

소형엔진의 배출가스측정방법에 따른 질소산화물 및 매연에 관한 연구

한영철*, 나원용**, 오용석***, 문병철****, 박봉규*****, 박귀열*****

A Study on NOx and Smoke by Exhaust Gas Measuring Method of Light-Duty Engine

Young-Chool Han*, Wan-Yong Na**, Yong-Suk Oh***, Byung-chul Moon****,
Bong-Kyu Park*****, Kyi-Yeol Park*****

Abstract

Recently, increasing usage of diesel vehicle, many countries try to reduce the pollutant materials by emission regulation standard. Particularly, in our country, the supplement ratio of diesel vehicle is high, and air pollution by vehicle exhaust gas is very serious. So, in study, we tested exhaust gas by various mode in-light duty diesel engine. Therefore, we can know about NOx and smoke seriousness.

Key Words : light-duty engine(소형엔진), load method(부하검사방법), exhaust gas(배출가스), NOx(질소산화물), smoke(매연)

1. 서 론

전세계적으로 산업의 급속한 발전과 더불어 인류의 운송수단으로 이용되고 있는 자동차는 하루가 다르게 급격한 증가현상을 나타내고 있다. 이에 생활의 편리성도 향상되었지만 이와 더불어 교통난의 가중화와 이들 차량에서 배출하는 각종 오염 물질들로 인한 대기환경오염측면도 심각한 실정이다. 따라서 선진국은 물론 국내에서도 이 차량들로부터 배출되는 오염물질의 규제가 갈수록 엄격해지고 있다. 특히 국내에서는 고저대가 많고 가솔린의 가격 상승으로 인해 가솔린차량보다 디젤차량의 보급비율이

점차 늘어나고 있는 것이 사실이다.⁽¹⁾ 자동차에서 배출되는 오염물질을 저감시키기 위해서는 제작 단계에서부터 제작차 배출가스 허용기준에 적합한 자동차가 생산되도록 철저히 관리해야함은 물론 자동차가 도로에서 운행하는 동안에도 정비점검을 철저히 하여 오염물질의 배출을 최소화하여야 한다. 차량에서 나오는 심각한 오염물질로는 크게 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx) 및 매연(Smoke) 등으로 나눌 수 있고 이 중 CO와 HC는 큰 문제화되지 않고 있으나 NOx 와 매연은 특히 디젤차량에서 큰 문제시되고 있다.⁽²⁾

운행중인 차량에서 배출되는 오염물질을 측정하기 위하

* 국민대학교 기계·자동차공학부
** 신성대학 자동차계열(rwy@shinsung.ac.kr)
*** 국민대학교 자동차기술연구소
**** 서울정수기능대학 자동차과
***** 인천기능대학 자동차과

여 가솔린과 LPG차량은 정지가동시 CO, HC, 공기 과잉율을 측정하고, 디젤차량은 무부하 급가속시에 매연 농도를 측정하고 있다. 그러나 이들 운행차 배출가스 측정방법은 무부하 상태에서 측정되므로 도로에서 운행중인 차량에서 배출되는 양을 측정하는데 현재 시험방법으로서는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 대상차량을 소형디젤차량으로 하였으며, 운행중인 차량을 대상으로 하여 그 정확한 배출가스의 양을 운전조건에 따라 측정하기 위해 여러 가지 모드별로 시험법을 적용하여 배출가스(NOx 와 Smoke)를 측정하여 정량화 하여 현재 국내에서는 측정되고 있지 않은 NOx의 심각성을 나타내고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 배출가스 측정원리⁽²⁾

소형차량에서 배출되는 배출가스의 측정원리를 살펴보면, 배출가스시험은 사시동력계에서 규정된 주행모드에 따라 운전하면서 배출가스를 일정 비율의 공기와 희석하고 희석된 배출가스의 일부를 테프론백에 채취하여 배출가스 중 일산화탄소, 탄화수소 및 질소산화물 등을 분석하고 여기서 일산화탄소는 비분산적외선분석법(NDIR:non-dispersive infrared), 탄화수소는 불꽃이온화검출법(HFID:heated flame ionization detector)로 측정하고, 질소산화물은 화학발광법(CLD:chemiluminescent detector)에 기준하여 일산화질소(NO)와 오존(O₃)의 반응에 의한 이산화질소의 생성과정에 있어서 화학발광을 측정하는 방법이며, 매연은 smoke test를 이용하여 여지반사법을 적용한다. 이 때 시험조건은 각 해당차량에 맞는 모드를 사용하여 측정하게 된다.

2.2 운행차 배출가스 검사방법^(2,4,5)

2.2.1 휘발유 자동차 및 LPG 자동차

2.2.1.1 정지가동시(Idle)시 CO, HC, 공기과잉율(λ) 측정법

우리나라 및 일본에서 사용하고 있는 운행차 배출가스 측정법으로서 수시 및 정기검사에 정지가동 상태에서 CO, HC 및 공기과잉율(λ)을 측정하고 있다.

2.2.1.2 speed idle

미국의 일부 주 또는 도시에서 시행하고 있는 운행차 배출가스 시험방법으로서 정지가동(Idle)상태와

2500rpm(Fast Idle)에서 CO, HC를 측정한다.

2.2.1.3 ASM(Acceleration Simulation Mode) 시험

미국의 일부 도시와 캐나다 밴쿠버에서 사용하고 있는 ASM 시험방법은 자동차를 무부하 상태의 정지가동시 배출가스를 측정하는 방법보다는 개선된 방법으로 IM240의 Transient용 차대동력계보다는 간단한 Steady State용 동력계에 부하 및 차속에 따라 운행차의 배출가스를 측정하는 시험방법으로는 ASM 2525와 ASM 5015의 2가지가 있다.

2.2.1.4 IM 240 및 RG 240 시험법

IM240 시험방법은 제작차 배출가스 시험방법인 CVS-75시험법과 유사하게 자동차가 실제 도로상에서 주행할 때 정지, 가속, 정속, 감속 등을 반복하는 과정을 대표화한 주행모드로 차대동력계상에서 240초동안 1.959 mile을 주행할 때 배출되는 CO, HC, NOx를 중량 단위(g/mile)로 측정하며, 실제 오염물질 배출량과 유사하여 오염물질과 다 배출차량의 선별 및 정비에 유효한 방법이다.

2.2.2 경유자동차

2.2.2.1 무부하검사방법

무부하검사방법에는 여지반사식과 광투과식이 있다. 여지반사식 매연측정기는 자동차에서 배출되는 매연의 일정량을 매연 측정기의 흡입펌프로 흡입하여 흡입통로의 도중에 일정 통과면적을 가진 여지에 탄소입자를 오염시킨 후 그 오염도를 가지고 매연을 측정하는 방법이다. 광투과식 매연측정기는 자동차에서 배출되는 매연을 배기관으로부터 추출하여 유효광로 길이가 결정된 원통형 검출부내로 매연을 통과시켜 빛의 불투과율을 가지고 매연을 측정하는 방법이다. 우리나라는 여지반사식 매연측정기를 사용하고 있으나, 선진 외국의 경우 광투과식 매연측정기를 사용하고 있는 추세이다.

2.2.2.2 부하검사방법

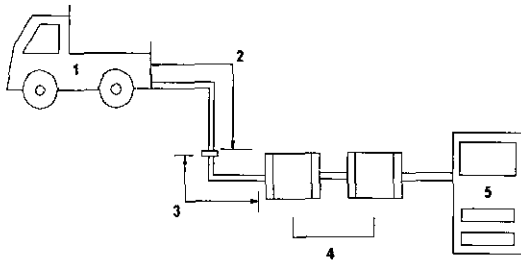
캐나다 Aircare에서 사용하는 경유자동차의 매연측정 방법은 경유자동차를 차대동력계상에서 10hp의 도로부하 마력과 50±3 km/hr의 정속 주행하면서 30초 동안의 매연을 측정하고, 그 중 안정된 5초 동안의 평균값을 측정하도록 하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

3.1.1 실험기관

운행차량의 배기가스관에 샘플링 프로브를 설치, 배출 가스 성능 시험한 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.



- 1. Testing vehicle
- 3. Sample hose
- 5. Exhaust gas analyzer

- 2. Sample prove
- 4. Filter box

Fig. 1 Schematic diagram of diesel emission measuring apparatus

3.1.2 측정장치

본 실험에서 사용된 측정장치로는 크게 기관동력계와 배출되는 가스를 측정하기 위한 가스분석기로 구분되며, 기관동력계의 제원은 Table 1에 가스분석기의 제원은 Table 2에 각각 나타내었다.

3.2 실험방법

실험방법으로는 위에서 서술한 측정방법을 토대로 하여 A에서 F까지의 다양한 모드별로 배출가스를 측정, 분석하였으며, 여기서 A, B모드는 무부하검사, C, D모드는 가솔

Table 1 Specifications of dynamometer

Items	Specifications
Model no	Mustang MD100
Power absorption	100hp
Maximum speed	100mph
Maximum weight	2,727kg

Table 2 Specifications of gas analyzer

Items	Specifications
Model	CGA-4200
Display	Digital type, 7segment LED
Operating	Temperature : -10~40℃ Humidity : less than 90%RH
Power	AC 110/220(50/60Hz) Free Voltage DC 12C Automobile battery power
Weight	12kg
Dimension	326×350×190

Table 3 Specifications of testing mode

A	Idle
B	Free acceleration
C	ASM 2525
D	ASM 5015
E	10PS/50km
F	13PS/50km

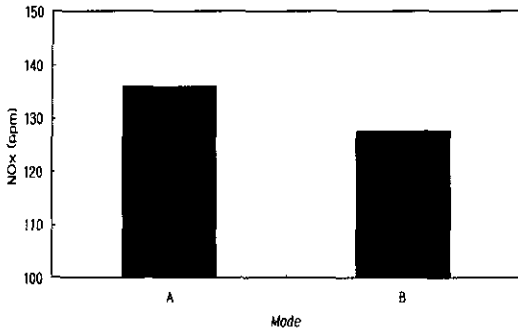
린기관의 시험방법인 ASM법, E, F모드는 부하검사로 테스트하였다. 이러한 모드별 검사방법을 Table 3에 나타내었다. 특히, 실험에 있어서 차량에서 배출되는 유해가스로 현 시점에서 가장 문제시되고 있는 질소산화물과 매연을 정량적으로 측정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

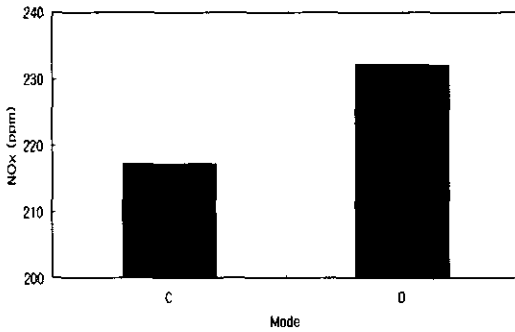
4.1 질소산화물(NOx)

각 모드별 측정결과는 Fig. 2에 나타내었다. 10PS/50km는 무부하 검사방법보다 166.2% 증가하였고, 10PS/50km는 178.0%증가하였다. 이는 ASM 검사방법과 유사한 결과를 나타내었다. ASM2525는 무부하검사 방법보다 69.5% 증가하였고, ASM5015는 82.5% 증가하였다. 이는 실제차량의 운행상태와 비슷하여실질적인 질소산화물 측정을 할 수 있었다.

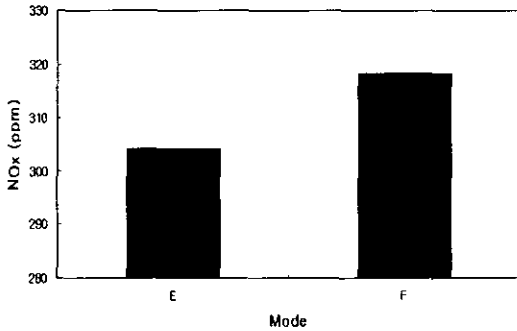
무부하와 부하시에 큰 차이를 보이며 무부하시 기준으로 비교한 모드별 배출가스 증가율 평균은 Table 4에 나타내었다.



(a) Non-load method



(b) ASM method



(c) Load method

Fig. 2 Test results of NOx from light-duty diesel engine

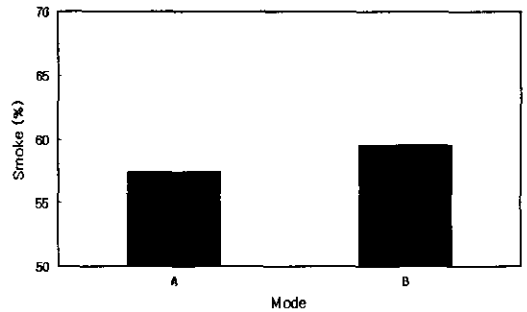
실제 차량의 운행상태와 비슷한 조건으로 측정된 부하 검사방법이 NOx 농도가 현저히 높게 배출된다는 것을 알 수 있었다.

4.2 매연(Smoke)

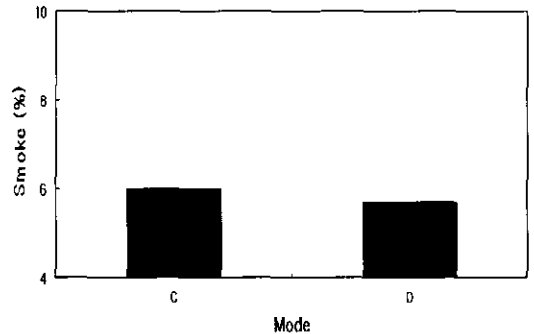
각 모드별 측정결과는 Fig. 3에 나타내었다. ASM법과

Table 4 Average increase rate of testing mode

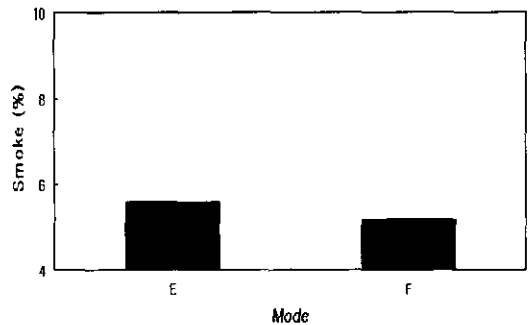
Testing mode	Average
Non-load VS ASM 2525	69.5%
Non-load VS ASM 5015	82.5%
Non-load VS 10PS/50km	166.2%
Non-load VS 13PS/50km	178.0%



(a) Non-load method



(b) ASM method



(c) Load method

Fig. 3 Test results of Smoke from light-duty diesel engine

부하검사시에 유사하게 측정되었다. 디젤기관의 스모크 배출특성과 같이 무부하시에 다량 배출되는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

소형디젤차량을 대상으로 각 모드별로 배출가스성능을 테스트하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 각 모드별로 배출가스를 측정된 결과, NOx 무부하시험시보다 부하시험시에 배출량이 늘어남을, 매연의 경우는 NOx와 상반된 결과가 나타남을 알 수 있었다.
- (2) 특히 질소산화물은 무부하 검사법, ASM 검사법, 부하검사방법 순으로 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 향후 환경 친화적인 측면에서 운행하는 디젤승합차의 매연뿐만 아니라 질소산화물 측정이 반드시 이루어져야 한다고 사료된다.

후 기

본 논문이 나오기까지 적극 지원해 주신 (주)정진시스템의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 국립환경연구원, "21세기 자동차 기술과 환경", 1999.
- (2) 자동차환경센터, "자동차환경개론", 문운당, 2000.
- (3) 한영출외 2인, "디젤기관의 성능과 배기관 특성에 의한 필터트랩의 열재생에 관한 연구", 한국공작기계학회 제 8권 제 2호, 1999.
- (4) Philip L. Heirigs외 3인, "Preconditioning effects on I/M test results using IM240 and ASM procedures", SAE 962091.
- (5) Juha Vattulainen, Rolf Hernberg, "Experimental determination of spontaneous diesel flame emission spectra in a large diesel engine operated with different diesel fuel qualities", SAE, 981380.