

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

SURVEY OF THE PRACTICAL USE
OF
DIESEL PARTICULATE FILTER SYSTEMS

1988 - 1996

昭和63年度
|
平成8年度



公害健康被害補償予防協会

THE POLLUTION-RELATED HEALTH DAMAGE COMPENSATION AND PREVENTION ASSOCIATION

目 次

Abstract	4
要 約	5

I 調査研究の概要

I-1 調査研究の目的	11
I-2 調査研究期間と体制	11
I-3 調査研究の対象と方法	13
I-4 研究結果の概要	14
I-5 総 括	18

II 調査研究の結果

II-1 技術動向調査	23
1. DPF システム	23
2. 研究開発の経緯	28
3. 実用可能性	30
4. 解決すべき課題	32
II-2 都市内を走行する車両の走行実態	35
1. 都市内実走行調査の方法	35
2. 実走行パターンの作成	36
II-3 DPF システムの性能評価	40
1. 供試 DPF システムと試験方法	40
2. 実験結果および考察	41
3. まとめ	44
II-4 DPF システム搭載車両の性能	44
1. 供試車両	44
2. 試験方法および結果・考察	45
3. まとめ	51

II-5	営業運転に向けての調査	51
1.	営業運転用システム	51
2.	試験法	54
3.	試験結果および考察	55
4.	営業運転を行う上での適合性	57
II-6	営業運転における信頼性評価	59
1.	調査対象車両	59
2.	調査方法	59
3.	調査結果	59
4.	まとめ	64

III 資料編

II-1	文献等における技術動向調査	69
1.	SAE 論文リスト	69
2.	研究の背景と経緯	75
3.	DPF システムの実用性に係わる海外調査	77
4.	米国における DPF 装着路線バスの営業運転に係わる調査	81
5.	国内における DPF システムの実用例	84
II-2	走行パターンの作成方法	86
1.	走行パターンの考え方	86
2.	実用性評価試験用の走行パターン	86
II-3	エンジンダイナモ試験	89
1.	供試システム	89
2.	試験および測定方法	93
3.	試験手順	96
4.	試験結果	97
II-4	車両試験	103
1.	実用性試験用路線バス	103
2.	都市内模擬走行パターン	108
3.	DPF システムの再生ガスを含めた排出ガスの考え方	108
4.	40日間の走行試験詳細	109
II-5	大型希釈トンネルシステム	115

I-1 調査研究の目的

大都市地域における浮遊粒子状物質による環境汚染は依然深刻な状況にある。原因の一つにディーゼル自動車の排出ガスが考えられる。ディーゼルエンジンの粒子状物質対策は、エンジンモディフィケーションにより対応しているが、更に対策を進めるためにはディーゼルパーティキュレートトラップ（Diesel Particulate Filter System：以下、DPFシステムと記述する）すなわち排気管に取り付けたフィルタで粒子状物質（Particulate Matter：以下、PMと記述する）を捕集し、これを再燃焼処理する等（本文では再生と記述する）の後処理が有効であると考えられている。

DPFシステムの開発は自動車メーカー等で進められているが、現状では車両寿命に相当する耐久性、信頼性の要求には十分、対応できていない。しかし、都市の大気環境の改善が強く要望されているなかで、一日の走行距離が比較的短く走行範囲が限定され、走行形態がほぼ一定で、日常管理が十分に行われている車両の適用範囲においては、DPFシステムの実用可能性が考慮されていた。

本調査では、路線バス等の都市内を走行する車両を対象にDPFシステムの試験を実施し、性能および技術上の問題点を明らかにして、営業運転を目指したシステムの改良を重ねながら、信頼性の向上のために必要な事項を構築することを目的とした。

I-2 調査研究期間と体制

調査研究期間および体制は以下のとおりである。

(1) 調査研究期間

昭和63年～平成8年度

(2) 調査研究の実施機関

財団法人 日本自動車研究所

研究所 茨城県つくば市莉間2530

〒305-0822

電話 0298-56-1111

東京事務所 東京都千代田区神田錦町3-20

神田ユニオンビル

〒101-0054

電話 03-3293-9123

(3) 調査研究担当の代表者

須藤 英夫 主任研究員

(4) 協力体制

a. 供試品の提供

平成1年度および平成2年度は、以下に示す国内のディーゼルエンジンメーカーよりDPFシステムあるいはDPFシステム付のエンジンの試作提供を受けて、試験調査を実施した。

トヨタ自動車工業株式会社

日産自動車工業株式会社

マツダ株式会社

ダイハツ工業株式会社

いすゞ自動車株式会社

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

三菱自動車工業株式会社

日野自動車工業株式会社

日産ディーゼル工業株式会社

平成2年度から平成5年度は、以下に示す国内のディーゼルエンジンメーカーからDPFシステムならびにDPFシステムを搭載した車両の提供を受けて、試験調査を実施した。

いすゞ自動車株式会社

三菱自動車工業株式会社

日野自動車工業株式会社

日産ディーゼル工業株式会社

■平成8年度委員

座長 山岸 重雄 環境庁大気保全局自動車公害対策第二課 課長補佐

委員 田中順一郎 東京都交通局自動車部 車両課 課長

委員 桜井 哲夫 東京都環境保全局 自動車公害対策室 係長

委員 工藤 武 横浜市交通局 自動車部 課長

委員 落合 純一 横浜市環境保全局 交通環境公害対策担当 課長

委員 横田 克彦 社団法人日本自動車工業会 排出ガス部会 主査

委員 北島 幸雄 運輸省自動車交通保安環境課 専門官

委員 福島 健彦 環境庁大気保全局 自動車公害課 係長

委員 柳橋 泰生 公害健康被害補償予防協会 事業課 課長

b. 検討委員会

平成4年度からは、DPFシステムを搭載した路線バスの営業運転を実施するために必要な情報を交換するための連絡会を設置した。連絡会の委員は以下のとおりである（敬称略，順不同）。

「黒煙低減装置の実用可能性に関する調査研究会」 連絡会

■平成4～6年度委員

座長 矢作 新一 環境庁大気保全局自動車公害課 課長補佐

委員 勝俣 信郎 東京都交通局自動車部 車両課 課長

委員 小林 正雄 東京都環境保全局 自動車公害対策室 主査

委員 鈴木 勇 横浜市交通局 自動車部 課長

委員 市野川 進 横浜市環境保全局 自動車公害対策担当 課長

委員 横田 克彦 社団法人日本自動車工業会 排出ガス部会 主査

委員 小田 曜作 運輸省自動車交通保安環境課 専門官

委員 小野 洋 環境庁大気保全局 自動車公害課 係長

委員 山本 秀正 公害健康被害補償予防協会 事業課 課長

■平成7年度委員

座長 山岸 重雄 環境庁大気保全局自動車公害対策第二課 課長補佐

委員 畦崎 好一 東京都交通局自動車部 車両課 課長

委員 本田 務 東京都環境保全局 自動車公害対策室 係長

委員 工藤 武 横浜市交通局 自動車部 課長

委員 落合 純一 横浜市環境保全局 交通環境公害対策担当 課長

委員 横田 克彦 社団法人日本自動車工業会 排出ガス部会 主査

委員 北島 幸雄 運輸省自動車交通保安環境課 専門官

委員 藤田 賢二 環境庁大気保全局 自動車公害課 係長

委員 山崎 元資 公害健康被害補償予防協会 事業課 課長

I - 3 調査研究の対象と方法

(1) 技術動向の調査

(主として昭和63～平成4年度)

試験調査と平行して内外の情報から技術動向を調査する。

- ① SAE(Society of Automotive Engineers)文献を中心とした論文ならびに国内の特許を調査する。
- ② 海外における実用化の実態を調査する。
- ③ 国内における実用化の実態を調査する。

(2) 都市内を走行する車両の走行実態調査 (昭和63～平成1年度)

東京都内を走行する大型路線バスおよび塵芥車の実走行調査を行い、走行特性を解析し、DPFシステム評価試験用の運転パターンを作成する。

(3) DPFシステムの性能試験(平成1～2年度)

各種の再生技術を取り入れた大小9つのDPFシステムの性能を調査する。

(4) DPFシステム搭載車両の試験 (平成2～4年度)

- ① 大型路線バスを対象にDPFシステムを試作し、車両搭載上の問題点を抽出する。
- ② 試作DPFシステムを搭載した車両が、運輸省の道路運送車両法に適合することを確認し、東京都ならびに横浜市交通局の協力を得て路上走行し、運転ならびに整備に関わる方々の意見をいただく。

(5) 営業運転に関する試験(平成5～6年度)

- ① 運転ならびに整備に関わる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、運輸省の指導のもとに営業運転における調査計画を進める。
- ② 東京都ならびに横浜市交通局の使用過程の大型路線バスにDPFシステムを搭載し、営業運転を行う。

(6) 営業運転におけるDPFシステムの実用可能性 (平成7～8年度)

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、経済性を確認する。整備事例からは耐久性と信頼性に関する事項を抽出する。

I-4 研究結果の概要

(1) 文献等による技術動向の調査 (主として昭和63～平成4年度)

内外の情報から得られた結果は以下の通りである。

①DPF実用化試験の経緯

DPFシステムは1980年代から鉱山などのトンネル用車両への適用を目的として開発された経緯がある。多くのメーカーが自動車用への開発を本格的に進めたのは1990年前後で、アメリカの1994年の排気規制の強化に対応するためであった。

しかし、規制値の達成がエンジンの改良によってできることに一応の目途が立ち始めた頃から、DPFシステムの開発研究は低調になった。その間、アメリカ、ドイツ、スウェーデン、イタリアおよびギリシャにおいては、政府の援助を受け、自治体の協力のもとに大規模な走行試験が実施されたが、一応の走行計画が終了した後の継続的な報告はない。

路線バスを中心としたDPFシステムの実用化に関する近年の動きは、日本、韓国、イギリスおよびスウェーデンに見られる。

②DPFシステムの技術的課題

多くの再生方式は捕集したPMをDPF内で燃やす方法が採られるため、再生時のDPF内部は1000℃以上の高温に曝される。したがって、DPFの基材には高温域でも曲げおよび圧縮強さが下がらず、熱膨張率が小さく、熱伝導率が程々に大きい特性を持つセラミックスが理想とされている。しかし、理想的な基材は見あらず、一長一短の特性を持つDPF基材に、最適な再生技術を組み合わせたシステムが検討されている。

(2) DPFシステムの評価手法の構築 (昭和63～平成1年度)

安定した捕集再生性能を維持するDPFシステムを開発するには、DPFシステムが使用される走行条件および取り付けられる排気系の温度条件をもとに、設計仕様を検討する必要がある。また、試験調査を進める上では実走行を想定した評価方法が必要となる。

そこで、路線バスおよび塵芥車を対象とした東京都内の実走行調査を行い、走行特性と排気温度等を測定した。得られた結果は以下の通りである。

①エンジンダイナモ評価運転パターン

走行データから、発進から停止まで等を一区切りとした走行形態、ショートトリップの走行について平均速度と走行時間に関する頻度分布を求めた。この頻度分布より代表的なショートトリップを抽出して、代表走行パターンを作成した。代表走行パターンの車速と駆動力から、その時のシフト位置におけるエンジン回転速度とトルクの関係性を求め、DPFシステム評価用のエンジンダイナモ評価運転パターンを作成した。

走行調査から、路線バスの平均車速は約14km/h、塵芥車が約17km/hであることがわかった。

②触媒再生と排気温度について

触媒による再生方式は、400℃以上の排出ガス温度条件がある一定時間持続することが必要であるが、排気温度が400℃を越える時間割合は1割にも満たなく、その持続時間も数秒から1分程度と短いため、触媒方式のみでDPFを再生することは難しそうである。

(3) エンジンベンチによる試験調査 (平成1～2年度)

大型路線バス用に開発した4台のDPFシステムを、排気量が11.1リットルのエンジンに取り付け、大型路線バスのエンジンダイナモ運転評価パターンで調査した。また、小型エンジンを対象に開発したDPFシステムを、排気量が3～4リットルのエンジンに取り付け、塵芥車のエンジンダイナモ評価運転パターンで調査した。

各システムに使われたDPFは、いずれもコーディエライト ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) のWFM (排出ガス

が多孔質のセラミック壁を通過する時にPMを濾過する捕集メカニズム)である。再生時の着火方法には電気ヒータ、軽油バーナならびに吸排気絞り(吸排気を絞って排気温度を上昇させる方式)が採用された。再生時間としては、20～30分の短時間のものが多いが、最大420分をかけて再生を行う長時間の再生方式も調査した。DPFシステム評価試験としては、評価運転パターンで、1システムあたり400時間の捕集再生を繰り返す運転を行い、試験開始および終了時のPMの捕集効率ならびに試験中の燃料消費量と排出ガスを測定した。試験終了後はDPFの分解調査を行った。得られた結果は以下の通りである。

①捕集効率

諸元上の捕集効率が高いDPFを使用した場合の排気煙濃度はほぼ0%であった。捕集を開始してからの時間が経つにつれて、排気煙濃度はさらに下がり、DPFの壁面上あるいは気孔内にPMが堆積するにしたがって、捕集効率が高くなることがわかった。

DPFを取り付けることによって、最大で90%の黒煙を主成分とするISOF(In - Soluble Organic Fraction : 不溶解性物質)を除去することができ、約30%のオイルや燃料を主成分とするSOF(Soluble Organic Fraction : 溶解性物質)が低減でき、DPFシステムによるPMの低減効果は非常に大きいことがわかった。

②燃料消費率

電気ヒータならびにバーナ再生方式DPFシステムでは、燃料消費量が3～5%ほど悪化した。そのうちの1～2%の悪化はDPFの通気抵抗の増加によるものであった。排気量の割にDPF容積の小さいDPFを使用したシステムでは、通気抵抗分による燃料消費率の悪化率は4%を越えた。吸排気絞り再生方式の燃料消費量は、他のシステムに比べて極端に大きいことなどがわかった。

③排気ガス

DPFシステムがNO_xの排出に与える影響は少ない。

④分解調査の結果

電気ヒータ再生方式のDPFにはクラックや溶損が発生し、溶損が生じたDPFシステムのPMの捕集効率が若干低下した。バーナ再生方式のDPFにもクラッ

クは発生したが、PMの捕集効率の低下はなかった。吸排気絞り再生方式のDPFは良好な状態で試験を終了した。

⑤再生時のDPF前後差圧の変化

電気ヒータ再生方式のDPF前後差圧は再生毎に周期的に変化し、DPF内に残留したPMが一挙に燃焼する再生が繰り返されることがわかった。電気ヒータ再生方式に比べて、バーナや吸排気絞りの再生方式の再生時のDPF前後差圧の最高値の変化量は少ない。

バーナや吸排気絞り再生方式は再生時のガス量が多いため、DPFの温度分布が均一になり、DPF内に残留するPMが少ないものと考えられる。したがって、DPFにクラックや溶損等の熱的損傷を与えないためには、再生時のガス量を多くすることが必要であることなどがわかった。

(4) 車両における試験調査(平成2～4年度)

車両としての実用可能性の調査に移行し、調査の対象として大型路線バスを選択した。供試車両は4台で、搭載されたDPFシステムの再生方式は、エンジンベンチ試験に供試されたものと同じ仕様である。再生時は、安全上の理由から停車して再生を行う方式が取られた。車両搭載上の問題点を抽出し、得られた結果は以下の通りである。

①試験路における管理下走行試験

路線バスの都市内走行を模擬した走行を行い、初期トラブルならびに日常走行に必要な管理事項等を抽出した。熱電対の断線が原因でDPFにクラックが入るトラブルなどが発生する車両もあったが、フェイルセーフが働き、走行に支障をきたすようなことはなかった。

②再生時の熱害

過捕集時の再生を想定して、通常の捕集量の約2倍のPMを再生させた。電気ヒータ再生方式のシステムではDPF内温度が1000℃を越えるものもあったが、DPF本体の周囲温度は70～90℃であった。各車両ともDPFシステム周辺の温度が、熱害を生じそうな異常な高温になることはなかった。

③再生時に排出される排気ガス量

再生時はPMの燃焼ガスが排出される。正規（設計上の捕集量）捕集時のPMを再生した時の一酸化炭素（CO）、全炭化水素（THC）および窒素酸化物（NO_x）を測定した。全ての供試車両で一酸化炭素（CO）の排出率が増加した。その増加率はアイドリングの排出率の約4倍ほどであった。しかし、供試車両の6モードの排出率に再生ガスの排出率を加えてDPFシステム搭載車としての排出率を評価した結果、規制値を超える車両はなかった。

④騒音試験

DPFシステムの取り付けによる排気系の改造が騒音におよぼす影響を調べるため、騒音試験を行った。いずれの車両も規制値を満足していることを確認した。

以上の安全性、公害性および経済性の評価結果をもって、ナンバー取得の審査を受けた結果、メンテナンス付DPF試験バスとして、運輸省の道路運送車両法に基づく認可を受け、ナンバーを取得した。

⑤ナンバー取得後の走行試験

安全性の確認およびDPFシステムの作動安定性を確認するため、都市内の路線バスの走行を模擬した約40日間の走行試験を行った。各試験車両は熱害などの大きな問題もなく、安全に試験を終了した。しかし、すべての供試車両において、何等かのトラブルが発生し、予定の走行距離に達しなかった。その大きな原因のひとつに、夏期の炎天下において予想以上にPMの捕集量が増えたことがあげられる。PMの増加の原因としては、エンジン吸気温度の上昇により吸気効率が低下し、燃焼が悪化したこと、また、エアコンをフル稼働するためにエンジン負荷が増加し、高負荷運転の割合が増えることが考えられる。そのため、DPFの溶損と目詰まりが各1件ずつ発生し捕集量が多すぎたために再生時間が長引き、予定した運行スケジュールに支障をきたすこともあった。また、再生ボタンなどの押し忘れも起きた。捕集量センサの開発等を進めると同時に、人為的なミスを誘発する手動再生等を見直すことになった。

⑥路線走行試験

東京、横浜の交通局の協力を得て実際の路線を走行

する試験を行い、ドライバならびに整備に携わる方々の意見をいただいた。安全な走行ができ、排気煙が目立たないDPFシステムの効果は十分に認められたが、停車再生や手動再生システムについて、実用上の煩わしさならびに再生時間に合わせた走行スケジュールなどの問題指摘が多く寄せられた。

(5) 営業運転に向けての試験調査 (平成5～平成6年度)

交通局の要望により、走行中自動再生方式のDPFシステムが大型ディーゼル自動車メーカーによって試作された。自動化するにあたっては、再生方式を含めた設計変更が加えられた。その結果、電気ヒータとバーナの再生方式に逆流空気噴射洗浄（以下、逆洗と記述する）方式が加わった。逆洗方式は、DPF内燃焼による熱的損傷を回避するために、DPFの後流側から高圧空気を噴出させ、捕集されたPMをDPFの外に払い落としてから、DPFの外で燃焼させる構造を持つシステムである。

エンジンベンチにおける性能試験ならびに試験用車両による走行試験によって、3種類の再生方式のDPFシステムの安全性、公害性および経済性を調査した。走行試験の結果は以下の通りである。

①走行試験

各供試車両で約10日間の走行試験を行った結果、いずれのDPFシステムも自動再生装置は良好に作動し、排気煙濃度が増加するようなトラブルはなかった。運転者には警報モニタの説明だけで走行試験を開始したが、運転者の手を煩わすことなく一般の車両と全く変わりが無い運転ができることが確認できた。

他の再生方式に比べて再生中の排気温度が高く、排気ガス量が多くなるバーナ再生方式を搭載した車両には、可燃物が排気に触れないためのシステムを覆う排気ケースと排気温度を下げるためのディフューザが取り付けられ、それらの熱害対策の有効性を確認した。

②エンジンベンチ試験

自動車検査業務等実施要項にもとづく排気煙濃度試験を行った結果、排気煙濃度は0%であった。また、ディーゼル自動車排気煙濃度測定法（TRIAS 24-1972）にもとづく定常試験においても排気煙濃度は0%であっ

た。

定常6ステップ試験においてPMを測定した結果、エンジンから排出されるPMは約90%減少した。

再生ガスを測定し、エンジン排出ガスの一部として評価するため、エンジン排出ガス測定試験の運転条件を満たす定常6ステップ試験を行い、正規捕集量に達する運転時間中に排出されるエンジン排出ガスを試算し、それに対する再生ガスの増加率を求めた。その結果、電気ヒータ燃焼再生方式でCOが5%増加し、THCとNO_xは変わらなかった。逆洗方式では、再生ガスが検出されず、DPF付エンジンとしての排出ガスの値は変わらなかった。酸素濃度が高く、再生量が比較的少ないために、再生ガスの濃度変化が微少であるものと考えられる。

これらの結果をもとに、運輸省において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6年度の営業運転を目指し、東京都および横浜市交通局管内における使用過程の路線バスを選定し、走行中自動再生の各DPFシステムを搭載した。営業運転前の試験調査結果は以下の通りである。

③営業車の騒音試験

新型自動車試験法の騒音試験法 (TRIAS 20-1988) にもとづく試験を行った結果、いずれの車両も現行規制値を満足した。

④走行試験におけるDPFシステムの機能確認

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運転を行うことが確認できた。

営業運転用の車両は所轄自動車検査登録事務所において受検し、「DPF取り付け車」として登録され、3月より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において営業運転を開始した。

(6) 営業運転における走行調査 (平成7～8年度)

東京都および横浜市において2年間の営業運転における走行調査を行い、DPFの実用化のための使用上の問題点を抽出し、改良を加えながらの走行を続けた結果、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、メンテナンスに関して得られた情報は以下の通りである。

①横浜市における調査

逆洗再生方式を搭載した車両は、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。DPFに生じたクラック等が原因で約2万キロで走行を中断し、その原因の調査と対策が課題として残された。

電気ヒータの再生方式を搭載した車両はいくつかの周辺部品の改良を必要とし、6.7万キロでDPFを一度交換したが、約9.5万キロを走行した。

②東京都における調査

逆洗再生方式を搭載した車両は、排気煙濃度が増加することがあった。そのために走行を中断することはなかったが、逆洗時の逆洗用空気の流れを改良するなど、DPF本体の改造を行いながら約7万キロを走行した。

同じく東京都で走行したバーナ再生方式の車両は、約7万キロの走行を終了した。DPFの分解調査を行った結果、クラック等の問題はなかった。

I-5 総 括

(1) 研究成果

昭和63年度より公害健康被害補償予防協会の委託を受け、DPFシステムの実用可能性に関する技術的課題を明らかにするための調査研究が、(財)日本自動車研究所において実施された。

①営業運転に至るまでの成果

昭和63年度から平成2年度までは、各種の再生技術を取り入れた大小9つのDPFシステムをエンジンベンチ試験において調査し、それぞれのシステムについて400時間程度の耐久試験を行った。その結果、DPFの高い捕集性能が認められたが、DPFに生じる様々なクラックの問題に対する再生技術の開発が必要であることがわかった。

平成3年度以降は、大型路線バスを対象に調査を進めた。クラック対策も重要であるが、車両搭載上の問題点を先行して調査する必要があるため、停車中に限って再生を行うDPFシステムを試作し、車両試験を開始した。エンジンベンチ試験と同様に、DPFシステムのPMの捕集性能は高く、黒煙の排出は全く見られないことは勿論、経済性を大幅に損なうことなく安全な走行が確保できることが確認された。DPFシステムは従来のディーゼル車のイメージを変えるほどの評価を受けた。

停車時再生方式の車両は運輸省の道路運送車両法に適合し、東京都ならびに横浜市交通局の協力を得て、両交通局の運転士による実際のバス路線を使った路上走行が行われた。運転ならびに整備に関わる方々の意見をいただいた結果、運転性および低公害性は認められたが、停車時再生方式の使い勝手の悪さが指摘された。

平成4年度からは、運輸省をはじめとし東京都なら

びに横浜市のそれぞれの環境保全局と交通局、加えて自動車工業会によって構成される環境庁主催の「黒煙低減装置の実用可能性に関する調査研究連絡会」を開催し、DPFシステムを搭載した路線バスの営業運転を目指した。

平成5年度から6年度にかけ、大型ディーゼル自動車メーカーは走行中自動再生方式のDPFシステムを開発し、再度、エンジンベンチならびに実車試験を行い、運輸省の指導のもとに営業運転における調査計画を進めた。各試作システムの排気煙濃度は0%で、ディーゼル自動車排出ガス試験法 (TRIAS 24-2-1974) に準ずる6ステップの試験条件におけるPMの低減率は90%であった。

これらのDPFシステムは、東京都ならびに横浜市交通局の使用過程の大型路線バスに搭載された。実走行上の安全性ならびに低公害性が再度確認され、車両騒音などの各種評価試験の結果は十分満足できるものであった。都市内の走行を模擬した走行試験では、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が可能であるとの評価を受けた。それぞれのDPF搭載路線バスは、改造申請の届け出が受理され平成7年3月より営業運転を開始した。

②営業運転における成果

横浜市内で走行した逆洗方式の車両について、営業所の整備関係者から逆洗時の黒煙の排出が指摘されたため、一時期、走行を中断せざるを得なかった。その原因調査の結果、DPFシステムの改良が行われた。製造メーカーによる改良システムの初期信頼性が確認された後、平成8年度末に営業運転に復帰した。

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は、1年目に約4.4万キロを走行し、性能に問題はなかった。しかし、2年目の6.7万キロ走行時に排気煙濃度が上昇したためDPFを交換した。2年間の走行距離は9.5万キロであった。排気煙濃度の上昇は、DPFの後部セル壁の溶融によってできたピンホール大の貫通孔からPMが排出したためである。溶融の原因は、DPF後端に堆積したPM中の灰分とDPF材料の化学反応による融点降下が考えられる。

東京都内で走行した逆洗方式の車両は、逆洗後の逆洗用空気の流れを変更するなどの改良を続けながら2年間7万キロの走行に至った。横浜市内における逆洗システムと同様に耐久信頼性の向上が望まれたため、製

造メーカーにおける改良システムの開発が本調査と並行して進められた。改良システムを搭載した2台目の路線バスの実用化の調査は、今後も継続されるであろう。

同じく東京都で走行したバーナ再生方式の車両は、1年目の約3.5万キロ走行後にDPFの分解調査を行った結果、クラック等の問題はなかった。2年目は新品のDPFを装着して走行を開始し、特に大きな問題もなく合計約7万キロを走行した。

2年間の営業運転を通じた調査では、いずれの車両もDPFシステムの故障対応を必要としたが、熱害の問題もなくDPF搭載車両の安全性は高いことが確認された。いくつかの整備事例からは、耐久信頼性に関する多くの事項を抽出することができた。調査に協力していただいた交通局関係者の方々の評価は総じて高い。

東京都は2台、横浜市は30台のDPFシステムを平成8年度に低公害車の一つとして導入した。その中の4台のDPFシステムを搭載した車両を本調査に加えることができた。図1-1に横浜市が導入したDPFシステム搭載車を示す。

本調査の目的は、DPFシステムの技術的な問題点の抽出であったが、低公害車としての普及促進には、技術的な改良はもとより一般の路線バスと変わらない取り扱いができることも必要である。

エンジンベンチならびに車両における調査結果は、SAE(Society of Automotive Engineers)をはじめとする学会に報告した。一部の調査対象車は低公害車フェアに出展し、報道等でも取り上げられた。

昭和63年度に始められた一連の調査結果は、低公害

車が望まれる社会的な要望の一部分に対し、その成果を納めたものと考えられる。

(2) 今後の課題

熱的な条件に強いDPFの開発が進められているが、あらゆる温度条件に対応できるDPFは今のところ見あらず、DPFの開発だけによる耐久信頼性の向上は難しい。したがって、今後も、DPFの開発とDPFの特性に合わせた最適再生の技術に頼らざるを得ないものと思われる。

DPFの熱的な損傷は、DPF内のPMの捕集量ならびに不均一な分布が主な原因である。これらの問題に対応するためには、推定捕集量にもとづく再生制御や不均一な捕集分布を考慮した再生手法の開発が必要となる。また、調査の結果、長時間の使用によってDPF内に蓄積される灰分の対策も今後の課題となった。

これらの課題に対し数多くの再生方式が考案されるであろうが、DPFシステムの構成部品の多くは、各種の使用条件に対して未経験な部分が多い。したがって、DPFシステムが持つ技術レベルを大幅に超えない範囲での実用化試験が必要である。これらの耐久信頼性の確認方法は、今後も大きくは変わらないと考えられる。それにはユーザである自治体との協力も必要である。

東京、横浜の両都市に限らず、各種走行条件をDPFシステムに経験させ、使用上の問題点を反映した耐久信頼性のための技術向上を図れば、路線バスにおける実用化はさらに広がるであろう。



図1-1 横浜市内を走行するDPFシステム搭載路線バス