

路上走行時におけるDPFの挙動について

竹 永 裕 二 福 岡 三 郎 横 田 久 司
 飯 田 靖 雄 舟 島 正 直 坂 西 丕 昌
 梅 原 秀 夫 (囑託員)

1 はじめに

ディーゼル車から排出される粒子状物質（以下PMと記す。）の規制は、近年強化される方向にある。しかし、ディーゼル機関では、いまだ燃焼過程においてPMを低減させる決め手となる技術は確立されていない。そのため、現状では排ガスの後処理によりPM排出量を低減する方法を取らざるを得ない状況である。現在、後処理に

ディーゼルパティキュレートフィルター（以下DPFと記す。）と呼ばれる各種トラップの開発が進められている。環境科学研究所では、一昨年より実験用大型バスにDPFを装着し試験走行を行っている。本年度は、DPFのフィルター内に熱電対を取り付け、DPFの温度特性等を調べた。

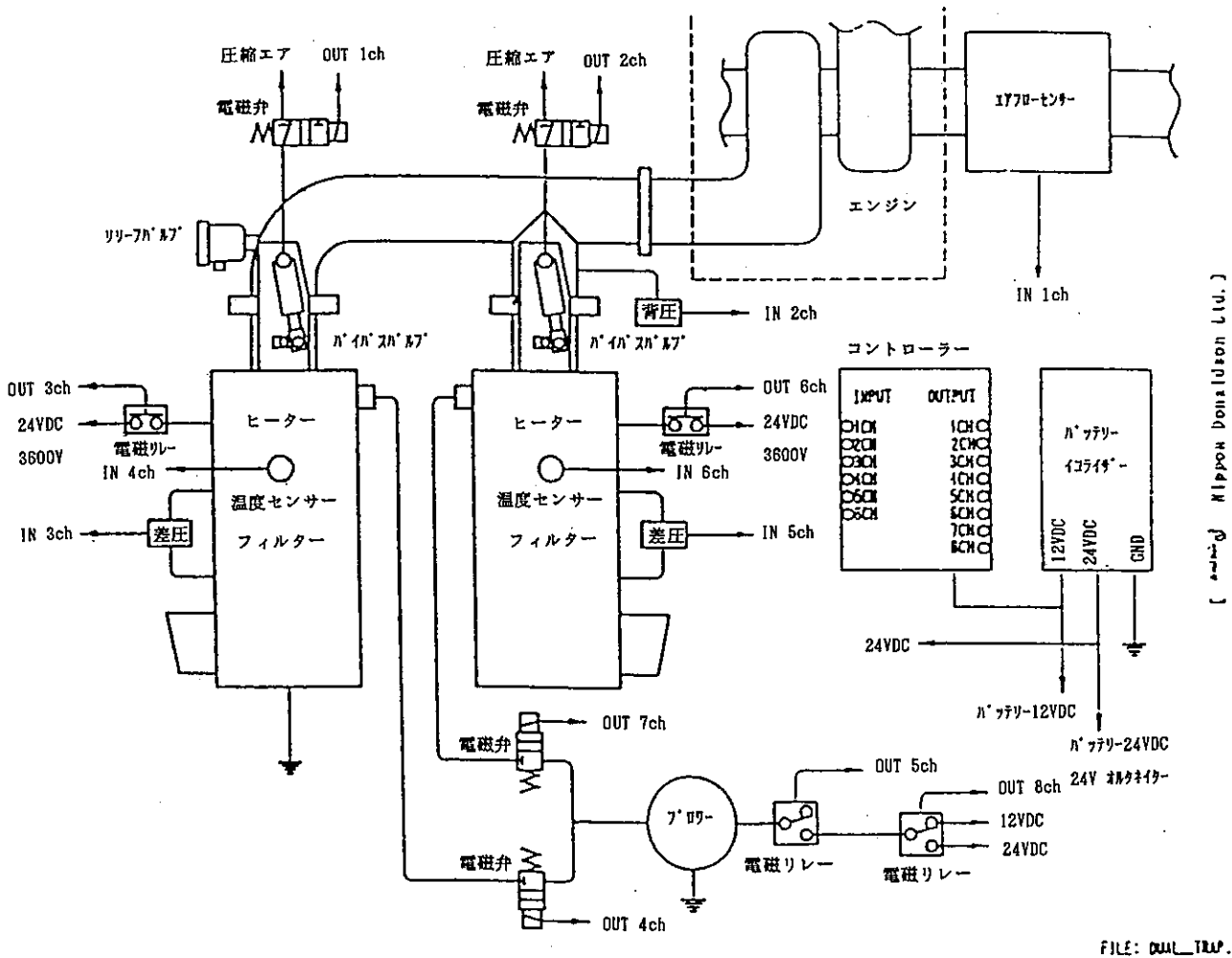


図1 DPFシステム系統図

2 DPFシステム

DPFシステムの構成(図1)及び概要は、前報¹⁾で説明しているため、本報ではDPFシステムに使用したフィルターと再生システム及び熱電対の取り付けについて述べる。

(1) フィルター

フィルターの材質はコーゼライト($2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot$

5SiO_2)である。形状(図2)は、押しハニカムのチャンネルの入口と出口を交互に目封じたウォールフロー型である。このフィルターは多孔質であるため高い捕集効率を持ち、かつ圧力損失が低いという利点があり、またコーゼライト材は熱膨張率が低く高い熱衝撃性をもつことから、DPFのフィルターに適している。

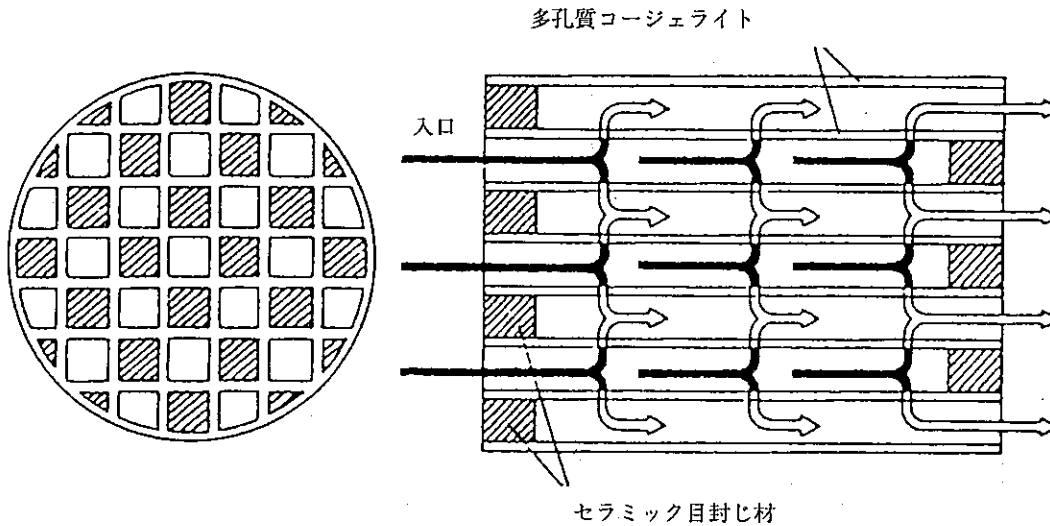


図2 ウォールフローハニカム型DPFの構造

(2) 再生システム

捕集したPMの燃焼除去(以下再生と記す)は、電気ヒータ方式を用いている。デュアルタイプであるため、再生中のフィルターには、ブローにより助燃用空気を供給する。電気ヒータは、温度上限を750℃に設定(実際計測しているのは助燃用空気の温度)してある。図3

に再生中のヒータ温度、通電時間、ブロー作動時間を示す。ヒータは再生開始から18分間作動する。再生中の助燃空気流量は300ℓ/min、ブローのON-OFFによりヒータ熱をフィルターに伝えている。

(3) フィルター温度計測

フィルター内の温度計測位置を図4に示す。熱電対は、フィルター下部よりフィルター内に挿入し、フィルター壁面に接触するように取り付けられた。

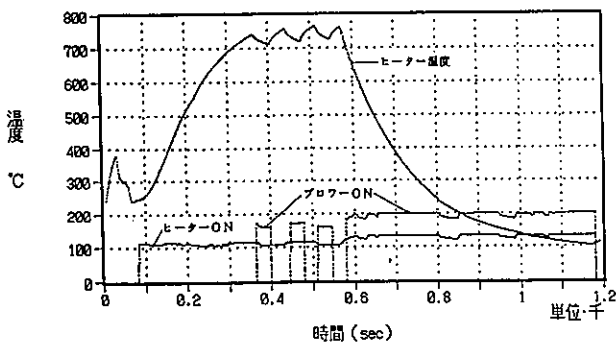


図3 ヒータ、ブロー作動時間

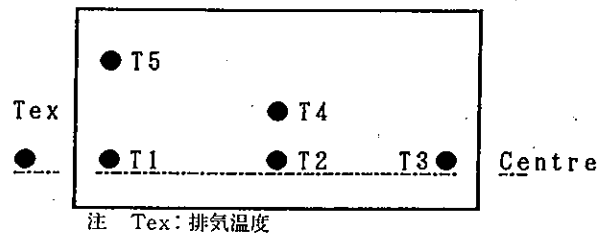


図4 センサー位置

3 路上走行試験

(1) 走行状態

走行コースを表1に示す。道路選択は、幹線道路、準幹線道路に分けて、周回コースになるように設定した。幹線道路と準幹線道路の走行データを表2に示す。

表1 路上走行コース

準幹線道路 (13.5km)	93'10/11~15 9:00~16:00 明治通り⇒京葉道路⇒環七⇒ 水戸街道⇒三目通り⇒永代通り⇒
幹線道路 (29.0km)	93'10/18~26 9:00~16:00 明治通り⇒新大橋通り⇒ 清洲橋通り⇒永代通り⇒

表2 走行データ

	平均車速 (km/h)	モード出現率			
		アイドリング (%)	定速 (%)	加速 (%)	減速 (%)
準幹線道路	18.0	33.6	14.7	24.1	27.6
幹線道路	20.9	32.6	17.7	24.8	24.9

平均車速は、幹線道路と準幹線道路では、約3km/hの差がでた。各モードの出現率は、アイドリング、加速の出現率がほぼ同じである。幹線道路は、定速の出現率が高く、準幹線道路では、減速の出現率が高くなっている。

加速度は、準幹線道路の方が約0.3km/h/sec大きい。PM排出量は加速時に大きくなる。したがって、同じ出現率の場合、加速度の大きい準幹線道路の方が、単位(km)走行当たりの排出量は大きくなる。

(2) フィルター内温度

ア 走行中のフィルター内温度

表3に排ガス、フィルター温度範囲を示す。走行中の

表3 温度特性

	排ガス Temp.0 (℃)	前-芯 Temp.1 (℃)	中-芯 Temp.2 (℃)	後-芯 Temp.3 (℃)	中-中 Temp.4 (℃)	前-外 Temp.5 (℃)
平均値	240	210	218	218	213	194
最大値	453	299	287	284	304	294
最小値	171	128	133	133	123	118
温度差	187	170	154	150	181	175

排出ガス温度は、約170~450℃の間で変化している。排出ガス温度が、PM燃焼温度の600℃を超えることはなかった。図5に走行中の排出ガス、フィルター温度の

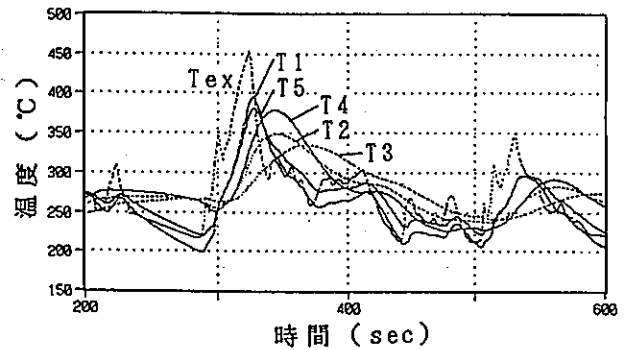


図5 フィルター内温度変化(走行中)

時間変化を示す。排出ガス温度の変化に対して、フィルター内の温度変化は上流部から下流部に向かって温度変化が緩やかになって行く。排出ガス流量が多いときは、フィルター中心部と外周部の温度差は小さい。

コージェライトフィルターは、流量及び温度が定常状態では、中心部と外周部の温度差は、フィルター下流部で大きくなる²⁾。しかし、実走行中においては、フィルター上流部の方が、排ガスによる温度変化が大きいと、熱応力による疲労破壊が起こり易くなると推測される。

イ 再生中のフィルター内温度

図6において、再生中のフィルター内温度変化をPM捕集量の多少で比較する。ヒータ温度とフィルター上流部温度の昇温時間差は、約2.5分である。

① PMが十分に捕集されている場合

フィルター上流部では、600℃を超えてから急激な温度上昇が見られる。フィルター中流、下流部では、昇温開始時から急激な温度上昇が見られる。また、中心部と外周部に大きな温度差が見られない。PMの燃焼移動の速度が、Bと比較して速くなっている。

(2) PMが十分に捕集されていない場合

フィルター内の熱伝播の速度が遅くなっている。ブロー作動時間が一定のため、ブロー停止に伴い熱伝播が停止してしまう。そのため、フィルター下流部が、PM燃焼温度まで上がらなかった。また、フィルター外周部と内周部の温度差が大きくなっている。昇温曲線がPMが十分に捕集されている場合に比較して緩やかになっている。

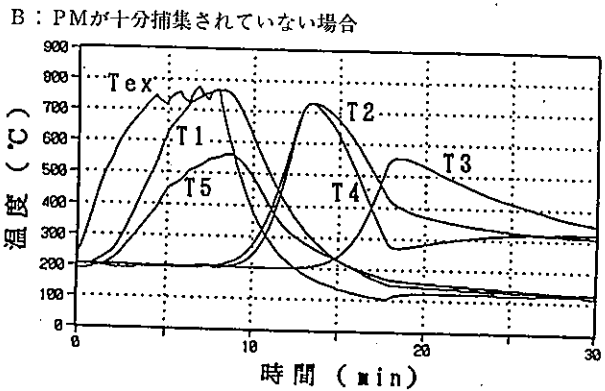
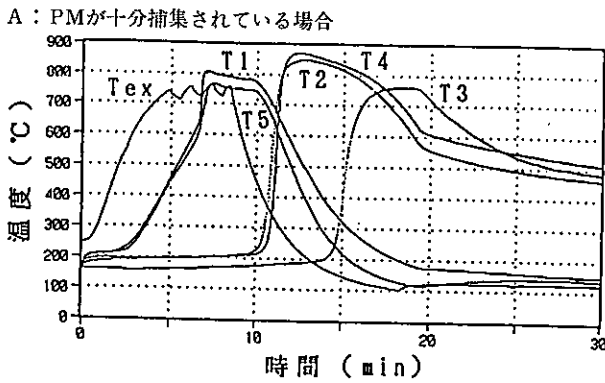


図6 フィルター内温度変化 (再生中)

(3) 差圧

排出ガス流量と差圧の関係を図7に示す。

摩擦項 (速度に比例) と慣性項 (速度の2乗に比例) からなるレイノルズの一般式により、PM捕集前のフィルターの圧損は近似された例³⁾がある。しかしながら、再生直前の圧損と排ガス流量の関係は、概ね直線の関係となった。図8にフィルター差圧の時間変化を示す。差圧データは、排ガス流量を一定値として換算している。差圧は、150分以降で上昇の傾きが大きくなっている。

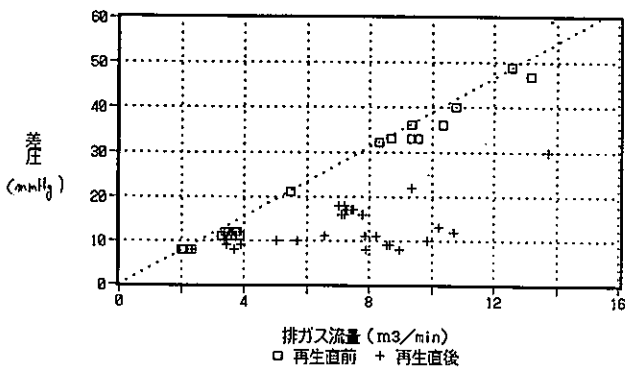


図7 排出ガス流量と差圧

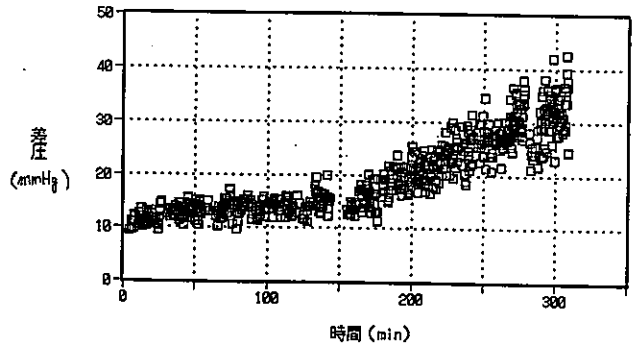


図8 フィルター差圧の時間変化

フィルター内にPMが捕集されるにつれて、圧損の特性が変化しているのが分かる。

4 おわりに

DPFを実車に適用した路上走行試験において、今回は主にフィルター内の温度変動を調べて、以下のことが分かった。

(1) フィルターは上流部の方が、排気温度による熱応力を大きく受ける。

(2) 再生時のフィルター内の温度変化、燃焼の移動速度は、PMの捕集量に依存する。

(3) 排出ガス流量と差圧の関係は、再生直前では直線的な関係になる。

以上の事から、フィルター内の温度変化、圧力の特性がPMを捕集することにより変化することが分かった。また、DPFの今後の課題として以下の2点が上げられる。

①捕集量の把握方法

走行状態により、PM排出量が異なるため、走行距離による捕集量の把握は困難である。フィルター前後の差圧 (圧損) を検出し、これの変化から捕集量を計測する方法が妥当であると考えられる。そのためには、捕集されたPMによる、フィルターの圧損の変化特性を掴まなければならない。

②再生方法

再生方式として、ガスバーナ、電気ヒータ等の方式がある。短時間にフィルターを再生する場合、再生中のフィルター内の温度をいかにコントロールするかが問題であり、電気ヒータ方式が比較的容易に温度制御を行えると

考えられる。また、捕集されたPM量に応じた再生パラメータ（助燃空気の供給量等）の研究が必要である。

参考文献

- 1) 福岡ら：黒煙除去装置（DPF）の大型ディーゼル車への適用、東京都環境科学研究所年報 1993、P 143.
- 2) 佐野ら：ディーゼルパティキュレートフィルターの熱特性について、JSAE 1994 春季学術講演会前刷集.
- 3) 橋口ら：ディーゼルパティキュレートフィルターの特性について、JSEA 1991 春季学術講演会前刷集.