

CVS-75모드에서 사용연료에 따른 배출가스 특성분석

한성빈[†] · 김용태* · 이호길* · 강정호* · 정재우* · 정연중**

[†]인덕대학 기계자동차, *자동차부품 연구원 동력시스템연구센터, **대구미래대학 자동차과
(2009년 5월 14일 접수, 2009년 5월 22일 수정, 2009년 5월 22일 채택)

Characteristics Analysis of Exhaust Emission according to Fuels at CVS-75 Mode

Sung Bin Han[†], Yongtae Kim*, Hokil Lee*, Jungho Kang*, Yon Jong Chung**

[†]Department of Mechanical & Automotive Engineering, Induk Institute of Technology

*Vehicle Research and Development Center, Korea Automotive Technology Institute

**Department of Automotive Engineering, Daegye Mirae College

(Received 14 May 2009, Revised 22 May 2009, Accepted 22 May 2009)

요 약

자동차로부터 배출되는 배출가스의 규제가 최근 더욱 강화되고 있다. 이러한 엄격해지는 규제는 배출가스를 줄이는 대체연료의 개발에 더욱 박차를 가하게 된다. 본 연구는 가솔린, 디젤, LPG 연료를 사용하는 동급의 자동차를 이용하여 배출가스의 특성을 분석 비교하였다. 테스트 모드로는 최근 국내와 북미 배출가스의 주행모드로 사용되는 CVS-75모드를 사용하였다. 배기 특성은 주행조건에 하에서 연구되어졌다. 사용연료인 가솔린, 디젤, LPG연료에 따라 THC, CO, NOx의 배출가스의 특성을 연구했다. 연구결과, LPG연료에 비해 가솔린자동차가 9.8%의 배출가스 감소, 디젤자동차는 12.2% 증가를 나타냈다. 또한 CVS모드에서 가솔린과 LPG는 phase 1의 냉간시동구간에서 THC와 CO는 80%이상을 나타낸다.

주요어 : 배출가스, CVS-75 mode, THC, LPG, NOx, 냉간시동구간

Abstract — The regulations for exhaust emission from vehicles have become much more stringent in recent years. These more stringent regulations require vehicle manufacturers to develop alternative fuels that reduce exhaust emission. This research is to analyze the characteristics of exhaust gas emission of same level vehicles that use gasoline, diesel, and LPG fuels. As for the test mode, we used the CVS-75 mode, which is the driving mode of the current domestic and North American emissions. The characteristics of the exhaust gas emitted under this driving condition was studied. We examined the emissions of THC, CO, and NOx of vehicles that use gasoline, diesel, and LPG fuels. As a result, vehicle exhaust gas emissions increased 9.8 % for vehicles using gasoline and it decreased 12.2 % for diesel-powered vehicles compared to vehicles using LPG fuel. Using gasoline and LPG fuel in the CVS-mode, over 80 % of THC and CO emission was produced for the cold start Phase 1.

Key words : Exhaust gas, Total hydrocarbon, LPG(Liquefied petroleum gas), NOx, Cold start phase

1. 서 론

화석연료의 지속적인 사용량 증가로 인한 환경오염 및 지구 온난화 가스에 대한 관심이 고조 되고 있으며, 특히 도시 대기오염의 주요원인이 되고 있는 자동차에서 배출되는 CO, HC, NOx 및 CO2의 저감노력은 자동차의 제조사는 물론 범국가적으로 막대한 연구비용과 시간을 투

[†]To whom correspondence should be addressed
Department of Mechanical & Automotive Engineering,
Induk Institute of Technology, San 76 Wolgye-dong, Nowon-gu, Seoul 139-749, Korea
E-mail : sungbinhan@induk.ac.kr

자하고 있는 실정이다^(1,2). 현재 운행 중인 자동차에서 배출가스를 저감하기 위한 방안으로 탄소계 연료를 사용하지 않는 대체연료자동차와 전기자동차 및 하이브리드 전기 자동차를 비롯한 고효율 고연비자동차 개발 등 여러 가지 방안이 제시되고 있으나, 이들의 실용화하는데 현실적으로 막대한 개발비와 인프라 구축 등 해결해야 할 많은 문제점을 가지고 있는 실정이다. 그리고 현재 운행 중인 휘발유, 경유, LPG 등 탄소계 연료를 사용하는 자동차의 배출가스를 저감하는 가장 효과적인 방법은 고효율 고연비 차량을 개발하여 연료의 사용량을 절감시키는 방법이 제안되고 있다^(3,4). 하지만 차량에 사용되는 연료의 종류에 따른 주행과정에서 배출가스 발생량의 상관관계가 구체적으로 밝혀져 있지 않고, 동일한 차종 및 주행 모드 조건에서 사용연료의 종류에 따른 배출가스의 발생 특성 및 상대비교와 상세한 자료가 제시되지 못하고 있는 상태이다. 우리나라의 연비측정모드로는 휘발유와 가스차는 CVS-75 (미국의 시가지주행모드인 FTP-75)를 1987년부터, 경유를 사용하는 경차 및 소/중형자동차는 유럽에서 사용 중인 ECE15+EUDC모드를 2004년부터 단계적으로 적용하고 있다^(5,6).

따라서 본 연구에서는 동일차종에서 휘발유, 경유, LPG를 연료로 사용하는 자동차의 배출가스의 특성을 파악하기 위하여 주행모드는 현재 국내 및 북미의 배출가스 시험모드인 CVS-75모드의 주행조건에서 나타나는 배출가스의 발생 특성을 연구하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2-1. 시험차량 및 주행모드

본 연구를 위하여 시험에 적용된 차량은 Table 1과 같이 사용연료에 따른 배출가스 특성의 분석에 대한 시험의 정확성을 높이고자 동일 차종에서 휘발유, 경유, LPG 연료를 사용하는 각각의 차량을 사용하였다. 동일한 차종에서 사용 연료만 휘발유, 경유, LPG를 사용하는 연료 시스템이 다를 뿐이므로, 주행모드시험에서 차량의 종류에 따른 시험오차를 최소한으로 줄일 수 있을 것으로 판단하였다. 동일 차종이라도 사용하는 연료에 따라 연료 공급 및 엔진시스템이 바뀌므로 약간의 차량무게 변화는 불가피하며, 특히 경유연료 차량의 경우 디젤엔진의 구조상 휘발유연료 차량보다 165kg이 무겁다.

주행모드에 따른 배출가스의 특성을 해석하기 위한, 주행시험모드는 Fig. 1과 같이 국내 및 북미의 배출가스 시험모드인 CVS-75모드를 사용하였다⁽⁴⁾.

2-2. 주행시험 및 배출가스 측정장치

본 실험에 사용된 실험장치의 구성은 Fig. 2와 같으며,

휘발유, LPG차량의 배출가스 시험에 사용된 차대동력계는 Clayton사의 DC80 8.65인치 트윈 롤 다이내모메타를 사용하였으며, 배출가스측정은 Horiba사(MEXA-9500)의 배출가스 분석계를 사용하였고, 디젤 차량의 배출가스 시험은 AVL사의 48인치 싱글 롤 다이내모메타를 사용하였으며, 배출가스 측정은 Pierburg사(AMA-2000)의 배출가스 분석계를 사용하였다.

시험차량의 배출가스를 시료채취장치인 임계유량 벤츨리형 정용량 시료채취장치(CFV : 20m³/min)를 사용하여 일정량의 공기와 희석시킨 후 시료 채취 백에 담았

Table 1. Specification of test vehicles.

| Weight (kg) | Displacement (cm ³) | Transm-ission | Fuels | Injection Type |
|-------------|---------------------------------|---------------|----------|----------------|
| 1,480 | 1,998 | Auto 4-speed | LPG | LPLi |
| 1,465 | 1,998 | Auto 4-speed | Gasoline | MPI |
| 1,601 | 1,991 | Auto 4-speed | Diesel | CRDi |

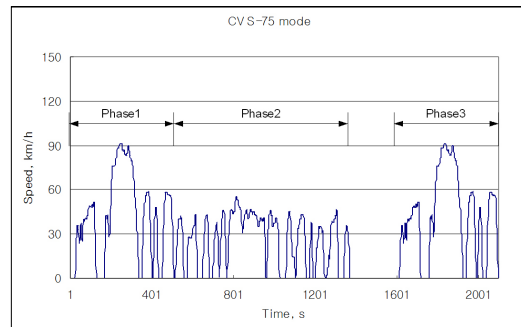


Fig. 1. CVS-75 mode driving pattern.

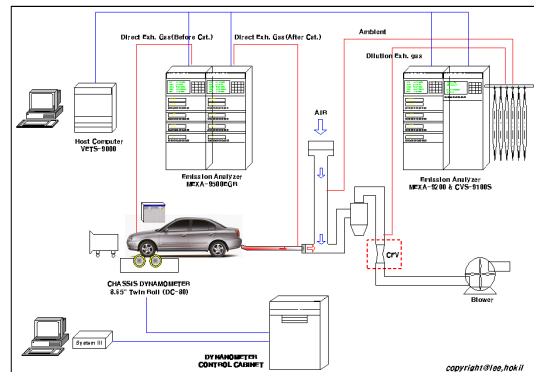


Fig. 2. Schematic of experimental device for vehicle emission test.

다. 희석된 배출가스 중 CO, CO₂는 비분산적외선분석기(Nondispersive Infrared Analyzer)로 분석하고, NO_x는 화학발광분석기(Chemical Luminescence Analyzer)로 분석하였으며, HC는 불꽃 이온화법 검출기(Flame Ionization Analyzer)를 통하여 분석하여 자동차의 단위 주행거리(km)당 시험오염물질 배출량을 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. CVS-75 모드에서 사용연료에 따른 배출가스 분석

Fig. 3은 동일차종으로 CVS-75모드 주행시험결과 사용연료에 따른 배출가스량을 나타내었다. 배출가스를 T·HC, CO, NO_x의 세 가지 성분으로 한정하였을 때 배출가스의 총량으로 보면 가솔린 연료를 사용한 차량은 0.334g/km, LPG 연료를 사용한 차량은 0.304g/km, 경유 연료를 사용한 차량은 0.267g/km이 배출된다. LPG 연료를 사용한 차량을 기준으로 하면 가솔린 연료를 사용한 차량은 9.8% 더 많은 배출가스량이 발생되며, 경유 연료를 사용한 차량은 12.2% 적게 배출되고 있으나, 각 배출가스 성분의 독성 가중치와 경유 연료에서 발생하는 PM을 고려하여 종합적으로 고찰할 필요가 있다. 또한 T·HC의 경우 경유연료차량에서는 거의 발생하지 않고, LPG연료의 경우는 가솔린 연료를 사용한 차량보다 125%나 많이 발생하고 있다. 이것은 배출가스 총량으로는 LPG 연료 차량이 가장 적게 배출되지만 T·HC의 성분은 가솔린 및 경유연료 차량보다 많이 배출되고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 LPG연료를 사용하는 차량에서는 T·HC의 배출을 더욱 저감시키기 위한 제어전략이 필요함을 알 수 있다. CO의 발생은 그림에서 보는바와 같이 경유연료를 사용하는 차량이 적게 발생하여, 가솔린이나 LPG 연료를 사용하는 차량에서 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 특히 가솔린을 연료로 사용하는 차량에서 CO가 가장 많이 발생하는 것을 알 수 있으며, 이것은 가솔린 연료차량에서 CO성분을 저감시킬 수 있는 제어전

략을 마련한다면 총량적으로 LPG연료 차량과 동등하거나 오히려 우수한 배출가스 성능을 나타낼 가능성도 있는 것으로 판단된다. NO_x는 그림에서 보는바와 같이 경유를 연료로 사용하는 차량에서 가솔린 연료를 사용하는 차량보다 523%나 많이 배출되고 있으며, LPG 연료를 사용하는 차량도 가솔린 연료를 사용하는 차량보다 100%나 많이 배출되고 있다. 이것은 각각 사용연료의 종류에 따른 연소온도와 관련이 있는 것으로 판단이 된다.

3-2. CVS-75 모드에서 사용연료에 따른 구간별 배출가스 분석제목

Fig. 4는 냉간 시동구간인 Phase1에서 발생하는 배출가스량을 나타낸 것이다. 냉간 시동 구간인 Phase1에서는 평균주행속도가 40.4km/h이고 주행시간은 505초이다. 그림에서 보는바와 같이 T·HC와 CO의 발생량 및 발생경향은 Fig. 3의 CVS-75모드 전체 평균값과 비슷한 것을 알 수 있다 이것은 T·HC와 CO의 발생은 대체적으로 냉간시동구간에서 대부분 발생한다는 것을 의미한다. NO_x의 발생량은 경유를 연료로 사용하는 차량이 가솔린이나 LPG연료 차량보다 약간 증가하였지만 Fig. 3의 NO_x 평균값과 비교하면 대폭 감소한 것을 알 수 있다. 이것은 Phase1의 냉간 시동구간에서는 25℃에서 12시간 이상 항온항습 시킨 후 배출가스시험을 진행하였으므로, 시험차량이 냉각되어 NO_x의 배출량이 감소한 것으로 판단된다. 이와 같은 그림으로 보아 T·HC 및 CO의 발생은 차량 연료의 종류와 관계없이 Phase1과정에서 대부분의 배출량을 차지하는 것으로 판단되며, 엔진냉각장치 장치의 개선, 촉매 신속가열장치 등을 통하여 신속한 가열시스템을 보다 강화하고, 연료분사 제어로직의 최적화가 필요한 것으로 판단된다.

Fig. 5는 CVS-75모드의 Phase2에서 측정된 배출가스량이다. 고온 안정화 구간인 Phase2에서 차량평균속도가 25.6km/h이고 시간은 867초이다. 이 구간에서는 T·HC는 차량의 연료종류와 관계없이 거의 배출되고 있지 않

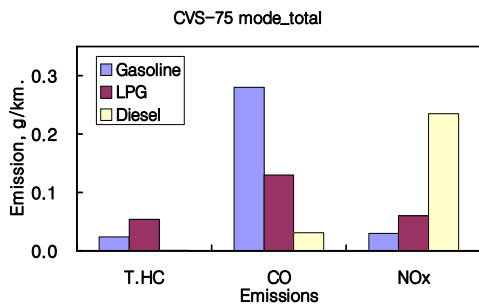


Fig. 3. Emission at CVS-75 mode.

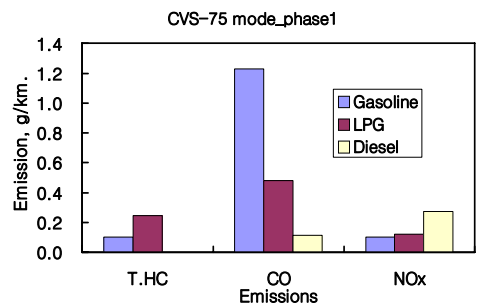


Fig. 4. Emission of phase 1 at CVS-75 mode.

으며, 이것은 차량이 냉간시동구간에서 T·HC가 발생하고 있으며, 일단 시험차량이 고온 안정화된 다음에 T·HC는 더 이상 큰문제가 되지 않는다는 것을 의미한다. CO의 발생량도 일단 차량이 고온 안정화된 다음에는 발생량이 아주 적은 것으로 나타나며, LPG 연료를 사용하는 차량에서 발생하는 CO의 발생량은 가솔린 연료를 사용하는 차량보다 30%정도 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 경유연료를 사용하는 차량에서는 차량이 가열된 후임으로 NOx의 발생량이 크게 증가한 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 Phase3에서 측정된 배출가스량이다. Phase3는 고온시동구간으로서 Phase1, 2의 시험을 진행한 후 10분간 차량을 상온 25°C에서 방치(Soaking)시킨 후 Phase1과 같은 고온시동 구간인 Phase3의 시험을 진행한다. Phase3인 Fig. 6과 Phase1의 Fig. 4와 비교하여 보면 냉간시동 구간과 고온시동구간의 차량의 작동온도 차이에 의한 결과를 알 수 있다. 이 그림에서 비교하여 보면 T·HC의 발생은 고온안정구간 및 고온시동구간에서는 배출가스량 및 경향이 거의 차이를 나타내지 않는 것을 알 수 있으며, CO의 발생은 LPG연료 및 경유연료차량에서는 배출량이 거의 변화가 없으나, 가솔린 연료의 차량에서 CO의 배출량이 약간 증가하고 있다. 이것은 가솔린 연료차량의 시동과정에서 CO의 발생이 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

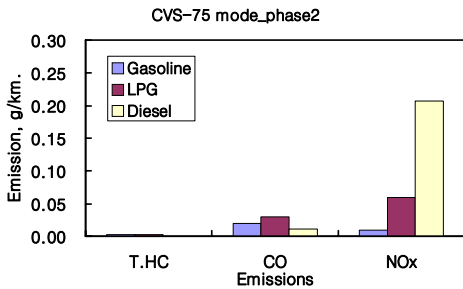


Fig. 5. Emission of phase 2 at CVS-75 mode.

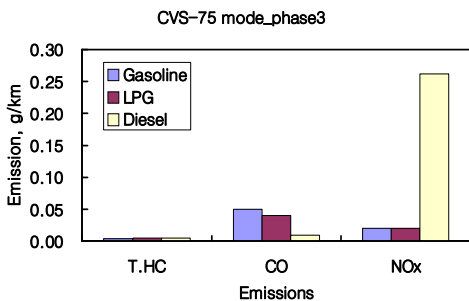


Fig. 6. Emission of phase 3 at CVS-75 mode.

3-3. CVS-75 모드에서 사용연료에 따른 배출가스 점유율 분석

Fig. 7은 각각의 연료를 사용하는 동일 차종에서 CVS-75모드로 주행시험을 실시하여 배출되는 T·HC 배출가스량을 각각의 모드에 대하여 백분율로 나타낸 것이다.

Fig. 7에서 보는바와 같이 T·HC는 가솔린연료를 사용하는 차량에서는 Phase1에서 96%가 배출되는 것을 알 수 있으며, LPG연료를 사용하는 차량에서는 98%가 Phase1에서 배출되는 것을 알 수 있다. 또한 경유를 연료로 사용하는 차량에서는 미량 배출되는 T·HC라도 99%는 Phase3에서 배출되는 것을 알 수 있다. 이것으로 보아 차량에서 배출되는 T·HC는 가솔린 및 LPG를 연료로 사용하는 차량의 냉간시동 과정에서 배출되는 것이 대부분이라는 것을 알 수 있으며, 또한 T·HC의 발생을 줄이기 위한 제어전략도 Phase1의 냉간시동 및 주행과정에서 차량온도와 관련된 제어로직에 집중할 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 각각의 연료를 사용하는 차량을 CVS-75모드로 주행시험을 실시하여 배출되는 CO 배출가스량을 백분율로 나타낸 것이다. 그림에서 CO의 발생은 차량의 연료 종류와 관계없이 90%이상의 CO 배출량이 Phase1에서 발생하는 것을 알 수 있으며, 가솔린과 LPG연료를

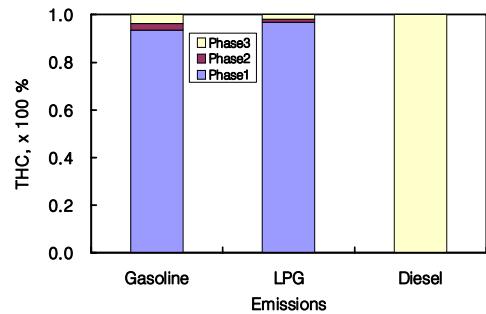


Fig. 7. THC emission at CVS-75 mode.

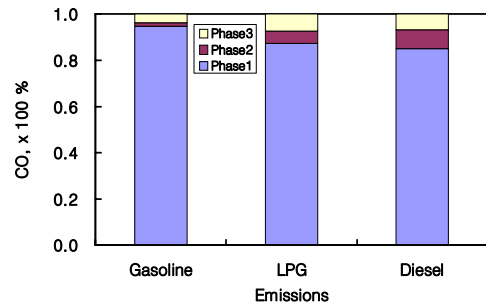


Fig. 8. CO emission at CVS-75 mode.

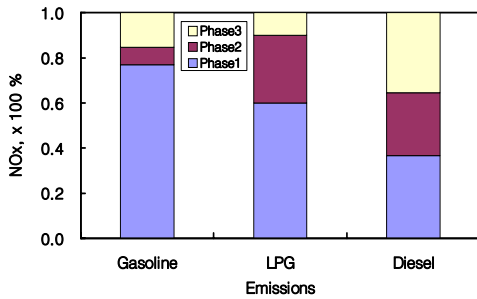


Fig. 9. NOx emission at CVS-75 mode.

사용하는 차량에서는 고온 안정화구간보다는 고온 시동구간에서 약간 비중이 증가하는 것을 알 수 있으며, 이것으로 보아 CO의 발생은 차량의 온도에 대부분의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 경유연료를 사용하는 차량에서는 고온 안정화구간과 고온 시동구간에서 비율이 일정한 것을 보아 시동과정에서는 CO의 배출량이 증가하지는 않으며, 단지 차량의 작동온도에 큰 영향을 받는 것을 알 수 있다.

Fig. 9는 각각의 연료를 사용하는 차량을 CVS-75모드로 주행시험을 실시하여 배출되는 NOx 배출가스량을 백분율로 나타낸 것이다. 여기서, 경유를 사용하는 차량에서 배출되는 NOx의 배출량은 Phase1인 냉간시동구간, Phase2인 고온 안정화구간, Phase3인 고온 시동구간과는 관계없이 거의 일정한 비율로 배출되는 것을 알 수 있으며, 이것은 차량의 작동온도, 주행조건 및 시동등과 같은 외부인자보다는 디젤연소 시스템 자체의 영향에 의하여 NOx가 발생하는 것으로 판단된다. LPG연료를 사용하는 차량에서는 냉간시동구간, 고온 안정화구간, 고온시동구간의 순서로 적게 발생하고 있다. NOx의 발생량은 연소과정의 온도의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있는데, 가솔린 연료를 사용하는 차량과 같이 전체적으로 발생량은 적지만 저온시동구간에서 NOx의 배출비중이 큰 것은 차량은 아직 가열이 되지 않아 저온이라도 연소과정은 고온이라는 것을 의미한다.

4. 결 론

본 연구에서는 자동차 사용연료에 따른 배출가스의 특성을 분석하기 위하여, 동일차종에서 휘발유, 경유, LPG를 사용하는 각각의 동일차종에 대하여 CVS-75모드에서 배출가스의 배출 특성을 비교분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) LPG, 휘발유 및 경유를 연료로 사용하는 차량에서 발생하는 배출가스량을 T-HC, CO, NOx로 한정하여 총량적으로 검토하여본 결과 LPG연료를 사용한 차량을 기준으로 하여 총량 배출가스량은 휘발유 차량은 9.8% 증가하며, 경유 차량은 12.2% 적게 배출된다.
- 2) T-HC의 발생은 경유연료차량에서는 무시할 만한 수준이다.
- 3) CVS-75모드의 가솔린 및 LPG연료를 사용하는 차량의 전체구간에서 배출되는 T-HC, CO는 Phase1인 냉시동구간에서 80%이상 발생한다.
- 4) CVS-75모드의 가솔린 및 LPG를 연료로 사용하는 차량의 전체구간에서 배출되는 NOx는 Phase1인 냉시동구간에서 70%이상 발생하며, 경유를 연료로 사용하는 차량에서는 Phase1, Phase2, Phase3에서 거의 균일하게 발생한다.

후 기

본 논문은 지식경제부 산하 에너지관리공단에서 지원되는 “에너지-자원기술개발사업”의 일환으로 수행된 “LPG 연료 및 차량평가기술 개발”사업의 연구비로 수행되었으며, 관계기관에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. Y. S. Lyu, J. H. Ryu, S. W. Jung, M. S. Jeon, D. W. Kim, M. D. Eom and J. C. Kim, “A Study on the Characteristics of Carbon Dioxide Emissions from Gasoline Passenger Cars”, Transaction of KSAE, Vol. 15, No. 2, pp.58-64, 2007.
2. S. H. Choi and Y. T. Oh, “Experimental Study on Emission Characteristics and Analysis by Various Oxygenated Fuels in a D. I. Diesel engine”, International Journal of Automotive Technology, Vol. 6, No. 3, pp. 197-203, 2005.
3. H. K. Lee, J. G. Ryu and Y. T. Kim, “The Correlation Analysis of CO2 Emission and Fuel Economy for LPG Vehicles”, KSAE 30th Anniversary Conference Proceedings, pp.613-618, 2008.
4. M. D. Eom, J. S. Han, M. Kim, J. K. Lee and J. C. Kim, “Emission Characteristics of In-use Vehicles on Manufactured in 2001~2005”, KSAE Autumn Conference Proceedings, pp.42-47, 2006.
5. K. R. Cho, “The Trends of Exhaust Standard for Gasoline Passenger Cars”, Auto Journal, pp125-129, 2008.
6. J. W. Lee, M. W. Jung, Y. G. Jeong and K. O. Cha, “Analysis of Diesel Nano-particle Characteristics for Different Vehicle Test Mode in Diesel Passenger Vehicle”, Transaction of KSAE, Vol. 16, No. 1, pp.114-120, 2008.