

報告

黒煙除去装置 (DPF) の大型ディーゼル車への適用

福岡 三 郎 横 田 久 司 竹 永 裕 二  
 飯 田 靖 雄 舟 島 正 直 清 宮 隆 治  
 梅 原 秀 夫 吉 村 睦 男 (現環境管理部)  
 (現東京都畜産試験場)

1 はじめに

ディーゼル車から排出される黒煙の規制が強化されるなか、セラミックフィルターによる黒煙の低減処理が有効な対策手法として実用化されようとしている。環境科学研究所でもこのセラミックフィルターによるディーゼル黒煙低減技術検討に積極的に取り組んできた。過去、ディーゼル乗用車黒煙低減手法としては、ベンツ社の触媒式黒煙除去装置の実車路上耐久試験並びに排出ガス試験による検討を行い、小型貨物車 (小型ごみ収集車) の黒煙低減手法としては、電気ヒーター式ディーゼル・パチキュレート・フィルター (以下DPFと記す) のエンジンダイナモメータによる検討を行ってきた<sup>2)</sup>。その結果、エンジン使用条件の過酷な貨物車等における黒煙低減手法としては、強制着火式のシステムが有効であることが分かった。

このような研究成果を踏まえて、環境科学研究所では次のステップとして、平成4年度エンジンダイナモメータ実験で好結果を得た電気ヒーター式DPFを大型ディーゼル車に適用し、排出ガス試験、路上走行試験を行いその実用性を検証したので報告する。

2 試験内容与方法

(1) 適用装置と車両

ア 適用DPFの概要

適用したDPFは、日本ドナルドソン(株)製デュアルタイプの装置で、その主な仕様を表1にまた、系統図を図1に示す。このシステムの主な特徴は、①デュアルタイプであるので、黒煙捕集と再生の行程を2本のフィルターが交互に行い、走行中のフィルター再生ができること、②フィルターの黒煙捕集状況を検知し、電気ヒーターによる捕集黒煙の着火再生を自動的に行うこと、③再生システムに異常が発生し、フィルター目詰まりが生じた場合、リリーフバルブが開き走行に支障を来すことがない

表1 DPF装置仕様

| 項目      | 仕様                                |
|---------|-----------------------------------|
| 型式      | デュアルタイプ                           |
| フィルター容量 | 17ℓ                               |
| フィルター材質 | NGK DHC221 100cpi                 |
| システム電源  | 12V DC                            |
| ヒーター    | 24V DC 3.6kw                      |
| 再生方式    | 自動再生                              |
| コントローラ  | 8bit CPU アナログ/デジタル各8ch            |
| リリーフバルブ | 開放圧力 2400 -4800mmH <sub>2</sub> O |

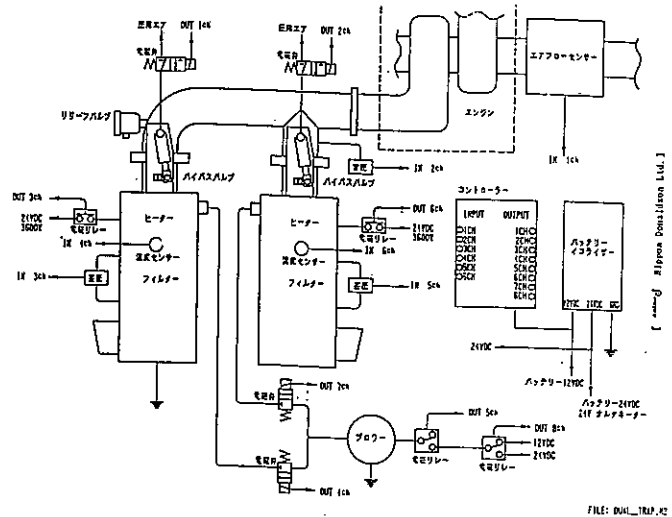


図1 DPFシステム系統図

こと、の3点である。黒煙捕集状況検知のために、吸入空気量、排出ガス温度、排圧 (差圧) を測定し、その測定結果からコントローラが再生のタイミングの判断を行い、ヒーター通電、フィルター入口電磁バルブの開閉のための指令を出す仕組みとなっている。

イ 適用した車両

DPFを適用した車両は、路線バスを改造した検査測定車で、その主要諸元を表2に示す。適用車両のエンジ

表2 適用車両諸元

| 項目                   | 仕様                |
|----------------------|-------------------|
| 用途                   | 特種車（検査測定車）        |
| 燃焼室型式                | 予燃焼式              |
| NO <sub>x</sub> 規制年次 | 昭和54年             |
| 排気量                  | 10300 cc          |
| 最高出力                 | 205 ps / 2500 rpm |
| ミッション                | 5 M/T             |
| 車両重量                 | 8800 kg           |
| 初度登録                 | 昭和53年9月           |
| 走行距離                 | 49924 km          |

ンの左下にDPFフィルター部を装着し、コントローラ部は車両後部座席に配置した。DPFの装着状況を写真に示す。

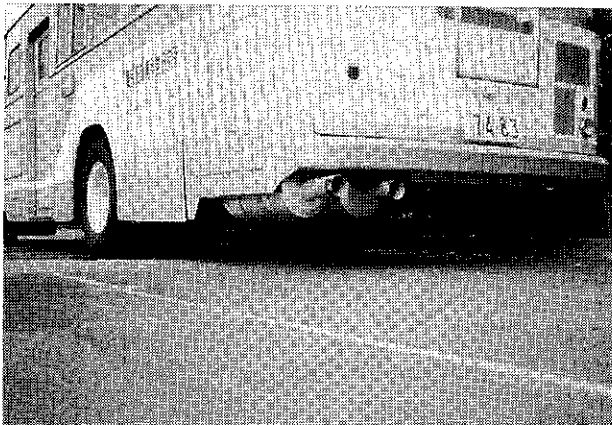


写真 DPFを装着した車両

本システムでは、電気ヒーター、ブロワなど電気機器を使用し、既存の電源では容量がたりないので、バス用バッテリー1個を増設するとともに、オルタネータを大容量（24V、200A）の型と交換した。

DPF装着後近接排気騒音、DPF装置表面温度分布などの測定を行ったあと、車両の改造申請等所要の手続きを経て、継続車検証の交付を受けた。

(2) 試験内容

ア シャシダイナモメータ試験

DPF搭載車両（以下試験車という）をシャシダイナモメータ上に乗せ、DPFシステムの評価を行った。

ア) フィルター再生時のDPF装置表面の温度分布測定

① 測定点配置：表3に示す。

表3 DPF装置表面温度測定点一覧表

| No. | 区分         | 測定点      |
|-----|------------|----------|
| 1   | トラップ入口部排気管 |          |
| 2   | トラップ1      | フィルター内部  |
| 3   |            | 装置下面（断熱） |
| 4   |            | 同上（断熱外）  |
| 5   | トラップ2      | フィルター内部  |
| 6   |            | 装置下面（断熱） |
| 7   |            | 同上（断熱外）  |
| 8   | 車両ボディ      | 車体-DPF間隙 |
| 9   |            | 車両車体鉄板下  |
| 10  | 実験室床       |          |

② 温度記録計：PANTOS自動平衡記録計U-1249、感温素子クロメルアルメル

③ 運転条件：速度60km/h、4速、走行抵抗350kgf、走行80分でフィルター再生

イ) 黒煙堆積の汚染物資排出状況に及ぼす影響試験

① 測定項目：NO<sub>x</sub>、CO、HC、CO<sub>2</sub>（燃費）

② 走行条件：60km/h

ウ) 実走行モードによる排出ガス試験

① 測定項目：NO<sub>x</sub>、CO、HC、CO<sub>2</sub>、（燃費）、粒子状物質（PM）

② 走行条件：東京都実走行パターンNo.2、5、8

③ DPF条件：有り、無しの2条件

イ) 路上走行試験

継続車検取得後、試験車の路上走行試験を行った。走行コースは、国道357線（湾岸道路）夢の島⇒13号地約6.5kmで、走行試験中フィルター再生状況のチェック

並びに吸入空気量、排圧（差圧）、排出ガス温度測定データを記録した。

### 3 試験結果からのDPFの評価

#### 1) シャシダイナモメータ試験結果からの評価

##### ア フィルター再生時のDPF装置表面温度

フィルター再生時のDPF装置表面温度分布を図2に

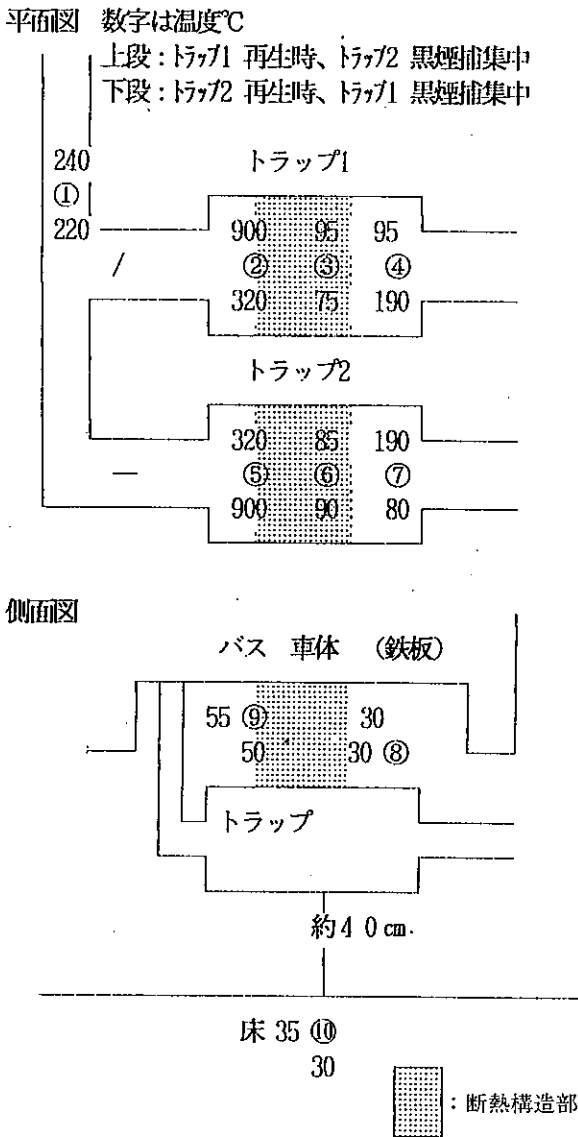


図2 DPF装置表面温度分布図

示す。再生時フィルター内部温度は800~900℃に達するが、その時DPF表面温度は85~95℃である。それに対し非再生時（排出ガス処理中）の表面温度は190℃である（断熱構造部はこの場合でも75~85℃）。このようにヒーター加熱中よりも通常の排出ガス通過中の方が温度が高いのは、熱容量の差によるものと思われる。また、

ヒーター加熱時に試験車車体や床面の表面温度が異常に高くなることもなく、本DPFシステムが熱的に安全であることを確認した。

##### イ 黒煙堆積の汚染物質排出に及ぼす影響

図3にシャシダイナモメータ上で試験車を60km/hで400分連続運転した時のNO<sub>x</sub>、CO、HC、燃費の初期値

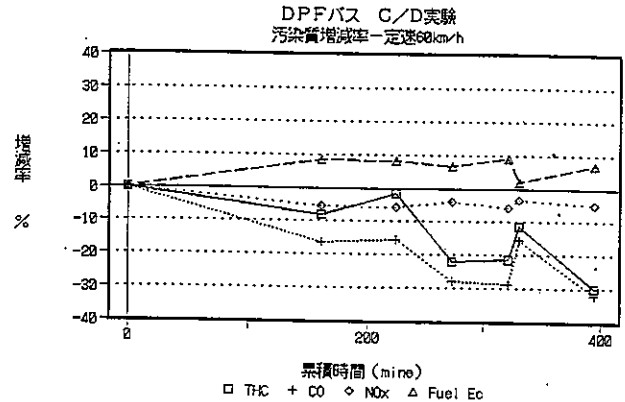


図3 D.P.F.試験車運転累積時間と汚染物質

に比べた増減率変化を示す。図3に見るとおり、燃費は時間の経過即ちDPFに黒煙が堆積されるに従って悪化しているが、その増加率は最大でも10%程度である。汚染物質は、燃費とは逆に時間の経過と共に減少している。特にCO、HCの低減率が大きく、実験開始後300分後に30%近い低減率になっている。HCが黒煙の堆積とともに減少するのは、HCの一部成分の凝縮と捕集されたカーボンの吸着等によるとされている<sup>3)</sup>。また、NO<sub>x</sub>の低減は、排圧増加に伴う燃焼温度の低下と思われる。COは本来は排出量が増加する<sup>3)</sup>とされているが、この実験では排出量は減少しており、その原因は今のところ分からない。

##### ウ 実走行パターンにおけるDPF性能評価

次にDPF装着が実走行パターンにおいて、汚染物質排出状況にどのように影響を与えているかを検討した。図4はDPF有り無しの場合におけるPMの排出量を比較したものである。DPFを装着することによりPMが80%以上捕集されていることが分かる。特に平均車速が早いNo.8において捕集効率が良い。

また、図5~7は、同じくNO<sub>x</sub>、CO、HCについて比較したものである。HCについては、60km/hの定速連続運転の場合同様DPF装着によって排出量が13~20%低減している。NO<sub>x</sub>とCOについてはDPF装着による影響はそれほどみられない。

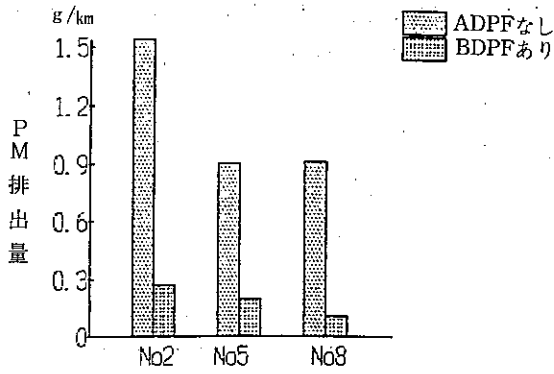


図4 DPF有無におけるPM排出量比較

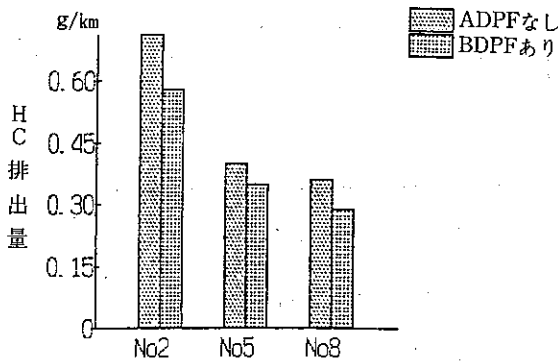


図5 DPF有無におけるHC排出量比較

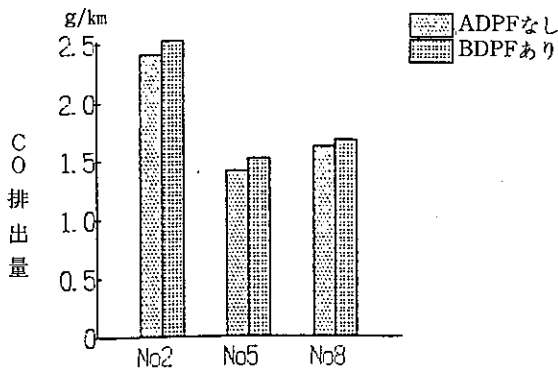


図6 DPF有無におけるCO排出量比較

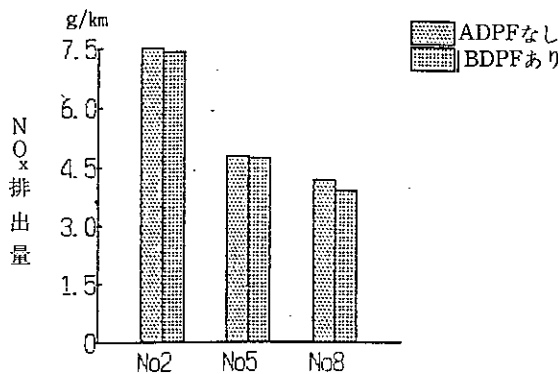


図7 DPF有無におけるNOx排出量比較

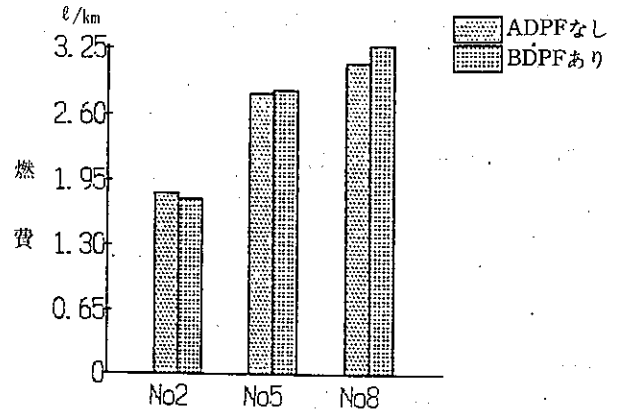


図8 DPF有無における燃費比較

る。どのような黒煙の堆積状況の時、試験を行ったかによって燃費への影響が違ってくるので、厳密な比較は出来ないが、DPF装着後直ぐに試験をしたNo2では、DPF有りの方がやや燃費が悪かったが、一般的には燃費はそれ程変わらない結果となっている。

2) 路上走行試験からの評価

前述の試験コースを5日間、約600kmの試験走行を行った。路上走行中の吸入空気量、排圧、排出ガス温度

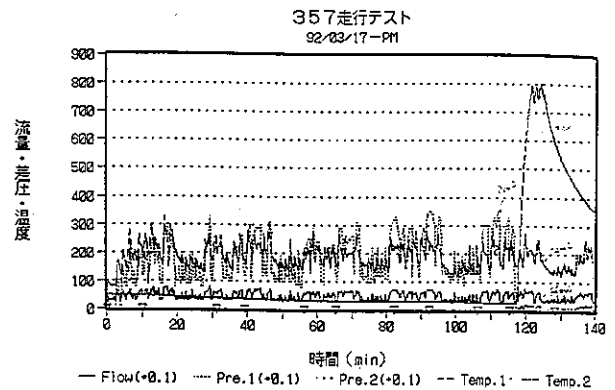


図9 路上走行試験における流量・差圧・温度測定結果

の代表的な変化パターンを図9に示す。再生時フィルター内温度は800℃程度まで上昇し、ブロー送風による燃焼拡大を含めて、15分程度で再生は終了する。

平均的な再生から再生までのインターバルは、155分、走行距離にして63km (平均車速24.4km) であった。この結果は、ニューヨーク市バスの平均的再生時間222分)に比べるとやや短い時間である。この違いは、エンジン種別、それに伴う排出ガス性状の違い (SOF成分

さらに、図8は燃費について同様に比較したものであ

の割合等)、走行条件の違いによることと今回の路上走行試験を行うにあたり、フィルター再生条件（黒煙捕集負荷量：差圧、吸入空気量、排出ガス温度測定値から計算される無次元値“K”）を最小にしたことに起因していると思われる。

この“K”値を小さい値に設定しておく、再生インターバルが極端に短い周期で行われることがある。これは黒煙捕集負荷量を小さく設定し、捕集された黒煙が少ないために、燃焼が全体に伝播しにくく下流側フィルターにすすの一部が残留することに起因する。このままの状態では次の黒煙捕集工程に入ると、下流側フィルターに残留したすすが排圧を高め、ヒーター付近のすす捕集量が適正值に達する前に“K”値が再生必要条件を満たしてしまい、短い捕集時間で次の再生工程が始まることとなる。このようなことを繰り返しているうちに、図10に示すように下流側フィルターの残留すすが増加することとなり、ますます捕集時間が短くなる悪循環におちいる。

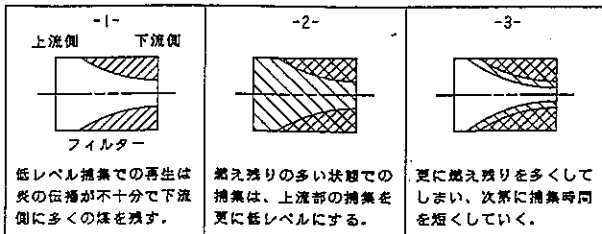


図10 DPF再生不良時のすす捕集状況図

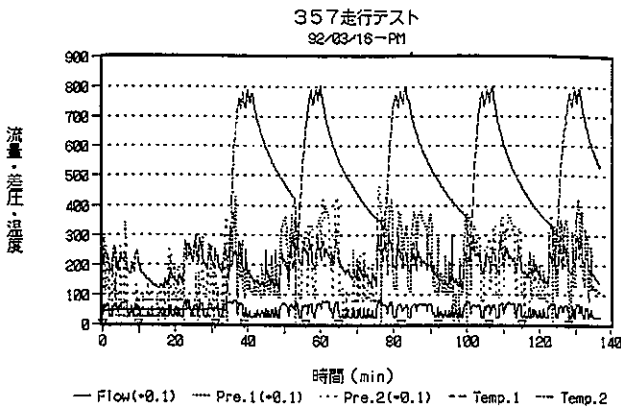


図11 再生不良時の流量・差圧・温度測定結果

本試験車の路上走行試験においても、図11に示すように上記の現象が発生したが、“K”値を大きくすること

により再生インターバルが通常の周期に復した。

このような再生不良現象を発生させないためには、DPFを取り付けた車両のエンジンの排出ガス特性（粒子状物質の定性的、定量的特性）や車両の走行特性に適合した“K”値をあらかじめ検討しておく必要がある。

#### 4 おわりに

デュアルタイプの電気ヒーター式DPFを大型ディーゼル車に適用したところ、粒子状物質は、80%以上捕集する一方、装置による他の汚染物質に与える影響は軽微で、燃費悪化も実走行ではそれ程なく、十分実用に供し得る。また、路上走行試験を行った結果では、車両の排出ガス特性や走行特性にマッチした黒煙捕集負荷量を設定することが重要であることが分かった。

今後は、さらにエンジン使用条件の厳しい大型ディーゼルトラックへの適用を検討する必要がある。

本調査を行うにあたり、種々ご指導、ご協力をいただきました、日本ドナルドソン（株）技術部山本豊氏に、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 中村 健ら：ベンツ社製TOの再生実験について、東京都環境科学研究所年報1991、P.10～16.
- 2) 飯田靖雄ら：ディーゼル黒煙除去フィルターの性能 東京都環境科学研究所年報1991-2、P.32～38.
- 3) A.Mastunuma :Status of Particulate Trap System for a Heavy Duty Diesel Truck, SAE PAPER 910132.
- 4) W.Norwich :Particulate Trap Tecnology Demonstration at New York City Transit Authority, SAE PAPER 920138.