

## 국내 다목적자동차의 오염물질 배출특성 연구

### A Study on the Exhaust Characteristics of Pollutants from Recreational Vehicle(RV) in Korea

정성운\* · 류정호 · 유영숙 · 임철수

국립환경과학원 교통환경연구소

(2005년 11월 22일 접수, 2005년 12월 14일 채택)

Sung-Woon Jung\*, Jeong-Ho Ryu, Young-Sook Lyu and Cheol-Soo Lim

Transportation Pollution Research Center, National Institute of Environmental Research

(Received 22 November 2005, accepted 14 December 2005)

#### Abstract

In Korea, the number of recreational vehicle (RV) has been increased dramatically recent year. Now there are emission regulations for RV which include pollutants such as CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM. However considering the trend of preferring RV, there needs more strict strategies to control emissions from this type of vehicle. For that reason, we studied emission characteristics of RV and provided basic emission data to evaluate the contribution of RV to the total air pollutant emissions and to establish RV emission management plan.

A total of 21 RV were tested on the chassis dynamometer system ranging from small to large engine displacement by vehicle speed, fuel types, regulations and fuel efficiency in order to investigate the characteristics of CO, HC, NO<sub>x</sub> and PM. For the test modes, 10 different driving speed modes and CVS-75 mode were used.

On the basis of this study, RV pollutants emission factors and management strategies will be proposed.

**Key words :** Recreational vehicle (RV), Emission regulations, Fuel types, Fuel efficiency, Chassis dynamometer system

#### 1. 서 론

최근 심화되고 있는 대도시 대기오염에서 자동차 배출량이 전국 대기오염 배출기여율이 약 40%이고 특히 수도권지역은 약 52%로 전체 오염물질 중에서 가장 높은 비율 차지하고 있다(국립환경과학원, 2005). 국내 다목적자동차(RV)의 판매추이는 1995

년 약 8만대(승용자동차의 7%)에서 매년 지속적으로 증가하다가 특히 2000년에 약 43만대(승용자동차의 41%)로 급격히 증가하였으며 현재까지 증가추세를 보이며, 다목적자동차(RV)의 대기오염 발생 기여율이 급격히 높아지고 있는 실정이다. 2004년 승용차 국내 판매대수의 약 40%가 다목적자동차(RV)이고 약 70%가 경유차로, 사회적으로 다목적자동차(RV)에 대한 관심이 높은 것을 알 수 있다(현대·기아 모터스, 2005). 다목적자동차의 정의는 주로 사람을 운송하면서 다양한 용도로 사용하기 적합하게

\*Corresponding author.

Tel : +82-(0)32-560-7681, E-mail : actual77@me.go.kr

제작된 자동차를 뜻하며 규모는 엔진배기량 800 cc 이상 및 차량총중량 2.5 ton 미만이고 (환경부, 2004) 일반적으로 Recreational vehicle (RV) 또는 Sport utility vehicle (SUV)로 불려진다.

다목적자동차 (RV)의 배출가스 규제항목인 CO, HC, NOx, PM 등에 대해 정확한 배출계수를 산정하고, 배출특성을 파악하는 것은 필수적이라 하겠다. 그러나 국내에서는 다목적자동차 (RV)에 대한 배출실태조사가 이루어지지 않아 이를 파악하는데 어려움이 있는 실정이다. 또한 국외에서도 다목적자동차 (RV)에 대해 차종을 분류하고 특성을 비교한 연구 사례가 거의 없는 상황이다.

본 연구에서는 경유 및 LPG 다목적자동차 (RV)의 배출가스 규제항목의 배출계수 산정을 위한 중요단계로 차속별, 연료유형별, 주행거리별, 규제연식별, 연비특성별로 배출특성을 파악하여 향후 다목적자동차 (RV)에 대한 효율적인 대기질관리에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 연구 및 방법

### 2.1 시험대상 차량

본 연구에서는 다목적자동차 (RV)의 배출특성을 조사하기 위해 국내에 등록된 경유 및 LPG 다목적자동차 (RV)의 점유율 등을 고려하여 차종을 선정하였고 다목적자동차 (RV) 배출가스 보증기간인 80,000 km 미만과 80,000 km 이상으로 구분하여 (환경부, 2004), 선정한 대표차종을 시험하여 온실가스 및 규제물질의 배출특성을 조사하였다. 본 연구에서는 경유차량 15대, LPG차량 6대로 총 21대를 시험하였다 (표 1).

### 2.2 시험방법

#### 2.2.1 시험장치

배출가스 측정은 차대동력계상에서 실시하였다. 측정장치는 주로 차대동력계, 보조운전장치, 시료채취장치, 희석터널, 입상상물질 측정장치 및 배출가스 분석기 등으로 구성되어 있다. 차대동력계는 자동차가 실제 도로를 주행할 때 정지, 가속, 정속, 감속 등을 반복하는 과정을 대표화한 실측 주행모드를 사용하여 모사 주행할 수 있도록 자동차에 부하를 걸어주

는 장치로, 관성중량 (Inertia weight), 동력흡수계 (Power absorption unit), 제어기 (Controller)로 구성되어 있으며 그 제원은 표 2에 나타내었다.

배출가스 측정은 시험자동차가 차대동력계의 롤러 위에서 각 모드별로 주행할 때 배기관으로부터 배출되는 가스를 정용량시료채취장치 (CVS : Constant volume sampler)에서 일정량의 공기로 희석한 후, 시료채취백에 채취하여 배출가스 분석기로 분석하였다. 운전보조장치 (Driver aid)는 운전자가 자동차로 도로에서 주행하는 상태로 운전 할 수 있도록 화면에 운행상태를 표시해 주는 장치이다. 또한 시료채취장치 (Constant volume sampler)는 자동차 배출가스를

Table 1. Test vehicle class and fleet.

Vehicle class	Vehicle fleet by odometer		Total	Sum
	Odometer	Fleet		
Recreational Vehicle (RV)	Diesel	Below 80,000 km	11	15
		Over 80,000 km	4	
	LPG	Below 80,000 km	2	6
		Over 80,000 km	4	

Table 2. Specification of chassis dynamometer.

Items	Specifications
Model	DCE-80
Power absorption	40HP
Maximum inertia weight	3,345 kg
Maximum roll speed	150 km/h
Roll size	21.97 cm
Trim wheel (lb)	680 kg

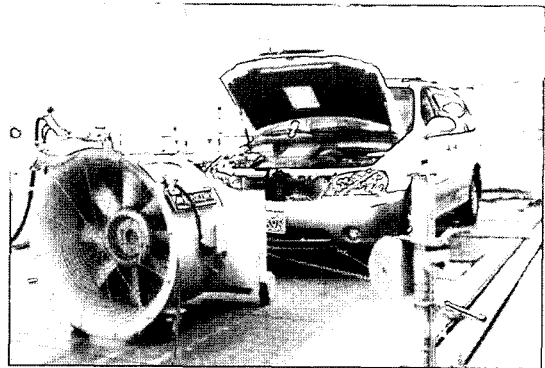


Fig. 1. Overview of chassis dynamometer.

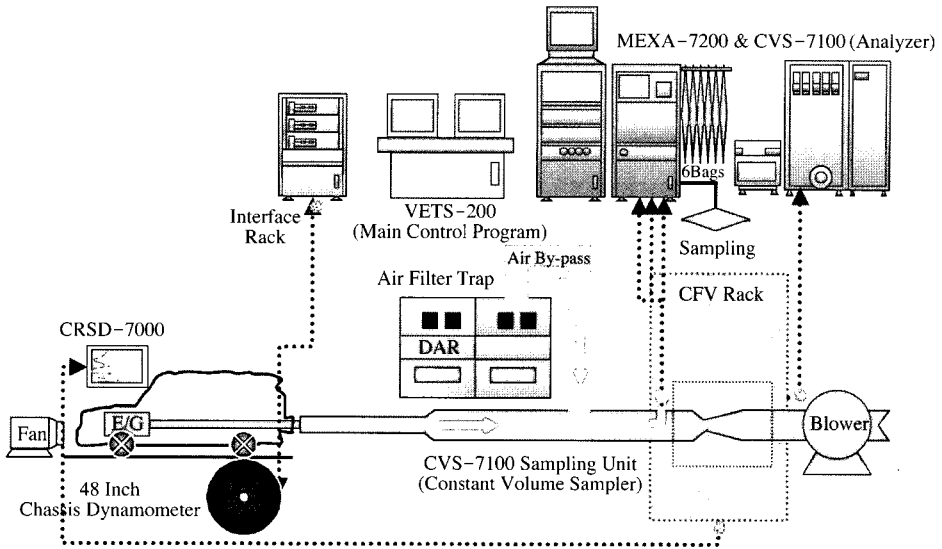


Fig. 2. Schematic diagram for exhaust emission test system.

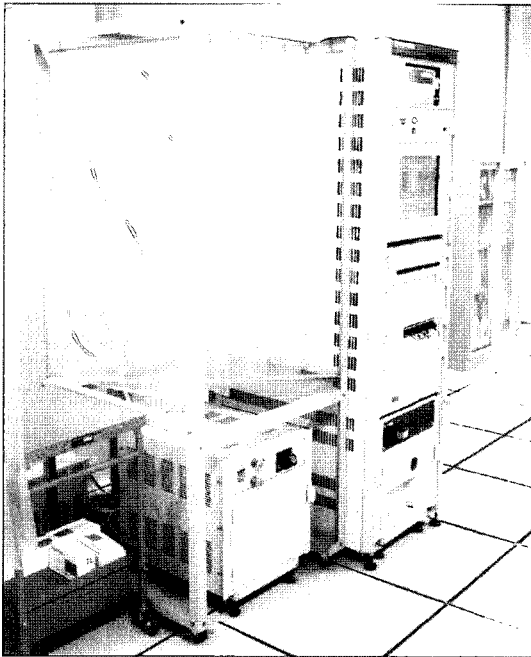


Fig. 3. Overview of exhaust gas analyzer.



Fig. 4. Overview of chassis dynamometer controller.

공기와 희석하여 채취할 수 있는 장치이며 희석터널은 고온에 의한 입자상물질의 변화를 배제시키고 대

기조건으로 제어하기 위해 시료채취온도가 항상 52 °C 이내로 유지되도록 외부공기와 배기가스를 희석시키는 기능을 한다. 그림 1은 차대동력계를 이용하여 시험하는 모습을 보여주고 있으며 그림 2는 배출가스 측정시스템의 계통도를 나타내고 있다.

#### 2. 2. 2 배출가스 측정장치

배출가스 측정장치 (Horiba사, MEXA-9200D, 7200)는 배출가스 중 CO, THC, NOx를 분석할 수

있는 장치로서, 분석원리는 CO는 비분산적외선분석법 (NDIR, Nondispersive infrared), THC는 열식불꽃이온화검출기법 (HFID, Heated flame ionization detector), NOx는 화학발광법 (CLD, Chemiluminescence detector)을 사용하였다. 분석장치 및 차대동력계 제어장치를 그림 3~4에 나타내었다.

2. 2. 3 PM 시료채취장치

입자상물질은 차대동력계에서 주행할 때 배출가스를 일정비율로 공기와 희석시켜 입자상물질을 채취하는 방식 (Horiba사, MEXA-9100D accessory)을 이용하였다. 이 장치들은 희석터널에서 배기가스의 일부를 채취하여 외부공기로 희석시킨 후, 입자상물질은 테프론이 코팅된 유리섬유 여지 ( $\psi 70$  mm)에 포집하는 장치이다. 여과지에 포집된 입자상물질의 무게를 측정하기 위해서는 마이크로 밸런스 (SACD-WC)를 사용하며, 여과지에 포집된 입자상물질의 정확한 측정을 위하여 온도  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  및 상대습도  $47 \pm 5\%$ 로 유지된 무게측정실 (weighing chamber)내에서 측정하였다.

입자상물질 측정은 다음의 순서에 의해 측정한다. 먼저, 항온항습실에서 무게를 측정한 여지를 PM시료채취장치 (Horiba사, MEXA-9100D accessory) 필터홀더에 장착한 후, 배기관에서 배출 가스를 일정 유량 등속 흡입하여 입자상물질 시료를 채취한다. 이때에 필터를 통과하는 배출가스의 온도를  $50^\circ\text{C}$  이내로 유지하여야 한다. 입자상물질을 채취한 여지는 포집된 부분이 묻지 않도록 petridish에 넣어 보관한다. 샘플 여지를 무게측정실내에서 상대습도 50%,  $20^\circ\text{C}$ 로 24  $\pm$  4시간 동안 항온항습시킨 다음 측정 전·후 무게차를 구한다.

2. 2. 4 운전조건

다목적자동차 (RV)에서 배출되는 규제항목의 배출특성을 조사하기 위해 서울시내의 일정구간을 운행하여 차속별로 분류시켜 만든 대표차속별 주행모드를 이용하였다. 이 주행모드는 1999년 국립환경과학원에서 개발한 것으로 총 15개의 각기 다른 대표차속으로 이루어져 있으며, 이 중 본 연구에 사용된 대표차속은 10개 단일모드로 대표차속은 4.7, 10.8, 13.4, 17.3, 24.6, 34.1, 46.4, 65.4, 79.6, 97.3 km/h이다. 그림 5~6에 대표차속별 시간에 따른 주행특성을 나타내었다.

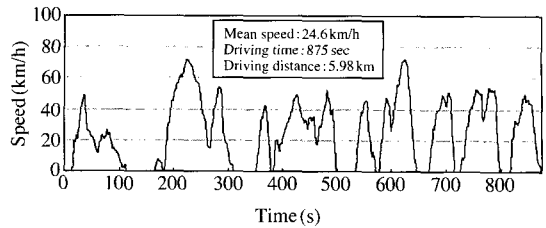


Fig. 5. Driving mode for 24.6 km/h.

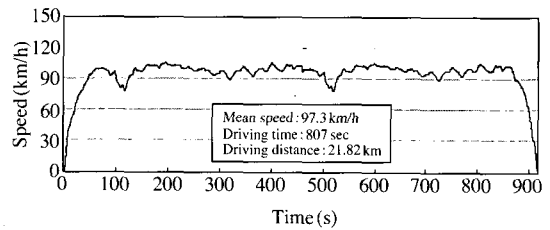


Fig. 6. Driving mode for 97.3 km/h.

3. 결과 및 고찰

3. 1 차속별 배출특성

다목적자동차 (RV)의 배출가스 규제항목인 CO, HC, NOx, PM 등의 배출특성을 분석하였다. 우선 차속별로는 경유와 LPG 모두 첫 저속모드인 4.5 km/h에서에서 높게 배출되고 주행평균속도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여주며 특히 10.5 km/h 이후에는 배출량이 급격히 감소하는 경향을 나타내며 (그림 7), 국외의 연구보고서에도 이와 유사한 경향을 나타내는 것으로 보고되었다 (EPA, 2002; EEA, 2000). 이는 공회전 및 감속이 많은 저속모드에서 불완전연소가 많기에 오염물질이 높게 배출되며, 운행 및 가속이 많은 고속모드에서는 엔진 및 촉매의 온도가 높아짐에 따라 불완전연소에서 완전연소로 바뀌는 비율이 증가함에 따라 배출량이 낮아지는 것으로 사료된다 (김대욱 등 2005; 정성운 등 2005).

3. 2 연료유형별 배출특성

본 연구에서 실험한 경유차량 15대와 LPG차량 6대 중 엔진배기량이 중형으로 동일한 차량을 대상으로 경유 및 LPG차량에 대해 비교하였다 (그림 8).

CO의 배출량 (g/km)의 범위는 디젤기관은 0.4~

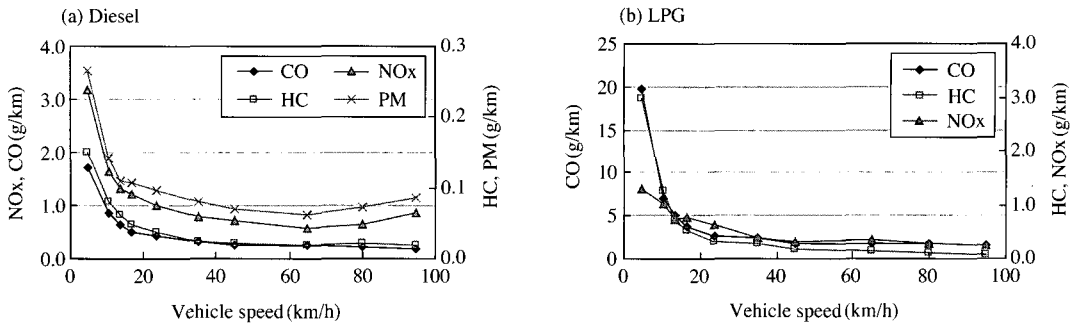


Fig. 7. Emission characteristics of regulated pollutants by vehicle speed.

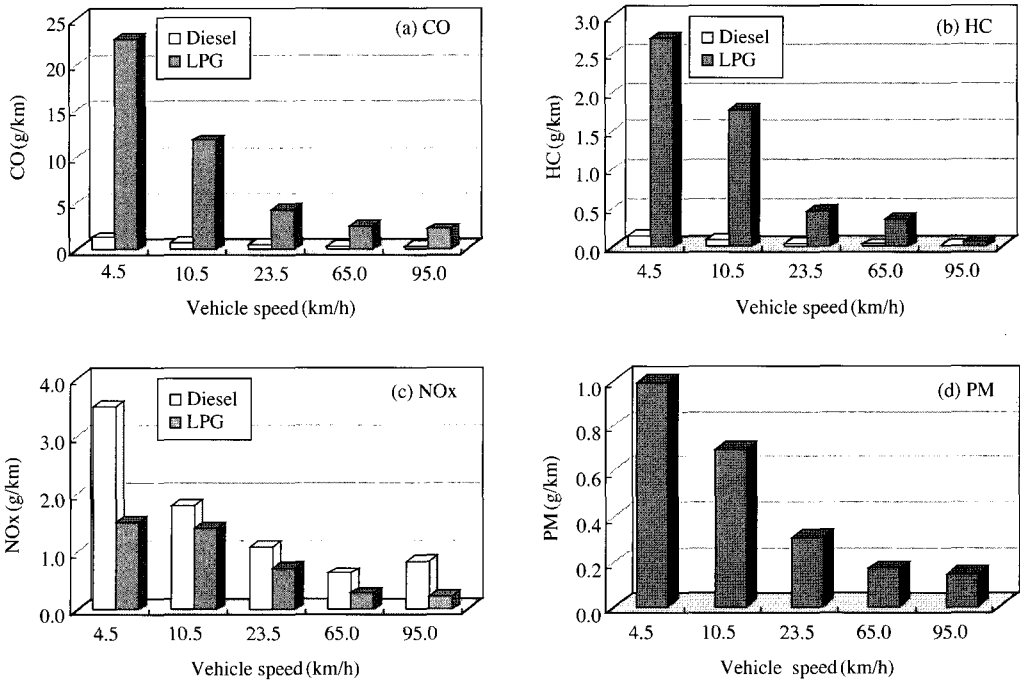


Fig. 8. Emission characteristics of regulated pollutants by fuel types.

1.3, LPG기관은 2.6~22.8이며 HC는 디젤이 0.02~0.14, LPG가 0.07~2.72로 LPG차량이 경유차량보다 CO의 경우 약 7~17배, HC의 경우 약 4~24배 높은 배출량을 보이고 있다. 이는 디젤기관이 LPG기관보다 희박상태에서 운전하기 때문이며, 참고적으로 가솔린기관과 비교해 보면 최적공연비 또는 희박상태에서 연소하기 때문에 CO가 가솔린보다도 적게 배출되는 것으로 사료된다(이종태 등, 2004). NOx 배

출량(g/km)의 범위는 디젤이 0.6~3.5, LPG가 0.2~1.5로 NOx의 경우 경유차량이 LPG차량보다 약 1.3~4배 높은 배출량을 보이며 이는 압축점화방식으로 인한 고압축비와 희박연소하는 디젤기관이 상대적으로 예혼합을 하는 LPG기관보다 높은 연소온도를 갖기에 디젤기관이 LPG기관보다 NOx 배출량이 높은 것으로 사료된다. PM은 경유차량에서 배출되며 범위(g/km)는 0.2~1.0으로 나타났다.

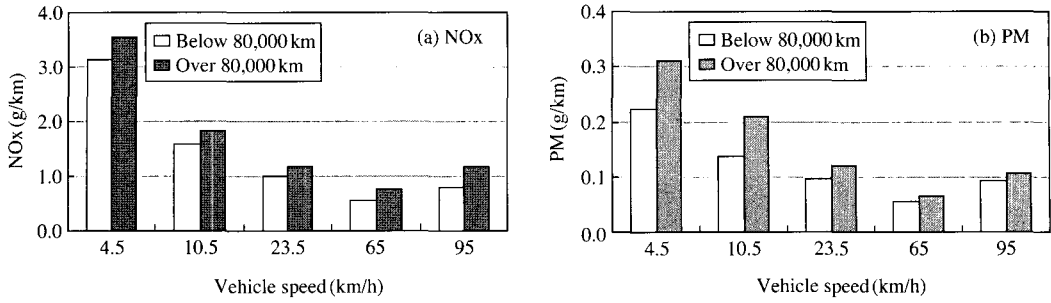


Fig. 9. Emission characteristics of regulated pollutants for diesel by odometer.

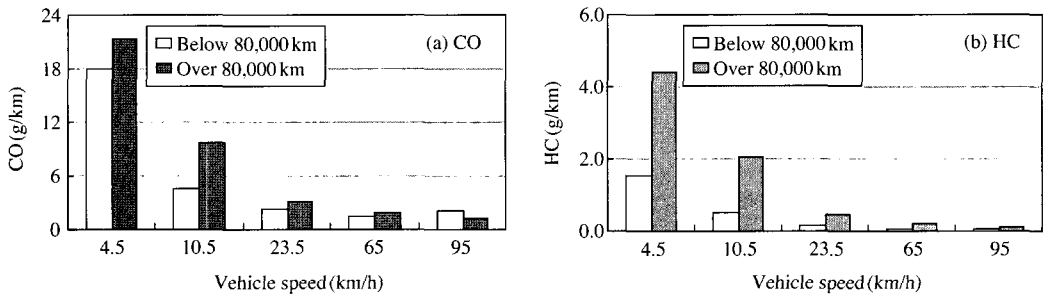


Fig. 10. Emission characteristics of regulated pollutants for LPG by odometer.

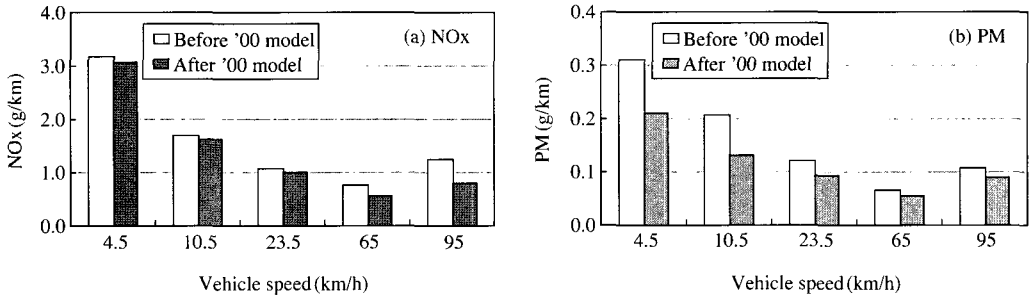


Fig. 11. Emission characteristics of regulated pollutants for diesel by model year.

### 3.3 주행거리 및 연식규제별 배출특성

주행거리는 다목적자동차(RV)의 배출가스 보증기간인 80,000 km를 기준으로 구분하였으며(환경부, 2004) 경유차량은 디젤산화촉매장치(Diesel oxidation catalyst, DOC), LPG차량은 삼원촉매장치(Three-way catalyst, TWC)의 내구보증거리 또한 보증기간과 동일하다. 디젤기관은 80,000 km 이상이 80,000 km 미

만보다 PM, NOx는 1.1~1.5배(그림 9), CO, HC는 1.1~3배 높았으며, LPG기관은 CO는 1~2.1배, HC는 2.6~4.2배(그림 10), NOx는 2.1~4.6배 높게 배출되었다. 이는 일반적으로 주행거리가 증가하면 촉매장치를 오랫동안 사용해서 노후화되었기에 촉매의 활성도가 저하되어 제 기능을 발휘하지 못하므로 높게 배출되는 것으로 사료된다(전민선 등, 2005; 정성

운 등, 2005).

규제연식 또한 시험차량의 배출가스 강화기준 및 보증기간인 5년을 고려하여 '00년 전·후로 구분하여 비교하였다(환경부, 2004). 다젤기관은 80,000 km

이상이 80,000 km 미만보다 NOx, PM은 1.1~1.6배(그림 11), CO는 1.2~2.3배, HC는 2.1~3.9배 높았으며, LPG기관은 CO는 1~3.6배, HC는 2~2.8배(그림 12), NOx는 1.6~3.6배 높게 배출되었다. 이는

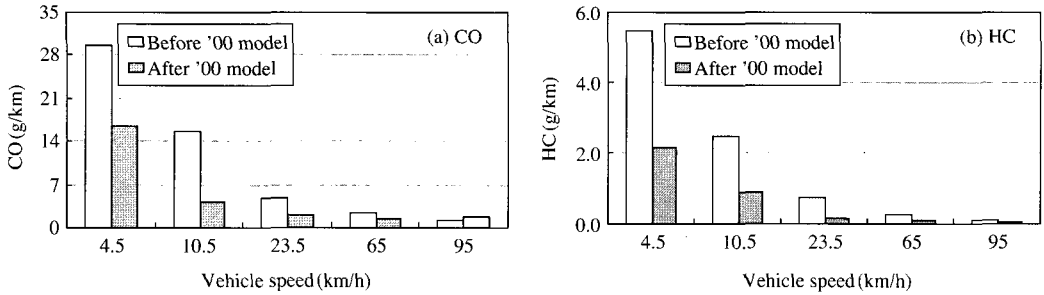


Fig. 12. Emission characteristics of regulated pollutants for LPG by model year.

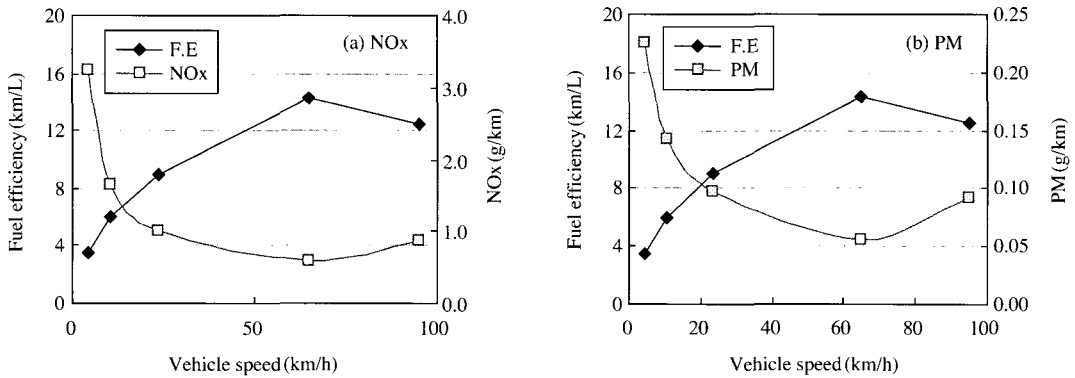


Fig. 13. Fuel efficiency and emission characteristics of regulated pollutants for diesel.

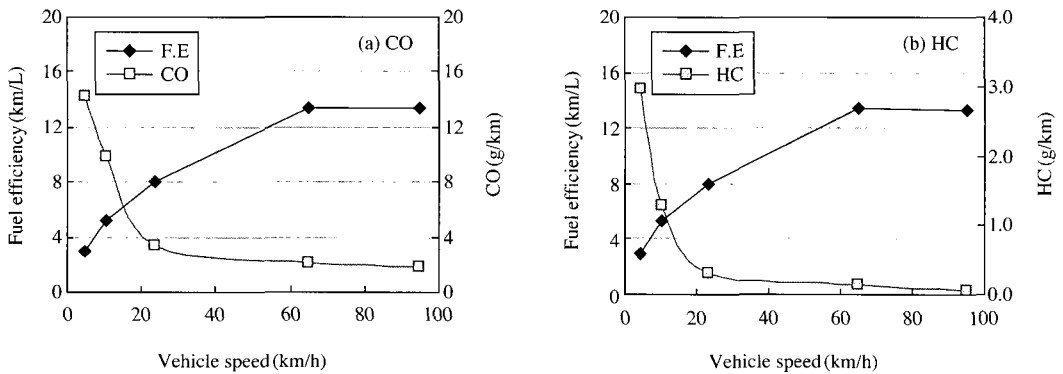


Fig. 14. Fuel efficiency and emission characteristics of regulated pollutants for LPG.

촉매의 배출효과 저감 및 후처리장치(디젤산화촉매장치(Diesel oxidation catalyst, DOC), 삼원촉매장치(Three-way catalyst, TWC)) 적용기술 수준의 향상으로 사료된다(정성운 등, 2005).

### 3.4 연비특성별 배출특성

연비특성별로는 경유차량 및 LPG차량 모두 차속이 증가함에 따라 연비가 개선되며 자동차 오염물질 배출량도 낮아지는 경향을 보인다(그림 13~14). 특히 10 km/h 이상에서는 오염물질이 급격 감소되며 연비의 경우 자동차 경제속도인 60~80 km/h 사이에서 연비가 가장 좋은 것으로 확인된다. 디젤기관은 65 km/h 이상에서 다시 연비가 나빠지는 반면 LPG기관은 100 km까지 좋은 연비가 유지되는 것으로 나타났다으며 연식규제별 연비를 조사한 결과, 연식에 따른 큰 차이를 보이지 않았다.

## 4. 결 론

본 연구는 경유 및 LPG 다목적자동차(RV)의 배출가스 규제항목인 CO, HC, NOx, PM 등의 배출계수 산정을 위한 중요한 단계로 차속별, 연료유형별, 주행거리별, 규제연식별, 연비특성별로 배출특성을 파악하였다.

1. 차속별로는 경유와 LPG 모두 첫 저속모드에서 높게 배출되고 차속이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여주며, 특히 10 km/h 이후에는 배출량이 급격히 감소하는데 이는 공회전 및 감속이 많은 저속모드는 불완전연소가 많기에 오염물질이 높게 배출되며, 운행 및 가속이 많은 고속모드는 엔진 및 촉매의 온도가 높아짐에 따라 완전연소로 변환하는 비율이 증가함에 따라 배출량이 낮아지는 것으로 사료된다.

2. 연료유형별로는 엔진배기량이 중형인 LPG차량이 경유차량보다 CO의 경우 약 7~17배, HC의 경우 약 4~24배 높은 배출량을 보이는데 이는 디젤기관이 LPG기관보다 희박상태에서 운전하기 때문이며 NOx의 경우 경유차량이 LPG차량보다 약 1~4배 높은 배출량을 나타내는데 이는 고압축비와 희박연소를 하는 디젤기관이 예혼합을 하는 LPG기관보다

높은 연소온도를 갖기에 유리하므로 NOx 배출량이 높은 것으로 사료된다.

3. 주행거리별은 80,000 km 이상이 80,000 km 미만보다 높게 나타났으며 이는 주행거리 증가에 따른 촉매의 활성화도 저하 및 노후화로 사료되며, 연식규제별은 '00년 이후가 '00년 이전보다 낮게 배출되었으며 이는 촉매의 배출효과 저감 및 후처리장치 적용기술 수준의 향상으로 사료된다.

4. 연비특성별로는 차속이 증가함에 따라 연비가 개선되고 오염물질 배출량도 낮아지며 특히 경제속도 60~80 km/h 사이에서는 연비가 가장 좋은 것으로 확인되었다. 본 연구는 향후 다목적자동차(RV)의 정확한 배출계수 산정 및 자동차 오염물질 배출계수 산정모델인 Mobile6와 CopertIII 분석에 활용되어질 것으로 기대되어진다.

## 참 고 문 헌

국립환경과학원 (2005) 대기환경예측평가시스템 (5차), IV. 대기오염물질 배출량산정 결과보고서 (2003), pp. 14, 30-45.

김대옥, 엄명도, 류정호, 유영숙, 전민선 (2005) 자동차 배출가스 중 Aldehydes 배출특성 연구, 2005년 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 217-218.

이종태, 엄명도, 김종춘, 서충열, 박순철, 박용희, 권상일, 임운성 (2004) LPG 성분조성에 따른 오염물질 배출특성평가, 국립환경연구원, 13-17.

전민선, 류정호, 유영숙, 김종춘, 류정호, 임철수, 김대옥, 정성운, 조석연 (2005) 휘발유 자동차의 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출특성 연구, 한국대기환경학회지, 21(6), 649-655.

정성운, 류정호, 유영숙, 김종춘, 임철수, 김선문, 김영훈 (2005) 국내 다목적자동차 오염물질 배출특성 연구, 2005년 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, 106-108.

현대·기아 모터스 (2005) 2005 자동차산업, 24-31.

환경부 (2004) 대기환경보전법령집, 161-162, 181-188.

EEA (2000) Copert III, Computer programme to calculate emissions from road transport (Methodology and emission factors), 60-76.

EPA (2002) AP-42 Emission Factor (Volume II : Mobile Sources), pp. Appendix J.