

CVS-75모드에서 차량의 주행거리, 주행패턴 및 엔진 예열상태에 따른 배출가스 특성

엄명도* · 백두성**†

* 국립환경과학원 교통환경연구소, ** 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

Emission Characteristics of Vehicles in CVS-75 Mode Under Various Conditions of Driving Distance, Driving Pattern, and Engine Pre-Heating

Myungdo Eom* and Doosung Baik**†

* Transportation Emission Research Center, National Institute of Environmental Research

** Dept. of Computer-aided Mechanical Engineering, Daejin Univ.

(Received November 7, 2011 ; Revised February 29, 2012 ; Accepted March 19, 2012)

Key Words: Greenhouse Gas(온실가스), CO₂(이산화탄소), CVS-75 Mode(배출가스규제모드)

초록: 최근에 들어서 이산화탄소가 지구온난화의 원인으로 알려져 있기 때문에 온실가스 문제는 이슈화 되어 왔다. 본 연구는 한국에서 운행 중인 차량에서 이산화탄소 배출가스 영향인자 특성을 파악하고자 했다. 가솔린 자동차 129대, 디젤자동차 100대, LPG 자동차 34대 차량을 차대 동력계에서 시험했다. 시험과정에서 이산화탄소, 일산화탄소 그리고 연료저감율을 측정했다. 실험모드는 현재 한국에서 경차의 배출가스를 규제하기 위해서 배출계수를 산정하기 위해 개발된 CVS-75 모드에서 이루어졌다. 실험 결과 배기량, 연료소비율, 연료 종류, 주행패턴, 마일수 그리고 이산화탄소 사이의 관련성이 조사되었다.

Abstract: Recently green house gas emission problem has been issued because CO₂ emission is known to cause global warming. Hence, introduces more stringent emission and fuel economy requirements in various countries, including Korea. In this research, CO₂ emission factor characteristics of in-use cars, which are the most dominant vehicle type in Korea, were studied, and 129 gasoline vehicles, 100 diesel vehicles, and 34 LPG vehicles were tested on a chassis dynamometer. In the tests, CO and CO₂ emissions as well as fuel reduction rates were measured. The tests were conducted in the CVS-75 mode, which has been considered for developing emission factors for regulating emissions from light-duty vehicles in Korea. Through experiments, correlations among displacement, fuel consumption efficiency, fuel type, mileage, driving pattern, and CO₂ emission were investigated.

1. 서 론

자동차 배기가스 중에서 유해가스로 규제되고 있는 HC, CO, NOx 및 입자상물질은 국지적으로 영향을 미치는 반면 CO₂를 포함한 온실 가스는 지구온난화 문제로 전 지구에 영향을 미치기 때문에 국제적 관심사가 되고 있다. 이러한 지구온난화 문제를 해결하기 위하여 1992년 교토의정서가 발효되어 지구 환경에 미치는 온실가스에 대한 관심이 전 세계적으로 집중되고 있다. 현재 우리나라는 교토의정서의 의무 감축대상국은 아

니지만 향후 기후변화 협약에 대응하는 종합적인 대책을 마련 중에 있으며 이에 대한 저감기술에 총력을 기울이고 있다. 특히 자동차에서 배출되는 온실 가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)가 있으며 이 중 이산화탄소의 배출 비율은 약 90% 이상으로 자동차에서 배출되는 온실가스의 대부분을 차지하고 있다. 이산화탄소는 지구온난화의 60% 정도 영향을 주고 있으므로 이중에 자동차로 인한 이산화탄소의 영향은 12%에 육박한다.^(1~4)

우리나라의 경우 자동차를 포함한 수송부문의 CO₂ 배출량이 전체 에너지 연소에 의한 배출량의 20%를 차지하고 있으며 1990년부터 매년 약

† Corresponding Author, dsbaik@daejin.ac.kr

8%의 높은 증가율을 보이고 있다.⁽¹⁾ 또한 자동차 등록대수는 2010년 말 1,794만대로 매년 증가하고 있어 CO₂ 배출량 증가에 따른 온실효과가 가속화 될 것으로 예상된다. 이에 유럽, 미국, 일본을 비롯한 선진국에서 자동차에서 배출되는 CO₂를 저감하기 위한 직접 규제수단을 채택하고 있으며 우리나라의 자동차공업협회(KAMA)도 유럽 수출차량의 CO₂ 배출량이 2012년까지 120g/km 만족시키는 협정에 가입하였다.⁽²⁾ 또한 미국 캘리포니아 주의 경우 2009년부터 적용되는 CO₂ 규제기준을 설정하여 2020년까지 약 17%의 CO₂를 저감할 계획이다. 따라서 세계10위의 온실가스 배출국인 우리나라에서도 이에 대한 규제기준을 설정하고 국제규제에 적합하도록 저감할 계획을 세우고 있다.

CO₂는 연료의 연소에 의한 생성물이므로 CO₂ 배출량을 절대적으로 연료의 연소량에 비례한다. 따라서 자동차에서 배출되는 CO₂를 저감시키기 위해서는 연료의 소비량을 줄여야 한다. 즉 연비를 향상시키는 기술 개발이 CO₂ 저감 기술이 될 수 있다. 현재 기관효율 향상, 주행저항 저감, 동력전달효율 향상, 차량의 경량화 혹은 대체에너지의 이용을 통해 기술개발이 진행 중이고 대체에너지 측면에서 하이브리드나 연료전지자동차와 같은 초저연비 자동차기술의 발달이 활발히 이뤄지고 있으며 향후 상용화가 기대된다.⁽⁵⁻⁷⁾

또한, LPG 및 휘발유 차량에서 배출되는 CO₂ 배출가스 특성에 관한 연구가 이루어지고 있으며,⁽⁸⁻⁹⁾ 본 연구에서는 국내 운행중인 차량을 연료별, 배기량별로 나눠 배출가스 규제모드인 CVS-75 모드로 시험을 진행하였고 CVS-75 모드의 각 Phase에 따라 배출되는 CO₂ 배출특성을 연료 및 운전조건별로 파악하여 운행차에 대한 CO₂ 국제 기준 설정 및 저감 정책 설정과 저감기술에 대한 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 시험내용 및 방법

국내 운행차를 차대동력계 위에서 배출가스규제모드인 CVS-75 모드로 주행하여 배출되는 CO₂ 및 다른 배기가스를 각 Phase별로 비교·분석했다.

2.1 시험 차량

시험에 사용된 차량은 국내에 현재 주행중인

Table 1 Specification of test vehicles

Fuel	Displacement(cc)	Vehicles
Gasoline	~1000cc	13
	~1500cc	47
	~2000cc	45
	~3000cc	24
Diesel	~2000cc	29
	~2500cc	32
	~3000cc	39
LPG	~2000cc	34

차량 중 개인적으로 구조변경이나 사고에 의한 배출가스 관련부품 교환이 없는 최초 판매되었을 때의 순종차량으로 무작위 샘플링 하였다. 연료별로는 가솔린차 129대, 디젤차 100대, LPG 차 34대 총 263대를 선정하여 실험하였다. 또한 시험차량은 대기환경보전법에 의거하여 배출가스 보증기간내의 차량으로 국내 대기환경에 영향을 줄 수 있는 다판매 차량으로 선정하였다. Table 1은 시험차량의 연료 및 배기량별로 정리하여 나타내었다.

2.2 시험장치

2.2.1 배출가스 분석기

배출가스 분석을 위해 Horiba사 MEXA-7200를 사용하였다. 분석기는 자동차 배기관에서 배출되는 가스상 물질 CO, THC, NO_x, CO₂ 그리고 CH₄을 측정하는 것으로 배출가스 측정은 시험자동차가 차대동력계의 롤러위에서 각 모드별로 주행할 때 배기관으로부터 배출되는 가스를 정용량 시료채취장치(CVS: Constant Volume Sampler)로 일정량의 공기로 희석한 후, 시료채취백에 채취하여 배출가스 분석기로 분석하였다. 시료채취와 분석이 on-line 시스템으로 되어 있어 운전직후 분석결과를 알 수 있다.

배출가스 측정은 CO와 CO₂는 비분산적외선법(NDIR: Non-Dispersive Infrared), THC와 CH₄은 불꽃염이온화검출법(H-FID: Heated Flame Ionization Detector)로서 측정범위는 Table 2에 나타냈다.

2.2.2 PM시료 채취장치

입자상물질은 Horiba사의 MEXA-9100D accessory를 사용하여 여지를 필터홀더에 장착하여 차대동

Table 2 Specification of the exhaust gas analysis system

Pollutant	Measuring principle	Measuring conc. range
CO ₂	NDIR	1, 3 %
CH ₄	H-FID	100, 250, 1000 ppmC

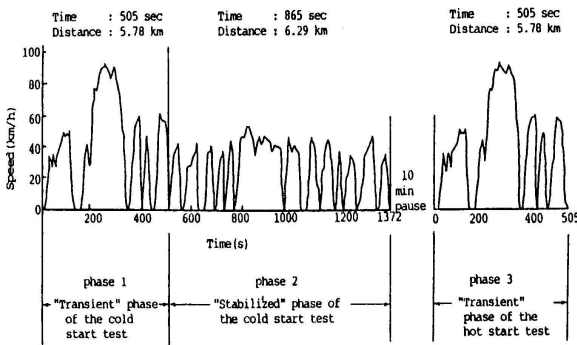


Fig. 1 Driving cycle of CVS-75 mode⁽⁹⁾

력계에서 주행할 때 배출가스를 일정비율로 공기와 희석시켜 여지에 포집하는 방식으로 채취하였다. 입자상물질을 채취한 여지는 포집된 부분이 묻지 않도록 petridish에 넣어 보관한다. 샘플 여지를 무게측정실내에서 24± 4시간 동안 항온항습시킨 다음 측정 전·후 무게차를 구한다.

2.3 시험방법

차량 시험은 차대동력계 위에서 CVS-75 모드로 시험을 하였다. CVS-75 모드는 현재 대기환경보전법의 승용차 배출가스 규제시험모드로, Fig. 1과 같이 총 3단계로 구분되어 있다. Phase 1은 저온시동 단계로서 505초 동안 운전되며, Phase 2는 저온시동의 안정화단계로 865초 동안 운전된다.

Phase 2가 끝나면 10분 동안 엔진을 정지시킨 후 고온 운전 조건에서 505초 동안 Phase 3이 운전된다. 모드 전체의 평균차속은 34km/h, 그리고 총 주행거리는 17.85km이다. Phase 1과 3은 주행패턴과 주행시간이 똑같으며 단지 엔진오일온도와 냉각수 온도의 차이로 인한 엔진온도 차이를 보인다.

3. 결과 및 고찰

CVS-75 모드 테스트 결과를 차량의 주행거리,

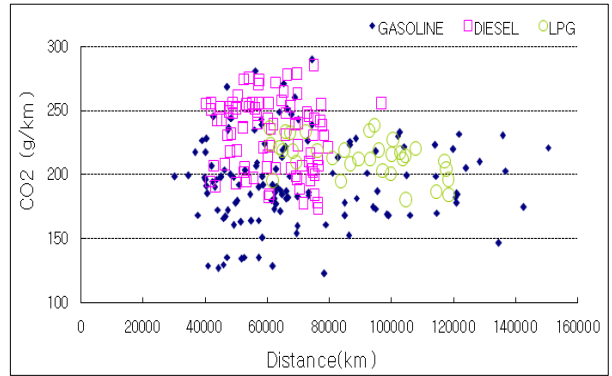


Fig. 2 CO₂ emission vs driving mileage

배기량 및 연료별로 구분하여 비교하였고 CVS-75 모드의 각 Phase별로 CO₂ 배출특성에 대하여 비교, 분석하여 CO₂ 배출에 영향을 주는 인자들에 대해 고찰하였다.

3.1 주행거리에 대한 영향

Fig. 2는 시험차량을 연료별로 구분하여 주행거리에 따른 CO₂ 배출량을 나타내었다. CO₂ 발생량은 절대적으로 소모되는 연료의 양 즉 연비와 관계가 있다. 따라서 주행거리가 증가하면 엔진이 그만큼 노화되어서 연비도 감소하고 소모되는 연료량이 증가하여 CO₂도 많이 배출할 것이라고 예상했으나 실제로 각 연료에 상관없이 주행거리와 CO₂ 발생량과의 상관관계는 보이지 않았다. 주행거리에 의한 엔진 성능 감소보다는 엔진 관리 상태에 따라 성능이 달라진다고 판단된다.

3.2 예열 영향

3.2.1 연료별 배기량에 따른 영향

CVS-75 모드 중 Phase1과 3의 주행상태를 비교하여 기관의 예열효과에 따른 CO₂ 배출량을 비교하였다. Phase1의 상태는 냉각수와 오일의 온도가 상온상태에서 기관이 구동됨에 따라 점차 상승하는 단계이다. Phase1이 진행되는 동안에도 냉각수와 오일의 온도는 계속 상승중이며 안정화되지 않는다. 반면 Phase3는 Phase1과 동일한 조건의 주행패턴이지만 충분히 예열 후 기관이 작동하게 된다. 즉 냉각수와 오일의 온도는 90℃ 정도로 안정화가 된 상태에서 기관이 구동되었다.

Fig. 3과 4는 각각 가솔린 차량과 디젤 차량의 배기량별로 예열 효과에 따른 CO₂ 감소율과 연료소비 감소율을 나타낸다. LPG 차량은 2000cc

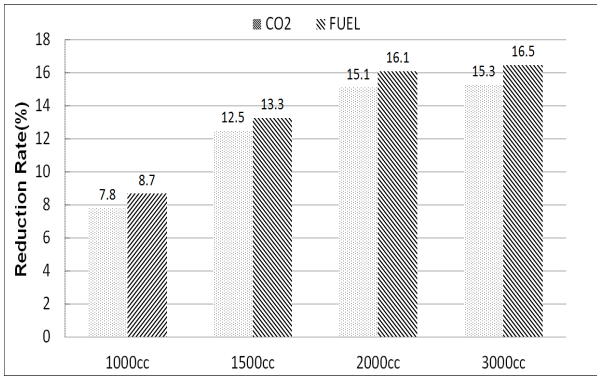


Fig. 3 CO₂ and fuel reduction rates in gasoline vehicles

배기량만이 시험차량이기 때문에 생략하였다.

초기 냉시동기에 비해 충분한 예열 후 기관 작동에 따른 CO₂ 배출량은 가솔린 기관은 약 8~16% 그리고 디젤 기관은 약 19%가 감소하였다. 또한 연료 소비 감소율도 CO₂ 감소율과 비례적으로 감소함을 확인하였다. 이는 기관이 예열되면 연료의 무화 및 기화가 좋아지고 연소되기 쉬운 고온의 상태가 되어 연소 효율이 증가하고 그에 따라 연료소모가 감소되었다.

가솔린 기관에서의 CO₂ 감소율은 배기량이 클수록 커지는 경향을 보이다가 2000cc 이상에서는 배기량에 따른 차이는 거의 보이지 않았다. 디젤 기관의 2000cc 이하 작은 배기량의 예열효과는 확인할 수 없었지만 시험 대상 차량인 2000cc 이상에서는 배기량에 따른 CO₂ 감소율의 차이는 매우 적었다. 이 결과 일정 배기량 이상이 되면 감소되는 CO₂의 절대적 양은 많아질 수 있지만 배출되는 양 또한 많기 때문에 큰 배기량을 갖는 기관에서 예열에 의한 CO₂ 감소 효과는 효율 측면에서는 한계가 있다고 예상할 수 있었다.

3.2.2 동일 배기량에서 연료에 따른 영향

가솔린, 디젤, LPG 연료의 예열 효과를 비교하기 위해 동일 배기량 차량을 대상으로 CO₂ 배출량을 비교하였다. Fig. 5는 동일 배기량 2000cc급 차량의 예열에 의한 CO₂ 감소율과 소비 연료 감소율을 연료별로 나타내고 있다.

예열에 따른 CO₂ 저감 효과는 디젤, 가솔린, LPG 순으로 각각 19.4%, 15.1%, 그리고 13.8%로 디젤연료의 저감율이 가장 높았다. 소비 연료 감소율도 디젤이 가장 높은 것으로 보아 예열에 의한 연소효율이 가장 향상되었음을 알 수 있다. 연소를 위한 점화원이 따로 존재하지 않고 연료

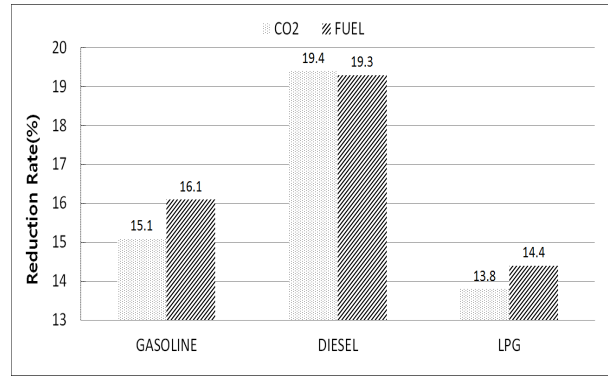


Fig. 4 CO₂ and fuel reduction rates in diesel vehicle

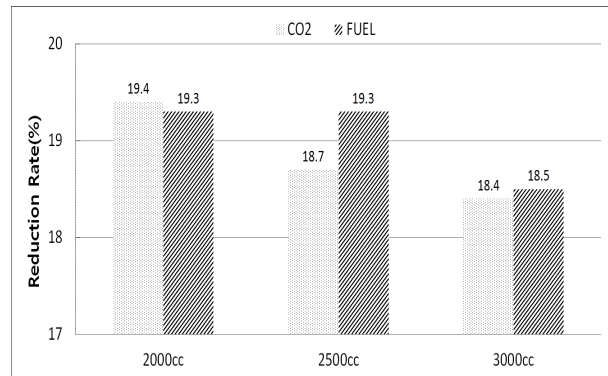


Fig. 5 CO₂ and fuel reduction rates in 2000cc gasoline, diesel and LPG vehicles

의 자기 착화에 의해 연소하는 디젤기관의 특성 때문에 연료의 무화 및 기화가 중요하다. 예열 후 기관이 뜨거워지면 분사된 연료의 무화와 기화가 잘 이뤄져 냉시동시보다 착화성이 향상된 결과로 판단된다. 점화플러그에 의해 점화에너지를 따로 공급해주는 가솔린기관과 LPG 기관은 디젤 기관보다 상대적으로 예열에 의한 연소효율이 낮았다.

가솔린기관과 LPG 기관과의 비교에서 미세하지만 가솔린기관이 CO₂ 배출 감소율과 연료 소비 감소율이 높았다. 이는 비등점이 낮고 증기압이 높은 LPG 연료는 실린더 내에 들어가서 연소하기 전에 대부분 기체상으로 존재하게 된다. 반면에 가솔린은 액상으로 분사된 연료의 기화된 정도에 따라 연소효율이 차이가 나게 되므로 예열에 의해 액상의 연료가 기상으로 많이 변화하는 가솔린연료가 원래 대부분 기체상으로 존재하는 LPG 연료에 비해 연소효율이 증가하여 상대적으로 CO₂ 저감율이 높았다고 판단된다.

3.3 주행패턴에 따른 영향

2000cc 동일 배기량 차량을 대상으로 Phase1과

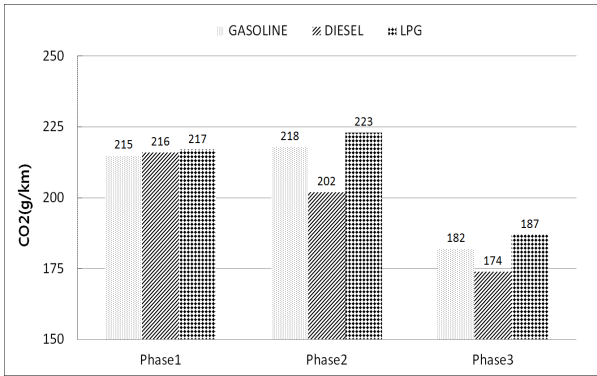


Fig. 6 CO₂ emission vs. driving patterns (2000cc)

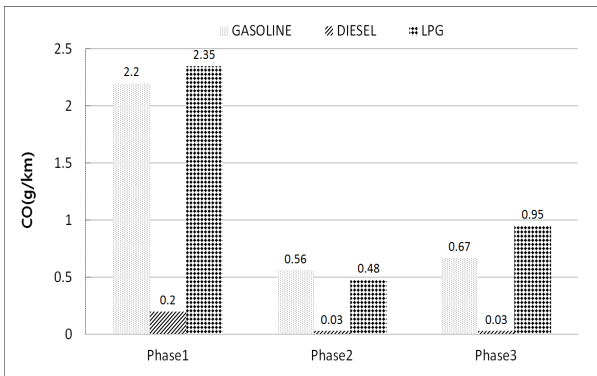


Fig. 7 CO emissions vs. driving patterns (2000cc)

2 혹은 2와 3을 비교하여 주행패턴에 따른 CO₂ 배출 특성을 파악하였다. Fig. 6과 7은 Phase별 CO₂ 및 CO의 배출량을 보여주고 있다.

Phase1은 냉시동 상태에서 급가속 운전구간인 반면에 Phase2는 기관의 온도도 안정화 단계에 이르고 저속의 시내주행 구간이다. 따라서 Phase1 구간에서는 초기 냉시동상태의 낮은 열효율과 급가속을 위한 연료의 과다한 분사와 인해 CO₂ 배출이 Phase2 보다는 많을 것이라 예상하였다.

그러나 Phase1과 2의 CO₂ 배출량을 비교하였을 때 디젤차량은 감소하였으나 가솔린과 LPG 차량은 미세하게 증가하였다. 이는 가솔린 차량과 LPG 차량은 스로틀의 개폐로 출력을 제어하기 때문에 기관 온도상승으로 인한 연소효율 향상 효과보다 시내주행구간에서는 잦은 정차와 출발로 인해 스로틀에서 일어나는 펌프손실이 커서 연료소모가 많아져 CO₂의 발생도 증가한다고 판단된다.

3.4 분사방식에 따른 영향

디젤연료분사방법은 간접분사방식과 직접분사방식으로 크게 나눌 수 있다. Fig. 8과 9는 동일 배기

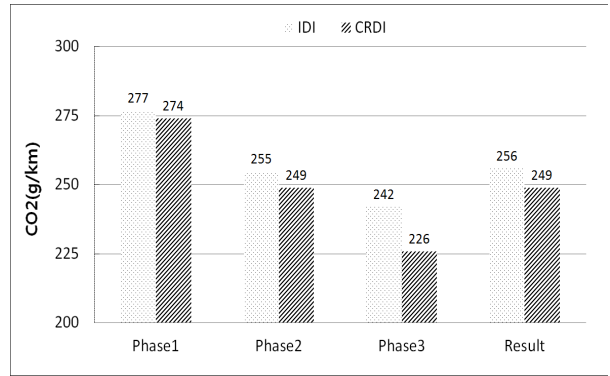


Fig. 8 CO₂ emissions vs. driving patterns in diesel vehicles (2900cc)

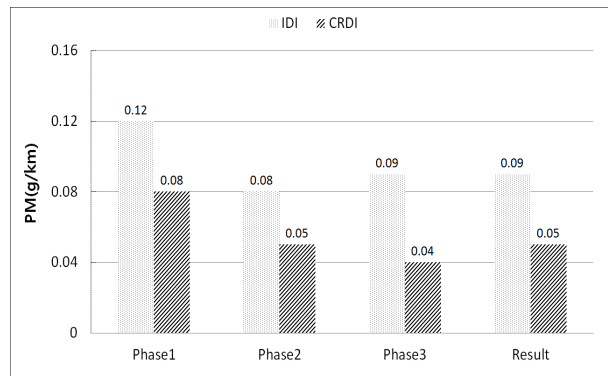


Fig. 9 PM emissions vs. driving patterns in diesel vehicle (2900cc)

량의 2900cc 디젤차량을 분사방식에 따라 CO₂ 배출량과 PM배출량을 비교하였다.

CRDI 방식은 IDI 방식과는 달리 실린더내 고압으로 연료를 직접분사하는 방식으로 정밀제어가 가능하기 때문에 미연의 연료량을 줄이고 고압분사가 가능하여 연료의 관통 및 무화를 향상시켜 연소효율을 높일 수 있다. 그래서 IDI에 비해 PM 배출도 줄어들었고 불필요한 연료소모량을 줄여 CO₂ 배출도 감소함을 확인하였다.

4. 결 론

차대동력계에서 CVS-75 모드 시험을 통하여 국내 운행 중인 차량의 주행거리와 예열상태 그리고 주행패턴에 따라 각 연료별로 CO₂ 배출 특성을 고찰하였다.

(1) 주행거리에 따라 배출되는 CO₂의 양을 비교한 결과 배출가스 관련 보증기간 내에 있는 차량의 경우 주행거리가 증가하여도 CO₂의 배출량의 증가는 없었다.

(2) 동일 주행패턴인 Phase1과 3을 비교한 결과 충분한 예열 후 주행하게 되는 Phase3에서 CO₂의 배출량이 적었다. 이는 예열로 인한 온도상승으로 연료의 무화 및 기화성을 향상시켜 연소효율을 높였기 때문이다. 하지만 배기량이 어느 정도 커지면 예열로 인한 CO₂ 저감 효율의 증가는 없을 것이라 예상된다.

(3) 예열에 의한 CO₂ 저감 효과는 상대적으로 경유차가 가장 높게 나타났다. 이는 자기착화 방식의 디젤기관에서 연료의 무화와 기화는 점화플러그를 갖는 가솔린이나 LPG 기관에 비해 연소 효율에 있어서 직접적인 영향이 있기 때문이다.

(4) 주행패턴에 따른 CO₂ 배출 특성을 확인한 결과 가솔린과 LPG 기관에서 Phase1에 비해 저속시내주행구간인 Phase2에서 CO₂ 배출량이 증가하였다. 이는 잦은 출발과 정차를 반복하여 스로틀에 의한 펌프손실의 증가로 판단된다.

(5) 디젤 차량에서 CO₂ 저감은 연료의 분사량을 정밀하게 제어할 수 있고 고압분사로 인한 연료의 관통과 무화를 향상시킬 수 있는 CRDI 방식이 유리하다.

참고문헌

- (1) Ryu, J and Lyu, Y., 2006, "Comparison of Correlation between CVS-75 Mode and Korea Mode to Estimate Emission Factors for Vehicles," *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, Vol. 22, No. 3, pp. 383~391.
- (2) Metz, N., 1974, "Contribution of Passenger Cars and Trucks to CO₂, CH₄, N₂O and HFC Emissions," *SAE* 2001-01-3758.
- (3) Wu, Y., Wang, M, Sharer and P, Bousseau, A., 2006, "Well-to Wheels Results fo Energy use, Greenhouse Gas Emissions, and Criteria Air Pollutant Emissions of Selected Vehicles /Fuel Systems," *SAE* 2006-01-0377.
- (4) Sugiyama, M, Kajiwara, M., Iwama, M. and Mori, M, 2003, "Performance and Emission of DI Diesel Engine Operated with LPG and Cetane Enhanced Additives," *SAE* 2003-01-1920.
- (5) Sullivan, J., Baker, R. and Boyer, B., 2004, "CO₂ Emission Benefit of Diesel (versus Gasoline) powered Vehicles," *Journal of Environment Science & Technology*, Vol. 38, No. 12, pp. 3217~3223.
- (6) Kajiwara, M., Sugiyama, K., Sagara, M. and Goto, S., 2002, "Performance and Emissions Characteristics of an LPG Direct Injection Diesel Engine," *SAE* 2002-01-0869.
- (7) Cunningham, J., 2010, "Achieving an 80% GHG Reduction by 2050 in California's Passenger Vehicle Fleet: Implications for the ZEV Regulation," *SAE* 2010-01-2306.
- (8) Kim, Y., Lee, H., Kang, J., Chung, J. and Chung, Y., 2009, "Effect of Fuels on CO₂ Emission in CVS-75 Mode," *Trans. of the KSME (B)*, Vol. 17, No. 4, pp. 72~78.
- (9) Lyu, Y., Ryu, J., Jung, S., Jeon, M., Kim, D., Eom, M. and Kim, J., 2007, "A Study on the characteristics of Carbon Dioxide Emissions from Gasoline Passenger Cars," *Trans. of the KSAE*, Vol. 15, No. 2, pp. 58~64.