

21. ディーゼル車の燃料供給システム調査

燃料油分科会 ディーゼル車の燃料供給システム調査専門委員会

(株)コスモ総合研究所 田中重行

1. はじめに

ここ数年、短期および長期排気ガス規制対応によってディーゼル車の改良が進められており、その燃料供給システムも大幅に変化していることが予想される。燃料供給システムは、低温時におけるディーゼル車の始動性や運転性と密接な関わりを持つため、ディーゼル車両の低温性能を考える上で、現状の燃料供給システムの使用実態を把握することが有用であると考えられる。

以上のことから、現状のディーゼル車燃料供給システムの実態および車両の低温運転性への影響を調査し、今後の検討課題についての提言をまとめるために本専門委員会が設置された。ディーゼル車の燃料供給システムについては、過去に石油学会が目詰まり点(CFFP)規格制定の際に資源エネルギー庁の委託を受けて調査を実施したことがある¹⁾。

ここでは、市場占有率を考慮して選定した最新車両における燃料供給システムの調査結果を述べ、車輛の低温運転性への影響を考察するとともに、一部最新車両を用いて実施された低温運転性試験データを報告する。

2. 調査車輛の選定

現状のディーゼル車の燃料供給システムを調査するにあたり、市場占有率を考慮するためにディーゼル車輛の保有台数を調査し²⁾、調査車輛の選定に資した。

1997年3月末現在のディーゼル車輛の登録保有台数は11,641,893台であり、ガソリン車(軽自動車を除く)も含めた車輛中に占める割合は約24%であった。ディーゼル車の中で乗用車の割合は43.6%であり、エンジン排気量別には2L(14.1%)>2.5L(9.9%)>2.2L(4.1%)>3L(3.5%)の順になった。一方、貨物車の占める割合は56.4%であり、積載量別に見ると1~2t小型貨物(21.3%)>5t以下普通貨物(17.0%)>1t以下小型貨物(12.8%)>5t以上普通貨物(4.5%)となった。さらに、各クラス毎に車種別登録台数を調査し、各クラス毎に調査対象車輛の候補を選出した。なお、対象車輛に対して地域別の保有台数の推移を確認したが、特異的な挙動は確認されなかった。更に、論文や新聞発表など各種情報³⁾から調査したエンジンや車輛の開発動向を参考にし、最終的に表1に示す36台を調査対象車輛とした。

3. 調査方法および内容

自動車諸元表などから、表1に示した車名とエンジンが該当する車輛の型式を選択し、当該車輛に関する新型車解説書、整備要領書などを調査した。また、各種フィルタ等については実部品を調査した。調査項目としては、車輛、エンジンの基本諸元に加え、各種フィルタの有無、目開き、表面積などである。また、燃料の流れを把握できるシステム図を作成した。なお、入手した実部品などについては写真撮影を行い、データファイル化した。調査項目の概略を図1に示す。

4. 調査結果

現在、表1に示した36台のうち32台について調査を終了している。本報告では、調査済みの32台について特徴的な点を以下に示す。

4. 1. ポンプ内部フィルタについて

近年の車輛の燃料噴射ポンプは電子制御化されており、特に分配型の燃料噴射ポンプ内部にはいくつものフィルタが設置されていることが確認された。図2に燃料噴射ポンプ内のフィルタの一例を示す。設置されている部分としては燃料入り口部、リターン部および

表1 調査対象車輛

クラス	メーカー	車名	エンジン
小型乗用車	日産	サニー	CD20
	日産	ブルーバード	CD20
	トヨタ	カローラ	2C
	トヨタ	スターレット	1N
	トヨタ	カルディナ	3C-TE
	マツダ	カペラ	DI-TD
	マツダ	ファミリア	RF
普通乗用車セダン	トヨタ	クラウン	2L
	トヨタ	マークII	2L
	日産	セドリック	RD28
	日産	ローレル	RD28
普通乗用車RV	三菱	パジェロ	4M40
	トヨタ	ハイラックスサーフ	1KZ-TE
	日産	テラノ	QD32ETi
	いすゞ	ピックアップ	4JX-TC
	日産	セレナワゴン	CD20ET
	日産	プレサージュ	TD25DDTi
	トヨタ	ランクル100	1HD-FTE
	日産	サファリ	D42T
1t未満貨物	トヨタ	エスティマ	3C-TE
	トヨタ	ハイエースレジアス	5L
	マツダ	ボンゴ	R2
	日産	ADバン	CD20
	日産	キャラバンホームー	QD32ETi
1-2t貨物	いすゞ	エルフ	4HJ1
	いすゞ	エルフ	4JG2
	三菱	キャンター	4M51
	マツダ	タイタン	VS
	日デ	アトラス	TD25
	トヨタ	ダイナ	15B
3-5t貨物	日野	ライジングレングジャー	J08C(J-1A)
	いすゞ	フォワード	6HH1-C
	三菱	ファイター	6D16
	日デ	コンドル	FD46TA
6t以上貨物	いすゞ	GIGA	10TD1
輸入車	フォルクスワーゲン	VWゴルフCL	AAZ

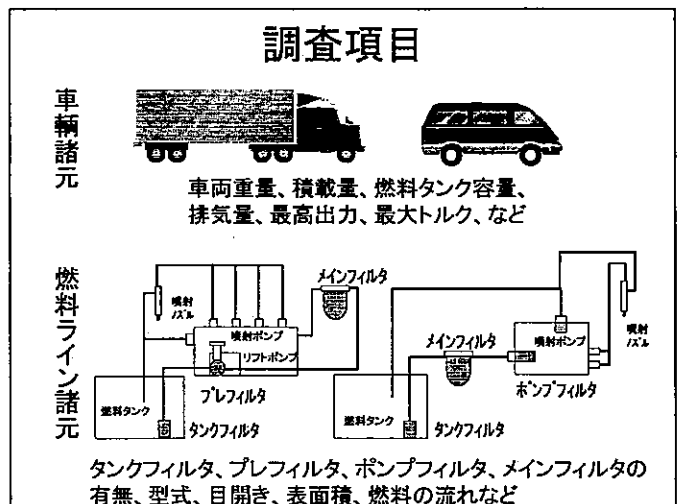


図1 調査項目概略

センサー保護部である。ただし、センサー保護部のフィルターは燃料の通油性に關与するかどうかは現状判断できていない。また、ポンプ内部フィルタの中には目開きが50 μ m程度の非常に細かいフィルタも確認された。一方、機械式分配型燃料噴射ポンプのリターン部にも、ポンプ内部フィルタは存在しており、その目開きも数10 μ mから100 μ m程度であることが分かった。

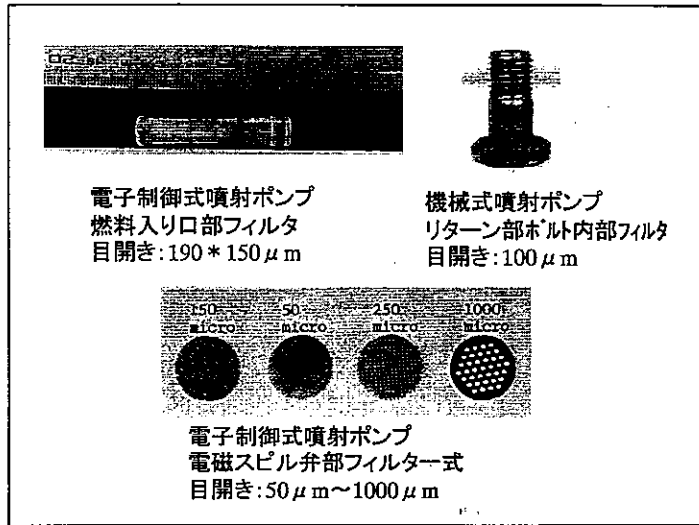


図2 ポンプ内部フィルタ (一例)

4. 2. プレフィルタについて

列型燃料噴射ポンプ搭載のエンジンに使用されているプレフィルタについて、前回の調査結果¹⁾ではいずれも金属製の目開きが500 μ m程度のものであったが、それに加え今回の調査ではプラスチック製で目開きが350 μ m程度と若干細かいプレフィルタも確認された (図3参照)。

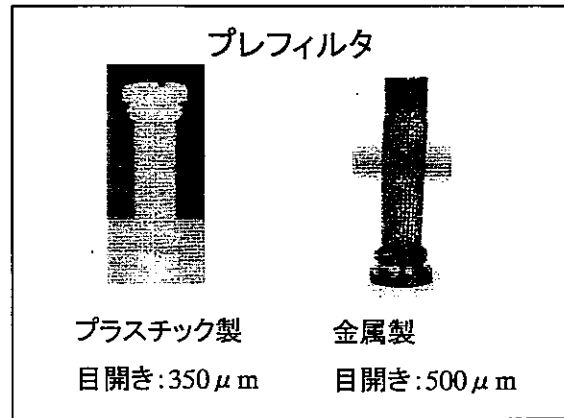


図3 プレフィルタ調査結果

4. 3. メインフィルタについて

メインフィルタの種類として、スパイラルタイプで2種類、プリーツタイプで2種類の形状に加え、ハニカム構造のフィルタが認められた。メインフィルタの構造を図4に示す。なお、前回の調査時に比べ、乗用車や小型貨物クラスにおけるスパイラルタイプフィルタの使用率が高くなっていた。プリーツタイプとしては、全てのひだが同じ長さのものと一部ひだが短

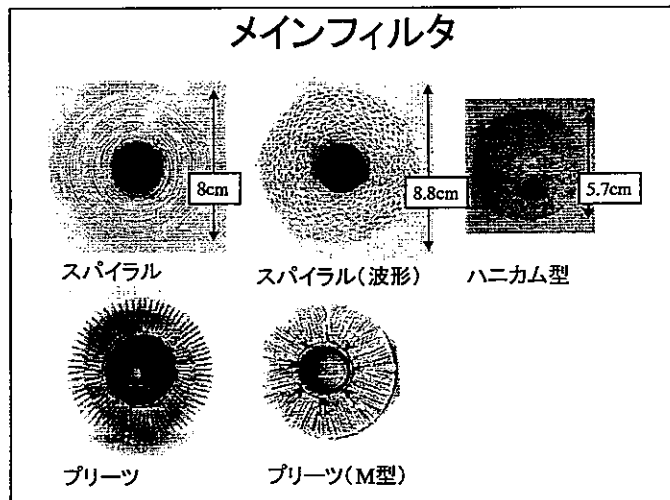


図4 メインフィルタ調査結果

くなりデッドスペースを低減したもの（M型）が見受けられた。スパイラルタイプとしては、図4に見られるように従来のものと濾紙が波形のものに分けられ、特に波形のスパイラルフィルタの使用率が高いことが分かった。ハニカム構造のフィルタに関しては、文献によると、モジュールタイプと呼ばれ、省スペース性をねらった物である⁴⁾。実際に今回の調査でもモジュールタイプ（ハニカム型）のフィルタサイズは直径が5.7cm程度と非常に小さくなっていることが分かった。なお、今回の調査ではメインフィルタの共有化が図られていることが確認でき、同一のフィルタを使用している車が散見された。

4. 4. 加熱システムについて

寒冷地仕様として、メインフィルタを加熱する装置あるいはシステムを組み込み、WAX対策を施している車輛が多いことが確認された。その一つは、フィルタキャップにWAX溶解用ヒータが設置されており、低温時にWAXが析出しフィルタ通過後の燃料負圧がある一定値以下になると、ヒータ熱で燃料を暖めるシステムになっている。一方、燃料がある一定温度以下の場合には、噴射ポンプから

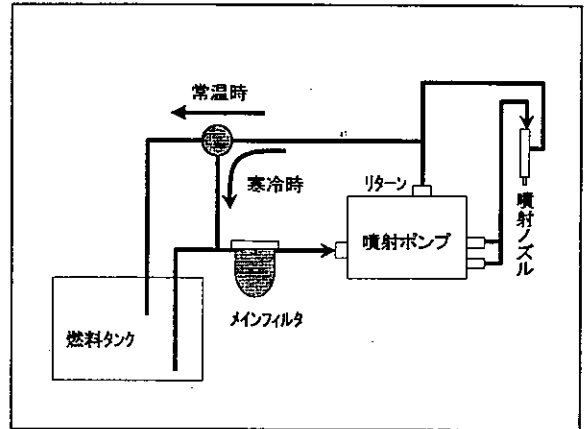


図5 寒冷地仕様メインフィルタ加熱システム一例

からのオーバーフロー燃料をメインフィルタ入り口に導き、その暖められた燃料で、タンクからフィルタに供給される燃料を暖めるシステムも確認された。このシステムの概念図を図5に示す。なお、このシステムにおいては、燃料温度が十分高い場合には、リターン燃料は直接タンクに戻る仕組みになっている。

4. 5. 燃料供給ラインについて

燃料供給経路として、以前の調査で見受けられたメインフィルタからのオーバーフローありを採用しているものは殆どなく、今回の調査対象車輛の殆どは全量濾過タイプのものであった。一例として、ある小型トラックは、従来メインフィルタからのオーバーフローを設けていたが、これを廃止しメインフィルタ全量濾過方式に変更しており、フィルタ通油量がおよそ7倍にまで増加していた。一方、この車輛では列型燃料噴射ポンプを採用しているが、リフトポンプ（図1左側の供給システム参照）の吐出最高圧力を約1.5倍に上げていることも確認された。

4. 6. 最新車両における低温運転性（フィルタ通油性）に関する考察

燃料供給システムの変化から、低温運転性（燃料のフィルタ通油性）へのシビアリティ

一を考察した。

上述したように、今回の調査では小型車に採用されている分配型の燃料噴射ポンプ内にフィルタが設置されており、目開きが非常に細かいフィルタも確認されている。また、プレフィルタについては若干目開きが小さくなっている車輛が見受けられた。以上のことから、最新車両ではプレフィルタ閉塞やポンプ内部フィルタ閉塞などが生じやすいと考えられ、低温運転性に関するシビアリティが増大している可能性が示された。

一方、メインフィルタについては省スペース性をうたったハニカムタイプの搭載が確認された。更に、今回調査した車輛の殆どがメインフィルタ部でのオーバーフローを設けておらず、燃料全量を濾過するシステムであった。即ち、WAX 析出によるメインフィルタ閉塞に関しては上述したシステムを見る限り厳しい方向性にあるといえる。一方で、一部の車輛には寒冷地仕様として WAX 析出によるメインフィルタ閉塞を抑制する目的で加熱装置あるいはシステムが用意されているものもあった。また、リフトポンプの吐出圧を上げている車輛もあり、そのような場合には WAX によるフィルタ閉塞の際に、より強い圧力で濾過が可能になっていると考えられる。メインフィルタの通油性のシビアリティに関しては、フィルタの WAX 析出許容量の変化やフィルタ加熱システム搭載などのプラス要因とマイナス要因のバランスによると考えられる。

5. 最新車両における低温運転性評価試験（一例）

今回の報告で確認されたように、最新のディーゼル車輛では、ポンプ内部フィルタの設置や省スペース型のメインフィルタの搭載により、低温運転性に対して厳しい状況にあることが示唆された。ここでは、実際の最新車両を用いて実施された低温運転性試験結果の一例を紹介する。

図6には全天候型シャシダイナモを用い、小型貨物車のプレフィルタ（目開き $500\mu\text{m}$ ）およびRV車のポンプ内部フィルタ（目開き $50\mu\text{m}$ ）の通油性について評価した結果を示した。試験燃料としては2号軽油および3号軽油を使用しており、性状は図中に示してある。これらの燃料は、目開き $500\mu\text{m}$ のプレフィルタ通油性に関してはそれぞれの使用最低温度である -10°C および -20°C において何ら問題はなかった。しかしながら、同一燃料でRV車に搭載されているポンプ内部フィルタ（ $50\mu\text{m}$ ）の通油性を評価するとそれ以上の温度でさえもポンプフィルタ目詰まりが発生した。

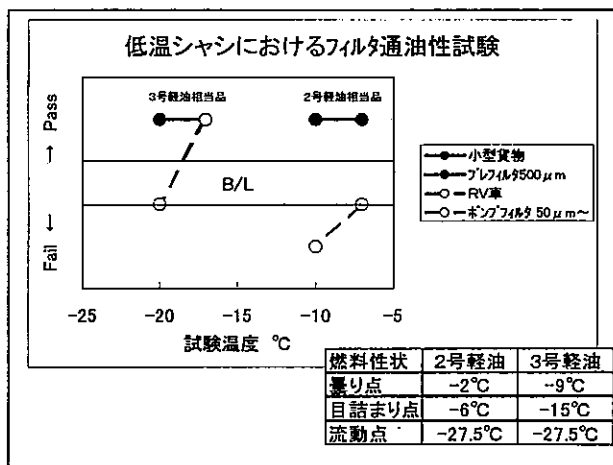


図6 プレフィルタとポンプ内部フィルタ通油性の比較

さらに、同じ型式のRV車についてフィールドテストを実施した結果、試験燃料の目詰まり点（CFPP）よりも外気温が高い条件下においてもポンプ内部フィルタ閉塞により始動不可能な場合があることが確認されている（表2参照）。この際、燃料噴射ポンプを加熱すると始動性は改善し、その後1時間の走行試験では運転性に問題は確認されていない。なお、プレフィルタが装着されて

表2 ポンプ内部フィルタ搭載車による寒冷地フィールドテスト

供試燃料性状	
曇り点 °C	-3
目詰まり点 °C	-12
流動点 °C	-12

	装着フィルタ	試験温度	試験結果
小型貨物車	プレフィルタ	-10°C	問題無し
RV車	ポンプフィルタ	-8°C	エンジン始動不可

いる小型貨物車では-10°Cの条件においても始動性・運転性に問題は生じていない。このように目開きの非常に細かいポンプ内部フィルタを有する車輛は、低温運転性（始動性）に対して非常に厳しい状況にあることが確認された。

また、表3には、全天候型シャシダイナモにおいてハニカム型フィルタを搭載する車輛、ブリーツ型のフィルタを搭載する車輛により、メインフィルタへのWAX堆積によるフィルタピリティを評価した結果を示す。ここでは試験燃料として2号軽油を使用しているが、ブリーツ型のメインフィルタが搭載されている車輛では-10°Cの条件下においても運転性に問題はないことが確認されている。一方、ハニカム型

表3 WAX堆積によるメインフィルタ閉塞試験結果

WAX堆積によるメインフィルタ閉塞試験結果

試験燃料性状	
曇り点	-2°C
目詰まり点	-15°C
流動点	-15°C

試験結果	メインフィルタ型式	外気温度 °C		
		-6	-7	-10
小型トラック	ブリーツ			問題なし
RV車	ブリーツ			問題なし
RV車	ハニカム	問題なし	走行中停止	

試験燃料: 2号軽油

フィルタ搭載車輛では、-7°Cの条件下でしかも比較的短い時間でWAX堆積によるメインフィルタ閉塞が生じ、エンジンストールが発生した。

次に、リフトポンプ吐出圧が上昇した場合におけるメインフィルタWAX閉塞への影響を、ディーゼル車の燃料噴射ポンプを用いて行ったシミュレート試験により評価した結果について述べる。同一のメインフィルタを使用した場合、高圧型のリフトポンプが搭載されると、閉塞温度が数°C低くなる現象が確認されている。

WAX析出によるメインフィルタ閉塞に関しては、省スペース型のメインフィルタが搭載されている車輛では比較的高温でメインフィルタ閉塞が生じ、低温運転性に対して厳しい方向にあることが確認された。一方、リフトポンプ吐出圧の増加などメインフィルタ閉塞に対してプラス方向に作用する場合もあることが確認された。

6. まとめ

市場占有率を考慮して選択した32台のディーゼル車の燃料供給システムについて調査を実施した。また、最新車両による各種低温運転性試験結果を収集し以下の知見を得た。

- ・プレフィルタについて、目開きが若干小さくなっている車輛も確認された。
- ・メインフィルタの種類として5種類確認され、スパイラルタイプとしては、通常のもの、濾紙が波形のものが確認された。プリーツタイプとして、全てのひだが同じ長さのものと一部ひだが短くなり密集度を高めたものが見受けられた。また、省スペース性をねらったハニカムタイプのメインフィルタが確認された。
- ・燃料供給経路としては、今回の調査対象車輛の殆どは全量濾過タイプのものであった。また、リフトポンプの吐出圧を高めているものも確認された。
- ・WAX析出によるメインフィルタ閉塞に関しては、フィルタ小型化などのマイナス面とフィルタ加熱システムなどのプラス面との兼ね合いによると考えられるが、ハニカムフィルタを搭載した車輛では比較的高温でWAX析出によるメインフィルタ閉塞によるエンジンストールが発生した
- ・分配型燃料噴射ポンプの殆どに内部フィルタが確認された。中には目開き50 μ m以下の非常に細かいフィルタも確認された。
- ・ポンプ内部フィルタ搭載車輛では比較的高温でフィルタ閉塞を引き起こすことが確認され、低温始動性に関するシビアリティが高いことが確認された。
- ・寒冷地仕様として、メインフィルタを加熱する装置あるいはシステムを組み込み、WAX対策を施している車輛が多く、燃料供給システムの変更などにあたってはこのようなシステムも有効であると示唆される。

以上述べてきたように、最新型のディーゼル車輛では、ポンプ内部フィルタの設置やメインフィルタの小型化などにより低温運転性に対して厳しい状況になっている場合もあることが確認された。ディーゼル車の低温運転性は重要な実用性能の一つであり、何らかの対策が必要であろう。一方、フィルタ加熱システムなど低温運転性に考慮したシステムも開発されており、今後このようなシステムの拡大が望まれる。

参考文献

- 1) 社団法人石油学会、“昭和56年度石油製品品質面需給対策調査報告書”(1982)。
- 2) 例えば、財団法人自動車検査登録協力会編、初度登録年別自動車保有車両数(NO.25)。
- 3) 例えば、自動車技術、Vol. 52、NO. 8 (1998)。
- 4) K. Yamada, H. Kamo, H. Ueda, K. Izutani, and Y. Ohya, “Development of the Module Type Fuel Filter”, SAE Paper NO. 940451 (1994)。

以上