

전자제어 디젤엔진의 흡기 다기관 및 연료분사장치 정비에 따른 매연 배출특성에 관한 연구

강현준*, 김태중
한국폴리텍대학 달성캠퍼스 자동차학과

Study on the Characteristics of Exhaust Emissions in accordance with the Intake Manifold and Fuel Injector Maintenance of the Electronic Control Diesel Engine

Hyun-Jun Kang*, Tae-Jung Kim

Department of Automotive Engineering, Dalseong Campus of Korea Polytechnics

요약 자동차로부터 배출되는 배기가스는 오존 및 미세먼지 등의 농도를 증가시켜 인체의 건강을 위협할 뿐만 아니라 지구 온난화 물질인 이산화탄소를 다량 배출하고 있어 지구 온난화에도 지대한 영향을 미치고 있다. 그래서 정부는 자동차에서 배출되는 배기가스를 효율적으로 규제하기 위한 제도로 운행차 배출가스 정밀검사 제도를 시행하고 있다. 자동차 배출가스를 줄이려는 연구는 다방면으로 이루어지고 있으며, 자동차의 배출가스 중 HC, NO_x, CO₂ 등의 발생을 줄이기 위한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 노후된 자동차에 대한 배출가스 저감에 대한 연구는 부족한 실정이다. 노후된 디젤자동차들이 운행차 배출가스 정밀검사를 만족하기 위해서는 흡기 다기관(manifold)과 인젝터의 카본퇴적물(Carbon sediment)을 세척하여 출력향상 및 배출가스 저감에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상의 디젤 자동차에 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시에 수행하여 매연 발생에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 실험결과, 흡기다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 수행한 결과는 각각 수행한 결과보다 매연을 75.2% 감소시켰다. 또한, 흡기다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 수행한 결과는 검사 후 8.5초부터 배출허용 기준 30%이하를 만족하였다.

Abstract The exhaust gas discharged by cars not only threatens the health of the human body, but also contributes to global warming, due to the resulting increase in the concentrations of ozone, fine dust and carbon dioxide. Therefore, the government has steadily implemented careful inspection systems for exhaust emissions, in order to efficiently regulate the exhaust gas of cars. Studies on reducing the exhaust emissions of automobiles have been conducted in various fields, including ones designed to reduce the generation of HC, NO_x, and CO₂ in the exhaust emission of vehicles. However, there have been insufficient studies on the reduction of the exhaust emission for old diesel vehicles. To develop careful inspection systems for the exhaust emissions of old diesel vehicles, studies on the reduction of the exhaust emissions and improvement of power are necessary by cleaning the carbon sediment in both the intake manifold and injector. Therefore, in this study, we analyzed and compared the amounts of gas emitted when simultaneously cleaning or not cleaning the intake manifold and injector of diesel automobiles with mileages over 80,000 km and operating periods over 5 years. The experimental results showed that in the case where the intake manifold and injector were simultaneously cleaned, there was a decline of 75.2% in the gas emission compared to the cases where only the manifold or injector is cleaned. Also, it was found that simultaneously cleansing the intake manifold and injector enabled the exhaust standard to be satisfied for less than 30% within 8.5 sec.

Keywords : Common rail diesel engine, Exhaust gas, Intake manifold cleaning, Injector cleaning, Soot concentration

*Corresponding Author : Hyun-Jun Kang(Dalseong Campus of Korea Polytechnics)

Tel: +82-53-610-6551 email: kanghj9988@hanmail.net

Received August 1, 2016

Revised August 26, 2016

Accepted September 9, 2016

Published September 30, 2016

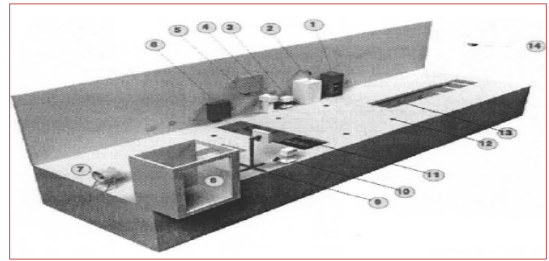
1. 서론

현대사회는 기술의 발달로 생활 전반에 많은 변화를 가져왔다. 이러한 시대에 전 세계적인 문제점으로 환경 오염이 대두되며 환경의 소중함과 이후 세대에 보다 깨끗한 환경을 물려주기 위한 노력이 세계적으로 이루어지고 있다. 이러한 이유로 환경오염 및 온실효과 (Greenhouse effect)의 원인 중 하나인 자동차 배출가스는 대기오염물질 증가의 주요원인으로 전 세계적인 규제 대상이 되고 있다. 2013년을 기준으로 전국 자동차 등록 대수는 19,400,864대이며, 경유를 연료로 사용하는 디젤 자동차는 7,395,739대이다[1]. 현재 자동차는 일상생활에서 없어서는 안 될 이동수단이지만, 이러한 자동차의 배출가스는 오존 및 미세먼지 등의 농도를 증가시켜 인체의 건강을 위협할 뿐만 아니라 지구 온난화 물질인 이산화탄소를 다량 배출하고 있어 지구 온난화에도 지대한 영향을 미치고 있다. 이러한 영향으로 자동차 배출가스를 줄이려는 연구는 다방면으로 이루어지고 있으며, 자동차의 배출가스 중 HC, NOx, CO₂ 등의 발생을 줄이기 위한 연구가 이루어지고 있다. 그 중 경유 사용 자동차의 배출가스는 엔진의 연소실내에 연료를 공급하면 압축착화(Compression Ignition)에 의한 연소반응이 이루어지며 연소과정이 일어나는데 연료분사장치와 흡기 다기관의 오염정도는 배출가스 생성에 직접적인 원인이 된다. 따라서 흡기 다기관(Intake manifold) 및 인젝터의 카본퇴적물(Carbon sediment)을 세척하면 노후 된 경유 사용 자동차의 출력향상, 배출가스 저감 및 공전속도의 안정성을 높일 수 있다[2]. 따라서 본 연구에서는 운행차 배출가스 정밀검사 불합격 자동차를 대상으로 흡기 다기관 클리닝, 인젝터 클리닝, 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시에 적용하여, 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상 된 자동차의 탄소퇴적물을 세척하고, 정비하여 이에 따른 배출가스 저감량과 배출특성을 실험적으로 비교분석하고 이를 검토하는데 그 목적이 있다.

2. 실험장치 및 운전조건

2.1 실험장치 구성

자동차 검사에 대한 관계법령 인 “자동차 검사 및 점검 시행요령 등에 관한 규정 제5조인 점검시행”에서 “운행차 배출가스 검사방법(제5조 관련)”을 기준으로 검사



- ① LAN Control Unit
- ② Smoke inhalation equipment
- ③ Smoke a Measuring Instrument
- ④ Exhaust gas a Measuring Instrument
- ⑤ Electrical Division Equipment
- ⑥ PAU Control Unit
- ⑦ Engine Cooling Blow Fan
- ⑧ Main Control Room
- ⑨ An Extra Monitor
- ⑩ rpm meter
- ⑪ Chassis Dynamometer
- ⑫ Safety Loops
- ⑬ Sensory Test Room
- ⑭ Photographic a Recording Equipment

Fig. 1. Layout of Exhaust Emission Close Inspection Test[5]

한다[3]. 검사장비로는 차대동력계, 배출가스 분석기, 매연측정기로 구성되며, 커먼레일 엔진은 한국형 경유 147 모드(KD147모드 : 부하검사방법)방법에 의해 승용 및 중형 이하 승합 화물, 특수 경유사용 자동차의 매연농도를 측정하는데 적용한다. Fig. 1은 KD147모드를 검사하는 검사 장비를 나타낸 것이다[4].

2.2 운행차 배출가스 차량의 매연 배출특성

커먼레일 디젤엔진의 인젝터 및 흡기 다기관 클리닝이 매연 배출량 변화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 커먼레일 장착 자동차 중 교통안전공단의 운행차 배출가스 정밀검사에서 불합격 판정을 받은 153대의 자동차를 대상으로 특성을 분석하고, 위의 자동차를 대상으로 실험을 실시하였다.

Fig. 2는 이번 연구를 위하여 조사된 자동차의 차령을 나타낸 것이다. 대상 자동차는 운행차 배출가스 정밀검사 대상 자동차로 차령은 5년 이상이다. 대상 자동차의 평균 차령은 7.5년으로 차령이 평균 5년을 초과하고, 주행거리가 80,000 km 이상 된 자동차는 운행차 배출가스 정밀검사에서 매연의 배출량이 증가하여 정기검사 시 불합격 판정을 받은 자동차의 대수가 급격히 증가하기 시작함을 알 수 있다. 또한, 자동차의 엔진 및 배출가스 저감장치 등의 보증기간이 끝나는 차령 5년 이상부터 매연

의 배출량이 증가하여 차량이 5년을 초과하면 정기적인 점검 및 정비가 필요하며, 인젝터 및 흡기 다기관 클리닝이 정기적으로 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 3은 조사한 자동차의 주행거리별 분포를 나타내었다. 경유 사용 자동차는 연비 및 경제성의 이유로 자동차를 구매하는 경우가 많아 가솔린 사용 자동차에 비해 주행 거리가 많았다. 평균 주행 거리는 145,000 km로 1년 평균 25,000~30,000 km를 주행하는 것으로 조사되었으며, 주행거리가 80,000 km 미만인 자동차의 불합격 대수는 6%이지만, 주행거리가 80,000 km 이상부터는 불합격 자동차의 대수가 급격히 증가하여 120,000 km 이상에서 최대임을 알 수 있다. 이는 주행거리가 80,000 km 이상이 되면 인젝터와 흡기 다기관의 카본 누적과 오염 및 흡입공기량의 저하에 따른 매연의 배출량이 증가하며[6], 인젝터 및 흡기 다기관의 클리닝 및 점검과 정비가 필요함을 보여준다. 위의 자료를 분석한 결과 차량이 5년 이상이고, 주행거리가 80,000 km 이상인 많은 자동차가 운행차 배출가스 정밀검사에서 불합격 판정을 받았으며, 차량 및 주행거리가 증가할수록 불합격 자동차의 대수와 매연의 배출량이 증가하는데 이는 엔진 연소실 내부에 다량의 카본이 쌓이거나 흡기관 및 흡기벨브, 인젝터 등에 카본이나 슬러지, 먼지 등이 많이 묻어 있으면 엔진 및 차량을 통제하는 ECU에 잘못된 정보가 입력되어 연료소모나 출력저하, 엔진부조, 노킹, 배출가스 증가의 문제를 일으킨다[7]. 따라서 흡기 다기관의 카본 누적이 따른 흡입 공기량 저하와 인젝터의 기계적인 성능이 주행거리 80,000 km를 기준으로 저하되며, 매연의 배출량을 줄이기 위해서는 80,000 km를 주기로 정기적인 점검 및 정비가 필요할 것으로 사료된다.

2.3 흡기 다기관 클리닝 방법

흡기 다기관 내부의 카본은 EGR (Exhaust Gas Recirculation) 밸브의 작동으로 인한 배기가스의 재사용에 의하여 생성된다. EGR 밸브는 화석연료를 사용하면서 발생하는 질소산화물(NOx)의 배출을 줄이기 위하여 사용되며, 흡기 다기관 내의 카본은 약품 및 세척액을 이용하여 제거한다[6]. Fig. 4와 Fig. 5는 흡기 다기관 클리닝 전과 후를 비교한 사진으로 흡기 다기관의 카본이 제거된 것을 알 수 있다.

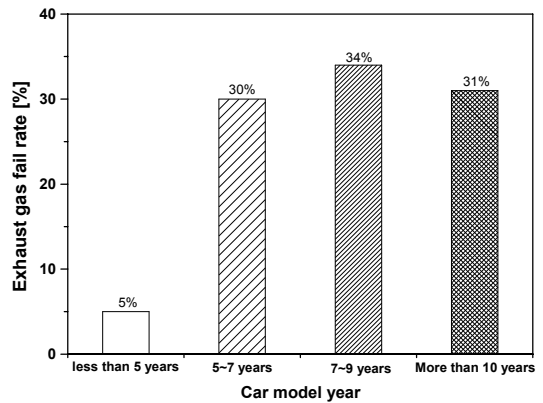


Fig. 2. The proportion by car model year of the Common rail diesel engine automobiles

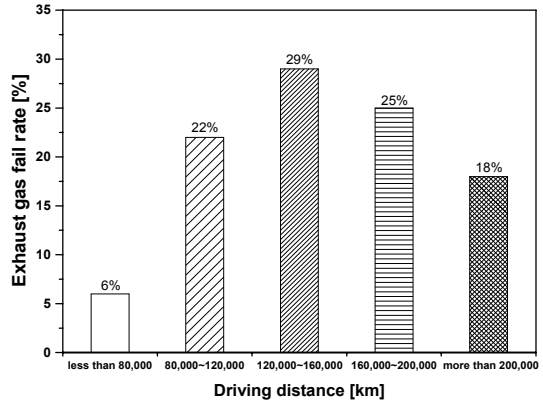
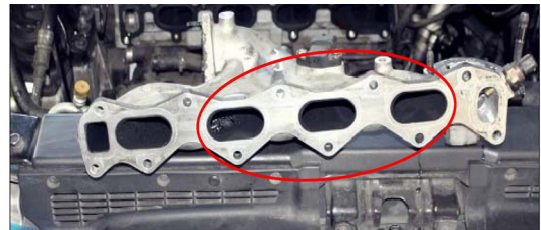


Fig. 3. The proportion by the driving distance of the Common rail diesel engine automobiles

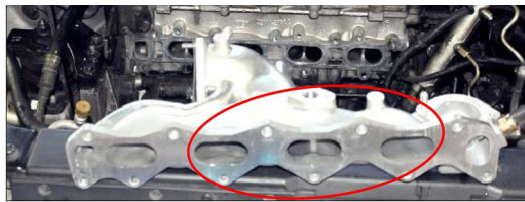


(a) Before cleaning the Intake manifold

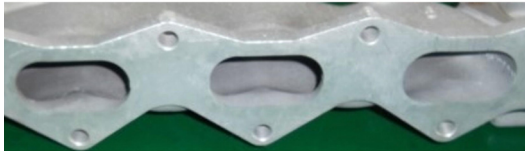


(b) Detail view Intake manifold

Fig. 4. Before cleaning the Intake manifold and detail view



(a) After cleaning the Intake manifold



(b) Detail view Intake manifold

Fig. 5. After cleaning the Intake manifold and detail view

2.4 인젝터 클리닝 방법

CRDI엔진(Common-rail diesel engine)에서 인젝터 클리닝(Injector cleaning)은 인젝터의 노즐 및 내부세척으로 이루어진다. Fig. 6은 인젝터 노즐 클리닝 전과 후를 비교한 것으로 클리닝 전은 노즐 끝의 탄소퇴적물에 의해 연료의 분사가 일정하지 않지만, 클리닝 후에는 연료의 분사량이 일정함을 알 수 있다. Fig. 7은 클리닝 후의 연료분사형태를 보여주고 있으며, Fig. 8은 인젝터 성능 테스트 장비로 인젝터 클리닝 이후 인젝터의 성능을 시험하는 장비를 나타낸 것이다.

2.5 실험조건 및 방법

경유 사용 자동차의 매연 측정 시 측정값은 0.25초 마다 측정된다. 매연 배출허용기준이 30%이하인 경우, 매연농도 30%이상 측정치를 기준으로 3초 전과 3초 후를 합친 총 7초 동안의 산술평균값을 구하여 7초 동안의 산술평균값이 20%를 초과하면, 앞에서 측정된 매연 30% 이상 측정치 전·후의 1초 동안 산술평균값을 측정값으로 하고, 20% 이하이면 최고측정치 전·후 7초 동안의 산술평균값을 측정값으로 한다. 7초 동안의 산술평균값이 20%이하 일 때는 식(1)과 같으며, B의 값은 29개이다.

$$AVE = \frac{(A_{n-14}) + \dots + A_n + \dots (A_{n+14})}{B} \quad (1)$$

AVE = 평균값(Average)

B = 측정된 Data 수

A_n = 30%이상 매연발생 값

$A_{n\pm 14}$ = 매연 30% 전 · 후 7초 동안의 값

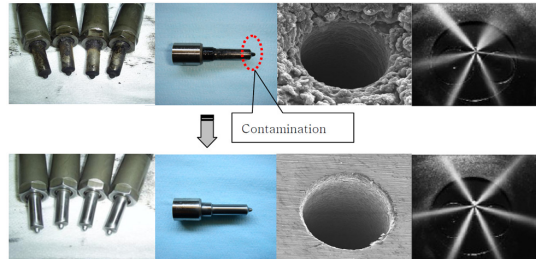


Fig. 6. Normal and abnormal nozzle tips

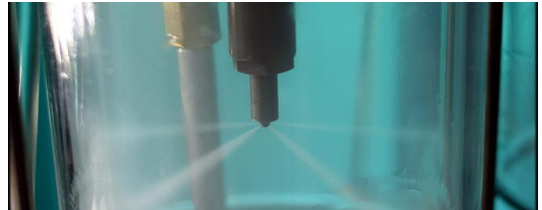


Fig. 7. Nozzle injection of cleaning injector



Fig. 8. Injector test machine

Table 1. Based on diesel vehicle Exhaust gas standards

Check Items	Exhaust Gas		
	Application Data	Exhaust Gas	
Manufacture Data	~1992.12.31.	50% Below	45% Below
	1993.01.01. ~ 1995.12.31.	45% Below	40% Below
	1996.01.01. ~ 2000.12.31.	40% Below	35% Below
	2001.01.01. ~ 2007.12.31.	30% Below	25% Below
	2008.12.31.	20% Below	15% Below

7초 동안의 산술 평균값이 20% 초과일 때는 중심값(30%이상 측정값)의 전 0.5초와 후 0.5초 동안의 평균값을 산술평균값으로 하며 식(2)와 같고, 여기서 B의 수는 5개이다.

$$AVE = \frac{(A_{n-2}) + \dots + A_n + \dots + (A_{n+2})}{B} \quad (2)$$

경유 사용 자동차에 대한 검사방법은 한국형 경유147 모드(KD147모드)이며, 운행차 수시점검 및 정기검사의 배출허용기준에 의한 매연농도 검사시 합격여부의 판단은 Table 1에 나타내었다. 차대동력계에서 차량중량에 따라 도로 부하마력을 설정한 다음 IM240모드의 1단계 주행주기를 이용하여 147초 동안 최고 83.5 km/h까지 가속, 정속, 감속하면서 매연농도(%)를 측정하는 한국형 운행경유차 검사모드이며, 이를 Fig. 9와 Table 2에 나타내었다. 매연농도는 부분유량채취방식의 광투과식 분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정하였다[3,8].

3. 결과 및 비교분석

본 연구에서는 운행차 배출가스 정밀검사 불합격 자동차를 대상으로 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 각각 적용한 경우와 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시에 적용한 경우로 나누어 매연의 배출특성을 비교분석하고자 한다.

Fig. 10은 차량 6년, 주행거리 114,268 km로 부적합 판정 자동차의 흡기 다기관 클리닝(Cleaning the Manifold) 전·후의 매연측정결과를 나타낸 것이며, Table 3은 매연농도가 30%를 초과한 구간에 대한 계산 결과를 나타낸 것이다. 흡기 다기관 클리닝(Cleaning the Intake Manifold) 전의 매연측정결과 그래프에서 매연농도가 30%를 초과한 80.25초, 90.25초, 100초, 112초 구간을 계산하였다. 80.25초 구간에서 7초 동안 측정된 산술 평균값은 16.18%로 매연농도가 20%이하 이므로 적용되는 매연농도의 산술 평균값은 16.18%로 측정되었다. 90.25초, 100초, 122초 구간에 대한 산술 평균값의 매연농도가 20%를 초과한 것으로 나타났으며, 1초 동안의 산술 평균값의 매연은 각각 32.29%, 32.05%, 31.67%로 측정되었다. 흡기 다기관 클리닝 후의 매연농도는 128.25초 구간에서 17.35%로 최대값이 측정되었으며,

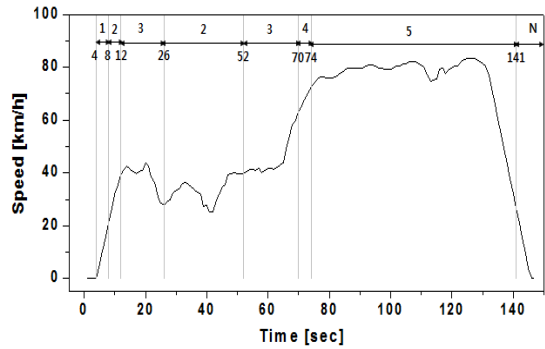


Fig. 9. KD147 mode driving graph

Table 2. Gear change with time of KD147 mode

Time	4	8	12	26	52	70	74	141
Gear change	1	2	3	2	3	4	5	N

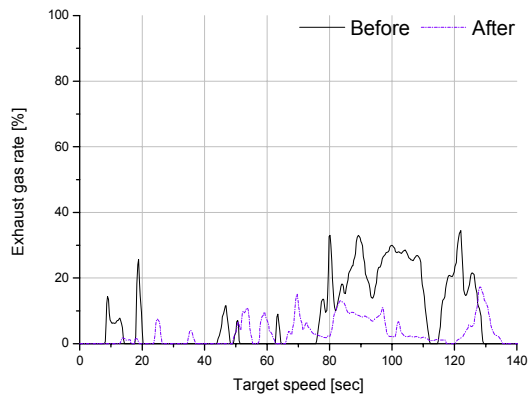


Fig. 10. Exhaust gas rate with manifold cleaning / without manifold cleaning

Table 3. Exhaust gas measurements(A)

	More than 30%		7sec AVE [%]	Density of exhaust gases [%]	
	Time [sec]	Density [%]		20%<AVE (7sec)	20%>AVE (1sec)
Before	80.25	33.0	16.18	16.18	-
	76.75~83.75				
	90.25	33.05	25.39	-	32.29
	86.75~93.75				
	100	30	28.11	-	32.05
	96.5~103.5				
After	122	34.45	22.67	-	31.67
	118.5~125.75				
	Under 30%			Density of exhaust gases [%]	
				1sec AVE[%]	
	128.25	17.35		16.69	
	127.75~129				

매연농도가 20%이하이므로 적용되는 매연농도는 산술 평균값인 16.69%이다. 흡기 다기관 클리닝 전·후의 매연 농도는 32.29%에서 16.69%로 약 16% 감소하였음을 확인하였다. 흡기 다기관 클리닝으로 인한 매연감소는 유입되는 외부공기의 흐름을 원활하게 하여 연소실에서의 연소반응이 완전연소가 이루어질 수 있게 하는 작용을 한다[9]. 이러한 매연의 발생은 흡기 다기관 클리닝을 적용함으로써 감소시킬 수 있지만, 자동차의 매연을 모두 없앨 수 없다. 그래서 차령 5년, 주행거리 106,000 km로 부적합 판정을 받은 자동차에 인젝터 클리닝을 적용하여 매연의 발생에대한 영향을 파악하고자 한다.

Fig. 11은 인젝터 클리닝 전·후의 매연농도를 나타낸 그래프이며 Table 4는 매연농도에 대하여 계산한 결과를 나타낸 것이다. 매연의 농도가 30%를 초과하는 13.25초, 53.25초, 68.5초, 122초 구간을 계산하였다. 13.25초, 53.25초, 68.5초, 122초 모든 구간에서 7초 동안 측정된 산술 평균값의 매연농도가 20%를 초과한 것으로 나타났으며, 1초 동안의 산술 평균값에 대한 매연은 각각 72.27%, 50.14%, 81%, 41.12%로 측정되었다. 그러나 인젝터 클리닝 후 측정 시 매연농도가 전체적으로 낮아진 것을 알 수 있다. 클리닝 후의 매연농도는 65.25초 구간에서 29.8%이고, 7초 동안의 산술 평균값은 12.31%로 측정되어 인젝터 클리닝 후 적합 판정이 되었다. 이는 인젝터는 연소실 내에 연료를 분사하여 압축착화(Compression ignition)에 의한 연소반응이 이루어지게 하여 배기가스 생성에 직접적인 원인이 되며, 탄소 및 불순물에 직접적인 영향을 받는다[10,11]. 그래서 인젝터의 클리닝으로 인해 연료분사 후 연료의 확산이 원활하게 이루어지고, 이로 인하여 완전연소 반응이 이루어지기 때문에 매연의 농도가 저감된 것으로 사료된다. 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 각각 적용한 경우 모두 매연의 농도가 감소되었다. 매연의 농도 감소 시간은 각각 128.25초와 65.25초로 나타나 이 시간에 도달하기 전까지는 매연의 농도가 심한 것을 알 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시에 적용하여 매연의 배출특성을 비교 분석하고자 한다.

Fig. 12는 차령 13년, 주행거리 312,915 km로 부적합 판정 자동차에 흡기 다기관과 인젝터 클리닝을 동시에 시행했을 때의 매연농도를 나타낸 것이며, Table 5는 Fig. 12의 매연농도에 대한 계산값을 나타낸 것이다. 측

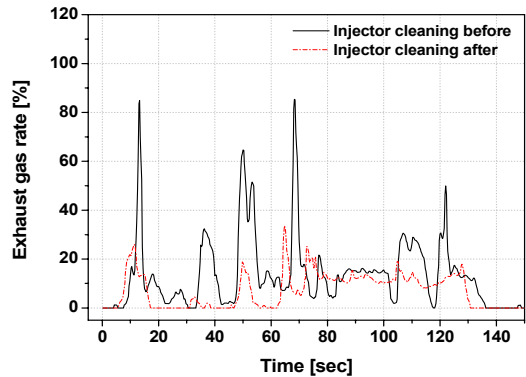


Fig. 11. Exhaust gas rate with injector cleaning / without injector cleaning

Table 4. Exhaust gas measurements(B)

	More than 30%		7sec AVE [%]	Density of exhaust gases [%]	
	Time [sec]	Density [%]		20%<AVE (7sec)	20%>AVE (1sec)
before	13.25	84.85	26.68	-	72.27
	9.75~16.75				
	53.25	51.5	35.49	-	50.135
	49.75~56.75				
	68.5	85.2	32.33	-	81.00
	65~72				
122	49.95	22.83	-	41.12	
118.5~125.5					
after	65.25	29.8	12.31	12.2	-
	61.75~68.75				
	64.75	33.6	12.0	12.0	-
	61.25~68.25				

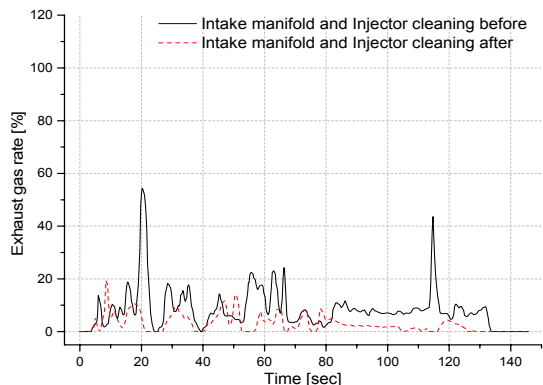


Fig. 12. Exhaust gas rate with the Intake manifold and Injector cleaning / without the Intake manifold and Injector cleaning

Table 5. Emission measurements(C)

	More than 30%		7sec AVE [%]	Density of exhaust gases [%]	
	Time [sec]	Density [%]		20%>AVE (7sec)	20%<AVE (1sec)
before	20.25	54.3	23.86	-	52.2
	16.75~23.75				
	114.75	43.6	14.65	14.65	-
	111.25~118.25				
after	8.5	18.25	15	15	-
	8.0~9.0				

정된 데이터의 매연농도가 30% 이상인 구간은 20.25초이며 7초 동안의 매연농도 측정 평균값은 식(3)의 계산으로 23.86%이며, 20%를 초과한 것으로 나타났다.

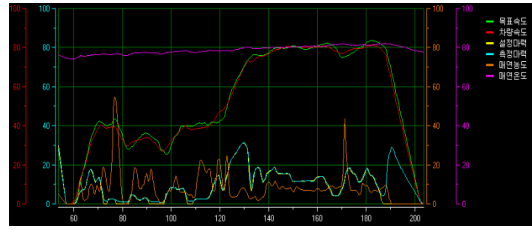
$$\frac{(16.75초값 \sim 23.75초값)}{29} = \frac{(11.75 + \dots + 1.7)}{29} \quad (3)$$

$$= 23.86\%$$

20.25초 구간의 클리닝 작업 전 매연농도는 54.3%이고, 이를 기준으로 1초 동안에 대한 매연의 산술평균값을 식(4)와 같이 계산하면 52.2%로 계산된다.

$$\frac{(19.75 + 20 + 20.25 + 20.5 + 20.75)}{5} = 52.2\% \quad (4)$$

1초 동안의 산술 평균값이 52.2%로 불합격 판정이 이루어졌으며, 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시에 수행한 후의 검사에서 검사 시작 후 8.5초 부터 매연의 농도는 15%로 측정되었으며, 80초 이후의 검사결과에서는 4.5%의 매연이 측정되어 매연의 발생이 많은 구간에서 감소효과가 나타남을 알 수 있다. 즉, 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 각각 수행한 경우보다 이를 동시에 수행한 결과 운행차 배출가스 정밀검사 시작 후 8.5초부터 적합 판정이 이루어졌으며, 빠른 시간에 매연의 농도를 저감시킬 수 있음을 확인하였다. 또한, 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 각각 수행한 경우보다 이를 동시에 수행하였을 때의 매연농도감소는 평균적으로 73.0%와 62.5%의 감소효과를 확인하였다. 이는 인젝터 클리닝을 통하여 인젝터의 분사 패턴이 일정하게 되며, 흡기 다기관 클리닝을 적용함에 따라 카본에 의해 막힌 공기의 흐름이 원활하게 됨으로써 동시 적용시 매연의 저감 효과 및 이에 대한 시간이 단축된 것으로 사료된다.

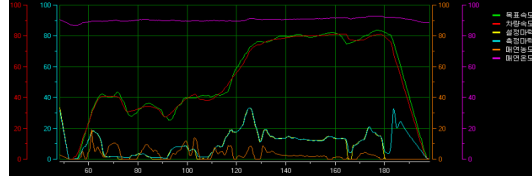


정밀 검사 결과표(KD-147)

(경유사용자동차용)

검수번호 제 E023-20110415-0027-1 호		(휘발유, 가스, 알콜사용 자동차용)																													
1) 등록 번호	3042078	2) 차대번호	KMHMB1VP3U177648																												
3) 제원관리번호	*****	4) 소유자성명 (상호)	*****																												
5) 차량(제작사)	프라제트(GTRAEET XG)	6) 차종(용도)	승용차																												
7) 연식	2003	8) 연료	경유																												
9) 누적주행거리	312,915 Km	10) 최초등록일	2003-04-23																												
11) 정밀검사유지기간만료일		12) 종합판정	부적합																												
13) 재검사기간		14) 정밀검사유지기간	1회 부적합 차량입니다.																												
15) 관능및기능검사	판정: 적합	16) 배출가스검사																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>검사항목</th> <th>측정치</th> <th>허용기준</th> <th>판정</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>무부하검사</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">부하</td> <td>1모드</td> <td>53.0%</td> <td>30.0%</td> <td>부적합</td> </tr> <tr> <td>2모드</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>3모드</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">검사</td> <td>최대출력</td> <td>PS</td> <td>PS</td> </tr> <tr> <td>연진원전수</td> <td>rpm</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>				검사항목	측정치	허용기준	판정	무부하검사	%	%	%	부하	1모드	53.0%	30.0%	부적합	2모드	%	%	%	3모드	%	%	%	검사	최대출력	PS	PS	연진원전수	rpm	%
검사항목	측정치	허용기준	판정																												
무부하검사	%	%	%																												
부하	1모드	53.0%	30.0%	부적합																											
	2모드	%	%	%																											
	3모드	%	%	%																											
검사	최대출력	PS	PS																												
	연진원전수	rpm	%																												
대기온도	24.40	대기압력	99.10																												
17) 길이	4,695 mm	20) 할식	D4EA																												
18) 너비	1,840 mm	21) 배기량	1,991 cc																												
19) 높이	1,705 mm	22) 정격출력/회전수	126A000																												
23) 차량중량	1,900 kg	24) 총중량	2,485 kg																												
25) 정원	9 명	26) 특기사항																													

(a) Before Injector cleaning



정밀 검사 결과표(KD-147)

(경유사용자동차용)

검수번호 제 E023-20110415-0027-2 호		(휘발유, 가스, 알콜사용 자동차용)																													
1) 등록 번호	3042078	2) 차대번호	KMHMB1VP3U177648																												
3) 제원관리번호	*****	4) 소유자성명 (상호)	*****																												
5) 차량(제작사)	프라제트(GTRAEET XG)	6) 차종(용도)	승용차																												
7) 연식	2003	8) 연료	경유																												
9) 누적주행거리	312,918 Km	10) 최초등록일	2003-04-23																												
11) 정밀검사유지기간만료일		12) 종합판정	적합																												
13) 재검사기간		14) 정밀검사유지기간																													
15) 관능및기능검사	판정: 적합	16) 배출가스검사																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>검사항목</th> <th>측정치</th> <th>허용기준</th> <th>판정</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>무부하검사</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">부하</td> <td>1모드</td> <td>15.0%</td> <td>30.0%</td> <td>적합</td> </tr> <tr> <td>2모드</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>3모드</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">검사</td> <td>최대출력</td> <td>PS</td> <td>PS</td> </tr> <tr> <td>연진원전수</td> <td>rpm</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>				검사항목	측정치	허용기준	판정	무부하검사	%	%	%	부하	1모드	15.0%	30.0%	적합	2모드	%	%	%	3모드	%	%	%	검사	최대출력	PS	PS	연진원전수	rpm	%
검사항목	측정치	허용기준	판정																												
무부하검사	%	%	%																												
부하	1모드	15.0%	30.0%	적합																											
	2모드	%	%	%																											
	3모드	%	%	%																											
검사	최대출력	PS	PS																												
	연진원전수	rpm	%																												
대기온도	24.20	대기압력	99.10																												
17) 길이	4,695 mm	20) 할식	D4EA																												
18) 너비	1,840 mm	21) 배기량	1,991 cc																												
19) 높이	1,705 mm	22) 정격출력/회전수	126A000																												
23) 차량중량	1,900 kg	24) 총중량	2,485 kg																												
25) 정원	9 명	26) 특기사항																													

(b) After injector cleaning

Fig. 13. KD-174 mode test result for before & after injector and intake manifold cleaning

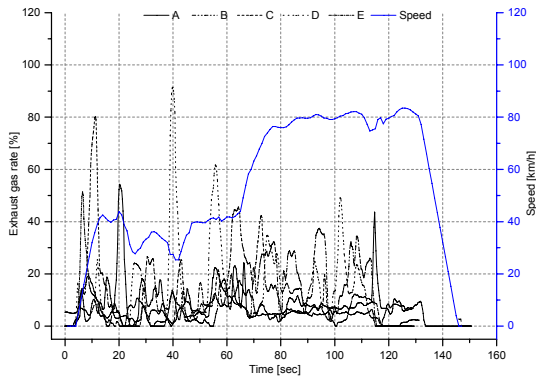


Fig. 14. Exhaust gas before Intake manifold and Injector cleaning

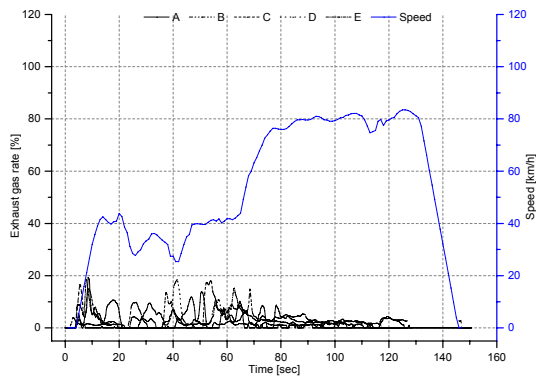
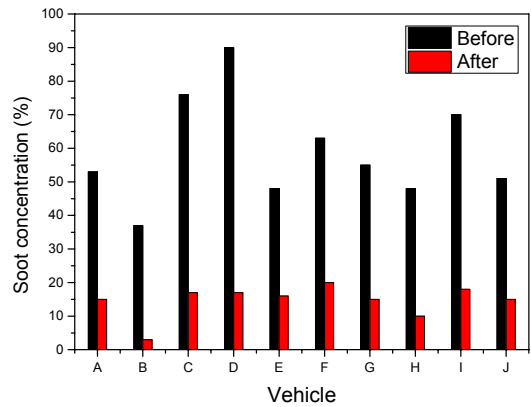


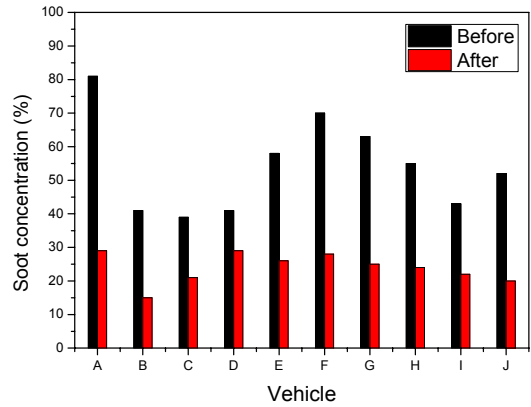
Fig. 15. Exhaust gas after Intake manifold and Injector cleaning

본 연구결과의 확인을 위하여 KD-147모드 운행차 배출가스 정밀검사를 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 13에 나타내었다. 1차 측정 시 매연발생이 52.2%로 부적합 판정이 이루어졌지만, 흡기 대기관과 인젝터 클리닝을 동시에 적용한 이후 1차 측정 시 15%로 적합 판정이 이루어졌다. 그러나 위의 결과들은 한 대의 차량에 대한 결과를 나타낸 것으로 신뢰성을 입증하기 어렵다. 따라서 신뢰성을 검증하기 위하여 운행차 배출가스 정밀검사 부적합 판정 자동차 중 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상 인 5대의 자동차에 대하여 흡기 대기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 적용하여 매연의 배출량을 분석하였다.

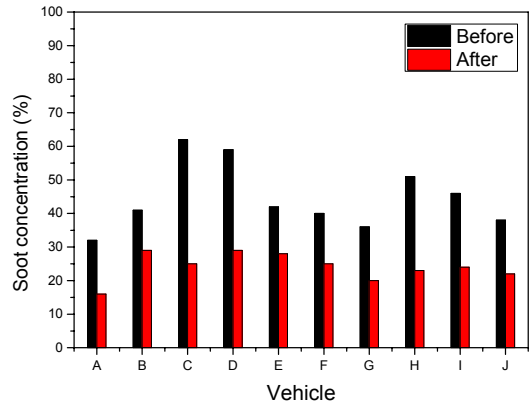
Fig. 14와 Fig. 15는 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상 된 자동차 5대에 대한 흡기 대기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 적용한 전·후의 매연 측정결과를 나타낸 것이다. 등속구간에서 매연의 발생이 균일함을



(a) Intake manifold and Injector cleaning



(b) Injector cleaning



(c) Intake manifold cleaning

Fig. 16. Soot measurement results on the type of automobile; (a)intake manifold and injector cleaning (b)injector cleaning (c)intake manifold cleaning

알 수 있다. 또한 기어변속 및 가속구간에서의 매연발생은 모든 자동차에서 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝 전과 비교하여 매연농도의 감소폭이 크다는 것을 확인하였다. 매연농도의 감소는 자동차 엔진에 부하가 걸리지 않고 원활하게 작동되는 것을 의미하며[12], 5대의 자동차 모두 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 실시하여 적합판정과 매연 발생저감 효과를 확인하였다.

Fig. 16의 (a), (b), (c)는 차령 5년 이상, 동일한 배기량 2,000 cc, 동일한 CRDI형식의 엔진장착 자동차 중 주행거리가 80,000~120,000 km로 비슷한 자동차 각 10대를 대상으로 (a) 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 실시 (b) 인젝터 클리닝을 실시 (c) 흡기 다기관 클리닝을 실시하여 매연농도에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다. 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝 전·후의 평균매연농도는 59.1%에서 14.6%로 클리닝 전과 비교하면 매연의 발생량이 75.2% 감소하였고, 인젝터 클리닝 전·후의 평균매연농도는 54.3%에서 23.9%로 클리닝 전과 비교하여 매연의 발생량이 55.9% 감소하였으며, 흡기 다기관 클리닝 전·후의 평균매연농도는 44.7%에서 24.1%로 클리닝 전과 비교하여 매연의 발생량이 46.1% 감소하였음을 확인하였다.

흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시에 수행하여 매연의 발생량을 허용배출기준인 30% 이하로 충분히 감소시킬 수 있으며, 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상 된 자동차의 경우 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝의 동시 수행이 필요함을 확인하였다. 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝의 동시 수행은 매연의 농도를 빠른 시간에 저감시키며, 흡기 다기관과 인젝터 클리닝을 각각 수행한 경우보다 훨씬 더 많은 매연의 농도 감소를 가졌음을 확인하였다. 따라서 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상의 자동차는 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝의 동시 수행이 필요한 것으로 사료된다.

4. 결론

차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상 된 자동차에서 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝의 동시 적용, 흡기 다기관 클리닝 적용, 인젝터 클리닝 적용에 따른 매연 발생에 미치는 영향에 대하여 실험하였으며, 본 연구

에서 얻은 결과는 다음과 같다.

- 1) 차령 5년 이상, 주행거리 80,000 km 이상 된 자동차의 매연 검사결과 흡기 다기관과 인젝터에 카본 퇴적물과 같은 이물질의 영향으로 엔진의 연소실 내에서 불완전연소가 발생하고, 매연의 발생이 증가함을 확인하였다.
- 2) 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 수행할 경우 검사 시작 후 8.5초부터 매연의 발생이 현저하게 감소하는 것을 확인하였다. 특히 완전연소로 인하여 등속구간에서의 매연발생 감소효과를 확인하였다.
- 3) 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 수행한 경우 평균 매연 농도는 75.2%, 인젝터 클리닝 후 매연농도는 평균 55.9%, 흡기 다기관 클리닝 후 매연농도는 평균 46.1% 감소하였으며, 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 동시 수행한 경우 한 가지만 수행하는 것보다 평균 매연농도가 절반 이상으로 줄어드는 것을 확인하였다.
- 4) 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝을 통하여 매연의 발생량을 허용배출기준 30% 이하로 빠른 시간 내에 감소시킬 수 있으며 노후 된 자동차의 경우 흡기 다기관 클리닝과 인젝터 클리닝의 동시 수행이 반드시 필요함을 확인하였다.

References

- [1] "Car General Inspection Training Fellowship", Transportation Safety Authority Operational headquarters inspection Automobile Inspection processed, p. 296, pp. 361-389, 2011.03
- [2] J. H. Kim., "Automotive diesel engine", Golden Bell, 04, 2011.
- [3] "Car General Inspection Training Fellowship", Transportation Safety Authority Operational headquarters inspection Automobile Inspection processed, p. 296, pp. 361-389, March, 2011.
- [4] Department of Environment(Environmental Transportation Division), "Regulations on driving vehicle exhaust gas test enforcement tricks Ministry of Environment notification, no. 2014-89, Jun, 2014.
- [5] H. J. Kang, "A Study on the Maintenance Method using the Analysis Data of the Exhaust Emission Close inspection Rest", *Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Industry Kumoh National Institute of Technology*, pp. 10, 2005.
- [6] A/S Learning Materials "Electronic control diesel engine,"

A/S Learning Materials Hyundai-Kia Automotive, Ver1, Jun, 2003.

- [7] D. S. Bae, J. S. Lee. "Study on Smoke Prediction in Heavy-duty Diesel Engine" *Journal of academia-industrial technology*, vol. 9, no. 4, 2008.
- [8] K. T. Park, H. H. Lee, J. S. Choi, "Professional Engineer Transportation Vehicles", ISBN 2010.
- [9] B. W. Kim "A Study on Optimization of Catalyst Injection Controller for Reducing Soot," *Journal of academia-industrial technology*, vol. 7 no. 3, 2006.
- [10] D. S. Bae "The Performance Test on A Continuous Regeneration DPF in A HD Diesel Engine," *Journal of academia-industrial technology*, vol. 7 no. 5, 2006.
- [11] S. J. Moon, S. j. Jeong, S. I Lee, T. H. Kim, "A Numerical Study on the Geometry Optimization of Internal Flow Passage in the Common-rail Diesel Injector for Improving Injection Performance", *Transactions of KSAE*, vol. 22, no. 2, pp. 91-99, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2014.22.2.091>
- [12] J. G. Hong, K. W. Ku, J. H. Kim, C. W. Lee, "Spray characteristics of CRDi for injection and ambient pressure", *KSAE 2012 Annual Conference in Dae-gu * Gyeong-buk branch*, pp. 56-60, 2012.

김 태 중(Tae-Jung Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 목포해양대학교 기관공학과 (공학사)
- 1998년 4월 ~ 2000년 6월 : STX 팬오션 해기사 (2등기관사)
- 2010년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2015년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 대학원 (공학박사)
- 2013년 3월 ~ 2015년 12월 : 조선이공대학교 자동차과 강의 전담 교수
- 2016년 1월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 달성캠퍼스 자동차과 조교수

<관심분야>

열전달, 자동차 배출가스

강 현 준(Hyun-Jun Kang)

[정회원]



- 2006년 2월 : 금오공과대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2011년 3월 : 경남대학교 대학원 첨단공학과 (박사 수료)
- 2001년 3월 ~ 2003년 12월 : 한국산업인력공단 경북직업전문학교 교사
- 2004년 1월 ~ 2006년 3월 : 한국산업인력공단 강원직업전문학교 교사
- 2006년 3월 ~ 2008년 1월 : 한국폴리텍대학 강원캠퍼스 자동차학과 전임강사
- 2008년 1월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 달성캠퍼스 자동차학과 부교수

<관심분야>

열전달, 자동차 배출가스, 내연기관