

# 기계식 부압발생장치를 이용한 매연여과장치의 성능비교 Performance Comparison of Soot Filtration Apparatus Using a Mechanical Negative Pressure Generating Device

이한성\* · 김경현\*\* · 정석호\*\*\* · 고대권\*\*\*\*†  
Han-Sung Lee\*, Kyong-Hyon Kim\*\*†, Suk-Ho Jung\*\*\* and  
Dae-Kwon Koh\*\*\*\*†

(Received 19 March 2014, Revision received 20 January 2015, Accepted 22 January 2015)

**Abstract:** Over the past years, many research works have been carried out to investigate the factors which govern the performance of diesel engines. The air pollutant emissions from the diesel engines are still significant concerns environmentally in many countries. In the present study, a novel smoke filtration system of diesel engine is proposed. This novel system is composed of filtering elements and vacuum pump driven by exhaust gases emitted from engine cylinders for capturing smoke. In order to verify the excellency of the novel filtration system, the differential pressure across the filtration system is investigated experimentally comparing with other systems which are used commercially in diesel vehicles. As a result it is founded that the differential pressure of the novel system is the smallest among them.

**Key Words :** Smoke, Filtration, DPF, Vacuum, Particulate matter

## 1. 서 론

지금 세계는 자동차 배기가스 등으로 인한 이산화탄소의 증가로 지구온난화가 진행됨에 따라 이로 인한 환경문제에 대응하기 위해 국제협약을 통해서 이산화탄소 규제를 본격화하고 있다. 이러한 시점에서 동일 배기량 기준으로 가솔린엔진보다 20-30% 정도 이산화탄소 배출량이 적은 디젤 엔진은 차세대 친환경적인 운송역할의 가장 현실

적인 대안 중의 하나로 부각되고 있다.<sup>1-2)</sup> 또한 산업용 엔진이나 대형화물차 또는 건설장비, 그리고 선박에서는 디젤엔진이 주로 사용되는 등 산업 전반에 걸쳐 없어서는 안되는 동력원이다. 디젤엔진은 과잉공기 조건에서 연소가 진행되기 때문에 배기가스 중에도 산소가 다량 존재하여 가솔린엔진에 적용되는 3원 촉매를 사용할 수 없다. 또한 확산연소형태의 연소특성 때문에 질소산화물(NOx)을 다량 생성뿐만 아니라 부분적 과농 지역

\*\*\*\*† 고대권(교신저자) : 부경대학교 기계시스템공학과  
E-mail : dkkoh@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6195

\*이한성 : 동주대학교 자동차-기계과

\*\*김경현 : 부경대학교 탐양호

\*\*\*정석호 : 부경대학교 기계시스템공학과

\*\*\*\*† Dae-Kwon Koh(corresponding author) : Department of Mechanical System Engineering, PuKyong University.

E-mail : dkkoh@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6195

\*Han-Sung Lee : Department of Vehicle & Mechanical Engineering, DongJu University.

\*\*Koung-Hyon Kim : TamYangHo, PuKyong University.

\*\*\*Suk-Ho Jung : Department of Mechanical System Engineering, PuKyong University.

에서는 매연(soot)이 다량 생성되는 문제를 근본적으로 안고 있다.<sup>3-7)</sup>

최근 들어 입자상 물질(PM)의 유해성이 대두되면서 이에 대한 관심이 늘어나고 있다. 현재 매연 및 입자상 물질의 저감기술로는 디젤 입자상 물질 여과장치(DPF ; Diesel Particulate Filter)가 가장 효과적이며, 정부는 일부지역에 대해서 이를 차량에 장착하도록 의무화하였다. 하지만 현재 시중에 판매되고 있는 DPF는 장착 후 시간이 지남에 따라 입자가 DPF에 쌓이게 되어 엔진에서 나온 배기가스의 흐름을 방해하여 연비 및 출력효율을 떨어뜨린다. 따라서 6개월을 주기로 DPF를 탈착하여 에어룸에서 청소를 하고 있는 실정이다. 또한 시중에 유통되고 있는 DPF의 대부분이 수입제품임을 감안한다면 국산화를 위한 기반기술 개발이 절실한 실정이다.

제품이 갖는 특성에 따라 차압이 형성되고 이에 따라 엔진의 출력 및 연비에 영향을 미치기 때문에 본 연구에서는 제안된 기계식 부압발생장치를 이용한 매연여과장치와 기존 DPF에 있어서 차압을 측정하여 배기성능에의 영향력을 조사하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

일반적으로 DPF는 입자상 물질의 제거에만 효과가 있기 때문에 THC와 CO, SOx의 제거를 위해 디젤산화촉매장치(DOC; Diesel Oxidation Catalyst)와 함께 사용된다. 본 실험에 사용된 DPF는 RSM(Renault Samsung Motors)社의 QM5에 적용된 제품으로 Fig. 1에 제품 사진을 나타내었으며 Fig. 2에는 작동원리에 대해서 나타내었다. 상용 DPF는 벌집모양의 필터를 배기가스가 통과하면서 입자상 물질이 필터에 쌓이게 되는 원리이다. 그리고 DOC는 포터 차량에 적용된 모델로 Fig. 3에 제품 사진을 나타내었고 Fig. 4에는 작동원리에 대해서 나타내었다. DOC는 입자상 물질을 제외한 나머지 에미션인 CO, HC, SOx를 촉매를 통해 산화시킨다.



Fig. 1 Picture of commercial DPF used in QM5

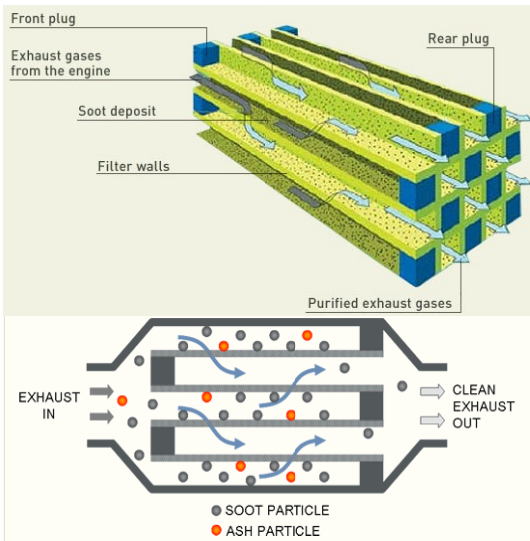


Fig. 2 Operating principle of commercial DPF8)



Fig. 3 Picture of commercial DOC used in Porter

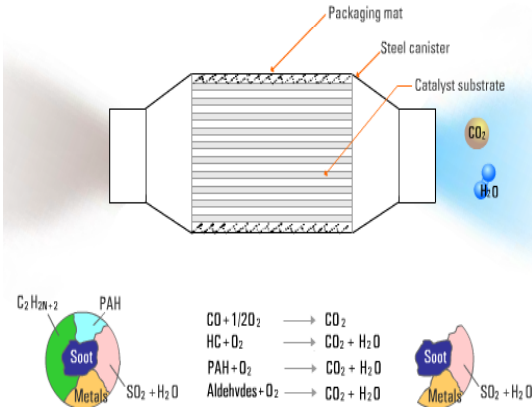


Fig. 4 Operating principle of commercial DOC9)



Fig. 5 Picture of developed SFS

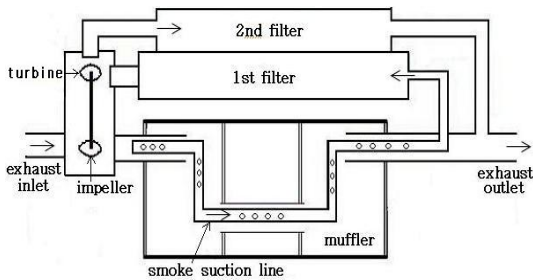


Fig. 6 Schematic diagram of developed SFS

다음으로 선행 연구에서 제작된 기계식 부압발생장치를 이용한 매연여과장치(SFS, Smoke filtration system)는 Fig. 5에 나타낸 것과 같다.<sup>10-11)</sup> Fig. 6에는 내부 개략도를 나타내었다. 작동 원리는 배기가스에 터보차저를 이용하여 머플러 후단

으로부터 부압에 의해 배기가스를 빨아 들여 임펠러부에 들어가기 전 1차 필터에서 입자상 물질을 제거하고 임펠러를 통과한 후 2차 필터에서 한번 더 포집을 한 후 원래의 배기가스 라인으로 흘러가게 한다. 따라서 필터에 입자상 물질이 쌓이더라도 배기압이 증가하지 않는 장점을 지니고 있다.

실험에 사용한 엔진의 사양을 Table 1에 나타내었다. 소형화물차와 승합차에 적용된 비과급식 2,500cc급 디젤엔진으로 H사의 모델이다. Fig. 7에 실험개략도를 나타내었다. 매연측정방식은 보쉬스모크미터를 이용하였고 Table 2에 나타낸 동력계(HE-130)를 이용하여 부하와 회전수를 조절할 수 있도록 구축하였다. 실험은 기관회전수 1000, 1500, 2000rpm에 있어서 25, 50, 75, 100%로 부하를 변동시키며 매연여과장치의 전후단에서의 배압을 측정하였다.

Table 1 Specifications of experimental engine

Item	Specification	
Type	In line 4-cylinder OHC	
Valve overlap	42deg	
Displacement volume(cc)	2,476	
Bore(mm)×Stroke(mm)	91.1×95	
Compression ratio	21	
Injection order	1-3-4-2	
Valve timing	IVO	20deg BTDC
	IVC	35deg ATDC
	EVO	54deg BBDC
	EVC	22deg ATDC
Maximum output	73 / 4,200 PS/RPM	
Maximum torque	14.9 / 2,500 kgf-m	
Cooling type	Water-cooling	
Fuel	Diesel	

Table 5 Specifications of dynamometer

Item	Specification
Model	HE - 130
Max. absorption power	180 PS
Max. absorption torque	35 kgf-m
Max. revolution	9,000 rpm
Load cell	Sensitivity : 2mV/V Error : $\leq \pm 0.2\%$

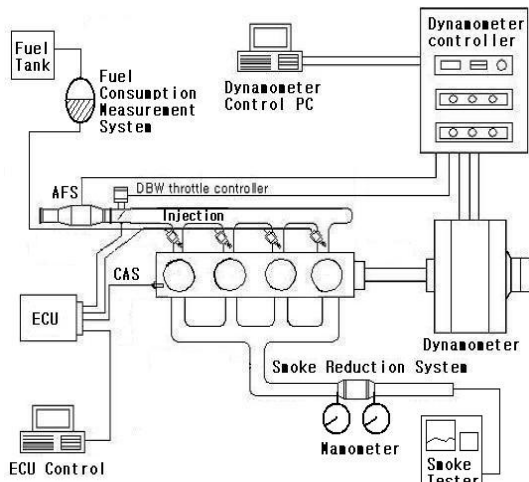


Fig. 7 Schematic diagram of experiment

### 3. 실험결과 및 고찰

SFS와 시중에서 유통중인 DPF와 DOC에 대하여 차압을 측정된 결과는 다음 그림들과 같다.

Fig. 8은 시중에서 판매되고 있는 제품인 DPF, DOC 그리고 이전 관련 논문에서 제안된 기계식 부압발생장치를 이용한 SFS(DPF)와 기존의 배기 라인에 장착된 소음기에 대하여 각각의 장치 전후에 압력센서를 장착하여 압력차이인 차압을 측정된 결과이다.

일정한 회전수를 유지하기 위해 엔진 다이내모 미터를 이용하였다. 위 그림들의 결과에서 보듯이 각각의 일정한 회전수에서 차압의 크기는 DPF, DOC, 기계식 부압발생장치를 이용한 DPF 그리고

소음기의 순으로 작아지고 있다.

기계식 부압발생장치를 이용한 DPF와 소음기와의 차이가 가장 작았다. 차압이 커진다는 것은 배압이 증가 한다는 것이므로 배기가스의 배출이 원활하지 못해 고온의 배기가스가 연소실내부에 잔류하게 된다. 이로 인하여 고온의 연소조건이 형성되어 질소산화물이 증가하고 연료소비율이 증가하는 것을 알 수 있다. 그러므로 배압이 기관 성능에 미치는 영향을 고려할 때 배압의 발생을 최소화 하는 것이 중요함을 알 수 있다.<sup>12)</sup>

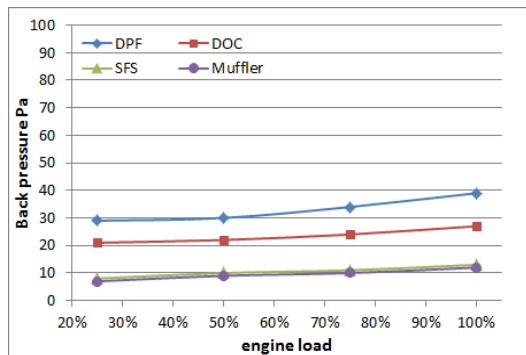


Fig. 8 Comparison of back pressure each type due to the engine load at 1000rpm

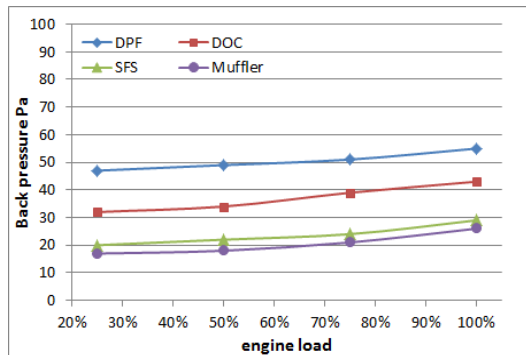


Fig. 9 Comparison of back pressure each type due to the engine load at 1500rpm

이전 관련 논문에서 제안된 부압을 이용한 DPF는 구조적으로 배기가스를 흡입하는 구조이어서 차압이 적음을 알 수 있다.

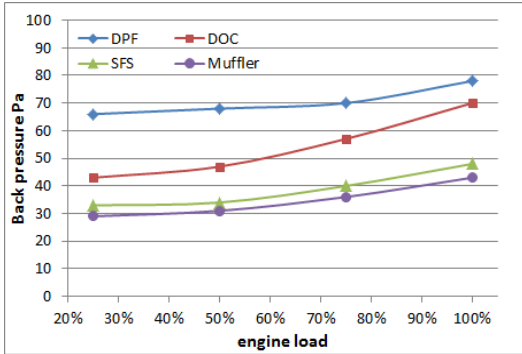


Fig. 10 Comparison of back pressure each type due to the engine load at 2000rpm

위의 결과들을 정량적으로 나타내기 위하여 다음과 같은 표로 정리하였다.

Table 3 Comparison on rate of back pressure due to the load variation at each engine speed

rpm	type	25%	50%	75%	100%
1000	DPF	4.1	3.3	3.4	3.3
	DOC	3.00	2.44	2.40	2.25
	SFS	1.14	1.11	1.10	1.08
1500	DPF	2.76	2.72	2.43	2.12
	DOC	1.88	1.89	1.86	1.65
	SFS	1.18	1.22	1.14	1.12
2000	DPF	2.28	2.19	1.94	1.81
	DOC	1.48	1.52	1.58	1.63
	SFS	1.14	1.10	1.11	1.12

Table 3은 1000rpm 조건으로 엔진을 시험가동 시 DPF, DOC, SFS, Muffler의 장치에 발생하는 차압의 크기를 기계식 부압발생장치를 이용한 DPF의 차압을 기준으로 하여 정량화 하였다. Table 2와 Table 3은 각각 1500rpm과 2000rpm으로 실험한 결과이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 이전 연구에서 제안했던 SFS와

DOC 및 DPF의 배압특성을 측정하고 분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) SFS는 부압을 이용하여 배기가스를 흡입하는 구조이기 때문에 배압이 낮았고 필터 막힘에 따른 배압 증가가 없다.

2) DPF의 경우 PM을 걸러내기 위한 구조로 인한 기본 저항과 가동 후 매연의 축적으로 인하여 차압이 크게 형성되기 전에 초기 상태에서도 상당히 높은 차압이 발생하는 것을 알 수 있었다.

#### References

1. J. W. Lee, G. B. Cho, H. S. Kim, Y. G. Jeong, 2007, "A Study on PM Regeneration Characteristics of Diesel Passenger Vehicle with Passive Regeneration DPF System", Transactions of the KSME B, Vol 31, No.2, pp.188-194.
2. M. D. Eom, J. H. Yoo, J. T. Lee, C. S. Lim, 1999, "Characteristics of Exhaust Emissions from a Heavy-duty Diesel Engine", Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers Vol7, No.9, KSAE No. 99370277, pp.20-27.
3. GRPE-PMP report, 2001, "Health effects, measurement and filtration of solid particle emitted from diesel engine," April.
4. M. W. Vincent, P. J. Richards, and T. J. Rogers, 2002, "Effective Particulates reduction in diesel engines through the use of fuel catalyzed particulate filter," International Journal of Automotive Technology, Vol. 3, No. 1, 1-8.
5. H. K. Park, J. S. Ha, S. H. Ghal., J. I. Park and K. H. An, 2006, "A Study on NOx Reduction of a Medium Speed Diesel Engine Using a Charge Air Moisturizer System", Proceedings of the Korean Society of Marine Engineering 2006 Spring, pp. 21-22.
6. C. S. Kim, K. H. Kim, T. I. Park and J. I. Ryu, 1999, "An Experimental Study on the characteristic of Exhaust Emissions and the Engine Performance with Intake Port Water

- Injection in Diesel Engine”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 23, No. 1, pp.25-32.
7. T. I Park, G. H Park, J. H Ha, M. H Bae, 1996, “Technology for Reducing NOx and Soot Using EGR with Micro-explosion Effects”, Proceedings of KSAE 1996 Spring. pp. 239-245.
  8. <http://blog.naver.com/cogram?Redirect=Log&logNo=140169201316>
  9. <http://cafe.naver.com/fe114/32997>
  10. H. S. Lee, S. W. Ki and D. G. Koh, 2011, “An Experimental Study on the Smoke Filtration System of Suction Type of Exhaustic Gas using Vaccum”, The Korean Society for Power System Engineering, Vol 15, no 6, pp. 16-21.
  11. H. S. Lee, K. H. Kim, S. H. Jung and D. G. Koh, 2013, “An Experimental Study on the Smoke Filtration System of Suction Type of Exhaustic Gas using Vaccum”, The Korean Society for Power System Engineering, Vol 17, no 3, pp. 17-22.
  12. C. J. Kim, B. C. Choi and K. H. Park, 2014, “The Effect of Exit Opening Rate on Exhaust Gas Pressure, Temperature, and Engine Performance”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol 38, No. 1, pp.15-22