

# ディーゼル排気微粒子除去フィルター(DPF)システムの 汎用性向上に関する調査

平成10年度－平成12年度

RESEARCH ON DIESEL PARTICULATE FILTER (DPF) SYSTEMS  
FOR DIESEL TRUCKS

1998 - 2000



公害健康被害補償予防協会

# ディーゼル排気微粒子除去フィルター(DPF)システムの 汎用性向上に関する調査

RESEARCH ON DIESEL  
PARTICULATE FILTER (DPF) SYSTEMS  
FOR DIESEL TRUCKS

1998—2000

平成10年度  
↓  
平成12年度

 公害健康被害補償予防協会

THE POLLUTION-RELATED HEALTH DAMAGE COMPENSATION AND PREVENTION ASSOCIATION

## はじめに

公健協会（公害健康被害補償予防協会）は、大気汚染による健康被害を予防するための各種事業（健康被害予防事業）を実施しています。昭和63年から実施している本事業は、拠出事業者等からの拠出金と国からの出資金によって造成された基金の運用益を財源として、人の健康に関する環境保健の分野と大気環境の改善に関する分野の2分野において進められており、関係各位のご努力により着実に地域に根付くとともに、当協会においても事業の実施を通じ幾多の有益な知見が蓄積されてきています。

本書は、環境改善の分野の調査研究として実施している「より低公害な自動車の普及対策に関する調査研究」の一課題として、平成10年度から12年度（1998～2000）の3年間にわたって、財団法人日本自動車研究所に委託して実施した「ディーゼル排気微粒子除去フィルターシステムの汎用性向上に関する調査報告書」の内容を平易に再編集したものです。

ディーゼル排気微粒子除去フィルター（DPF）システムは、エンジンの排気系に装着したフィルター内に、自動車の排気ガス中の粒子状物質（PM）を捕集し、電熱線による焼却や触媒の作用等により除去する装置であり、ディーゼル排出ガス低減対策として近年特に注目されています。

この調査では、DPFの汎用性向上のため、ディーゼルトラック用DPFシステムを設計・試作して性能調査を行うとともに、自動車メーカーによって開発されたシステムを東京都、横浜市、川崎市、名古屋市、仙台市の5自治体の塵芥車（ごみ収集車）に装着し、現場での走行に適合した走行試験を行いました。その結果、バス用のものに続き、塵芥車を想定した小・中型トラック用DPFシステムも構築されたと言えるようになったところです。

自動車環境対策に従事する関係者の方々により、本調査の成果が、都市における大気汚染の克服のため、幅広く役立てていただければ幸いです。

平成14年3月

公健協会

理事 田島 邦宏

# 目 次

要 約	6
-----	---

## 調査研究の概要

- 1 調査研究の目的	15
- 2 調査研究期間及び体制	15
1. 調査研究期間	15
2. 調査研究の実施機関	15
3. 調査研究担当者	15
4. 調査実施体制	16
- 3 調査研究の対象及び方法	18
1. 技術動向調査及び汎用性向上型DPFシステムの設計	18
2. 汎用性向上型DPFシステムの試作と性能調査	18
3. 実証試験によるDPF装着車両の実用性調査	18
4. PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査	18
- 4 調査研究結果の概要	19
1. 技術動向調査及び汎用性向上型DPFシステムの設計	19
2. 汎用性向上型DPFシステムの試作と性能調査	20
3. 実証試験によるDPF装着車両の実用性調査	20
4. PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査	21
5. 推進検討委員会	24
- 5 まとめ	25
1. 汎用性向上型DPFシステム	25
2. 自動車メーカー製DPFシステム	25
3. 汎用性拡大について	26

## 調査研究の成果

- 1 技術動向の調査	29
1. 国内外の技術動向	29
- 2 汎用性向上型DPFシステム	32
1. DPFシステムの検討と設計（平成9年度）	32
2. 第1次汎用性向上型DPFシステム（平成9年度）	37
3. 第2次汎用性向上型DPFシステム（平成10年度）	43
4. 第3次汎用性向上型DPFシステム（平成11年度）	48
- 3 自動車メーカー製DPFシステム	52
1. 平成10年度調査	52
2. 平成11年度調査	55

- 4 汎用性向上型及び自動車メーカー製DPFシステムの課題 .....	71
1 . 汎用性向上型DPFシステム .....	71
2 . 自動車メーカー製DPFシステム .....	72
- 5 総括 .....	73

参考資料，引用文献

## ディーゼル排気微粒子除去フィルター（DPF）システム の汎用性向上に関する調査

大都市地域における浮遊粒子状物質（SPM）の環境基準の達成状況は低いレベルで推移している。この原因の一つにディーゼル自動車から排出される粒子状物質（PM）が挙げられる。ディーゼル自動車のPM低減対策としては、エンジン燃焼改善に加え、ディーゼル排気微粒子除去フィルター（DPF）等による排出物質の後処理が有効な方法の一つと考えられている。このような背景から、平成8年度までの調査により路線バス用自動再生DPFシステムが開発され、その実用性が実証された。

その後、更なる大都市地域の空気環境改善のためには、路線バス以外のディーゼル自動車、特にトラックへのDPF装着を進める必要があることから、平成9年度から11年度までの3年間に従来のDPFシステムの技術を向上させ、より汎用性を高めるための調査を行った。対象としたのは、塵芥車を想定した小型・中型トラック（2トン積み、4トン積み）用DPFシステムである。

平成9年度は、当時、小型・中型トラックに装着できるDPFシステムが存在しなかったため、DPF非装着状態の2トン積みトラックのPM、排出ガスおよび黒煙について測定を行い、その結果と国内外のDPF開発に関する情報を基に、種々の車両に適用できる汎用性の高いDPFシステムを設計した。設計に先立って、DPFシステム全体、再生システム、基本型式についての3項目を検討し、将来性の高い汎用性向上型DPFシステムのコンセプトをまとめた。DPFシステム全体は酸化触媒、電気ヒータ、セラミックフィルタの3体で構成した交互再生式とし、再生システムは電気ヒータとした。基本形式は炭化珪素モノリスのフィルタを2本並列に配置し、バイパスは設けないこととした。このコンセプトに基づき、第1次汎用性向上型DPFシステムを設計、試作して性能調査を行った。

平成10年度は、前年度の成果を基に、フィルタ後方に酸化触媒を配置した第2次汎用性向上型DPFシステムの効果を調査し、その性能を確認した。また、自動車メーカーが開発した蛇腹状に成形したセラミック繊維フィルタを使用する交互再生式DPFを2トン積みトラックに装着して性能を確認し、自治体の塵芥車1台に装着して実証試験を開始した。

平成11年度は、主に自動車メーカー製交互再生式DPFシステムを装着した車両の実証調査を行うこととした。当該DPFを5自治体の塵芥車（各1台）に装着し、シャシダイナモメータ台上での性能調査とともに、各自治体での日常業務に使用して実用性・耐久性に関する実証調査を行った。その結果、自動車メーカー製の交互再生式DPFシステムは高い耐久性・信頼性を有することが示された。また、耐久性・信頼性の向上を目的とした第3次汎用性向上型DPFシステムを試作した。2トン積みディーゼルトラックに装着して性能調査を行い、PM除去性能に優れ、実用化の可能性が高い電気ヒータによる交互再生式DPFシステムが構築できた。

以上、3年間の調査により、塵芥車を想定した小型・中型ディーゼルトラック用DPFシステムが構築された。今後、その他のディーゼル自動車にDPFシステムを普及拡大するには、装置の低価格化や保守管理体制の整備が重要である。また、装着が容易で多様な運行形態に順応可能で、耐久性・信頼性が優れたDPFシステムを開発する必要がある。

## *Research on Diesel Particulate Filter (DPF) Systems for Diesel Trucks*

Suspended particulate matter (SPM) remains unsatisfactory level in the urban air quality due to the exhaust emission from diesel vehicles. To reduce diesel particulate emission, research and development for several types of DPF systems have been carried out. The automatic regeneration DPF systems for urban buses were developed and had been evaluated for nine years until the fiscal year 1996. However, to improve urban air quality, it is important to apply DPF system not only for urban buses, but for diesel trucks. Then the DPF systems for light and medium duty trucks were studied from the fiscal year 1997 to 1999.

In the fiscal year 1997, the DPF systems for light and medium duty truck were few in the market. Then, the emission of PM, total volume of exhaust gas and smoke were measured for medium duty trucks without DPF. Based on these results of measurement, a prototype DPF system adapting to several types of vehicles was designed. As for the design, whole DPF system, regeneration system, and basic model were studied. From the result of studies, the whole DPF system is constructed with oxidation catalyst, electric heater and ceramic filter. The regeneration system is a forced ignition type with electric heater, and the basic model is made by two ceramic monolithic filters. From these concepts, the first prototype DPF system (alternate regeneration system) was designed and produced. Then, the performance test was carried out.

As for the fiscal year 1998, the second prototype DPF system installed with oxidation catalysts was investigated and performance was tested. The other side, an automobile manufacturer developed an alternate regeneration DPF system built with ceramic fiber filter. And a performance test on the chassis dynamometer and a fleet test of garbage truck of local-government with the DPF system were carried out.

As for the fiscal year 1999, the alternate regeneration DPF system of the automobile manufacturer was installed to garbage trucks of five local-governments and the fleet tests were carried out. Based on the results of performance test on a chassis dynamometer and the fleet test in daily work of local-governments, the alternate regeneration DPF system proved high practicality and durability.

In addition, the third prototype DPF system for general purpose was produced to improve durability and practicality. The result of performance test of a 2-ton freight truck showed high trapping PM and regeneration performance of the third prototype DPF system.

From the results of three years investigation, the DPF systems for light and medium duty trucks proved full practicality and durability. In the future, to assist the popularization of DPF system for many other diesel vehicles, DPF prices should be lower and the infrastructure for the maintenance services system is important. And it is necessary to develop the highly durable and practical DPF system which can be easily installed and have high adaptability to various kind of transportation activities.

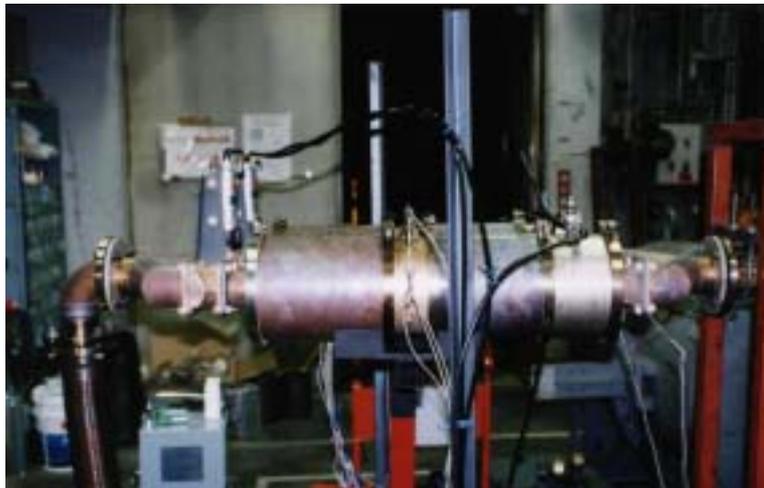
## 汎用性向上型DPFシステムの試作



炭化珪素(SiC)製フィルタ表面



再生用電気ヒータ(渦巻き状ヒータ)



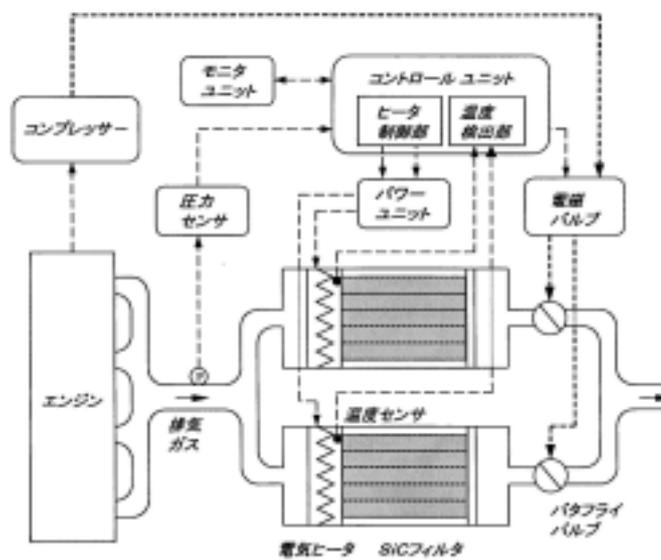
エンジンベンチにおける触媒選定実験



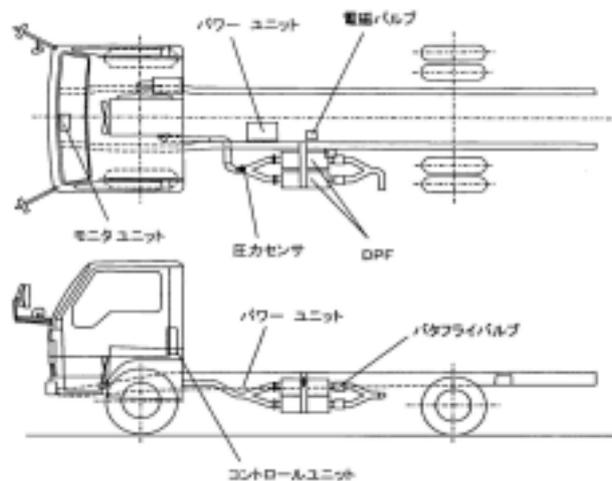
DPFシステムの搭載状態(第2次汎用性向上型)



第3次汎用性向上型DPFシステム装着車両

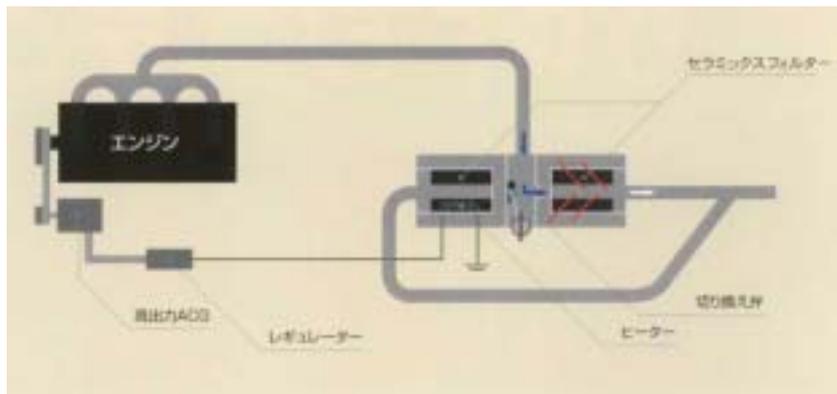


第3次汎用性向上型DPFシステムの構成



第3次汎用性向上型DPFシステムの車載例

# 自動車メーカー製DPFシステムの実証試験



塵芥車用DPFシステムの概略

フィルタ



DPF搭載塵芥車(自治体A、2トン積み)



DPF搭載塵芥車(自治体B、2トン積み)



DPF搭載塵芥車(自治体C、2.5トン積み)

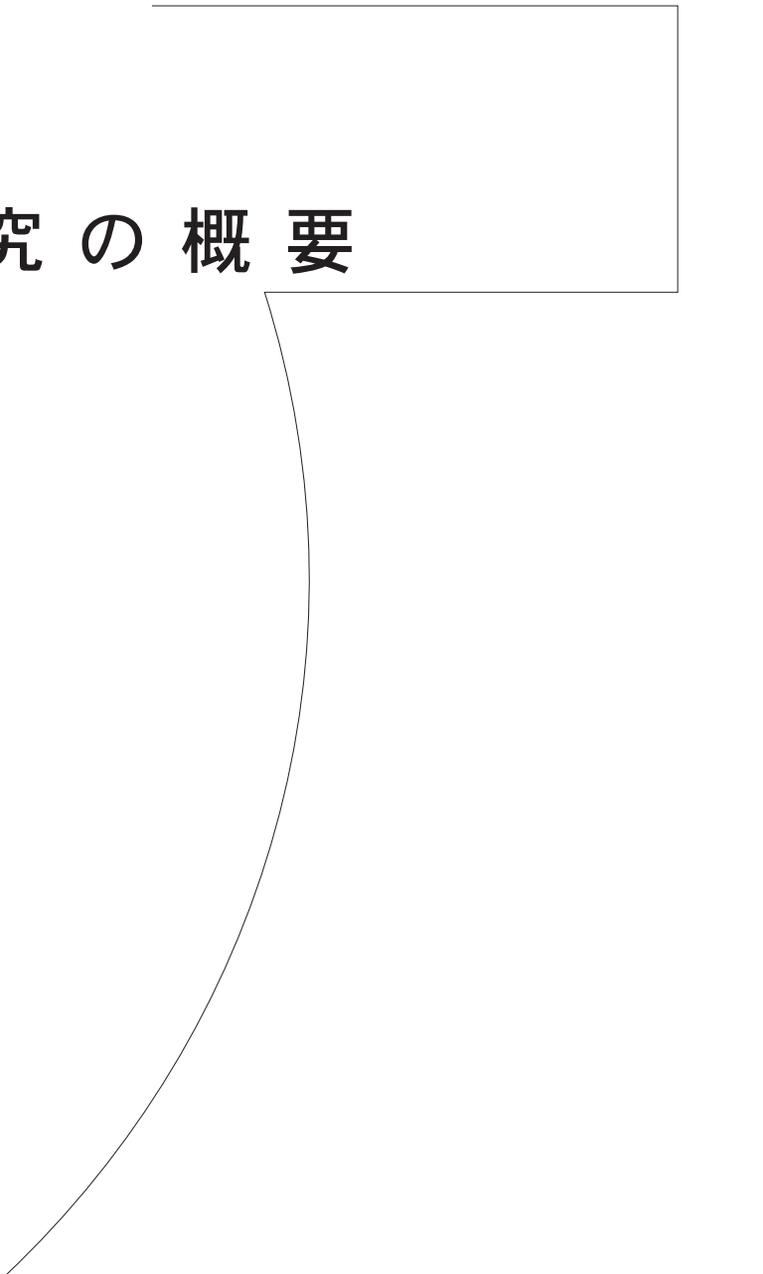


DPF搭載塵芥車(自治体D、3.35トン積み)



DPF搭載塵芥車(自治体E、2トン積み)

# I 調査研究の概要



## - 1 調査研究の目的

大都市地域における浮遊粒子状物質（SPM）の環境基準の達成状況は低いレベルで推移している。この原因の一つにディーゼル自動車から排出される粒子状物質（PM）が挙げられる。ディーゼル自動車のPM低減対策としては、エンジンの燃焼改善に加え、ディーゼル排気微粒子除去フィルタ（DPF）等による排出物質の後処理が有効な方法の一つと考えられている。このような背景から、平成8年度までの調査により路線バス用自動再生DPFシステムが開発され、その実用性が実証された。

その後、更なる大都市地域の大气環境改善のためには、路線バス以外のディーゼル自動車、特にトラックへのDPF装着を進める必要があることから、塵芥車を想定した小型・中型トラック（2トン積み、4トン積み）用DPFシステムについて実証試験、性能試験等を行うことにより、現行DPFシステムの技術を更に向上させるとともに、より汎用性を高めることを目的とした調査研究を行った。

## - 2 調査研究期間及び体制

### 1．調査研究期間

平成9年度～11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

〒305 - 0822 茨城県つくば市苅間2530

電話 0298 - 56 - 1111（代表）

東京事務所

〒101 - 0054 東京都千代田区神田錦町3 - 20

神田ユニオンビル

電話 03 - 3293 - 9123

### 3．調査研究担当者

辜 敬之 (財)日本自動車研究所  
エネルギー・環境研究部 主任研究員

河合サチ子 (財)日本自動車研究所  
エネルギー・環境研究部 主任技師

山口 幸司 (財)日本自動車研究所  
エネルギー・環境研究部 技師

土田美恵子 (財)日本自動車研究所  
エネルギー・環境研究部 技師

飯島 稔 (財)日本自動車研究所

エネルギー・環境研究部 技師  
 宇津木浩二 (財)日本自動車研究所  
 エネルギー・環境研究部 技師  
 張替 勝美 (財)日本自動車研究所  
 エネルギー・環境研究部 副技師

験を実施するにあたり、以下の自治体から塵芥車各1台を試験車として借用した。

- ・東京都
- ・横浜市
- ・川崎市
- ・名古屋市
- ・仙台市

#### 4. 調査実施体制

##### (1) 技術協力

平成9・10年度

以下に示す国内のディーゼル自動車メーカーおよびフィルターメーカーのDPF関係部門担当者に塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPF開発にあたっての技術協力、指導を受けた。

- ・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11年度

以下に示す国内のディーゼル自動車メーカーとその関連会社およびフィルターメーカーに塵芥車用DPFに関して、技術協力を受けた。

- ・いすゞ自動車株式会社
- ・株式会社いすゞセラミックス研究所
- ・株式会社イビデン

##### (2) 供試品

平成9年度

以下に示す国内のフィルターメーカーよりDPFシステムを購入し、試験調査を実施した。

- ・株式会社イビデン

平成10年度・11年度

以下に示す国内の自動車メーカーと自動車メーカー関連会社およびフィルターメーカーよりDPFシステムを購入し、試験調査を実施した。

- ・いすゞ自動車株式会社(株式会社いすゞセラミックス研究所)
- ・株式会社イビデン

##### (3) 協力自治体

調査期間中にDPFシステムを車両に装着して実証試

##### (4) 検討委員会

本研究を実施するために必要な情報交換をするための委員会を設置した。委員は以下のとおりである。

(順不同)

平成9年度委員

- |     |       |                                |
|-----|-------|--------------------------------|
| 委員  | 野津 真生 | 環境庁大気保全局自動車環境対策第二課課長補佐         |
| 委員  | 福島 健彦 | 環境庁大気保全局自動車環境対策第二課排出ガス係長       |
| 委員  | 四阿 秀雄 | 東京都環境保全局大気保全部自動車公害対策室低公害車対策係長  |
| 委員  | 落合 純一 | 横浜市環境保全局公害対策部交通環境対策担当係長        |
| 委員  | 石黒 健一 | 名古屋市環境保全局公害対策部自動車公害対策課主査       |
| 委員  | 丸山 學  | 川崎市環境局公害部自動車対策課副主幹             |
| 委員  | 早田 博直 | 仙台市環境局環境部環境対策課主幹               |
| 委員  | 高見金太郎 | いすゞ自動車(株)エンジン設計第五部シニアスタッフ      |
| 委員  | 川谷 聖  | 三菱自動車工業(株)トラック・バス開発本部エンジン研究部主任 |
| 委員  | 浅海 靖男 | 日産ディーゼル工業(株)商品開発本部研究部副課長       |
| 委託元 | 柳橋 泰生 | 公健協会基金事業部事業課課長                 |
| 委託元 | 加藤 信幸 | 公健協会基金事業部事業課事業総括係長             |
- 平成10年度委員
- |    |       |                          |
|----|-------|--------------------------|
| 委員 | 中谷 育夫 | 環境庁大気保全局自動車環境対策第二課技術班長   |
| 委員 | 福島 健彦 | 環境庁大気保全局自動車環境対策第二課排出ガス係長 |

委員	桜井 哲男	東京都環境保全局大気保全部自動車公害対策室排出規制担当係長	営業企画部部長
委員	落合 純一	横浜市環境保全局公害対策部交通環境対策担当係長	委託元 栗山 俊勝 公健協会基金事業部事業課課長
委員	石黒 健一	名古屋市環境保全局公害対策部自動車公害対策課主査	委託元 今井 博人 公健協会基金事業部事業課事業総括係長
委員	丸山 學	川崎市環境局公害部自動車対策課副主幹	
委員	早田 博直	仙台市環境局環境部環境対策課主幹	
委員	高見金太郎	いすゞ自動車(株)エンジン設計第五部シニアスタッフ	
委員	川谷 聖	三菱自動車工業(株)トラック・バス開発本部エンジン研究部主任	
委員	浅海 靖男	日産ディーゼル工業(株)商品開発本部研究部副課長	
委員	五十嵐龍起	日野自動車工業(株)技術研究所エンジン研究グループ主任	
委託元	島田 幸司	公健協会基金事業部事業課課長	
委託元	加藤 信幸	公健協会基金事業部事業課事業総括係長	

## 平成11年度委員

座長	塩路 昌宏	京都大学エネルギー科学研究科エネルギー変換科学専攻教授
委員	中谷 育夫	環境庁大気保全局自動車環境対策第二課技術班長
委員	福島 健彦	環境庁大気保全局自動車環境対策第二課排出ガス係長
委員	中村 健	東京都環境保全局大気保全部自動車公害対策室課務担当係長
委員	落合 純一	横浜市環境保全局公害対策部交通環境対策担当係長
委員	古谷伸比固	名古屋市環境保全局公害対策部交通公害対策課主査
委員	丸山 學	川崎市環境局公害部自動車対策課副主幹
委員	奥田 善昭	仙台市環境局環境部環境対策課係長
委員	大倉由喜路	いすゞ自動車(株)CV商品企画室シニアスタッフ
委員	松岡 寛	いすゞセラミックス研究所

## - 3 調査研究の対象及び方法

### 1 . 技術動向調査及び汎用性向上型 DPFシステムの設計 (平成9年度)

国内外のDPFシステムに関する技術動向から、車両毎に異なる要求仕様に対処できる汎用性向上型システムを検討し、その設計を行った。

#### (1) 技術動向の調査

DPFに関する内外の情報から技術動向を調査した。  
SAE (Society of Automotive Engineers : 米国自動車技術会)、自動車技術会、機械学会等の文献ならびに国内外の特許を調査した。  
海外での使用実態を調査した。  
国内での使用実態を調査した。

#### (2) 検討項目

汎用性向上型DPFシステムの設計にあたっては、以下の3項目に関して検討した。

DPFシステム全体  
再生システム  
基本形式

### 2 . 汎用性向上型DPFシステムの試作と 性能調査 (平成9年度~11年度)

汎用性向上型DPFシステムについては、上記3項目に関する検討の結果から、その概念をまとめて試作し、性能調査を行った。

### 3 . 実証試験によるDPF装着車両の実用性 調査 (平成9年度~11年度)

自動車メーカー製DPFシステムを装着した5自治体の塵芥車について、日常の作業を行う中で以下の項目を調査した。

- (1) 運行中に生じたDPFの異常内容と、それに対する処置に関する調査
- (2) DPF装着による燃費、黒煙排出に関する調査
- (3) DPF装着車の作業等におよぼす影響に関する調査

### 4 . PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出 濃度の調査 (平成9年度~11年度)

シャシダイナモメータ台上で、D-13モードと実走行モードの各種走行形態におけるPMと排出ガスの排出量および黒煙の汚染度を以下のシステムについて調査した。

- (1) 第1次、第2次、第3次汎用性向上型DPFシステム (平成9年度~11年度)
- (2) 自動車メーカー製DPFシステム (平成10年度~11年度)

## - 4 調査研究結果の概要

### 1 . 技術動向調査及び汎用性向上型DPFシステムの設計

#### (1) 技術動向調査

国内におけるDPFシステムは、大型路線バス用の全自動式が昭和63年度から平成8年度の9年間に開発され、営業運転による実用化試験を経て、自治体の交通局からは総合的に高い評価を受けた。その一方で路線バス以外のディーゼル自動車、特にトラックへのDPFの適用が望まれていた。しかし、路線バス用を基準にして発展させたDPFではトラックの多岐にわたる使用形態をカバーすることが困難であることから、開発は遅れていた。

国内の技術動向調査では、平成9年度までに小型・中型トラック用DPFシステムが試作されたものはあったが、実用化されたものは皆無で、実証試験を実施することができない段階であった。海外においても同様に、米国や韓国の都市内路線バスで行われていたDPFシステム実証調査も、その結論が明確ではなかったので、トラックへの適用など汎用性を有するものであるかの判断も困難であった。これらの大半は捕集した黒煙を含むPMをヒータあるいはバーナ等で高温焼却してフィルタを再生する交互再生式であり、当時、酸化触媒あるいは燃料添加剤で化学的に再生する方式は開発途上であったので、本調査での実証試験の対象からは除外した。

#### (2) 汎用性向上型DPFシステムの設計

路線バス用DPFシステムは大型で制御も複雑であり、システム形状・寸法および個々の部品等が大きく、小

型・中型トラックに装着することは困難である。また、各システムの制御はエンジンと車両を総合して最適制御する方式であるから、単に小型化することも困難である。そこで、汎用性向上型DPFシステムを構築するにあたって、以下の検討を行った。

- ・DPFシステムの設計に関する検討
  - 現用装置の小型化、 現用装置の改造、 現用装置の適用、 新規開発の4項目
- ・再生システムに関する検討
  - 排気温度の問題、 再生作動領域、 再生時の温度範囲、 フィルタ材料、 燃費への影響の5項目
- ・基本形式に関する検討
  - 設計技術レベル、 制御性、 実績の3項目
  - 検討の結果、汎用性向上型DPFシステムのコンセプトを以下のように構築した。
    - (a)DPF本体の構造は、多種多様な車両に対して調査できるような分割組立型とする。
    - (b)再生方式は初期には電気ヒータ方式とするが、その他の熱源についても調査する。
    - (c)高負荷条件でのDPFの溶損を防ぐため、耐熱性の高い炭化珪素(SiC)を使用する。
    - (d)作動の安定性を確保するために、DPFはデュアルとし、バイパスは設けない。
    - (e)DPFシステムが既存車に装着される装置であることから、制御装置の汎用性についても調査する。

これらの検討結果から、平成9年度のDPFは供試車両の限定された空間(マフラ取付部)に配置できる形状・寸法とし、それを2個並列に配置する構造とした。DPFはエンジンの排気量に合わせて容積を定め、材質は耐熱性の高い炭化珪素とした。再生には小型で信頼性の高い電気ヒータを用い、最高使用温度は900に設定した。また、エンジンおよび車両の制御と分離して、DPFシステムだけの制御で機能するシステムを第1次汎用性向上型DPFシステムとして設計した。

## 2. 汎用性向上型DPFシステムの試作と性能調査

### (1) 第1次汎用性向上型DPFシステム（平成9年度）

小型・中型トラック用DPFに必要な要件を基に、供試車両の標準マフラと換装できる外径220mm、全長520mmのDPFを第1次汎用性向上型DPFシステムとして試作した。PMを捕集するフィルタは出口側を封じした直径165mm、全長150mm、容積3.2Lの炭化珪素（SiC）を使用した。DPFを装着した車両は2トン積みの平成6年度規制適合車である。

試作した第1次汎用性向上型DPFシステムを装着した車両の性能試験は、ディーゼル13モード（D-13）と実走行モード7種類（一般道走行モード5種類、高速道走行モードおよび塵芥車モードを各1種類）で行った。

### (2) 第2次汎用性向上型DPFシステム（平成10年度）

第1次汎用性向上型DPFシステムでは排出ガス中のTHC、COが増加する傾向を示したので、第2次汎用性向上型DPFシステムでは、それに対処する目的で酸化触媒を設置した。酸化触媒は白金（Pt）およびパラジウム（Pd）を使用し、エンジンベンチ試験では5種類、シャシダイナモメータ台上試験では2種類の組み合わせあるいは配置で試験した。

エンジンベンチではD-13モードで試験し、シャシダイナモメータ台上ではD-13モードと実走行モード7種類で性能試験を行った。

### (3) 第3次汎用性向上型DPFシステム（平成11年度）

第3次汎用性向上型DPFシステムは、耐久性・信頼性の向上を目的にフィルタ直径を拡大し、全長を短縮して再生時間の短縮を図った。DPFの材料は炭化珪素で電気ヒータによる再生方式は第1次汎用性向上型から変更していない。第2次では排出ガス浄化用に酸化触媒をフィルタ後方に配置したが、その影響でD-13モードではPM中のサルフェートが増加するので、第3次では除いた。

供試車両には第1次とは車体形状は異なるが、エンジンが同仕様の2トン積みトラックを使用した。DPF

は標準マフラと交換して設置し、シャシダイナモメータ台上でD-13モードおよび自治体の塵芥車モードを含めて12種類の実走行モード試験を行った。

## 3. 実証試験によるDPF装着車両の実用性調査

平成10年度には自動車メーカーが交互再生式の2トン積みトラック用と2.5トン積み塵芥車用DPFシステムを構築した。

フィルタは前後2個に分かれており、エンジンからの排出ガスは前後のフィルタの中央から入り、切り替え弁で流路が切り替えられて前後いずれかのフィルタにPMが捕集される。捕集、再生は時間または圧力信号により交互に行われる。フィルタ材料は炭化珪素（SiC）繊維で、それをフェルト状にしてPMを表面だけでなく深さ方向にも捕集できる深層濾過タイプで、蛇腹形状で捕集面積を増し、通常のマフラ位置に搭載できる大きさにコンパクト化されている。

再生は電気ヒータ方式であるが、フィルタを保持している金網が全面ヒータとなり、再生の効率化が図られている。また、再生用の電力を確保するためにアイドリング回転数でも十分な電力が得られる高出力発電器に換装している。

供試車両の2台はいずれも平成6年規制対応車で、シャシダイナモメータ台上試験でディーゼル13（D-13）モードと実走行モード試験を行った。

平成11年度は4自治体加わり、積載量で2トン積み3台、2.5トン積み1台、3.35トン積み1台の合わせて5台の塵芥車にDPFを装着して実証試験を行った。また、5台のうちの2台については実証試験の他にシャシダイナモメータ台上試験でPMおよび排出ガスの排出量調査も行い、DPF装着の効果を確認した。

日常の作業を行う中での実証試験の調査は、運行中に生じたDPFの異常内容と、それに対する処置に関する調査、DPF装着による燃費、黒煙排出に関する調査、DPF装着車の作業等におよぼす影響に関する調査（アンケート調査）の3項目について行った。

## 4. PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査

### (1) 汎用性向上型DPFシステム

#### 第1次汎用性向上型DPFシステム（平成9年度）

試作した第1次汎用性向上型DPFシステムを装着した車両の性能試験は、シャシダイナモメータ台上でディーゼル13モード（D-13）と実走行モード7種類（一般道走行モード5種類、高速道走行モードおよび塵芥車モードを各1種類）で行った。

#### a) シャシダイナモメータ台上試験による調査結果

##### (ア) D-13モード試験

第1次汎用性向上型DPFシステムを平ボディの2トン積み供試車両の床下に配置してシャシダイナモ試験を行った結果、PMはD13モードでは約80%の除去性能が得られた。

排出ガスはDPFシステムの装着でTHC、COに増加、NOx排出量に若干の減少傾向が見られた。これは排気系の圧力増加の影響と考えられるが、酸化触媒の使用で排出ガスの問題は対処出来ると思われる。

##### (イ) 一般道、高速道および塵芥車モード

一般道、高速道および塵芥車モードでは約60%のPM除去性能が得られた。排出ガスはDPFシステムの装着で濃度の変化が確認されたが、これは排気系の圧力増加の影響と考えられる。

##### (ウ) 排気煙排出濃度

排気煙の排出はスモークメータの検出限界以下であった。

以上の結果から、平成9年度の第1次汎用性向上型DPFシステムは、有効に機能することが確認出来た。また、PM計測に使用した捕集フィルタ（濾紙）はDPFシステム非装着時の黒色ではなく、黄色みを帯びた白色であった。このことは、DPFに捕集されるPMの成分が主にドライストであることを示唆している。

#### 第2次汎用性向上型DPFシステム（平成10年度）

##### a) 触媒の選定

排出ガス浄化用の酸化触媒としてPtおよびPdを使用した。DPFへのPt触媒の使用は、サルフェート（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）の増加を招くので好ましくないとされているが、ここでは規制排出ガスの低減を主目的として使用した。また、触媒の選定と合わせて、DPFとの位置関係の検討も行った。選定にあたっては、供試車両と同型式のディーゼルエンジンを使用して、ベンチ試験でD-13モードを行った。

その試験の結果から、第2次汎用性向上型DPFシステムにはPt1.5g/Lを担持した酸化触媒装置をDPFの後方に配置することとした。

#### b) シャシダイナモメータ台上試験による調査

##### (ア) D-13モード試験

平成6年度規制対応車に、酸化触媒装置を組み込んだ第2次汎用性向上型DPFシステムを装着して、規制値（許容限度）に対する排出ガスとPMの排出割合を調査した結果、触媒によりTHC、COは低減するが、サルフェートが増加するためにPMは増加する結果が得られた。触媒の担持量を1.5g/Lから1.0g/Lに低減すると、排出ガスを増加させることなくPMを減少することが出来たが触媒装置無しでは減少せず、今後、最適担持量の検討が必要である。

##### (イ) 一般道・高速道走行モード

シャシダイナモメータ台上で一般道モード5種、高速道モード1種、塵芥車モード1種の試験を行った。供試車両のDPFシステムで、それぞれの走行モードにおけるPMの排出量に対する触媒の影響を調査した結果、触媒装置がない場合は走行モードの平均速度が増加するにしたがいPMの排出量は減少するが、触媒装置を装着した場合は全速度域で大幅に減少した。

これは、D-13モードでは高負荷モードの高温排出ガスにより、サルフェートが生成されるのに対し、一般道、高速道走行モードではD-13モードより排気温度が低いため、サルフェートの生成が抑えられるからと考えられる。捕集フィルタ（濾紙）は触媒装置を設置した場合もDPFシステム非装着時の黒色ではなく黄色みを帯びた白色である。

THC、COの排出量は触媒装置の装着により減少し、酸化触媒の効果が確認された。

(ウ) 排気煙排出濃度

スモーク3試験での黒煙排出濃度の測定結果は、触媒装置を装着したシステムであってもDPFでPMが捕集されることには変わりなく、スモークメータの濾紙が僅かに変色した程度で測定器の検出限界以下であった。

第3次汎用性向上型DPFシステム（平成11年度）

第3次汎用性向上型DPFシステムでは、耐久性・信頼性の向上を目的にフィルタ直径を拡大し、全長を短縮して再生時間の短縮を図った。DPFの材料は炭化珪素（SiC）で電気ヒータによる再生方式は第1次から変更していない。第2次では排出ガス浄化用に酸化触媒をフィルタ後方に配置したが、その影響でD-13モードではサルフェートが増加してPM除去効果が減少するので第3次では除いた。

供試車両は第1次とは車体形状が異なるが、エンジンは同仕様の2トン積みトラックである。DPFは標準マフラと交換して設置し、シャシダイナモメータ台上でD-13モードおよび自治体の塵芥車モードを含めて12種類の実走行モード試験を行った。

a) シャシダイナモメータ台上試験による調査

(ア) D-13モード試験

第3次汎用性向上型DPFシステムを装着した供試車両のシャシダイナモメータ台上でのD-13試験では、PMの排出量は0.09g/kWhと平成6年度規制値（平均値0.70g/kWh）よりも大幅に低減されており、優れた浄化性能を示した。他の排出ガスも全て規制値を満足しており、DPF装着による影響は問題ない。なお、試験途中にはDPFの再生は行われていない。

(イ) 一般道・高速道・塵芥車走行モード

最も低速の自治体塵芥車モード（平均速度：1.88 km/h）でのPM排出量は0.3g/kmで、モード平均車速が増加するにしたがい低減し、平均速度26.77 km/h以上では0.1g/km以下の排出量となった。

THC、CO、NOxの排出量についてもモード平均速度が増加するに従い、排出量が低減する一般的な傾向を示し、低速の自治体塵芥車モード（平均速度：1.88km/h）では、それぞれ3.7g/km、8.6g/km、15.4g/kmであるが、高速道モー

ド（平均速度：63.35km/h）では、0.3g/km、0.9g/km、1.5g/kmに低減した。

(ウ) 排気煙排出濃度

使用しているフィルタが炭化珪素製で、第1次から変更ないので排気煙の除去性能も変わりなく測定器の検出限界以下である。

(2) 自動車メーカー製DPFシステム

平成9年度

自動車メーカー製小型・中型トラック用DPFシステムは平成9年度は供給困難であったので、試験は実施していない。

平成10年度

自動車メーカーは路線バス用DPFシステムを基本とした2トン積みトラック用と2.5トン積み塵芥車用DPFシステムを構築し、供試車両に装着してシャシダイナモメータ台上でD-13モードと実走行モード試験を行った。

a) シャシダイナモメータ台上試験による調査

(ア) D-13モード試験

供試車両は平成6年規制対応車で、DPF非装着状態との比較は出来ないが、PM除去率は約80%が得られた。また、排出ガスは規制値を満足している。

2トン積みトラックと2.5トン積み塵芥車のD-13モードでの測定値を規制値と比較した結果から、2トン積みトラックは問題ないが、2.5トン積み塵芥車のNOxが規制値の許容限度に近い。

(イ) 一般道・高速道・塵芥車走行モード

シャシダイナモメータ上での各走行モードにおける2トン積みトラックのPM排出量とTHC、CO、NOxの排出量について、平均速度が高くなるにしたがいPM排出量および排出ガス量が低減する傾向は他のシステムと同様であるが、高速道モードで増加する傾向を示している。これはエンジンとDPFとの調整で対応出来ると思われる。

(ウ) 排気煙排出濃度

排気煙の排出濃度も第2次汎用性向上型DPFシステムと同様に、測定器の検出限界以下であった。

平成11年度

## a) 実証試験結果

平成11年度は4自治体加わり、積載量で2トン積み3台、2.5トン積み1台、3.35トン積み1台の合計5台のDPF装着塵芥車で実証試験を行った。また、5台のうちの2台については実証試験の他にシャシダイナモメータ台上試験でPMおよび排出ガスの排出量調査も行い、DPF装着の効果を確認した。

日常の作業を行う中での実証試験の調査は、(ア)運行中に生じたDPFの異常内容と、それに対する処置に関する調査、(イ)DPF装着による燃費、黒煙排出に関する調査、(ウ)DPF装着車の作業等におよぼす影響に関する調査(アンケート調査)の3項目について行った。

## (ア) 異常発生状況

塵芥車に装着したDPFシステムは既に路線バスにおいて高い信頼性を得ているシステムが基本であるが、塵芥車では装着後に7件の異常が発生した。システム異常の他に、排気管の溶接不良で排気が漏れる異常が発生した。DPF本体の問題ではないが、車両に装着する際に注意が必要であった。

## (イ) DPF装着による車両性能への影響調査

DPFシステムの装着で影響を受ける排気系統の圧力変化と、再生用電気ヒータの電力によるエネルギー損失が車両の性能、特に燃費に影響をおよぼすことが懸念されている。その調査として、自治体ごとに月間の走行距離と燃料供給量から燃費を算出し、DPF非装着の同仕様車の燃費と比較した。

自治体CはDPFを装着した時期が最も早く、平成11年4月から平成12年2月までの11ヶ月間の燃費である。4月から11月までのDPF装着車と非装着車の平均燃費を比較すると殆ど差はない。他の自治体でも平均燃費では差がない。

一方、積載量は異なるものの基本的には同一の車両である自治体CとDのDPF装着車の燃費を比較すると、自治体C車は1.5km/l程度燃費が悪い。自治体CとDのDPF非装着車を比べた場合も同様の差があることから、この差は地区によって異なる走行および作業形態が影響して生じたのではないと思われる。また、自治体DのDPF装着車の燃費が非装着車より良好な結

果を示しているが、これは運転者の操作の違いが影響していると思われる。

自治体D車のフリーアクセル法における黒煙排出濃度の結果では、DPF装着車とDPF非装着車は同一仕様の車両であるが、DPF装着車の黒煙の排出量はDPF非装着車に比べて大幅に減少している。DPF装着車の黒煙浄化性能は回を追って向上し、スモークメータでは測定できない。目視でも黒煙はほとんど確認できない。

## (ウ) 使用者の評価

DPF装着車に関する使用者側の評価を整理するため、各自治体環境部局のDPF車両関係者に対してアンケート調査を行った。アンケート調査の結果、DPFは塵芥収集作業の従事者には好評であることが明らかになった。これは黒煙が排出されないためと考えられる。5台の塵芥車のうち、自治体A車を除き他の4台は全て運転席直後上方に排気する方式であったが、それらの車両も好評であった。

異常発生時のDPFメーカーの対応について、遠方では即時対応が困難であったことから、その対応に不満との意見が見られた。

## b) シャシダイナモメータ台上試験による調査

排出ガスおよびPMの排出量測定には自治体BおよびCの塵芥車を供試車両とした。自治体Bは2トン積み、自治体Cは2.5トン積みで、いずれも一般的な塵芥車であるが、基準の車両が異なる。試験モードはD-13と過渡走行モード(JARI一般道、高速道、塵芥車)で、塵芥車モードはJARI所有の塵芥車モード以外に自治体BとC所有のモードを加えた。

## (ア) D-13モード試験

自治体C車のシャシダイナモメータ台上試験での結果では、PMの排出量は0.2g/kWhで平均規制値の28%であり十分低い値となっている。NOxの排出量は6.8g/kWhと平均規制値をやや上回っているが、上限規制値以下である。なお、D-13モードはエンジンベンチによる試験モードであるが、ここではシャシダイナモメータ台上試験で行っている点に注意する必要がある。

自治体B車の結果では、PM排出量は0.54g/kWhで平均規制値の77%と高い値になっていた。試験中に前側のDPFから排出ガスの漏

洩が確認されたため、後方のDPFだけで試験を継続したが、本来の機能を満足していなかったと考えられる。

自治体C車は平成10年度末にDPFを装着してから、3回にわたりシャシダイナモメータ台上試験を行い、経時変化を確認するデータを得た。1回目から装着後約12,000kmの走行ではCOに増加傾向が見られるが、その他には大きな変化は見られない。PM除去性能は安定しているといえる。途中で車両の定期点検整備が入ったが、DPFの清掃等は行わず、経時変化調査のためにそのまま実証試験を継続した。

#### (イ)一般道・高速道・塵芥車走行モード

シャシダイナモメータ台上試験での各走行モードにおける自治体C車のPM排出量とTHC、CO、NOxの排出量について、モード平均車速が高くなるにしたがいPMおよび排出ガスの排出量が低減する傾向は他のシステムと同様である。モード平均速度が最も低い塵芥車モードではそれぞれの排出量が多く、作業中には歩く程度の速度で移動する塵芥車は一般走行時に比べてPM排出量、排出ガス量が多くなっていることが分かる。

同様に自治体B車のPM排出量とTHC、CO、NOxの排出量では、モード平均車速と排出量の関係は自治体C車と同様である。PMおよび排出ガスの排出量は自治体C車より少ない。

#### (ウ)排気煙排出濃度

排気煙の排出はDPF非装着では30～40%の汚染度を示したのに対し、DPF装着時は測定器の検出限界以下でほぼ100%の除去率を示した。

## 5. 推進検討委員会

京都大学の塩路教授、環境庁、公健協会、自治体、自動車メーカー、JARIIによって構成する委員会を開催した。

### (1) 平成9年度

委員会では、年度計画について審議を行い、汎用性とはどの程度まで含むのか、その基準をどのようにしなければならぬかなど、汎用性の基準についての議

論が多くなされた。供試車両は年度当初に塵芥車を想定していた。塵芥車の走行形態は定型的であるが、車両構造は複雑でDPFシステムの装着が容易ではない。そのうえ、各自治体で仕様が異なり、代表的な車両を選択することが困難であること、および走行形態が地域によって全く異なり、定型化出来ない等の問題が検討会での議論から明らかになった。平成9年度の供試車両を平ボディの2トン車にすることは、推進検討委員会です承された。

### (2) 平成10年度

委員会では、年度計画について審議を行い、車載による評価試験についての議論が多くなされた。各自治体では塵芥車にDPFシステムを早急に装着することが望まれていたので、年度末に自治体C向けに一台準備し、シャシダイナモメータ台上での性能試験を年度内に実施した。

### (3) 平成11年度

平成11年度から委員会の委員長を京都大学の塩路教授に委嘱した。委員会は8月と12月の2回にわたって開催し、年度計画、実施方法および得られたデータについて審議した。

第1回委員会では年度計画について審議し、塵芥車による実証試験および実用性、汎用性試験についての議論が多くなされた。実証試験を実施するにあたり、自治体、DPF製造メーカーとの意見交換を年度当初から行い、試験車両の異常発生に対応した連絡体制と異常時連絡表およびそれらの連携に関するルールを定め、委員会で審議し実行した。また、供試車両へのDPF装着時期と内容および製造メーカーの対応を明確にした。

第2回委員会では実証試験における燃費等のデータおよび実証試験中の異常発生内容と対応等について審議し、各自治体の状況を確認した。

## - 5 まとめ

### 1 . 汎用性向上型DPFシステム

平成9年度の第1次から平成11年度の第3次型まで、3年間に3種類の汎用性向上型DPFシステムを試作し、その性能調査を行った。

平成9年度の第1次汎用性向上型DPFシステムの開発目標は、PMおよび黒煙の排出量に対する低減目標値ではなく供試車両に装着出来る寸法構造でDPFの機能を満足することとし、シャシダイナモメータ台上試験の結果から、PMはD-13モードで約80%減少し、多種多様なディーゼル車両にも適用出来る汎用性向上型DPFシステムとしては、その第一段階の目標を達成した。しかし、DPFの装着対象となるディーゼル車両は数多く、汎用性の基準を検討しなければならないことも課題となった。

また、今後はPMおよび黒煙の排出量に対して、具体的な低減目標値を設定することが制御を含めたシステム設計に必要であるが、目標値をどの試験モードで設定するか検討しなければならない。PMについては、定常走行モードではなく過渡走行モードで評価することが必要であると思われる。

供試車両に第1次汎用性向上型DPFシステムを装着して行ったモード試験において、THC、COの排出量が増加する傾向が確認された。この結果から、第2次汎用性向上型DPFシステムでは、PM除去性能を維持したまま排出ガス浄化対策を施すことが必要と考え、平成9年度に触媒仕様の検討を行い、その効果を平成10年度に調査した。

平成10年度には、平成9年度の第1次汎用性向上型DPFシステムに酸化触媒装置を組み込んだ第2次汎用

性向上型DPFシステムを構築し評価試験で、その機能を確認することが出来た。

排出ガス浄化性能については問題ないことが明らかになった反面、D-13モードでは高回転、高負荷のモードにおいてサルフェートが生成され、黒煙は浄化されてもサルフェートが増加して全体としてはPM除去性能が低下した。この現象は以前から確認されていることであるが、酸化触媒装置を組み込んだ場合、サルフェート、SOF、Ashへの対策を進めることが必要である。これは酸化触媒の種類とその担持量で対応することも可能であると考えられるが、本調査においては確認するところまでは至らなかった。

平成11年度の第3次汎用性向上型DPFシステムでは、捕集・再生を確実にを行うことにより、耐久性・信頼性を向上させることを主題として第2次汎用性向上型システムで配置した酸化触媒を取り除き、DPFの寸法を変更した。これは日本の排出ガス規制の基準がD-13モードで判断されるので、実用性を考慮した場合はD-13モード試験でのサルフェート生成によるPM除去性能が低く見られることを配慮したシステム構成である。フィルタ径の拡大に伴いヒータの形状も設計変更し、合わせてフィルタ長さを短縮することで再生時間の短縮を図った。

排出ガス試験の結果、炭化珪素フィルタでPMは80%以上の減少率を維持し、酸化触媒による排出ガス中のTHC、COに対する浄化性能は低い代わりに高回転、高負荷時のサルフェート排出の問題はなく、総合して高いPM除去性能を維持したまま小型・中型トラック用として問題のない性能が得られた。しかし、汎用性向上型では対象となる車両は数多く、ヘアクラック等の外部からは全く確認出来ない問題も生じることなどから、今後は通常の使用状況を勘案した走行試験を行って耐久性・信頼性を評価することが必要である。

### 2 . 自動車メーカー製DPFシステム

平成10年度調査の自動車メーカー製DPFシステムは路線バスでの実績に基づいたものあり、2トン車で性能確認後、自治体の塵芥車に装着した。塵芥車は2.5トン積みであったが極めて短期間にシステムが構築され、年度内に装着することが出来た。性能は問題ないが、

走行状態の異なる塵芥車での耐久性・信頼性に関して未知の部分があり、今後の自治体での実作業に供試してデータ蓄積を図ることが必要である。

平成11年度に4自治体を加えて合計5自治体での実証試験を行った結果、自動車メーカー製DPFシステムは異常発生件数が少なく、耐久性・信頼性の高いシステムであることが明らかになった。しかし、現在は車両数が少ないのでメーカーの対応が隔々まで行き届く状態であるが、今後車両数が増加した場合を想定して早急にメンテナンス体制を確立しておくことが必要である。

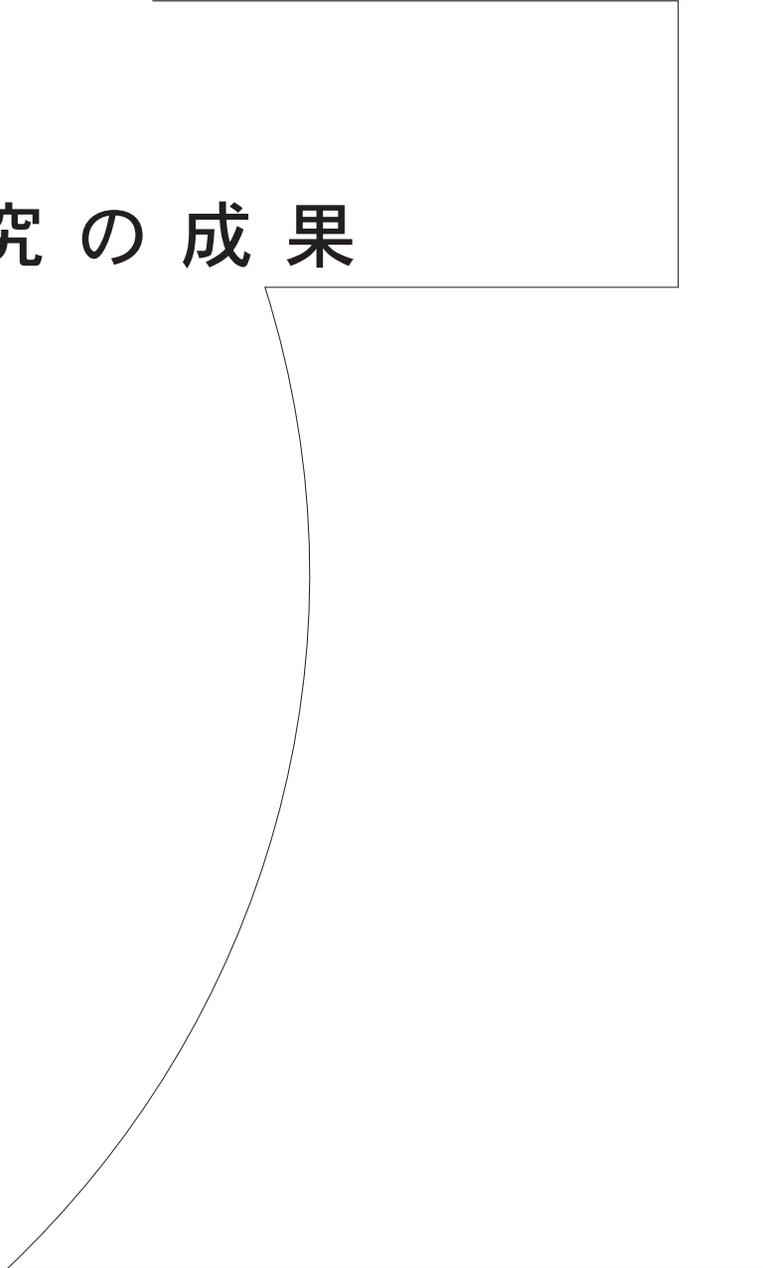
塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPFシステムが2年間に構築され、性能も問題ないといえる状況で5自治体での実証試験が行われ、それらの車両の実証試験結果から汎用性向上の目的は達成されたといえる。

### 3. 汎用性拡大について

汎用性向上型DPFシステムと自動車メーカー製DPFシステムの結果から、大型路線バスに続いて塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPFシステムも構築されたといえる。

さらに、ディーゼル自動車のPM低減に対する社会的要求が強まっている昨今の状況を考慮すると、今後は大型路線バスおよび小型・中型トラック以外のディーゼル車両（特に大型トラック）等にもDPFシステムの適用拡大に向けて、搭載性、使用モードの変化等を踏まえて汎用性向上についての早急な検討が必要である。

## II 調査研究の成果



## - 1 技術動向の調査

DPFに関する技術は、米国SAE ( Society of Automotive Engineers ) の文献、自動車技術会・機械学会等の文献、海外の新聞・専門誌記事など、国内の新聞・専門誌記事・メーカ関係者など、国内外の情報から技術動向を調査した。

### 1 . 国内外の技術動向

国内外のDPFに関する文献を調査したところ、平成9年度は国内7編、海外11編、平成10年度は国内10編、海外23編、11年度は国内9編、海外20編で合計では国内26編、海外54編であった。平成9年度から10年度になるとDPF関連の文献数は増加したが、11年度はあまり変わらない。

国内では路線バス用として開発された電気ヒータあるいはバーナで高温雰囲気を作り、フィルタに捕集したPMを強制的に燃焼させる交互再生式DPFが大半である。これらは路線バスの実証試験では良好な結果が得られたので、DPFとしては実用化領域に達していると考えられ、海外のDPFとは異なる路線を進んでいたといえる。国内外で開発され、実用化されたDPFの一覧を表1-1-1に示す。路線バスとしての交互再生式などの高温再生式が7種類で、フォークリフト用の手動式が1種類、酸化触媒による連続再生式が2種類、燃料添加剤方式が1種類である。

	再生方式	交互再生式								連続再生式			手動再生式	
	システム名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
フィルタ材料	コーゼライト													
	炭化珪素													
	金属(多孔体)													
フィルタ形状	モノリス													
	不織布蛇腹状													
	多重円筒													
システム構造	フィルタ1個													
	同2個													
	同3個													
	同4個													
捕集・再生機構	交互													
	順繰り													
	連続													
	手動													
再生方法	電気ヒータ													
	バーナー													
	触媒燃焼													
	逆洗浄													
	酸化触媒													
	燃料添加剤													
制御方式	排気圧力													
	時間													
	排出ガス温度													
	エンジン回転速度													
	負荷													
	排出ガス													
	堆積量検出													

表1-1-1 実用化されたDPFシステム

国内で開発され、路線バスでの実証試験に使用された大型自動車メーカーのDPFシステムの概要を図1-1-1~1-1-4に示すが、これらのシステムを小型・中型トラックに応用したメーカーは1社で、その他はエンジン排気量や走行形態あるいは車両の大きさや重量などの車両毎に異なる仕様に対応することが容易でないことから、小型・中型トラック用DPFの開発は更に検討時間を要することになった。

自動車メーカー以外のDPFシステムを図1-1-5~1-1-7に示すが、いずれも路線バスに対応し、自動車メーカーと同様な理由で小型・中型トラック用DPFに適用されるまでには至らなかった。

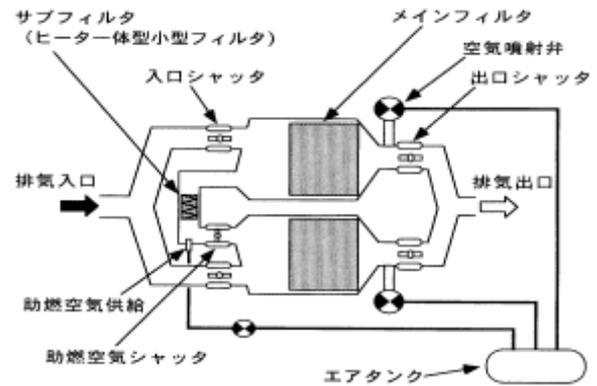


図1-1-3 路線バス用DPF  
(その3：大型自動車メーカー製：高圧逆洗浄式)

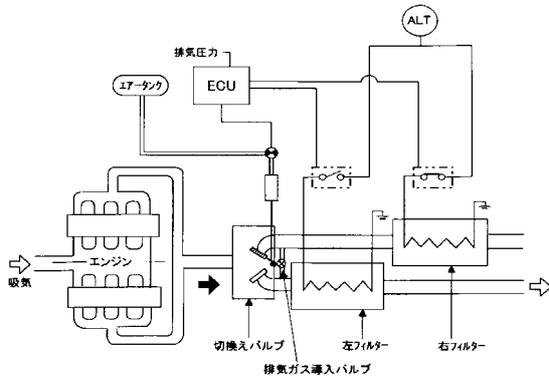


図1-1-1 路線バス用DPF  
(その1：大型自動車メーカー製：電気ヒータ再生式)

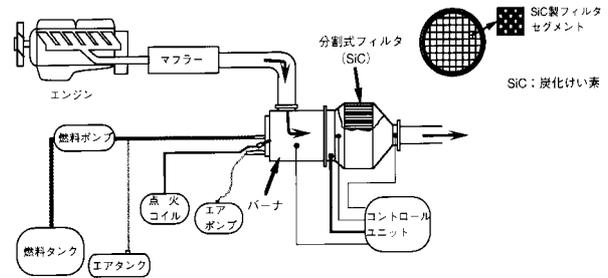


図1-1-4 路線バス用DPF  
(その4：大型自動車メーカー製：軽油バーナ式)

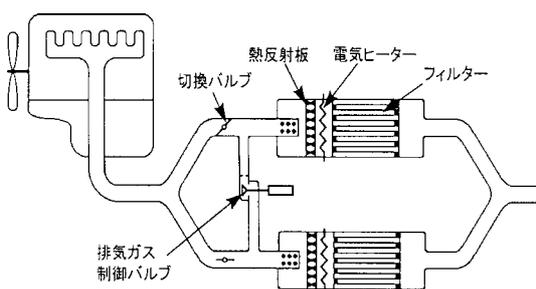


図1-1-2 路線バス用DPF  
(その2：大型自動車メーカー製：電気ヒータ再生式)

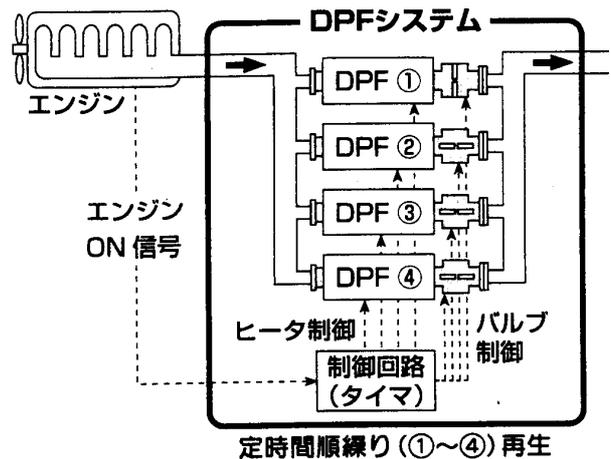


図1-1-5 路線バス用DPF  
(その5：自動車関連メーカー製：電気ヒータ再生式)

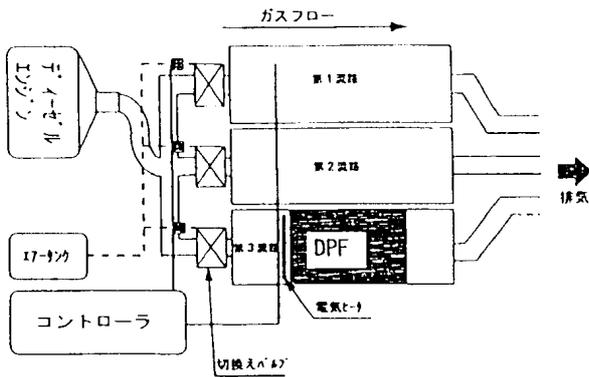


図1-1-6 路線バス用DPF  
(その6：自動車関連メーカー製：電気ヒータ再生式)

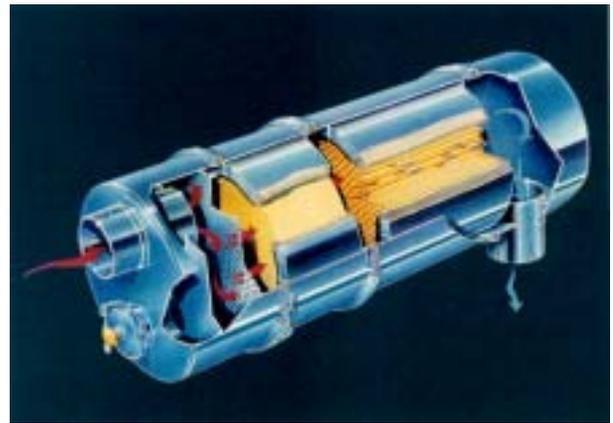


図1-1-8 連続再生式DPF  
(その1：酸化触媒+フィルタ)

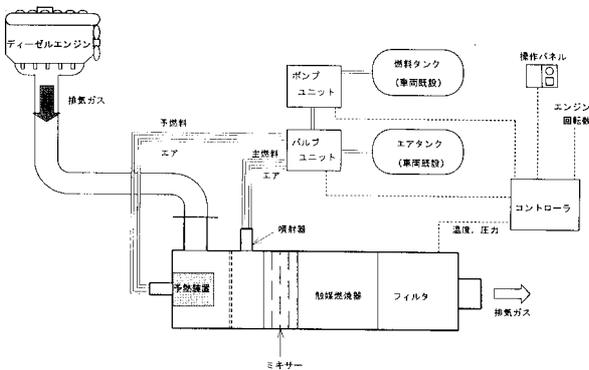


図1-1-7 路線バス用DPF  
(その7：自動車関連メーカー製：触媒燃焼器式)

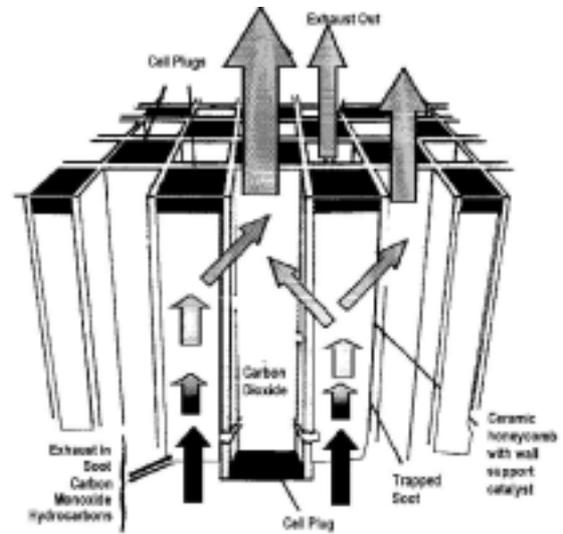


図1-1-9 連続再生式DPF  
(その2：酸化触媒担持フィルタ)

一方、海外のDPF開発の主体は、酸化触媒を用いた連続再生式であることが発表されたペーパーから明らかである。連続再生式DPFは交互再生式と比べて、小型・軽量でほぼメンテナンスフリーであることから安価で高い信頼性を有するとして脚光を浴びている。しかし、低硫黄軽油を使用しなければDPFとしての性能を維持することが困難であること、日本と欧州諸国とは排ガス規制の対象が異なること、都市構造や走行形態が異なることも考慮して、最適仕様にならなければその特性を生かすことが困難であることも調査の結果から明らかになった。図1-1-8と1-1-9に代表的な連続再生式DPFを示すが、それぞれ日本で問題なく使用できるように改良、あるいは開発が進められている。

また、燃料添加剤方式はフランスで乗用車用として実用化されている。図1-1-10にその概要を示すが、高度なエンジンの燃焼制御やメンテナンスあるいは添加剤自体の環境、健康影響などの課題が多い。

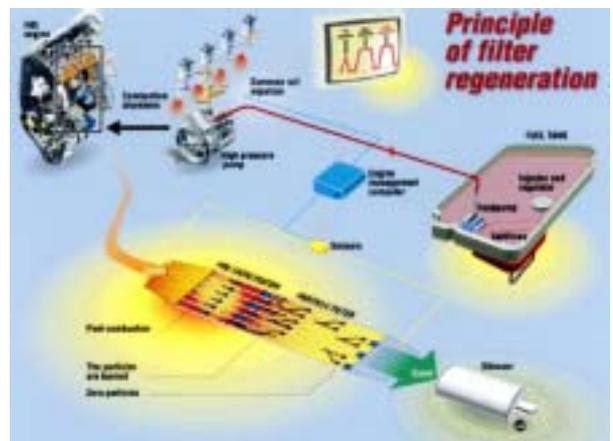


図1-1-10 燃料添加剤式DPF (その1：酸化セリウム添加)

## - 2 汎用性向上型DPFシステム

### 1 . DPFシステムの検討と設計(平成9年度)

DPFシステムは大型路線バスでその性能は実証されているが、小型・中型トラックではその機能確認は十分ではない。

国内外の技術動向調査から、小型・中型のディーゼルトラックに適合できる汎用性向上型DPFシステムを構築するにあたり、DPFシステムの設計、再生システムの検討、システムの基本形式の検討の3項目について、すでに開発され評価されている現用の大型路線バス用DPFシステムと、その他の実証試験には至っていないDPFシステム等の技術を基に検討した。また、それらの検討結果から、汎用性向上型DPFシステムの目標構造を選定し、システム構築によって予想される成果をまとめた。

#### (1) DPFシステムの設計

DPFを装着する車両は、塵芥車を想定した小型・中型トラックで、表2-1-1に諸元を示す排気量4.2Lのエンジンを搭載した2トン積み平ボディ車を供試車両Aとした。また、DPFシステムは供試車両に大幅な改造を施すことなく、現用のマフラー取付け部周辺に配置できる寸法に抑えることを目標とした。再生は全自動で運転者には負担が生じないことも必要事項とした。

供試車両とDPFの形状および寸法を考慮した上で、供試車両に装着する汎用性向上型DPFシステムは、表2-1-2に示す11種類を検討対象とし、それぞれを現用装置の小型化、現用装置の改造、現用装置の適用、新規開発の4通りに分類して汎用性向上型としての可能性を検討した。

#### 現用装置の小型化(No. 1, 2, 3)

- a)現状のDPFシステムで小型化が可能と考えられるシステムは、No. 1, 2, 3である。
- b)No. 1, 2は大型路線バスでの実績があり、No. 2は大型トラックの評価試験も実施されているが、小型化されたシステムはない。また、小型化できても技術面での新規性は期待できない。
- c)No. 3は触媒の選定が困難な要素である上、燃料噴射ノズルによる性能低下が生じる恐れがあり、可能性は中程度である。

#### 現用装置の改造(No. 4)

- a)No. 4のシステムはNo. 3の改造型で、ヒータによる再生方式であるから温度制御はNo. 3に比べて確実性が高い。部品の保守に関しても燃料噴射系がないので、ノズル系統が原因となる再生不良等の問題は生じない。

供試車両A		
型 式	FE507B	
寸 法	全長×全幅×全高 4,690×1,695×1,980	
車 両 重 量	2,220 - 2,260 kg	
定 員	6名	
最大積載量	2,000 kg	
エ ン ジ ン	型 式	4D33, 直列4気筒, 直接噴射式
	排 気 量	4,214 cc
	最高出力	130 PS / 3,200 rpm
	最大トルク	31.0 kgm / 1,800 rpm

表2-1-1 供試車両A諸元

基本構造：数大で三層（入口、出口を除く）  
フィルタ：SiC

No.	第一層	第二層	第三層	バイパス		構造	参考システム	コンセプト	可能性	理由	備考
				付き	なし						
1	ヒーター	SiCフィルタ	×	付き	なし	D	三菱重工	現用の小型化	大	現状の実績有り。 小型化はメーカーが対応していないだけと考えられる	
2	バーナ	↑	×	付き	なし	◎	日産	↑	↑	↑	
3	燃料噴射ノズル	酸化触媒	SiCフィルタ	付き	なし	↑	三菱重工	↑	中	触媒の選定と燃料供給量の関係を明らかにする必要あり	
4	ヒータ	↑	↑	付き	なし	D, S	なし	現用の改造	↑	触媒の選定が必要	
5	CRT	ヒータ	SiCフィルタ	付き	なし	◎	J/M	現用の適用	小	作動条件の制約が少い。	
6	ヒータ	触媒+SiCフィルタ	×	付き	なし	D, S	なし	新規	中	触媒によるフィルタ性能への影響が不明	
7	燃料噴射ノズル	↑	×	付き	なし	↑	↑	↑	小	燃料噴射、触媒選定に時間を要す。	
8	ヒータ	ヒータ+SiCフィルタ	×	付き	なし	↑	↑	↑	中	ヒータの内蔵方法の検討が必要	
9	バーナ	↑	×	付き	なし	↑	↑	↑	↑	↑	
10	ヒータ+SiCフィルタ	×	×	付き	なし	D	↑	↑	↑	↑	
11	触媒燃焼器	×	×	付き	なし	S	↑	↑	小	触媒燃焼器の性能確認に時間を要す。	

・触媒+SiCフィルタ：触媒を併持したフィルタ  
 ・ヒータ+SiCフィルタ：ヒータを内蔵したフィルタ

表2 - 1 - 2 汎用性向上型DPFシステム

現用装置の適用 (No. 5)

a)No. 5 は作動条件の制約が多く、日本国内では短期間での実用化の可能性は小さいが、今後検討する価値があるシステムであるといえる。欧米では評価試験を行っているとの情報もある。

新規開発方式 (No. 6, 7, 8, 9, 10, 11)

a)No. 6 はフィルタに触媒を担持し、入口側ヒータの熱で再生させる方式であるが、触媒によってフィルタに目詰まりが生じる恐れがあり、フィルタ性能に影響をおよぼすことは十分に考えられる。

b)No. 7 はNo. 6 の変形で、燃料による触媒作用を熱源にして再生する方式であるが、No. 3 と同様な燃料供給系統に問題がある。

c)No. 8 はフィルタとして使用する場合のSiCの短所を補う為に、フィルタ内部にヒータを配置し、複数箇所からの多点着火による再生を試みるシステムである。フィルタ入口にも、他のシステムと同様にヒータを配置して熱源とする。

d)No. 9 はNo. 8 の入口側熱源をバーナにしたものである。No. 8 に比べて燃料供給系の制御が問題になる。

e)No. 10 はNo. 8, 9 の入口側熱源を除いたシステムで、制御系も少なくなる等、小型化への対応が容易である。

f)No. 8, 9, 10ともヒータの内蔵方法の検討が必要であるが、セラミックブロックの組合せ構造であれば対応は比較的容易であると考えられる。

g)No. 11は最も先進的なシステムであるが、触媒燃焼器とそれを構成する低温活性の高い触媒の開発が課題で、本調査で開発できる可能性は小さい。

(2) 再生システムの検討

再生システムは、路線バス用として実用化されている全自動再生システムとするが、供試車両および車両の走行パターンによってその条件が異なる。そこで、汎用性向上型DPFシステムとして、排気温度の問題、再生作動領域、再生時の温度範囲、フィルタ材料、燃費への影響について検討した。

排気温度の問題

再生システムの検討結果を図2 - 1 - 1に示す。DPFの再生性能を決定する要素は温度であるが、図2 - 1 - 1 上段に示すようにPM着火温度が500 ~ 700 を必要とするのに対し、都市内常用温度は100 ~ 300 程度である。運転中に発生する温度だけを見れば、排気温度は700 程度まで達するが高温の持続時間は瞬間または皆無に近くその間を別な手段で補助しなければならない。

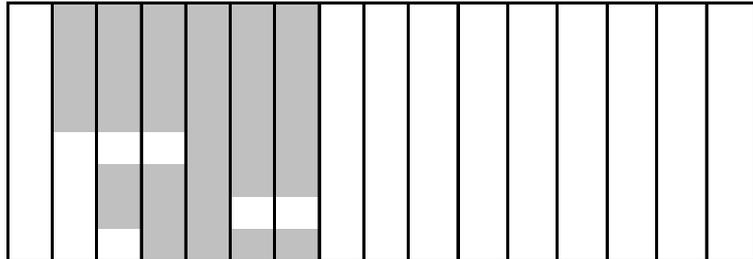
再生システムの検討

局面 \ 排気温度  
 都市内常用温度  
 無負荷ー全負荷  
 出現温度の持続時間  
 P M着火温度

100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	長	長	短	瞬間	皆無										

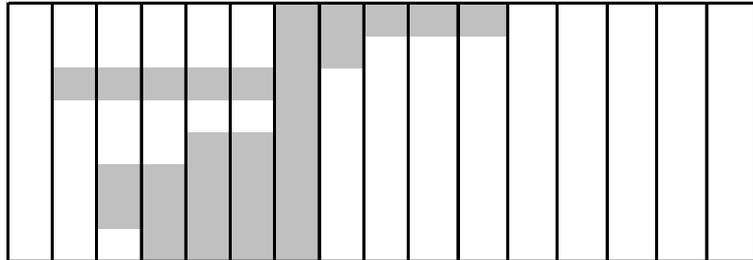
再生作動が可能な範囲

1. 電気ヒータ
2. バーナ
3. 逆洗
4. スロットリング
5. 酸化触媒
6. 低温酸化触媒
7. NOx選択触媒
8. 燃料添加剤



再生時の温度範囲

1. 電気ヒータ
2. バーナ
3. 逆洗
4. スロットリング
5. 酸化触媒
6. 低温酸化触媒
7. NOx選択触媒
8. 燃料添加剤



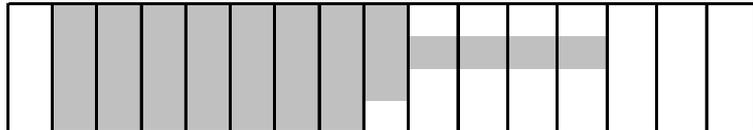
フィルタの常用耐熱温度

1. コーゾイエライト
2. 炭化珪素
3. ムライト
4. 金属



フィルタの対溶融腐蝕性

1. コーゾイエライト
2. 炭化珪素
3. ムライト
4. 金属



再生による燃料増加

1. 電気ヒータ
2. バーナ
3. 逆洗
4. スロットリング
5. 酸化触媒
6. 低温酸化触媒
7. NOx選択触媒
8. 燃料添加剤



図2 - 1 - 1 再生システムの検討結果



#### 設計技術レベル

- a) 電気ヒータと酸化触媒の技術は高く、特別な技術を必要とせずに現状の応用で対応できると考えられる。
- b) パーナは噴射弁の汚れ対策等の問題があり、そのメンテナンスはヒータより注意して実施しなければならない。また、限定された空間で燃焼させるために高いレベルの技術が必要である。

#### 制御性

- a) パーナは燃料量と空気量を厳密に制御して温度を保持しなければならない、その制御は電気ヒータより困難である。

#### 実績

- a) 電気ヒータは制御の容易さからDPFシステムの再生手段として実績がある。一方、酸化触媒は現状の自動車用触媒の技術からすれば実績は高く、実用化においては問題ないといえる。

#### (4) システムの選定

以上の検討結果から、汎用性向上型DPFシステムは次のような構造を目標として進めることとした。

DPF内部は酸化触媒、電気ヒータ、フィルタの3体で構成する。

配置は酸化触媒 + 電気ヒータ + フィルタとする。

電気ヒータはフィルタの再生用の熱源であるが、触媒の活性化補助の機能をも合わせて持たせる。フィルタは電気ヒータ内蔵型を試作し、入口側からの火炎伝播による再生の他に、周辺からの多点着火をねらい、再生時間の短縮を図る。

フィルタ材料は炭化珪素とし、ブロックを組み合わせた構造とする。

ヒータ内蔵フィルタは、フィルタのブロックとブロックの間にプレート状のヒータを配置して形成する。

作動の安定性を確保するため、フィルタはデュアルとし、バイパスは設けない。

マフラーはDPF本体がその機能を満足するので設けない。

異常事態に際してはフィルタ直前に逃げ口を設けておき、手動で解放する。

再生の制御は温度、圧力、時間で行う。

#### (5) 予想される成果

汎用性を考慮したDPFシステムの基本仕様が構築できる。

酸化触媒付きDPFの性能が把握できる。

内部の配置変更により、触媒燃焼方式への発展が可能である。

同様にCRTを用いたDPFシステムへの発展が可能である。

燃料添加剤を使用するDPFシステムへの発展が可能である。

## 2. 第1次汎用性向上型DPFシステム (平成9年度)

### (1) システム構造

検討の結果、平成9年度は供試車両の限定された空間に配置できる形状・寸法で、DPFシステム単体の外径寸法は供試車両のマフラー寸法内に納めるとし、それを2個並列に配置する構造とした。DPFはエンジンの排気量に合わせて容積を決め、材質は耐熱性の高い炭化珪素(SiC)とした。再生には小型で信頼性の高い電気ヒータを用い、最高使用温度は900℃に設定した。また、エンジンおよび車両の制御と切り離して、DPFシステムだけの制御で機能するシステムを第1次汎用性向上型DPFシステムとして設計した。表2-2-1にDPFシステムの諸元を、図2-2-1に単体の外観を示す。再生用の電気ヒータを図2-2-2に示すが、この後方に図2-2-3に示すSiCのフィルタが配置される。



図2-2-1 DPF単体の外観(供試車両床下への装着状態)



図2-2-2 再生用電気ヒータ(渦巻き状ヒータ)

DPFシステム	形状		円筒形
	寸法	外径	220
		全長	520 mm
フィルター	形状		円筒形
	寸法	外径	165
		全長	150 mm
	容積	3.2 L	
	材質	炭化珪素(SiC)	
ヒータ	構造		シース型
	容量		1.5 kW
	印加電圧		24 V
	最高温度		900

表2-2-1 第1次汎用性向上型DPFシステム諸元



図2-2-3 炭化珪素(SiC)製フィルタ表面

モード	一般道					高速道	塵芥車	D-13	スモーク3
	HCS11	HCS21	HCS31	HCS41	HCS51	HHC7	JINKAI		
平均速度 km/h	8.6	15.2	26.6	34.1	45	63.2	17.3	-	-
計測時間 sec	999	950	1,148	1,075	1,302	1,150	1,757	-	-

表2-2-2 試験モード一覧

(2) PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査  
試験モード

小型・中型のディーゼルトラックに適合する汎用性向上型DPFシステムのPM排出量はシャシダイナモメータ台上試験で調査した。シャシダイナモメータ台上試験ではディーゼル自動車の一般値を得るために定常運転モードである13モード試験を行い、その他の実走行モードとして一般道モード5種類、高速道モード1種類、塵芥車モード1種類を行った。また、排気煙排出濃度の評価としてスモーク3試験を行った。試験モードの一覧を表2-2-2に示す。

PMの測定には部分希釈トンネルを使用し、濾紙に採取したPMの重量とその中に含まれるSOFとサルフェートを分析した。排出ガスとしては、THC、CO、NOxおよびCO<sub>2</sub>を測定した。各々について、DPF非装着と装着で対比し、汎用性向上型DPFシステムの機能を確認した。

シャシダイナモメータ台上試験による調査

a)D-13 モード試験

供試車両Aは表2-1-1に諸元を示す平成6年度規制対応車で、DPFシステム非装着状態でのシャシダイナモ上の試験において、PM、排出ガスともに規制値を満足している。その車両にDPFシステムを装着し、D-13モード試験を行った場合のPMと排出ガスの減少率を図2-2-4に示す。

THCとCOは増加し、NOxはわずかに減少している。これはDPFシステムを装着したことによる排圧増加の影響と考えられる。

PMの減少率は80%に達しており、良好な結果が得られた。

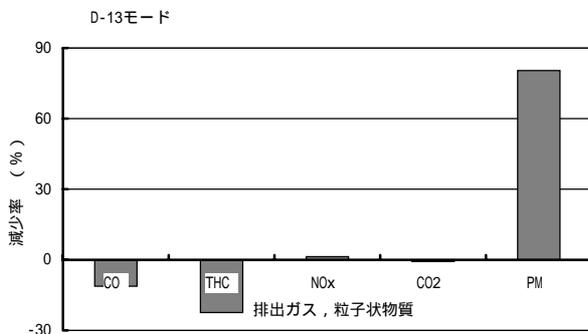


図2-2-4 D-13モードでの排出ガス，粒子状物質の減少率 (DPFシステム装着，非装着の対比)

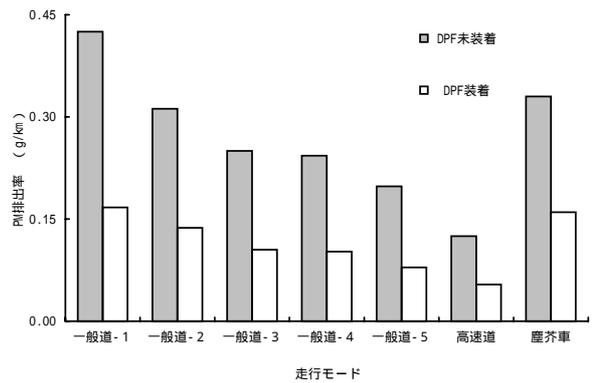


図2-2-5 DPFによる粒子状物質の減少 (実走行モード)

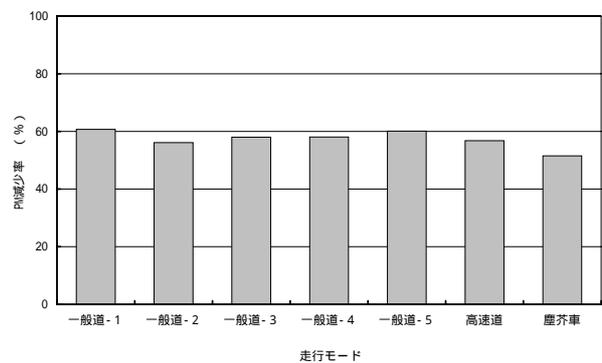


図2-2-6 DPFによる粒子状物質の減少効果 (実走行モード)

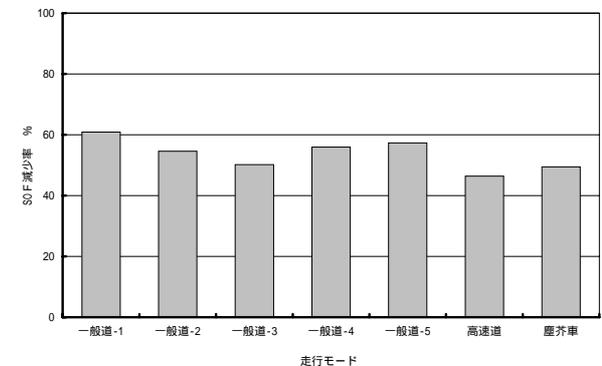


図2-2-7 DPFによるSOFの減少効果

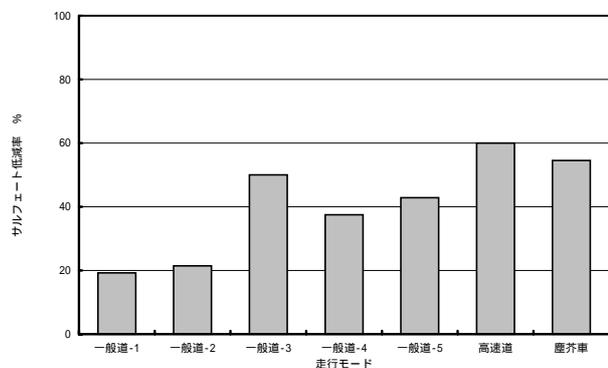


図2-2-8 DPFによるサルフェートの減少効果

## b)一般道・高速道走行モード

シャシダイナモメータ台上で一般道モード5種類、高速道モード1種類の試験を行った。供試車両AのDPFシステム非装着と装着状態でのそれぞれの走行モードにおけるPMの排出量を図2-2-5に示す。走行モードの平均速度が増加するにしたがい、PMの排出量は減少している。

塵芥車モードの平均速度は17.3kmで、一般道モードのHCS21(平均速度15.2km)よりも平均速度が高いが、PM排出量はわずかに上回る結果を示した。これは、塵芥車モードには、ごみ収集作業時は走行せずにエンジン回転を上げてごみ収集装置を作動させるモードが含まれているので、その影響と考えられる。

図2-2-6にそれぞれの走行モードでのPM減少率を示す。どのモードでも約60%の減少率を示しており、D-13モードに比べて小さい。これは一般道・高速道ともに、D-13モードと異なり、過渡運転モードの影響と考えられる。また、DPF装着時の捕集フィルタ(濾紙)はDPFシステム非装着時の黒色ではなく黄色味を帯びた白色で、DPFにより黒煙がほぼ100%除去されていることを示している。

図2-2-7にSOFの対比を示す。SOFはDPF装着時に50~60%減少しており、PM減少率と類似した傾向を示している。

図2-2-8にサルフェートの対比を示す。高速道モードでは60%の減少率を示しているが、一般道モードでは20~50%と幅が大きい。これは微量測定のばらつきが影響していると考えられる。

それらの結果を総合して、各試験モードでのPM, SOF, サルフェートの割合を図2-2-9に示す。PM排出量からSOFとサルフェートの排出量と水分を除いた残りがほぼ黒煙の排出量に相当する。DPF装着時にも黒煙はフィルタに捕集されているが、スモークメータには感知されない値である。同時に測定した排出ガス濃度を図2-2-10に示す。DPF装着時に排出ガス濃度の変化が確認されたが、これはDPFによる排気系の圧力増加の影響と考えられる。

## c)排気煙排出濃度

図2-2-11にスモーク3試験での排気煙排出濃度の測定結果を示す。DPFシステム非装着で汚

染度が30~40%であった。DPFを装着した場合、スモークメータの濾紙がわずかに変色した程度で、メータ指示はマイナス表示となり、測定器の検出限界以下であった。

以上の結果から、中型トラックの限られた空間に配置できる最大限の寸法で検討したDPFシステムにより、黒煙を含むPMの低減効果が確認できた。

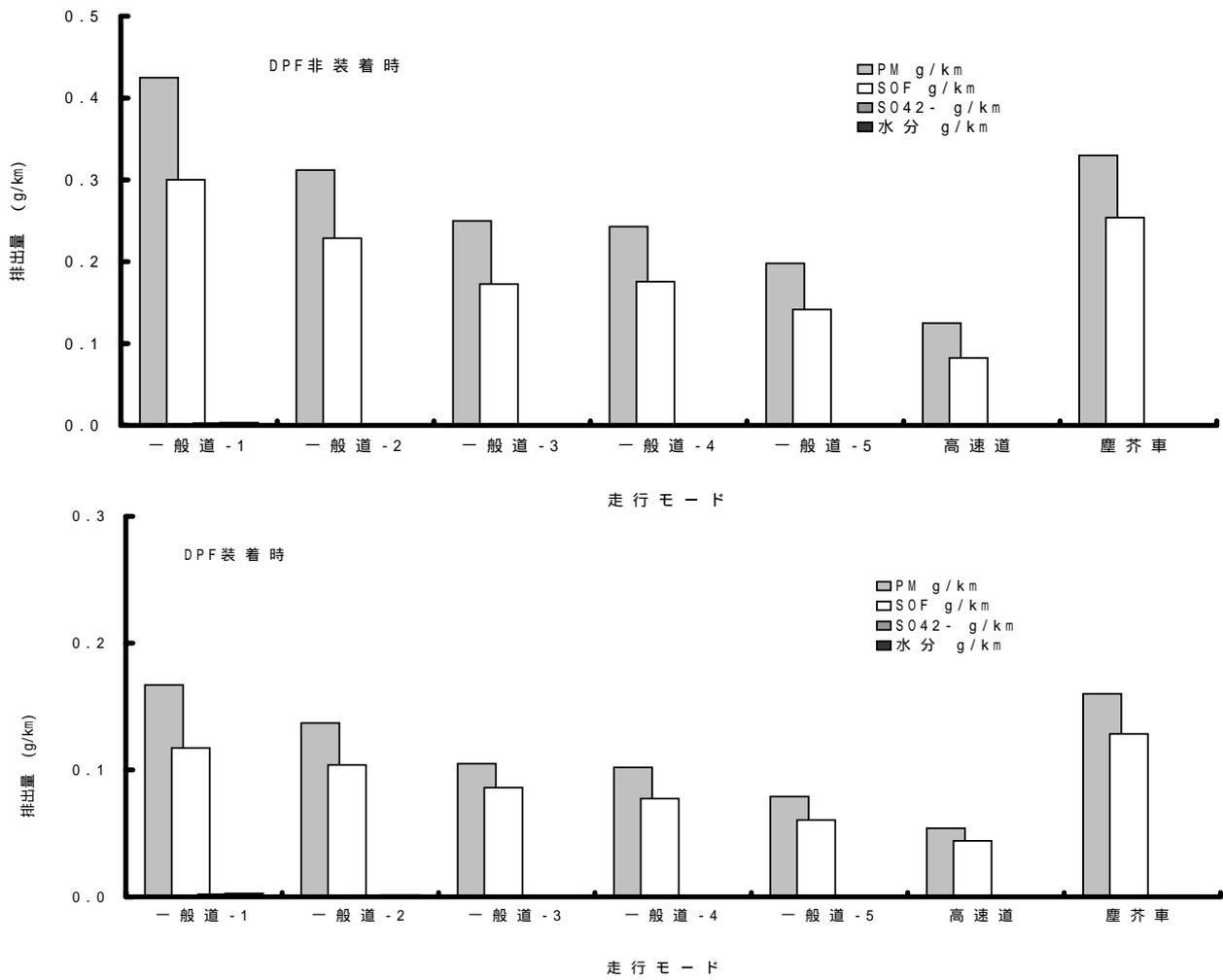


図2 - 2 - 9 排出ガス中の粒子状物質の構成 (DPF装着, 非装着の対比)

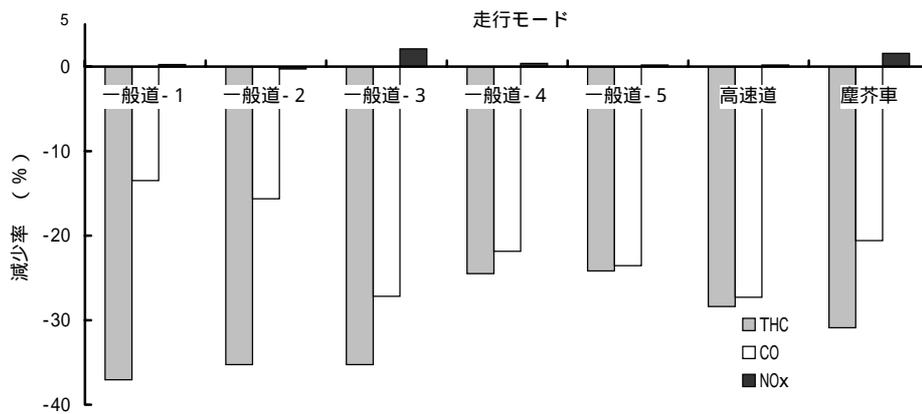


図2 - 2 - 10 DPFによる排出ガス減少率 (実走行モード)

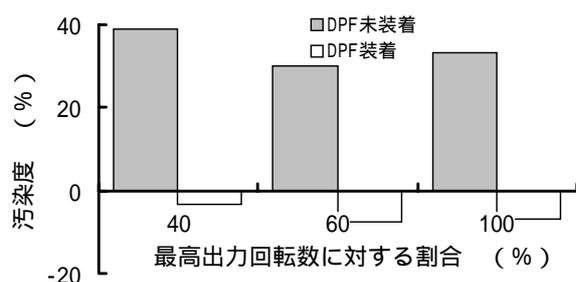


図2 - 2 - 11 DPFによる排気煙低減効果（スモーク3試験）

### (3) まとめ

大都市圏の大気環境を更に改善するには、路線バス以外の使用目的の異なる多種多様なディーゼル自動車へのDPFシステムの適用を図ることが必要である。

平成9年度には、大型路線バス用として開発された現行DPFシステムの技術を更に向上させて、より汎用性を高めるために路線バス以外のディーゼルトラック等にもDPFシステムの適用拡大を図ることを目的とした調査研究を行った結果、以下の成果を得た。

#### 汎用性向上型DPFシステムの設計

- a) 近年の開発動向から、大型路線バス以外の多種多様なディーゼル自動車に適用できるDPFシステムを汎用性向上型DPFシステムとして設計した。数多く使用されるDPFはセラミックのモノリスであるが、金属多孔体や金属網のDPFあるいはセラミック繊維状DPFなどの信頼性も向上し、DPFの選択性は広くなりつつあることが分かった。
- b) 汎用性向上型システムを設計するにあたり、今までの大型路線バスで得られた耐久性、信頼性を損なうことなく、小型、中型トラックに装着できる電気ヒータによる再生機構でデュアル方式のDPFシステムとした。その構造は分割型で、車両諸元、エンジン諸元によりDPFシステムの機能を損なうことなく、寸法、形状を容易に変更できるように配慮した。
- c) DPFシステムは、その寸法変更の容易さにより、マフラー部あるいは車両側面のスペアタイヤ部以外には空間がない供試車両でも、機能を損なうことなく全長を短縮して配置することができたことから、他の車両に関しても応用出来るシステム設計であることを確認した。
- d) DPFの一部が溶損する問題に対処するために耐

熱性の高い炭化珪素をフィルタ材料とし電気ヒータと組み合わせたDPFシステムとしたが、走行形態が定型化できずに高負荷状態で運転されるような車両に対する耐久性向上の可能性も合わせて得られたと思われる。耐久性の評価については平成10年度以降の調査で検討する計画である。

#### DPFシステムの性能調査

- a) 第1次汎用性向上型DPFシステムを平ボディの2トン積み供試車両の床下に配置してシャシダイナモメータ台上試験を行った結果、PMはD13モードでは約80%、一般道、高速道および塵芥車モードで約60%減少した。
- b) 排気煙排出濃度はスモークメータの検出限界以下であった。平成9年度のシステムは、大型バス用のようなエンジン制御を含むDPFシステムの制御を構築しておらず、エンジンの排気量から設定したDPF諸元での対応としたが、そのようなDPFでもシステムとして機能させることができる可能性が確認できた。
- c) 排出ガスはDPFシステムの装着でTHC, COは増加、NOx排出量は若干の減少傾向が見られた。これは排気系の圧力増加の影響と考えられるが、酸化触媒の使用で排出ガスの問題は対処出来ると思われる。DPFシステムは分割構造であるので、第2次汎用性向上型DPFシステムとして触媒を組み込むことは比較的容易にできる。触媒仕様についてもフィルタ外形に合わせた寸法の酸化触媒を使用することで検討を進めている。

### (4) 課題

平成9年度は、供試車両の平ボディ車に装着出来るDPFシステムを第1次汎用性向上型DPFシステムとした。そのシステムの開発目標は、PM排出量および排気煙排出濃度に対する低減目標値ではなく、供試車両に装着できる寸法構造で、DPFの機能を満足することとし、シャシダイナモメータ台上試験の結果から、多種多様なディーゼル車両にも適用できる汎用性向上型DPFシステムとしては、その第1段階の目標を達成した。しかし、対象となる車両は数多く、汎用性の基準を検討しなければならない。

事業開始時には路線バスと同様に走行形態が定型

的で、定期的な保守管理が行われている各自治体の塵芥車を想定したが、それ以外の車両も調査して、協力自治体との対象車両の検討が必要である。今後はPM排出量および排気煙排出濃度に対して、具体的な低減目標値を設定することが制御を含めたシステム設計に必要であるが、目標値をどの試験モードで設定するか、検討しなければならない。PMについては、定常走行モードではなく、過渡走行モードで評価することが必要であると思われる。供試車両にDPFシステムを装着して行ったモード試験において、THC、COの排出量が増加する傾向が確認された。この結果から、第2次汎用性向上型DPFシステムでは、排出ガス低減対策を施さなければならない。具体的には酸化触媒の配置を検討するが、平成9年度で触媒仕様の検討を行い、その効果は平成10年度に調査する計画である。

#### (5) 総括

平成9年度では、平ボディーの供試車両に装着出来るDPFシステムを第1次汎用性向上型DPFシステムとし、その開発目標をPM排出量および排気煙排出濃度に対する低減目標値に設定するのではなく、供試車両に装着できる寸法・構造で、DPFの機能を満足するものを構築することに設定した。供試車両のシャシダイナモ試験の結果から、多種多様なディーゼル車両に適用できる汎用性向上型DPFシステムとして平成9年度当初に設定した開発目標を達成した。

事業開始時には路線バスと同様に走行形態が定型的で、定期的な保守管理が行われている各自治体の塵芥車を対象車両に想定したが、今年度の結果から、塵芥車以外の車両に対しても装着出来るDPFシステム構築の可能性が明らかになった。また、今後はPM排出量および排気煙排出濃度に対して、具体的な低減目標値を設定することが制御を含めたシステム設計に必要で、特にPMについては定常走行モードではなく、過渡走行モードで評価することが必要であると思われる。

供試車両にDPFシステムを装着して行ったモード試験において、THC、COの排出量が増加する傾向が確認された。この結果から、第2次汎用性向上型DPFシステムでは、排出ガス低減対策を施さなければならない。具体的には酸化触媒の配置を検討するが、平成9年度で触媒仕様の検討を行い、その効果は平成10年度に調査する計画である。

触媒の使用は再生方式の拡大につながり、排出ガスの浄化だけではなく、触媒燃焼方式等による自己再生方式の可能性が得られれば、DPFシステムの小型軽量化、システムの簡素化等の課題に対してフルフロータイプのDPFシステムを検討する場合の指標が得られる。しかし、その一方で自己再生のためには高温の排出ガスの供給が不可欠で、DPFシステムだけではなく、エンジンを含んだ最適制御が必要である。

### 3. 第2次汎用性向上型DPFシステム (平成10年度)

#### (1) DPFシステムの設計と構築

##### DPFシステムの設計

平成9年度の第1次汎用性向上型DPFシステムは、PMの排出に関しては定常試験モード(D-13モード)では約80%、実走行モード(一般道走行, 高速道走行, 塵芥車モード)では約60%の除去性能を示したが、同時に排圧増加による影響でTHC, COの排出量が増加する問題が生じている。

本調査の汎用性向上型DPFシステムは、エンジンの燃焼制御等の対策を講じることなくDPFによるPM低減を目的としているので、平成10年度では、PM除去性能を維持した上で排出ガス量の増加に対処するために酸化触媒を選定し、従来のDPFシステムに組み込んで性能調査を行うことを目的とした。

##### DPFシステムの構築

平成10年度は第2次汎用性向上型DPFシステムとして酸化触媒付DPFシステムを構築し、その性能評価を行う。酸化触媒の種類および担持量の調査には供試車両のエンジンに類似したエンジンを使用して、エンジンベンチでD-13モードの結果から選定する。

選定した酸化触媒はDPFと組み合わせで第2次汎用性向上型DPFシステムとして車載し、シャシダイナモメータ(CH/DY)台上試験で性能調査を行う。

#### (2) PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査 調査方法

シャシダイナモメータ台上で、PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度に関して調査する。

##### 試験モード

汎用性向上型DPFシステムの性能はシャシダイナモメータ台上試験で調査する。試験では準定常モードであるディーゼル13(D-13)モード試験を行い、その他の実走行モードとして一般道モード5種類、高速道モード1種類、塵芥車モード1種類を行う。また、排気煙排出濃度の試験としてスモーク3試験を行う。試験モードはいずれも平成9年度と同一である。

#### PMおよび排出ガスの測定

PMの測定には部分希釈トンネル装置を使用し、濾紙に捕集したPMの重量とその中に含まれるSOFおよびサルフェートを分析した。

排出ガスは、THC, CO, NOxおよびCO<sub>2</sub>を連続ガス分析計で測定した。

#### 供試車両

第2次汎用性向上型DPFシステムを搭載した供試車両Bは、平成9年度と車体形状が異なるが、エンジン排気量および積載量などの主要諸元は同一である。その諸元を表2-3-1に示す。第2次汎用性向上型DPFシステムは開発途中であることおよび整備性を考慮して車体フレームの外側に配置した。昨年度システムに酸化触媒を組み込むにあたり、システムの全長はできるだけ抑えた。DPFシステム搭載状態を図2-3-1に示す。

供試車両B		
型 式	KC-FE637E	
寸 法 L×W×H	6,080×2,000×2,220	
車両重量 (kg)	2,540	
定 員 (名)	3	
最大積載量 (kg)	2,000	
エンジン	型 式	4D33
	排気量(cc)	4,214
	最高出力	130PS/3,200rpm
	最大トルク	31.0kgm/1,800rpm

表2-3-1 供試車両B諸元(第2次汎用性向上型DPF装着車)



図2-3-1 DPFシステムの搭載状態(第2次汎用性向上型)

(3) 第2次汎用性向上型DPFシステムの性能調査  
触媒の選定と配置

表2-3-2に触媒選定調査に用いた触媒の種類と担持量および配置を示す。触媒はPt:1.5, 2.5g/L, Pd:2.5g/Lの3種類を選定対象とした。Pt:1.5g/LはDPFの前後に配置してPMおよび排出ガスへの影響を確認した。また、触媒への黒煙付着も選定条件とし、試験終了毎に触媒への黒煙付着状況も確認した結果、黒煙付着がなく触媒の活性に影響が少ないと考えられるDPFの後方配置を選択した。その結果に基づき、PtおよびPdの2.5g/LはDPFの後方に配置して性能を確認した。

図2-3-2にエンジンベンチにおける触媒の選定試験の状態を示す。図の右側からエンジン排気が入るが、DPFシステムは右から再生用電気ヒータ部、DPF部、熱電対取り出し部、触媒、流路切り替えバルブの配置である。触媒の選定には希釈トンネルは使用せず、スモーク3試験による排気煙濃度から減少率を求めた。なお、選定基準は50%以上の改善率を満足することとした。

図2-3-3に触媒選定試験における黒煙減少率

を示す。Pt:1.5g/LのDPF前方配置が最も高い減少率を示したが、DPFの前方配置であるから、触媒の汚れ度合いは最も大きい。なお、4および9~13モードで減少率は0となっているが、これらのモードではDPFなしでも黒煙の排出はスモークメータの検出限界以下である。

図2-3-4にTHCの減少率を示す。DPFのみの1モードでTHCの増加がみられたが、触媒付のDPFは90%近い減少率を示した。THCに対してもPt:1.5g/LのDPF前方配置が比較的良好な結果を示した。

図2-3-5にCOの減少率を示す。Pt:1.5g/LのDPF前方配置より後方配置の方が減少率が高く10モードまではほぼ100%であった。

図2-3-6にNOxの減少率を示す。酸化触媒であり、NOxに対する効果はほとんどない。

以上の結果から第2次汎用性向上型DPFシステムに組み込む触媒はPt:1.5g/Lの後方配置とした。

シャシダイナモメータ台上での性能調査

a)D-13モードでの性能調査

選定した触媒をDPFの後方に配置して行ったD-13モード試験の結果を図2-3-7に示す。

エンジンベンチ試験

	前方ユニット	後方ユニット
1	DPF	
2	DPF	Pt1.5 (g/L)
3	Pt1.5 (g/L)	DPF
4	DPF	Pt2.5 (g/L)
5	DPF	Pd2.5 (g/L)

シャシダイナモ試験

	前方ユニット	後方ユニット
1	DPF	Pt1.5 (g/L)
2	DPF	Pt1.0 (g/L)

表2-3-2 触媒の種類と担持量および配置



図2-3-2 エンジンベンチにおける触媒選定実験の概要

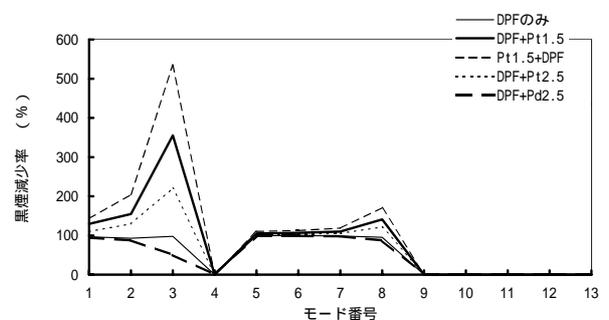


図2-3-3 触媒による排気煙減少効果

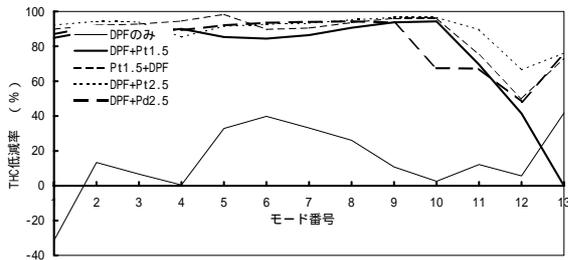


図 2 - 3 - 4 触媒による排出ガス減少効果 (THC)

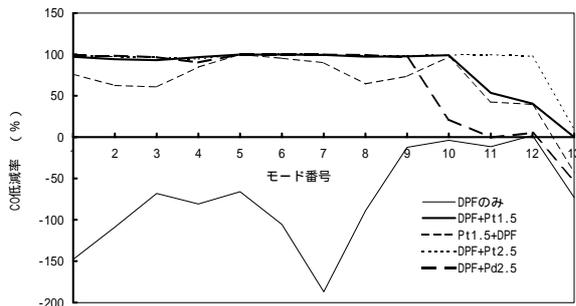


図 2 - 3 - 5 触媒による排出ガス減少効果 (CO)

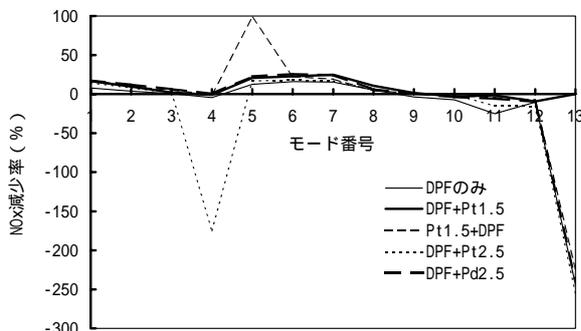


図 2 - 3 - 6 触媒による排出ガス減少効果 (NOx)

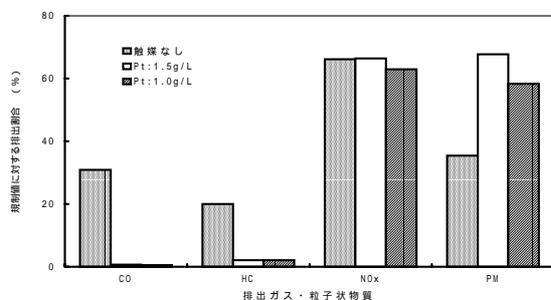


図 2 - 3 - 7 規制値 (許容限度) に対する排出ガスおよびPMの排出割合 (D-13モード)

CH/DY試験ではエンジンベンチでの試験結果に加えて、Pt : 1.5g/LのほかにPt : 1.0g/Lの触媒付DPFの性能試験も行った。触媒を装着することにより、CO, THCは減少するが、PMは増加する。これは触媒によってサルフェートが増加したものと考えられる。触媒の担持量を低減すると排出ガスを増加させることなくPMを減少させることが出来たが、触媒なしの状態までは減少しない。今後、最適担持量の検討が必要であると同時に、サルフェートの増加に対処することが必要である。

触媒の有無によるPM, SOF, サルフェートの排出量の比較を図 2 - 3 - 8 に示す。PMの増加に対してSOFとサルフェートの増加が大きく、DPFに酸化触媒を組み込む弊害が明らかである。

b) 実走行モードでの性能調査

実走行モードとして、一般道走行モード : 5, 高速道走行モード : 1, 塵芥車モード : 1の試験を行った。エンジンベンチ試験で選定した触媒を組み込んだDPFシステムで、それぞれの走行モードにおけるPMの排出量に対する触媒の影響を調査した結果を図 2 - 3 - 9 に示す。D-13モードでは触媒を装着することによりPMが増加したが、実走行モードでは酸化触媒がない場合は、走行モードの平均速度が増加するにすぎないPMの排出量は減少するが酸化触媒を装着した場合は更に減少した。

これは、D-13モードでは高負荷モードにおける高温排出ガスにより、サルフェートが生成されるのに対し、一般道・高速道走行モードの実走行モードでは、D-13モードと異なり排気温度が低くなるのが影響していると考えられる。また、捕集フィルタ (濾紙) は触媒を設置した場合もDPFシステム非装着時の黒色ではなく、黄色みを帯びた白色である。触媒なしでの実走行モードにおけるPM中のSOF, サルフェートの排出量を図 2 - 3 - 10 に示す。SOFはPM中の約80%を占めているがサルフェートは僅かである。

図 2 - 3 - 11に酸化触媒を装着して実走行モードを行った結果を示す。実走行モードでは、PM排出量は図 2 - 3 - 9 に示したように減少しているが、SOFとサルフェートは触媒なしの場合に比べてPM中に占める割合が異なっている。特にサルフェートの排出量が増大している。酸化触媒による

サルフェートの減少率を図2-3-12に示すが、酸化触媒なしに比べて5倍以上増加しており、最大では40倍にも達している。この結果から、DPFの装着で増加したCO, HCを削減するために酸化触媒を組み込むことにより、SOF, サルフェートが増加することになり好ましくない。

同時に測定した排出ガス濃度を図2-3-13、図2-3-14、図2-3-15に示す。平成9年度はDPFを搭載したことによりTHC, COは増加したが、触媒の装着によりそれらは減少し、その効果が確認された。一方、THCは図2-3-13に示すように、平均車速17.3km/hの塵芥車モードでは15.2km/hの一般道走行モードに対して増加しているが、これは塵芥車モードに含まれているごみ収集作業時のアイドルアップの影響であると考えられる。NOxは組み込んだ触媒が酸化触媒であるから排出量は変化しない。

c) 排気煙排出濃度

スモーク3試験での排気煙排出濃度の測定結果は酸化触媒を組み込んだシステムであってもスモークメータの濾紙が僅かに変色した程度で測定器の検出限界以下であった。

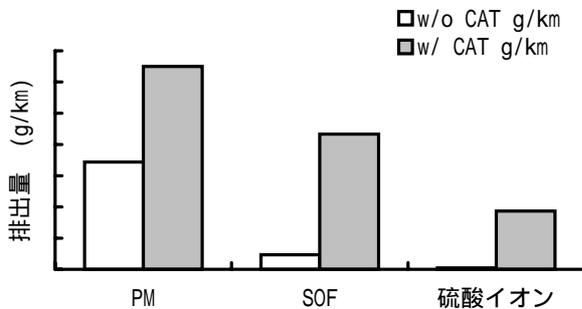


図2-3-8 酸化触媒の有無による粒子状物質の排出量変化

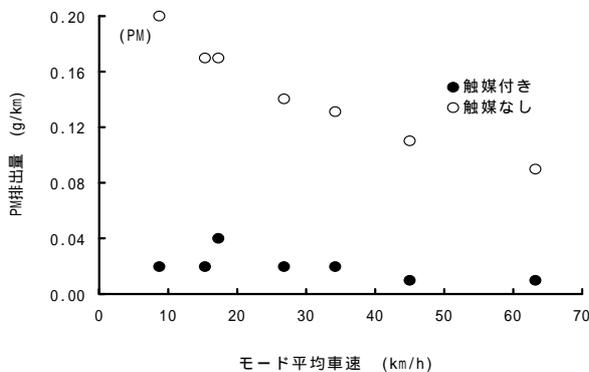


図2-3-9 PM排出量に対する触媒の影響

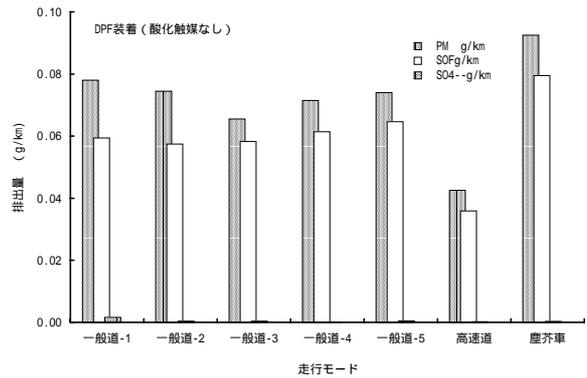


図2-3-10 実走行モードにおけるPM, SOF, サルフェートの排出量 (酸化触媒なし)

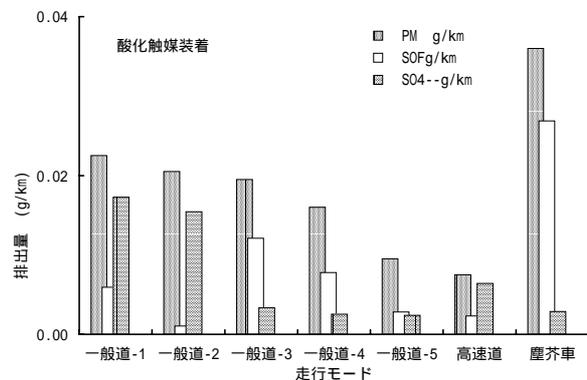


図2-3-11 酸化触媒装着時の実走行モードにおけるPM, SOF, サルフェートの排出量

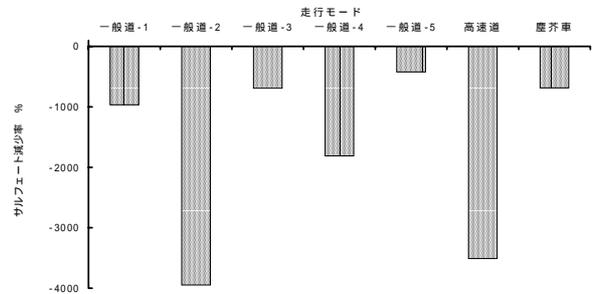


図2-3-12 酸化触媒の影響によるサルフェートの減少効果

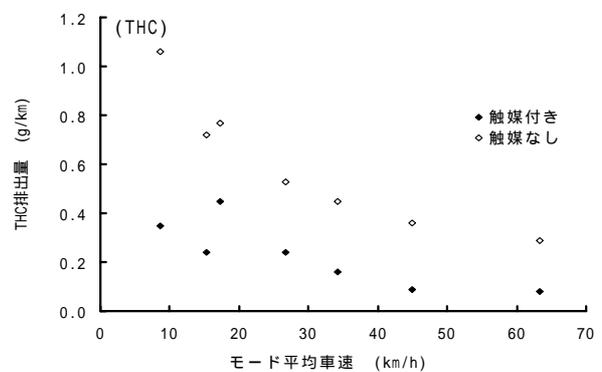


図2-3-13 THC排出量に対する触媒の影響

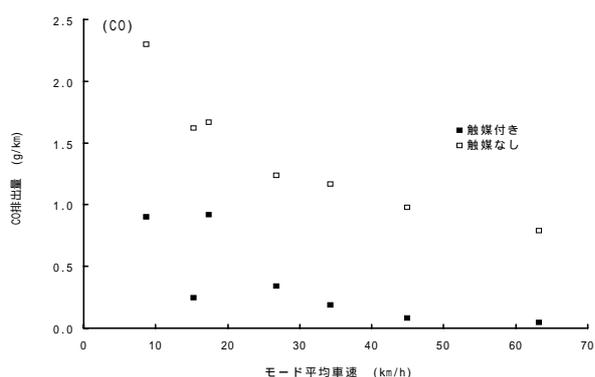


図2 - 3 - 14 CO排出量に対する触媒の影響

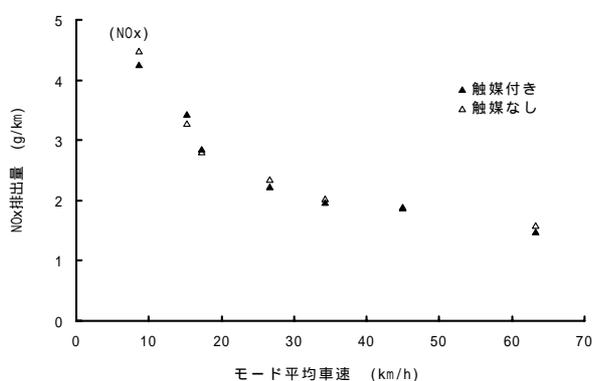


図2 - 3 - 15 NOx排出量に対する触媒の影響

#### (4) まとめ

平成10年度は、平成9年度の第1次汎用性向上型DPFシステムの成果に基づき、PMの除去性能を維持したままで排出ガス浄化を図ることを目標に、酸化触媒を組み込んだ第2次汎用性向上型DPFシステムについて調査を行った。その結果、以下の成果を得た。

第1次汎用性向上型DPFシステムで生じたTHCおよびCOが増加した問題は、酸化触媒を組み込むことによって解決した。しかし、SOFおよびサルフェートの増加についてはまだ具体的な対策を講じておらず、次年度の課題である。

酸化触媒が組み込まれてもPMの除去性能を損なうことはなく、他の車両にも応用出来るシステムであることが確認出来た。

フィルタは耐熱性の高い炭化珪素 (SiC) を使用しているが、中間の検査でヘアクラックが確認された。しかし、黒煙除去性能が急変することはない、再生時の温度制御によって解決出来る内容であると考えられる。供試車両の運転中は目視で排気煙の排出が確認されたことはなく、ヘアクラック

クはフィルタを切断調査して初めて明らかになったことである。

排気煙の排出濃度測定では、スモークメータの検出限界以下である。また、排気管の内部も黒煙の付着はなく、優れた性能を持つDPFシステムであることが明らかになった。

DPFシステムを分割構造としたことにより分解、組立が容易であるが、触媒選定試験でその効果が明らかであった。実用化を考慮した場合も部品交換の容易さから分割構造が望ましいと言える。触媒の効果あるいはヘアクラックが発生していても排気煙の排出が急激に増加することがない等の性能が明らかになったが、現状の制御では捕集・再生の時間が長いのでシステムの耐久性、信頼性の向上を図る上で制御時間を短縮する必要がある。

#### (5) 総括

昨年度の成果に基づき、酸化触媒を組み込んだ第2次汎用性向上型DPFシステムについて調査を行い、PM除去性能を損なうことなく排出ガスの浄化が可能であり、多種多様なディーゼル車に適用出来る可能性が得られた。また、今後の世界の排ガス規制は定常モードでの試験ではなく、実走行モードでの規制になる方向であるが、酸化触媒付DPFは実走行モードで良好な結果を得ることが出来る可能性が明らかになった。これらの結果から、ディーゼルエンジン用のNOx触媒が開発されれば、現状のエンジン性能を犠牲にすることなく、PMとNOxを始めとする排出ガスの低減が可能である。

今年度までの汎用性向上型DPFシステムでは捕集、再生の時間が長いため、短時間に作業が集中する塵芥車に向けたシステムとして装着することは困難である。しかし、これらの問題は制御形態を再考することで対応が可能であり、得られた知見を基に今後は車両毎に自由度を持った制御系を確立することが必要である。

#### 4. 第3次汎用性向上型DPFシステム (平成11年度)

##### (1) 研究方法

###### 第3次汎用性向上型DPFシステム装着車

汎用性向上型DPFシステムは平成11年度で第3次型となり、平成10年度と同様に2トン積み平ボディのトラックに装着して供試車両とした。第2次型に装着した酸化触媒はサルフェートが増加するので第3次型には装着していない。

調査項目は平成9年度、10年度と同様に排出ガスとPMの排出量および排気煙排出濃度である。表2-4-1に供試車両Bの諸元を示す。小型・中型トラックの分類に入る自治体塵芥車と類似した車両であるが、平ボディで車両重量が軽い。また製造メーカーが異なる。

###### 第3次汎用性向上型DPFシステム

図2-4-1にシステム構成を、図2-4-2に車載例を示す。SiCモノリシックフィルタを2個配置し、再生はフィルタの前に配置した電気ヒータで行う。捕集・再生は3時間捕集、20分再生を1サイクルとして交互に行う間歇捕集・再生型である。フィルタの流路切り替えはエアバルブを使用するが、フィルタ後方に配置することにより黒煙堆積による作動不良は生じない。エアバルブ作動用のエアコンプレッサとエアタンクを装備するが、エアが補充されなかった場合は両方のバルブとも開放され、排出ガスはフィルタの捕集状況に関わらず、両方のフィ

ルタで捕集されるように安全策を講じている。

図2-4-3に供試車両への装着状態を示す。2個のDPFは中心をずらして配列し、供試車両の2トン積み平ボディ車のフレームと荷台側面までに納めた。

供試車両B		
型 式	KC-FE637E	
寸 法 L×W×H	6,080×2,000×2,220	
車両重量 (kg)	2,540	
定 員 (名)	3	
最大積載量 (kg)	2,000	
エンジン	型 式	4D33
	排気量(cc)	4,214
	最高出力	130PS/3,200rpm
	最大トルク	31.0kgm/1,800rpm

表2-4-1 供試車両B諸元

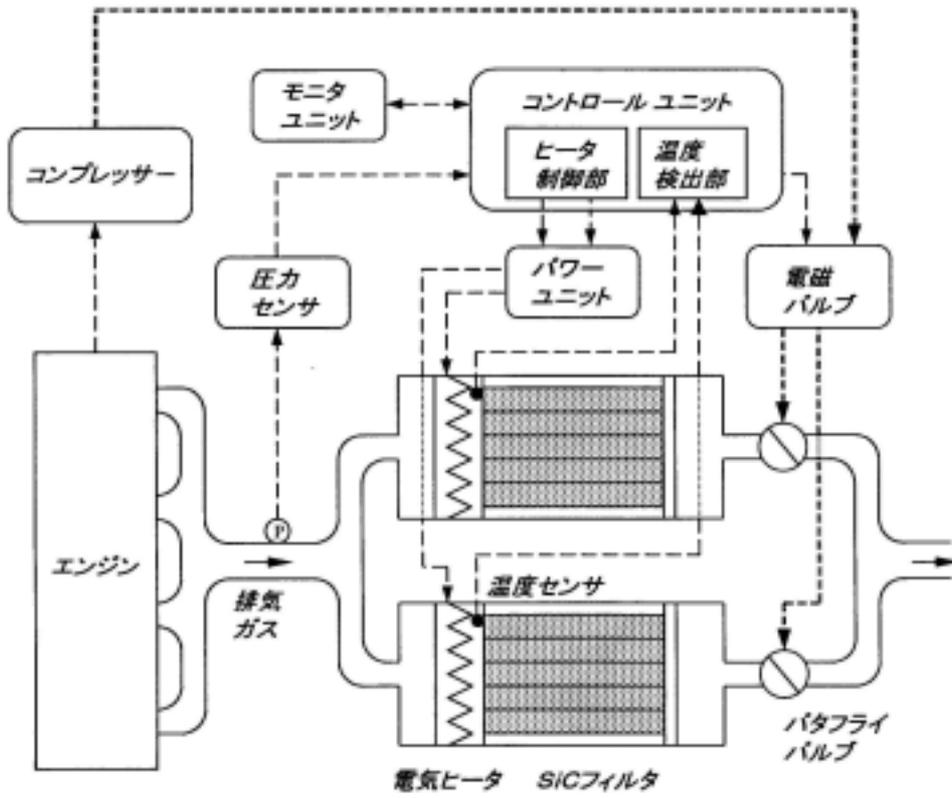


図2 - 4 - 1 第3次汎用性向上型DPFシステムの構成

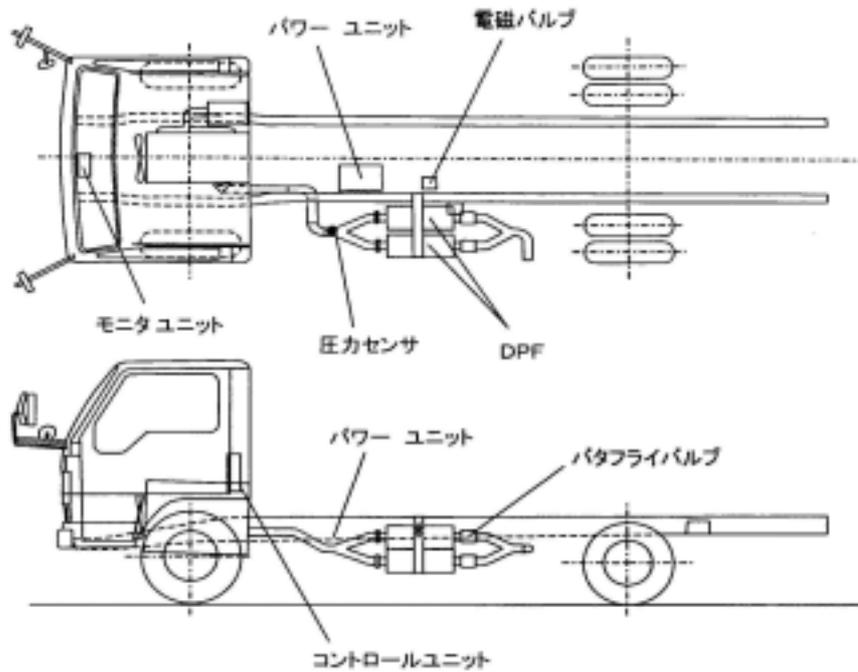


図2 - 4 - 2 第3次汎用性向上型DPFシステムの車載例



図2 - 4 - 3 第3次汎用性向上型DPFシステム装着車両

(2) DPFシステムの性能調査

DPFシステムの概要

平成11年度の第3次汎用性向上型DPFシステムは、耐久性・信頼性の向上を目的にフィルタの直径を拡大し、長さを短縮して再生時間の短縮を図った。DPFは炭化珪素（SiC）製で再生を電気ヒータで行う構造は第1次から変更ない。第2次では排出ガス（THC，CO）の低減のために酸化触媒をフィルタ後方に配置したが、その影響でサルフェートが増加するので第3次では除いた。

シャシダイナモメータ台上試験による性能調査

a)D-13モード試験

第3次汎用性向上型DPFシステムを装着した供試車両のシャシダイナモメータ台上試験での結果を図2 - 4 - 4に示す。試験途中のDPF再生はない。

PMの排出量は0.09g/kWhと平成6年規制値（平均値0.70g/kWh）よりも大幅に減少し、優れた浄化性能を示した。他の排出ガスも全て規制値を満足しており、DPF装着による影響はない。

規制年度ごとの規制値に対して、第3次汎用性向上型DPFシステムのPM除去性能を図2 - 4 - 5に示す。0.09g/kWhのPM排出量は、平成16年の規制値0.18g/kWhに対しても50%の排出率であり、現状のままでも十分なPM除去性能を有している。

b)一般道、高速道、塵芥車走行モード

第3次汎用性向上型DPFシステムを装着した供

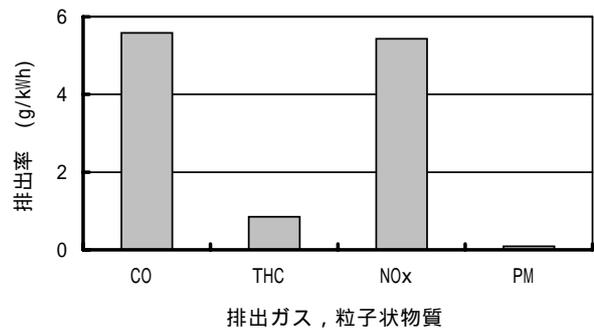


図2 - 4 - 4 第3次汎用性向上型DPFシステムのD-13モード試験結果

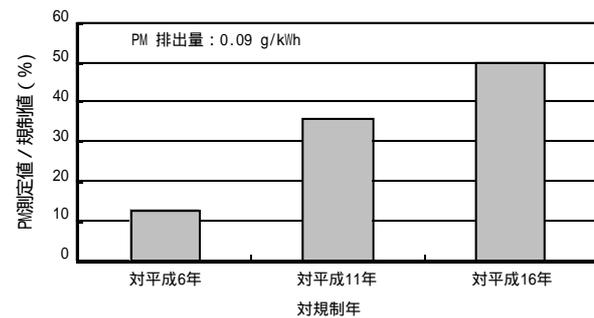


図2 - 4 - 5 第3次汎用性向上型DPFシステムのPM除去性能

試車両の各走行モードでのPMとTHC, CO, NOxの排出量を図2-4-6、図2-4-7に示す。

最も低速の自治体塵芥車モード(平均速度: 1.88km/h)でのPM排出量は0.3g/kmで、モード平均速度が増加するにしたがい低減し、平均速度26.77km/hでは0.09g/kmに、高速道モード(平均速度: 63.35km/h)では0.05g/kmの排出量となった。

THC, CO, NOxの排出量は、速度の増加に伴い排出量が減少する一般的な傾向を示し、モード平均速度1.88km/hの自治体塵芥車モードではTHC: 3.7g/km, CO: 8.6g/km, NOx: 15.4g/kmであるが、平均速度63.35km/hの高速道モードではそれぞれ0.3g/km、0.9g/km、1.5g/kmに低減した。

#### c) 排気煙排出濃度

平成10年度と同様に測定器の検出限界以下であった。

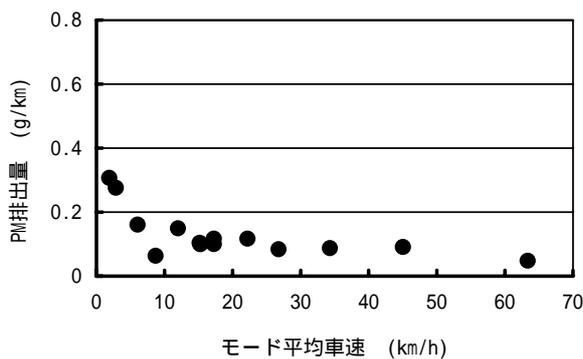


図2-4-6 第3次汎用性向上型DPFシステムのPM排出量(実走行モード)

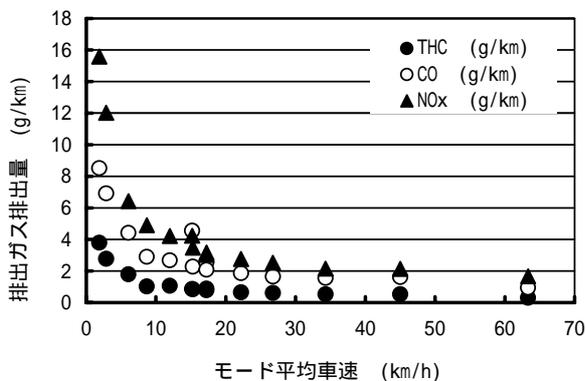


図2-4-7 第3次汎用性向上型DPFシステムの排出ガス排出量(実走行モード)

#### (3) 成果

第3次汎用性向上型システムでは捕集・再生を確実にすることにより、耐久性・信頼性を向上させることを主題として第2次汎用性向上型システムで用いた酸化触媒を除き、DPFの寸法を変更した。フィルタ径の拡大に伴いヒータの形状も設計変更し、合わせてフィルタ長さを短縮することで再生時間の短縮を図った。その結果、サルフェートの排出問題はなく、PM除去性能を維持したまま小型・中型トラック用として問題のない性能が得られた。特に、PMの除去性能は平成16年規制値に対しても50%の値を示しており、このままでも国内規制への対応は可能である。長時間の耐久試験は実施していないが、供試車両において3時間捕集、20分再生の機能は問題なく、実用可能性の高いシステムが構築できた。

#### (4) 今後の課題

実用化を考慮して耐久性・信頼性の向上を主題とした第3次汎用性向上型DPFシステムは、良好なPM排出量の除去性能を示し、平成16年規制も現状のままで満足できる余裕のあることが明らかになったが、耐久性については未解決な部分もある。しかし、捕集・再生が確実に行われ、PM規制値に対する余裕度も高いので実用化に一步踏み出したと考えられる。走行試験を行って耐久性・信頼性を評価すること、およびできる限り小型軽量化を図ることが課題である。

本システムは電気ヒータを使用した再生方式であるため、発電器とバッテリーの容量拡大が必要である。供試車両には冷凍車などの発電器を2台装着できる仕様もあるので、発電容量の拡大は比較的容易であったが、DPFの再生には2kWの電力が必要で、発電器の容量拡大と発電量の高効率制御が必須の条件となる。そのため、車種によっては複数の発電器を装着出来ず、第3次汎用性向上型DPFシステムを装着出来ない車両もでてくる可能性がある。発電システムの開発に関しては自動車メーカーの協力が得られなければ、システムとして成立が危ぶまれることになると思われる。

### - 3 自動車メーカー製DPFシステム

#### 1 . 平成10年度調査

##### (1) DPFシステム調査

DPFシステムを搭載する車両として当初は2トン積みトラック（塵芥車）を想定した。国内大型自動車メーカーのトラック用DPFシステムの開発状況を調査し、その結果を基に自治体の塵芥車に搭載するシステムの選択を行い、シャシダイナモメータ台上試験で性能調査を行った。

##### DPFシステムの概要

自動車メーカー製DPFシステムは、路線バス用として平成9年度から実証試験に使用されている実績を基に、トラック用としたものである。電気ヒータによる強制再生式であるが、繊維状セラミックの外側のカバーがそのままヒータとなるので全体はコンパクトである。トラックはフレームがあるので、その外側あるいはマフラー設置スペースはあるが、使用過程車ではDPF装着のために既存部品の移設などの改造は困難であるから、標準マフラーの寸法内に収まるように小型化が必要である。平成10年度の2トン積みトラック用、2.5トン積み塵芥車用ともに小型化が図られており、いずれも標準マフラーと交換してフレーム付近に設置され、外部からはDPFの搭載を確認することは出来ない。

##### 調査項目

自動車メーカー製トラック用DPFシステムの性能調査として、PMと排出ガスの排出量および排気煙排出濃度を調査する。

##### 供試車両

自動車メーカー製DPFシステムは路線バス用から発

展したシステムである。装着可能な車種は当初2トン積みトラックであったが、年度末には中型トラックにも装着できるシステムが開発され、自治体の2.5トン積み塵芥車に装着して性能評価を行った後、実際のごみ収集作業に投入されて実証試験を行った。供試車両C（2トントラック）の仕様を表3-1-1に、DPFシステムの搭載状態を図3-1-1に示す。フレームの内側に収まるように配置されており図の右側が前方である。DPFは燃料タンクの陰に隠れてもう1個あり、2個のユニットの間から排出ガスが導入される構造になっている。フィルタの材料および構造等は路線バス用と同様にコンパクトに収まる構造であるが、排気管のとり回しが複雑になる。

供試車両C		
型 式	KC-NKR66LAV-4EX	
寸 法 L×W×H	6,100×1,880×2,175	
車両重量 (kg)	2,390	
定 員 (名)	2	
最大積載量 (kg)	2,000	
エンジン	型 式	4HF1
	排気量(cc)	4,334
	最 高 出 力	130PS/3,200rpm
	最大トルク	31.0kgm/1,800rpm

表3-1-1 供試車両Cの諸元



図3-1-1 自動車メーカー製DPFシステムの搭載状態

同様に自治体の供試車両D（2.5トン積み塵芥車）の仕様を表3-1-2に示す。いずれも同一自動車メーカー製のトラックであるが、システムは他社の車両にも装着できる可能性をもっている。供試車両の状況を図3-1-2、3-1-3に示す。2トントラック用システムは平成11年度に自治体の塵芥車に装着して実証試験を実施する計画である。

(2) PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査試験モード

自動車メーカー製DPFシステムの性能はシャシダイナモメータ台上試験で調査する。試験モードは準定常のディーゼル13（D-13）モードと、実走行モードとして一般道モード5種類、高速道モード1種類、塵芥車モード1種類を行う。排気煙排出濃度はスモーク3試験を行う。

シャシダイナモメータ台上試験による性能調査

a)D-13モード試験

表3-1-3にD-13モードでのPMと排出ガスの規制値を示す。規制値（許容限度）を100とした場合の自動車メーカー製DPFシステムの性能を図3-1-4に示す。DPFを搭載していない場合との比較は出来ないが、供試車両C、供試車両Dとも規制値は満足している。供試車両DのNOxが規制値の許容限度に近い値を示したが、自動車メーカーのシステムは、PMと排出ガス、特にNOxとの排出量の関係をエンジン調整とDPF制御系との調整で対処できるようになっていることから、供試車両はPM低減が主体の設定であったと考えられる。

供試車両D		
型式		
寸法 L×W×H	6,090×2,260×2,500	
車両重量 (kg)	3,160	
定員 (名)	3	
最大積載量 (kg)	2,000	
エンジン	型式	6HH1
	排気量(cc)	8,226
	最高出力	210PS/2,850rpm
	最大トルク	55.0kgm/1,700rpm

表3-1-2 供試車両Dの諸元



図3-1-3 供試車両D（2.5トン積み塵芥車）



図3-1-2 供試車両C（2トン積みトラック）

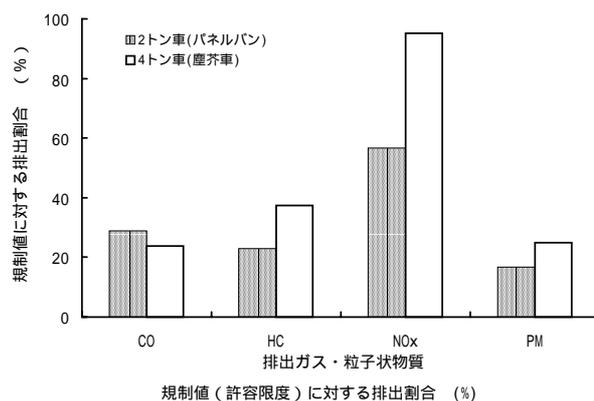


図3-1-4 規制値（許容限度）に対する排出割合（自動車メーカー製DPFシステム）

規制値	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	CO2 (g/kWh)	PM (g/kWh)
許容限度	9.20	3.80	7.80		0.96
規制平均値	7.40	2.90	6.00		0.70

表3-1-3 D-13モードでのPMと排出ガスの規制値

b)実走行モードでの性能

第2次汎用性向上型DPFシステムと同様に、一般道走行モード：5、高速道走行モード：1、塵芥車モード：1の実走行モードを行った。

図3-1-5、3-1-6、3-1-7、3-1-8にPMと排出ガスの排出量をモード平均車速で対比した結果を示す。モード平均車速が増加するにしたがい、各排出ガスの排出量が減少する傾向は通常のディーゼル車と同様である。

PMはモード平均車速が増加するにしたがい減少しているが、高速道モードで増加している。しかし、これもエンジンとDPFの制御系との調整で対応出来る範囲ではないかと思われる。

THCは図3-1-6に示すように、塵芥車モードでは一般道走行モードに対して増加しているが、これは塵芥車モードに含まれているごみ収集作業時のアイドリングアップの影響であると考えられる。

c)排気煙排出濃度

スモーク3試験による排気煙排出濃度は供試車両C、供試車両Dとも第2次汎用性向上型DPFシステムと同様に測定器の検出限界以下であった。

(3) まとめ

自動車メーカー製DPFシステムは開発途中で中止したシステムもあり、複数のシステムが揃う状況に至らなかったが、1社から基本構造は同一で2トン積みトラックと2.5トン積み塵芥車に適用できるシステムが開発された。2個のフィルタを持ち、捕集・再生を交互に行うシステムであるが、フィルタ本体がSiC繊維のフェルト状であることから、セラミックモノリスフィルタに見られる割れの問題はなく、耐久性では優位性を持ったシステムである。また、電気ヒータが全面加熱であるからPMの燃焼伝播の距離が短縮され、再生の確実性が上がることが考えられる。

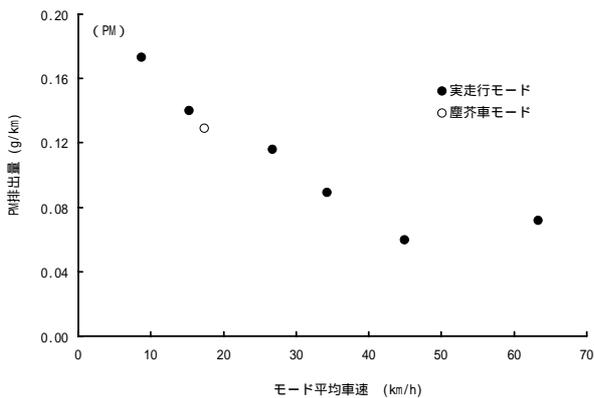


図3-1-5 DPF装着車両のPM排出量  
(自動車メーカー製DPFシステム)

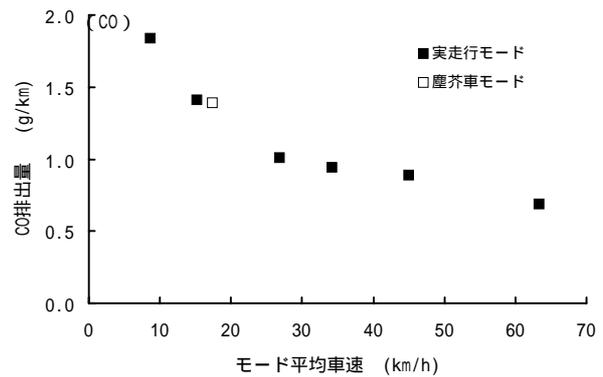


図3-1-7 DPF装着車両のCO排出量  
(自動車メーカー製DPFシステム)

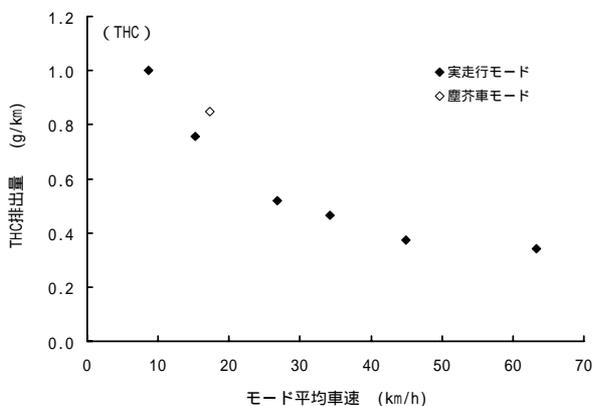


図3-1-6 DPF装着車両のTHC排出量  
(自動車メーカー製DPFシステム)

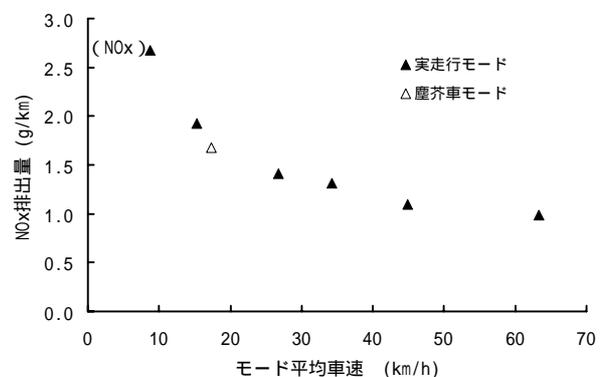


図3-1-8 DPF装着車両のNOx排出量  
(自動車メーカー製DPFシステム)

平成10年度に開発された小型・中型トラック用DPFシステムをそれぞれ供試車両C，Dに装着して性能試験を行った結果、PM低減効果が大きく、適用範囲が広いシステムであることは明らかであるが、排出ガス規制値（許容限度）に対する排出割合の結果から、使用過程車に装着する場合はエンジン調整が必要である。

本システムは、平成11年度に5自治体の塵芥車での実走行における評価試験を行う計画であるが、モノリスフィルタのようにヘアクラック等による破損のない耐久性、信頼性の高いシステムであることが明らかになった。トラックに装着しての実証試験はまだ日が浅いが、今後継続して行くことで耐久性、信頼性が高まるものと考えられる。また、他社製の車両にも装着することが可能であることから、本調査の目標である汎用性向上に対して最短距離にあるシステムであると言える。

自動車メーカー製システムは1社だけであったが、2トン積みトラック用を2.5トン積み塵芥車用にするまでに5カ月弱の期間であった。路線バス用の実績が基礎になっているが、あらゆるディーゼル自動車に適用出来る可能性が明らかで今後の発展が期待される。

路線バス用で課題であった初期コストおよびメンテナンスコストについても、台数が増加することによって解決の方向に向かうと考えられる。また、車両の範囲が拡大することによって今まで参入していなかった他の自動車メーカーも参入する可能性が高く、ますます汎用性向上の目標に向かうことが可能である。

## 2．平成11年度調査

自動車メーカーが開発したDPFシステムを自治体の塵芥車5台に装着し、実証試験による実用性評価とシャシダイナモメータ台上試験による性能調査を行った。

### (1) 研究方法

#### 実証試験による実用性調査

平成10年度末に自治体の塵芥車に装着した自動車関連メーカー製DPFシステムを、平成11年度には残りの4自治体の塵芥車に装着した。その結果、塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPFシステムの実証試験体制が整うことになり、各自治体において実

証試験を行った。

#### 調査項目

5自治体での実証調査は日常の塵芥収集作業において以下の項目について行った。

- a) 実証試験実施体制に関する調査
- b) 運航中に生じたDPFの異常内容、それに対する処置に関する調査
- c) DPF装着による燃費、黒煙排出に関する調査
- d) DPF装着車の作業等におよぼす影響に関する調査

#### 供試車両

実証試験を行うDPF装着車は5自治体の塵芥車を各1台用いた。5台のうち1台は平成10年度末にDPFシステムを装着し、平成11年度は残り4台に装着した。供試車両の内訳は、積載量で2トン積み3台（自治体A，B，E）、2.5トン積み1台（自治体C）、3.35トン積み（自治体D）1台である。基本車種は2種類で、2トン積み車両3台とそれ以外の2台は別車種である。排気方式は自治体Aが床下排気、その他の4台は運転席後方の上方排気である。図3-2-1～図3-2-5に各自治体の塵芥車を示す。また、表3-2-1に供試車両の諸元を示す。全車とも平成6年規制対応車である。



図3-2-1 自治体A塵芥車（2トン積み）



図3 - 2 - 2 自治体B塵芥車（2トン積み）



図3 - 2 - 4 自治体D塵芥車（3.35トン積み）



図3 - 2 - 3 自治体C塵芥車（2.5トン積み）



図3 - 2 - 5 自治体E塵芥車（2トン積み）

自治体	A	B	C	D	E
車名	いすゞエルフ	いすゞエルフ	いすゞフォワード	いすゞフォワード	いすゞエルフ
年式	H9	H9	H9	H9	H10
型式	KC-NKR66EP		KC-FRR33D3	KC-FRR33D4	KC-NKR66E
寸法 L×W×H	5,220×1,850×2,280	5,160×1,840×2,230	6,640×2,200×2,680	6,650×2,200×2,820	5,200×1,860×2,380
車両重量 (kg)	4,120	3,970	5,320	5,850	3,760
定員 (名)	3				
最大積載量 (kg)	2,000	2,000	2,500	3,350	2000
車両総重量 (kg)	6,285	6,135	7,985	9,365	5,925
エンジン	型式	4HF1		6HH1	4HF1
	排気量 (cc)	4,334		8,226	4,334
	最高出力	130PS/3,200rpm		210PS/2,850rpm	130PS/3,200rpm
	最大トルク	31.0kgm/1,800rpm		55.0kgm/1,700rpm	31.0kgm/1,800rpm
パレットメーカー	富士重工	富士車輛	極東開発		新明和
登録年月日	H9.12	H5.7.31	H5.9.7	H5.9.15	H6.12.10
装着システム	いすゞセラミックス 研究所製				

表3 - 2 - 1 供試車両諸元（自治体車両）

調査内容

a)実証試験実施体制に関する調査

実証試験を行うにあたり、異常発生等の情報とその対応が錯綜することがないように、実施上のルールと各自治体を含む関係者間の連絡体制を定める。基本ルールは統一するが、連絡体制は各自治体毎に環境部局および塵芥作業車の所属する事業所とDPFメーカー、JARIとの組織および担当者間で定め、異常に対するメーカー側への連絡およびメーカーの対応等の流れを確認する。

b)DPFの異常内容と、それに対する処置に関する

調査

DPFシステム装着車が運行中に異常事態になった時、その状況を的確に速やかに報告し、修理等の対応がとれるように、また、各自治体毎の連絡内容に差が生じないように定められた書式の「DPFシステム装着車両異常時連絡表」を作成して異常事態を連絡する。表3-2-2に異常時連絡表の書式を示す。

c)DPF装着による燃費、黒煙排出に関する調査

DPFシステムを装着することによる性能への影響として、排気系統の圧力が変化し燃費に影響を

記録者氏名	
確認者氏名	

市環境事業局		事業所			
1	異常内容	異常ランプ点灯 異音・異臭	黒煙排 その他	継ぎ手等からの漏れ	
2	黒煙の排出	大量	少量	微量	なし
3	判断	DPFシステムの異常		DPFシステム以外の異常	
4	発生年月日	平成 年 月 日 ( )			
5	時刻(注1)及び	運行開始:	時	分	km
	走行距離(注2)	異常発生:	時	分	km
6	天候	曇	雨	雪	霧
7	運行形態	作業中	回送中	点検時	
8	作業番号及び行先 (作業中のみ)				
9	場所(注3)				
10	場所の状況 (作業時、回送時のみ) (複数回答可)	平地	上り坂	下り坂	高速道路
		渋滞中	走行中	停車中	
		郊外	市街地	繁華街	
11	パレット内の状況	全積	半積	空積	
12	DPF本体の状態 (事故の場合)	損傷大	損傷小	問題なし	
13	状況説明、概略図等 (スケッチ等参考資料)(注4)				

別紙(あり、なし)

- (注1)：時間表示は24時間表記。
- (注2)：走行距離計の読み値
- (注3)：場所は××地区にて、××交差点手前にて、事業所内、等具体的に記述。
- (注4)：異常時の状況がわかるような説明及び概略図が望ましい。

表3-2-2 異常時連絡表

およぼすことが考えられる。燃費の調査として各自治体毎に月間の走行距離と燃料消費量を記録し、燃費（km/l）を算出してDPF非装着車両と比較する。DPF装着車と非装着車は同一車種で使用開始時期も運転経路もほぼ同じで、同一の事業所に所属する車両であるが、運転者だけが異なる。また、黒煙は定期的にスモークメータで確認するが、測定が困難な場合は始業点検時に目視点検で排気煙の排出を確認する。

d)DPF装着車の作業等におよぼす影響に関する調査

各自治体のDPF関係者に対し、DPF装着車に対する使用者側の評価を調査するために、DPFの必要性等の項目を上げてアンケート調査を行う。アンケートは表3 - 2 - 3に示す12項目で、「はい」、「いいえ」、「どちらとも言えない」等からの択一とし、「はい」、「いいえ」に関しては理由の記入欄を設けて自治体環境部局のDPF関係者を対象に配布し回答を依頼する。

DPFシステム

供試車両に装着したDPFシステムは全車とも同一構造のシステムである。自治体C車には平成10年度末に装着し、残りの4台は平成11年度になって装着した。

フィルタは炭化珪素（SiC）繊維の不織布を疎密の二重にし、金属網で挟み込み蛇腹状の円筒にして捕集面積の拡大を図っている。捕集・再生は2個のフィルタを交互に使用して行い、2時間捕集、15分再生を繰り返す。フィルタの再生は電気ヒータ方式で、フィルタを挟んだ入口側の金網の全面がヒータになり再生時間の短縮が図られている。図3 - 2 - 6にフィルタ、図3 - 2 - 7に車載時の概略を示す。

番号	アンケート項目	回 答		
1	DPFの機能についてご理解いただけましたか。 「はい」、「いいえ」に関する理由。	はい	いいえ	どちらとも言えない
2	DPFの性能に満足されましたか。 「はい」、「いいえ」に関する内容。	はい	いいえ	どちらとも言えない
3	DPFは必要だと思いますか。 「はい」、「いいえ」に関する理由。	はい	いいえ	どちらとも言えない
4	価格に対する印象は如何ですか。 許容される価格。	高い	安い	どちらとも言えない
5	DPF搭載によって何らかの問題が生じたか。 生じた問題とその対応。	はい	いいえ	
6	実作業での使い勝手は如何ですか。 「良い」、「悪い」点。	良い	悪い	どちらとも言えない
7	作業中に黒煙はでましたか。 どのような時に出了ましたか。	はい	いいえ	良く分からない
8	運転中に違和感がありますか。 どのような違和感ですか、許容できますか。	はい	いいえ	どちらとも言えない
9	搭載への抵抗感がありますか。 どのような抵抗感ですか。	はい	いいえ	どちらとも言えない
10	周辺住民の方々の評判は如何ですか。 どのような評判ですか。	良い	悪い	良く分からない
11	周辺住民の方々の意見を直接耳にしたことがありますか。 どのような意見ですか。	はい	いいえ	
12	DPFの将来性への意見をお聞かせ願います。			

表3 - 2 - 3 アンケート項目



図3 - 2 - 6 塵芥車に使用しているフィルタ

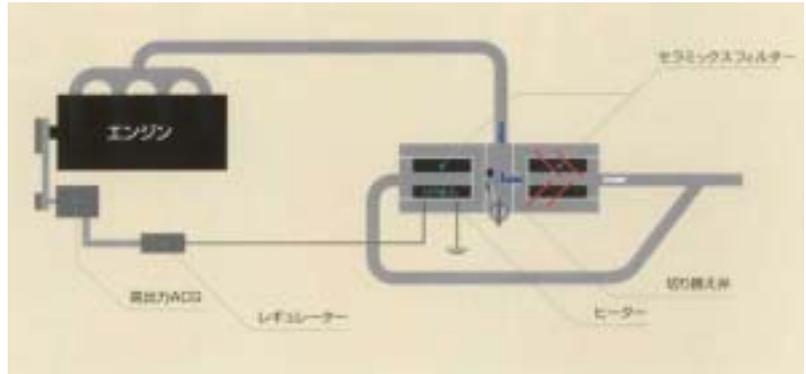


図3 - 2 - 7 塵芥車に使用している自動車メーカー製DPFシステムの概略

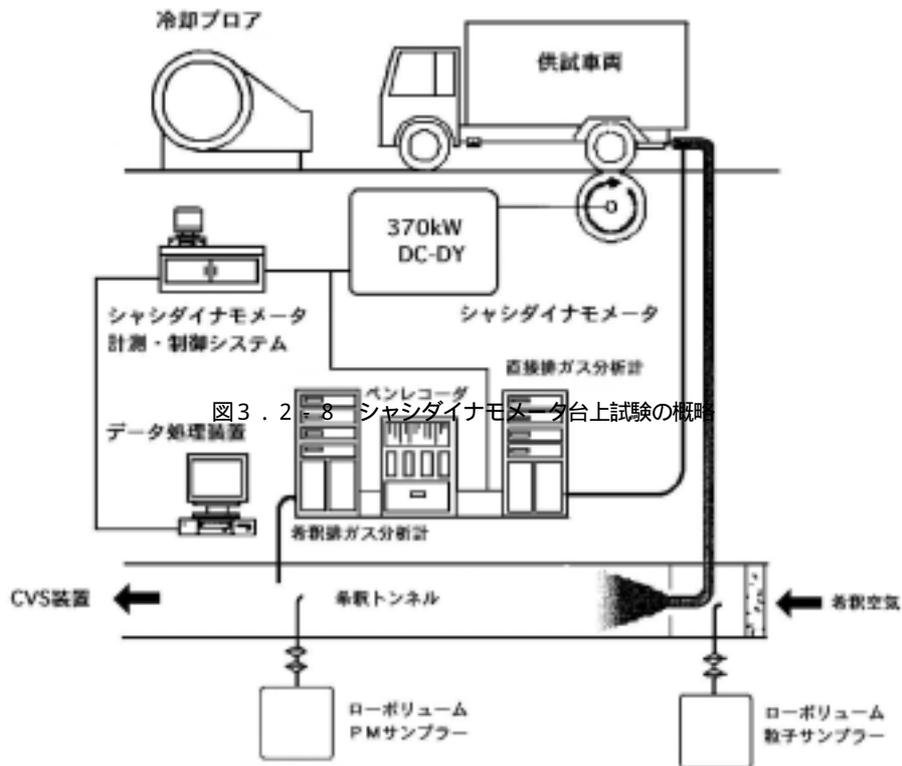


図3 - 2 - 8 シャシダイナモメータ台上試験の概略

(2) PM・排出ガスの排出量及び排気煙排出濃度の調査  
調査項目

a) PMと排出ガスの排出量及び排気煙濃度の調査

DPFシステムを装着した車両で、D-13モードと実走行の各種走行パターンにおけるPMと排出ガスの排出量および排気煙排出濃度に関して、シャシダイナモメータ台上試験で性能を調査する。

モード試験で測定する排出ガスは、THC、CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>で、PMを測定したフィルタからSO<sub>2</sub>とサルフェートも測定する。また、排気煙排出濃度はシャシダイナモメータを使用したスモーク3試験法とフリーアクセル法で測定する。シャシダイナモメータ台上試験装置の概略を図3 - 2 - 8に示す。

供試車両

a)自治体塵芥車（自動車メーカー製DPFシステム）

シャシダイナモメータ台上での自動車メーカー製DPFシステムを装着した自治体塵芥車の性能調査には図3-2-2に示す自治体B車（2トン積み塵芥車）と、図3-2-3に示す自治体C車（2.5トン積み塵芥車）を供試車両として使用した。各車両は実証試験に用いた車両と同一で調査項目は排出ガスとPMである。

表3-2-4にシャシダイナモメータ台上試験を行った自治体B車と自治体C車の諸元を示す。2台の車両は自治体塵芥車としては一般的な車両である。

試験モード

DPFシステムの性能はシャシダイナモメータ台上試験で調査した。試験では準定常モードであるディ

ーゼル13（D-13）モード試験と、その他の実走行モードとして一般道走行モード5種類、高速道走行モード1種類、塵芥車モード3種類を行う。塵芥車モードは昨年度まで試験したJARIで作成したモードの他に自治体の塵芥車モードも行った。また、スモーク3試験とフリーアクセル法で黒煙濃度の試験を行う。

試験モードの一覧を表3-2-5に、走行モードのパターンを図3-2-9に示す。

塵芥車モードのうち、自治体モードは自治体B、Cからの試験希望により試験モードに加えた。いずれのモードも平均速度の遅い塵芥収集作業中と平均速度の早い作業終了後に集積場まで走行するモードに分かれている。JARIの塵芥車モードは両方が含まれている。

対 応 車 種	小型・中型トラック	
導 入 自 治 体	B	C
車 名	いすゞエルフ	いすゞフォワード
年 式	H9	H9
形 状	塵芥車	
型 式	KC-NKR66EP	KC-FRR33D3
寸 法 L×W×H	5,160×1,840×2,230	6,640×2,200×2,680
車両重量（kg）	3,970	5,320
定 員（名）	3	
最大積載量（kg）	2,000	2,500
車両総重量（kg）	6,135	7,985
型 式	4HF1	6HH1
エンジン 排気量(cc)	4,334	8,226
最高出力	130PS/3,200rpm	210PS/2,850rpm
最大トルク	31.0kgm/1,800rpm	55.0kgm/1,700rpm
装着システム	いすゞセラミックス 研究所製	
試験内容	実証試験 + CH/DY試験	実証試験 + CH/DY試験

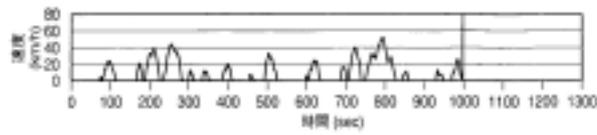
表3-2-4 供試車両諸元（自治体B，C）

モード	一般道					高速道	塵芥車						D-13	スモーク3
	HCS11	HCS21	HCS31	HCS41	HCS51	HHC7	JINKAI	KS1	KS3	YG1	YG2	NY3		
平均速度 km/h	8.69	15.28	26.77	34.29	45.02	63.35	17.26	2.85	11.99	6.05	1.88	22.2	—	—
走行距離 km	2.41	4.03	8.53	10.24	16.28	18.37	8.42	0.96	2.97	2.01	0.57	4.92	—	—
計測時間 sec	999	950	1,148	1,075	1,302	1,044	1,757	1,212	893	1,198	1,097	798	1,200	—
備 考	JARIモード							自治体Cモード		自治体Bモード			—	—

表3-2-5 試験モード一覧

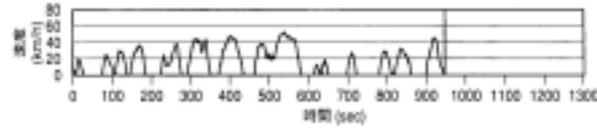
一般道走行モード

HCS11



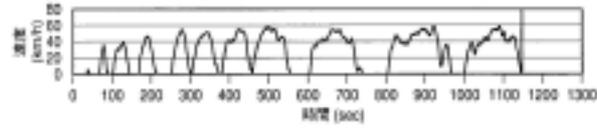
平均速度 8.6 (km/h)

HCS21



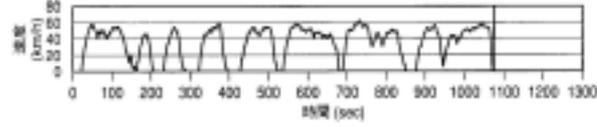
平均速度 15.2 (km/h)

HCS31



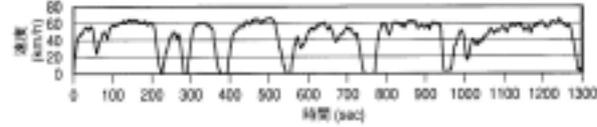
平均速度 26.6 (km/h)

HCS41



平均速度 34.1 (km/h)

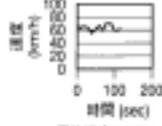
HCS51



平均速度 45.0 (km/h)

高速道路走行モード

HHC7



平均速度 63.2 (km/h)

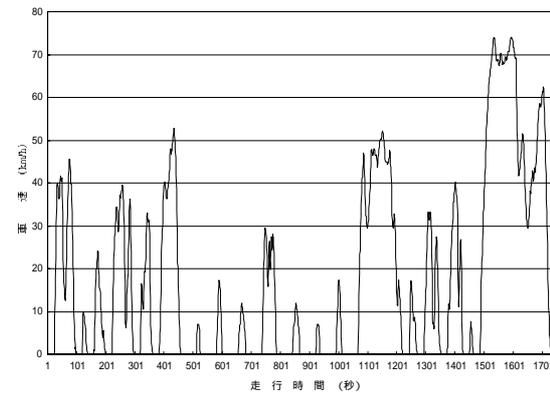


図3 - 2 - 9 実走行モードのパターン

(3) 研究結果

実証試験実施体制

実証試験実施に際して「公健協会DPF調査における業務実施上のルール」を定めた。内容は 自治体清掃部局および環境部局、製造メーカー、JARIに対するルールとして、各自治体に対して統一した内容とし、表3-2-6に示す項目で構成した。

連絡体制は、各自治体毎に組織名称や担当部署が異なるため、ルールをもとにして自治体毎に設定した。図3-2-10～図3-2-14に自治体A, B, C, D, Eとの連絡体制を示す。

異常発生内容と原因および対応

5自治体の塵芥車に装着したDPFシステムは、装着後平成12年3月末までに、自治体A：1件、自治体B：4件、自治体C：1件、自治体D：1件の合計7件の異常が発生した。自治体Eからは異常発生は報告されていない。各自治体から発行された「DPFシステム装着車両異常時連絡表」を整理した異常発生状況の一覧を表3-2-7に示す。

DPFシステムに異常が発生した場合、運転席に設置したモニタの異常ランプが点灯するが、7件のうち4件については異常ランプが点灯した。点灯した4件のうち3件は「部品の破損」、「圧力設定の不良」、「圧力計配管への水漏れ」が原因で制御信号の授受が的確に行われず、DPFの作動不良が発生したと制御装置が判断した結果である。特に圧力検出システムでの異常は、フィルタに目詰まりが発生したと制御装置が判断する可能性がある。残りの1件はデータのバックアップを取る前にバッテリー端子を外

したため、記録されたデータが消滅したので異常発生原因を解明出来なかったが、点検後は問題なく復帰した。

異常ランプが点灯しなかった3件のうち、1件は再生時のみ点灯しているランプが再生終了後も消灯しなかった異常である。捕集・再生の制御プログラムの問題と考えられたのでプログラムを修正したが、その後は問題なく解決したと考えられる。

これらの内容は、システム異常として判断された結果であるが、その都度対策を講じて解決している。しかし、各自治体の塵芥車の構造はそれぞれ異なっているのでDPF関連部品の配置、周辺の配管、配線類も異なるため、制御系統についても1台毎の調整が必要であるから、今後も異常が発生する可能性は残っている。

他の2件は排気管からの漏れであった。1件は排気管の溶接強度の不足が原因で溶接強度を上げることにより解決した。これはDPF装着のために排気系統の一部を改造する際に生じた問題で、装着台数が増加して現物合わせ的に製作される部品が減少すれば解決すると思われる。

残りの1件はフィルタ容器の鏡板が変形したために円筒部との間に生じた僅かな隙間が原因となって生じた漏れであった。入口側が変形すると捕集前の排出ガスが流出してしまうため、変形への対応策が必要である。漏れた場合は圧力が発生しないために捕集が継続して目詰まりが生じ、再生不良等の問題を誘発する可能性があるので注意しなければならない。

対象組織	対象者	対象内容	項目
自治体清掃部局	運転者	日常点検時	目視点検での確認 異常時連絡表の作成
		作業時	異常の連絡 DPF以外のトラブルの連絡
		アンケートへの回答	アンケート調査への協力
	事業所整備管理者	日常点検時 燃料補給時 スモーク測定時 作業時	メーカーへの異常内容の連絡 燃費データの記録、報告 スモーク測定の記録、報告 異常の確認、連絡
自治体環境部局	車両管理担当者	車両貸借契約事項等	装着時、試験時の貸借
製造メーカー	担当者	進捗状況の報告 清掃部局、JARIとの報告、連絡体制	検討会等への報告 —
		補償期間	無償保証期間の設定等
	保守点検	保守点検内容の検討、保守契約等	
JARI		異常時の対応	異常発生時の対応 異常発生時の費用の取り扱い 保守点検、異常時対応の扱い
		定常的な業務	スモーク測定、燃費まとめ 検討会の開催、事務局活動
		異常時	報告内容と対応の確認 試験継続の判断 公健協会への報告

表3-2-6 実証試験実施上のルール

自治体 A  
 : 連絡  
 : 対応, 確認  
 (担当者の敬称略)

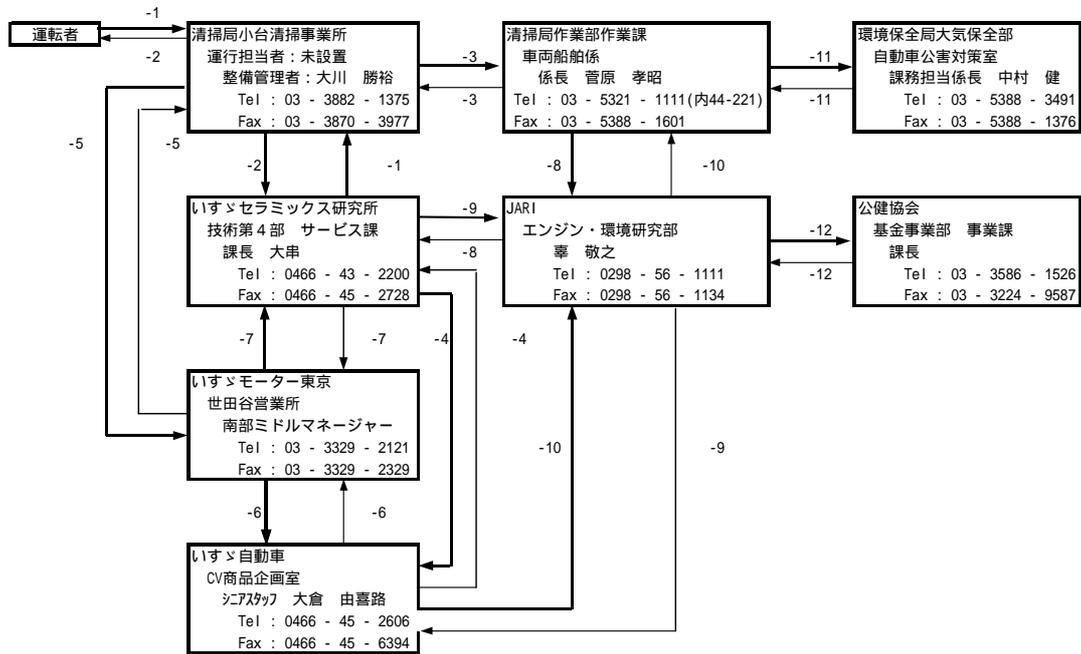


図 3 - 2 - 10 自治体 A の連絡体制

自治体 B  
 : 連絡  
 : 対応, 確認  
 (担当者の敬称略)

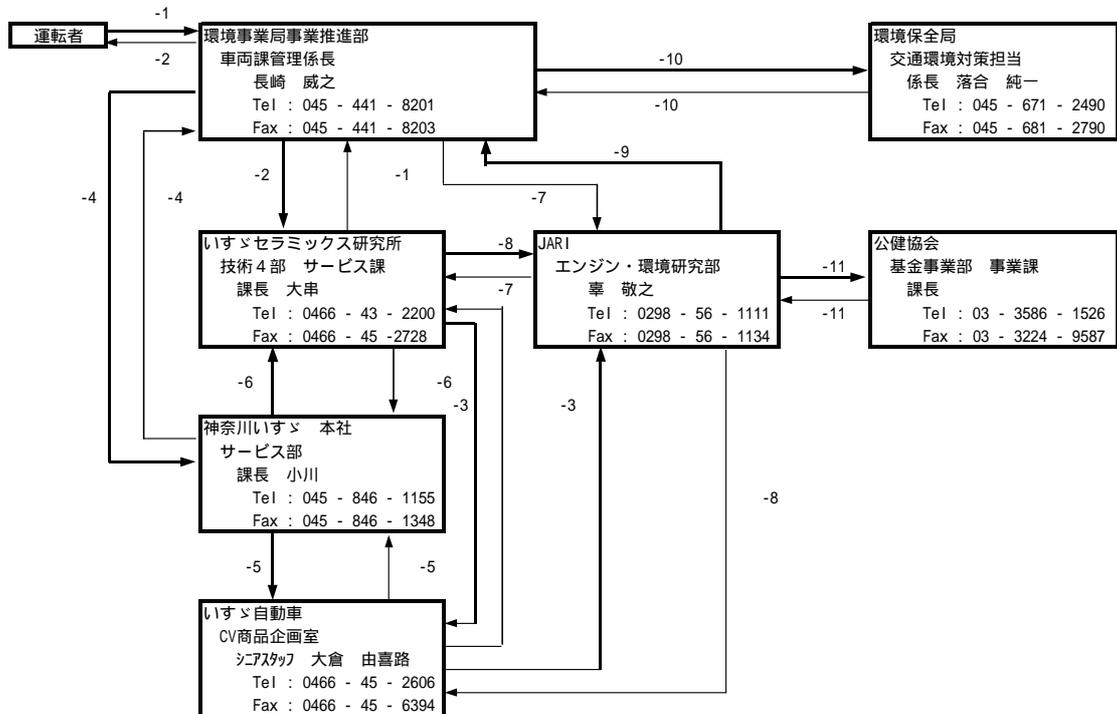


図 3 - 2 - 11 自治体 B の連絡体制

自治体 C  
 : 連絡  
 : 対応, 確認  
 (担当者の敬称略)

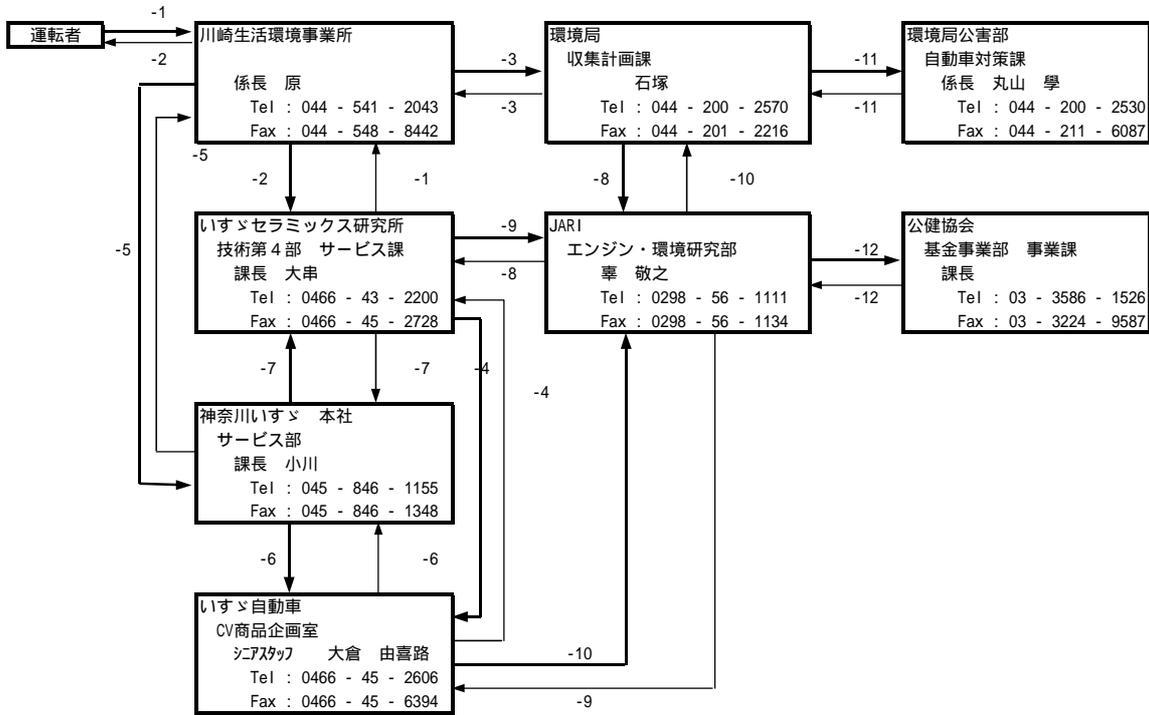


図3 - 2 - 12 自治体Cの連絡体制

自治体 D  
 : 連絡  
 : 対応, 確認  
 (担当者の敬称略)

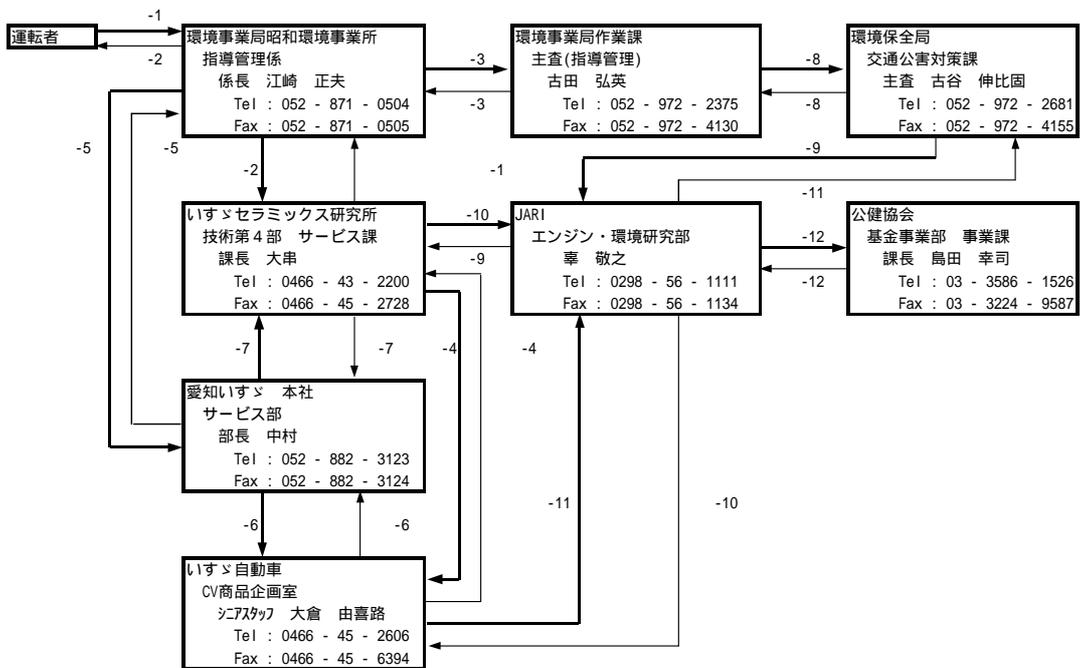


図3 - 2 - 13 自治体Dの連絡体制



DPF装着による車両性能への影響調査

a)燃費への影響

DPFシステムを装着することで排気系統の圧力が変化し、燃費に影響をおよぼすことが懸念されている。燃費への影響を調査するために、自治体ごとに月間の走行距離と燃料供給量から燃費を算出した。比較のために同一仕様でDPFを装着していない車両の燃費も測定した。

図3-2-15に自治体A車の燃費を示す。平成11年7月から11月までのDPF装着車は6,248km走行し、燃料消費量は1,538 lで平均燃費は4.06km/lであった。それに対してDPF非装着車は7,678km走行し、1,939 lを給油して平均燃費は3.96km/lであった。DPF装着車の方が2.5%の燃費向上を示した。

図3-2-16に自治体B車の燃費を示す。自治体A車と同じ2トン積みの車両である。平成11年8月から平成12年3月までのDPF装着車は13,717 km走行し、燃料消費量は3,125 lで平均燃費は4.39km/lであった。それに対して同一車両のDPF

非装着時(平成10年度)の平均燃費は4.38km/lでDPF装着の燃費への影響はないといえる結果を示した。

図3-2-17に自治体C車の燃費を示す。積載量が2.5トンで基本車両も自治体A車、自治体B車と異なり大型である。平成11年4月から平成12年2月までのDPF装着車は9,767km走行し、燃料消費量は4,053 lで平均燃費は2.41km/lであった。それに対してDPF非装着車は7,790km走行し、3,062 lを給油して平均燃費は2.54km/lであった。DPF装着車の方が5.1%の燃費悪化を示した。10月以降は使用場所の変更もあり、燃費が向上する傾向を示している。

図3-2-18に自治体D車の燃費を示す。積載量が3.35トンで5台の供試車両中最大の積載量である。基本車両は自治体C車と同一である。平成11年11月から平成12年3月までのDPF装着車は9,999km走行し、燃料消費量は2,505 lで平均燃費は3.99km/lであった。それに対してDPF非装着車は3台の合計が29,601km走行し、8,300 lを給油

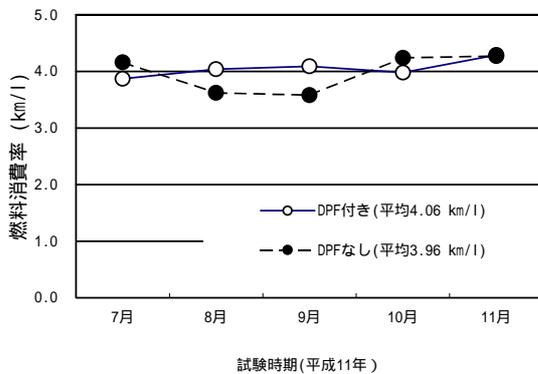


図3-2-15 自治体A車の燃費

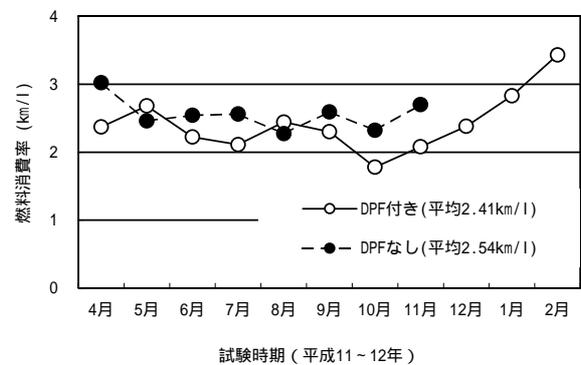


図3-2-17 自治体C車の燃費

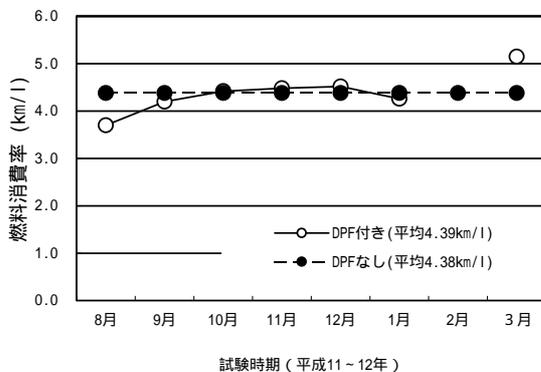


図3-2-16 自治体B車の燃費

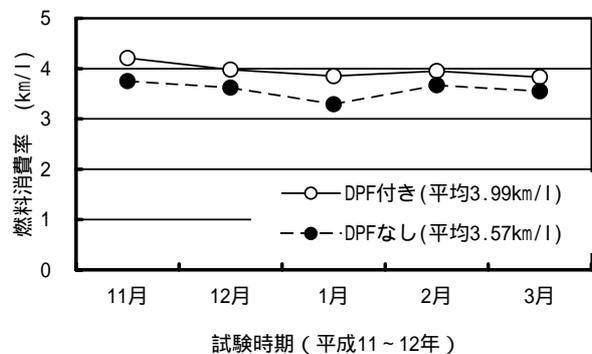


図3-2-18 自治体D車の燃費

して平均燃費は3.57km/lであった。DPF装着車の方が11.8%良好な燃費を示した。自治体Dの場合は各車両ごとに運転者が特定されているのであるが、DPF装着車の運転者の操作の影響が燃費の差に現れていると考えられる。

図3-2-19に自治体E車の燃費を示す。積載量は2トンで基本車両は自治体A車、自治体B車と同一である。平成11年7月から11月までのDPF装着車は6,261km走行し、燃料消費量は1,698 lで平均燃費は3.69km/lであった。それに対してDPF非装着車は6,301km走行し、1,709 lを給油して平均燃費は3.69km/lであった。DPF装着車の方が11.8%良好な燃費を示した。

図3-2-20に5自治体の塵芥車の燃費比較を示す。DPF装着車と非装着車では燃費の大きな変化はなく、DPF装着による燃費への影響はほとんどないといえる。一方、自治体Dと自治体Cの車

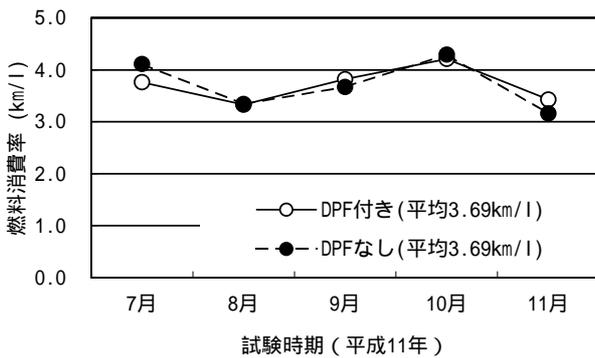


図3-2-19 自治体E車の燃費

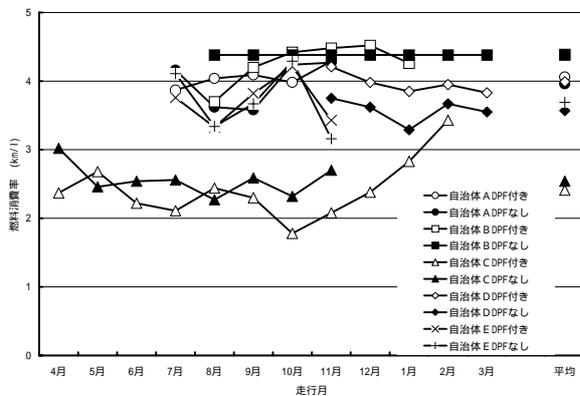


図3-2-20 塵芥車の燃費比較 (DPF付きvs DPFなし)

両は基本的には同一車両であるが、積載量は自治体D車の方が大きく、負荷が高いにも関わらずDPF装着車の燃費では自治体D車の方が1.5km/l程度良好な燃費を示した。DPFは車両性能に影響をおよぼさないように設計されているので、燃費に現れる影響はDPFの有無よりも地区によって異なる走行および作業形態の方が大きいのではないと思われる。また、自治体DのDPF装着車の燃費は非装着車に比べて良好な結果を示しているが、これは運転者の操作の違いが影響していると思われる。

b)排気煙排出濃度への影響

塵芥車の実証試験においては燃費の他に黒煙排出濃度を測定した。しかし、DPF装着後は排気煙排出濃度測定を実施しても、スモークメータの指示値はゼロでほとんど排気煙が排出されないことから、一部の自治体で測定した。

図3-2-21に自治体D車におけるフリーアクセル法での排気煙排出濃度の結果を示す。排気煙排出濃度測定は試験法にしたがって実施されるので、DPF装着車と非装着車が同一仕様の別車両であっても、燃費測定時のようにそれぞれの運転者の操作の違いは影響しない。DPF装着車の排気煙排出濃度は非装着車に比べて大幅に低減している。装着車の排気煙浄化性能は測定する回を追って向上し、スモークメータでは測定出来ない。また、目視でも排気煙は確認できない。DPFによる排気煙除去率は90%以上であるから、スモークメータでの測定は困難である。

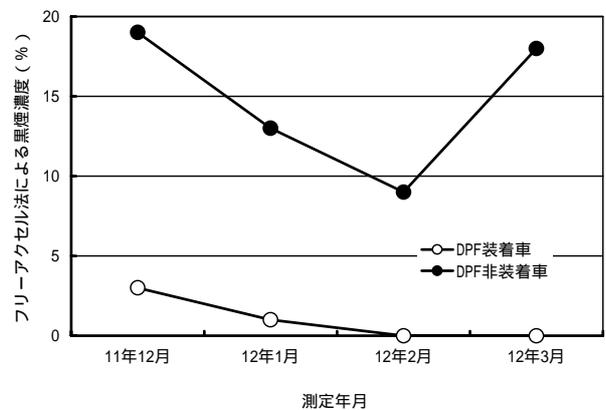


図3-2-21 自治体D車の排気煙浄化性能

c) 使用者の評価

DPF装着車に関する使用者側の評価を整理するためにアンケート調査を行った。アンケート内容は表3-2-3に示したが、DPFの価格は依然として高いとの意見が大勢を占めている反面、機能および性能に対する満足度は高く、必要性も高いことが明らかでDPFが広く使用される基盤は形成されつつあることが分かった。アンケートは使用者側に対して実施したが、周辺住民に対する意見聴取もDPFの評価を把握するには必要であると思われる。

PMおよび排出ガスの排出量調査

a) 自動車メーカー製DPFシステムの概要

塵芥車の実証試験は、A, B, C, D, Eの5自治体が参加した。いずれの自治体も路線バスでの実証試験に参加しており、DPFに関して深い関心を有している。

装着するDPFシステムは1種類であることから、塵芥車も同一メーカーの車両となり装着作業は車両が決定した自治体から順番に装着し、10月末の自治体Dで装着が完了した。塵芥車は自治体毎に荷台（パレット）の架装状況が異なるので、DPF本体および周辺機器類の配置はそれぞれ異なる。パレットが上げられる自治体B車と自治体E車の方が装着作業は容易であると考えられる。また、同一車種であっても自治体毎の作業内容の違いから、前後車軸間の空間に差があるので、5自治体におけるDPFシステムの装着状態は全て異なり、使用過程車への装着作業が困難であることが明らかである。なお、装着する車両の選定は自治体が行った。

排出ガスおよびPMの排出量測定には、5台の中から自治体Bおよび自治体Cの2台の塵芥車を供試車両とした。自治体B車は2トン積み、自治体C車は2.5トン積みで、いずれも一般的な塵芥車であるが、基準の車両が異なり自治体C車の方が大きい。なお、自治体C車は平成10年度の供試車両Dと同一車両である。

供試車両のうち2トン積み塵芥車は自治体A, B, Eが所有しているが、自治体Aは自治体所有の設備で測定可能であること、および自治体Eは遠方でシャシダイナモメータ台上試験は通常業務に支障を来すので、自治体Bの塵芥車で測定する

ことにし、推進検討委員会の承認を受けた。

試験モードはD-13と過渡走行モード（JARI一般道、高速道、塵芥車）で塵芥車モードはJARI所有の塵芥車モード以外に自治体BとC所有のモードも追加して行った。

自治体BとCの塵芥車モードは、それぞれの自治体が所有するモードで収集作業中と収集後に集積場まで輸送するモードに分かれている。収集作業時のモードは極低速である。

b) D-13モード試験

自治体C車のシャシダイナモメータ台上試験の結果を図3-2-22に示す。PMの排出量は0.2g/kWhで平均規制値の28%であり十分低い値となっている。NOxの排出量は6.8g/kWhと平均規制値をやや上回っているが上限規制値以下である。DPFを装着してもNOxの排出には大きな影響をおよぼさないため、供試車両は始めからNOxの排出が多かったと思われる。

自治体B車の結果を図3-2-23に示す。装着したDPFシステムの構造は自治体C車と基本的に同一であるが車両の大きさが異なる。PM排出量は0.54g/kWhで平均規制値の77%と高い値になった。試験中に前側のDPFから排出ガスの漏洩が確認されたため、後方のDPFだけで捕集・再生を繰り返して試験を継続した。そのため、フィルタの特性を考慮すると今回の試験では本来の機能を満足していなかったと考えられる。

自治体Cの塵芥車は平成10年度末（平成11年3月）にDPFを装着してから、3回にわたりシャシダイナモメータ台上試験を行い、経時変化を確認するデータを得た。1回目からの変化率を図3-

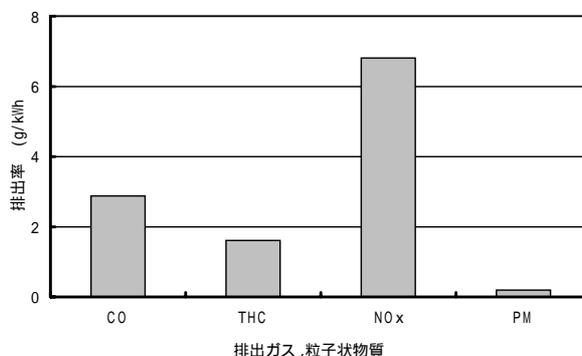


図3-2-22 D-13モード試験結果（自治体C車）

2 - 24示す。装着後約12,000kmの走行ではCOに増加傾向が見られるが、その他には大きな変化は見られない。PMの浄化性能は安定しているといえる。途中に車両の定期点検整備が入ったがDPFの清掃等は行わず、経時変化調査のためにそのまま実証試験を継続した。

本調査で塵芥車に装着したDPFシステムは周辺

部品の故障等による異常は発生したが、DPF本体の劣化等による性能低下は12,000km程度では問題ないといえる。

c)一般道、高速道、塵芥車走行モード

シャシダイナモメータ台上試験での各走行モードにおける自治体C車のPM排出量とTHC, CO, NOxの排出量を図3 - 2 - 25, 図3 - 2 - 26に示す。

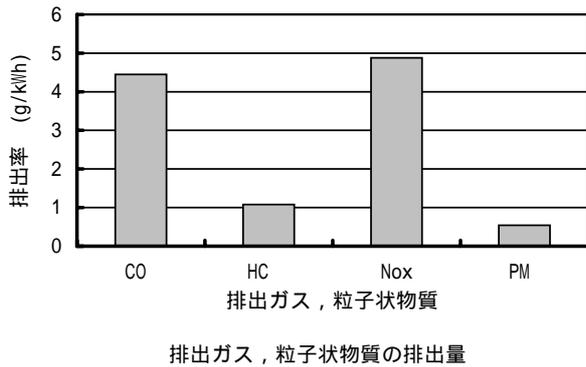


図3 - 2 - 23 D-13モード試験結果 (自治体B車)

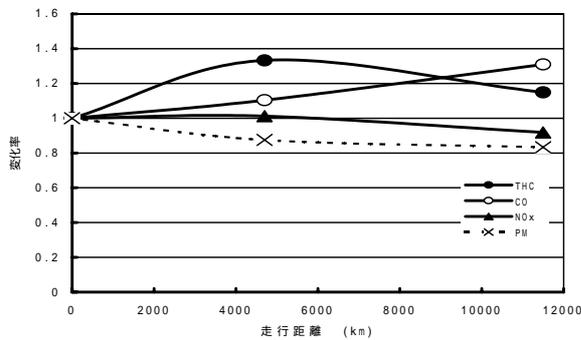


図3 - 2 - 24 自動車メーカー製DPFの経時変化 (自治体C車)

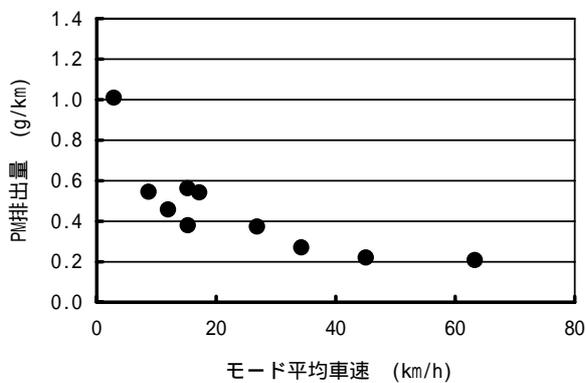


図3 - 2 - 25 自動車メーカー製DPFのPM排出量 (自治体C車)

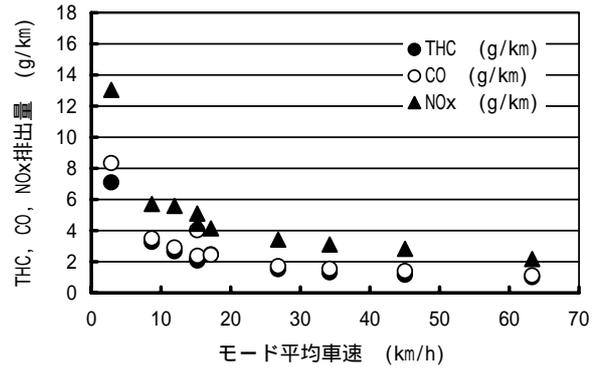


図3 - 2 - 26 自動車メーカー製DPFの排出ガス排出量(自治体C車)

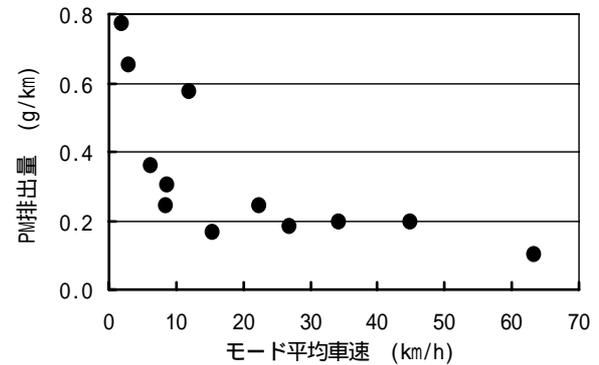


図3 - 2 - 27 自動車メーカー製DPFのPM排出量 (自治体B車)

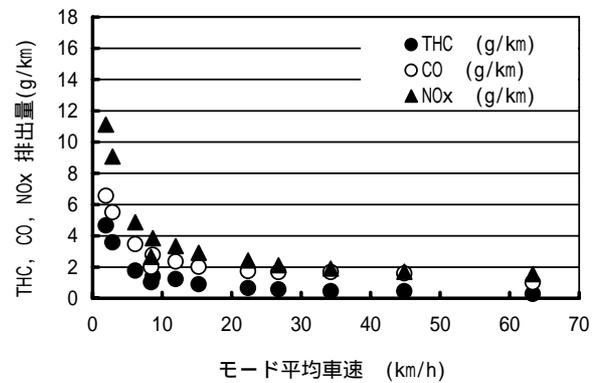


図3 - 2 - 28 自動車メーカー製DPFの排出ガス排出量(自治体B車)

モード平均車速が高くなるにしたがい1km当たりのPMおよび排出ガスの排出量が低減する傾向は他のシステムと同様である。モード平均速度が最も低い塵芥車モードでは排出量が多く、作業中は歩く程度の速度で移動する塵芥車は1km当たりのPM排出量、排出ガス量が多くなっている。

同様に自治体B車のPM排出量とTHC、CO、NOxの排出量を図3-2-27、図3-2-28に示す。モード平均車速と1km当たりの排出量の関係は自治体C車と同様である。PMおよび排出ガスの1km当たりの排出量は自治体C車より少ない。

#### 研究成果

平成11年度は平成10年度末に自治体Cの塵芥車に装着したDPFシステムを、自治体A、B、D、Eの塵芥車に各1台ずつ装着して実証試験を行った。

DPFシステムはセラミック繊維の不織布による深層濾過方式で電気ヒータ再生であるが、順調に試験が行われた。5台の供試車両のうち自治体Cと自治体Bの塵芥車についてはシャシダイナモメータ台上試験によるPMおよび排出ガスの排出量調査を行い、現行の規制値をクリアする性能であることが確認された。自治体B車でシャシダイナモメータ台上試験中にDPFの作動不良が発生したが、実証試験でも発生する可能性があり継続した調査が必要と思われる。

異常発生は運転席に配置した異常ランプの点灯で確認されたが、システム異常の内容確認から復帰へのメーカーの対応は迅速で問題なかった。しかし、DPF装着車両が増加した場合、1社での異常対応は困難であるから、系列の自動車メーカーのディーラ網を活用できるように体制を整備する必要がある。また、供試車両は同一自動車メーカーの車両であったので対応することは容易であったが、別メーカーの車両が含まれた場合は体制が複雑になる。実用化のためにはメーカーを越えた体制の構築が必要であることが明らかになった。そのためにはデータの開示等が必要になる。

DPFに関する関係者の評価は高く、塵芥収集作業の従事者にも黒煙が排出されないことに対する満足感が十分に高いことがアンケート調査からも明らかになった。実証試験によって作業現場でもDPFの評価が上昇したと考えられる。

#### 今後の課題

5自治体の塵芥車に装着して実証試験を行った結

果、自動車メーカーのDPFシステムは耐久性・信頼性の高いシステムであることが明らかになった。しかし、現在は車両数が少ないのでメーカーの対応が隔々まで行き届く状態であるが、今後車両数が増加したときのメンテナンス体制を確立しておく必要がある。

塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPFシステムが2年間に構築され、性能も問題ないといえる状況で5自治体での実証試験が継続されている。実証試験の結果から汎用性向上の目的は達成されたといえる。

今回のDPFは1システムで装着する車両についても2車種だけであり、自治体も5カ所と限定された範囲での対応であった。そのため、異常事態発生時には迅速にメーカーが行動して、日常業務に支障を来さない範囲で対応することができた。しかし、システムおよび車両の種類が今後増加する場合のメンテナンス体制は、1社の数人で対応することは不可能になるので自動車メーカーのディーラ網を活用する体制作りが急務となる。

平成12年度以降には自治体が評価試験を継続するので塵芥車の運行地域周辺の住民に対するDPF評価の調査を行い、広範囲の評価としてまとめることが必要であると考えられる。

## - 4 汎用性向上型及び自動車 メーカー製DPFシステムの 課題

### 1 . 汎用性向上型DPFシステム

#### (1) 平成9年度調査

- a)平成9年度調査では、供試車両の平ボディー車に装着出来るDPFシステムを第1次汎用性向上型DPFシステムとした。そのシステムの開発目標は、PMおよび黒煙の排出量に対する低減目標値ではなく、供試車両に装着出来る寸法・構造でDPFの機能を満足することとし、シャシダイナモメータ台上試験の結果から多種多様なディーゼル車両にも適用出来る汎用性向上型DPFシステムとしては、その第一段階の目標を達成した。しかし、対象となる車両は数多く汎用性の基準を検討しなければならない。
- b)事業開始時には、路線バスと同様に走行形態が定型的で定期的な保守管理が行われている各自治体の塵芥車を想定したが、それ以外の車両も調査して協力自治体との対象車両の検討が必要である。
- c)今後は、PMおよび黒煙の排出量に対して具体的な低減目標値を設定することが制御を含めたシステム設計に必要であるが、目標値をどの試験モードで設定するか検討しなければならない。PMについては、定常走行モードではなく過渡走行モードで評価することが必要であると思われる。
- d)供試車両にDPFシステムを装着して行ったモード試験において、THC,COの排出量が増加する傾向が確認された。この結果から、第2次汎用性向上型DPFシステムでは排出ガス低減対策を施さなければならない。具体的には酸化触媒の配置を検討するが平成9年度で触媒仕様の検討を行い、その効

果は平成10年度に調査する計画である。

触媒の使用は、再生方式の拡大につながり排出ガスの浄化だけではなく触媒燃焼方式等による自己再生方式の可能性が得られればDPFシステムの小型軽量化、システムの簡素化等の課題に対してフルフロータイプのDPFシステムを検討する場合の指標が得られる。しかし、その一方で自己再生のためには高温の排出ガスの供給が不可欠でDPFシステムだけではなくエンジンを含んだ最適制御が必要である。

#### (2) 平成10年度調査

- a)平成10年度調査では、平成9年度の第1次汎用性向上型DPFシステムに酸化触媒装置を組み込んで第2次汎用性向上型DPFシステムを構築し評価試験の結果から、その機能を確認することが出来た。しかし、対象となる車両は数多く、ヘアクラック等の外部からは全く確認出来ない問題も生じることから耐久性の基準を検討する事が必要である。
- b)塵芥車用のDPFを希望する自治体が多く、2トン積み塵芥車あるいは4トン積み塵芥車用DPFシステムが必要とされているので開発対象を4トン積み車両にまで拡大して検討する。
- c)今後はPMおよび黒煙の排出量に対して、具体的な低減目標値を設定することが制御を含めたシステム設計に必要であるが、目標値をどの試験モードで設定するか検討しなければならない。PMについては、定常走行モードではなく過渡走行モードで評価することが必要である。
- d)第2次汎用性向上型DPFシステムでは酸化触媒装置を組み込んだが、サルフェート、SO<sub>2</sub>、ASHへの対策を進めることが必要である。
- e)触媒の発熱反応による自己再生方式の可能性が得られれば、DPFシステムの小型軽量化、システムの簡素化等の課題に対してフルフロータイプのDPFシステムを検討する場合の指標が得られる。しかし、その一方で自己再生のためには高温の排出ガスの供給が不可欠でDPFシステムだけではなくエンジンを含んだ最適制御が必要である。

#### (3) 平成11年度

実用化を考慮して耐久性・信頼性の向上を主題とした第3次汎用性向上型DPFシステムは、良好なPM除去

性能を示し、平成16年規制も現状のまま満足できる余裕のあることが明らかになったが、耐久性については未解決な部分もある。しかし、捕集・再生が確実に行われPM規制値に対する余裕度も高いので、実用化に一步踏み出したと考えられる。走行試験を行って耐久性・信頼性を評価すること、およびできる限り小型軽量化を図ることが課題である。

本システムは電気ヒータを使用した再生方式であるため、発電器とバッテリーの容量拡大が必要である。供試車両には冷凍車などの発電器を2台装着できる仕様もあるので、発電容量の拡大は比較的容易であったが、DPFの再生には2kWの電力が必要で、発電器の容量拡大と発電量の高效率制御が必須の条件となる。そのため、車種によっては複数の発電器を装着出来ず、第3次汎用性向上型DPFシステムを装着出来ない車両もでてくる可能性がある。発電システムの開発に関しては自動車メーカーの協力が得られなければ、システムとして成立が危ぶまれることになると思われる。

## 2. 自動車メーカー製DPFシステム

### (1) 平成10年度

- a) 自動車メーカー製DPFシステムは路線バスでの実績に基づいたもので性能は問題ないが、走行状態の異なる塵芥車での耐久性・信頼性に関して未知数の部分がある。今後の自治体での実作業に供することでデータの蓄積を図ることが必要である。
- b) 2トン車用に比べて4トン車用は極めて短期間でシステムが構築された。現状では1社のシステムであるが、このシステムが他の車両に装着できるようになることも汎用性拡大につながるといえる。

### (2) 平成11年度

- a) 塵芥車に装着して実証試験を行った結果、自動車関連メーカーのDPFシステムは、耐久性・信頼性の高いシステムであることが明らかになった。しかし、現在は車両数が少ないのでメーカーの対応が隔々まで行き届く状態であるが、今後車両数が増加したときのメンテナンス体制を確立しておくことが必要である。
- b) 塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPFシス

テムが2年間に構築され、性能も問題ないといえる状況で5自治体での実証試験が継続されている。実証試験の結果から汎用性向上の目的は達成されたといえる。

- c) 今回のDPFは1システムで装着する車両についても2車種だけであり、自治体も5カ所と限定された範囲での対応であった。そのため、異常事態発生時には迅速にメーカーが行動して、日常業務に支障を来さない範囲で対応することができた。しかし、システムおよび車両の種類が今後増加する場合のメンテナンス体制は、1社の数人で対応することは不可能になるので自動車メーカーのディーラー網を活用する体制作りが急務となる。
- d) 平成12年度以降には自治体が評価試験を継続するので、塵芥車の運行地域周辺の住民に対するDPF評価の調査を行い、広範囲の評価としてまとめることが必要であると考えられる。

## - 5 総括

自動車関連メーカー製DPFシステムと第3次汎用性向上型DPFシステムの結果から、大型路線バスに続いて塵芥車を想定した小型・中型トラック用DPFシステムも構築されたといえる。さらに、ディーゼル自動車のPM低減に対する社会的要求が強まっている昨今の状況を考慮すると、今後は大型路線バスおよび小型・中型トラック以外のディーゼル車両（特に大型トラック）等にもDPFシステムの適用拡大に向けて、搭載性、使用モードの変化等を踏まえて汎用性向上についての早急な検討が必要である。

日本国内におけるDPFは、触媒を用いた連続再生方式が主流になるが、これまでのエンジンの開発状況や燃料中の硫黄分低減に向けた石油業界の対応、国内の都市部での走行モードおよびDPF本体の技術上の問題等から、連続再生方式がすぐにも従来型のヒータ等による再生方式を用いたDPFシステムを凌駕することは困難である。そのため、連続再生方式が完成するまでは従来型DPFシステムがそのつなぎ役として重要な役目を果たすことになるので、継続して実績を積み重ねることが必要である。

汎用性拡大の視点から、熱源によって600 以上の温度でフィルタを再生する方法だけでなく連続再生方式についても範囲を拡大して調査することが必要である。特に触媒反応を利用した連続再生方式は国内外のDPFメーカーによって開発・試作が進められている状況であり、小型軽量でメンテナンスフリー、しかも制御系統やヒータ電源のために発電系統の能力拡大などの改造を施す必要がないことから安価になるシステムであるので、DPFの普及を推進するためには短期間に完成を急がなければならない。

## 参考資料，引用文献

### 1.平成9年度DPF関連資料

平成9年度に発表された自動車技術会および米国SAEでのDPF関連のペーパーを以下に示す。

自動車技術会での須藤の発表は，平成8年度に実施した公健協会DPFバス事業の実証試験の報告である。

SAEでは一時期発表件数が減少したが，1998年2月の大会では11編が発表され，Diesel Exhaust Aftertreatment 1998 (SP-1313) としてまとめて出版されている。

#### 1.1 自動車技術会関連

- (1) 五明，松沼，他．路線バス用ディーゼルパーティキュレートフィルタシステムの開発 JSAE 1997年春季大会 9733198 1997年5月
- (2) 須藤，ディーゼルパーティキュレートフィルタシステムを搭載した路線バスの走行調査 JSAE 1997年秋季大会 9739110 1997年10月
- (3) 塩路，他，粒子充填層ディーゼル微粒子トラップの性能および再生 JSAE 1997年秋季大会 9739129 1997年10月
- (4) 小嶋，他，メッシュ多層構造のDPFの開発 JSAE 1997年秋季大会 9739138 1997年10月
- (5) 養老，他，金属多孔体DPFの再生技術の開発 JSAE 1997年秋季大会 9739147 1997年10月

#### 1.2 SAE関連

- (1) K. Yoro, et al., "Diesel Particulate Filter Made of Porous Metal" SAE Paper 980187 (SP-1313) Feb. 1998
- (2) D. S. Park, et al., "Considerations on the Temperature Distribution and Gradient in the Filter During Regeneration in Burner Type Diesel Particulate Trap System (II)" SAE Paper 980188 (SP-1313) Feb. 1998
- (3) P. Hawker, et al., "Effect of a Continuously Regenerating Diesel Particulate Filter on Non-Regulated Emissions and Particle Size Distribution" SAE Paper 980189 (SP-1313) Feb. 1998
- (4) A. F. Romero et al., "Heavy Duty Diesel Engines Emissions Reduction Through Filtering and Catalytic Combustion" SAE Paper 980538 (SP-1313) Feb. 1998
- (5) A. Mayer et al., "VERT: Diesel Nano - Particulate Emissions : Properties and Reduction Strategies" SAE Paper 980539 (SP-1313) Feb. 1998
- (6) L. Montanaro et al., "On the Effects Induced by the Accumulation of Sodium, Iron, and Cerium, on Diesel Soot Filters" SAE Paper 980540 (SP-1313) Feb. 1998
- (7) K. Pattas et al., "The Behavior of Metal DPFs at Low Temperatures in Conjunction with a Cerium Based Additive" SAE Paper 980543 (SP-1313) Feb. 1998
- (8) K. Pattas et al., "Effect of DPF on Particulate Size Distribution Using an Electrical Low Pressure Impactor" SAE Paper 980544 (SP-1313) Feb. 1998
- (9) C. N. Opris and J. H. Johnson "A 2-D Computational Model Describing the Flow and Filtration Characteristics of a Ceramic Diesel Particulate Trap" SAE Paper 980545 (SP-1313) Feb. 1998
- (10) C. N. Opris and J. H. Johnson "A 2-D Computational Model Describing the Heat Transfer, Reaction Kinetics and Regeneration Characteristics of a Ceramic Diesel Particulate Trap" SAE Paper 980546 (SP-1313) Feb. 1998

- (1) J. Dinesen et al., "Electrochemical Diesel Particulate Filter" SAE Paper 980547 (SP-1313) Feb. 1998

### 1.3 その他

- (1) 須藤，フィルタ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ついて 公害健康被害補償予防協会平成8年度環境改善に関する調査研究成果集 1997年9月 P65  
 (2) 須藤，路線バスにおけるディーゼル黒煙除去装置の実用性評価 自動車研究 1997年9月号 P25

## 2.平成10年度DPF関連発表資料

平成10年度に発表された自動車技術会および米国SAEでのDPF関連のペーパーを以下に示す。

### 2.1 自動車技術会関連

- (1) Jacques LEMAIRE, "The use of fuel born catalyst(EOLYS) improves the efficiency of the filters" JSAE 1998年春季大会 1998年5月  
 (2) Wolfgang Singer, "New Dynamic Smoke Measurement Device with High Accuracy" JSAE 1998年春季大会 1998年5月  
 (3) 市川，他．ディーゼルエンジン粒子状物質におけるフィルタ差圧簡易測定法の研究 JSAE 1998年春季大会 9832215 1998年5月  
 (4) 大野，他．SiC-DPFを用いたバス・トラック用ヒータ再生システムの開発 JSAE 1998年秋季大会 9839669 1998年10月  
 (5) 大串，他．セラミック長繊維を用いたディーゼル・パティキュレート・フィルターの開発 JSAE 1998年秋季大会 9839678 1998年10月  
 (6) 平尾，他．金属多孔体ディーゼル・パティキュレート・フィルタの開発 JSAE 1998年秋季大会 9839687 1998年10月  
 (7) 篠崎，他．ディーゼルエンジントラック用酸化触媒の耐久性と評価法について JSAE 1998年秋季大会 9839696 1998年10月

### 2.2 SAE関連

- (1) Paul Zelenka et al., "Towards Securing the Particulate Trap Regeneration: A System Combining a Sintered Metal Filter and Cerium Fuel Additive" SAE Paper 982598 SP-1399 Direct Injection Engines, Emissions, and Aftertreatment Oct. 1998  
 (2) D. E. Hall, et al., "A Study of the Size, Number and Mass Distribution of the Automotive Particulate Emissions from European Light Duty Vehicles" SAE Paper 982600 SP-1399 Direct Injection Engines, Emissions, and Aftertreatment Oct. 1998  
 (3) David Kayes et al., "Investigation of the Dilution Process for Measurement of Particulate Matter from Spark - Ignition Engines" SAE Paper 982601 (SP-1399) Direct Injection Engines, Emissions, and Aftertreatment Oct. 1998  
 (4) D. E. Hall et al., "A Review of Recent Literature Investigating the Measurement of Automotive Particulate; The Relationship with Environmental Aerosol, Air Quality and Health Effects" SAE Paper 982602 SP-1399 Direct Injection Engines, Emissions, and Aftertreatment Oct. 1998  
 (5) Michael P. Walsh "Global Trends in Diesel Emissions Control - A 1999 Update" SAE Paper 1999-01-0107 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999

- (6) Hartmut Luders et al., "Diesel Exhaust Treatment - New Approaches to Ultra Low Emission Diesel Vehicles" SAE Paper 1999-01-0108 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (7) H. Klein et al., "Hydrocarbon DeNOx Catalysis - System Development for Diesel Passenger Cars and Trucks" SAE Paper 1999-01-0109 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (8) P. Richards et al., "Assessment of the Performance of Diesel Particulate Filter Systems with Fuel Additives for Enhanced Regeneration Characteristics" SAE Paper 1999-01-01112 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (9) S. J. Jelles et al., "Diesel Particulate Control. Application of an Activated Particulate Trap in Combination with Fuel Additives at an Low Dose Rate" SAE Paper 1999-01-01113 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (10) Yiannis A. Leventis et al., "Use of Ozone - Enriched Air for Diesel Particulate Trap Regeneration" SAE Paper 1999-01-01114 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar.1999
- (11) Brian Stanmore et al., "The Ignition and Combustion of Cerium Doped Diesel Soot" SAE Paper 1999-01-01115 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar.1999
- (12) Paul Zelenka et al., "Towards Securing the Particulate Trap Regeneration: A System Combining a Sintered Metal Filter and Cerium Fuel Addition" SAE Paper 982598 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (13) A. Mayer et al., "Particulate Traps for Retro-Fitting Construction Site Engines VERT: Final Measurements and Implementation" SAE Paper 1999-01-16 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (14) K. Ohno, et al., " SiC Diesel Particulate Filter Application to Electric Heater System" SAE Paper 1999-01-0464 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (15) Satish B. Gadde et al., " A Computational Model Describing the Performance of a Ceramic Diesel Particulate Trap in Steady-State Operation and Over a Transient Cycle" SAE Paper 1999-01-0465 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (16) C. A. Larsen et al., "Filtration Assessment and Thermal Effects on Aerodynamic Regeneration in Silicon Carbide and Cordierite" SAE Paper 1999-01-0466 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment1999 Mar.1999
- (17) A. f. Romero Lopez et al., "A New Design to Limit the Particulate Matter (PM) Emissions by the Use of a Retro-fit" SAE Paper 1999-01-0467 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (18) A. G. Konstandopoulos et al., "Optimized Filter Design and Selection Criteria for Continuously Regenerating Diesel Particulate Traps" SAE Paper 1999-01-0468 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (19) A. G. Konstandopoulos et al., "Periodically Reversed Flow Regeneration of Diesel Particulate Traps" SAE Paper 1999-01-0469 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (20) A. Eastlake "The Latest Developments in Heavy Duty Vehicle Aftertreatment Testing for Real World Emissions and Fuel Economy" SAE Paper 1999-01-0470 SP-1414 Diesel Exhaust Aftertreatment 1999 Mar. 1999
- (21) Jaime Pagan "Study of Particle Size Distributions Emitted by a Diesel Engine" SAE Paper 1999-01-1141 SP-1427 In-Cylinder Diesel Particulate and NOx Control 1999 Mar. 1999
- (22) B. R. Graskow et al., "Exhaust Partivulate Emission from Two Port Fuel Injected Spark Ignition Engines" SAE Paper 1999-01-1144 SP-1427 In-Cylinder Diesel Particulate and NOx Control 1999

Mar. 1999

- (23) B. R. Graskow et al., "Exhaust Particulate Emission from a Direct Injection Spark Ignition Engine" SAE Paper 1999-01-1145 SP-1427 In-Cylinder Diesel Particulate and NOx Control 1999 Mar. 1999

### 2.3 その他

- (1) 須藤， 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 健康被害予防事業環境改善調査研究レポート Vol.7 平成10年3月
- (2) 辜， ディーゼル排気微粒子除去フィルターシステムの汎用性向上に関する調査 公害健康被害補償予防協会平成9年度環境改善に関する調査研究成果集 平成10年9月 P93
- (3) TTM, A.Mayer "VERT Curtailing emissions of Diesel engines in tunnel sites Results of a 4 year European joint project" VERT Report W11/12/97

### 3.平成11年度DPF関連発表資料

平成11年度に発表された自動車技術会および米国SAEでのDPF関連の論文およびその他DPFに関連する資料を以下に示す．論文の内容は別添の資料集にまとめた．

#### 3.1 自動車技術会関連

- (1) 北原，他．ディーゼル用次世代排気浄化技術の研究 JSAE1999年秋季大会 9941296 1999年10月
- (2) 小淵，他．ディーゼルパティキュレート燃焼促進用触媒の提案 JSAE1999年秋季大会 9941322 1999年10月

#### 3.2 日本機械学会関連

- (1) 辜．排気後処理技術について（DPFシステムの現状と将来）講習会超高効率エンジンを目指す最新エンジン技術と将来動向 日本機械学会 エンジンシステム部門 1999年11月

#### 3.3 SAE関連

- (1) K.F. Brown et al., "Opportunity for Diesel Emission Reduction Using Advanced Catalysts and Water Blend Fuel" SAE Paper 2000-01-0182 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (2) R. K. Miller et al., "Effect of Catalyst Support Structure on Conversion Efficiency" SAE Paper 2000-01-0183 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (3) M. Masoudi et al., "Predicting Pressure Drop of Wall-Flow Diesel Particulate Filters – Theory and Experiment" SAE Paper 2000-01-0184 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (4) K. Ohno et al., "Characterization of SiC-DPF for Passenger Car" SAE Paper 2000-01-0185 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (5) M. Khair et al., "Achieving Heavy-Duty Diesel NOx/PM Levels Below the EPA 2002 Standards—An Integrated Solution" SAE Paper 2000-01-0187 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (6) G. R. Chandler et al., "An Integrated SCR and Continuously Regenerating Trap System to Meet Future NOx and PM Legislation" SAE Paper 2000-01-0188 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (7) J. Gieshoff et al., "Improved SCR Systems for Heavy Duty Applications" SAW Paper 2000-01-0189 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000

- (8) W. R. Miller et al., "The Development of Urea-SCR Technology for US Heavy Duty Trucks" SAE Paper 2000-01-0190 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (9) M. Bouchez et al., "Strategies for the Control of Particulate Trap Regeneration" SAE Paper 2000-01-0472 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (10) O. Salvat et al., "Passenger Car Serial Application of a Particulate Filter System on a Common Rail Direct Injection Diesel Engine" SAE Paper 2000-01-0473 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (11) P. J. Richards et al., "Operating Experience of Diesel Vehicles Equipped with Particulate Filters and Using Fuel Additive" SAE Paper 2000-01-0474 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (12) J. Michelin et al., "Optimized Diesel Particulate Filter System for Diesel Exhaust Aftertreatment" SAE Paper 2000-01-0475 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (13) A. Suresh et al., "An Experimental and Modeling Study of Cordierite Traps – Pressure Drop and Permeability of Clean and Particulate Loaded Traps" SAE Paper 2000-01-0476 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (14) P. Versaevel et al., "Some Empirical Observations on Diesel Particulate Filter Modeling and Comparison between Simulation and Experiments" SAE Paper 2000-01-0477 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (15) H. Christensen et al., "Electrochemical Exhaust Gas Purification" SAE Paper 2000-01-0478 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (16) R. Conway et al., "Development of Emission Control Technology for Urban Bus Retrofit" SAE Paper 2000-01-0479 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (17) R. Allansson et al., "European Experience of High Mileage Durability of Continuously Regenerating Diesel Particulate Filter Technology" SAE Paper 2000-01-0480 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (18) W. Shuyi et al., "Computation and Analyses of Inline Two-Eibers Model for Fibrous Filters with Image Effect" SAE Paper 2000-01-1013 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (19) W. Shuyi et al., "Study of Computer Modeling for Fibrous Filters with Image Effect" SAE Paper 2000-01-1014 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000
- (20) A. G. Konstandopoulos et al., "Fundamental Studies of Diesel Particulate Filters : Transient Loading, Regeneration and Aging" SAE Paper 2000-01-1016 SP-1497 Diesel Exhaust Aftertreatment 2000 Mar. 6-9, 2000

### 3.4 その他

- (1) 葦、「ディーゼル排気微粒子除去フィルターシステムの汎用性向上に関する調査」  
公害健康被害補償予防協会平成10年度環境改善に関する調査研究成果集 平成11年9月
- (2) いすゞ自動車(株)「ディーゼルエンジンDPF さらなるクリーン化に向けて」  
東京都青空フォーラム「DPFシンポジウム 微粒子除去フィルター開発の最前線」平成12年3月
- (3) イビデン(株)「ディーゼル車の黒煙ゼロを実現するイビデンのSiC-DPF」東京都青空フォーラム「DPFシンポジウム 微粒子除去フィルター開発の最前線」平成12年3月
- (4) PSA PEUGEOT CITROEN「ヨーロッパにおけるDPFの現状 プジョー社の狙いとDPFシステム」東京都青空フォーラム「DPFシンポジウム 微粒子除去フィルター開発の最前線」平成12年3月
- (5) エンゲルハードアジアパシフィックインク「ENGELHARD社DPXTM技術とその実績」東京都青空フォーラム「DPF

シンポジウム 微粒子除去フィルター開発の最前線」平成12年3月

- (6) ジョンソン・マッセイ・ジャパン・インコーポレイテッド「CRTTM連続再生式トラップ」東京都青空フォーラム「DPFシンポジウム 微粒子除去フィルター開発の最前線」平成12年3月

#### 4. 黒煙測定法に関する資料

- (1) ディーゼル自動車排気煙濃度試験方法 (TRIAS 24-1972) 新型自動車審査関係基準集 自動車認証制度研究会編 交文社
- (2) 使用過程車の黒煙規制 最新自動車の検査基準 岩田雄著作 鉄道日本社
- (3) 黒煙測定器 自動車検査用機械器具の構造と取扱 運輸省自動車交通局監修 (社)日本自動車機械工具協会編

#### 5. ディーゼル自動車の排出ガスおよびPM排出量に関する資料

- (1) ディーゼル自動車の許容限度設定目標値(平均値)

#### 6. 調査研究実施に関する資料

- (1) 公健協会DPF事業における業務実施上のルール
- (2) 平成11年度推進検討委員会名簿

ディーゼル排気微粒子除去フィルター（DPF）システムの  
汎用性向上に関する調査

---

平成14年3月

発行 / 公害健康被害補償予防協会

〒106-0032 東京都港区六本木4-1-4 黒崎ビル  
電話 / 03-3586-1527

---

印刷・製本 / 日本印刷株式会社



公害健康被害補償予防協会