

## 연료물성에 따른 경유 차량의 성능 및 에너지소비효율 연구

노경하\* · 이민호† · 김기호 · 이정민

한국석유관리원 석유기술연구소  
(2018년 7월 22일 접수: 2018년 9월 14일 수정: 2018년 9월 19일 채택)

### A Study on The Performance and Fuel Economy of Diesel Vehicles According to Change in Fuel Properties

Kyeong-Ha Noh\* · Min-Ho Lee† · Ki-Ho Kim · Jung-Min Lee

\* *Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority,  
Chungcheongbuk-do, 28115, Korea*

(Received July 22, 2018; Revised September 14, 2018; Accepted September 19, 2018)

**요약** : 점차 강화되는 배출가스 규제와 적은 연료로 많은 거리를 주행할 수 있는 고효율 자동차에 대한 요구로 에너지소비효율에 대한 관심이 점차 늘어나고 있다. 국내의 에너지소비효율은 도심주행모드와 고속도로 모드를 주행하여 복합연비로 산정하고 5-Cycle 보정식을 이용하여 최종 에너지소비효율을 표시하고 있다. 에너지소비효율의 경우 카본발란스법에 의하여 산출되는데 이때 배출가스에 의해 계산이 됨에 따라 연소에 사용되는 연료는 자동차 성능과 에너지소비효율에 매우 중요한 역할을 하게 된다. 자동차 연료의 경우 국내에서는 석유 및 석유대체연료 사업법 품질기준에 따라 국내에 유통되고 있는데 정유사의 정제 방법이나 원유에 따라 품질 기준 내에서 물성 차이를 보일 수 있다. 일정 품질기준을 정하고 있음에 따라 연료별 큰 차이는 나지 않을 것으로 보이나 자동차의 성능에는 영향을 미칠 수 있어 그에 따른 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 시중에서 유통되고 있는 연료 중 여름철에 판매되는 경유를 정유사 직영점을 통해 구매하였으며, 각 시료별 물성을 분석하고 그에 따른 에너지소비효율을 측정하였다. 에너지소비효율의 경우 현행 경유 자동차의 에너지소비효율 산정식과 휘발유 에너지소비효율에서 사용되는 산출식을 이용하여 물성 적용에 따른 변화를 살펴보았다. 그 결과 시료별 밀도는 최대 약 0.9%의 차이를 보였으며, 순발열량은 1.6%의 차이를 보였으며, 현행 에너지소비효율 산출 결과에서는 도심모드에서 약 1%, 고속모드에서 1.4% 차이를 보였다. 휘발유 산출식을 이용한 산출에서는 현행 에너지소비효율 산출때 보다 약 6%정도 낮은 수치를 보였으며, 각 시료별 에너지소비효율은 최대 도심과 고속에서 최대 약 1.4%의 차이를 보였다.

주제어 : 경유자동차 에너지소비효율, 휘발유자동차 에너지소비효율, 카본발란스법, 경유

†Corresponding author  
(E-mail: [nokyha@kpetro.or.kr](mailto:nokyha@kpetro.or.kr))

**Abstract :** Increasing emissions regulations and demand of high-efficiency cars that travels a lot of distance with less fuel, there is growing interest in Energy Consumption Efficiency. Korean energy consumption efficiency compute combined Fuel Economy by driven city & highway driving mode and present final Energy Consumption Efficiency as using 5-cycle correction formula. Energy consumption efficiency is computed Carbon-balance-method, when used burning fuel play a key role in vehicle performance & Energy Consumption Efficiency. In Korea, vehicle fuel is circulate by Petroleum and Petroleum Alternative Business Act, there is property difference in quality standard because petroleum sector's refine method or type of crude oil. It does not appear a big difference according to fuel, because it sets steady quality standard, it may affect the performance of automobile. Thus, in research We purchase a few diesel fuel which circulated in the market in summer season though directly-managed-gas station by petroleum sector, resolve property each of fuel, we compute Fuel Economy each of them. We analyze into change depend on applying for property as nowadays utilizing Energy Consumption Efficiency calculating formula of gasoline and diesel fuel. As result, Density each of sample fuel has a maximum difference roughly 0.9%, net heat value each of sample fuel has difference 1.6%, result of current Energy Consumption Efficiency each of sample fuel has a difference roughly 1% at city drive mode, 1.4% at highway drive mode. Result of use gasoline calculator formula shows less 6% result than nowadays utilizing Energy Consumption Efficiency calculating formula, each of sample's Energy Consumption Efficiency shows maximum roughly 1.4% result in city & highway drive mode.

*Keywords : Fuel Economy for Diesel, Fuel Economy For Gasoline, Carbon Balance, diesel*

## 1. 서론

점차 강화되는 배출가스 규제는 차량에 대한 효율향상과 배출가스 저감장치 개발이라는 과제를 자동차 제작사에 제시하였고, 배출가스 후처리 장치와 효율성 높은 엔진기술들이 규제에 맞춰 다양하게 쏟아져 나왔다. 이와 더불어 전 세계적으로 자동차에 사용되는 연료도 자동차 기술에 맞춰 점차 그 기준을 높여감으로써 자동차의 효율 향상과 배출가스 저감에 기인하고 있는데, 국내에서는 대기환경보전법을 통해 연료제조기준을 마련함으로써 환경성에 악영향을 미칠 수 있는 요소에 대해 제한을 두고 있다. 뿐만 아니라 환경성만으로 자동차 연료유로써 사용이 어려움에 따라 연료제조기준 외 몇 가지 항목을 더 추가하여 석유 및 석유대체연료 사업법에서는 품질기준을 마련함으로써 국내 유통되는 연료를 일정 기준 내에서 관리를 하고 있다. 자동차의 연료가 일정 기준 내에서 판매됨에 따라 자동차 제작사에서는 자동차 개발 당시 자동차 연료에 대한 품질을 고려하여 맵핑을 실시하고, 모든 운전 영역에서 이상연소가 이루어지지 않게 하기 위하여

설계 변수에 대한 모델링과 시뮬레이션 등의 기술개발을 수행 한다. 또한, 배출가스 규제를 만족시키기 위하여 후처리 장치를 사용하게 되는데, 이때 중요하게 작용되는 변수 또한 연료의 품질이 된다. 가솔린 엔진의 경우 촉매의 정화효율을 높이기 위하여 이론공연비에서의 연소 제어가 반드시 필요하게 되며, 이때 연료에 대한 물성은 이론공연비 제어를 위한 매우 중요한 요소로 작용한다. 또한, 경유 차량의 경우에도 후처리 장치로 사용되는 DPF(Diesel Particle Filter)의 경우 황성분이 필터에 정착하여 필터를 막히게 함으로써, 수명을 줄어들게 만들고 성능저하, 필터의 깨짐 등의 영향을 미침에 따라 연료의 품질기준은 차량의 설계 시 매우 중요한 요소로 작용하게 된다.

국내에 판매되는 연료유의 경우 각 정유사별로 원유를 전량 수입·생산함으로 원유성상에 따라 롯데별로 석유제품 품질이 상이하여 품질기준 내에서 연료의 품질이 달라질 수 있는데, 품질기준 내 상이한 연료 품질기준이 자동차의 효율과 배출가스에 영향에 미치는 영향이 어느 정도인지에 대한 자료는 부족한 실정이다. 자동차의 에너지소

비효율은 흔히 연비 또는 에너지소비효율 이라는 말로 통용되고 있는데, 국내에 유통되고 있는 경유자동차의 경우 에너지 소비효율은 Carbon Balance에 의하여 아래 식과 같이 배출가스를 측정 후 산정됨에 따라 경유자동차에 대한 에너지소비효율은 배출가스에 의해 산정되고 있다. 그러나 국내에 유통되고 있는 경유의 경우 모든 물성 값이 상수로 고정되어 있어 실제 물성을 반영하였을 시 연비에 어느 정도 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다. 그러나, 실제 물성값을 사용하기 위하여는 다양한 연구가 필요하나 아직 그에 따른 연구가 활발히 이루어지지 않아 본 연구에서는 경유의 물성을 측정하여 휘발유자동차 에너지소비효율에 적용시키고 실제 어느 정도의 차이가 발생하는지에 대한 실험적 연구를 수행하였다.

## 2. 시험장비 및 방법

### 2.1. 시험용 연료

본 연구에 사용된 연료는 국내 시중에 판매되고 있는 경유 중 4종을 동일 날짜에 구매 하여 사용하였으며, 시중의 주유소 중 직영점을 통하여 구매하였다. 시험에 사용된 연료가 국내에 판매되는 연료를 모두 대표할 수는 없으나 유통되고 있는 경유에 대한 물성차이와 성능을 확인하고자 하였다.

### 2.2. 시험용 차량

본 연구에 사용된 차량은 1,582 cc급 자동차를 선정하였고, 시험에 사용된 차량의 제원은 Table 1과 같다.

### 2.3. 차대동력계 시스템

시험의 대표성 및 객관성을 확보하기 위해 공인된 시험법인 에너지소비효율측정방법 및 대기환경보전법의 배출가스 시험방법을 구현할 수 있는 차대동력계 시스템을 이용하였다. 또한, 차대동력계 시스템의 경우 매년 정도검사를 실시하여 시험의 정확성을 유지하였다.

차대동력계 시스템은 먼저 자동차를 실도로 조건과 동일하게 부하를 제어하기 위한 차대동력계와 자동차의 배기구를 통하여 배출되는 배출가스를 분석하는 배출가스 분석기, 배출가스를 일정하게 채취하기 위한 시료채취장치, 배기가스와 ambient 가스를 적절하게 희석하는 희석터널, PM의 무게를 측정하기 위한 PM 측정 장비, 배기가스 열교환기, 보조 운전장치(Driver aid, weather station) 등으로 구성되어 있는 시스템으로 국내 총중량 3.5 톤 미만의 소형, 승용 및 화물자동차에 대하여 인증하는 장비로 배출가스 및 연료소비율을 측정할 수 있도록 형식 승인된 시험 장비이다. Fig. 1은 본 시험에 사용된 차대동력계 시스템의 개략도를 나타낸 것이다.

### 2.4. 배출가스 분석기 및 에너지 소비효율 분석

배출가스 측정은 시험자동차가 차대동력계의 롤러 위에서 각 모드별로 주행할 때 배기관으로부터 배출되는 가스를 정용량 시료채취장치(CVS, Constant volume sampler)로 일정량의 공기를 희석한 후, 시료 채취백에 채취하여 배출가스를 정량 분석한다. 배출가스 측정 장치(HORIBA사 MEXA series)는 자동차의 배출가스 중 CO, THC, NOx, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>를 분석할 수 있는 장치로 분석원리는 CO 및 CO<sub>2</sub>가 비분산적외선분석법(NDIR, Nondispersive Infrared), THC

Table 1. Specification of experimental vehicle

Fuel	Diesel
Engine Type	I4
Fuel Injection Type	CRDI(Common Rail Direct Injection)
Wheel Drive Type	FWD
Displacement	1,582 cc
Max. Power	136hp
Max. Torque	30.6kg.m
Empty Vehicle Weight	1,365 kg
Fuel Economy (km/L)	17.3

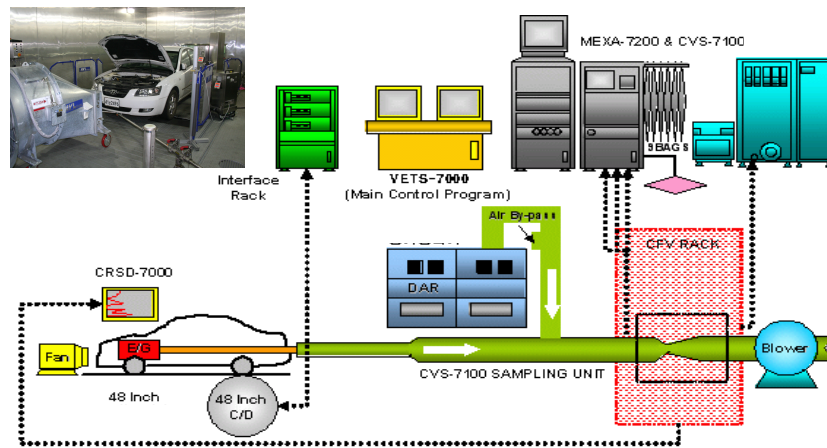


Fig. 1. Schematic diagram of gasoline vehicle emission measurement system

는 열식불꽃이온화 검출기법 (HFID, Heated Flame Ionization Detector), NOx는 화학 발광법 (CLD, Chemiluminescence Detector), CH4는 GC-FID (Gas chromatography-FID)을 사용한다. 이렇게 검출된 배출가스는 데이터 가공장치를 통하여 배출가스농도와 카본밸런스법에 의해 연비를 산출하게 되며, 아래 식에 의해 경유자동차에 대한 에너지소비효율을 산정하게 된다.

·경유자동차의

$$\text{에너지소비효율 및 연료소비율 (km/L)} = \frac{707(\text{g/L})}{0.858 \times \text{HC} + 0.429 \times \text{CO} + 0.273 \times \text{CO}_2}$$

- 단, 1) CH비는 1.99임
- 2) HC, CO, CO2는 각각 배출가스 농도 (g/km)임

또한, 연료에 대한 물성을 적용하여 에너지소비효율을 계산하기 위하여 아래와 같이 국내 휘발유자동차에 대한 에너지소비효율 계산식을 이용하여 결과를 산출하였다.

$$\text{에너지소비효율 및 연료소비율 (km/L)} = \frac{3,179 \times 104 \times \text{CWF} \times \text{SG}}{[(\text{CWF} \times \text{HC} + 0.429 \times \text{CO} + 0.273 \times \text{CO}_2) \times [(0.6 \times \text{SG} \times \text{NHV}) + 12,722]]}$$

- 단, 1) HC, CO, CO2는 각각 배출가스 농도 (g/km)임

- 2) CWF는 연료속에 포함되어 있는 탄소함량 비율임
- 3) SG는 측정된 연료밀도(g/ml)임
- 4) NHV는 측정된 발열량(J/g)임

#### 2.4. 연료물성 시험 방법

연료의 물성은 「석유 및 석유대체연료 사업법」에 따라 실시하였으며, 상세 시험법은 Table 2와 같다.

#### 2.5. 에너지소비효율 시험 방법

##### 2.5.1. FTP - 75 mode (도심주행모드)

FTP-75 모드는 시험실에서 모의로 연비를 측정하기 위하여 도로여건과 운전상황을 고려하여 개발된 주행모드로서 약 41분이 소요되며, 우리나라는 배출가스 및 연비 시험방법의 주행모드로 사용하고 있다.

FTP-75 주행모드는 Fig. 2와 같이 총 3개의 phase로 구성되어 있다. phase 1은 저온시동상태에서의 주행을 모의한 것으로 저온시동시험 초기 단계(cold cycle)라 통칭되며 505초 동안 5.78 km를 주행한다. Phase 2는 냉간 시동 후 엔진의 운전조건이 안정된 상태에서의 주행을 모의한 것으로 저온시동시험 안정단계 (stabilized cycle)라 불리며 865초 동안 6.29 km를 주행한다. phase 3은 phase 주행 후 9분 ~ 11분간 엔진을 정지시켰다가 다시 주행하는 구간으로서, 고온시동시

Table 2. Test method for Fuel quality characteristics

Item	Limit	Metod
Pour Point (°C)	0.0 ↓ (Winter : -17.5 ↓)	ASTM D 6749
Flash Point (°C)	40 ↑	KS M ISO 2719
Kinematic viscosity (40 °C, mm <sup>2</sup> /s)	1.9 ↑ ~ 5.5 ↓	KS M ISO 3104
Distillation Characteristics (90 %, °C)	360 ↓	ASTM D 86
10 % Carbon Residue (weight %)	0.15 ↓	KS M ISO 10370
Water and sediment (vol%)	0.02 ↓	KS M 2115
Sulfur (mg/kg)	10 ↓	ASTM D 5453
Ash (Weight%)	0.02 ↓	KS M ISO 6245
Cetane number (Cetane Index)	52 ↑	KS M ISO 5165
Active sulfur-copper strip corrosion (100 °C, 3 h)	1 ↓	KS M ISO 2160
Lubrication @60°C (μm)	400 ↓	KS R ISO 12156-1
Density@15°C (kg/m <sup>3</sup> )	815 ↑ ~ 835 ↓	KS M ISO 12185
Polycyclic Aromatic (Weight%)	5 ↓	IP 391
Aromatic (Weight%)	30 ↓	IP 391
Bio diesel (Vol%)	2 ↑ ~ 5 ↓	KS M 2964

험 초기 단계(hot cycle)라 불리우며, 앞에서 설명한 phase 1 구간과 동일한 모드이다. 이상 3 phase의 총주행시간은 10 분간의 휴지시간을 포함하여 W12.3분으로서 총 주행거리는 17.84 km 이다.

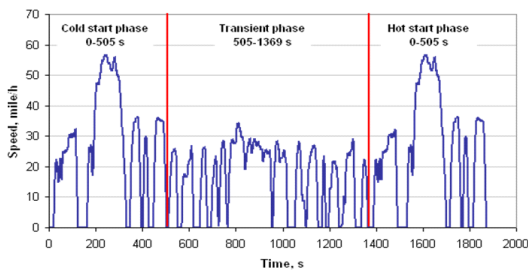


Fig. 2. Fuel economy Test mode(FTP-75).

### 2.5.2. HWFET mode (고속주행 모드)

HWFET 시험 모드는 고속도로의 주행상황에 맞추어 미국 EPA에서 제정하여 사용하고 있는 시험모드로 차량이 예열된 상태로 고속 주행할 시에 연비를 측정하기 위하여 개발한 시험모드로 차량의 엔진상태를 hot 상태의 일정조건으로 설정하기 위하여 시험측정모드 시작 전에 동일한

모드로 예열 과정을 진행한다. 시험모드의 총주행 시간은 예열 과정을 제외하고 765 초이며, 거리는 16.45 km이다. 평균속도는 77.7 km/h이고, 최대 속도는 97 km/h이다. Fig. 3은 HWFET 모드의 특성을 나타낸 것이다.

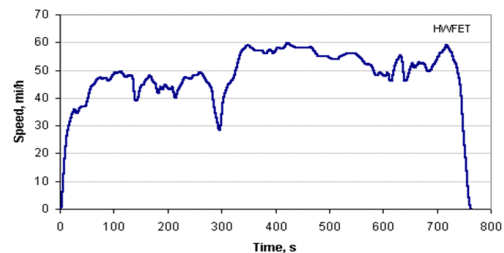


Fig. 3. Fuel economy Test mode(HWFET).

## 3. 시험결과 및 고찰

### 3.1. 시험용 연료의 물성 특성

Table 3은 시험에 여름철에 판매되는 자동차 경유를 구매하여 분석한 결과이다. 시료는 정유사의 직영점을 통해 구매하였으며, 물성분석 결과

Table 3. Fuel quality characteristics of summer diesel

Item		A	B	C	D
Pour Point (°C)		-9.0	-12.0	-10.0	-14.0
Flash Point (PM, °C)		48.0	47.0	42.0	44.0
Kinematic viscosity (40°C, mm <sup>2</sup> /s)		2.3	2.3	2.4	2.7
Distillation Characteristics	10% (°C)	169.9	167.5	175.6	174.8
	50% (°C)	264.3	266.2	265.9	278.8
	90% (°C)	343.8	342.4	339.6	341.1
Sulfur (mg/kg)		8	4	5	6
Cetane number (Cetane Index)		55.7	53.0	53.5	56.8
Active sulfur-copper strip corrosion (100 °C, 3h)		1 ↓	1 ↓	1 ↓	1 ↓
Lubrication@60°C (HFRR μm)		185	187	177	173
Density (15°C, kg/m <sup>3</sup> )		819.2	826.4	826.1	824.8
Polycyclic Aromatic (Weight%)		1.7	1.6	1.4	1.0
Aromatic (Weight%)		19.8	21.4	20.5	18.2
Bio diesel (Vol%)		3.0	3.2	2.9	2.4
THV (MJ/kg)		45.8635	45.6606	45.5632	45.7431
Elementary Analysis	C (Weight%)	85.79	84.88	84.30	85.17
	H (Weight%)	13.88	14.95	15.50	14.31
Content of Water (Weight%)		0.01	0.01	0.01	0.01
LHV (MJ/kg)		42.7264	42.2817	42.0603	42.5080

모든 자동차용 경유는 석유 및 석유대체연료 사업법의 품질기준을 모두 만족하였다. 그러나 각 시료별로 품질기준 내에서 차이를 보인 것을 알 수 있는데, 연비 계산식에 사용되는 밀도는 최대 약 0.9%의 차이를 보였으며, 순발열량의 경우에도 최대 약 1.6%의 차이를 보였다. 또한, 원소분석에서 탄소는 최대 약 1.8%, 수소는 약 11.7%의 차이를 보임으로써 품질기준 내에서 연비에 영향을 미치는 인자에 대한 차이를 확인할 수 있었다. 또한, 주행에 영향을 미칠 수 있는 증류성상의 경우에는 10% 유출온도가 약 4.8%, 50% 유출온도는 약 5.5%의 차이를 보임으로써 시동성과 주행성능에서 약간의 차이를 보일 수 있을 것으로 보이며, 세탄지수의 경우에는 최대 약 7% 차이를 보임으로써 연소에 대한 영향도가 발생할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.2. 시험차량의 에너지소비효율 특성

Fig. 4는 각 시료별 현행 에너지소비효율 시험 중 도심을 모사한 FTP-75모드의 에너지소비효율

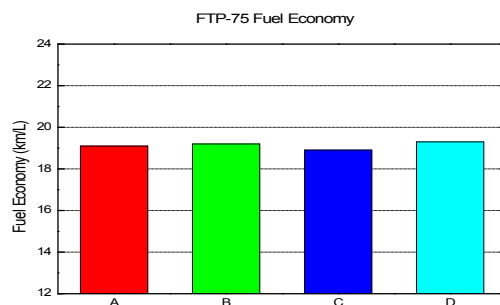


Fig. 4. Test results for fuel economy(FTP-75).

을 3회 측정하고 그 평균값을 나타낸 것이다. 도심모드에서는 약 1%의 차이를 보였으며, 시료 C가 가장 낮은 에너지소비효율을 보였으나 전체적으로 비슷한 에너지소비효율을 나타내었다. 이는 연료물성 중 에너지소비효율에 영향을 미치는 요인들이 상수로 적용되어 배출가스로 배출된 탄소를 카본발란스법을 이용하여 산출한 결과임에 따라 연료 품질에 따른 배출가스의 영향성을 살펴 보았다. C 시료의 경우 시동성에 영향을 미치는

10%유출 온도가 높아 초기 시동 시 영향을 미쳐 초기 시동 시 나온 배출가스가 탄소 성분을 많이 배출함에 따라 에너지소비효율에 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

Fig. 5는 각 시료별 현행 에너지소비효율 시험 중 고속도로를 모사한 HWFET모드의 에너지소비효율을 3회 측정하고 그 평균값을 나타낸 것이다. B 시료가 C와 D에 비해 고속모드에서는 약 1.4% 정도 낮은 에너지소비효율을 나타내고 있는데, B 시료의 경우 다른 시료에 비해 낮은 세탄지수를 나타내고 있어 고속주행에서 연소 환경이 가혹해 짐에 따라 상대적으로 낮은 세탄가를 보이는 B시료가 연소 환경에서 좋지 않은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 또한, 바이오디젤의 함유량도 타 시료에 비해 조금 높게 나타남에 따라 연소 시 약간의 출력 저하에 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 그러나 특정 물성에 대한 판단보다는 복합적인 요인에 의해 배출가스와 에너지소비효율에 차이를 나타내는 것으로 보이나, 현재 유통되고 있는 연료유의 경우 품질기준을 모두 만족하고 있음에 따라 복합적인 요인에 의해 배출가스와 에너지소비효율에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

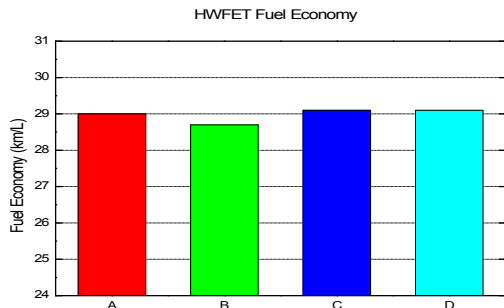


Fig. 5. Test results for fuel economy(HWFET).

**3.2 연료물성 적용에 따른 에너지소비효율**

Fig. 6은 현행 경유자동차의 에너지소비효율 계산법에 의해 산정된 에너지소비효율과 휘발유와 같이 연료 물성을 적용한 에너지소비효율을 비교한 것이다. 기존 에너지소비효율 대비 약 6% 정도 낮게 연비가 산정되었다. 이는 각 연료가 가지는 물성이 현행 경유 자동차 에너지소비효율에 사용되는 밀도와 탄소함량 비율, 순발열량이 유통되고 있는 경유와 차이를 보이고 있는 것으로 사료된다. 또한, 시료별 에너지소비효율을 살펴보

면, 현행 에너지소비효율 산정에 의하면 도심 모드의 경우 B와 D시료, A, C사 순으로 에너지소비효율이 높게 나타난 반면, 물성을 대입할 경우 D, A, C, B 시료 순으로 나타났으며, 최대 1.4%의 차이를 보였다. Fig. 7은 고속도로주행 모드의 에너지소비효율을 나타낸 것이다. 고속주행 모드의 경우에도 현행 에너지소비효율의 경우 C와D 시료, A, B시료 순으로 에너지소비효율이 높게 나타났으나, 물성 적용 시 A, C, B, D 순으로 높게 산정이 되었으며, 최대 1.4%의 차이를 보였다. 이는 실제 연료에 대한 물성이 에너지소비효율에 적용될 시 객관적인 에너지소비효율을 측정할 수 있을 것으로 보이며, 이에 대한 연구가 조금 더 필요할 것으로 사료된다.

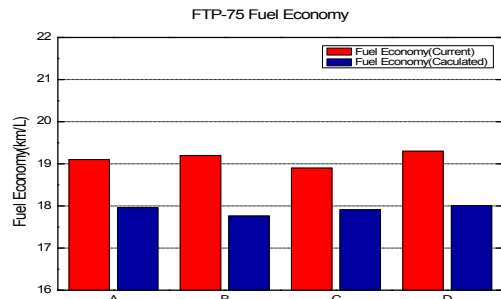


Fig. 6. Test results for fuel economy and calculate fuel economy(FTP-75).

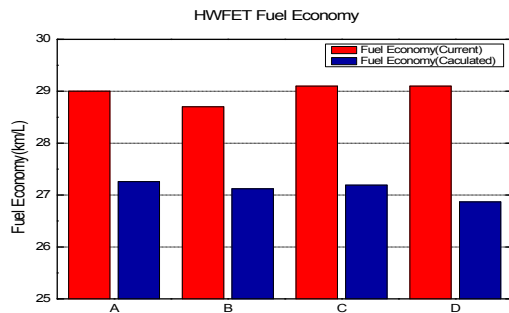


Fig. 7. Test results for fuel economy and calculate fuel economy(HWFET).

**4. 결론**

여름철 국내에서 판매되고 있는 자동차용 경유를 구매하고 그에 따른 밀도, 순발열량 등 물성 차이를 살펴보고, 이를 시험차량에 적용하여 차량

의 배출가스, 에너지소비효율을 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 밀도의 경우 4개 시료에서 최대 약 0.9%의 차이를 보였으며, 순발열량은 1.6%, 원소분석에서 탄소는 최대 약 1.8%, 수소는 11.7%의 차이를 보였다.
2. 주행에 영향을 미칠 수 있는 증류성상의 경우 10% 유출온도가 약 4.8%, 50% 유출온도가 5.5%, 세탄지수의 경우에는 최대 약 7%의 차이를 보였다.
3. 현행 경유자동차의 에너지소비효율의 경우 4개 시료에서 도심모드의 경우 약 1%, 고속모드에서는 1.4%의 차이를 보였다.
4. 휘발유 자동차의 에너지소비효율과 같이 경유에 대한 물성을 적용하여 에너지소비효율을 계산한 결과 현행보다 약 6%정도 낮은 에너지소비효율을 나타냈다.
5. 물성을 반영한 에너지소비효율은 도심모드는 D, A, C, B 순으로 높은 에너지소비효율을 나타내었으며, 고속모드에서는 A, C, B, D 순으로 높게 나타났다. 두 시험 모드에서 각 시료별 최대 약 1.4%의 차이를 보였다.

## References

1. A. Felming, R., "Fuel Economy of Light-Duty Diesel Vehicles", *SAE Technical Paper* No. 760592, (1976).
2. Ministry of Trade, Industry and Energy, Petroleum and Petroleum Substitute Fuel Business Act(2015).
3. Federal Regulation Title 40:Protection of Environment-chapter I-Subchapter U-Part 1065-Subpart H- § 1065.703 Distillate Diesel fuel
4. M. D. Eom, J. h. Ryu, J. S. Han, Y. S. Lyu, D. W. Kim, J. C. Kim, "A Study on the VOCs Emission Characteristics by the Light Duty Diesel and LPG Fueled Vehicles", *Transactions of KSAE*, Vol.16, No.1, pp.8-13, (2008).
5. E. J. Kang, M. S. Chon, J. S. Um, K. H. Kim, Y. H. Seo, "Characteristics Evaluation of Fuel Economy and Emission according to Driving Mode Conditions of The Vehicle by Fuel Type", KSAE 2015 Annual conference, KSAE15-B0077(2015).
6. U. Lundqvist, G. Smedler, P. Stålhammar, "A Comparison Between Different EGR Systems for HD Diesel Engines and Their Effect on Performance, Fuel Consumption and Emission", *SAE Technical Paper* No. 2000-01-0226, (2000).
7. M. Nabi, M. Minami, H. Ogawa, N. Miyamoto, "Ultra Low Emission and High Performance Diesel Combustion with Highly Oxygenated Fuel," *SAE Technical Paper* No. 2000-01-0231, (2000).
8. M. H. Lee, S. W. Kim, K. H. Kim, C. S. Jung, H. J. Oh, "A study about fuel economy and exhaust emission characteristics according to the vehicle test mode conditions", KSAE 2012 Annual conference, KSAE12-A0130, (2012).
9. G. Cho, H. Wi, J. Lee, J. Park and K. Park, "Effect of Alternator Control on Vehicle Fuel Economy," *Transactions of KSAE*, Vol.17, No.2, pp.20-25, (2009).
10. E. Mattarelli, G. Bianchi, D. Ivaldi, "Experimental and Numerical Investigation on the EGR System of a New Automotive Diesel Engine," *SAE Technical Paper* No. 2000-01-0224, (2000).
11. C. Oh, G. Cha, "Impact of Fuel, Injection Type and After-treatment System on Particulate Emissions of Light-duty Vehicles Using Different Fuels on FTP-75 and HWFET Test Cycles", *Int. J. Automotive Technology*, 16(6), pp.895-901, (2015)
12. J. Kim, K. Choi, C. L. Myung, Y. Lee, S. Park, "Comparative Investigation of Regulated Emissions and Nano-particle Characteristics of Light Duty Vehicles Using Various Fuels for the FTP-75 and



- the NEDC Mode”, *Fuel*, 106, pp.335-343, (2013)
13. U. Ulfvarson, "Diesel-Exhaust Tests Should be Revised with Respect to Health-Indicators," *SAE Technical Paper* No. 2000-01-0235, (2000).
  14. K. Ryu, J. Park, K. Choi, "Performance and Emission Characteristics of Dual-fuel(Diesel-CNG) Combustion in a Diesel Engine," *Transactions of KSAE*, Vol.18, No.4, pp.132-139, (2010).
  15. M. Pierotti, T. Cash, J. Williams, U. Zink, "Diesel Exhaust Aftertreatment - Materials and Systems," *SAE Technical Paper* No. 2000-01-1413, (2000).