

II-6 営業運転における信頼性評価

耐久と信頼性に関する事項を抽出する目的で、東京都および横浜市における2年間の営業運転における走行調査を行った。

営業運転を通してDPFシステムの性能および整備状況を調査し、DPF搭載車両の安全性、低公害性、経済性を評価し、DPFの耐久性におよぼす影響因子およびDPF交換の必要性等、メンテナンスに関する情報を得た。

1. 調査対象車両

表1・1に調査対象の路線バスの諸元を示す。車両A1, B1, C1およびD1は、平成6年度から2年間の走行を行った車両である。車両B2, B3は横浜市が、C2およびD2は東京都が低公害車普及事業の一環として購入したDPFシステムを搭載した車両で、調査2年目の平成8年度より走行を開始し、本調査に提供していただいた。車両A2は、車両A1改良型を搭載した車両である。

車両A1, A2とC1には、CFM(Cross Flow: 直交流)型DPFと捕集されたPMを高圧空気で払い落とす逆洗方式を組み合わせたシステムが搭載された。車両B1からB3およびD1, D2には、それぞれ電気ヒータと軽油バーナ再生方式が搭載され、WFM型DPFが採用された。車両C2は、WFM型DPFと逆洗方式を組み合わせたシステムが搭載された。

2. 調査方法

調査は月1回、所轄の営業所に出向き、営業運転中の調査対象車の運行および整備点検状況を記録した。調査項目は、運行状況、排気煙濃度、整備点検内容ならびに分解調査である。

3. 調査結果

(1) 1年目(平成7年度)の調査結果

①運行状況

横浜市において走行した逆洗方式の車両A1は、営業所の整備に関わる方々から逆洗時の黒煙の排出が指摘された。その対応として、DPF本体の交換が続き、車両A1は約2万キロで走行を中断した。同じく横浜市内で走行した電気ヒータ再生方式を搭載した車両B1は約4.4万キロ、東京都内で走行した逆洗とバーナ再生方式の2車両、C1およびD1はそれぞれ約3.5万キロを走行し、約1年間の走行を完了した。

②黒煙排気濃度

黒煙調査では、自動車検査業務要項に基づく無負荷急加速試験を行った。調査期間中の排気煙濃度は車両Cを除いて0%であった。車両Cは4%ほどの濃度を示すことがあった。

③故障状況

前述の黒煙排出の指摘を受けた車両A1を調査したところ、発進加速や排気煙濃度試験時には黒煙の排出は認められず、逆洗時のみに起こる現象であることがわかった。分解の結果、フィルタ部にクラックが発生しており、DPFケース内には逆洗によって払い落とされたPMが焼却されずに残っていることが確認された。DPFにかかる逆洗時の空気噴射圧が加速時の排気圧に比べて高いために、逆洗時に限ってPMがクラック部から押し出されたものと考えられる。クラックの

フィルタートラップによる自動車排出ガスの低減化の実用可能性に関する調査

表 1・1 調査対象路線バスの諸元

DPFシステム 搭載車両	A 1	A 2	B 1, B 2, B 3	C 1	C 2	D 1, D 2
搭載車両	横浜市			東京都		
交通局						
営業所	鶴見	港北	本牧	葛西		北
エンジン						
型式	4サイクル6気筒無過給直噴		4サイクル6気筒無過給直噴	4サイクル6気筒無過給直噴		4サイクル6気筒無過給直噴
排気量	11.8ℓ		11.1ℓ	9.9ℓ		12.5ℓ
最高出力	230ps/2250rpm		225ps/2200rpm	230ps/2500rpm		235ps/2100rpm
DPF						
形式	CFM*		WFM**	CFM*	WFM** 分割ケース	WFM**
寸法	103W×175L×140H		φ229×305L	W:104 L:204 H:140	W:170 L:150 H:200	270W×270H×150L
容積	2.5ℓ×6 (15ℓ)		12.5ℓ×2 (25ℓ)	3ℓ×6 (18ℓ)	5.1ℓ×2 (10.2ℓ)	9ℓ×1 (9ℓ)
基材	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	炭化珪素
再生						
再生方式	逆流空気噴射洗浄		燃焼	逆流空気噴射洗浄		燃焼
後処理	DPF外燃焼		DPF内燃焼	DPF外燃焼		DPF内燃焼
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	0.5～1.0hr.		3.5hr.前後	0.3～1.0hr.		3.5hr.前後
粒子状物質低減率 (定常6ステップモード)	92%		92%	(92%)		89%

CFM*: Cross Flow Monolith, WFM**: Wall Flow Monolith

発生原因は、フィルタ内に蓄積された多量のPMが高速高負荷走行時に自己再生を起こし、DPF内の熱ひずみが増大したためと考えられる。その対策として、残留粒子を減らす方策が採られた。逆洗間隔の時間短縮ならびにヒータ通電時間の延長を行った。しかし、その効果が見られなかったため、再度分解したところ、交換したフィルタの保持材に仕様違いがあることなどがわかったが、残留粒子の低減対策の効果は未確認である。自己再生は横浜ベイブリッジを渡る高速路線走行時に起きたものと考えられ、その時の排気温度を測定した結果、ベイブリッジ登坂部におけるDPF入口が500℃以上になることがわかった。この条件では、自己再生が起きやすく発熱によるクラックの発生が考えられる。

東京都内を走行した逆洗システムの車両C1においても、PMがDPF内に残留する問題が発生し、フィルタの背圧が上昇することがあった。その対策として、車両Cでは、逆洗時に払い落とされたPMを、効果的に電気ヒータ部に導く方策が採られた。その結果、背圧上昇を防ぐことはできたが、排気煙濃度が0～4%に増える副作用が生じた。また、排気煙濃度が0%レ

ルに下がるまで、10～10数回のアクセル全開運転操作を行い、DPFの下流に溜ったPMを除去する必要があった。逆洗によって払い落とされたPMの流れに指向性を持たせるために、逆洗時にDPFケース内のガスを電磁バルブを通してテールパイプに放出する改造を行ったため、放出ガス中のPMの一部がDPF下流のテールパイプに付着し、無負荷急加速試験時の排気煙濃度の増加の原因となった。

電気ヒータ再生方式の車両B1では、故障を示すランプの点灯が運転者によって確認されたが、営業運行を継続したため、DPFが過捕集状態になることがあった。しかし、再生を停止するフェイルセーフが働いたため過捕集状態における再生を避けることができ、DPFにクラックが発生することはなかった。原因は、燃焼用酸素として排気を用いる方式を採用した本システムの再生排気制御バルブの作動不良であった。その後、バルブ摺動部の潤滑性を高める対策が施された。

バーナ再生方式の搭載車両D1では、温度フェーズに関する故障によってフェイルセーフが働き、バイパス運転になることがあった。温度フェーズの取り付け位置やリード線長を変更する整備が施された。

④分解調査

フィルタのクラックの有無は本調査の焦点となる。1年間の走行に供試した車両BおよびDのDPFにはクラックの発生はなかった。車両C1では、調査期間中にDPF本体の一部改造を行ったため、一年間を走行した調査試料を得ることはできなかったが、約2万キロを走行したフィルタの分解調査では、クラックの発生は認められていない。

(2) 2年目(平成8年度)の調査結果

平成7年度に引き続き、営業運転中の各車両の調査を行い、1年目の結果を含めて2年間の結果を述べる。

①運行経過

車両A2：前年度に高速道路の路線を持つ鶴見営業所管内で走行した車両A1に搭載されたDPFシステムは、高速走行が原因とされる逆洗時の黒煙の排出が課題として残されていた。2年目は、高速道路の路線を持たない港北営業所の車両A2を用いて調査を継続した。しかし、前年度同様にDPFにクラックが発生し、逆洗時に黒煙が排出した。そのため、営業運転による調査を一時中断し、製造メーカーによるクラックの原因調査を進めた。その結果、逆洗後のPMの電気ヒータによる焼却が不十分で、PMが徐々にDPF室内に蓄積することがわかった。蓄積したPMは再びDPFに付着し、DPFは過捕集の状態になるために局部的な自己再生を起こして大きな熱歪みを受けることが考えられる。逆洗時に払い落とされたPMの確実な処理方法が検討された。その結果、DPF本体の構造は、逆洗後のPMが確実に電気ヒータ部に到達するように変更された。同時にDPF形状の見直しも行われた。改造システムは、製造メーカーによる初期信頼性が確認された後、再び営業運転に供試されて調査を再開した。

車両B1：6万7千kmの走行距離において排気煙濃度が上昇した。点検の結果、左側のDPFの捕集性能が低下していた。調査のため左右のDPFは交換したが、2年間の走行距離は約9万5千kmであった。

車両B2：平成8年9月より走行を開始し、大きな問題はなかった。走行距離は約2万5千kmであった。

車両B3：平成8年12月より走行を開始し、大きな問題はなかった。走行距離は約1万1千kmであった。

車両C1：数%レベルの排気煙濃度がしばらく続い

たが、平成9年1月に搭載した最終仕様品からは、0%の濃度レベルを維持して走行した。2年間の走行距離は約7万kmであった。

車両C2：車両C1と同じ逆洗方式で、C1のDPF本体の強度上の問題ならびにDPF交換時の作業性を改善した新しい構造のDPFシステムが装着された。

車両D1：前年度の調査においてDPFを切断する分解調査を行ったために、2年目はDPFを新品にして走行を開始した。2年間の走行距離は約7万kmであった。特に大きな問題を生じることなく営業運転を行うことができた。

車両D2：平成9年3月より走行を開始した。

②再生回数

一部の調査対象車両には再生回数を計数するカウンタが付いており、任意の期間に記録された再生回数とその間の走行距離から1再生当たりの走行距離を求めることができる。

車両B1の1再生当たりの走行距離数は27～35km、B2では25～35kmの範囲で、平均的には30km前後であった。

車両C1の1再生当たりの走行距離数は1.6～2.7kmの範囲で、平均的には2.4km前後であった。

車両D1の1再生当たりの走行距離数は31～47kmの範囲で、平均的には37km前後であった。

1再生当たりの走行距離は、営業運転時の運行ダイヤ、使用状況ならびに道路状況によって変化するため代表的な値とは言えず、ここでは参考値とする。

③故障状況

車両B1は走行距離が6万7千km、走行開始後1年6ヶ月において排気煙濃度が上昇した。点検調査の結果、左右2系統の左側のDPFの捕集性能が低下していることがわかった。右側のDPFの排気煙濃度は0%であった。左右のDPFを分解した結果、左側DPFの後部セル壁が溶融していた。図3・1にDPF断面を示す。溶融の原因として、DPF後端に堆積したPM中の灰分とDPFの材料中の物質との化学反応によるDPFの融点降下が考えられる。車両C1は、車両A1と同様にDPF内にPMが残留する問題があり、DPF本体の改造が行われた。しかし、DPF本体の強度不足などが原因で、本体ケースにクラックが生じるなどの副作用を生じた。

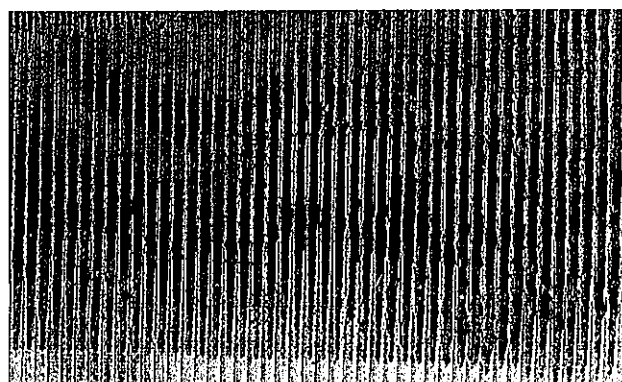


図3-1 DPFセル壁の溶融(中心部)

表3-1 平成7年度、故障対応の交換部品
走行期間：平成7年3月～平成8年3月

DPFシステム搭載車両	A1	B1	C1	D1
DPFアッシ	交換	良	交換	良
バルブアッシ	良	改良	良	良
配管系	良	良	変更	良
センサ類	良	交換	良	位置変更
制御ソフト	変更	良	良	良
コントローラハーネス	良	良	良	良
ヒータハーネス	良	良	良	良
バッテリー容量	良	良	良	良
再生用空気源	良	良	良	良
センサハーネス	良	良	良	修理
電源ハーネス	良	良	良	良
ブラケット類	良	良	良	修理
組立ミス	仕様違い	良	良	良

表3-2 平成8年度、故障対応の交換部品
走行期間：平成8年4月～平成9年3月

DPFシステム搭載車両	A2	B1	B2	B3	C1	D1	D2
DPFアッシ	良	交換	良	良	交換	良	良
バルブアッシ	良	良	良	良	良	良	良
配管系	良	良	良	良	良	良	良
センサ類	良	良	良	良	良	良	良
制御ソフト	良	良	良	良	良	改良	良
コントローラハーネス	良	良	良	良	良	良	良
ヒータハーネス	良	良	良	良	良	良	良
バッテリー容量	良	良	良	良	良	良	良
再生用空気源	良	良	良	良	良	良	良
センサハーネス	良	良	良	良	良	良	良
電源ハーネス	良	良	良	良	良	良	良
ブラケット類	良	良	良	良	良	良	良
組立ミス	良	良	良	良	良	良	良

車両D1はDPFに直接関係する問題はなかったが、燃料配管の一部に燃料にじみが生じたため燃料パイプを交換した。また、排気管の微細なクラックを補修することがあった。表3-1に平成7年度、表3-2に平成8年度に生じた主な故障を示す。平成7年度は、DPFの他に周辺の部品においても対策を必要とすることが多かった。平成8年度は7年度に比べて修理回数が少なく、前年度の故障対策がDPFシステムのメンテナンスの軽減に反映されたものと考えられる。

④黒煙排気濃度（汚染度）

図3-2に無負荷急加速試験時の排気煙濃度を示す。

⑤DPF前背圧

図3-3に車両D1のDPF前の背圧を示す。圧力はエンジン回転速度が500rpmおよび2000rpmの無負荷条件で、再生直後に測定した。PM中の灰分がDPF内に蓄積しDPF背圧が上昇することが予想されたが、本調査期間内では、背圧の上昇はなかった。

⑥走行燃費（燃料消費率）

図3-4に車両B1およびB2の満タン法（燃料タンクフルスケールを基準に補給した燃料消費量と、その消費期間中の走行距離から燃費率を求める方法）による走行燃費（km/l）を示す。図中には、所轄営業所の1ヶ月間の燃料消費量と、その間の全車両走行距離から割り出した平均燃費を、全車両平均としてプロットした。

車両A1の走行燃費は全車両平均と同等で、B2はそれに比べて全体的に数%ほど低い。DPFを付けることによって、DPF前の背圧が上昇し、機械損失が増えることによる走行燃費の低下が考えられるが、DPFシステムを付けることによる走行燃費の極端な低下は見られない。

⑦分解調査

調査期間終了後、車両B2のDPFシステムを分解する機会を得た。図3-5、図3-6に左右のDPFの後流側端面を示す。左側DPFの後端面に黒煙の付着が見られる。図3-2では、B2の排気煙濃度の悪化は認められていない。微少のPMの漏洩が考えられ切断調査を必要とする。

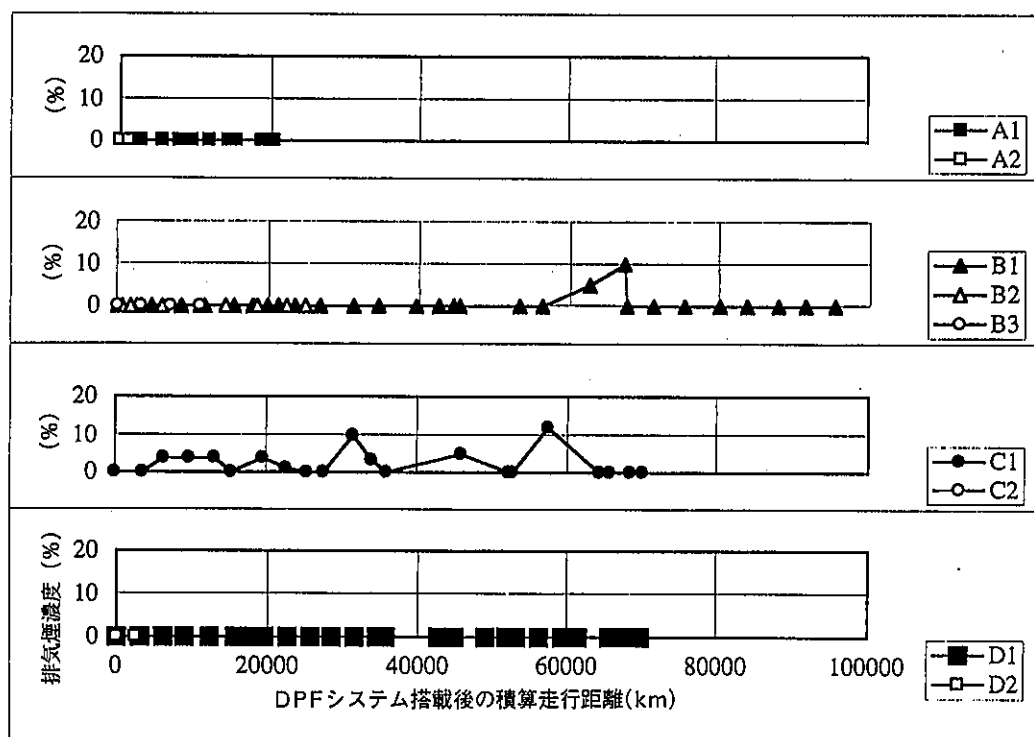


図 3-2 排気煙濃度(汚染度)

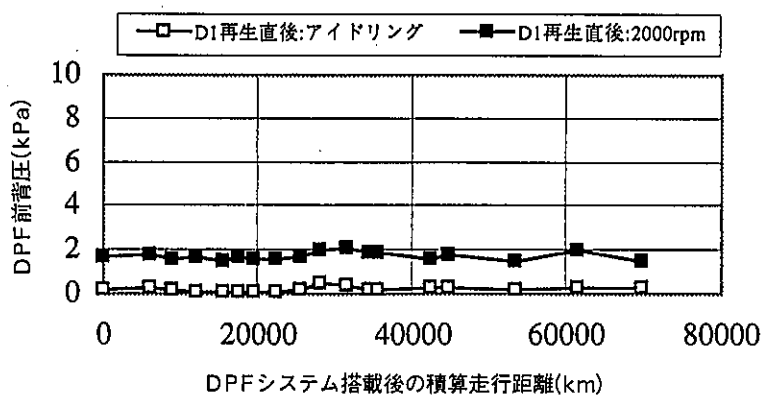


図 3-3 DPF 前の背圧

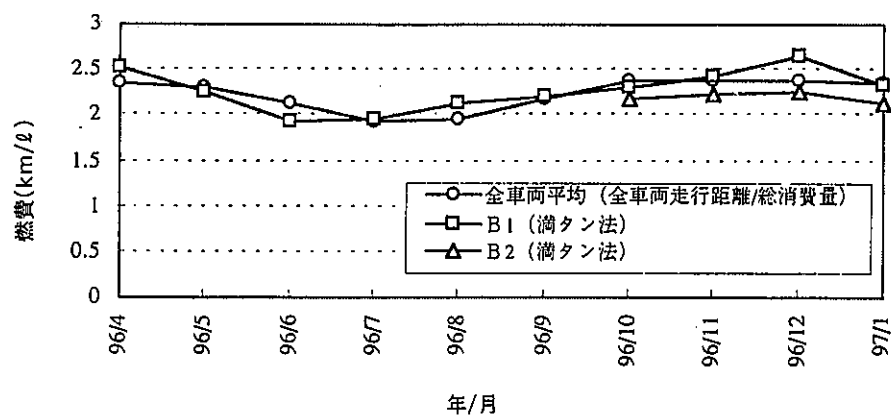


図 3-4 走行燃費

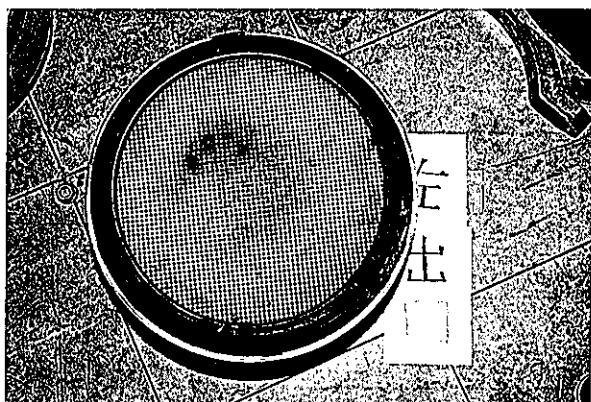


図3-5 DPFシステム分解例(車両B2左側DPF)

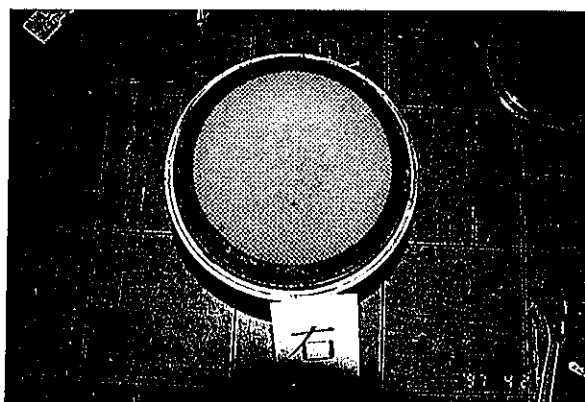


図3-6 DPFシステム分解例(車両B2右側DPF)

4. まとめ

2年間の走行調査の結果をまとめると以下の通りである。

(1) 1年目のまとめ

- ① 走行中自動再生DPF搭載路線バスは運転者の手を煩わすことなく、いずれの車両も一般の路線バスと同じ営業運転を行うことができた。いくつかの整備事例からは耐久信頼性に関する事項を抽出することができた。いずれの車両においても熱害の問題は発生せず、DPF搭載車両の安全性は高いものと考えられる。調査に御協力を頂いた交通局関係の方々の評価は総じて高いと言える。
- ② 逆洗方式を搭載した路線バスにおいて、逆洗によって落下したPMの処理が不十分で背圧が上昇することがあり、その対策を必要とした。また、DPF内に残留したPMが多い状態で高排気温度の走行を行うと、DPFにクラックが発生することが考えられる。
- ③ 電気ヒータ再生方式を搭載した路線バスにおいて、再生排気制御バルブが作動不良になりDPFが過捕集状態になることがあった。対策後は同じ問題は発生していない。
- ④ バーナ再生方式を搭載した路線バスにおいて、熱害対策用の温度フューズの取り付け不良が原因でバ

イパス走行になることがあった。

(2) 2年間のまとめ

営業運転中のDPFシステム搭載路線バスの走行調査の2年間の結果をまとめると以下のとおりである。

① 運行経過

東京都および横浜市で走行した逆洗方式のDPFシステムを搭載した車両は、逆洗時等に黒煙が排出し、その対策が課題であった。DPF本体ならびにDPFの形状などを見直した改良システムが試作された。

横浜市で走行した電気ヒータ再生方式のDPFシステムを搭載した車両は、走行開始後6万7千kmにDPFの交換を必要としたが、約9万5千kmの2年間の走行実績を得た。

東京都で走行したバーナ再生方式のシステムを搭載した車両は、分解調査のためのDPFの交換はあったが、2年間の走行距離が約7万kmで、特に大きな問題を生じることなく営業運転を行うことができた。

②故障状況

修理回数は前年度に比べて少ない。初期の故障対応の経験がDPFシステムの故障予防に反映されたものと考えられる。

③DPF前背圧

PM中の灰分がDPF内に蓄積し、DPF前の背圧の上昇が予想されるが、バーナ再生方式の車両の調査では、背圧の上昇は見られなかった。

④走行燃費（燃料消費率）

DPFを付けることによって、DPF前の背圧が上昇して機械損失が増えるための走行燃費の低下が考えられる。電気ヒータ再生方式の車両の調査結果からは、車両の差、運転ならびに走行条件の違いによって一概に比較することはできないが、極端な走行燃費の低下はなかった。

⑤分解調査

電気ヒータ再生方式の車両のDPFシステムを分解することができた。DPFの後端面に黒煙の付着が見られた。同車の排気煙濃度には問題ないが、微少のPMの漏洩が考えられる。

