

# 대기 온도변화와 주행 조건에 따른 LPG 자동차의 연비 분석 연구

이일권, 전윤수, 김청균\*, 김한구\*, 이병관\*, 김영규\*\*, 한주현\*, 김도현\*, 강현준\*

대림대학 자동차과, \*홍익대학교 트라이볼로지 연구센터, \*\*한국가스안전공사

## Study for Fuel Consumption Analysis according to Atmosphere Temperature Variation and Driving Condition of LPG Automotive

Il Kwon Lee, Yoon Soo Chun, Chung Kyun Kim\*,

Han Goo Kim\*, Byung Kwan Lee\*, Young Gyu Kim\*\*,

Joo Hyun Han\*, Do Hyun Kim\*, Hyun Joon Kang\*

Department of Automotive Engineering, Daelim College,

\*Department of Mechanical and System Design Engineering, Hongik University

\*\*Korea Gas Safety Corporation

### 1. 서론

자동차는 달리는 가운데 발생하는 여러 가지 저항 요소들이 있다. 이러한 저항 요소들은 엔진에서 발생하는 출력을 그대로 바퀴에 전달할 수 없게 만들어 결과적으로 연비를 악화시키는 요인이 된다. 이 가운데 대표적인 것은 엔진의 움직임에서 발생하는 부하가 있다.

엔진 내부의 저항 요소는 끈끈한 정도를 표시하는 오일의 점도나 피스톤의 상태 등과 같이 다양한 것들이 존재한다. 엔진 오일의 점도에 따라 엔진 연비의 영향을 받는다[1,2].

차량의 중량이 클 때는 차량이 그만큼 효율을 더 발휘해야 하기 때문에 전체적인 연비가 좋아지지 않는 것은 당연하다. 자동차를 생산하는 제작사들은 이 부분에 대해 많은 연구를 하고 있고, 이를 위해 최근에 판매되고 있는 차량들은 상당 부분 쓰이는 재료들이 가벼워지고 있다는 것을 알 수 있다. 그 예로 철재를 사용하던 것을 플라스틱이나 알루미늄으로 전환하고 있다. 이 외에도 타이어의 저항을 줄이는 방법, 기존 디젤 엔진의 연료 분사 방식에 린번(lean burn)의 원리를 접목한 가솔린 엔진으로 보다 작은 연료를 가지고 기존 엔진의 동력보다 더 나은 성능을 발휘하는 방법, 내연 기관과 전기모터의 충전계를 함께 사용하며 연비를 향상시키는 하이브리드 자동차 등이 있다. 향후 이러한 연비 절감에 대한 시스템 개발 추세는 더욱 가속화되어 질 것으로 예측되고 있다[3].

이 논문의 목적은 실제로 운행하는 액화 석유 가스 자동차에서 운행 조건에 따라 연료가 소모되는 정도를 측정하여 이를 바탕으로 연비를 분석하여 자동차의 올바른 관리방법을 제시하고자 하는 데 있다.

### 2. 이론적 배경

#### 2-1. 연료 소비 시험

연비 시험은 일반적으로 수평한 직선 도로 상당의 조건에서 행하고, 차속 패턴에 따라 정지 연비와 모드 주행 연비로 나누어진다. 연비의 측정방법에는 연료 유량계에 의해 측정하는 방법, 배출 가스 분석계를 사용해서 탄소화합물의 양을 측정하여 카본(carbon)밸런스법에 의해 계산하는 방법, 또 주행 전후에 연료를 연료 탱크에 완전히 채워서 연료 총 사용량을 구하는 풀 탱크법 등이 있다. 국내에서도 이러한 실차를 이용한 풀 탱크법으로 시험한 사례가 연구되고 있다[4]. 연료 유량계 장착시의 연료 배관 방법은 차량의 연료 공급 장치의 종류나 특성에 따라서 변경할 필요가 있다. 이 때 배관 내의 연료 압력이나 유로 저항 등에 충분한 주의를 기울이는 것이 중요하다.

#### 2-1. 드라이빌리티(Drivebility) 시험

차가 운전자의 의지에 맞는 응답성이나 원활성이 얻어지는 가를 시험하는 것이 드라이빌

리티 시험이다. 일반적으로 드라이벌리타라 하는 현상 항목 가운데는 서지(serge)나 부조화 현상과 같이 구동계, 현가, 파워 플랜트 등의 움직임이 중요한 전후 차체의 진동현상, 노크, 엔진 멈춤과 같이 주로 엔진 고유의 특성에 의해서 발생하는 현상 또한 이상과 같은 특수한 불량 현상 외에 가속감이나 저마찰계수로에서의 구동력 제어성능 등 주행 필링(feeling)이나 주행 용이성 등이 포함된다.

### 3. LPG 기관 자동차 실차시험

#### 3-1. 제원

시험 차량은 국내에서 생산된 승용 자동차를 대상으로 하였다. 차량의 관련 제원은 Table.1에 나타나 있다.

#### 3-2. 실차 시험조건

일반적으로 연비는 연료소비율을 줄여서 하는 말로 기름 1 liter를 이용하여 몇 km를 주행할 수 있는가를 나타내는 지수이다. 일반적으로 연비 시험은 수평한 직선도로 상당의 조건에서 행하는 차속 패턴(pattern)에 따라 정지 연비와 모드 주행 연비로 나뉘어진다. 연비의 측정 방법에는 연료 유량계에 의해서 계측하는 방법, 배출가스 분석계를 사용해서 탄소화합물의 양을 계측하는 방법, 또 주행 전후에 연료를 연료 탱크에 완전히 채워서 연료 총 사용량을 구하는 즉, 풀 탱크법 등이 있고, 연료 유량계 장착시의 연료 배관 방법은 차량의 연료 공급 장치의 종류나 특성에 따라 변경할 필요가 있다.

일반도로에 있어 주행 코스를 정해 놓고 어느 구간마다 또는 코스 전체로서의 연비를 측정하는 것과 주행 중의 순간의 연료 소비량과 그 사이의 평균 데이터로부터 실제 주행 연비 곡선을 구하는 것 등이 있다.

새시 동력계상과 달리 실제 도로 주행에 의한 연비값 시험을 행한 요일이나 시간대를 정하였다 해도 그 때의 교통상황에 좌우되므로 공식 데이터로는 되지 않고 참고값으로 이용되는 경우가 많다.

Table. 1 실차시험에 사용한 차량의 제원

항 목	Model		
	1.8 SOHC	1.8 DOHC	1.8 LPG 택시
총 배기량(cc)	1,796	1,836	1,796
실린더 수 및 배치	직렬 4기통	→	→
연소실 형식	Compact type	Pentroof type	Compact type
흡배기 밸브수	각 1개	각 2개	각 1개
구동방식	벨트 구동	→	→
내경(mm) × 행정(mm)	80.6 × 88	81.5 × 88	80.6 × 88
압축비	8.8	9.2	8.8
최고출력(ps/rpm)	103/5,500	131/6,000	95/5,500
최대토크(kg · m/rpm)	15.0/4,500	16.4/4,500	15.2/4,000
연료탱크 용량(liter)	65	65	60
연 비(km/liter)	11.5(수동변속기차량)	11.0(수동변속기 차량)	10.8(수동변속기 차량)

이 논문에서는 풀(full) 탱크법을 사용하였다. 즉, 운전자가 시험차에 약 5년동안 몇 가지 변수를 주면서 운행한 데이터를 바탕으로 주입한 연료 주입량과 주행거리를 이용하여 데이터 가운데 활용도가 높은 데이터를 가지고 최적화 조건으로 연비를 분석·연구하여 보았다.

### 3-2-1. 데이터(Data) 분석

시험 차량은 1.8 LPG 차량으로 수동변속기가 장착된 자동차를 사용하였다. 차량의 제원은 Table.1에 나타나 있다. 주행을 할 때 여러 가지 조건을 주면서 LPG 연료를 주입한 데이터를 기록한 것을 분석하여 보았다. 자동차 제작사에서는 정속주행으로 측정한 연비를 공개하고 있다. 이러한 데이터는 차량의 성능을 가늠하는 기준이 되고 있다[5,6,7].

#### (1) 온도에 따른 연비 비교

온도에 따른 연비를 비교하기 위하여 일반적으로 1년 가운데 가장 추운 때, 가장 더운 때와 덥지도 춥지도 않은 때의 변수로 조건을 주었다. 즉, 측정된 기간의 온도를 평균값으로 산정하여 연비를 분석하였다. 그래프에서 보면 연비가 가장 좋은 실험값은 21~26.5°C로서 운전자의 엔진작동조건이 가장 양호한 조건에서 연비가 좋은 것을 알 수 있다. 온도가 가장 높은 영역에서는 최고 연비를 약간 밀도는 것을 확인할 수 있다. 이것은 연료의 과대 증발과 운전조건의 최적성을 벗어난 온도범위이기 때문으로 판단된다. Fig.1에서 연비가 가장 나쁜 경우는 대기온도가 가장 낮은 범위의 측정값에서 연비가 악화되는 것으로 확인되었다. 이것은 엔진의 대기 온도가 낮음으로 인해 엔진의 워업 온도에 미치는 영향이 하나이고, 낮은 대기온도로 인해 엔진의 냉각으로 인한 것으로 판단된다.

#### (2) 베이퍼 라이저(vaperizer) 교환전과 교환후의 연비 비교

베이퍼라이저는 LPG 가스를 기화시키는 부품으로 철저한 고장진단이 필요한 시스템이다 [8,9,10]. 시험 차량은 다른 승객들이 승차할 경우 가스 누설로 인해 미세한 가스 냄새를 확인하였고, 가스 탐지기로 가스 누설여부를 확인한 결과 가스가 누설되는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 2는 베이퍼라이저를 교환전과 교환후의 연비를 비교한 것이다. Fig. 2는 베이퍼라이저 교환 전의 test2의 낮은 연비는 이 구간에서 엔진의 부하가 더 큰 작동 조건에서의 연비를 측정한 것이고 베이퍼라이저를 교환한 다음 가장 높은 연비는 이 구간에서 정속 주행 후 연비를 측정한 것이다. Fig.2에서 보면 베이퍼라이저 가스가 누설될 때와 베이퍼라이저 교환후 연비는 평균 5.5%에서 최대 11.7%까지 차이가 남을 알 수 있다. 이것은 베이퍼라이저의 가스 누설이 운행중 차량의 연비에 영향을 준다는 것을 보여주는 것이다.

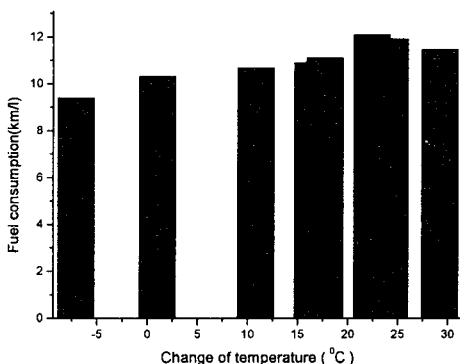


Fig.1 Fuel consumption comparison including temperature

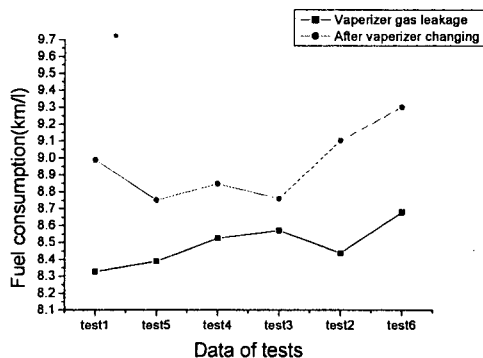


Fig.2 Fuel consumption comparison including before and after condition of vaperizer gas leakage

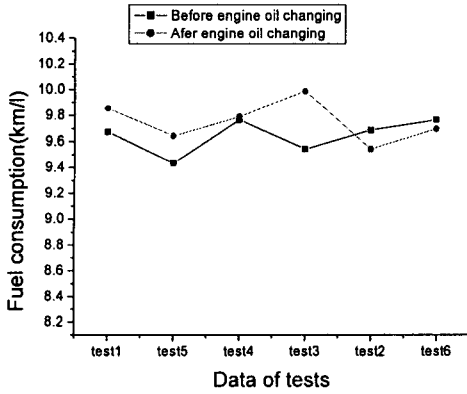


Fig.3 Fuel consumption comparison including before and after changing of engine oil

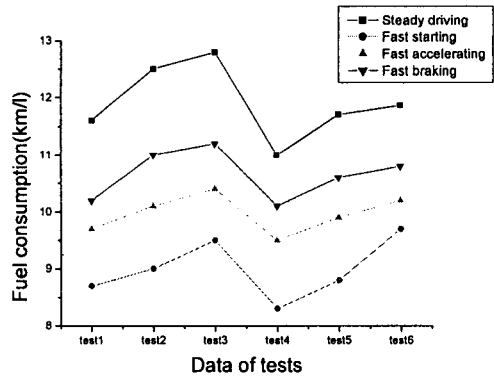


Fig.4 Fuel consumption comparison including steady driving, fast starting, fast accelerating, fast braking

### (3) 엔진 오일 교환전과 교환후의 연비 비교

자동차의 연비를 향상시키는 방법 가운데 가장 비용의 효과가 큰 것으로 분류되고 있는 것이 엔진 오일이다. 엔진오일의 개량에 의한 연비 향상은 그런 측면에서 가장 절실한 엔진 기술 가운데 하나이다. 오일에 의한 연비 향상에는 저점도 효과와 마찰 저감제의 이용이 있다[11].

Fig3은 엔진오일을 교환하기 전과 교환후의 연비를 보여주는 것이다. 이 차량의 윤활유는 국내에서 생산된 SAE 5W/30의 오일을 사용하였고, 약 9,500km 주행한 다음 교환하였다. Fig.3의 그림에서 보면 엔진오일 교환전과 교환후의 연비는 엔진오일 교환후의 연비가 평균 1.1%에서 최대 5.8% 정도 좋은 것으로 확인되었다. 이러한 연비 차이는 거의 없는 것으로 볼 수 있다.

### (4) 급출발, 급가속 및 급제동시 연비 비교

Fig.4의 값을 비교한 결과 Table2에 나타나 있다. 이것은 정상운전, 급가속, 급발진, 급제동을 비교하여 본 것이다.

일반적으로 자동차의 연비는 동일한 차량이라도 운전자의 성향에 따라 커다란 차이가 난다. 동일한 연료를 넣고 급출발, 급가속, 급제동을 하게 되면 그것으로 인해 연료 소모가 정

Table.2 Average and maximum value of fuel consumption for steady driving, fast starting, fast accelerating, fast braking

항목	연비	연비 평균값(%)	연비 최대값(%)
정상운전과 급제동		10.58% ↑	11.6% ↑
정상운전과 급가속		19.45% ↑	23% ↑
정상운전과 급출발		32.3% ↑	34.7% ↑
급제동과 급가속		6.8% ↑	8.9% ↑
급제동과 급출발		18.3% ↑	22.2% ↑
급가속과 급출발		10.8% ↑	14.5% ↑

상적인 주행을 할 때보다 많아지기 때문이다. 운전자의 운전습관은 한번 습관화되면 잘 바뀌지 않는다. 특히, 운전 경력이 많은 경우는 이러한 현상이 더욱 잘 나타난다. 자신의 운전 습관이 가장 좋은 것으로 판단하기 때문이다. Fig.4는 정상적인 운전, 급출발, 급가속, 급제동 상태에서의 연비를 측정하여 비교한 결과이다. Table에서 정상운전과 급출발운전 조건을 비교하여 보면 평균 32.3%, 최대 34.7% 정도의 연비가 차이나는 것을 알 수 있다. 그림에서와 같이 정상적인 운전에서 가장 연비가 좋은 것으로 확인되었다. 이것은 정상적인 운행중에는 엔진과 차량의 부하가 적으므로 이것으로 인해 연료 소모가 적은 것으로 사료된다. 그러나 급출발 상태에서는 가장 연비가 떨어지는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결과 및 고찰

최근 국제유가의 상승으로 인해 자동차 연료값의 증가와 날로 강화되고 있는 환경관련 규제와 관련하여 적은 연료로 많은 거리를 주행할 수 있는 엔진 제어 시스템의 다각적으로 개발되고 있다.

시험 차량은 주행 전후에 연료를 연료 탱크에 완전히 채워서 연료 총 사용량을 구하는 풀(full) 탱크 방법을 사용하였다. 이러한 방법으로 시험한 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 온도에 따른 연비는 측정된 기간의 온도를 평균값으로 산정하여 연비를 분석하였다. 연비는 운전자의 엔진작동 조건이 가장 양호한 조건에서 연비가 좋은 것을 알 수 있다. 대기온도가 낮을 때보다는 대기 온도가 높을 때가 연비에 유리하다는 것으로 확인하였고, 운전조건의 최적성이 연비에 어느 정도 영향을 미친다는 것으로 알 수 있었다.

둘째, 베이퍼라이저에서 가스가 누설될 때와 신포름으로 교환하여 가스가 누설되지 않을 때를 비교하면 베이퍼라이저에서 가스 누설될 때의 연비가 약 20% 정도 낮은 것으로 확인되었다. 이것은 베이퍼라이저가 오랜 기간 사용되어 내부 가스 기밀을 차단하는 개스킷이 경화되어 가스가 누설됨으로써 연비가 낮아지는 것으로 판단되어 진다.

셋째, 엔진 오일 교환전후의 연비는 데이터를 분석하여 본 결과 교환 전이나 교환 후나 변화가 크지 않을 것으로 확인되었다. 왜냐하면 엔진오일도 규격이 동일한 엔진 오일이었고, 주행조건도 9,500km 주행한 상태로 엔진오일의 점도 변화가 그리 크지 않다고 할 수 있다. 즉 엔진오일의 성상변화가 그리 크지 않아 연비에 영향을 주지 않은 것으로 판단된다.

넷째, 정상적인 운전, 급출발, 급가속, 급제동하였을 때의 연비는 정상적인 운전에서 가장 연비가 좋은 것으로 확인되었다. 이것은 정상적인 운행중에는 엔진과 차량의 부하가 적으므로 이것으로 인해 연료 소모가 적은 것으로 사료된다. 그러나 급출발 상태에서는 가장 연비가 떨어지는 것을 알 수 있다. 이것은 차량이 정지상태에서 갑자기 엔진의 부하를 받으며 움직일 때 순간적인 커다란 부하를 주기 때문에 큰 출력이 소요되므로 연료 소모가 크다 할 수 있다. 급제동 상태에서는 주행중 제동을 하기 때문에 엔진의 연료를 공급하여 힘을 얻는 것은 아니지만 차량을 정지시키기 위해 부하가 필요하기 때문에 연료 소모는 다른 급격한 부하를 받는 엔진제어 조건과 비교할 때 상대적으로 작은 연료 소모가 되는 것으로 판단된다.

#### 5. 참고문헌

1. Chung Kyun Kim, Nickolai K Myshkin, Mark I, Petrokovests, "Introduction to Tribology " Cheong Moon Gak, (1997)
2. Il Kwon Lee, Sung Won Kim, Chung Kyun Kim, "Experimental Study on the Tribological Characteristics including of Oil Leakage in Valve Stem", Proceedings of the Second Asia International Conference on Tribology , ASIA TRIB 2002 Paper,

- (2002.10)
3. Korea Society Automotive Engineering, "Automotive Technology Handbooks II", (1996)
  4. Il Kwon Lee, Yoon Soo Chun, Chung Kyun Kim, et al., " Study for Fuel Consumption Analysis to Driving Condition of LPG Automotive", Proceeding of 2005 KIGAS Conference, pp G413~G418
  5. Maintenance manual of Hyundai Motors
  6. Maintenance manual of Kia Motors
  7. Maintenance manual of GM Daewoo Motors
  8. "Maintenance processing of LPG automotive", Korea Gas Safety Corporation, (1999.10)
  9. Il kwon Lee, Yoon Soo Chun, Chubg Kyun Kim, et al., "Failure and diagnosis of automotive", Sun Hak, (2003. 7)
  10. Il Kwon Lee, Yoon Soo Chun, Chung Kyun Kim, et al, "Failure Study for Tribological Characteristics of LPG Automotive Engines", Spring Conference Proceedings of 2004 KIGAS, pp181-189, (2004.11)
  11. W.S.Moon, "Engine Oil Technology for Low Fuel Consumption and Low Emission of Passenger Cars", KSAE Vol 20.No 4, August (1998)