

# 내연기관 자동차의 주행모드 조건에 따른 연비 성능 비교

최 용 준 · 서 영 호\*

자동차부품연구원

## Fuel Economy Comparison according to Driving Mode Conditions of the Internal Combustion Engine Vehicles

Yongjun Choi · Youngho Seo\*

Korea Automotive Technology Institute, 74 Yongjung-Ri, Pungse-Myun, Dongnam-Gu, Chonan-Si, Chungnam 330-912, Korea

(Received 2013. 02. 25 / Accepted 2013. 04. 08)

**Abstract** : The purpose of this paper is to determine the fuel change and weight change impact on the fuel economy and emission characteristic of ICE (Internal Combustion Engine) vehicle. According to fuel type, fuel consumption and emission characteristics were measured and fuel used in this paper was gasoline, diesel, and LPG. Four vehicles with different weight were tested and the fuel economy were compared and analyzed by using scatter graph. Test was carried out using chassis dynamometer, CVS (Constant Volume Sampler), and emission measurement system. Diesel vehicle less emitted CO<sub>2</sub> compared to gasoline and LPG. Even if same CO<sub>2</sub> between gasoline and LPG, there are difference fuel economy depending on carbon proportion of specific fuel. The heavier weight of vehicle, the worse of fuel economy and Better fuel economy performance on highway driving mode.

**Key words** : Fuel Consumption rate (연료소비율), Fuel economy (연비), Driving Cycle (주행모드), Emission (배출가스), Chassis Dynamometer (차대 동력계)

### 1. 서 론

화석 연료의 사용량이 증가하여 지구온난화 가스에 대하여 관심이 고조되고 있고, 자동차에서 배출되는 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>) 가스가 지구 온실효과에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 선진국에서는 자동차의 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄이기 위하여 막대한 연구비용과 시간을 투자하고 있고, 정부는 저탄소 녹색성장 (Low carbon and green growth)을 국내지표로 삼고 있으며, 지속가능한 미래 성장 동력을 확보하기 위해 온실가스와 환경오염을 줄이는 정책을 중요하고 과제중 하나로 추진해 오고 있다. 특히 수도권 및 주요 대도시를 중심으로 배출가스 및 온실가스 저감

에 대한 정책수단을 최근 10년 가까이 추진해 왔으며 이로 인해 상당한 정책적 실효를 거두고 있다.

지구 온난화에 대한 관심은 세계적인 관심은 각국의 연비규제를 강화하는 방법으로 미국의 경우에는 2010년 대비 2015년에는 26.7mpg에서 36.2mpg로 41%강화되며, 2025년에는 2015년 대비 38%로 더 강화되고, 유럽의 경우에는 2004년 170g/km의 CO<sub>2</sub> 배출량을 2015년에는 130g/km로 24%강화되고, 국내의 경우에도 2010년 대비 2015년에는 13.0kph에서 17.0kph로 31% 강화된다. CO<sub>2</sub> 저감을 위한 방안으로 하이브리드 및 전기자동차를 비롯한 고효율, 고연비 자동차 개발을 하고 있으나 이들을 실용화 하는데 현실적으로 막대한 개발비용과 인프라 구축 등 해결해야 될 많은 문제점을 가지고 있는 실정인

\*Corresponding author, E-mail: yhseo@katech.re.kr

고, Global Insight 예측 자료에 의하면 2025년 환경차(하이브리드 연료전지차 및 전기차) 판매 비중은 15%수준에 불과할 것으로 예상된다. 따라서 현재 운행 중인 기준에 내연기관 자동차의 CO<sub>2</sub>를 줄이는 방법이 가장효과적인 방법이라고 제안되고 있고 CO<sub>2</sub> 배출량은 연비와 밀접한 관계를 이루고 있다.

따라서 본 연구에서는 내연기관 차량의 연료(가솔린, LPG, 경유)의 CO<sub>2</sub> 배출물과 연비와의 상관관계를 파악하기 위하여 현재 국내 연비시험 주행모드인 시가지주행모드(CVS-75모드)와 고속주행모드(HWFET)를 사용하여 시험을 진행하였고, 또한 차량의 중량 비교에 따른 연비특성을 연구하였다.

## 2. 시험장치 및 방법

### 2.1 시험장치의 구성

차량의 연비 및 배출가스 측정할 수 있는 차대동력계 및 배기가스 분석 장치의 전체적인 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 시험 장치는 크게 두 부분으로 나누어져 있으며 도로주행을 모사할 수 있는 AVL사의 48 inch single roll (4WD) AC motor MIM 방식 차대동력계와 주행 시 차량에서 배출되는 배기가스를 일정유량으로 포집할 수 있는 시료채취장치(CVS), 배기가스(CO, CO<sub>2</sub>, THC, NOx등)를 분석하는 HORIBA사의 MEXA-7400LE 배기측정기로 나누어져 있다.

### 2.2 시험 차량의 제원

실험대상 차종은 연료별로 국내에서 판매되고 있는 휘발유, LPG, 경유 차량을 선정하고, 차량의 중량별 비교 시험의 차량은 동일제작사의 무게가 다른 3차

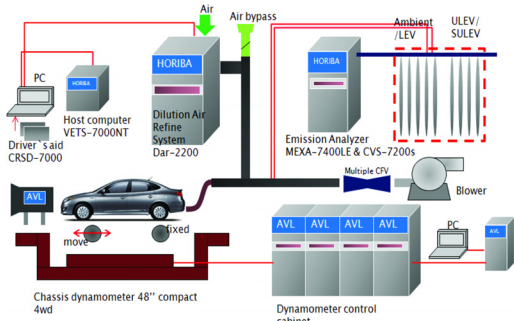


Fig. 1 Schematic Diagram of vehicle emission test equipment

Table 1 Specifications of test vehicles

	차량명	공차중량 [kg]	관성중량 [lbs]	배기량 [cc]	변속기
LPG	모닝	945	2,375	998	자동 4단
	YF소나타	1,425	3,500	1,999	자동 6단
가솔린	SM3	1,250	3,000	1,598	자동 무단
	YF소나타	1,410	3,375	1,998	자동 6단
디젤	엑센트	1,165	2,875	1,582	수동 6단
	스포티지R	1,651	4,000	1,991	자동 6단

차량명	공차중량 [kg]	관성중량 [lbs]	배기량 [cc]	변속기
SM3	1,250	3,000	1,598	자동 무단
YF소나타	1,410	3,375	1,998	자동 6단
GS350	1,720	4,000	3,456	자동 6단
LS460L	2,050	4,750	4,608	자동 무단

종의 차량으로 선정하여 에너지소비성능 비교 평가를 실시하였으며, LPG차량은 2대, 가솔린차량 3대, 경유 차량 3대, 중량별로 사용한 시험차량은 토요타사의 무게가 다른 3대의 제원은 Table 1과 같다.

### 2.3 시험 방법

본 연구의 사용된 시험모드는 국내의 연비시험 모

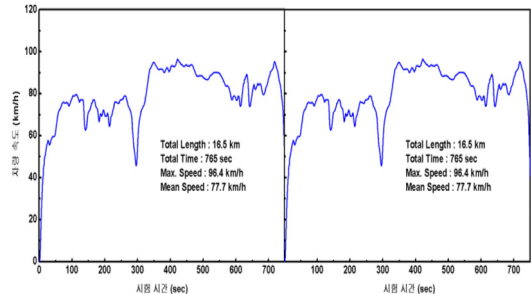
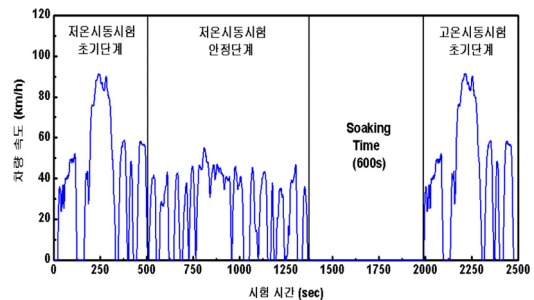


Fig. 2 Fuel economy test mode

드인 시가지주행모드(CVS-75)와 고속주행모드이며, Fig. 2는 주행시험 모드를 나타낸 것이다.

CO<sub>2</sub>와 연비의 상관관계를 해석하기 위한 시가지주행모드는 총 3개의 phase로 구성되어 있으며, 예비주행을 수행한 차량을 25°C의 항온항습 되는 공간에서 12시간이상 36시간미만 차량을 방치하여 차량상태를 안정화시킨 후 시험을 진행한다. 저온시동 구간인 Phase1은 평균속도 40.4km/h이고 505초간 주행을 하며, 저온안정 구간인 Phase2는 평균속도 25.6km/h이고 867초간 주행을 한다. Phase1,2의 시험종료 후 10분간 차량을 상온에 방치하고 고온시동구간을 주행하며 고온시동구간인 Phase3는 Phase1과 동일한 사이클로 진행이 된다. 고속주행모드는 총 두 개의 동일한 사이클로 구성이 되어있으며, 차량의 조건을 맞추기 위한 예비주행 사이클과 측정주행 사이클로 구성되어있고, 평균속도는 96.4km/h이고 765초간 주행을 한다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 사용 연료에 따른 연비와 CO<sub>2</sub>의 상관관계

Fig. 3 및 Fig. 4는 사용연료(LPG, 가솔린, 경유)에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량과 연비를 비교하기 위하여 CVS-75모드와 HWFET모드로 시험차량의 연비 및 CO<sub>2</sub>결과를 나타낸 것이며, CO<sub>2</sub> 배출량의 단위는 g/km이고, 연비의 단위는 km/L이다.

아래 그림에서 보는바와 같이 시가지주행모드(CVS-75)에서 사용연료에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량이 많은 차량의 연비가 적게 나오는 것을 나타내고 있고, 가솔린 연료의 경우 CO<sub>2</sub> 배출량이 34.5%가량의 배출차이가 있을 때 연비는 25.6%가량 차이를 나타내지만 LPG연료의 경우에는 CO<sub>2</sub> 배출량의 차이가 13.5%가량 더 배출되었을 때 연비의 차이 12.3%차이를 보이고 디젤 연료의 경우에는 CO<sub>2</sub> 배출량의 차이가 43.2%가량 더 배출되었을 때 연비의 차이는 30.3%가량 나타내는 것을 확인할 수 있다. 고속도로주행모드(HWFET)에서는 가솔린 연료의 경우 CO<sub>2</sub> 배출량이 22.2%가량의 배출차이가 있을 때 연비는 18.2%가량 차이를 나타내지만 LPG연료의 경우에는 CO<sub>2</sub> 배출량의 차이가 0.9%가량 더 배출되었을 때 연비의 차이 1.3%차이를 보이고 디젤 연료의 경우에는 CO<sub>2</sub> 배출량의 차이가 38.1%가량 더 배출되었을 때 연비의 차이는 27.6%가량 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 자동차에서 배출되는 CO<sub>2</sub>의 배출량은 연비와 상관관계를 이루고 있다고 판단된다.

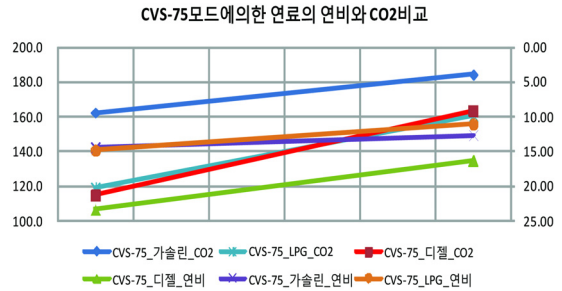


Fig. 3 Fuel economy and CO<sub>2</sub> of CVS-75 mode,

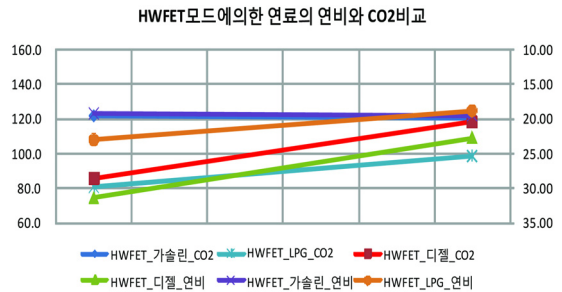


Fig. 4 Fuel economy and CO<sub>2</sub> of HWFET mode

또한 LPG차량과 가솔린 차량의 CO<sub>2</sub> 배출량에서는 약 1.2%가량 차이가 있지만 연비에서는 23.5%가량 차이를 나타내고 있고 가솔린차량과 경유차량의 CO<sub>2</sub> 배출량에서는 약 2.2%가량 차이가 있지만 연비에서는 14.9%가량 차이를 나타내고 있다. 이러한 결과는 연료별 발생하는 CO<sub>2</sub> 발생량은 연료에 포함된 탄소의 중량비와 관계가 있다고 판단되기 때문이다.

#### 3.2 사용 연료의 시가지주행모드와 고속도로주행모드의 연비 및 배출가스 비교

Fig. 5 및 Fig. 6는 사용연료(휘발유, LPG, 경유)에

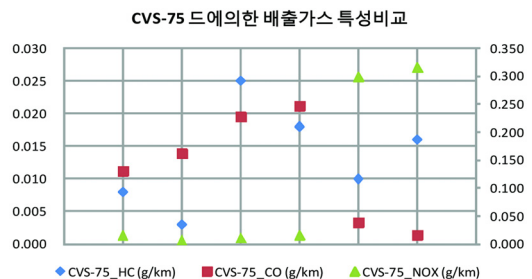


Fig. 5 Comparison of emission characteristics of the CVS-75 mode according to the type of fuel (Gasoline, LPG, Diesel)

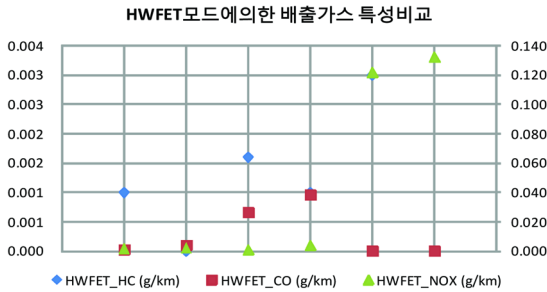


Fig. 6 Comparison of emission characteristics of the HWFET mode according to the type of fuel (Gasoline, LPG, Diesel)

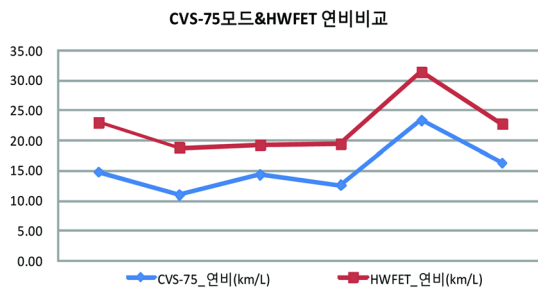


Fig. 7 Fuel economy of CVS-75 mode and HWFET

따라 시가지주행모드와 고속도로주행모드의 배출가스를 비교하기 위하여 CVS-75모드와 HWFET모드로 시험차량의 배출가스 (HC, CO, NOx)를 나타낸 것이며, Fig. 7은 연비를 나타낸 것이며, 배출가스 단위는 g/km이고, 연비는 km/L이다.

아래 그림에서 보는 바와 같이 시가지 주행모드보다 고속주행 모드에서 배출가스가 적게 나타내는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 예비주행을 수행한 차량을 25°C의 항온항습 되는 공간에서 12시간이상 36시간미만 차량을 방치하여 차량상태를 안정화시킨 후 시험을 진행한 시가지주행모드는 저온시동 테스트가 진행되었고 고속도로주행모드는 차량의 조건을 맞추기 위한 예비주행 사이클을 주행 후 측정을 하기 때문에 차량의 워업 상태에 따라 배출가스의 차이가 있다고 판단되었다. 시가지주행모드 주行的 연비보다 고속도로주행모드에서 연비가 높게 나오는 것을 확인 할 수 있는데 이것은 시가지주행모드는 총 18개의 사이클과 정차구간으로 구성되어있고 평균속도가 40.4km/h의 저속을 위주로 되어있지만, 고속도로주행 모드는 워업 구간을 포함하여 총 두 개의 사이클로 구성이 되어 있으며 평균속도 96.4km/h의 고속 사이클로 구성되어

연비차이가 있다고 판단된다.

배기량과 차량의 중량 변속기 등에 따라 다소 차이가 있을 수 있지만 사용연료에 따라 LPG 연료의 경우 시가지주행모드 보다 고속도로주행모드에서 55%~70% 가량 연비가 향상되고, 가솔린연료의 경우에는 33.5%~54%가량 연비가 향상되었으며, 디젤차량의 경우에는 34%~39%가량 연비가 향상됨을 나타내었다. 여기서 디젤차량의 연비는 가장 높았지만 가솔린과 LPG를 사용한 차량보다 다소 연비향상 효과를 보이지 않음을 확인하였다.

### 3.2 차량의 중량에 따른 시가지주행모드와 고속도로주행모드의 연비와 CO<sub>2</sub> 비교

Fig. 8과 Fig. 9는 차량 중량에 따라 시가지주행모드와 고속도로주행모드의 연비와 CO<sub>2</sub>를 비교하기 위하여 나타낸 것이고 CO<sub>2</sub> 배출량의 단위는 g/km 이며, 연비의 단위는 km/L이다.

아래 그림에서 보는바와 같이 차량의 무게에 따라 연비 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. 공차중량이 약 1200, 1400, 1700, 2000kg 차량 4대를 가지고 시가지주행모드와 고속도로주행모드에 대하여 연비와 CO<sub>2</sub>를 비교해 보았다. 시가지주행모드에서 중량이 1,200kg 차량과 1,400kg 차량을 비교 하였을 때 무게는 12.8% 가량 차이가 나지만 CO<sub>2</sub> 배출량은 약 13.5%가량 차이를 나타내었고 연비는 약12.3% 가량 차이를 나타내었고, 중량이 1,400kg 차량과 1,700kg 차량을 비교 하였을 때 무게는 22.0%가량 차이가 나지만 CO<sub>2</sub> 배출량은 약 22.1%가량 차이를 나타내었고 연비는 약17.6% 가량 차이를 나타내었으며, 중량이 1,700kg 차량과 2,000kg 차량을 비교 하였을 때 무게는 19.2%가량 차이가 나지만 CO<sub>2</sub> 배출량은 약 23.8%가량 차이를 나타내었고 연비는 약19.2% 가량 차이를 나타내었다. 고속도로주행모드에서 중량이 1,200kg 차량과 1,400kg 차량을 비교 하였을 때 무게는 12.8%가량 차이가 나지만 CO<sub>2</sub> 배출량은 약 0.9%가량 차이를 나타내었고 연비는 약 1.3% 가량 차이를 나타내었고, 중량이 1,400kg 차량과 1,700kg 차량을 비교 하였을 때 무게는 22.0%가량 차이가 나지만 CO<sub>2</sub> 배출량은 약 17.8%가량 차이를 나타내었고 연비는 약15.1% 가량 차이를 나타내었으며, 중량이 1,700kg 차량과 2,000kg 차량을 비교 하였을 때 무게는 19.2%가량 차이가 나지만 CO<sub>2</sub> 배출량은 약 13.9%가량 차이를 나타내었고 연비는 약12.3% 가량 차이를 나타내었다. 차량의 중량은 배기량에 따라 다

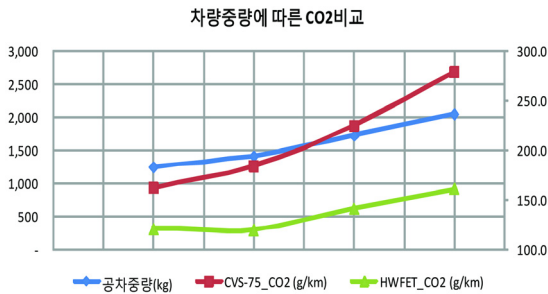


Fig. 8 CO<sub>2</sub> comparison of CVS-75 and HWFET mode according to vehicle weight

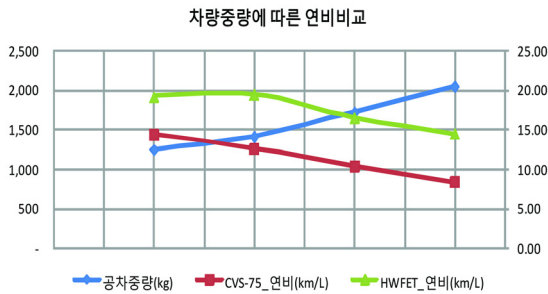


Fig. 9 Fuel economy comparison of CVS-75 and HWFET mode according to vehicle weight

소 차이가 있을 수 있지만 차량의 중량이 연비에 미치는 영향은 정차구간이 없는 고속도로주행모드 보다는 여러 번의 정차구간이 있는 시가지주행모드에서 더 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 정차후 출발할 때 차량의 구배저항으로 인하여 연비의 영향을 주는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

내연기관차량의 연비와 CO<sub>2</sub>와의 상관관계, 시가지주행모드와 고속도로주행모드에 따른 연비 및 배출가스의 비교, 차량중량에 따른 시가지주행모드와 고속도로주행모드의 연비비교 시험을 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 차량에서 나오는 배출가스중 CO<sub>2</sub> 배출량이 적을 수록 차량의 연비는 높고, 디젤차량이 가솔린, LPG 차량에 비하여 CO<sub>2</sub> 배출량이 적으며, 가솔린과 LPG 차량에서 배출되는 CO<sub>2</sub>의 양이 같아도 연료에 포함된 탄소의 비중에 따라 차이가 있다.

2) 사용연료에 따라 시가지주행모드와 고속도로주행모드를 비교해본결과 차량의 워업 조건과 주행모드에 조건에 따라 저온시동으로 출발하는 시가지주행모드에서는 연비와 배출가스에서 불리하고, 워업을 주행하고 고속주행을 하는 고속도로주행모드는 시가지주행모드에 비하여 연비와 배출가스가 유리 한 것을 알 수 있었다.

3) 차량의 중량에 따라 시가지주행모드와 고속도로주행모드를 비교해본결과 중량과 배기량에 따라 다소 차이는 있지만 시가지주행모드와 고속도로주행모드에서 중량이 무거운 차량이 가벼운 차량보다 연비가 불리하게 나타내는 것을 알 수 있었고, 정차구간 없이 주행 하는 고속도로주행모드보다 정차구간이 많은 시가지주행모드에서 차량의 구배저항으로 인하여 연비에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

#### References

- 1) Kwang-Yeon Kim, "Eco-Friendly Technology for Improving Fuel Economy", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 34, Nol. 1, pp. 32 - 38, 2012
- 2) Hyeyoung Park, Youngho Seo, Woo Kang, Jaewoo Chung, Yongjun Choi, Beomsuck Han, Changus Hahn, Siyoung Sung, "F.E. comparison of Hybrid Electric Vehicles (HEV) cith regard to the Driving Cycle Variations", Conference of KSAE, pp. 642 - 646, 2011
- 3) 자동차의 에너지소비효율 등급표시에 관한 규정 (지식경제부고시 2011-242호)
- 4) 제작자동차 시험검사 및 절차에 관한 규정(환경부 고시\_제2009-289호)