

## 운행 휘발유 자동차의 배출가스검사 시스템 비교

오 상 엽<sup>\*1)</sup> · 박 원 덕<sup>2)</sup>

경북대학교 자동차공학부<sup>1)</sup> · 교통안전공단 검사기준처<sup>2)</sup>

### Comparison in Emission Inspection System of a Gasoline Vehicle in Service

Sangyeob Oh<sup>\*1)</sup> · Wondeok Park<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>School of Automotive Engineering, Kyungpook National University, Gyeongbuk 742-711, Korea

<sup>2)</sup>Inspection Standard Office, Korea Transportation Safety Authority, 80-15 Magonggongdan-ro, Cheongni-myeon, Sangju-si, Gyeongbuk 742-831, Korea

(Received 7 December 2012 / Revised 18 April 2013 / Accepted 17 July 2013)

**Abstract** : In the most of a nation, the safety and emission gas inspection system of a vehicle in service have been conducted with the most compatible inspection system according to its real environmental situation. Especially, the state of vehicle emission gas is measured by advanced emission gas inspection equipment. It has the problem that the decrease effect of an environmental pollution matter is not calculated by weight percent measurement type equipment. Therefore, in this study, the correlations for the results of emission gas measurement are analyzed by comparing a weight percent measurement type (IDLE+ASM2525 mode) and an advanced mass measurement type (IM240 mode). As the result, the selectivity of an emission gas by IM240 mode is higher than that by IDLE+ASM2525 mode. In the future, therefore, the introduction of IM240 mode and a mass measurement type equipment are necessary. Also, we need to prepare a vehicle emission gas inspection system for introducing IM240 mode.

**Key words** : Vehicle in service(운행 자동차), IM240(배기유량측정방법), ASM2525(가속모사모드), Weight percent measurement type(농도 측정방식), Mass measurement type(질량 측정방식), OBD(자기고장진단장치)

### 1. 서 론

국내 자동차검사 제도는 1917년부터 현재까지 교통안전공단과 민간 정비업체에서 운행 자동차의 안전검사 및 배출가스검사 업무를 수행해 오고 있다. 이 중에서 배출가스검사는 대부분 국가(미국, 유럽 연합, 일본, 중국 등)에서 각 나라의 실정에 적합한 자동차 배출가스검사 제도를 시행하고 있으며, 특히 첨단 배출가스검사 장비를 도입하여 배출가스(HC, CO, NO<sub>x</sub>) 상태를 확인하여 환경오염을 최대한 줄임으로서 국민의 건강을 보호하고, 배출가스검사

서비스 품질 향상에 지속적으로 노력하고 있다.<sup>1-4)</sup>

또한 2002년에는 대기환경개선을 위하여 대기환경보전법의 개정과 함께 배출가스 정밀검사제도가 도입되면서 자동차검사 전산시스템 개발, 검사 시설 및 장비의 개발, 배출가스검사 방법 및 기준 개발 등 다양한 연구 및 제도개선 활동이 지속적으로 이루어지고 있다. 특히, 자동차 종합검사시에는 자동차 정기검사용 검사장비외에도 배출가스 분석기, 매연측정기 및 매연포집기 등의 배출가스 정밀검사를 위한 여러 검사장비를 추가로 갖추어야 한다. 그러나 이러한 장비들 중 일부는 자동차검사 제도가 도입된 이래로 기술적인 변화없이 기존 검사장비를

\*Corresponding author, E-mail: syoh@knu.ac.kr

여전히 사용하고 있어서, 첨단장치가 적용된 신기술 자동차에 대한 검사의 신뢰성 문제가 발생되고 있는 실정이다.<sup>4)</sup>

현재 운행 휘발유 자동차의 배출가스 검사는 신속하게 짧은 시간내에 검사가 완료되어야 하며, 제작자동차의 기준보다는 다소 완화된 검사기준을 적용하고 있다. 결국 신속한 검사방식을 적용하기 위하여 불가피하게 농도측정 방식으로 배출가스 분석기를 사용하고 있는 실정이다. 따라서 기존의 농도측정 방식으로는 대기오염물질 감소효과 등을 직접적으로 산출할 수 없는 문제점을 안고 있다.<sup>4,5)</sup> 예로서 대기오염물질 배출계수를 산출한 연구<sup>6)</sup>가 있지만, 단순히 경형자동차에서 CO가 300 ppm과 대형자동차에서 CO가 300 ppm의 배출인 경우, 배출되는 농도는 같지만 배기량이 다르므로 배출되는 CO 총량은 서로 다르게 된다. 물론 배출계수를 적용하여 환산하고 있지만, 실제 상태와 다소 차이를 보이고 있다.

이와 같이 농도방식과 질량분석 방식을 비교 연구한 사례로서 국립환경과학원의 연구보고서<sup>5)</sup>에 따르면 질량분석 시험장비(VMAS, Vehicle Mass Analysis Sytem)와 제작차 인증시험장비인 정용적 시료채취장비(CVS, Constant Volume Sampler)와의 상관성시험 결과에서 상관성이 높게 나타났으며, 검사제도에 관한 효율성 문제를 제기한 바가 있다. 그러나 이 문제에 있어서 운행 자동차에 대한 배기가스 검사제도에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 운행 휘발유 자동차에 대하여 기존의 농도측정 방식과 개선된 질량측정 방식을 비교하여 그 상관관계를 분석하였다. 또한 배출가스 자기고장진단장치(OBD, On Board Diagnostics)의 진단만으로 배출과다 자동차를 선별할 수 있는가를 검토하였다. 아울러 국가 자동차검사제도 정책 운용에 기초 자료를 제공하는데 있다.

## 2. 시험방법

현재 자동차 검사소에서 사용하고 있는 배출가스 정밀 검사방법[IDLE+ASM2525(Acceleration Simulation Mode2525)]과 국내의 제작자동차 및 해외

의 운행 자동차에 사용하고 있는 배출가스검사 방법(IM240, Inspection Maintenance 240)으로 비교 시험하였다.<sup>4,11)</sup> 또한 OBD만을 사용한 배출가스 시험 결과와 비교하였다.

### 2.1 IDLE+ASM2525(휘발유) 모드 시험

자동차관리법 시행규칙<sup>12)</sup>에 따라 휘발유 자동차에 대해 Fig. 1과 같이 공회전(IDLE) 모드를 포함해서 ASM2525 모드(정속 모드) 부하검사를 실시한다.

1) 검사항목 : CO, HC, NO<sub>x</sub>

2) 검사방법 :

① 예열 모드 : 차대동력계상에서 25%의 도로부하에서 40 km/h 속도로 40초 동안 예열한다.

② IDLE 모드 : 예열모드 이후 공회전 상태에서 시료 채취관을 배기관 내에 30 cm 이상 삽입한다. 측정기가 안정된 후, CO(%), HC(ppm), 공기과잉률(λ)을 측정한다.

③ ASM2525 모드 : IDLE 모드 검사후, 차대동력계에서 25%의 도로부하에서 40 km/h 속도로 주행하면서 검사시작 25초 경과후, 모드가 안정된 구간에서 10초 동안 CO, HC, NO<sub>x</sub>(ppm)를 측정하여 산술평균 한다. 차대동력계에서의 배출가스 시험중량은 관성중량(자동차중량+136 kg)을 사용한다.

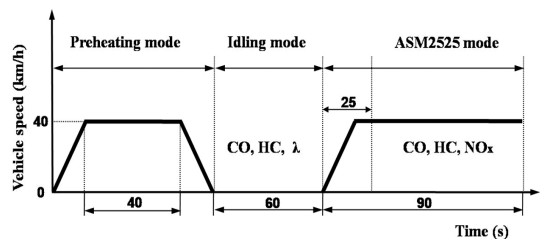


Fig. 1 IDLE+ASM2525 mode

### 2.2 IM240 모드 시험

차대동력계에서 Fig. 2에 보인바와 같이 도심지 도로를 주행하는 패턴을 분석하여 가장 평균적인 주행패턴을 통계적으로 추출한 모드로서, 0-60 mph 구간에서 공회전, 정속, 가속 및 감속을 반복하면서 240초 동안 운전하면서 배출되는 오염물질인 CO, HC, NO<sub>x</sub>를 시료채취하여 질량(g/km) 단위로 측정한다.<sup>7,8)</sup>

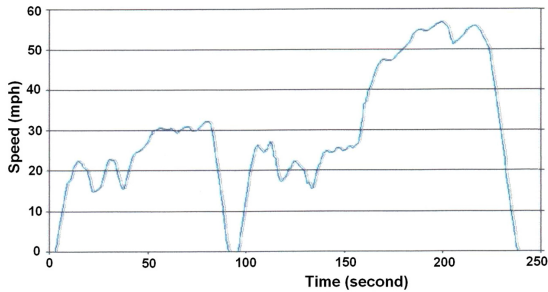


Fig. 2 IM240 mode<sup>7,8)</sup>

### 2.3 배출가스 분석기

배출가스 분석기는 IDLE+ASM2525 모드에서는 기존의 배출가스 분석기(CGA-6000 HN, HE)<sup>4,11)</sup>를 사용하였다. 반면, IM240 모드에서는 Fig. 3과 같은 질량분석이 가능한 질량분석기(VMAS)<sup>4,11)</sup>를 사용하였다. 또한 OBD 장비를 사용하였다.



Fig. 3 Emission gas analyzer(VMAS)

### 2.4 VMAS 분석기 개요

IM240 모드용 VMAS<sup>5-8)</sup> 장치의 구성은 Fig. 4에 보인 바와 같이 차대동력계, VMAS, 송풍기, RPM, 주제어장치 및 모니터 등으로 구성되어 있다.

식 (1)을 이용한 자동차의 배출가스를 질량(g/km) 단위로 측정하기 위해서는 배출가스 유량을 실시간으로 측정해야 한다. 아울러 배출가스 농도 및 밀도는 온도와 대기압과 연관성이 있기 때문에 보정해 주고 있다.<sup>8)</sup>

$$M = C \times D \times EV \quad (1)$$

where M : mass, C : concentration(%), D : density (g/ℓ) and EV : exhaust volume(ℓ)

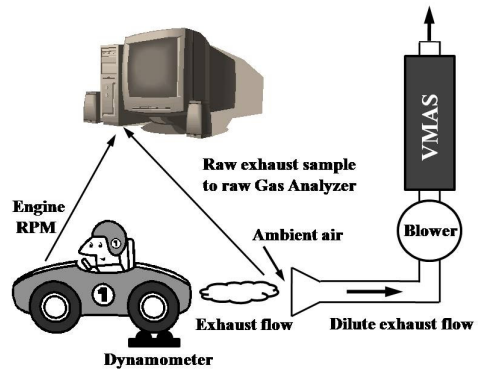


Fig. 4 A diagram of VMAS for IM240 mode<sup>7,11)</sup>

## 3. 시험결과

시험 자동차는 국내의 EF쏘나타, 그랜저TG 등 휘발유를 사용하는 등록된 승용 자동차 약 355만대중 30대를 임의로 선정해서 현행 배출가스검사 방식인 IDLE+ ASM2525 모드와 IM240 모드 검사를 실시하였다.

IDLE+ASM2525 모드는 운행 자동차 배출허용기준<sup>12)</sup>을 적용하였으며, IM240 모드는 운행 자동차의 배출허용기준이 없어서 제작자동차 배출허용기준<sup>13,14)</sup>을 적용하여 검사 모드간 상관관계를 비교하였다.

### 3.1 IM240-ASM2525 및 IM240-IDLE 모드 (CO) 상관관계

Fig. 5에는 IM240-ASM2525와 IM240-IDLE 모드의 CO 배출 결과의 추정회귀 직선 및 상관계수(R<sup>2</sup>)를 각각 나타내었다.<sup>15)</sup> 즉, R<sup>2</sup>=0.0063, R<sup>2</sup>=0.0066을

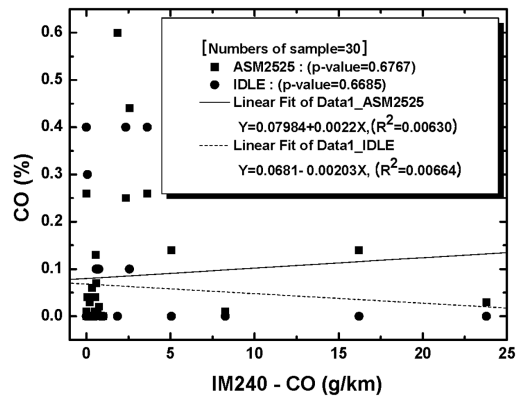


Fig. 5 Correlation for IM240-ASM2525/IDLE mode (CO)

로서 추정회귀 직선은 자료를 잘 설명할 수 없으며, 상관관계는 매우 낮았다. 보통 상관계수는 0~1사이의 값을 보이는데, 1에 가까울수록 상관관계는 높다. 그리고 추정회귀 직선의 기울기가 각각 0 및 음의 값을 보였다. 보통 기울기가 양의 45도 방향을 보일 때가 가장 상관관계가 높게 된다.

유의수준 5%에서 유의확률(p값)은 각각 0.6767, 0.6685로서 통계적으로 유의성이 없었다.<sup>15)</sup> 보통 p값은 유의수준(5%)보다 낮으면 통계적으로 유의성이 있게 된다.

### 3.2 IM240-ASM2525 및 IM240-IDLE 모드 (HC) 상관관계

Fig. 6에는 IM240-ASM2525와 IM240-IDLE 모드의 HC 배출 결과의 상관계수를 각각 나타내었다. 즉,  $R^2=0.3474$ ,  $R^2=0.5102$ 로서 추정회귀 직선은 자료를 잘 설명할 수 있으며, CO에 비해서 상관관계는 높게 나타났다. 유의수준 5%에서 유의확률은 각각 0.0006, <0.0001로서 통계적으로 유의성이 있었다.

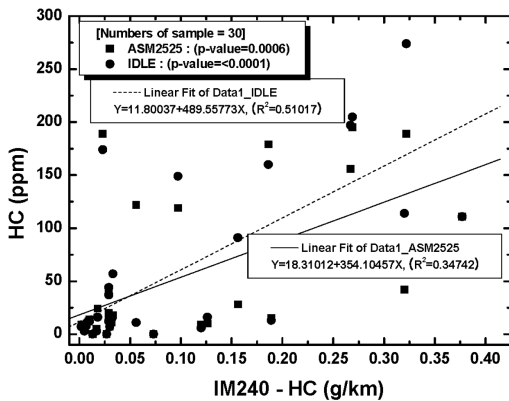


Fig. 6 Correlation for IM240-ASM2525/IDLE mode (HC)

### 3.3 IM240-ASM2525 모드(NOx) 상관관계

Fig. 7에는 IM240-ASM2525 모드의 NOx 배출 결과의 상관계수를 나타내었다. 즉,  $R^2=0.3899$ 로서 HC와 비슷한 정도로 추정회귀 직선은 자료를 잘 설명할 수 있으며, 상관관계는 높게 나타났다. 유의수준 5%에서 p값은 0.0002로서 통계적으로 유의성이 있었다. 한편, IM240-IDLE 모드에서는 NOx에 대한 검사를 하지 않고 있기 때문에 상관성을 비교할 수 없었다.

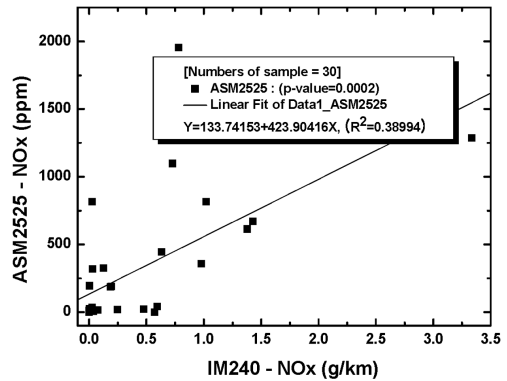


Fig. 7 Correlation for IM240-ASM2525 mode (NOx)

### 3.4 ASM2525-IDLE 모드(CO, HC) 상관관계

Fig. 8과 Fig. 9에는 ASM2525-IDLE 모드의 CO와 HC 배출 결과의 상관계수를 각각 나타내었다. 즉,  $R^2=0.1524$ ,  $R^2=0.8092$ 로서 CO인 경우에는 상관성이 낮게 나타났으나, HC인 경우에는 높게 나타났다. 유의수준 5%에서 p값은 각각 0.0239, <0.0001로서 통계적으로 유의성이 있었다.

Table 1에는 각 모드에 따른 HC, CO 및 NOx 배출 가스에 대한 상관계수와 p값을 각각 비교하여 나타내었다. 전체적으로 CO의 경우에는 각 모드에 따라 상관성이 낮았으며( $0 < R^2 < 1$ ), 통계적으로 유의성이 없었다. 반면, HC와 NOx의 경우에는 상대적으로 상관성이 높게 나타났으며, 통계적으로 유의성이 있었다. 따라서 기존에 사용하고 있는 IDLE+ASM2525 모드보다는 실제 도심 주행 조건을 반영한 IM240 모드로 배출가스 검사를 시행하는 것이 HC와 NOx를 평가하는데 유익할 것으로 보인다. 아울러 질량

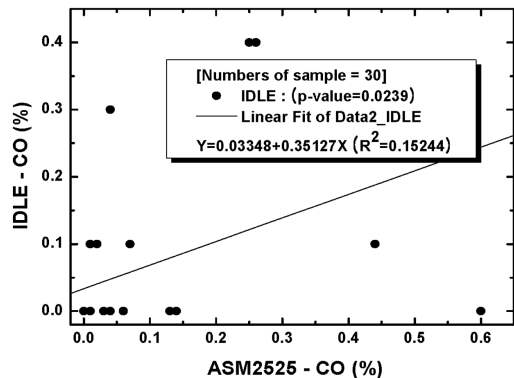


Fig. 8 Correlation for ASM2525-IDLE mode (CO)

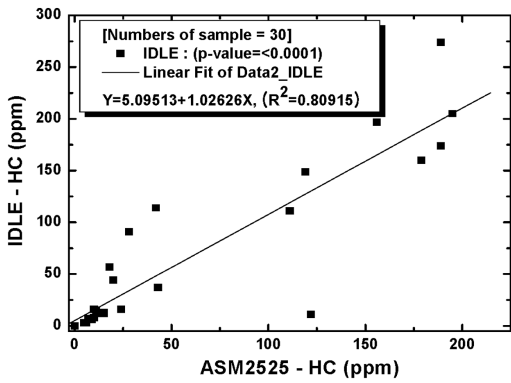


Fig. 9 Correlation for ASM2525-IDLE mode (HC)

Table 1 Compare coefficient of correlation and p-value

Test mode	p-value	Coefficient of correlation (R <sup>2</sup> )		
		HC	CO	NOx
IM240-ASM2525	0.6767	-	0.0063	-
IM240-IDLE	0.6685	-	0.0066	-
IM240-ASM2525	0.0006	0.3474	-	-
IM240-IDLE	<0.0001	0.5102	-	-
IM240-ASM2525	0.0002	-	-	0.3899
IM240-IDEL	-	-	-	-
ASM2525-IDLE	0.0239	-	0.1524	-
ASM2525-IDLE	<0.0001	0.8092	-	-
CVS/IM240- VMAS/IM240 <sup>5)</sup>	-	0.992	0.986	0.982
Gordon-Darby VMAS-ASM <sup>7)</sup>	-	0.945	0.994	0.995

분석기를 사용하여 배출가스의 총량을 구하는 것이 더 효과적이라고 볼 수 있다.

직접적인 비교대상은 아니지만, 교통환경연구원 보고서<sup>5)</sup>에 의하면, CVS/IM240-VMAS/IM240 모드의 비교시험에서는 HC, CO 및 NOx 모두 R<sup>2</sup>=0.98 정도로 높은 상관성을 보인 바가 있다.

### 3.5 자기고장진단장치(OBD)와의 검사비교

국내에서는 현재 배출가스 정밀검사에서 배출가스를 직접 측정하고 있으며, OBD를 사용하여 배출가스 관련 부품 및 결합의 유무를 확인하고 있다.

그러나 미국 등<sup>12)</sup>에서는 OBD 장치만을 사용하여 검사하고 있는 경우가 많기 때문에 실제 OBD 장치만으로 배출가스 과다 자동차를 선별할 수 있는가를 검토하였다.

1) OBD를 사용한 경우, 배기관에서 직접 검사 모드별(IDLE+ASM2525, IM240)로 검사한 경우<sup>4)</sup>

시험방법으로는 현재 검사소에 설치된 OBD를 사용한 후, IDLE+ASM2525 모드에 따라 검사를 시행한 후, IM240 모드로 총 35대를 시험하였다.<sup>4)</sup>

시험결과로서 소형 자동차인 경우에 자동차의 출력이 부족하였고, 제어맨인 경우 높은 속도 범위에서 자동차의 엔진을 보호하기 위하여 출력을 제한하여 IM240 모드 수행에 어려움이 발생하였다. 검사 모드에 따른 배출가스 선별성은 IM240 모드에서 부적합 판정 횟수가 많이 나타났으나, 각 모드에 따른 배출허용 기준이 서로 다르기 때문에 본 시험 결과만으로 과다배출 자동차의 선별성이 가장 좋다고 할 수 없었다.

2) 동일한 자동차에 대한 센서별로 임의 고장낸 후, 배출가스 자동차의 선별성 시험인 경우<sup>4)</sup>

총 35대의 자동차중에서 EF쏘나타와 그랜저TG 2대의 자동차에 대하여, 임의의 센서 탈거에 의한 각 검사 모드에 따른 CO, HC 및 NOx의 배출 상태를 각각 Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12 및 Fig. 13에 나타내었다.<sup>4)</sup>

CO에 있어서는 IDLE과 ASM-2525 모드인 경우, 산소센서 탈거에 따라 배출가스가 증가한 반면 IM240 모드에서는 수온센서, 산소센서 및 AFS 센서 탈거시 배출가스가 증가하였다. HC에 있어서는 산소센서를 탈거한 경우, IDLE과 ASM2525 모드인 경우에는 배출가스가 증가하였으나, 그 외 센서의 탈거에는 큰 영향을 주지 않았다. NOx에 있어서, 그랜

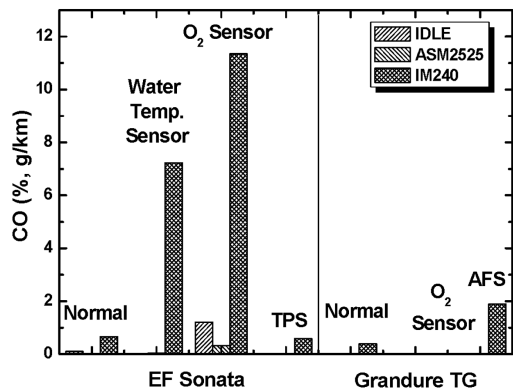


Fig. 10 Compare CO emission with the test modes according to the removal of the emission related sensors

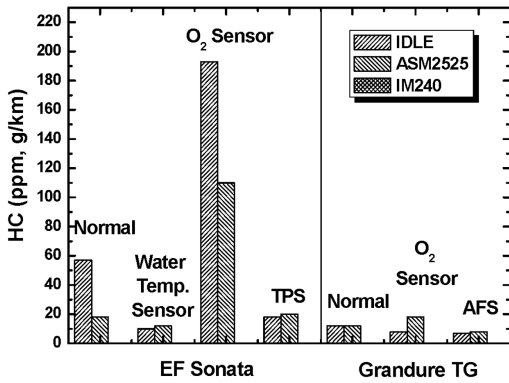


Fig. 11 Compare HC emission with the test modes according to the removal of the emission related sensors

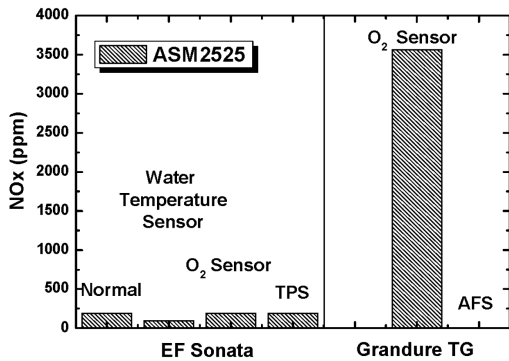


Fig. 12 Compare NOx(ASM2525) emission with the test modes according to the removal of the emission related sensors

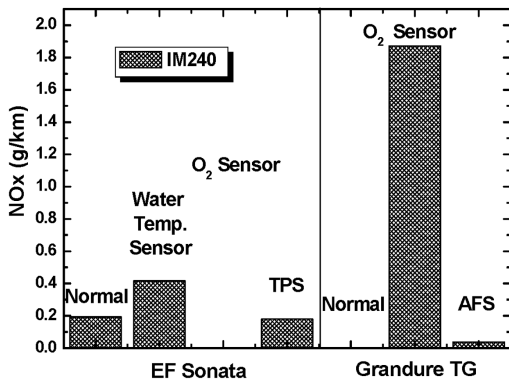


Fig. 13 Compare NOx(IM240) emission with the test modes according to the removal of the emission related sensors

저TG에서는 ASM2525와 IM240 모드에서 배출가스가 증가하였다.

이 시험결과를 자동차 검사 업무에 활용하기 위해서는 향후 추가시험을 통해 배출가스 관련 부품에 따른 배출가스 배출 특성을 규명할 필요가 있다.

#### 4. 결론

운행 휘발유 자동차에 대하여 기존의 농도측정 방식(IDLE+ASM2525 모드)과 개선된 질량측정 방식(IM240)으로 배출가스 시험을 비교하여 그 상관관계를 분석하였다.

- 1) IM240-ASM2525와 IM240-IDLE 모드의 CO 측정에서는 상관계수( $R^2$ )가 0.006로 낮았으며, 유의수준 5%에 대한 유의확률(p값)이 0.67으로서 통계적으로 유의성이 없었다. 그러나 HC와 NOx 측정에서는  $R^2$ 이 0.3~0.5로 높았으며, p값은 0.0006 으로서 통계적으로 유의성이 있었다.
- 2) 배출가스 선별성은 IDLE+ASM2525 모드에 비해 IM240 모드에서 부적합 판정 횟수가 많이 나타남에 따라 선별성이 양호하였지만, 배출허용기준이 서로 다르기 때문에 IM240 모드가 과다 배출 자동차의 선별성이 더 우수하다고 단정할 수 없었다.
- 3) 그러나 도심의 도로조건을 충실하게 반영된 IM240 모드가 선별성이 더 높게 나타남에 따라서, 향후 IM240 모드 및 질량분석 방식의 시험방법을 도입할 필요성이 있다. 또한 IM240 모드 도입을 위한 검사기준을 마련할 필요가 있다.
- 4) OBD를 사용한 비교시험에서는 동일한 자동차에 대하여 배기가스 관련 센서에 결함이 있었지만, IDLE-ASM2525 모드는 배출가스 측정값에 영향을 주지 않았으나, IM240 모드에서는 측정값에 영향을 주었기 때문에 CO와 NOx의 배출량이 증가하였다.
- 5) 따라서 환경오염을 방지하고, 운행 자동차에 대한 배출가스검사의 제도개선의 실효성을 높이기 위하여 추가적인 기초 및 비교 연구가 필요하다.

#### References

- 1) S. Y. Oh, U. S. Yeo, W. D. Park, Y. D. Jung and B. D. Kang, "Improvement in Emission Inspection System of a Gasoline Vehicle in

- Service,” KSAE Annual Conference Proceedings, pp.536-542, 2012.
- 2) KOTI, KTSA, A Study Report of Improvement Plans for Vehicle Inspection System, R&D/2000-policy Innovation-16, 2001.
  - 3) K. Newton, W. Steeds and T. K. Garrett, The Motor Vehicle, Society of Automotive Engineers, pp.424-456, 1996.
  - 4) S. Y. Oh, H. I. Lee, G. W. Kim and I. S. Che, A Study for High Technology Vehicle Inspection System, School of Automotive Engineering, Kyungpook National University, 2012.
  - 5) M. D. Eom, J. S. Han, S. M. Kim and J. C. Kim, Improvement of the Test Method on the In-use Vehicles by Periodical Emission Inspection - A Correlation Test of between Constant Volume Sampler of Automotive Exhaust Gas Analyzer with Vehicle Mass Analysis System, National Transportation Pollution Research Center, National Institute of Environmental Research, 2006.
  - 6) T. Lee, J. Kim, J. Park, M. Eom, J. Kim and D. Lee, “Emission Factor and Fuel Economy Calculation using Vehicle Inspection and Maintenance Program,” Transactions of KSAE, Vol.17, No.5, pp.97-106, 2009.
  - 7) Gordon-darby Vmas Study Outline, Sensors Inc., 1999.
  - 8) R. Klausmeier, Comparison of VMAS Transient IM Test with Steady-state IM Test, de la Torre Klausmeier Cosulting, Inc. (dKC), 2001.
  - 9) US EPA, IM240 & Evap Technical Guidance, EPA420-R-00-007, 2000.
  - 10) TOYOTA Technical Training, “Emission Testing & Enhanced I/M,” Advanced Emission & Drivability Diagnosis - Course 972, pp.15-28, 2005.
  - 11) JASTEC. Co. Ltd, <http://www.Jastec.co.kr>, 2012.
  - 12) MLTMA' Law, No.414, Vehicle Administration Law Operation Regulation, 2011.
  - 13) ME Official Instructions, Regulation of Test and Inspection Process for Production Vehicle, No.2009-289, 2009.
  - 14) ME Official Instructions, Regulation of Certification, Test and Inspection Process for Production Vehicle, No.2009-290, 2009.
  - 15) H. C. Kim, J. C. Oh, B. I. Yun and G. M. Jung, Understanding Statistics, Kyungmoon Publishing Co., Seoul, pp.233-235, 2010.