Catalytic converter oxidation
 EGR : Exhaust gas recirculation

AIR : Air injection reactor
 ASS : Air Suction system
 LC : Lean combustion system

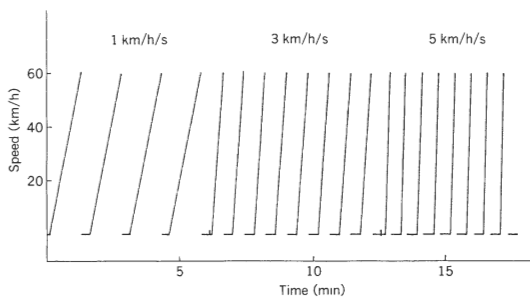


Fig. 2 Acceleration mode for passenger car

(V_{av} : 37.2 km/h), 山村 (V_{av} : 40.5 km/h), 高速道路 (V_{av} : 98.2 km/h) ならびに定速走行 (40, 50, 60, 80, 100 km/h), 加速度モードにより NOx 排出量を測定した。加速度モードは Fig. 2 に示したように 1 km/h/s, 3 km/h/s, 5 km/h/s の 3 段階で 60 km/h まで加速した。ターボチャージャー付エンジンは小排気量で加速時にその力を十分に引き出すことが大きな特徴であり, 市内走行においては, 加減速が多いことから NOx 排出量に少なからず影響を及ぼすため加速時における排ガス排出状

況は特に注目されることである。

3. 結果と考察

Table 2 に各モードにおける NOx 排出量と10モードとそれとの比を示した。平均車速の遅い名古屋市内モードは10モードと比較しても明確な差が認められないが, 高速モードと比べると, B-turbo, B-non-turbo, C-non-turbo は, その比が大きくなり, 他の都市間モード, 山村モードにおいてもその傾向が現われている。A-turbo, C-turbo は, NOx 排出量が非常に低く通常 NOx 排出量のもっとも多い高速モードにおいても10モードより低い値を示しており, 10モードでは差が認められなかったのが実走行モードにおいて明確に認められるようになった。A-turbo では, 高速においても NOx 排出量は増加しないばかりか一部では減少しておりこの現象は今までの車には見られない傾向であった。一方, B-turbo と non-turbo は平均車速が高くなるにつれ, NOx 排出量は明らかに増加しており, 従来の車と同じ排出状況を示した。さらに, 詳細に車速の違いによる NOx 排出特性

Table 2 NOx emission with mode test of turbo and non-turbo cars.

Mode Vehicles		Nagoya	Trunk	Mount	Express	10 Mode	11 Mode	Nagoya	Express
		city zone	road	villa. zone	high way			city zone	high way
		(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)			10 Mode	11 Mode
A-turbo	No. 1	0.28	0.16	0.09	0.03	0.24	2.94	1.16	0.13
	No. 2	0.36	0.18	0.15	0.09	0.26	2.89	1.39	0.35
	No. 3	0.35	0.19	0.23	0.10	0.36	2.74	0.97	0.28
A-non-turbo		0.36	0.31	0.16	1.48	0.17	3.44	2.11	8.71
B-turbo	No. 1	0.92	2.51	0.66	6.27	0.22	3.56	4.18	28.5
	No. 2	0.54	2.14	0.42	4.69	0.24	3.66	2.25	19.5
B-non-turbo		0.33	0.75	0.30	3.80	0.37	3.95	089	10.3
C-turbo		0.06	0.05	0.02	0.02	0.01	2.30	6.00	2.00
C-non-turbo		0.34	0.85	0.23	1.76	0.30	3.65	1.13	5.90
D-non-turbo		1.46	5.78	2.77	5.99	0.42	8.45	3.48	14.3
Av. speed (km/h)		21.6	37.2	40.5	98.2	17.7	30.6	—	—

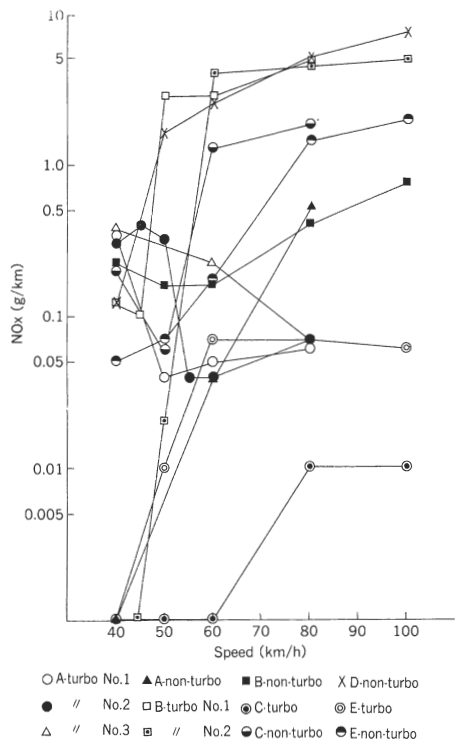


Fig. 3 NOx emission on constant cruising

を検討するため行なった定速走行時における NOx 排出量を Fig. 3 に示した。

従来の車にみられる NOx 排出傾向は A, B, C, D-non-turbo や B-turbo のように車速に比例して増加するのが共通してみられた。しかしながら、A-turbo の 3 台共そろって 40 km/h よりむしろそれ以上の速度において NOx 排出量は著しく減少している。これは、ターボチャージャー、電子燃料噴射装置、EGR、三元触媒の組み合わせによる機構に基づくものと考えられるが、ターボチャージャーを除いた組み合わせでは、やはり NOx 排出量は車速に比例して増大しており、ターボチャージャー装着が NOx 排出量抑制に大きな役割を果していることが推測される。C-turbo や E-turbo は A-turbo と違って、車速が増すと NOx 排出量も増大するが、それは非常に低いレベルでの変化であった。100 km/h の高速において、0.01 ~ 0.05 g/km で NOx 排出量の多い B-turbo や D-non-turbo の 5 ~ 8 g/km とは比較にならない量であり測定車の中ではもっとも低い値を示し他の実走行モードにおいても同じ結果であった。NOx 排出量が車速に正あるいは反比例する B-turbo と A-turbo との大きな違いは、10モード測定領域における 40 km/h 以内では A, B-turbo 共同か、むしろ B-turbo の方が少

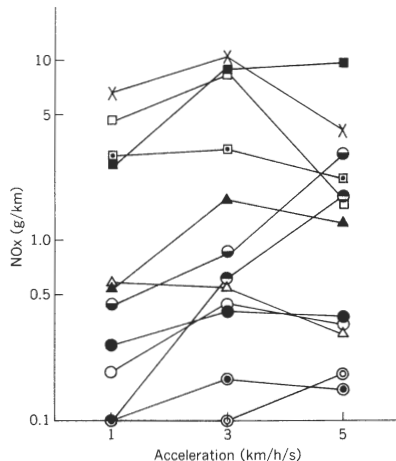


Fig. 4 NOx emission on constant acceleration

ないが、45 km/h を越えると B-turbo は指数関数的に増加するが A-turbo は逆に徐々に減少することである。そのため高速道路モードでは平均車速が 98 km/h であるから Fig. 3 の定速走行における 80 ~ 100 km/h の NOx 排出量に相当しており、Table 2 の高速道路/10モードの比が B-turbo で高い値を示すことが理解でき、東京都においても10モードを含めたより実態にあったモードに見直すべきであると指摘しており⁶⁾、10モードの改善が望まれると共にメーカーにおいても排ガス処理システムについて十分検討する必要がある。

Fig. 4 に加速時における NOx 排出状況を示した。定速走行において NOx 排出量の低かった A, C として

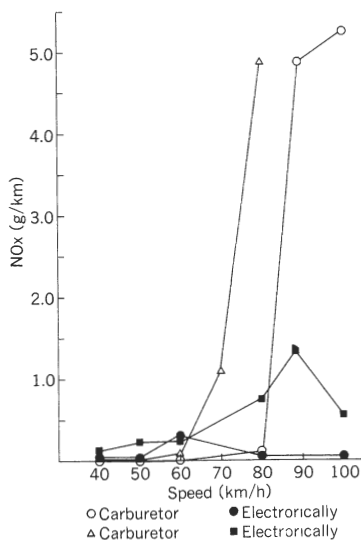


Fig. 5 NOx emission on difference of fuel supply-system

E-turbo は加速時においても非常に低く 3 km/h/s の通常の走行よりやや早めのもっとも NOx 排出量の高くなる加速時において、D-non-turbo は 10.6 g/km となりもっとも低い排出量を示している E-turbo の 0.1 g/km と比較すると約100倍の差が生じている。1 km/h/s から 3 km/h/s と NOx 排出量が増加しているが 5 km/h/s で多くの車種が逆に減少しているのは、早い加速のためほぼフルスロットルのアクセル操作になり、空燃比が濃い側に移るため、この現象はターボ車もノンターボ車も同じである。しかし、一方、CO、HC は逆に著しく増加しており特に HC は、1 km/h/s の加速に比べ280倍近く排出されている。したがって、無理な加速は排ガス処理装置の能力を越え未処理のまま大気中に放出されるため

避けるべきである。また、普通の加速において、NOx 排出量は加速度と共に増加するため名古屋市内のように信号の多い地域では、発進、停止を頻繁に繰り返さざるをえない。その結果として、NOx 排出量が多くなるため、信号に合わせて運転する工夫をしたり、アクセル開度を一定にし定速走行に心懸ければ NOx 排出量はそれだけでもかなり抑制されるものと推測される。

加速時におけるターボ効果による排ガス面は、1 km/h/s ではあまり顕著な差が認められないが、3、5 km/h/s でははっきりしておりターボ車はすべて 3 km/h/s において、0.6 g/km 以下、5 km/h/s においては 1.3 g/km 以下でありノンターボ車の 1~10 g/km の高い排出量での変化に比べると非常に低い値であるとい

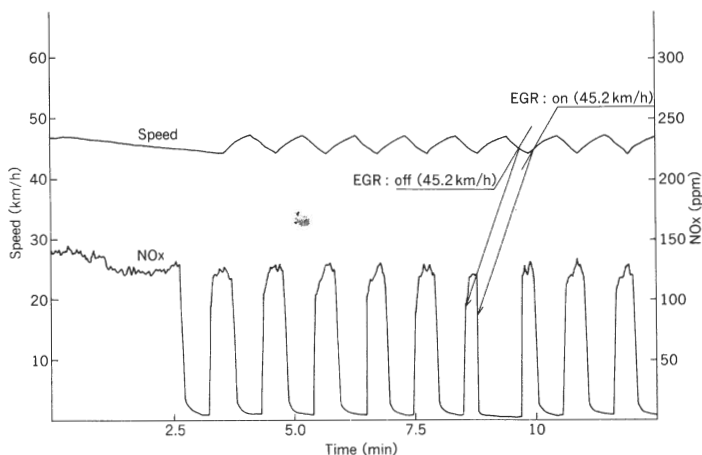


Fig. 6 NOx emission on constant cruising at fixed the speed with speed controller (shift position · 4 speeds)

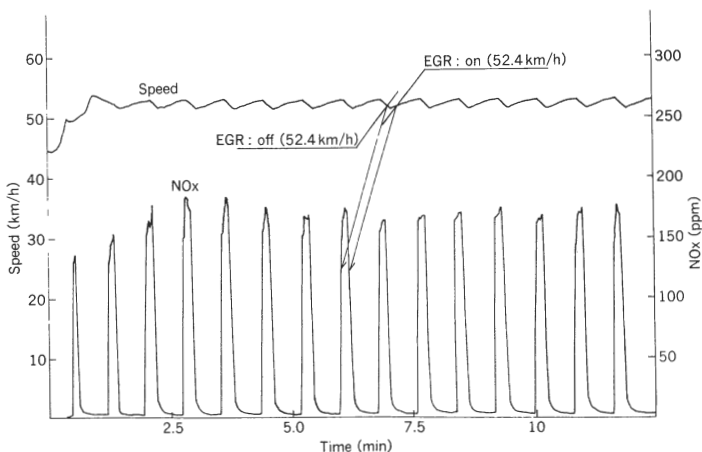


Fig. 7 NOx emission on constant cruising at fixed the speed with speed controller (shift position 5 speeds)

える。このことから、ターボチャージャー装着が B-turbo を除いて NOx 排出量抑制に十分効果のあることがうかがわれる。

Fig. 5 に同じエンジン型式で燃料供給方式だけ違う車の NOx 排出状況を示したが、キャブ方式では、NOx 排出量がある速度（1台は 60 km/h、他の 1台は 89 km/h）より急激に増加している。これは EGR 還流量減少や空燃比のアンバランスによるものと推測されるが、これに対し電子燃料噴射方式では、60 km/h、88.3 km/h に若干のピークが認められるがキャブ方式のように車速に比例して NOx 排出量は増加しない。したがって、この車種に関する限り、電子燃料噴射方式が排ガス面で明かにキャブ方式を上回っており、10モード、11モードにおける最高速度 40、60 km/h 以内では 0.0~0.6 g/km と差が認められないが、その領域を越えると定速走行時と同じようにその差は非常に大きくなっている。電子燃料噴射方式はエンジンが必要とする燃料の量とタイミングをあらゆる運転状態、すなわち、吸入空気量、エンジン回転速度、スロットルバルブの開閉度に応じて電子制御装置により精密に制御し各シリンダーごとの吸気ポートへ適切に燃料を供給する装置であることからこの機構が NOx 排出制御に役立っているものと推測される。なお、4台共 2000 cc、同一エンジンを有し触媒、EGR 等の排ガス処理システムも全く一緒である。したがって **Fig. 3, 5** よりターボチャージャーと電子燃料供給装置の組合

せは、NOx 排出量を抑えるために不可欠であると推察された。しかしながら、測定ターボ車中 B-turbo だけ従来のノターボ車と同じような車速比例形の NOx 排出状況を示していることから以下その原因について検討した。

Fig. 6, 7 は車速固定器により、B-turbo のアクセルを一定に調整したときの定速走行時における NOx 排出状況を示しているが、通常の定速走行における NOx は **Fig. 6** の 2分30秒あたりまでのように若干の変動はあるがほぼ一定の排出濃度を示す。この車の場合、エンジン自身が車速を図のようにわずかな幅であるが加減速を繰り返している。これは吸気負圧が 382~432 mmHg、車速 45.2 km/h（ギヤー 4 速）、335~385 mmHg、車速 52.4 km/h（ギヤー 5 速）の間で EGR が on-off を繰り返すため、それに比例して NOx 濃度が 10 ppm 以下に下がったり、130 ppm 近くまで達するなどその差は非常に大きい。法律にもとづく 10モード測定では、最高速度 40 km/h であるためこの車の場合、当然 EGR は on の状態にあり、NOx 排出量は規制値を満足している。しかしながら、ジグザグで変化する車速を越えると EGR は off になるため、**Table 2** でみられるように都市間、山村、高速道路モードあるいは 60、80、100 km/h 定速走行のように NOx 排出量は多くなるのである。

EGR の on-off が見られる現象は、実走行モードであ

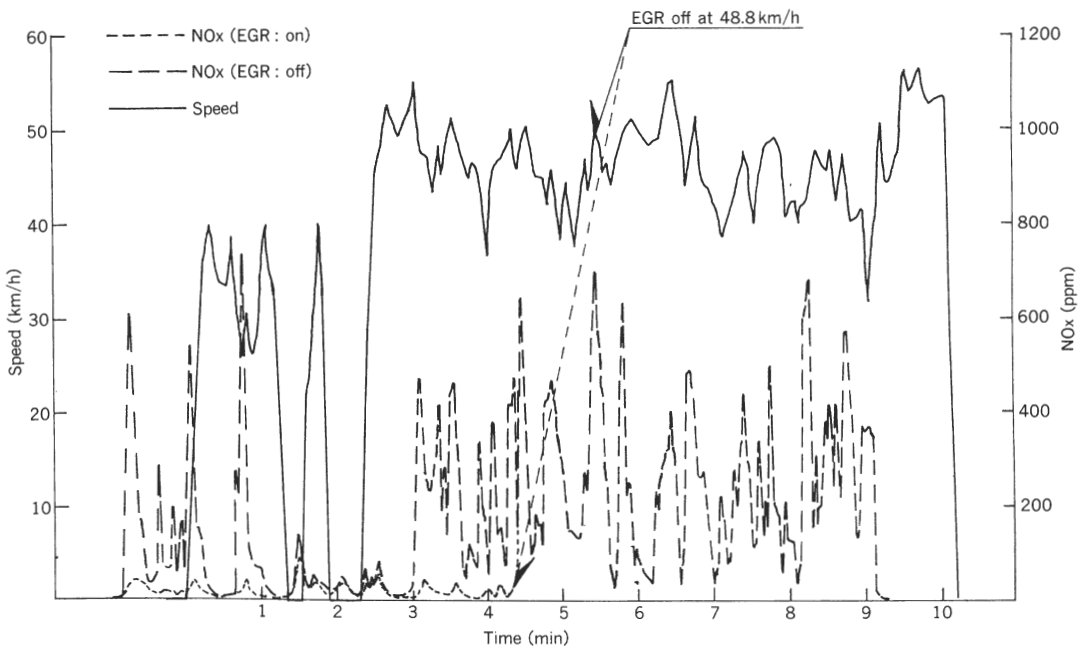


Fig. 8 NOx emission on Mount village zone mode at on or off state of EGR

る山村モードにおいても明確に認められた。Fig. 8 に山村モードを EGR が on と off の状態で測定開始したときの NOx 排出状況を示す。この車の場合も EGR が off の状態になるためには 50 km/h 以上の車速で 2 分以上走行すると可能になり、そして、その状態の NOx 排出量は 3.62 g/km となった。一方、EGR on の状態で測定すると、40 km/h 以下の車速において NOx 排出量濃度は低いままで維持されるが、一部の車速が 50 km/h を越える平均車速 46 km/h で約 2 分すぎた車速 48.8 km/h で EGR が off になり、それ以後は最初から EGR を off で測定したときと同じ排出状況を示している。EGR が一度 off になると、たとえ車速が 40 km/h 以下に下がっても回復困難で、その回復には完全にアイドリング状態にしてかつ最低 1 分以上、中には 2 分以上かかる時もある。この EGR, off のまま 10 モードを測定すると NOx 排出量は 2.55 g/km となり正常時が 0.33 g/km であるから約 8 倍にも達する。実際の市内走行においては、EGR が on のままでの走行とそして走り方によっては、Fig. 8 のように EGR が off の状態にあるものと思われ、off から on に回復するためには、信号待ちかエンジンを切るしかない。信号待ちは、まれに長時間要する時もあるが通常は 1 分以内で終るため一度 off になると回復は極めて困難である。したがって、EGR の作動機構そのものを根本的に変えない限りこの車における NOx 排出量抑制は不可能であろう。

4. ま と め

NOx 排出量抑制にもっとも効果ある EGR の作動開

始が各メーカー共一定しておらず、あるメーカーでは、走行途中から off になったり、暖機の仕方によっては最初から off になっている。EGR が正常に働かないと NOx は数倍から 10 倍程度多く排出されるため、10 モード規制値はクリアできないし、実走行モードにおいても NOx 排出量は著しく多くなっている。しかしながら、A 社のターボ車のように車速に反比例して NOx 排出量が抑制されれば、NO₂ 環境汚染濃度の高い地域の問題解決にある程度寄与できるものと推察され、以上 NOx 対策面からもっとも効果のある車種は、1) EGR が適切に働くこと、2) ターボチャージャー付エンジンであること、3) 電子燃料噴射式であること、4) 三元触媒であることなどが必要不可欠であると思われる。

—引用文献—

- 1) 愛知県環境部「二酸化窒素の予測調査結果について」(1982)
- 2) 愛知県環境部「昭和55年度公害の状況及び自然環境の保全等に関する年次報告」昭和56年度版環境白書
- 3) 日産自動車株式会社サービス部技術資料課編：ターボチャージャー付エンジン、技術解説書、p. 18.
- 4) 東京都公害研究所大気部「自動車排出ガス調査結果」昭和56年3月
- 5) 運輸省自動車局長通知自公第403号「自動車排出ガス測定要領について」昭和52年1月6日
- 6) 二瓶久雄ら：「自動車排出ガス排出係数に関する考察」大気汚染学会講演要旨集、302 (1982)