

<기술논문>

## SI 자동차의 아이들 운전시 엔진 및 운행 조건에 따른 배출 가스 특성

### Effects of Engine Specification and Driving Conditions on the Idle Emission Characteristics of SI Vehicles

류재욱\*, 송정훈\*\*, 이창식\*\*\*  
Jaewook Ryu, Jeonghoon Song, Chang Sik Lee

#### ABSTRACT

This study focus on the effect of engine specification, driving conditions and the vehicle type on the idle emission characteristics. In order to obtain the characteristics of exhaust emissions, 1,260 vehicles of spark ignition engine are sampled and investigated. The exhaust emissions are measured with a CO/HC emission gas analyzer. The SI engine vehicles are investigated by the effect of various exhaust emission parameters such as vehicle milage, engine specification, valve trains and fuels. The results show that the amount of CO and HC emission is not directly related to the driving mileage of the vehicle. However, the engine specifications and fuels such as the type of valve train and piston displacement have influence on the exhaust emissions. In addition, the LPG vehicle emits more CO and HC than gasoline vehicle. Based on the test results of SI vehicles, the influence of excess air and displacement volume are discussed.

주요기술용어 : CO/HC emission(CO/HC 배출 가스), Excess air ratio(공기 과잉률), Spark ignition engine vehicle(스파크 점화 엔진 자동차), Emission characteristics(배기특성)

#### 1. 서론

최근 자동차 배출가스에 의한 환경오염이 점차 증가함에 따라 세계 각국에서는 배출가스 규제가 더욱 강화되고 있다.<sup>1-3)</sup> 이에 대응하기 위해서는 유해배기가스의 저감을 위한 효율적인 촉매 기술의 개발, 저공해 엔진 개발, 또는 엔진의 설계 기법 개선 등에 관한 더욱 체계적인 연구가 요망

되고 있다.

우리 나라의 경우 교통안전공단에서는 현재 운행되고 있는 차량에 대하여 스파크 점화엔진 차량(가솔린 및 LPG 연료 차량)의 경우 신차가 출고된 후 4년, 그 이후에 대해서는 2년마다 정기 검사를 실시하고 있으며, 압축착화엔진 차량(디젤 연료 차량)의 경우 차종과 차령에 따라 6개월 또는 1년에 한번 검사를 실시하고 있다.<sup>4)</sup> 그러나 이러한 검사를 토대로 한 운행중인 차량의 배기가스 배출상태에 대한 통계 자료는 충분히 알려져 있지 않으며, 더욱이 이를 기반으로 한 자동

\* 회원, 교통안전공단

\*\* 회원, 인제대학교 기계자동차공학부

\*\*\* 회원, 한양대학교 기계공학부

차의 배출가스 저감에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 차량의 배출가스 검사에서 차량의 주행거리, 엔진의 제원, 배기량 등에 관계없이 동일한 기준이 적용되므로, 정확하고 객관적인 검사기준이 필요할 것으로 생각된다.

김형술<sup>5)</sup>은 전라북도 지역에 등록된 차량을 대상으로 운전자의 운전습관과 차량의 관리방법에 따른 배기가스의 배출 특성에 대하여 연구하였다. 그러나 이 연구결과는 가솔린 자동차의 배기가스 특성에 대한 자료가 미비하며, 또한 설문 조사의 불확실성에 관한 문제점이 수반될 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 가솔린 및 LPG를 연료로 사용하는 스파크 점화 엔진 차량을 대상으로 하고, 설문 조사는 배제하였다.

본 연구는 인천광역시에서 운행되고 있는 1,260대의 스파크 점화엔진 차량을 무작위로 추출하여 각 차량의 주행거리, 배기량, 엔진 제원, 사용 연료 등이 배기가스의 배출에 미치는 영향을 분석하고 또한 운행 특성에 따른 배출가스 특성을 실험적으로 구하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치 및 방법

SI 자동차의 CO 및 HC 그리고 공기과잉률의 측정을 위하여 비분산적외선식(NDIR) 배출가스 측정기(Clean Air I/M2000 λ)를 사용하였다. 배출가스 성분은 CO, HC 배출량을 측정하였고, 공기과잉률은 CO, HC, CO<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub> 등을 측정하여 계산하였다.

측정은 차량을 충분히 워밍시킨 후, 정상아이들 상태가 된 다음 배기 가스를 측정하였다. 배기관이 2개 이상일 경우 임의로 배기관 1개를 선정하여 측정하였다. CO는 0.1%의 단위로, HC는 1 ppm 단위로, 공기과잉률은 0.01 단위로 측정치 하였다.

### 2.2 조사차량의 기초 통계자료

Fig. 1은 이 연구를 위하여 조사된 SI 엔진 자동

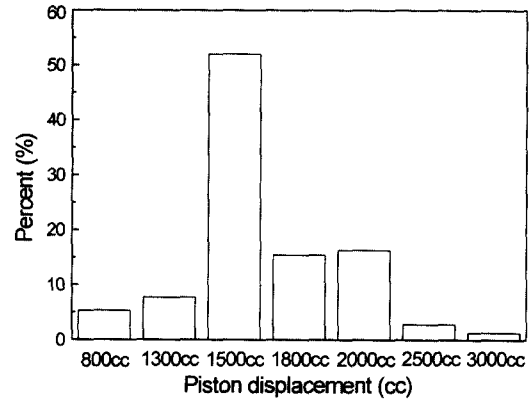


Fig. 1 Distribution of piston displacement for SI Vehicles

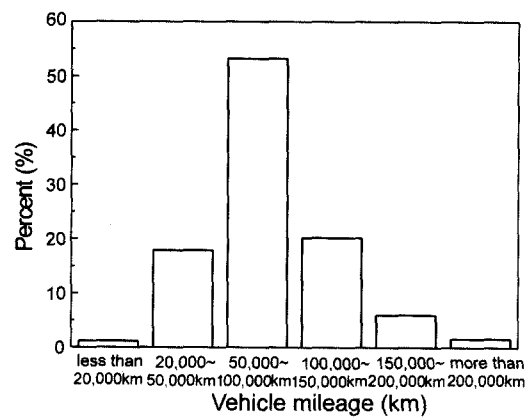


Fig. 2 Distribution of mileage for SI vehicles

차의 배기량 별 구성비를 나타낸 것이다. 조사된 차량 중 1500cc 배기량의 차량이 약 52%를, 1800~2000cc 배기량의 자동차가 약 32%를 차지하여 1500~2000cc의 배기량을 가지는 차량이 대부분인 것을 알 수 있다.

전체자동차의 주행거리별 분포는 Fig. 2에 나타내었다. 주행거리가 100,000km가 넘는 차량이 급격히 감소하여 주행거리가 200,000km가 넘는 차량은 1.6% 정도이었다. 이는 국내 생산된 차량의 수명은 주행거리로 약 200,000km인 것을 나타낸다.

그 외, 사업용 승용차(택시, 렌트 카) 등은 이번 조사에서 제외되었으며 DOHC의 엔진을 장착한 차량이 조사된 차량 중 약 32%이었다. 또, 제작

회사별로는 기아 자동차의 차량이 19.8%, 대우 자동차의 차량이 33.7%, 현대 자동차의 차량이 47.6%이며 그 외의 차량이 0.3% 비율로 조사되었다. 한편, LPG를 연료로 사용하는 차량은 45대로 3.6%를 차지하였다. 그리고 전체 조사 차량 중, 약 16%가 각종 성능 불량으로 검사를 통과하지 못하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 주행거리 변화에 따른 배출가스량의 변화

일반적으로 주행거리가 길어질수록 차량의 노후화가 진행되나 차량의 관리 방법이나 주행조건, 그리고 사고의 유무에 따라 노후화 진행 정도가 크게 달라지기 때문에 차량의 주행거리와 차량의 노후화에 대한 상관 관계를 명확하게 밝히기는 어렵다.

Fig. 3은 차량의 주행거리에 따른 CO, HC의 배출량과 공기과잉률을 나타낸 것이다. 이 선도에서 점선은 CO, HC 그리고 공기과잉률의 일반적인 규제치(CO : 1.2% 이하, HC : 220ppm 이하,  $\lambda$  : 0.9 이상 1.1 이하)를 나타낸다.

이론공연비는 공기와 연료의 질량비가 14.7일 때이다. 이 측정치에서 CO는 차량의 주행거리가 약 25,000km로부터 17,5000km 범위에서 배출량이 많은 것으로 나타나고 있다. HC의 경우도 비슷한 경향을 나타내었다.

또한 200,000km를 넘는 경우 배출량이 적은 것은 조사 대상 차량이 적은 원인과 운행거리가 길더라도 차량의 유지 관리를 잘 이행하면 배출가스의 양을 크게 저하시킬 수 있음을 의미한다.

공기과잉률의 경우 전자제어식 엔진은 0.90~1.10의 값을 가져야 하나 주행거리가 약 30,000km를 넘으면 규제치를 벗어나기 시작하였다. 또한 규제치를 벗어난 대부분의 차량은 공기과잉률이 1.1 보다 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. 따라서 공기과잉에 대한 적절한 제어가 이루어지지 않는다면 유해배기가스의 과다 배출뿐만

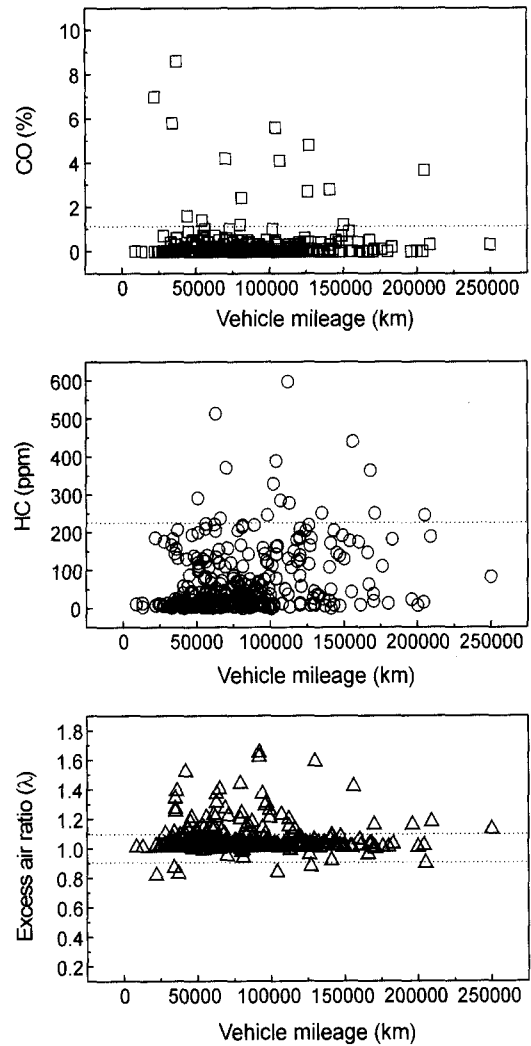


Fig. 3 The relationship between vehicle mileage and exhaust emissions

아니라 연소 악화로 인한 엔진의 조기 노후화 및 소음, 진동의 증가로 인한 승차감의 악화 등의 요인이 될 것으로 생각된다.

이 조사 결과에서 주행거리가 25,000km를 넘으면 문제의 배출 가스의 농도가 차량에 따라서 높아지는 경우가 있으며, 반대로 차량의 적절한 유지 관리가 이루어지는 경우에는 주행 거리가 200,000km를 넘어서더라도 차량의 배출가스 성능 면에서는 큰 문제가 없는 것으로 측정되었다.

Table 1 Comparisons of the emissions between DOHC and SOHC vehicle

Valve train	CO (%)	HC (ppm)	Vehicle mileage (km)
DOHC	0.112	48.2	68,054
SOHC	0.165	52.5	73,475

### 3.2 엔진 제원의 변화에 따른 배출 가스량의 변화

차량의 배기 성능에 큰 영향을 미치는 인자 중의 하나인 밸브 기구에 따른 배출 가스량을 Table 1에 비교하였다.

조사된 차량 중 가솔린을 연료로 하는 차량만을 선정하였으며 DOHC 엔진의 차량과 SOHC 엔진의 차량으로 분류하였다. 또, 경승용차 및 대형 승용차를 제외한 배기량이 1500~2000cc 사이의 차량 중 1991년 이후에 생산된 차량 및 주행거리가 150,000km 이하의 차량을 표본으로 추출하였다. 이는 엔진의 배기량에 의하여 오염물질의 배출량이 달라지며 대형 승용차는 DOHC 엔진을, 경승용차에는 SOHC 엔진이 장착된 경우가 많기 때문이다. 또한 91년 이전의 차량 및 주행거리가 150,000km 이상의 차량은 노후화가 진행되어 정확한 결과를 얻기 힘들 것으로 판단하였다. 한편, 제작회사에 따른 배출 가스 변화를 제거하기 위하여 DOHC 차량 및 SOHC 차량 모두 제작회사를 비슷한 비율로 표본을 추출하였다.

이러한 추출 과정을 거친 DOHC 차량의 경우 표본 추출된 차량은 347대였으며 이들의 평균주행거리는 약 68,054km이다. 그리고 SOHC의 경우 표본 추출된 554대의 차량의 평균주행거리는 약 73,475km이었다.

Table 1은 이러한 두 표본 집단에서의 CO 및 HC 배출량을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 DOHC 차량은 SOHC 차량보다 CO가 약 47% 저감된 성능을 보여주며, HC는 8.9% 저감된 성능을 나타내고 있다. 따라서 SOHC 차량이 주행거리가 다소 길다는 것을 고려하더라도 DOHC 차량이 배기가스의 배출이 적다는 것을 알 수 있다.

이것은 DOHC를 엔진의 경우, SOHC 엔진 보다 흡배기의 유동 성능이 우수하여 원활한 연소가 일어나기 때문인 것으로 사료된다. 또한 SOHC 엔진의 경우, 생산 년도의 평균치가 1993년 6월이며 DOHC 엔진은 1995년 8월로 연료 분사 및 제어 기법의 발전 및 배기가스 저감 기술의 새로운 기법의 반영으로 인한 차이가 주된 원인이 될 것으로 사료된다.

### 3.3 공기과잉률 변화에 따른 배출 가스량의 변화

Fig. 4는 앞에서 추출한 표본을 이용하여 공기과잉률 변화에 따른 CO 및 HC의 배출량을 나타낸 것이다. 앞 절에서 설명한 것과 같이 공기과잉률이 1일 때 배기중의 CO배출이 가장 적다.

공기과잉률과 CO의 배출량은 밸브결과와는 상

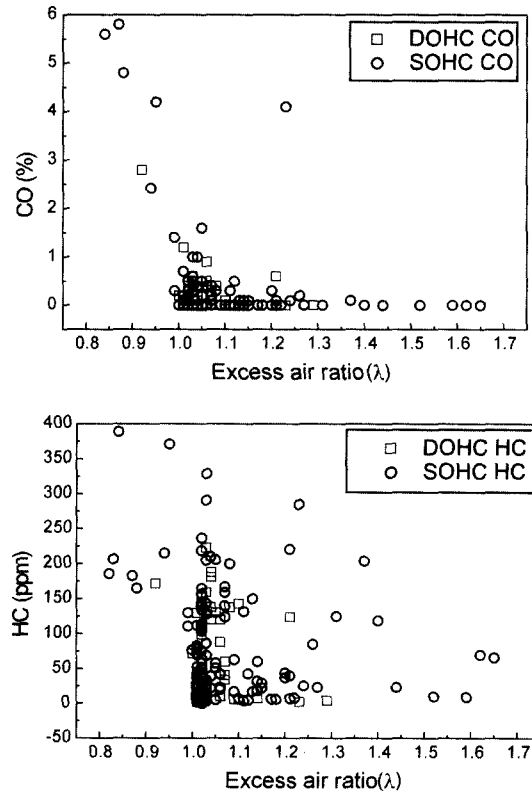


Fig. 4 The relationship between excess air ratio and exhaust emissions of SI vehicle

관없이 거의 반비례함을 알 수 있으며, HC의 경우에는 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 이는 공기과잉률이 1보다 클 때에는 배기가스 중에 산소가 많이 포함되어 CO의 산화반응이 활발히 발생하여 배출이 적음으로 판단된다.

이러한 공기과잉률이 적정 값을 가지기 위해서는 공기유량센서 및 산소센서가 적절히 작동하여야 하며 정확한 량의 연료가 연소실에 흡입되어야 한다.<sup>6)</sup> 즉, 센서 및 인젝터가 제대로 작동하지 못하면 공연비 및 미립화 특성이 나빠지므로<sup>7)</sup> 유해 가스 배출이 증가하고 연비의 악화가 초래된다.

따라서 유해 배기가스의 감소를 위해서는 공기과잉률에 대한 적절한 제어방법의 개발과 신뢰성 및 내구성이 갖추어진 제어장치와 센서 등의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

### 3.4 배기량 변화에 따른 배출가스량의 변화

Fig. 5는 배기량의 변화에 따른 CO 및 HC의 평균 배출량 변화를 나타낸 것이다. 조사된 차량을 800cc, 1300cc, 1500cc, 1800cc, 2000cc, 2500cc 그리고 3000cc 이상으로 분류되었다. 가솔린을 연료로 사용하며 1991년 이후에 생산된 차량과 주행거리가 150,000km 이하의 차량만을 계산에 포함시켰다. 이러한 과정을 거친 표본들의 평균주행거리는 각각 72,725km, 76,106km, 75,825km,

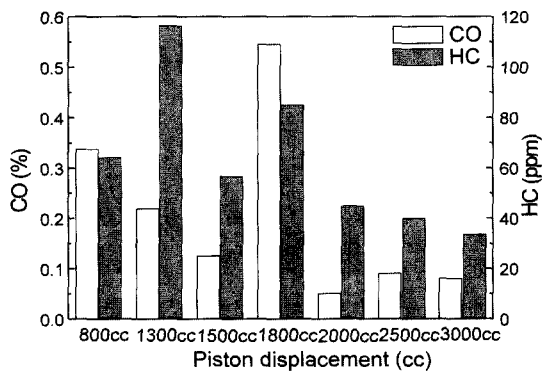


Fig. 5 The relationship between piston displacement and exhaust emissions of SI vehicles

79,019km, 78,000km, 79,800km 그리고 68,950km로 계산되었다.

연구 결과를 살펴보면 HC의 경우 800cc 또는 1300cc와 같은 경승용차와 1800cc의 차량에서 특히 많이 배출되었다. 이 결과는 배기량 1cc당 배출 HC의 량을 계산해 보면 더욱 확실히 구별할 수 있다.

즉, 배기량 1cc당 HC의 배출량은 각 배기량에 따라 0.08ppm/cc, 0.089ppm/cc, 0.038ppm/cc, 0.047ppm/cc, 0.0225ppm/cc, 0.016ppm/cc 그리고 0.0112ppm/cc로 나타났으며 배기량이 1500cc 이상이면 1cc당 배출되는 HC의 양은 급격히 감소함을 알 수 있다.

이는 경승용차의 경우 기화기식 연료 장치, 엔진 연소실 체적에 대한 표면적 비 증가 등에 그 원인이 있는 것으로 사료된다. 따라서 경승용의 개발시 배기 가스의 저감에 대하여 보다 많은 대책이 필요할 것으로 판단된다.

한편 1300cc와 1800cc의 차량이 타 배기량의 차량에 비하여 보다 많은 CO 및 HC를 배출하는데 이것은 1300cc와 1800cc 차량의 경우, 엔진을 제외한 차량의 무게와 체원은 각각 1500cc와 2000cc엔진과 아주 흡사하며 적은 배기량을 가지는 엔진으로 상대적으로 무거운 차량을 운행하는 것이 주원인으로 사료된다.

### 3.5 연료에 따른 배출가스량의 변화

본 연구에서 연료에 따른 배출가스량의 변화는 가솔린과 LPG에 대하여 시험하였다. LPG를 연료로 사용하는 차량은 LPG 연료 전용차량이 아닌 가솔린 연료 차량을 구조 변경하여 만든 것이다.

검사된 차량들은 주로 장애인 또는 국가 유공자를 대상으로 구조 변경된 차량이며 사업용 차량은 제외되었다.

검사된 차량들은 주로 장애인 또는 국가 유공자를 대상으로 구조 변경된 차량이며 사업용 차량은 제외되었다. 조사된 대부분의 LPG 연료 차량은 1500cc~2000cc의 배기량이며 정확한 비교를 위하여 가솔린을 사용하는 차량 또한 1500cc

~2000cc의 배기량을 가지는 차량을 선정하였다.

가솔린 차량의 평균주행거리는 약 85,036km, LPG 차량의 평균주행거리는 약 96,166km이었다. 또한 가솔린 연료의 차량 중 DOHC 엔진을 장착한 차량은 전체의 37%이었으며 LPG 연료를 사용하는 차량 중 DOHC 엔진을 장착한 차량은 22%를 차지하여 LPG를 사용하는 차량이 보다 가격이 싼 SOHC 엔진을 장착하는 경우가 많음을 알 수 있다.

Fig. 6은 가솔린 연료 차량과 LPG 연료 차량을 DOHC와 SOHC 엔진 차량으로 나누어서 배출가스 성능을 분석한 결과이다. 일반적으로 알려진 바와 달리 LPG 차량이 가솔린 차량보다 CO 및 HC의 배출이 월등히 많음을 알 수 있다. 특히 CO의 경우 LPG 차량이 약 660~770% 증가된 배출량을 기록하였으며 HC의 경우 약 180~230% 증

가된 배출량을 보여주고 있다.

이는 LPG를 사용하는 차량의 엔진은 주로 가솔린용 엔진을 부분적으로 개조한 것이므로 이에 따른 혼합기 불균일, 연소의 불안정 등이 주 원인인 것으로 생각된다.

이 결과를 살펴보면 LPG 차량 전용 엔진의 개발이 시급하다는 것을 알 수 있다. 특히 사업용 승용차의 대부분이 LPG를 연료로 사용하며 이러한 차들의 운행시간이 일반 차량에 비하여 월등히 길다는 점을 고려하면 그 중요성은 더욱 커진다.

#### 4. 결론

본 연구는 스파크 점화 엔진 차량의 주행거리와 엔진의 종류, 사용되는 연료에 따른 아이들 운행시의 유해 배출가스량 변화를 분석하고자 수행되었다. 이 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1) SI 엔진 차량의 주행거리와 유해 배출가스의 배출과의 명확한 상관관계는 존재하지 않았다. 그러나 주행거리가 약 180,000km를 넘으면 차량 부품의 노후화로 인하여 공기과잉물의 적절한 제어가 이루어지지 않아 많은 차량에서 유해 가스의 과다 배출이 발생하였다. 그러나 차량의 관리 방법에 따라 200,000km가 넘더라도 규제치를 벗어나지 않으며 차량의 관리방법이 차량의 수명에 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

2) DOHC 차량은 SOHC 차량보다 CO가 약 47% 저감된 성능을 보여주며, HC는 8.9% 저감된 성능을 나타내었다.

3) 공기과잉물과 CO의 배출량과는 반비례 관계를 보여준다. 따라서 유해 배출가스의 감소를 위해서는 공기과잉물에 대한 적절한 제어 및 신뢰성 및 내구성이 갖추어진 제어장치의 개발이 필요할 것으로 사료된다. 한편 HC의 경우, 공기과잉물과는 크게 상관관계가 없음을 알 수 있었다.

4) HC 배출은 800cc 또는 1300cc의 경승용차에서 특히 많이 배출되었으며, CO배출량은 800cc, 1300cc, 1800cc 급의 차량에서 많이 배출되었다.

5) LPG를 연료로 사용하는 차량은 가솔린을

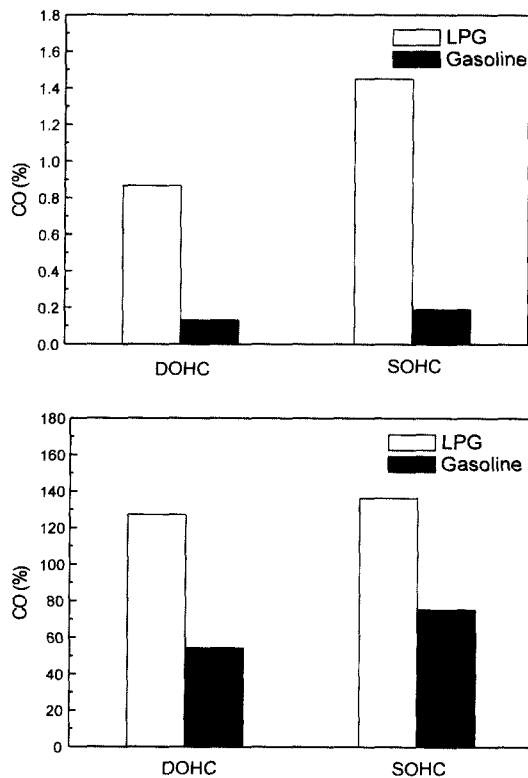


Fig. 6 The relationship between fuels and exhaust emissions of SI vehicle

연료로 사용하는 차량에 비하여 CO의 배출량은 약 660~770%, 그리고 HC의 배출량은 약 180~230% 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 LPG를 전용으로 사용하는 엔진의 개발 및 LPG 차량에 대한 보다 엄격한 규제치가 필요하며 자동차 검사기간도 단축되어야 된다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 자동차환경센터, 자동차 환경개론, pp.201-210, 2000.
- 2) 井上恵太, “自動車原動機の環境對應技術,” pp. 5-13, 1997.
- 3) 日本機械學會, “日本機械學會誌,” 第104卷 993号, p.539, 2001.
- 4) 교통안전공단, 자동차 검사 업무 편람, 2001.
- 5) 김형술, “자동차 운전습관 및 관리방법에 의한 배출가스 특성에 관한 연구,” 군산대학교, 석사학위논문, 1998.
- 6) 송정훈, 선우명호, 김우태, “희박연소기관에서 고점화 에너지에 의한 기관 성능 향상에 관한 연구,” 한국자동차공학회논문집, 제7권 제2호, pp.31-40, 1999.
- 7) 이창식, 최수천, 김민규, “직분식 가솔린 기관 고압 인젝터의 연료 무화 특성,” 한국자동차공학회논문집, 제7권 제8호, pp.1-6, 1999.