

自動車排気ガス浄化装置の耐久性について

飯田 靖雄 久保田喜美雄 大平 俊男
八巻 直臣* 青山兵五郎*

(* 公害資源研究所)

1 はじめに

自動車排気ガスには一酸化炭素 (CO), 炭化水素 (HC), 窒素酸化物 (NO_x), 少量のアルデヒド, 微粒子 (カーボン, 鉛化合物) 等の有害物質が含まれている。触媒を利用した排気ガス浄化装置は1950年代頃からCO, HC, アルデヒドなどを取除く有力な装置として研究・開発されてきた。¹⁾しかし触媒式浄化装置は初期効果 (取付時) としてCO : HC等の除去にそれぞれ 90%, 80%以上という優れた性能をもっているが広く用いられていない。その主な理由として, 耐久性 (寿命の短いこと) と価格の面で問題があったこと, またこれまでの排気規制強化 (CO) への対応策として吸気系の改善, エンジ

ン内部の改良などの余地があったことなどが上られる。

排気ガス規制は世界的に強化されようとしており, 我国でも表1に示したような規制計画案が発表されている。この計画案の特徴は従来の濃度規制から重量規制になること, CO規制の強化に加え, HC, NO_x, 微粒子の規制が加わることにある。そしてその排出量は無対策車の排出レベルの10%以内に押えなければ達成できない数値になっている。

特にNO_xの発生機構はCOのそれとは逆の関係にあり, 従来とられてきた対応策ではこの数値を満足させることは難しいものと考えられている。²⁾また, 鉛公害問題などを契機としてガソリンの無鉛化も1974年4月を目途にすすめられている。このような情勢のもとで, NO_x対策をも含めて再び触媒式排気浄化装置が1975年対策の1つとして注目され研究・開発が進められている。³⁾GM社⁴⁾からは無鉛ガソリンを用いた場合の同装置の耐久性について5万マイル走行後も70%以上の減少率を示す例が報告されている。

東京都では排気ガス対策の一環として, 1967年に触媒式排気ガス浄化装置 (以下, 浄化装置と略) を都・所有の全ガソリン車2000台に取りつけた。以降, 購入する車には浄化装置を取りつけ, 1970年5月現在, 3300台を超えている。⁵⁾

当研究所では, はじめて実用車に取りつけた浄化装置の耐久性について, 昭和43年, 44年度にわたり追跡調査を行なった。前報では昭和43年度調査した浄化装置の性能と触媒の交換時期の簡易判定法について報告した。本稿では昭和44年度調査した, メーカーの異なる三種類の浄化装置を取りつけた車の排気ガス試験結果からその耐久性⁶⁾について考察したいので報告する。⁷⁾

本調査は工業技術院・公害資源研究所産業公害第1部との共同研究として行なったものである。

表1 自動車の排気規制計画

	年 度	CO	HC	NO _x	微 粒 子	蒸 発 物
	無対策車	80g/mile	18g/mile	6g/mile	0.3~0.6g/mile	
日 本	昭和48年	11g/km	1.7g/km	3g/km	—	6g/day
	50年 (1975)	7	0.3	0.6	0.06g/km	6
	(g/mile 換算)	(11g/mile)	(0.5g/mile)	(0.97g/mile)	(0.1g/mile)	
米 国	1970	23	22	—	—	* g/test
	(濃度) ***	(2.3%)	(410ppm)	—	—	6
	1971 **	23	1.5	4	—	6
	1972 **	23	1.5	3	—	6
	1974 **	23	1.5	1.3	—	6
	1975	11	0.5	0.9	0.1g/mile	6
	1980(目標)	4.7	0.25	0.4	0.03	6

(注) * わが国の運輸技術審議会の答申案

** カリフォルニア州のみ

*** 1500cm³級の車の濃度規制値

2 調査の概要

本調査の目的は実用車に取りつけた、浄化装置の耐久性とその問題点を明らかにすることである。

使用した供試車は昭和43年度購入車の中から走行距離が同程度のものについて、浄化装置別に4台ずつ計12台を選定した。そして、ある一定期間（4カ月）をおいて前後2回所定の排気ガス試験を行なった。表2に供試車の緒元を示した。

三種の浄化装置（A・B・C型）はいずれも楕円形断面をもった筒状で、二次空気取入にベンチュリを用いている。使用触媒はA、C型が白金系およびB型が酸化金属系のものといわれている。浄化装置の取付位置は排気マニホールドの末端から0.9～2.0mの範囲であった。

排気ガス試験：浄化装置の効果をみるため、浄化装置の通過前（前）と通過後（後）の排気ガスを採取し分析を行なった。排気ガス試験方法は公害資源研究所の標準モード試験（4モード含む）、米国連邦政府およびカルフォルニア州の排気ガス試験方法で規定されている7モードサイクル試験の二つを実施した。これらの結果から排気ガス中のCOおよびHCにつき、運輸省の排気規制の対象とされている4モードの平均排出濃度と7モードサイクル試験の排出濃度を算出した。

排気ガス試験時の燃料はすべて同一のものを用いた。標準モード、シャーシダイナモ、分析計の詳細は前報に準ずる。

3 試験結果と考察

各型式別の4モード試験結果をとりまとめて表3に示した。アイドリングの測定結果は4モードのアイドリング時の濃度である。また浄化装置の前と後の（補正及び平均排出）濃度から次式により算出したCO、HCの減少率を示した。

$$\text{減少率 (\%)} = \frac{X - Y}{X} \times 100$$

X……浄化装置の前の濃度

Y…… “ 後 ”

なお表中の濃度の数値はTISDI037に従い丸めてある。

(1) 各型式別浄化装置の性能

表4に各浄化装置群のCO・HC濃度の平均値と平均減少率およびその範囲をとりまとめて示した。

COに対する各型群の平均減少効果をみると、A型群、第1回試験時（平均走行距離、約12400km）で、アイドリングおよび4モードでそれぞれ68%と44%となりかなりの効果が認められる。第2回試験時（約15800km）では

表2 供試車一覧表

供試車番号	車名	型式	車両総重量(kg)	変速機		機関型式	シリンダ数	総排気量(cm³)	浄化装置取付後の走行距離(km)		浄化装置	
				前進	後退				第1回	第2回	種類	取付け位置(m)
1	ニッサン	P 130 43年	1660	3	1 OD付	F20	6	1973	14,500	16,900	A	1.35
2	トヨベツト	RS 50 43年	1525	3	1	5 R	4	1994	14,200	17,400	A	1.2
3	トヨベツト	RS 50改 44年	1525	3	1	5 R	4	1994	12,000	17,600	A	2.35
4	ニッサン	P 130 43年	1630	3	1	J20	6	1973	9,200	11,200	A	1.3
5	ニッサン	VPA 30改 43年	1945	3	1 OD付	G 7	6	1988	9,400	11,200	B	0.9
6	ニッサン	VP 130 43年	2060	4	1	J20	6	1973	7,900	8,200	B	2.2
7	トヨベツト	MS 50 43年	1565	3	1	M	6	1988	8,100	10,200	B	2.0
8	トヨベツト	MS 50 43年	1575	3	1 TC付	M	6	1988	7,500	9,700	B	1.3
9	ニッサン	VP 130 43年	2060	4	1	J20	6	1973	9,800	300	C	1.2
10	ニッサン	VP 130 43年	2060	4	1	J20	6	1973	10,000	12,800	C	1.2
11	トヨベツト	MS 50 43年	1575	3	1	M	6	1988	7,100	8,900	C	1.15
12	トヨベツト	MS 50 43年	1630	3	1	M	6	1988	6,500	7,900	C	1.2

(注) 排気マニホールドの末端から

表 3 - 1 試験結果一覧表 (A型浄化装置)

試 験 車 号	測 定 時 期	装 置 取 付 時 よ り 試 験 測 定 時 ま で の 走 行 距 離 (km)	測 定 成 分	アイドリング時の測定結果				4モード試験の測定結果			
				浄化装置前	浄化装置後	減少率 (%)		浄化装置前	浄化装置後	減少率 (%)	
						CO	HC			CO	HC
1	I	14,500	HC CO	290 4.5	330 3.6	21	12	480 4.6	430 4.2	10	10
	II	16,900	HC CO	540 5.4	550 4.5	17	-2	560 3.0	530 2.9	4	5
2	I	14,200	HC CO	310 6.9	90 0.1	98	71	350 2.9	160 0.4	87	54
	II	17,400	HC CO	245 2.2	280 1.3	41	-14	320 2.5	270 2.3	10	16
3	I	12,000	HC CO	150 3.3	105 0.9	78	31	210 2.5	195 1.6	37	9
	II	17,600	HC CO	230 4.6	240 4.0	14	-10	260 2.4	240 2.3	5	7
4	I	9,200	HC CO	445 6.3	280 1.6	75	37	500 3.3	440 1.9	42	12
	II	11,200	HC CO	440 6.5	370 3.7	44	-15	510 4.5	440 3.9	20	13

(注) 1 測定時期 I, IIは夫々第1回目の試験, 第2回目の試験の実施を示す。

2 測定成分 HCは炭化水素を示し, 測定結果の単位は ppm

COは一酸化炭素を示し, 測定結果の単位は %

表 3 - 2 試験結果一覧表 (B型浄化装置)

試 験 車 号	測 定 時 期	装 置 取 付 時 よ り 試 験 測 定 時 ま で の 走 行 距 離 (km)	測 定 成 分	アイドリング時の測定結果				4モード試験の測定結果			
				浄化装置前	浄化装置後	減少率 (%)		浄化装置前	浄化装置後	減少率 (%)	
						CO	HC			CO	HC
5	I	9,400	HC CO	930 6.7	480 2.5	62	48	650 2.7	400 1.2	16	38
	II	11,200	HC CO	625 6.7	385 2.8	58	39	570 2.4	355 1.4	42	38
6	I	7,900	HC CO	430 7.0	470 4.7	32	9	520 2.3	460 1.7	27	12
	II	8,200	HC CO	540 3.1	400 3.6	-17	26	510 2.1	450 2.4	-14	11
7	I	8,100	HC CO	320 3.7	290 3.5	6	8	460 2.4	430 2.3	6	6.9
	II	10,300	HC CO	430 5.2	375 4.9	6	8	510 2.9	47 2.7	5	9
8	I	7,500	HC CO	355 2.1	220 1.7	19	10	345 2.1	330 1.8	6	5
	II	9,700	HC CO	390 3.7	355 2.6	29	10	430 3.1	390 3.0	4	8

表 3-3 試験結果一覧表(C型浄化装置)

試番 車号	測定 時期	装置取付時より 試験測定時までの 走行距離(km)	測定 成分	アイドリング時の測定結果				4モード時の測定結果			
				浄化装置前	浄化装置後	減少率(%)		浄化装置前	浄化装置後	減少率(%)	
						CO	HC			CO	HC
9	I	9,800	HC	575	585	6.1	-2	580	520	-3	9
			CO	6.8	6.4		-2.8	2.9			
	II	300	HC	409	430	2.6	-4.6	455	430	-4	3
			CO	5.3	3.9		4.0	3.8			
10	I	10,000	HC	440	420	1	4.3	485	455	5.8	6
			CO	5.0	7.9		2.8	2.9			
	II	12,800	HC	320	375	1	-17	470	480	-1	2
			CO	6.2	6.1		2.2	2.2			
11	I	7,100	HC	475	780	56	-64.6	419	440	29	5
			CO	1.8	0.8		1.4	1.0			
	II	8,900	HC	395	385	40.9	2.0	463	414	18	11
			CO	6.5	3.8		2.6	2.2			
12	I	6,500	HC	470	455	3.1	2.8	615	540	6	12
			CO	3.5	3.4		2.6	5.5			
	II	7,900	HC	750	810	-13	-8	660	620	-5	6
			CO	0.4	0.45		2.1	2.2			

1) 浄化装置破損のため交換

表 4 各型浄化装置のCO・HC減少率

試 験	浄化 装置	浄化 装置	第 1 回 試 験				第 2 回 試 験									
			C O		H C		C O		H C							
			濃度%	減少率%	濃度ppm	減少率%	濃度%	減少率%	濃度ppm	減少率%						
アイ ドリ ング	A	前後	5.3 1.5	68 98~21	300 200	32 71~-12	4.7 3.4	29 44~14	360 360	-4 44~14						
		前後	4.8 3.1	30 62~6	510 390	14 48~-8	4.7 3.5	19 58~-17	500 380	21 39~8						
	C	前後	5.0 4.6	17 56~1	490 561	-15 43~-65	4.6 3.6	14 41~-13	470 500	4 11~-2						
4 モ ー ド	A	前後	3.3 2.0	44 87~10	390 310	21 54~9	3.2 2.8	10 20~4	410 370	10 16~5						
		前後	2.4 1.8	13 27~6	500 405	15 38~5	2.6 2.4	9 42~-14	500 420	16 38~8						
	C	前後	2.4 2.3	6 27~6	525 490	7 12~-5	2.7 2.6	4 18~-5	510 485	4 11~-2						
走行距離		A	第1回試験時まで 9,200~44,500 平均 12,425		第2回試験時まで 11,200~17,600 平均 15,775		B	第1回 7,500~9,400 8,250		第2回 8,200~11,200 9,800		C	第1回 6,500~10,000 8,350		第2回 7,900~4,800 9,870	
			3,300				(1,600)				2,000 ¹⁾					

(注) 第1回から第2回試験時までの平均走行距離

同じ順序で29%および10%となり、アイドリングでは30%近い減少効果が認められるが、4モードでは低い。B型群、第一回試験時(約8200km)でアイドリングおよび4モードでそれぞれ30%と13%、第2回試験時(約9800km)では同じく1.9%、9%となり、アイドリング時に20%近い減少効果は認められるが4モードでは低い。C型群は第1、2回(約8300km、9800km)とも減少効果は低い。以上各型群のCO平均減少率でその性能を比較すれば、第1、第2回の試験を通じてA型がよくB、C型とつづく。

HCに対する減少効果は各型を通じてCOのそれに比べ低いが、性能の比較ではCO同様のことが言える。

全供試車の第1回試験時(平均走行距離、約9600km)でCOに対する減少効果はアイドリング、4モードでそれぞれ38%、21%、第2回試験時(約12000km)同じ順序で24%および14%であった。またHCに対する減少効果は第1回試験時、アイドリングおよび4モードで10%、14%、第2回試験時で同じく4%および10%であった。

今回の試験結果から各型式別性能の比較は前述した順序であるが、各型群の中でも走行距離が多くても効果があるものや、短かくても効果の失なわれているものまで減少率がバラツキている。供試車の数も各4台ずつと少ないので、この試験結果から他に適応することは難かしいと思われる。

また第1、第2回試験結果から各供試車1台1台の走行距離の増加に伴う浄化装置の性能低下の傾向(一般的な傾向)はみられた。しかし各供試車間では後述するがこの一般的な傾向は認められない(異常な傾向)。数多くの実用車に取りつけた浄化装置の異常な傾向は非常に都合がよくない。つまり浄化装置の寿命(減少率が何パーセント以上との規定はないが)がどのくらいか判断できず、触媒の交換をいつ行なうか決定できないからである。

以下、前年度および本調査結果から実用車に取りつけた浄化装置の耐久性とそれに及ぼす影響について考察する。

(2) 浄化装置の耐久性

ア 初期効果(取付時)

片有車に取つけられた浄化装置は排気ガス中の未燃焼成分、CO、HC、アルデヒド類などを再燃焼させる

方式になっている。排気ガスはベンチュリを通過するときに絞られ、その時に生ずる負圧により適量の二次空気を取入れ、触媒層を通過するときに接触酸化され炭酸ガス(CO₂)と水蒸気になる。触媒式浄化装置の効果を発揮させる最も重要な点は、CO、HCを接触酸化させるために適量な2次空気(酸素)と最適な触媒層の温度が保障されるかにかかっている。

まゝに、浄化装置の初期効果が大いと言ったがその例を表5に示す。このように高い効果が使用過程で失われるのは、排気ガス中の鉛化合物、スズなどが触媒に付着し、触媒の機能を失わせるためであろう。このことは前年度の調査からも判明されている。もちろん触媒自体の劣化もそれに加わる。

イ 走行距離と減少率

表5 初期効果(取付時)

		装置前	装置後
排出濃度の範囲	HC	782~267	158~34
	CO	5.26~1.25	0.78~0.017
排出濃度の平均値	HC	457	93
	CO	2.79	0.22
減少率の範囲%	HC	94 ~ 64	
	CO	97 ~ 75	
平均減少率%	HC	80	
	CO	92	

4モード試験、20台について試験

図1 走行距離と減少率(昭和44年度調査)

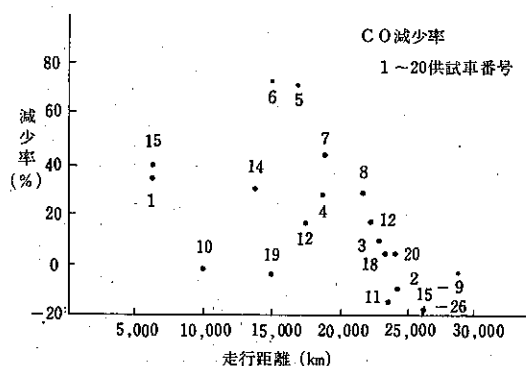


図1はA型浄化装置を取つけた車20台について、走行距離とCO減少率との関係をプロットしたものである。この図からは各供試車間の走行距離の増加に伴うCO減少率の低下の傾向はみられない(異常な傾向)。1,15号車(約5~6000km)と5,6号車(約17~19000km)との関係はそれである。本調査からも同様なことは言える。A型群、第1回試験時の2と4号車の関係(約14000kmで87%と約9200kmで75%)およびB型群の第2回試験時の5と7号車との関係(11000kmで42%、10000kmで5%)はそれである。(いずれも4モード試験)

また本調査の結果からは1台1台、あるいは各型群の平均減少率からみた場合、走行距離の増加に伴う減少率低下の傾向はみられた。(一般的な傾向)

以上のことから浄化装置の性能低下の原因になる鉛スなどの触媒層への付着の度合いが走行距離の増加に伴い増えることが予想されるが、それ以上に大きな因子があることがわかる。すなわち実用車の場合には、車の使用条件、走行状態、燃料・エンジンの整備、装置の取付け位置などの因子が考えられる。そして、それらが複雑に作用し合い“異常な傾向”を示し、1台1台の車によって、浄化装置の耐久性に大きな差が生ずるものと思われる。

(3) 浄化装置の性能劣化の原因

ア 走行状態

触媒の機能を阻害する鉛、スなどの付着の度合いが走行状態により大きく左右される。

Hirshlerらの研究では排気ガス中の鉛は15~55%排気管に残り低速時程、残る割合は多くなると述べている。また都で行なった浄化装置の前・後で排気ガス中の鉛を分析した結果(表6)でもアイドリング、低速行時程、高い鉛減少率すなわち触媒層へ吸着されていることがわ

表6 鉛化合物の減少効果

	排気ガス中の含有率 $\mu\text{g}/\text{l}$	浄化後の含有率 $\mu\text{g}/\text{l}$	減少率
アイドリング	26.8	1.6	94%
20km/時	21.4	4.4	79
40km/時	10.7	2.6	76
80km/時	3.1	1.7	45
平均	14.4	2.6	82

図2 アイドリング調整による排出濃度と減少率の変化(S型2号車)

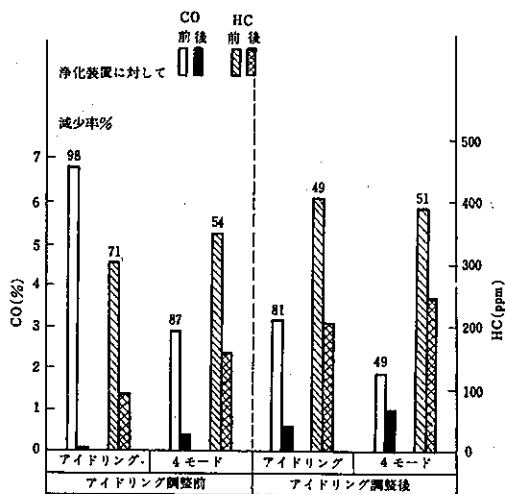
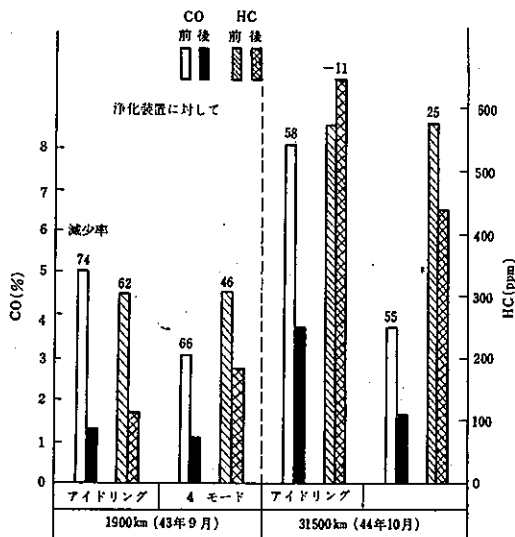


図3 昭和43年度5号車に対する追跡試験



かる。これらの研究とアイドリング・加速減速領域の多い東京都内の走行モードから浄化装置の性能劣化に走行状態が大きく影響されていることがわかる。

(4) その他の因子

ア 浄化装置の効果が発揮されるためには触媒層の劣

表7 浄化装置の初期効果

第2回試験終了後、新触媒と交換

浄化装置	供試車	測定成分	アイドリング時の測定結果				4モード時の測定結果				7モード時の減少	
			浄化装置前	浄化装置後	減少率(%)		浄化装置前	浄化装置後	減少率(%)		率 %	
					CO	HC			CO	HC	CO	HC
A	1	HC	540	90	99	84	560	240	80	57	60	45
		CO	5.4	0.1		3.0	0.6	60				
B	7	HC	430	90	98	79	510	251	86	50	94	80
		CO	5.2	0.1		2.9	0.4	94				
C	10	HC	320	380	1	-17	470	425	13	9	48	52
		CO	6.2	6.1		2.1	1.9	48				

困気温度を300°~700° Cに保持しなければならない。この温度は排気ガスの温度、組成、量に支配される。またこれらはエンジンの保守整備、浄化装置の取付け位置によって影響をうけるが、車の運転条件、走行状態により決定される。

排気組成の変化が浄化装置の效果に影響する例を図2に示す。これはA型2号車で浄化装置の前、つまり浄化装置を取りつけない場合、アイドリング状態で排出されるCO濃度6.9%をアイドル調整により3.2%に下げたときのものである。アイドル調整をしたため浄化装置の效果は下り、排出される後のCO濃度は高くなっていることがわかる。

イ 構造上の問題点であるが表7は第2回試験終了後、各型浄化装置の1台ずつ新触媒に交換して初期交効を調べた試験結果である。参考に7モード試験結果(ホットサイクル)からの減少率を示した。COに対する減少率をみるとA型は、アイドリング、4モードで高い減少効果をもっているが、7モードでは50%と低くなっているB型は全試験を通じて80%以上の減少効果を持っている。C型は7モードで50%近い減少効果を示したのみである。この結果と先に述べた供試車間の走行距離と減少率の大きなバラツキ(異常な傾向)とを考え合わせると、浄化装置の性能低下の原因が単に触媒の機能の低下に起因するだけでなく構造の不備を示すものと思われる。すなわち、二次空気の取入に負圧を利用しているが、その変化(排気ガス量の増減)に応じて、CO、HCの酸化に必要な最適な二次空気(量及び温度)が保障されているかが問題になる。

ウ これまで述べてきたように、実用車に取付られた浄化装置の耐久性は1台1台により異っている。図3に約20,000 km走行後も高い減少効果をもった供試車(昭和43年度5号車)について追跡試験を行なった結果を示した。このように30,000km走行後もHCの減少効果は若干低いがCOに対しては50%以上の効果をもっている。この車の日常の状態は、は握されているが、走行距離からみると1日約50km程度と推定される。これと同型の浄化装置を取りつけた本調査の第2回試験時のどの供試車よりも高い減少率を持っている。

(例、4号車11,000km CO、HC減少率、20%、13%)

このことは、これまで述べてきた浄化装置の性能劣下の様々な因子について詳細に研究し、明らかにすれば、実用車に使用する浄化装置の耐久性を2万km以上でも50%以上の効果を期待できることを示すものといえる。

4 おわりに

三種類の浄化装置の耐久性について調べた。その結果多少の性能の差は認められたが、走行距離の増加に伴い減少効果が低下するという一定の関係が認められなかった。実用車に取りつけた浄化装置の耐久性は1台、1台の車によって大きく異なり、走行距離で耐久性は判断できない。したがって触媒の交換は昭和43年度調査結果にもとづく簡易判定法で効果を確認し、交換の必要なものはすみやかに行なうことが望ましい。このことは浄化装置の付加的な効果である排気ガス中の鉛化合物・スなどの除去にも役立つものと考えられる。

また、供試車のなかには3万km走行後もCO、50%以

上除去効果を發揮しているものもあり、今後、装置の改良研究が進められれば耐久性を伸すことができる。

各メーカーの努力をお願いするとともに、我々も微力を傾けたいと思う。

参 考 資 料

1) たとえば, S, SOURIAN et al ;Int J Air
Wat. pull pergamon press.

2) たとえば 野平:自動車排気ガス中のNOxについ
て, 内燃機関 Vo19 №93 1970

3) たとえば, 徐錫洪:JARIの排気処理方法(TA
PECS)について, 日本自動車研究所・第1回所内
研究報告前刷集P13 1969

Vop News :Automotive pollution : the Vop
breckthrogth Vol 27 Sep 1970

4) H.W, Schwochert :perfomance of A Cata-
lytice Converter of Nonleaded Fuel , SAE
paper -690503

5) 首都整備局公害防止部:自動車排出ガスの現状と
対策

6) 山崎, 斎藤, 八巻ら:自動車排気ガス浄化に関す
る研究, 東京都公害研究所年報 大気編 Vol 1
早大理工学部, 公害資源研究所 東京都公害研究所
:自動車排気ガス浄化装置の性能調査研究報告所
昭和43年度

7) 公害資源研究所・東京都公害研究所:自動車排気
ガス浄化装置の性能調査研究報告 昭和44年度

8) D.A. HIRSCHLER :patuclate Lead Com-
pound in Automobile Exhaust Gas :Ind Eng
chom 49 113 1957

9) 首都整備局都市公害部:自動車排気ガスと大気汚
染 1966

10) 久保田, 飯田, 斎藤:都内自動車の走行状態の調
査とその結果の解析, 東京都公害研究所年報Vol12
1971