

3. まとめ

1991年度に道路運送法に適合した4台のメンテナンスDPF試験バスを用い、バス路線を走行する際の走行環境（日時の異なる走行形態の変化）に対する試験車両の適応性を評価し、導入のための管理方法ならびに使用方法についての基礎資料を得た。

- ① シャシダイナモを用い定常6条件についてPMを調査した結果、DPFを取り付けることによりディーゼル排ガス中のPMは約80%低減できることがわかった。
- ② 東京都内と横浜市内の試験では、交通局の協力を得て実際の路線を走行し、ドライバならびに整備に関係する方々から、停車再生や手動再生システムの問題指摘をいただいた。
- ③ 都市内の路線バスの走行を模擬した走行試験の結果、すべての供試車両において、何等かのトラブルが発生した。その大きな原因としては、夏期の炎天下の試験条件において、予想以上に捕集量が増えたことがあげられる。

■残された課題

DPFには耐熱性が高く、通気性のあるセラミックスが使われている。しかし、再生時の高温の繰り返し耐久性には、まだ課題が残されている。再生時の温度をどのように制御して、フィルタ保護を如何に行うかが重要な技術的開発課題である。欧米においては、耐久信頼性に関する試験として自治体の運行する路線バスにDPFを搭載して大規模な営業試験運転が行われている。このような試験走行については、わが国では安全上の問題から簡単には行えないが、DPFの開発の上では重要であり自治体の受け入れやすいシステムの検討を早期に行うことが必要である。

II-5 営業運転に向けての調査

耐久信頼性に関する見直しと交通局の意見を反映したDPFシステムを開発し、エンジンベンチならびに実車試験を行い、営業運転を実施する上での必要事項を運輸省の指導のもとに調査した。

1. 営業運転用システム

営業運転用の走行中自動再生DPFシステムを装着したエンジンおよび実車の試験を実施し、その性能および安全性を調査した。表1・1に供試システムの諸元を示す。供試DPFシステムの再生方法は大きく3つに分けることができる。一つは捕集したPMをそのままDPF内で、電気ヒータおよびバーナを用いて燃焼させる再生方式のシステムB'、D'であり、もう一つは、PMをDPFの外に払い落としてから燃焼除去する逆洗方式のA'およびC'である。

エンジンベンチ試験には、逆洗方式のシステムA'と電気ヒータ燃焼再生方式のシステムB'およびバーナ再生方式のシステムD'を、走行試験にはシステムB'、C'およびD'を搭載した車両を供試した。供試車両は、実用性走行試験に用いた車両B、CおよびDである。

システムA'、C'およびB'のDPFの基材はコーディエライトで、D'は炭化珪素(SiC)である。図1・1にDPFシステム搭載レイアウトを示す。DPFシステムの4車両の基本的な搭載レイアウトは同じである。車両Dを除く3車両は、従来のマフラの取り付け場所にDPF本体を取り付けた。走行中の自動再生を示す表示ならびにDPFシステムの異常を知らせるランプは運転席に、DPFコントローラは車両後部座席の後ろに、再生回数を示すカウンタ表示部がエンジン室等に取り

表 1-1 営業運転用自動再生DPFシステムの諸元

車 両	A	B	C	D
DPFシステム	A'	B'	C'	D'
DPF 形式	CFM	WFM	CFM	WFM
寸法	103W×175L×140H	φ229×305L	104W×204L×140H	270W×270L×150H
容積	2.5ℓ×6個	12.5ℓ×2個	3.0ℓ×6個	9.0ℓ×1個
材質	コーディエライト	コーディエライト	コーディエライト	炭化珪素
再生 方式	逆洗	燃焼	逆洗	燃焼
後処理	燃焼 (DPF外)	燃焼 (DPF内)	燃焼 (DPF外)	DPF内
着火源	電気ヒータ	電気ヒータ	電気ヒータ	軽油バーナ
再生間隔	一定時間 0.5~1.0 hr	一定時間 3.5 hr前後	一定時間 0.3~1.0 hr	一定時間 3.5 hr前後
バイパス	なし	なし	なし	あり (緊急用)
試験	・エンジンベンチ	・エンジンベンチ ・実車走行	・実車走行	・エンジンベンチ ・実車走行

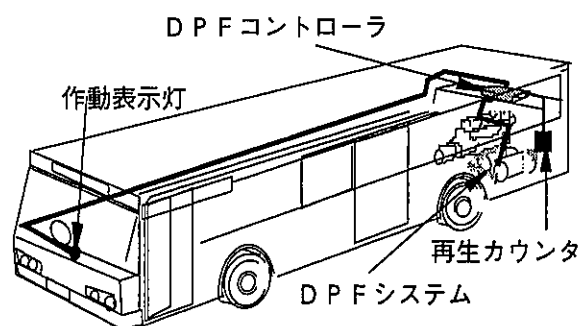


図1-1 DPFシステム搭載レイアウト

付けられた。以下に各車両に装着したDPFシステムの構造および作動原理を述べる。

(1) 逆洗システム搭載路線バス(システムA', C')

図1-2に車両Cに搭載された逆洗システムを示す。DPF本体は左右2つのDPF室に分割され、排気中のPMは捕集時には両方のフィルタを流れて捕集される。再生開始と同時に排気バルブ1が一時的に閉じ、逆洗用バルブ1が開いて圧縮空気が右DPFに0.1秒以下の短時間に噴射される。この空気の逆噴射によりフィル

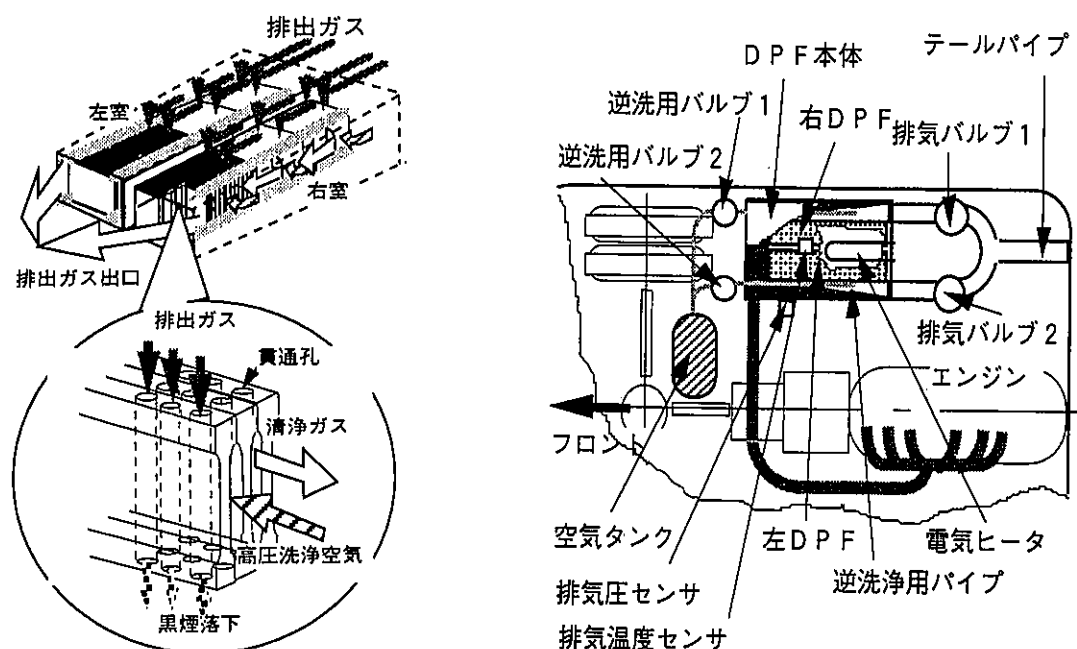


図1-2 逆流空気噴射洗浄システム搭載路線バス

経路に流し、安全な走行を確保する。他の再生方式に比べて、再生中の排気温度は高くなる。その熱害対策として、枯れ葉等の可燃物が排気に触れないように、システムを覆う排気ケースが取り付けられた。また、排気温度を下げるためのディフューザが設けられた。

2. 試験法

(1) エンジンベンチ試験

図2・1 から図2・3 にエンジンベンチ試験に供試した各システムを示す。供試エンジンは、DPFシステムの性能評価に用いた排気量11.1リットルの路線バス用

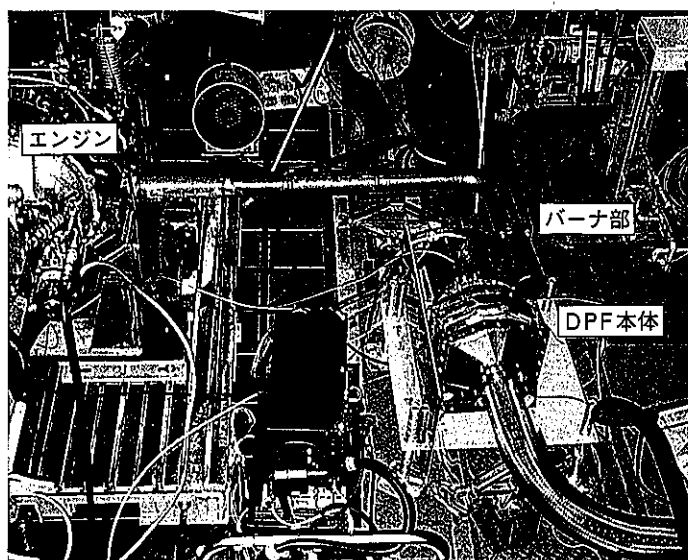
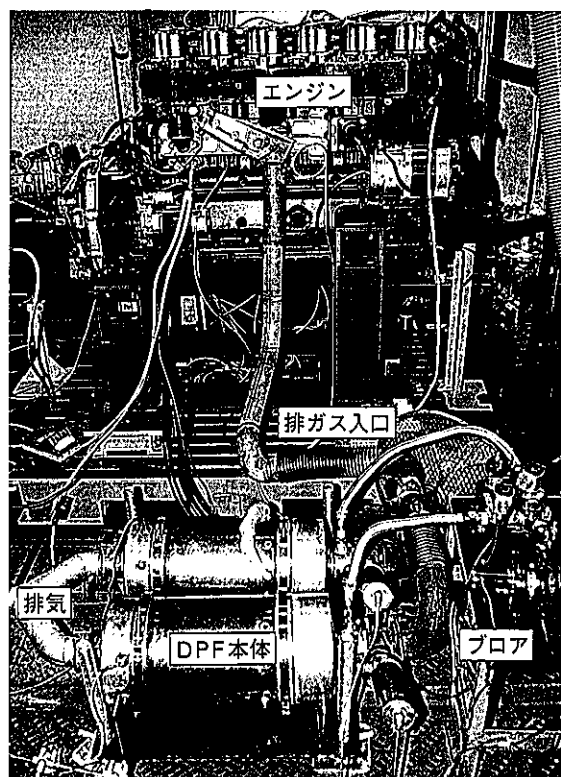
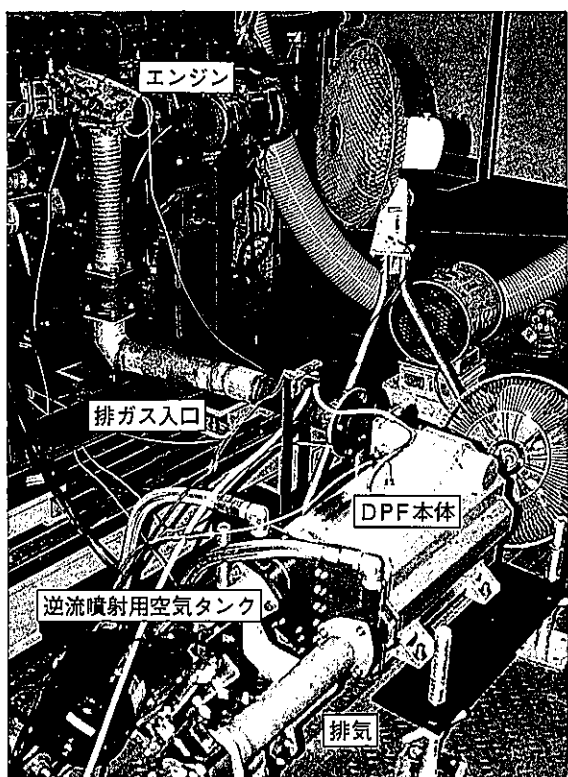


図2・1[左上] エンジンベンチ試験用試作DPFシステム(A')

図2・2[右上] エンジンベンチ試験用試作DPFシステム(B')

図2・3[左] エンジンベンチにおけるシステムD

エンジンである。

①排気煙濃度

自動車検査業務等実施要項にもとづく無負荷急加速およびディーゼル自動車排気煙濃度試験法、TRIAS 24-1972による定常全負荷試験スモーク3モードを行った。排気煙濃度の測定には、TRIAS 24-1972に定めたJIS規格の光反射式濃度計測装置を用いた。

②PMの測定

定常運転モードを組合せた試験法を設定し、エンジン排出ガス中のPMの重量を測定した。表2・1に定常運転モードの運転スケジュールを示す。運転スケジュールは6つの定常モードで構成されており、1回当りの試験時間は、試験中の自己着火を防ぐため5分と定めた。各モードの運転条件は、ディーゼル自動車排出ガス試験法（TRIAS 24-2-1974）の回転速度と負荷条件を満たし、重み係数に比例した時間を、各モードの運転時間に割り当てた。6ステップの運転モードを4回（20分間）繰り返し、DPF有り無しのPMを測定した。PMの測定には、大型希釈トンネルによる希釈分析法を用いた。資料Ⅲ-5に、測定に用いた大型希釈トンネルシステムを示す。

表2・1 定常6ステップモード

モード	時間 (S)	重み係数	回転速度 (rpm)	負荷率 (%)
M1	106	0.355	idle	0
M2	21	0.071	1000	100
M3	18	0.059	1000	25
M4	32	0.107	1320	100
M5	37	0.122	1320	25
M6	86	0.286	1760	75

③エンジン排出ガスの測定

ディーゼル自動車排出ガス試験法（D6モード、TRIAS 24-21974）にもとづいてDPFシステムのエンジン排出ガスを測定した。DPFシステムを取り付けたエンジンの排出ガスを測定する場合、DPF内のPMの多少によってエンジン排気圧が変化するために、PM量が排出ガスに影響することが考えられる。米国のゼネラルモータースは、設計上適正な捕集量を設計再生（捕集）量として、その1/2のPM量でエンジン排出ガス試験を行うことが妥当であると提案している。本

試験では、ゼネラルモータースの提案を採用した。所定のPMの量を溜める方法として、定常6ステップモード運転を繰り返した。排出ガスはJIS D1030等に適合した分析計を用い、CO、HC、NO_xを測定した。

④再生ガスの測定

アイドリング運転および、再生中のアイドリング時のエンジン排出ガスを測定し、その差から再生ガス量を求めた。

(2) 走行試験

①初期トラブルの調査

手動再生システムの車両と基本的には同じ実用性評価試験を行い、初期トラブルを調査した。

②DPF周辺の熱害試験

走行中のDPF周辺の温度を連続測定し、走行中自動再生システムの安全性の確認を行った。温度の測定にはCA熱電対を用い、DPFキャニシング表面とその周辺の主要部品、エンジン室床面ならびにテールパイプ出口の温度を測定した。

3. 試験結果および考察

表3・1に試験結果を示す。

(1) エンジンベンチ試験

①排気煙濃度

システムA、BおよびDの排気煙濃度はいずれも0%であった。

②PM

システムA、BおよびDのPMの低減率は約90%であった。

③エンジン排出ガス

DPFシステムを取り付ける前後のエンジン排出ガス濃度に大きな変化はなかった。

フィルタートラップによるディーゼル自動車排出ガスの低減化の実用可能性に関する調査

表 3-1 営業運転用DPFシステムの性能評価

システム名	A'				B'				—				D'			
エンジンベンチ試験																
無負荷急加速排気煙濃度 (規制値50%)																
DPF無 (%)	24				26				/				25			
DPF有 (%)	0				0				/				0			
ディーゼル排気煙濃度 (規制値50%)																
DPF無 (回転×負荷率(%))																
40 × 100	34				32				/				32			
60 × 100	34				32				/				33			
100 × 100	24				22				/				27			
DPF有 (回転×負荷率(%))																
40 × 100	0				0				/				0			
60 × 100	0				0				/				0			
100 × 100	0				0				/				0			
定常 6 ステップ運転時の粒子状物質排出率																
DPF無 (g/h)	33.17				27.35				/				28.39			
DPF有 (g/h)	2.45				2.18				/				3.144			
低減率 (%)	92				92				/				89			
排ガス規制値 (参考)	HC	CO	NOx	THC	CO	NOx	THC	CO	NOx	THC	CO	NOx	THC	CO	NOx	
	510	790	400	510	790	400	510	790	400	510	790	400	510	790	400	
DPFなし排出ガス濃度 (ppm)	215	296	338	191	280	337	/	/	/	/	120	285	349			
DPFあり排出ガス濃度 (ppm)	163	299	332	191	302	348	/	/	/	/	164	291	351			
再生ガス排出率 (g/1回再生)	検出されず*			0.8	13.5	0	/	/	/	/	-2	46	1.6			
排出ガス排出率 (g/h)	40	128	267	41	128	285	/	/	/	/	35	124	286			
再生ガス排出率 (g/h)	0	0	0	0.4	6.48	0	/	/	/	/	-1	23	0.8			
増加率 (%)	0	0	0	1	5	0	/	/	/	/	-3	18	0.3			
再生ガスを含む評価 (ppm)	163	299	332	193	317	348	/	/	/	/	159	343	352			
車 両	—				B				C				D			
試作バス走行試験																
走行中DPF周辺最高温度 (℃)																
測定位置	捕集時	再生時	捕集時	再生時	捕集時	再生時	捕集時	再生時	捕集時	再生時	捕集時	再生時	捕集時	再生時	捕集時	再生時
DPFCanの上	/	/	65	93	50	50	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
DPFCanの下	/	/	65	75	70	70	110	180								
床面	/	/	20	20	40	40	60	60								
テールパイプ出口排気	/	/	205	202	198	195	/	/								
エアホース	/	/	/	/	40	40	/	/								
電磁弁	/	/	/	/	20	20	/	/								
バーナ表面	/	/	/	/	/	/	/	/	130	260						
排気出口メッシュカバー	/	/	/	/	/	/	/	/	100	190						
バーナアンダーカバー	/	/	/	/	/	/	/	/	90	150						
ラジエータ室床部	/	/	/	/	/	/	/	/	60	60						
車両後端	/	/	/	/	/	/	/	/	70	100						

④再生ガス

電気ヒータ燃焼方式 (システムB) では、再生を行うことによって若干のCOとHCが排出された。しかし、逆洗方式 (システムA) では、再生ガスを検出できなかった。システムAの燃焼用電気ヒータはDPF本体下面の受け皿に取り付けられ、電気ヒータ部に接触したPMが燃える構造になっており、燃焼時の酸素濃度が高く、またシステムBに比べて再生量も比較的少なく再生ガスによる濃度変化が微少なために、再生ガスを検出できないことが考えられる。

⑤再生ガスを含む排出ガスの評価

DPFから出る再生ガスをエンジン排出ガスとして扱った場合、従来のエンジン排出ガスレベルが、どの程度増加することになるかを試算した。基本的には、再生1回当りの捕集運転中のエンジン排出ガスに再生ガスを加えたものが、DPFシステム搭載車両のエンジン排出ガスと考える。

エンジン排出ガスは従来の試験法にもとづいて測定できるが、定められた捕集運転法はない。ここでは、エンジン排出ガス試験時の運転条件が統計平均的な走

行パターンを満足しているものと考え、その条件を満たした定常6ステップモードを繰り返して正規再生量に達する時間を求め、その間のエンジン排出ガス量を試算した。その結果、電気ヒータ燃焼再生方式（システムB）では、COが5%ほど増加した。バーナ再生方式（システムD）ではCOが18%増加した。逆洗方式（システムA）では、エンジン排出ガスの増加分はない。

(2) 走行試験

①走行確認

各システムの安全性ならびに低公害性を確認した。試験走行前後の排気煙濃度は0%で試験を終了し、運転者の手を煩わすことなく、一般の路線バスと変わらない運転を行うことが確認できた。

②DPF周辺の温度

システムBのDPFキャニング表面の温度は左右のDPFによって異なるが、捕集時に比べて再生時で43℃ほど高くなった。しかし、可燃物の対象となる直近の床（木製）温度は、再生と捕集走行時ともに同じであった。再生時のキャニング表面温度は捕集走行に比べて高くなるが、キャニングの周辺には遮熱板が設けてあり、断熱や走行風による放熱効果によってDPF周辺の床温度が通常の捕集走行時より高くなることはなかった。また、再生中にテールパイプの排出ガス温度が捕集時よりも高くなることはなかった。

システムCでは、捕集と再生時の走行中DPF周辺温度は同じであった。

システムDの再生時のバーナおよびDPFキャニング表面の温度は、捕集時に比べてそれぞれ130℃、70℃ほど高くなった。しかし、可燃物の対象となる直近の

床（木製）部の温度は変わらなかった。また、アイドリング再生時の車両後端部の温度は捕集時に比べて30℃ほど上昇した。排出ガス温度は車両後端部で100℃であった。

4. 営業運転を行う上での適合性

営業運転用の路線バスの改造を行うため、4台の車両、A'、B'、C'およびD'の性能評価結果を運輸省に提出し、道路運送車両法への適合性を審議していただいた。その結果、騒音測定データを添付した改造申請書類をもって、運輸省陸運支局の自動車検査登録事務所における審査扱いとなった。

平成7年度に営業運転を予定している東京都および横浜市交通局より、4台の路線バスの使用過程車を借用し、DPFシステムA'、B'、C'、およびD'を搭載した。表4・1に走行中自動再生DPFシステム搭載の営業運転用路線バスの諸元を示す。図4・1から図4・4にDPFシステムを搭載した営業運転用路線バスを示す。

①騒音試験

新型自動車試験法の騒音試験法（TRIAS201988）による試験結果を表4・2に示す。いずれの車両も現行規制を満足した。

②走行試験におけるDPFシステムの機能確認

前項の走行試験方法と同様にJARI内走行試験路を使用し、実走行上の安全性ならびに低公害性を確認した。試験終了後の排気煙濃度は0%であった。運転者の手を煩わすことなく、一般の路線バスと変わらない

表4・1 走行中自動再生DPFシステム搭載の営業運転用路線バス

DPFシステム	A'	B'	C'	D'
搭載車両	A1	B1	C1	D1
営業管内	横浜市交通局鶴見営業所	横浜市交通局本牧営業所	東京都交通局葛西営業所	東京都交通局北営業所
種別	普通乗合バス	普通乗合バス	普通乗合バス	普通乗合バス
初年度登録	平成3年	平成3年	平成2年	平成2年
乗車定員	80人	78人	74人	74人
車両総重量	14245kg	14030kg	13700kg	13675kg
エンジン形式	4サイクル6気筒直噴無過給	4サイクル6気筒直噴無過給	4サイクル6気筒直噴無過給	4サイクル6気筒直噴無過給
エンジン排気量	11.8ℓ	11.1ℓ	9.9ℓ	12.5ℓ
最高出力	230PS/2250rpm	225PS/2200rpm	230PS/2500rpm	235PS/2100rpm

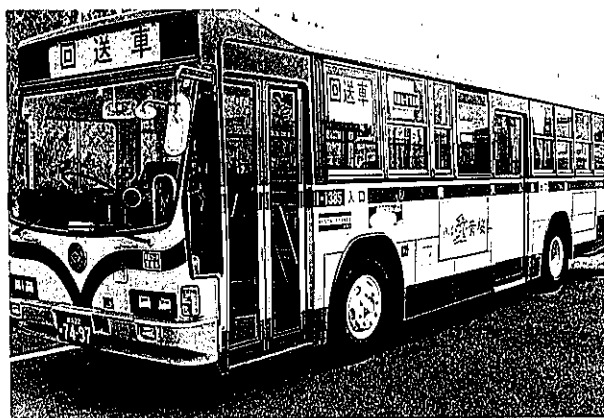


図 4-1 システムA'搭載路線バス

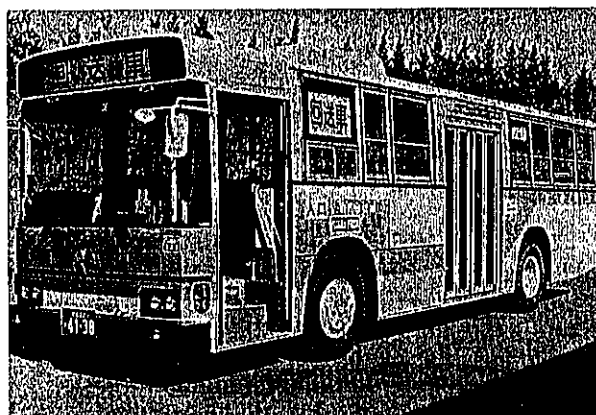


図 4-3 システムC'搭載路線バス



図 4-2 システムB'搭載路線バス



図 4-4 システムD'搭載路線バス

表 4-2 騒音試験結果

車 両	A1	B1	C1	D1	規制値
定常 (dB)	74	77	71	73	80
加速 (dB)	79	80	81	81	83
近接 (dB)	91	91	88	92	107

運転を行うことを確認した。

③ 営業運転の開始

自動走行中再生システムA'B'C'D'を搭載した営業運転車両は、東京および神奈川の運輸省自動車検査登録事務所において検査を受け、「DPF取付車」として登録された。東京都交通局の葛西および北営業所、横浜市交通局の鶴見および本牧営業所管内において、4台の走行中自動再生DPFシステムを搭載した路線バスが、3月9日より順次営業運転を開始した。