

自動車排気ガス減少装置の評価

井上 浩一 大平 俊男

1 はじめに

自動車からの排気ガス中には一酸化炭素 (CO)、炭化水素 (HC)、窒素酸化物 (NO_x) など多くの汚染物質が存在し、それらは汚染物質として有害であるのみならず、光化学スモッグへ関与する一次汚染物質への寄与率もきわめて高いことは明らかである。

新車については米国でマスキー法が立法化され、'75年、'76年の排気ガス基準が確立された¹⁾。わが国においてもマスキー法をうけ、48年および50年、51年と段階的に排出規準が設けられ、完全に実施された場合には CO、HC、NO_x については90%以上低減されることになる。

一方使用過程車についても、HC、NO_x の低減を目的として48年5月より排気量に応じ①エンジンの点火時期調整、②点火時期制御装置、または触媒式浄化装置のいずれかを選択により取付けることが義務化された。

このような社会的趨勢のもとで多種多様の減少装置が開発・市販され、車に取付けられているにもかかわらず、これらの装置についての実験報告は、触媒装置を除き、八巻ら²⁾のほかあまりなく、その減少効果、実用性については不明な点が多い。

使用過程車についての排気ガス対策については、内燃機関の基本的改良は望めなく、優れた減少装置の開発によらなければならない。かかる観点から、市販されている装置の減少効果を把握し、現況における位置づけを行なう必要が生じてきている。そこで市販されている17種類の減少装置を5方式に分別し、検討を加え、代表性を有すると考えられる装置を選び実験を行なったので報告する。

2 供試装置の概要

(1) 補助空気流入式

取付位置を図1に示す。原理はピストンの往復運動によって吸気マニホールド内に生じた負圧を利用しキャブレター下部とマニホールドの間、または吸気マニホー

ルのキャブレター直近部に空気流入口を設け、空気を誘導し、混合ガスと攪拌させシリンダー内に混入させる方式で、流入孔の位置、ノズルの形状などに装置によりおのおの工夫がされている。

実験に用いた装置の特長は、エアコントローラに内蔵されたトランジスターにより流入される補助空気を加熱し、吸気マニホールドへの燃料付着量を減少させて各シリンダーごとの空燃比の均一化を図っている。またエアコントローラには、総排気量に応じ流入空気量を調整できるようコックが取付けられている。

装置が正常に働くよう実験に先立ち、次に述べるエンジン調整を行なった。エンジンを十分暖機した後アイドルリング状態に戻し、アイドル・アジャスト・スクリューにて吸気管負圧最大に調整し、次にスロー・ジェット・アジャスターにてエンジン回転数 650rpm 程度に調整した後、排気ガス中の CO 濃度を測定し、その値が4.5~5.5%の範囲内にあることを確認し、範囲内であれば調整を終わり、範囲外であれば再度アイドル・アジャスト・スクリューとスロー・ジェット・アジャスターの相互調整で範囲内におさめ、実験車の標準とした。

次に装置を取付けコックを徐々に開き、エンジン回転数にアンバランスが生じる直前をコック開度として設定し、空気流入によって上昇したエンジン回転数は前述の操作で標準状態へ戻し調整を終えた。

(2) 補助剤含有空気流入式

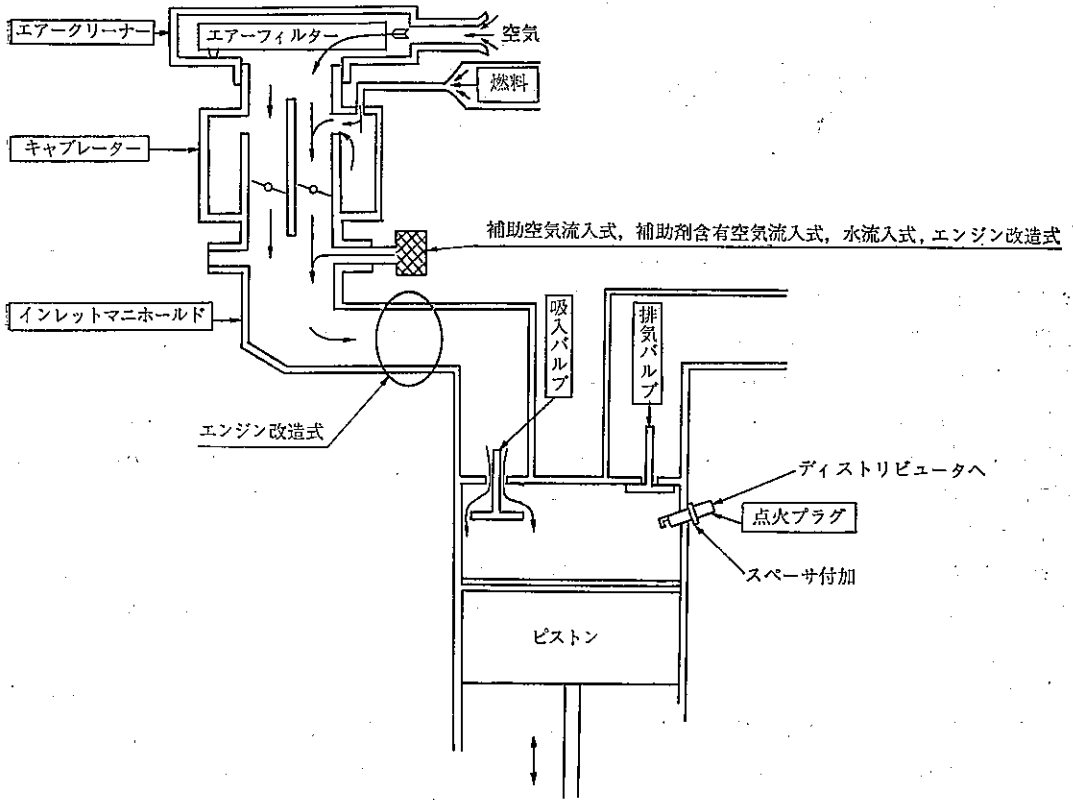
取付位置は空気流入式と同じである。

原理は補助空気流入式と同じであるが、空気を直接吸気マニホールド内に流入させずに、容積比で約 1:2 のメタノール系添加剤と水の混合液中を通過させ、補助空気中に蒸気を含有させ吸気マニホールド内に導入する。補助空気流入式と同様、総排気量に応じ流入量を調整できるよう調整ネジが取付けられている。

(3) 水流入式

前述の2装置と取付位置・原理は同じであるが、本装

図 1 各種装置の取付位置 略図



置の特徴は、吸気管負圧によって弁が作動し、水または空気のいずれか一方が選択され、吸気マニホールド内に流入される。すなわち、ブースト圧（吸気管負圧）380 mmHg 程度を境にして、それ以下の低負荷領域では空気、それ以上の高負荷領域では水が流入される。

なお装置取付に際しては、自動進角装置のうち負圧進角装置の作動を停止させた。エンジンの調整は補助空気流入式に準じた。

(4) エンジン改造式

取付位置は図1に示す。実験に用いた装置は大別して二つの装置により成り立っている。

一方は、マニホールドの改造ならびに補助空気の流入である。従来のエンジンは吸気マニホールドと排気マニホールドは分離しているが、改造し吸気マニホールドを排気マニホールドで包囲してマニホールド相互間の熱交換を容易にし、吸気マニホールド内の燃料付着量を減少させ、併わせて補助空気を流入させる。

他方は、プラグにスペーサーを付加させ圧縮比を減じるとともに、燃焼室の形状変化を図った装置である。

(5) 二次電圧安定式

取付位置は図2に示す。抵抗とガス放電管を直列に結線した装置を、一次側コンデンサーと並列に配線する。普通、自動車に取付られるコンデンサーの容量は $0.2\mu\text{F}$ ~ $0.3\mu\text{F}$ 程度であるため、自己誘導によって生ずるエネルギーを吸収するには十分ではなく、断続器の接点部の劣化を早める。

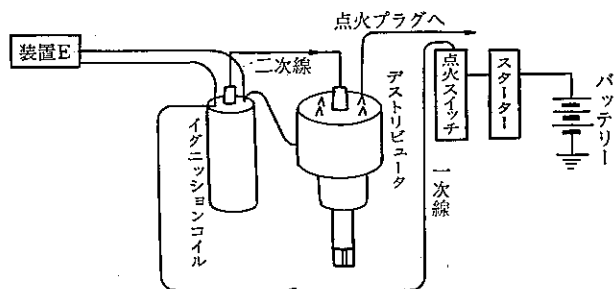
装置の取付けによりエネルギーの吸収を容易にし、併わせて時定数を小さくすることにより、一次側の電圧が定格電圧に復帰する時間を短かくして高速時の二次電圧の低下を防ぎ、電圧の安定化を図る。

3 実験方法

(1) 排気ガス濃度試験

国産 1,600cc, 前進 3 段・退進 1 段の実験車を、シャ

図2 エンジン改造式補助取付位置



シンドライナモ上で定速走行，ならびに4モード走行させ，排出されるガスの一部を分析計に誘導し，濃度分析を行ない，そのデータをコンピュータによって処理した。

なお定速走行は，アイドリング，10km/h，20km/h，40km/h，60km/h，80km/h 走行とし，10km/h でローギア，20km/h でセカンドギア，40km/h 以上の車速ではトップギアを使用した。

シヤシンドライナモの負荷は40km/hで，実車走行における走行抵抗に準ずるよう設定した。

(2) 実用性試験

(a) 加速性能試験

実用性試験は，いずれもシヤシンドライナモ上で前述の負荷設定で行なった。試験は0→400mの区間走行時間(sec)と，低速での加速性を調べるため，0→40km/hまでの加速時間を合わせ測定した。

(b) 燃料消費量試験

20km/h，40km/h，60km/hの定速走行を各々20分間行ない，その時の走行距離と燃料消費量をエンジンアナライザーより求め，計算を行なった。

(c) 始動・停止試験

始動性はエンジンの油温・水温を常温の状態にして，始動キーをONにし，初爆までの時間と，始動にいたるまでのONの回数によって判定した（但しバッテリーは完全充電とした。）。

停止は，エンジン始動キーをOFFにしてから，実際にエンジンが停止するまでの過程を目で観察し，判定した。

4 試験結果と考察

(1) 排気ガス中の主なる有害物質の減少効果について排気ガスの実験結果を表1，2に示すが，表示濃度

は，すべてJIS1030に従い補正濃度とした。

なお，表中の減少率は下記の方法で求めた。

$$\eta = \frac{X - Y}{X} \times 100(\%)$$

X：装置取付け前の濃度

Y：装置取付け後の濃度

η ：減少率

(但し，アイドリング時はNO発生量が少なく，測定機の精度を考慮し減少率を求めなかつた。)

補助空気流入式のCO減少効果は，走行条件によって大きな異差があり，無負荷状態，定速走行では顕著な効果が認められ，車速に関係なく装置取付け後濃度は0.2～0.3程度で一定値を示している。しかし加速走行では，定速走行に比較し減少効果は著しく低下している。

内燃機関におけるCOの発生は，空燃比が理論混合比に比較し高濃度側である要因が大きく，自動車用ガソリン機関の空燃比は，化気器で走行条件により種々変えられ機関性能を最高ならしめる。

空燃比は，無負荷状態，定速走行ではアイドリング状態で最小値を示し，絞り弁の開度が増すに従って値は大きくなり，一般には車速40km/h～60km/h程度で最大値をとるごとく設計されており，その値はすべての走行条件のもとで12～14程度である。

一方，装置からの流入空気量は吸気管負圧で決定され，吸気管負圧は絞り弁開度，エンジン回転数から定まるから，無負荷状態では単位回転数当たりの補助空気量が最大量を取り，車速が上がるに従って流入する空気量は減少する。したがって化気器で高濃混合であるときに，補助空気は多量に流入され絞り弁が開き，空燃比が低濃度側に移行するに従って流入量は減少され，結果的にはほぼ一定の空燃比を取り，CO濃度が0.2～0.3%程度で定まった値を示したと考えられる。加速走行での効果低下は，絞り弁開度が開放にもかかわらず，加速系の作動により空燃比が高濃度側であり，補助空気の量は吸気管負圧が低下するため減少し，空燃比の移行幅が少なくなることによる。

HCの減少効果はCOの減少効果ほど走行条件による相異はみられず，全般に減少効果は低かった。これは，HCとCOの発生機構上の相違によると考えられる。HC

表1 排気ガス実験結果(4モード)

CO: %
 HC: ppm
 NO: ppm
 補正濃度

装置名	装置取付前(標準)				装置取付後			減少率		
	km/h	CO	HC	NO	CO	HC	NO	CO	HC	NO
補助空気流入式	ID	5.3	520	170	0.3	470	140	94	10	/
	0→40	2.9	800	1,530	2.5	520	1,660	14	35	-8
	40	0.5	440	1,870	0.2	370	1,850	60	16	1
	40→0	4.8	2,100	620	1.0	2,320	680	79	-10	-10
	平均排出濃度	1.9	610	1,540	1.0	480	1,580	47	21	-3
補助空気剤流入有式	ID	5.1	470	120	1.2	340	200	76	28	/
	0→40	1.6	530	2,760	1.2	430	2,740	25	19	1
	40	0.2	270	3,800	0.1	240	3,200	50	11	16
	40→0	4.4	1,710	780	2.1	1,560	820	52	9	-5
	平均排出濃度	1.3	410	2,710	0.7	350	2,660	46	15	2
水流入式	ID	4.9	460	150	1.9	430	150	61	7	/
	0→40	2.8	490	1,070	1.8	530	1,120	36	-8	-5
	40	0.2	230	1,430	0.2	230	300	0	0	79
	40→0	4.4	1,960	480	2.0	2,970	120	55	-52	75
	平均排出濃度	1.7	370	1,210	1.0	410	610	41	-11	50
エンジン改造式	ID	4.5	440	130	0.3	300	130	93	32	/
	0→40	1.8	630	1,490	2.4	460	730	-33	27	51
	40	0.3	310	1,590	0.3	180	850	0	42	47
	40→0	4.4	1,470	400	0.5	2,740	390	89	-86	3
	平均排出濃度	1.4	460	1,360	1.0	340	720	29	26	47
二次電圧安定式	ID	4.7	430	150	4.8	410	120	/	/	/
	0→40	0.8	430	3,270	0.9	450	2,830	/	/	/
	40	0.2	260	3,290	0.2	270	3,210	/	/	/
	40→0	4.5	1,330	890	4.8	1,590	1,030	/	/	/
	平均排出濃度	1.0	360	2,890	1.0	370	2,690	0	/	/

の生成は、燃料室壁面の冷却損失によるガス温度低下のため燃料が不完全燃焼したり、燃焼過程からとり残されることによる。したがってHC生成の決定要因には、空燃比のほかに点火時期、燃焼室の表面積と体積容量の比率、冷却方式等があり、空燃比を上げるのみでは減少効

果は大きく期待できない。

NOの減少効果はなく、走行条件に関わりなく、かえって増加の傾向を示している。NOの発生量を決定する最大要素は燃焼温度である。したがって、補助的に空気を流入し空燃比を上げ、燃焼効果を良好にすればNOの

表2 排気ガス実験結果(定速)

CO : %
 HC : ppm
 NO : ppm
 補正濃度

装置名	km/h	装置取付前			装置取付後			減少率		
		CO	HC	NO	CO	HC	NO	CO	HC	NO
補助空気流入式	ID	4.4	480	70	0.2	400	110	95	17	
	10	2.9	370	170	0.3	220	310	90	41	-82
	20	2.6	400	300	0.3	250	470	88	38	-57
	40	0.8	340	1,510	0.2	250	1,930	75	26	-28
	60	0.7	250	2,310	0.2	170	2,470	71	32	-7
	80	0.8	210	2,960	0.2	160	3,310	75	24	-12
補助剤含有空気流入式	ID	4.1	460	130	0.8	310	140	80	33	
	10	1.7	270	770	0.8	220	800	53	19	-4
	20	0.7	220	1,570	0.5	230	1,450	29	-4	8
	40	0.2	180	2,840	0.1	150	2,920	50	17	-3
	60	0.4	110	3,340	0.3	110	3,290	25	0	1
	80	0.6	90	3,900	0.6	90	3,860	0	0	1
水流入式	ID	5.5	450	140	2.9	350	140	47	22	0
	10	1.4	210	390	0.4	140	460	71	33	-18
	20	0.6	190	700	0.3	130	680	50	32	3
	40	0.4	120	1,250	0.2	110	540	50	8	57
	60	0.3	90	1,850	0.2	60	700	33	33	62
	80	0.6	90	2,450	0.5	80	1,610	17	11	34
エンジン改造式	ID	4.1	430	140	0.2	200	180	95	53	
	10	1.8	270	140	0.2	90	190	89	67	-36
	20	0.7	280	610	0.2	100	440	71	64	28
	40	0.4	220	1,550	0.3	100	830	25	55	46
	60	0.9	190	1,940	0.4	70	980	56	63	49
	80	1.0	160	2,490	0.9	70	1,100	10	56	56
二次電圧安定式	ID	5.1	370	120	6.1	560	100			
	10	1.7	300	670	1.8	340	680			
	20	1.9	350	1,440	2.3	390	1,280			
	40	0.6	270	3,390	0.4	280	3,190			
	60	0.2	190	4,770	0.1	190	5,230			
	80	0.2	130	5,120	0.3	140	5,080			

発生量は増加する。

補助剤含有空気流入式の減少効果は、CO、HCについては補助空気流入式と同一傾向を示しているが、無負荷、定速走行で効果が劣っており、取付後のCO濃度にバラツキが生じている。しかし、空燃比を上げているにもかかわらずNOの増加はみられなかった。

これは、補助空気の量を少量におさえていることと、空気の流入によって増加したNOは水と含有剤の効果によって減じているものと考えられる。

水流入式として実験を行なった装置は、負圧進角装置

図3 エンジン改造式(4モード)

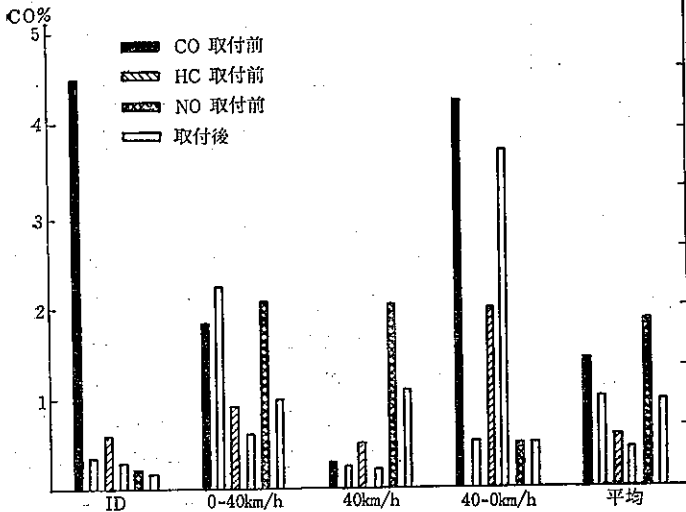
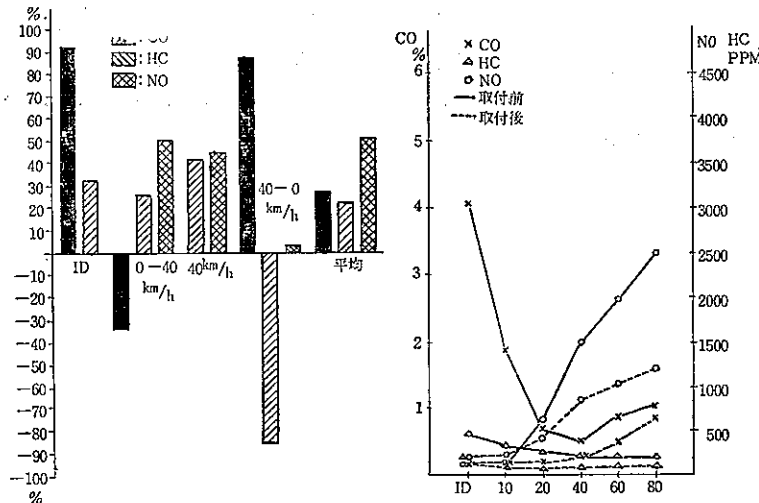


図4 エンジン改造式(4モード)減少率

図5 エンジン改造式(定速)



の作動を停止し、空気または水を流入する方式であるが、実験では水の添加効果を確認するため、作動停止での排気ガス成分を標準とした。空気流入領域は、無負荷状態、10km/h、20km/hの定速走行、水流入領域は40km/h、60km/h、80km/hの定速走行と加速走行である。

空気流入領域での排気ガス成分の減少効果は、補助空気流入式とほぼ同一傾向であるが、減速走行でHCの顕著な増加がみられた。これは水の流入によってシリンダー内が冷却されたため、その後の減速走行時に影響が現われたと考えられる。

水流入領域では、CO、HCの増減は

みられなかった。NOは定速走行で顕著な効果があったにもかかわらず、加速走行では効果は認められなかった。これは、加速走行時には吸気管負圧と大気圧との差が小さく、したがって水の流入量は少量であることによる。水の添加効果について、黒田³⁾らは、熱容量の増加に伴う燃焼温度の低下によるものとしている。

エンジン改造の減少効果を図3、4、5に示す。

COは、無負荷状態、定速走行で効果が顕著である。しかし加速走行では、CO濃度が増加し、HCは、加速走行、定速走行で効果があり、減少時に増加傾向を示すなど、走行条件と減少傾向の間には一貫性がなかった。

このような現象は他の装置にはあまりみられない。これは装置自体が、マニホールド改造、空気流入、スベサー付加の複合構成であるため、複雑な挙動を示したと考えられる。しかし、CO、HC共に4モード平均値としては効果があることを示した。

NOの減少効果は40km/h以上の定速走行、加速走行で顕著な効果があった。NOの発生量は図5に示すごとく、高速走行、加速走行で多量であり、本装置はNO対策として、かなり

期待できる。本装置中でNOを減じたのはスペーサーの付加である。スペーサーの取付けによる燃焼室の増大は約8.4ccであり、これに伴い圧縮比は1.0低下する。またスペーサーによりプラグと燃焼室は完全に遮断されスペーサーが予燃焼室的な役目をし、シリンダー内の燃焼過程に変化が生じたと考えられ、この相乗作用によりNOの生成が制御されたと思われる。

二次電圧強電式の減少効果はなかった。一般の自動車では、二次電圧の高電圧化、安定化など電圧の維持のみでは、排気ガス成分の変化をきたすほど燃焼効果を良好にすることは図れない。

エンジン性能の変化を、加速性能、燃料消費量について実験したが、その結果を表3、4に示す。

加速性能に関しては、エンジン改造式の低速加速、高速加速の各領域で多少の低下を示したが、しかし都市走行上問題がある程ではない。またその他の方式では性能変化はほとんどみられなかった。

燃料消費量は、補助剤含有空気流入式で多少の伸びがあった。水流入式では水の流入領域での燃料消費量の増加が目立ち、エンジンへの水の注入は、かならずしも燃料の節約にはならない。

始動性・停止の試験は苛酷な条件下で実施できなかったが、通常状態で使用するには問題はない。

5 おわりに

排気ガス中の主要汚染物質であるCO, HC, NOについて測定を行なったが、光化学スモッグへの寄与物質の低減という観点から減少装置を評価すれば、エンジン改造式が優れている。しかし本方式もエンジン性能の面からは加速性能の低下防止、エンジン内部への影響、とくにプラグの焼損、耐久性について検討が加えられなけれ

表3 加速試験の結果 (単位: sec)

方式別	装置取付前		装置取付後	
	0→400 $\frac{m}{s}$	0→40 $\frac{km}{h}$	0→400 $\frac{m}{s}$	0→40 $\frac{km}{h}$
補助剤含有 空気流入式	22.9	3.7	22.9	3.7
水流入式	22.8	3.8	22.9	3.8
エンジン改造式	22.8	3.2	23.9	3.8

表4 燃料消費の試験結果 (単位: km/l)

方式別	装置取付前			装置取付後		
	20 $\frac{km}{h}$	40 $\frac{km}{h}$	60 $\frac{km}{h}$	20 $\frac{km}{h}$	40 $\frac{km}{h}$	60 $\frac{km}{h}$
補助剤含有 空気流入式	10.4	12.4	12.0	9.3	12.8	12.6
水流入式	10.5	12.5	11.5	10.7	12.7	10.9
エンジン 改造式	10.2	12.9	12.0	10.8	13.2	11.5

ばならない。

その他の方式はいずれも、HC, NOのいずれかが増加するか、減じなかった。これは、CO, HCとNOの生成機構に相違があるため、一方式のみで排気ガスの処理を行なうことは困難であることを示しており、エンジン改造式のごとく二方式以上の併用が今後考えられる。

ひとつの提案として、今回実験を行なった方式はいずれも燃焼前の処理装置であり、これらの方式に燃焼後の処理方式を組合わせた装置の開発を推奨したい。

参考文献

- 1) 東京都公害局：大気汚染排出係数調査 (73年)
- 2) 八巻他：公害 Vol. 2, No. 4, P. 13
- 3) 黒田：日本機械学会誌, Vol. 76, No. 649, P. 120