

大型トラックへのDPFシステムの適用性について (その2)

— 路上走行による耐久性の検討 —

横田 久司 小谷野 眞司 坂西 丕昌

要 旨

耐熱性の高い炭化珪素 (SiC) をフィルター素材としたフルフローバーナー型DPFシステムを大型ディーゼルトラックに搭載した。35,000kmの路上走行試験の期間中、DPFによるPMの除去効率は約90%を維持し、黒煙は全く排出されなかった。また、フィルター前の排気圧力を測定することにより、フィルターへのPM捕集量をほぼ正確に検出できることが確認された。

さらに、DPFシステムの制御方法を大型トラックの実際の走行に適するよう改良したところ、再生間隔が約33%延長し、燃費も3%向上させることができた。

以上の結果から、DPFシステムの耐久性、信頼性が確認され、大型ディーゼルトラックへのDPFシステムの適用の可能性があることが実証された。

キーワード：炭化珪素、DPF、走行試験、ディーゼルトラック、PM、黒煙

Application of DPF system to heavy duty truck (2)

- Study of Durability by Running Test -

Hisashi Yokota, Shinji Koyano and Motomasa Sakanishi

Summary

Full flow burner type DPF system made from SiC, that has high heat resistance, was installed in a heavy duty diesel truck. From a running test of 35,000km, durability and reliability of the DPF system were confirmed. The removal efficiency of PM by DPF was maintained about 90 %, and smoke was not exhausted at all. To adapt the running characteristics of the heavy duty truck, the DPF system was improved.

As a result, the regeneration interval time was extended by about 33%, and fuel consumption was possible to be improved by 3%. Moreover it was confirmed that the PM collecting mass to the filter could be almost accurately detected by measuring exhaust pressure in front of the filter. From the above mentioned results, it was proved that the DPF system was possible to be applied to heavy duty diesel trucks.

Keywords : SiC, DPF, running test, heavy duty diesel truck, PM, smoke

1 はじめに

ディーゼルエンジンからの粒子状物質 (以下「PM」という。) を排気系において処理する「後処理対策」の

一つとして、DPFシステムが有効とされている。東京都では、浮遊粒子状物質削減対策の一環として、PM排出量の大部分を占める大型ディーゼルトラックに、

DPFの普及を進めることを検討している。

本研究は、大型ディーゼルトラックに、DPF (Diesel Particulate Filter) システムを装着したときの、技術的な課題を明らかにするとともに、DPFシステム適用可能性の実証を目的として、平成8年度から開始された。

平成8年度には、耐熱性能の高い炭化珪素 (SiC) をフィルター素材とする DPFシステムを、最大積載量8トンの大型ディーゼルトラックに装着し、初期性能の確認と予備的な走行試験を行った。その結果²⁾、PMについては86%以上、黒煙は100%除去されることを確認した。一方、同様のシステムを搭載している路線バスに比べ、トラックの再生間隔が短かった。再生間隔の長短が車両トータルとしての燃費を左右することから、トラックではバス以上に燃費への影響が懸念される。燃費面での改良が、DPFシステムをトラックに適用する上で大きな課題であることが明らかになった。

平成9年度には、3万kmの路上走行試験及び定期的な排出ガス測定等を行い、DPFシステムの耐久性・信頼性についての検討を行った。また、システムについては、大型トラックの使用条件に適するよう、主に燃費改善を中心とした改良を行った。

その結果、路上走行試験により、SiCフィルターの捕集性能、バーナーを含めたDPFシステム全体の耐久性、信頼性は十分であること、また、DPFシステム搭載による、車両の運転性への影響はないこと等を確認した。また、DPFシステムの改良のために、再生開始の目標捕集量を決定するフィルター前圧力の設定値の見直しを行い、再生間隔は約33%延長され、燃費も3%向上することができた。

以上の結果から、大型ディーゼルトラックへのDPFシステム適用の可能性があることが実証されたものと考えられる。

本報告は、平成8年度より、日産ディーゼル工業(株)との共同研究として実施している「大型トラック用DPFシステムの適用性に関する共同調査」に基づくものである。

2 調査

(1) DPFシステム及び試験車の仕様等

ア DPFシステム及び試験車

詳細については、前報を参照されたい。

イ) DPFシステムの仕様

DPFシステムの概要を図1に示す。またDPFシステム仕様を表1に示す。

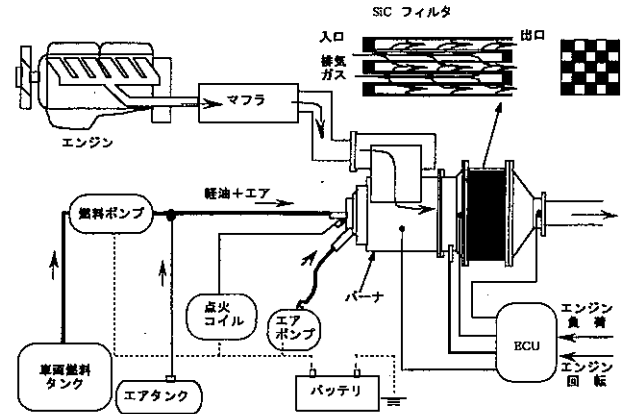


図1 DPFシステムの概要

表1 DPFシステムの仕様

項目	内容	
フィルタ	型式	ウォールフローヘニカム
	寸法	270W x 270H x 150L (八角断面)
	容積	9.0L x 1個
	材質	SiC (炭化珪素)
捕集	黒煙捕集率	100%
	パーティクル捕集率	約87%
	再生開始判定	フィルタ圧損又はタイマーセット
再生	方式	フルフローバーナ再生
	再生時間	約10分
	バーナ温度	720℃
	冷機時の再生防止	フィルタを通過するガス温度が150℃以下の場合は、再生モードに入らない。
その他	マフラー	有り
	バイパス	有り (エマージェンシー用)
	重量	約145 kg (バーナ、フィルターボックス)

(イ) 試験車の構造

試験車の構造を図2に、試験車諸元を表2に示す。

なお、DPFの再生が行われた場合、排気温度(フィルター出口)の最高到達温度は平均で約425℃に達していた。このため、排気管出口に拡散板(図3参照)を設置し、外気と混合して排気が冷却されるよう対策を講じた。

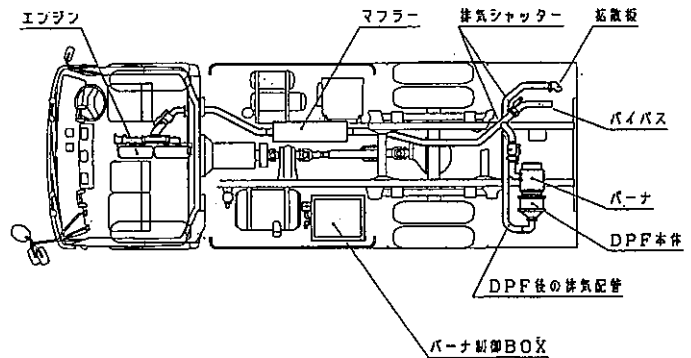


図2 試験車の構造

表2 試験車の諸元

車両型式	U-CK450END
車台番号	CK450EN10063
車両番号	足立 116 3485
初年度登録	平成6年8月
車両重量	6,700 kg
車両総重量	14,810 kg
最大積載量	8,000 kg
車種	平ボディ (ダンプより改造)
車両使用履歴	主に土砂等の運搬を目的としたダンプトラックとして、約2年間使用。この間の走行距離は、約41,151 km。
エンジン型式	P F 6 (自然吸気) 平成元年規制適合 使用履歴のない同型エンジンに換せ替え。
総排気量	12,503 cc
最高出力	235 ps / 2,100 rpm
最大トルク	85 kgm / 1,300 rpm



図3 排気管出口の拡散板

(ウ) データ計測装置

データ計測装置 (VARTS 実走行試験装置、DL1100、(株)小野測器製) により、0.2秒毎のサンプリング間隔で、下記の測定項目のデータを採取した。

①DPFシステムの作動状況

フィルター前後の温度、フィルター前圧力
再生信号 (バーナー作動信号)

②エンジン運転条件

エンジン回転数、ラック位置

③燃料消費量

燃料流量、燃料温度、燃料圧力

④車両運転条件

車速、クラッチ作動信号、走行距離

(2) 路上走行試験

ア 試験内容

DPFシステムをトラックに搭載した場合の耐久性、経済性、運転性等への影響を調査するため、下記の内容で、路上走行試験を実施した。

①目標走行距離33,000km (1回目:3,000km、2回目:30,000km) を走行し、この間のDPFシステムの動作状況、トラックの走行状況の調査

②燃費改善を目的としたDPFシステムの改良の効果確認

路上走行試験は、平成8年度実施の1回目と、平成9年7月26日～平成10年1月26日実施の2回目に大別される。1回目は上記①とDPFシステムの問題点把握を、2回目は上記①②を目的に実施した。

また、2回目の路上走行試験期間を、後述のDPFシステムの改良に関する試験の内容で4期に区切り、表3のように定義した。

表3 走行期間とDPFシステム設定値等

走行期間	年月	設定条件等	昇温速度 (°C/sec)	安定化時間(分)	目標捕集量(g)
第1期	98年7月26日～9月24日	路線バスの設定値を採用	2	5	37.8
第2期	98年10月14日～11月14日	目標捕集量45gに設定	2	5	45.0
第3期	98年11月27日～1月14日	昇温速度をI、II期より速く設定	5	5	45.0
第4期	98年1月16日～1月26日	捕集量を路線バス設定値の約2倍に設定	2	5	75.0

フルフロー軽油バーナーの温度制御パターンを図4に示す。再生開始判断後、バーナーが自動的に作動し、フィルター前温度が720°Cになるように燃料噴射量をフィードバック制御する。所定のバーナー安定化時間が経過すると、バーナー作動が自動的に停止し、再生操作を終了する。初期段階の設定では、昇温期間の昇温速度として2°C/sec、バーナー安定化時間として5分を用いている。また、目標捕集量は、再生開始の判断をするフィルターへのPM捕集量である。

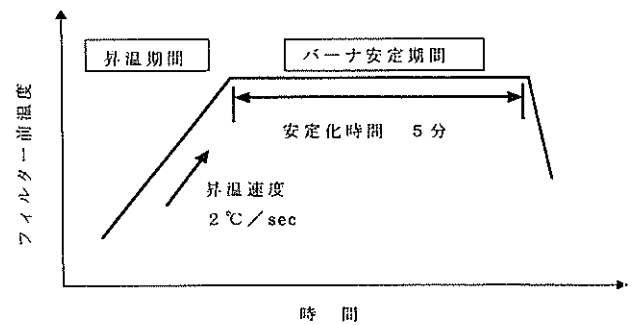


図4 軽油バーナーの温度制御パターン

イ 試験コース

種々の走行状態で大型トラックへのDPFシステムの適用性を評価するため、次のような試験コースを設定した。

- ①都内コース（都内の幹線道路及び首都高速道路が主体）：5コース
- ②郊外コース（都内コースより平均車速の高い郊外の幹線道路が主体）：1コース
- ③高速コース（高速自動車道が主体）：1コース

各試験コースの概要を表4に示す。一般道と高速道路の走行距離がほぼ同一になるように、走行日は、都内コース：郊外コース：高速コース＝2：1：1の割合に配分した。

表4 路上走行試験コースの概要

- ① 都内コース：走行距離：約70～200km、所要時間：約7～8時間、平均車速：23.2～28.1km/h
（都内幹線道路・首都高速道路を走行する5種類のコースを設定（参考：コース4の走行経路））
 上尾 → 岩槻 → 川口 → 三郷 → 加平 → 葛西 → 大井南 → 大和町 → 戸田橋 → 上尾
 R15 東北道 外郭環状 首都高 環七 首都高 環七 R17
- ② 郊外コース：走行距離：約240km、所要時間：約7～8時間、平均車速：29.6km/h
 上尾 → 行田 → 栗橋 → 久喜 → 上尾
 R17 R125 栗橋線
- ③ 高速コース：走行距離：約500km、所要時間：約7～8時間、平均車速：54.7km/h
 上尾 → 岩槻 → 福島西（郡山） → 岩槻 → 上尾
 R16 東北道 東北道 R16

また、路上走行試験時の積載量は、最も負荷の厳しい条件を設定するため、定積載（8トン積載）とした。

(3) 排出ガス等の測定

試験車の導入時から路上走行試験の終了後まで、定期的（ほぼ1万km毎）に5回の排出ガス等の測定を実施した。それにより、自動車本体の性能変化の有無、DPFのPM捕集効率の変化等の確認を行った。

ア 排出ガスの測定

東京都環境科学研究所の大型自動車排出ガス実験システム（以下「大型C/D」という。）において、排出ガス等の測定を行った。測定項目、測定条件等は、前報を参照されたい。

(ア) 測定回数

試験車完成後、試験車の初期値として第1回目の排出ガス測定を行い、以降、4回の排出ガス測定を実施した。

(イ) PM成分（SOF、SOOT）の測定

ディーゼル排出粒子測定装置（R&P MODEL-5100、司測研製）により、SOF、SOOTを分離して測定した。

本測定法と通常の自動車排出PMの測定に使用されているローボリュームサンプラーによる秤量法（以下「濾

紙法」という。）との比較を図5に示した。ほぼ良好な相関関係が得られている。

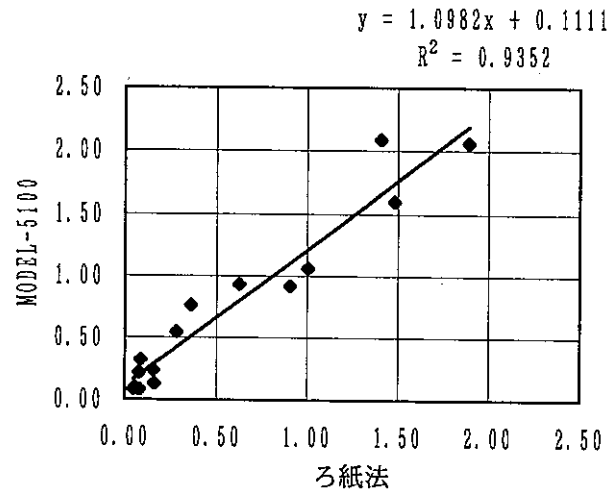


図5 ディーゼル排出粒子測定装置とろ紙法との比較

イ 軽油中硫黄含有量の測定

走行試験に使用した軽油の硫黄含有率を非分散蛍光X線分析法（Sulfur-X、理学電機工業（株）製）により、分析した。硫黄含有率は、0.046～0.056wt%であり、走行試験の期間中の大きな変動はなかった。

ウ 排気温度の測定

再生時の燃料の少量化のために、エンジンから排気流路を通じてフィルターに至る間の排出ガス温度の低下を防止し、フィルターの高温度化を図ることも考えられた。予備的な調査として、排気温度の測定を行った。

温度測定の結果を表5に示す。定速走行時には、エンジン直後とDPF直前の温度差は16～34℃であり、排気温度の低下は少なかった。一方、実走行パターンのような過渡運転時には最大温度差は104℃あり、トラック排管系へ適合したシステムのレイアウトは今後検討していく必要がある。

表5 排気温度測定の結果

走行条件		測定位置		最大温度差
		エンジン直後	DPF直前	
定速	20 km/h	171	155	16
	40 km/h	176	154	22
	60 km/h	232	198	34
実走行パターン	No.5	92～440	94～274	104

3 結果及び考察

(1) 排出ガス等の測定結果について

PM、NO_x等の各排出量及び燃費について、5回の測定結果を表6、7に示した。それぞれ、バイパスと

表6 試験車の排出ガス等の測定結果 (バイパス)

走行距離(km)		0	4,400	16,500	23,800	35,300	平均
PM (g/km)	No.2	1.36	2.44	3.04	—	2.06	2.22
	No.5	0.79	1.46	0.95	—	1.06	1.07
	No.8	0.73	1.21	1.08	—	0.92	0.98
	No.10	0.84	0.98	1.00	—	0.93	0.94
	M15	0.82	1.87	1.81	—	1.60	1.52
NO _x (g/km)	No.2	10.01	8.69	8.66	—	9.59	9.24
	No.5	6.67	6.01	5.99	—	6.44	6.28
	No.8	6.00	5.13	5.27	—	5.66	5.52
	No.10	5.15	4.89	4.83	—	5.11	5.00
	M15	8.70	7.37	7.62	—	8.00	7.92
CO (g/km)	No.2	4.33	5.59	5.47	—	5.01	5.10
	No.5	2.38	3.87	2.47	—	2.95	2.92
	No.8	2.02	3.87	2.98	—	2.89	2.94
	No.10	2.45	4.5	2.85	—	3.03	3.21
	M15	2.66	4.99	4.21	—	3.92	3.95
HC (g/km)	No.2	1.91	1.87	2.24	—	1.57	1.90
	No.5	1.22	1.22	1.19	—	1.01	1.16
	No.8	0.95	0.89	1.02	—	0.76	0.90
	No.10	0.67	0.67	0.76	—	0.54	0.66
	M15	1.38	1.33	1.47	—	1.16	1.34
燃費 (km/L)	No.2	2.24	2.25	2.28	—	2.12	2.22
	No.5	3.34	3.40	3.50	—	3.34	3.40
	No.8	3.80	3.93	3.86	—	3.75	3.84
	No.10	3.95	4.19	4.13	—	3.96	4.06
	M15	2.73	2.63	2.71	—	2.59	2.67

表7 試験車の排出ガス等の測定結果 (DPF)

走行距離(km)		0	4,400	16,500	23,800	35,300	平均
PM (g/km)	No.2	0.07	0.18	0.17	0.36	0.13	0.18
	No.5	0.06	0.06	0.12	0.04	0.08	0.07
	No.8	0.10	0.06	0.09	0.06	0.10	0.08
	No.10	0.04	0.09	0.10	—	0.09	0.08
	M15	0.08	0.09	0.21	0.07	0.24	0.14
NO _x (g/km)	No.2	9.78	8.91	9.44	8.84	9.59	9.31
	No.5	6.55	6.42	6.48	6.07	6.70	6.44
	No.8	6.05	6.07	5.64	5.43	5.76	5.79
	No.10	5.33	4.79	5.02	—	5.27	5.10
	M15	8.67	7.63	8.23	7.86	8.09	8.10
CO (g/km)	No.2	4.32	5.40	3.97	4.23	5.56	4.70
	No.5	2.35	2.69	2.20	2.63	2.55	2.48
	No.8	2.07	3.34	2.13	2.47	3.16	2.63
	No.10	2.47	3.15	2.37	—	3.00	2.75
	M15	2.17	5.97	2.42	2.96	3.91	3.49
HC (g/km)	No.2	1.72	2.41	1.57	1.60	1.79	1.82
	No.5	1.13	1.27	1.09	1.07	0.86	1.09
	No.8	0.98	0.93	0.85	0.94	0.81	0.90
	No.10	0.59	0.69	0.68	—	0.59	0.64
	M15	1.28	1.35	1.19	1.27	1.38	1.29
燃費 (km/L)	No.2	2.25	2.28	2.29	2.34	2.13	2.26
	No.5	3.39	3.42	3.54	3.51	3.38	3.45
	No.8	3.80	3.87	3.95	3.90	3.79	3.86
	No.10	3.98	4.15	4.09	—	4.04	4.07
	M15	2.75	2.72	2.83	2.82	2.70	2.76

DPFの場合の測定結果を表す。この結果から計算したPM除去効果を表8に示した。また、同様に、D13モードによる測定結果とPM除去効果等を表9に示した。

表8 実走行パターンにおけるPM除去効果

走行距離(km)		0	4,400	16,500	35,300	平均
No.2		95%	93%	94%	94%	94%
No.5		92%	96%	87%	92%	92%
No.8		87%	95%	91%	89%	91%
No.10		95%	91%	90%	91%	92%
M15		91%	95%	88%	85%	90%

注) —は測定していない。

表9 D13モードによる測定結果とPM除去効果等

走行距離(km)		(g/kWh)					
		0	4,400	16,500	23,800	35,300	平均
PM	バイパス	0.82	0.86	—	—	0.70	0.79
	DPF	0.10	—	0.07	0.04	0.07	0.07
	除去率	88%	—	—	—	90%	89%
CO	バイパス	2.39	1.96	—	—	1.73	2.03
	DPF	3.04	—	2.26	1.76	1.71	2.19
	変化率	-27%	—	—	—	1%	-8%
	DPF	7.36	7.28	—	—	7.39	7.34
NO _x	DPF	7.63	—	7.21	—	7.74	7.53
	変化率	-4%	—	—	—	-5%	-2%
	DPF	1.05	1.14	—	—	0.94	1.04
HC	DPF	1.05	—	1.11	1.06	0.96	1.05
	変化率	0%	—	—	—	-2%	0%

注) —は測定していない。

ア DPFシステムによるPM・黒煙の除去効率等

排出ガス測定の結果をまとめると以下の通りであり、高い除去効率とその持続性が確認された。

- ①実走行パターンの場合、平均で約92%低減し、ディーゼル13モードでは、平均で約89%低減した。
- ②ディーゼル13モードではPMは0.04~0.10 g/kWhを維持し、現行規制値、長期規制値よりも大幅に低いレベルであった。
- ③排気煙濃度試験、無負荷急加速試験では、黒煙は全く排出されなかった。
- ④調査期間中のPM、黒煙の除去効率の変化はみられなかった。

なお、走行距離延長によるエンジンの排出ガス性状への影響をバイパス側の測定結果で観測したが、PM等の排出ガス、燃費及び最大駆動力についても大きな変化はなかった。

イ SOF、SOOTの捕集効率

実走行パターンNo5において、再生終了直後から、次

の再生に入るまで、繰り返し測定を行った結果を図6に示した。SOOTの捕集効率ほぼ100%を維持しており、全PMの捕集効率も90%を維持している。SOF成分については、量的には少ないが、走行を重ねると次第に捕集効率が上昇している。

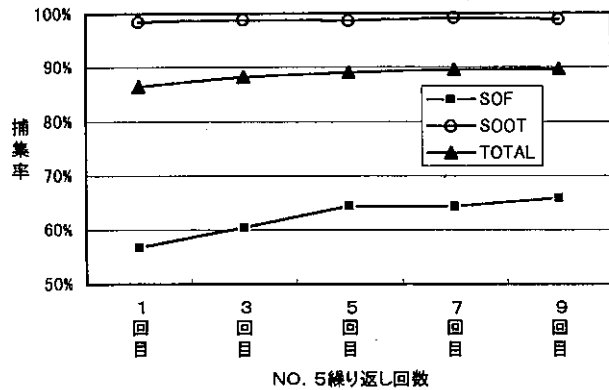


図6 DPFによるSOF、SOOTの捕集率の変化

エ DPF装着の影響

(ア) 圧力損失増大による排出ガスへの影響

フィルター素材であるSiCはコーゼライトに比べて圧力損失が小さい^{3),4)}。そのため、DPF装着時の排気系の圧力損失の発生による燃料消費量の増加は、0.2~3.7%にとどまっていた。

また、DPF装着による他の排出ガスの変化を、バイパスとDPFの測定結果の平均(表6、7参照)で比較すると、DPF装着により、NO_x(0.8~5.0%の増加)、THC(0~6.4%の減少)は測定誤差範囲の変化であるが、COは14.9~7.9%減少した。

(イ) 再生時の汚染物質の排出

再生開始と同時に、バーナーでの軽油の着火に伴いTHC、CO等の排出量が増加することは、前報で報告した。

再生時の排出ガスの増加の影響は、燃費同様に、再生間隔を加味して総合的な評価をする必要がある。ここでは、次式により、再生による排出量の増加を含めた総括排出量を計算した。

$$Q_t = (q_r + Q_0) / D_{1st}$$

ただし、

Q_t : DPF装着時の総括排出量 (g/km)

q_r : 再生1回当たり排出量 (g/回)

Q₀ : 再生開始から、次の回の再生開始までの走行で

排出される再生を含まない排出量 (g)

D_{1st} : 再生間隔における走行距離 (km)

ここで、q_rは(再生時を含む全排出量-非再生時の全排出量)により求めた。q_rは平均で、THC8.0g/回、CO114.9g/回、NO_x2.3g/回、PM2.8g/回であった。

また、第II期の郊外コース、高速コース、都内コースのそれぞれの平均再生間隔の走行距離は37.8km、74.5km、33.8kmであった。この結果から、総括排出量を求め、バイパス排出量との比率を求めたところ、THCで1.19~1.31倍、COで1.53~1.79倍に増加していた。NO_xには再生時の排出の影響はみられなかった。また、PMでは、除去効率が83~88%に若干低下する結果となった。

THC、COの排出レベルは低いものの、再生時の燃焼制御方法についての見直しや、酸化触媒等による更なる低減を検討する必要がある。

(2) DPFシステムの改良に関する検討

ア 問題点とその原因

平成8年度の1回目の路上走行試験の結果、トラックの再生間隔が一般道では約57.6分であり、同様システムを搭載している路線バスに比べ、短いという問題点が明らかとなった。バスの再生間隔は約3.5時間である。トラックとバスの1回の再生に要する燃料量はほぼ同じであると考えられ、再生間隔の長短が車両トータルとしての燃費を左右することから、トラックではバス以上に燃費への影響が懸念される。

トラックの再生間隔が短い原因として、

- ①再生開始判定条件がトラックに適したものでない。
- ②エンジン使用条件がバスと異なることによりPM発生量が違う。

等が考えられる。両者のうち、DPFシステムの改良で対応可能な①について検討した。

再生開始の判断はエンジン累積運転時間、フィルター前圧力の二つの方法で行っている。トラックの再生間隔が約1時間であることから、フィルター前圧力により再生開始判定がなされていることがわかる。

そこで、第I期のフィルター前圧力設定値で再生開始判定がされたときのPM捕集量を大型C/Dにおいて調査した。その時のフィルター前圧力設定値を表10に示す。再生開始判定時のPM捕集量は37.8gで、目標捕集量45gの84%に相当する量であった。バスと同じフィルター前圧力設定値では、目標PM捕集量に満たない状態で再

生していることが確認できた。

表10 目標捕集量別フィルター前圧力設定値

エンジン回転数 (rpm)	フィルター前圧力 (kPa)										備考
	500	725	950	1,175	1,400	1,625	1,850	2,075	2,300		
目標捕集量 (g)	37.8	1.6	2.8	3.6	5.2	7.2	8.8	10.4	12.0	12.8	第Ⅰ期
	45.0	1.6	3.2	4.0	5.6	8.0	9.6	11.2	12.8	13.6	第Ⅱ期
	75.0	2.8	4.4	6.0	8.0	10.4	12.8	14.8	16.8	18.0	第Ⅳ期

イ DPFシステムの改良

燃費への影響を少なくするためには、再生間隔をより延長すること、再生に使用する燃料量を少なくすることが必要である。そのための具体的方策として、下記2項目について検討した。

①フィルター前圧力設定値の最適化

再生開始判定圧力値をトラック用に再設定し、目標PM捕集量45gで再生が開始されるようにする。

②バーナー制御設定値の最適化

昇温速度、安定化時間設定値の見直しを行い、バーナー使用燃料量を削減する (図4参照)。

(ア) フィルター前圧力設定値の最適化

目標である45gまでPMを捕集したときのフィルター前圧力を、大型C/Dにおいて調査した結果を表10に示した。第Ⅰ期設定値よりも、低・中エンジン回転数域で0.4kPa、中・高エンジン回転数域で0.8kPa高い圧力となっている。

フィルター前圧力設定値を変更し、その効果を路上走行試験で確認した。再生間隔と燃費の比較を表11に示す。

表11 再生間隔と燃費の比較

(第Ⅰ期と第Ⅱ期)

	再生間隔 (min)				燃費 (km/L)
	郊外	都内	高速	全コース	
第Ⅰ期	59.3	70.1	61.3	63.9	3.39
第Ⅱ期	83.5	89.6	71.4	84.9	3.49
改善率	40.8%	27.8%	16.5%	32.9%	3.0%

(第Ⅱ期と第Ⅳ期)

	再生間隔 (min)				燃費 (km/L)
	郊外	都内	高速	全コース	
第Ⅱ期	83.5	89.6	71.4	84.9	3.49
第Ⅳ期	73.1	73.5	84.6	75.9	3.41
改善率	-12.5%	-18.0%	18.5%	-10.6%	-2.3%

(第Ⅱ期と第Ⅲ期)

	再生間隔 (min)				燃費 (km/L)
	郊外	都内	高速	全コース	
第Ⅱ期	83.5	89.6	71.4	84.9	3.49
第Ⅲ期	69.1	70.3	54.6	65.4	3.35
改善率	-17.2%	-21.5%	-23.5%	-23.0%	-4.0%

設定値見直しにより、郊外コースで40.8%、都内コースで27.8%、高速コースで16.5%、全コーストータルで32.9%再生間隔が延長した。全コーストータルの燃費は、3.0%改善された。

次いで、目標捕集量を45gからエンジン台上試験で再生実績のある75gに変更 (フィルター前圧力設定値は、表10参照) し、更なる再生間隔延長の可能性を調査した。路上走行試験結果を表11に示した。

75gへの変更により、全コーストータルでは再生間隔は短縮し、走行燃費も悪化した。しかし、コース別に再生間隔をみると、高速コースで延長の効果が認められた。これは、加減速走行の多いコースでは、捕集量過多により再生時間が不足し「燃え残り」が発生するが、高速道路走行のようなほぼ一定条件下では「燃え残り」の発生がないためと考えられる。

(イ) バーナー制御設定値の最適化

昇温速度、バーナー安定化時間を変数として、燃料使用量とフィルター再生状況を調査し、最適な条件を大型C/D上で探索した (表12参照)。昇温速度を5℃/sec、バーナー安定化時間を5分とすることで、第Ⅱ期の設定値に対し、使用燃料量を15.6%削減できた。再生時間は約9分で1分の短縮となる。

表12 バーナー制御設定値の探索結果

昇温期間の昇温速度 (℃/sec)	バーナー安定化時間 (分)	再生状況			
		5	4	3	2
2	再生状況	OK	(NG)	(NG)	(NG)
	燃料使用量 (1)	1.196	-	-	-
5	再生状況	OK	NG	(NG)	(NG)
	燃料使用量 (1)	1.010	1.072	-	-

※再生後のフィルター前圧力が、未捕集時の2.7~2.8kPaに戻っているか否かで、再生状況を判断した。戻っている場合は、「燃え残りの発生はなし」とし、再生OKとした。
※ (NG) は推定。

大型C/Dでの試験結果を基に、バーナー制御設定値変更の効果を路上走行試験で確認した。第Ⅱ期と第Ⅲ期の再生間隔、燃費の比較を表11に示す。設定値見直しにより、郊外コースで17.2%、都内コースで21.5%、高速コースで23.5%、全コーストータルで23.0%再生間隔が短縮した。また、全コーストータルの燃費は、4.0%悪化した。この原因として、再生時間が短くなったことによる「燃え残り」の発生が考えられる。大型C/Dで燃料使用量削減効果のあったバーナー制御設定値変更が、路上走行試験では再生間隔を短縮させ、燃費を悪化させる結

果となった。

以上から、第II期バーナー制御設定値が最適値であった。

(3) 車両に与える影響

ア SiCフィルター及びDPFシステムの耐久性

走行距離と再生回数を表13に示す。総走行距離は約35,000km、総再生回数は約900回であった。この間、帰庫時毎にフリーアクセルスモークを目視により確認したが、黒煙の排出は見られなかった。このことから、路上走行試験期間を通してSiCフィルターの捕集性能に劣化がなかったと判断できる。

表13 試験コースの走行距離と再生回数

名称	走行期間	走行距離 (km)	再生回数 (回)
1回目	3月3日~3月28日 (20日間)	4,418	153
第I期	7月26日~9月24日 (40日間)	12,054	302
第II期	10月14日~11月14日 (28日間)	7,351	147
第III期	11月27日~1月14日 (32日間)	8,904	243
第IV期	1月16日~1月26日 (9日間)	2,616	58
トータル		35,348	903

路上走行試験期間中に発生したDPFシステムの不具合を表14に示す。発生した不具合はDPFシステムの本質的な機能の不具合ではない。よって、DPFシステムの基本的な耐久性、信頼性は十分であると考えられる。

表14 DPFシステムの発生不具合

不具合内容	対応内容	発生日
スパーク電圧発生器故障	部品交換	平成9年 7月26日(土)
熱電対の断線	↑	平成9年11月13日(木)
制御センサ信号異常	再現せず (O/G'によるものと判断)	平成9年12月 6日(土)
着火不良	着火トライ4回目で着火していることから問題無しと判断	平成9年12月 8日(月)

イ 運転性への影響

車両の運転性への影響に関し、下記項目を路上走行試験で調査した。

- ・エンジン始動性、アイドリング円滑性
- ・エンジン加速性、エンジン応答性

どの項目についても異常は認められず、運転性については一般車両と同等レベルにあることがわかった。

ウ オイル消費率

路上走行試験中のオイル消費率をレベルゲージ法で測定した結果、期間中のオイル消費率は、4,000~6,000 km/lであった。このオイル消費率は、市場平均レベル内にある。

4 まとめ

(1) DPFシステムの改良に関する検討を行い、目標捕集量45gで再生開始判定が行われるように、フィルター前圧力設定値の見直しを行った。再生間隔は全コーストータルで32.9%延長でき、走行燃費も3%向上できた。

(2) DPFシステム搭載が車両に与える影響を調査し、次の結果を得た。

- ①約35,000kmの路上走行試験を通して、約900回の再生が行われ、この間、黒煙の排出は見られなかったことから、SiCフィルターの捕集性能に劣化はなかったものと判断された。よって、トラックの実走行におけるSiCフィルターの耐久性が実証できた。
- ②バーナーを含めたDPFシステム全体としても、大きなトラブルがなかったことから、システムの基本的な耐久性、信頼性も十分であることを確認できた。
- ③DPFシステム搭載による、車両の運転性への影響はないことが確認できた。

したがって、大型ディーゼルトラックへの適用の可能性があることが実証されたものと考えられる。今後は、汎用的なディーゼル排出粒子の低減技術として、次のような検討が必要である。

①DPF装着によるデメリットの改善

再生時のバーナー着火による燃費及び炭化水素等の悪化抑制

②使用過程車への適用のための課題の改善

- ・トラック排気管系へ適合したシステムのレイアウト
- ・イニシャル・コスト低減
- ・重量・容積の軽減

引用文献

- 1) H Okazoe et al. : Development of a Full-Flow Burner Type Diesel Particulate Filter Using Sic Honeycomb, SAE-960130
- 2) 横田久司ら、大型トラックへのDPFシステムの適用性について、東京都環境科学研究所年報1997、p. 196-204(1997)
- 3) 岡添弘ら、SiCハニカムを用いたフルフロー再生式DPFの開発、日産ディーゼル技報、第58号、p.75-80(1993)
- 4) A ITOH et al. : Study of Sic Application to

Diesel Particulate Filter (Part 1) : Material
Development, SAE-930360 (1993)