

< 응용 논문 >

자동차의 주행거리 누적과 연비의 인과관계 분석 연구

노 경 완^{*1)} · 정 환 중¹⁾ · 심 창 호²⁾

한국에너지공단 자동차연비센터¹⁾ · 한국에너지공단 수요관리본부²⁾

A Study on Causality between Vehicle Cumulative Mileage and Fuel Economy Using Statistical Analysis Method

Kyung Wan Rho^{*1)} · Hwan Jung Jung¹⁾ · Chang Ho Sim²⁾

¹⁾Vehicle Energy Efficiency Center, Korea Energy Agency, 15 Sincheoksandan 3-ro, Deoksan-eup, Jincheon-gun, Chungbuk 27850, Korea

²⁾Demand Side Management Headquarters, Korea Energy Agency, 232 Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan 44538, Korea

(Received 16 December 2020 / Revised 8 February 2021 / Accepted 2 March 2021)

Abstract : The fuel economy of vehicles is the main concern for policy makers, vehicle manufacturers and consumers. Understanding the fuel economy of vehicles has important implications for fuel economy, greenhouse gas emissions and consumer information policies. Consumers need more fuel economy information to make informed decisions about their vehicle usage. This study seeks to satisfy our curiosity on whether fuel economy is closely related with cumulative mileage. The fuel economy data based on four different mileage conditions are measured by testing eight vehicles on two drive cycles (FTP-75 and HWFET) in accordance with the government test method to analyze and compare relationships between mileage and fuel economy. Statistical approaches with one-way ANOVA and paired t-test are used to verify causality between cumulative mileage and fuel economy. There is no mileage effect on vehicle fuel economy as shown in the one-way ANOVA results. The paired t-test analysis shows that fuel economy is minimally affected by cumulative mileage. However, it is difficult to ascertain if cumulative mileage can cause negative effects on fuel economy.

Key words : Fuel economy(연비, 에너지 효율), Cumulative mileage(누적 주행거리), FTP-75 mode(도심주행 모드), HWFET mode(고속도로주행 모드), One-way ANOVA(일원분산분석), Paired t-test(대응표본 t검정)

1. 서론

우리나라는 자동차 등록대수가 2020년 6월말 기준 2,400만대를 돌파할 정도로 자동차 보급이 꾸준히 확대되고 있으며, 이에 따라 수송부문의 에너지 소비와 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 정부는 이러한 수송부문의 에너지 소비 증가를 억제하고자 ‘에너지이용합리화법’에 의하여 1988년부터 ‘자동차의 에너지소비효율 및 등급표시에 관한 규정’을 토대로 자동차 연비제도를 추진하고 있다.^{1,4)} 자동차 연비제도는 기업이 자동차에 연비와 등급을 표시하여 소비자가 효율이 좋은 자동차를 직접 선택하도록 만든다. 즉, 자동차 구매자가 에너지 경제성

이 높은 자동차를 구매할 수 있도록 정부는 정확한 연비 정보를 소비자에게 제공하고, 여기에 자극을 받을 수밖에 없는 기업이 적극적으로 고효율 자동차를 개발할 수 있도록 유도한다.⁵⁾

자동차 연비는 소비자가 자동차를 구매하기 전에 고려하는 가장 중요한 요소 중 하나이다. 자동차를 구매한 이후에도 소비자는 차량을 운행하는 동안 발생하는 유지비 때문에 자동차의 에너지효율 성능인 연비에 지속적으로 민감하게 된다. 그리고 대부분이 자동차의 주행거리가 누적될수록 동력계 및 부속장치의 노후화로 인하여 자동차 연비에 부정적인 영향을 미칠 것으로 생각한다.

*A part of this paper was presented at the KSAE 2020 Fall Conference and Exhibition

*Corresponding author, E-mail: kwrho@energy.or.kr

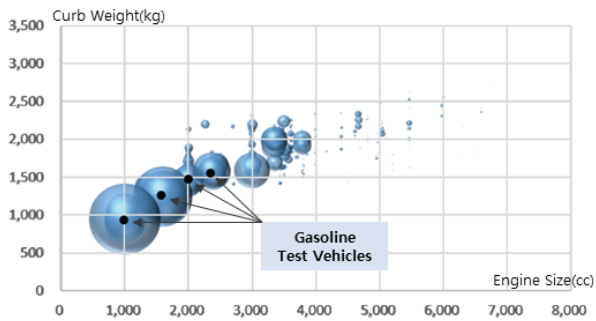
¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

주행거리 증가가 연비에 미치는 영향에 대한 국내 연구 사례가 일부 있지만, 차량의 누적 주행거리별로 연비를 측정하여 단순 비교한 결과만을 보여주고 있다.^{6,7)} 그러므로 본 연구는 차량의 주행거리 누적이 실제로 연비에 부정적인 영향을 주는지 여부를 파악하기 위하여, 약 4년 동안 시험차량 8대로 4차례에 걸쳐 주행거리를 누적해 가면서 실시한 연비측정 시험 결과와 이를 통한 통계적 분석 결과로 주행거리와 연비 사이의 인과관계를 제시하고자 한다.

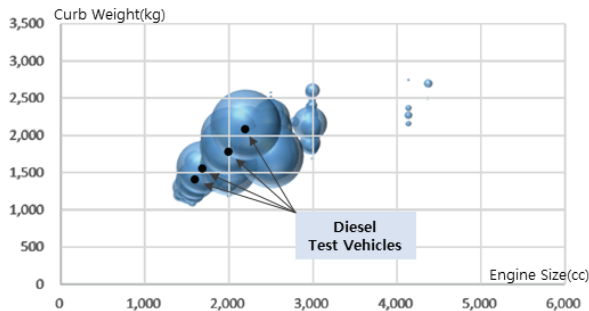
2. 시험 및 분석 방법

2.1 시험용 차량

국내에서 2016년과 2017년에 제작된 내연기관 자동차 중에서 주요 제원(유종, 배기량, 공차중량) 및 판매량을 Fig. 1과 같이 고려하여 국내 시판 차량을 대표할 수 있는 시험용 차량 8대를 Table 1과 같이 선정하였다. Fig. 1은 2015년에 판매된 자동차의 배기량과 공차중량에 따른 연간 판매량 분포 및 선정된 시험차량을 가솔린과 디젤 자동차로 구분하여 보여준다.



(a) Distribution of the annual sales volume of gasoline vehicles in 2015 with the gasoline test vehicles



(b) Distribution of the annual sales volume of diesel vehicles in 2015 with the diesel test vehicles

Fig. 1 Appropriate approach to choose the test vehicles considered vehicles specifications and sales volumes

Table 1 Specifications of test vehicles

Test vehicles	Fuel type	Engine size(cc)	Curb weight(kg)	Production year
Vehicle 1	Gasoline	998	940	2016
Vehicle 2	Gasoline	1,591	1,250	2016
Vehicle 3	Gasoline	1,999	1,470	2017
Vehicle 4	Gasoline	2,359	1,555	2016
Vehicle 5	Diesel	1,598	1,415	2016
Vehicle 6	Diesel	1,685	1,565	2017
Vehicle 7	Diesel	1,995	1,790	2016
Vehicle 8	Diesel	2,199	2,090	2017

여기에서 버블의 크기는 연간 판매량을 나타낸다. 이렇게 모집단의 대표성이 부여된 차량을 시험차량으로 선정하여 30,000 km까지 일정 주행거리를 누적해 가면서 차량별로 4차례의 연비측정 시험을 실시하였다.

2.2 연비측정 시험방법

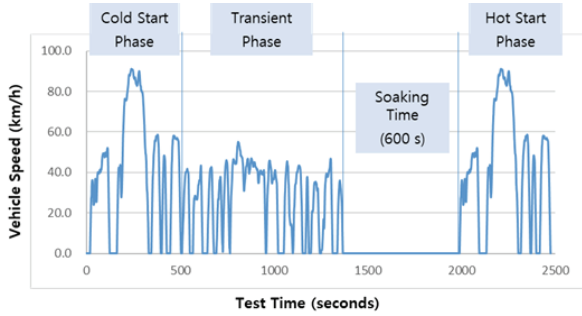
연비측정을 위해서는 시험차량이 차대동력계 위에 위치하고 배출가스분석계의 시료 채취관과 연결되어야 한다. 차대동력계는 실제로 조건과 동일하게 시험차량의 부하를 제어하는 장비이며, 배출가스분석계는 차량이 주행 중에 배출하는 가스를 분석해 주는 장비이다. 주행 모드에 따라 시험차량이 주행하면서 배출하는 배출가스(CO₂, CO, HC)를 포집 분석하여 식 (1), (2)와 같이 연비를 산정한다. CO₂와 CO는 비분산적외선분석기(Non-dispersive Infrared)를 사용하고, HC는 수소염기온화검출기(Heated Flame Ionization Detector)를 사용하여 배출가스를 분석한다. 시험차량의 주행모드는 도심주행(FTP-75) 모드와 고속도로주행(HWFET) 모드로 구분하여 시험하였다.

$$FE_G = \frac{640}{0.866HC + 0.29CO + 0.273CO_2} \quad (1)$$

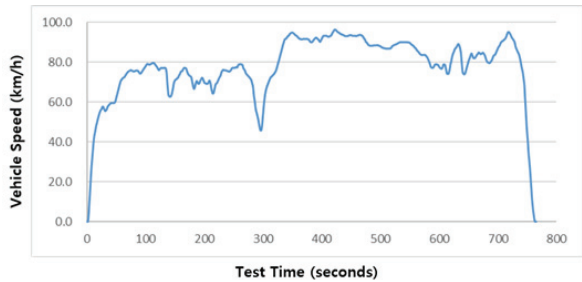
$$FE_D = \frac{734}{0.866HC + 0.29CO + 0.273CO_2} \quad (2)$$

where FE_G : fuel economy of gasoline vehicle (km/L)
 FE_D : fuel economy of diesel vehicle (km/L)
 HC : hydrocarbon emissions(g/km)
 CO : carbon monoxide emissions(g/km)
 CO_2 : carbon dioxide emissions(g/km)

Fig. 2는 FTP-75 모드와 HWFET 모드의 시험 시간에 따른 차량 속도 변화를 보여준다. 연비 측정을 위한 시험



(a) FTP-75 driving mode for urban fuel economy test



(b) HWFET driving mode for highway fuel economy test

Fig. 2 Driving schedules for vehicle fuel economy test

조건은 ‘자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시’를 준용하였다.

주행거리 누적에 따른 연비 영향도를 분석하기 위하여 주행거리가 각각 150 km, 6,500 km, 15,000 km 및 30,000 km일 때 마다 시험차량 8대의 연비를 FTP-75와 HWFET 모드에서 각각 측정하였다. 차량이 출고된 시점인 주행거리 150 km 이내의 신차 상태에서 먼저 연비를 측정하고, 6,500 km 길들이기 주행을 한 후에 연비를 측정하였다. 자동차 연비 제도에 의하여 차량의 연비측정 시험을 위해서는 시험 전에 차량 안정화를 위한 길들이기(사전 주행거리 6,500 km ± 1,000 km 주행)가 필요하다. 그러므로 해당 고시에 준하는 길들이기 조건인 6,500 km 주행거리 누적에 따른 연비 영향도 분석을 하고자 시험 조건에 포함하였다. 이 후에는 일반적인 운전자의 연간 주행 조건이라 할 수 있는 15,000 km에서 연비를 측정 한 후, 15,000 km를 추가로 누적하여 30,000 km에서 연비를 측정하고 이 모든 결과를 비교 분석하였다.

시험차량의 주행거리를 누적하기 위하여 인위적인 방법을 사용하지 않았으며, 실제 자동차 운전 조건과 유사한 환경을 조성하여 주행거리를 누적하였다. 즉, 다양한 운전자가 시간과 장소에 구애받지 않고 일반적으로 조건에서 운전을 하여 시험차량의 주행거리를 누적하였다. 그러므로 주행거리 누적 기간은 시험차량마다 다르지

만, 주행거리 누적 시기는 2016년부터 2019년 이내이다. 일반적인 차량 관리와 동일하게 시험차량 역시 주기적으로 차량 점검을 하면서 엔진오일 및 필터 교환, 에어필터 교체 등의 기본 정비를 실시하였다.

연비측정 시험의 반복성(Repeatability)과 재현성(Reproducibility)을 확보하기 위해서는 시험장비·시험원간의 편차와 측정불확도를 지속적으로 관리해야 하기 때문에 시험차량의 연비측정 시험은 국가표준기본법에 따라 KOLAS 인정을 받아 자격을 유지하고 있는 시험기관 2곳에서 실시하였다.

2.3 통계적 검정 방법

차량의 주행거리 누적이 연비에 영향을 주는지 여부를 확인하기 위해서는 통계적 검정이 필요하다. 이를 위해서는 독립변수인 누적된 주행거리에 따라 150 km, 6,500 km, 15,000 km, 30,000 km에 해당하는 4개 그룹의 연비 데이터가 정규 분포를 갖는지 여부를 확인하는 정규성 검정이 먼저 실시되어야 한다. 정규성 검정이 확인 되면, 독립변수가 누적 주행거리, 종속변수가 연비 데이터 하나이므로 주행거리별로 구분된 4개 그룹 간 통계적 검정을 위하여 One-way ANOVA와 Paired t-test를 실시할 수 있다.⁸⁾ 통계적 검정을 위해 가능한 가정인 귀무가설(H_0)은 ‘주행거리 증가에 따른 차량의 연비는 차이가 없다’이다. 만약 그룹별로 연비 차이가 있어서 귀무가설을 기각하고 대립가설(H_1)을 채택할 수 있다면, 차량의 주행거리 누적은 연비에 영향을 미친다고 볼 수 있다.

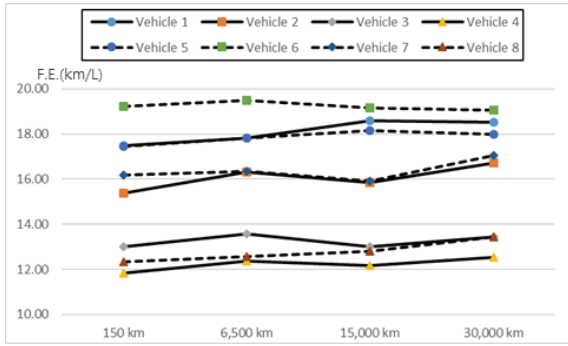
3. 연비 시험 및 분석 결과

3.1 연비측정 시험 결과

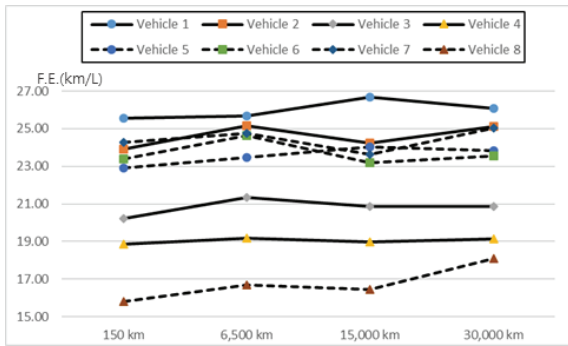
시험차량 8대 모두 신차 상태라 할 수 있는 주행거리 150 km 이내에서 가장 먼저 FTP-75와 HWFET 모드의 연비를 측정하였다.

그 이후에 차량의 주행거리를 6,500 km, 15,000 km, 30,000 km로 누적해 가면서 해당 주행거리가 될 때마다 연비를 측정하였다. Fig. 3은 이에 대한 주행거리별 FTP-75와 HWFET 모드의 연비 측정 시험 결과이다. Fig. 3에서 8대 시험차량의 연비 측정 결과를 토대로 해당 시험차량별로 연비 평균값을 구하고, 이를 각각의 주행거리별로 측정된 연비와 서로 비교한 차이를 Table 2는 보여주고 있다.

FTP-75 모드에서는 Vehicle 6이, HWFET 모드에서는 Vehicle 4가 평균 대비 편차가 가장 작으며, 전체 중에서 편차가 가장 큰 경우는 Vehicle 8이 주행거리 30,000 km에서 HWFET 모드로 시험했을 때로 편차가 7.9%이다. Fig. 3



(a) FTP-75 mode fuel economy of test vehicles



(b) HWFET mode fuel economy of test vehicles

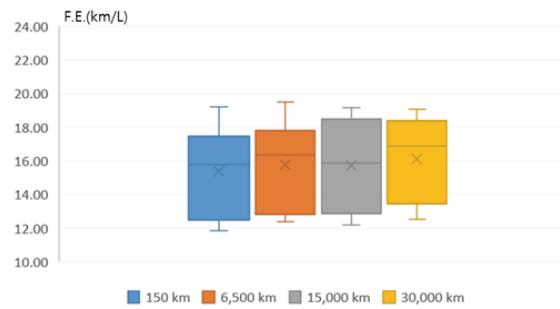
Fig. 3 City and highway fuel economy test results of test vehicles by cumulative mileages

Table 2 Ratio of difference to mean fuel economy based on cumulative mileage of test vehicles on each driving mode

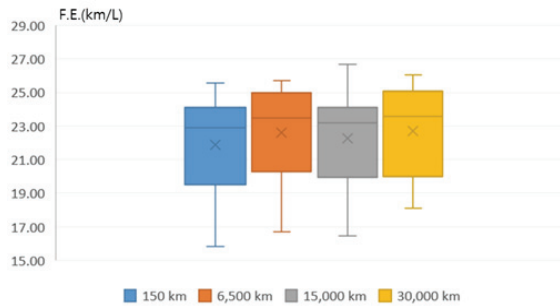
Driving mode	Test vehicles	Cumulative mileage(km)			
		150	6,500	15,000	30,000
FTP-75 (city)	Vehicle 1	-3.3 %	-1.6 %	2.7 %	2.2 %
	Vehicle 2	-4.3 %	1.6 %	-1.4 %	4.1 %
	Vehicle 3	-2.0 %	2.4 %	-1.9 %	1.4 %
	Vehicle 4	-3.3 %	1.2 %	-0.5 %	2.6 %
	Vehicle 5	-2.2 %	-0.2 %	1.6 %	0.8 %
	Vehicle 6	0.0 %	1.4 %	-0.4 %	-1.0 %
	Vehicle 7	-1.2 %	-0.2 %	-2.8 %	4.2 %
	Vehicle 8	-3.6 %	-1.6 %	0.1 %	5.1 %
HWFET (highway)	Vehicle 1	-1.7 %	-1.2 %	2.6 %	0.3 %
	Vehicle 2	-2.9 %	2.3 %	-1.6 %	2.1 %
	Vehicle 3	-2.9 %	2.6 %	0.1 %	0.2 %
	Vehicle 4	-1.0 %	0.8 %	-0.2 %	0.5 %
	Vehicle 5	-2.7 %	-0.4 %	2.0 %	1.2 %
	Vehicle 6	-1.2 %	4.0 %	-2.2 %	-0.6 %
	Vehicle 7	-0.6 %	1.3 %	-3.2 %	2.5 %
	Vehicle 8	-5.7 %	-0.4 %	-1.8 %	7.9 %

Table 3 City and highway fuel economy test results of each group according to cumulative mileage

Driving mode	Cumulative mileage (km)	Fuel economy (km/L)			
		Max.	Min.	Mean	Variance
FTP-75 (city)	150	19.22	11.83	15.36	7.40
	6,500	19.51	12.38	15.79	7.06
	15,000	19.14	12.16	15.70	7.76
	30,000	19.04	12.54	16.09	6.60
HWFET (highway)	150	25.56	18.82	21.87	10.79
	6,500	25.69	16.70	22.62	10.54
	15,000	26.66	16.46	22.25	10.76
	30,000	26.06	18.08	22.71	8.86



(a) Box plot of FTP-75 mode fuel economy



(b) Box plot of HWFET mode fuel economy

Fig. 4 City and highway fuel economy test results of each cumulative mileage group

과 Table 2의 결과만 보면, 차량의 주행거리 변화가 연비에 영향을 미치는 것처럼 보여진다. 그러나 이는 각각 해당 주행거리에서 측정된 연비와 연비 평균값과의 단순 비교 결과로서 이 결과만으로 자동차의 주행거리 누적 연비에 영향을 미친다는 인과관계를 확정하기 어렵다. 그러므로 명확한 인과관계 여부 확인을 위하여 통계적 검정이 필요하다. Table 3은 통계적 검정이 가능하도록 4 가지 주행거리 조건(150 km, 6,500 km, 15,000 km, 30,000 km)을 연비 데이터를 종속변수로 하여 그룹화하고, 이를 FTP-75와 HWFET로 구분하여 주행거리 조건에 따른 그

룹별 최대값, 최소값, 평균값 및 분산을 보여준다.

Fig. 4는 Table 3의 분석 결과를 파악하기 용이하게 보다 직관적인 확인이 가능토록 도식화한 결과이다. 여기에서 도심주행(FTP-75 모드) 연비와 고속도로주행(HWFET 모드) 연비 모두 30,000 km에서 평균이 가장 큰을 알 수 있다.

3.2 정규성 검정 결과

4개의 누적 주행거리와 2개의 주행 모드로 구분된 각 그룹 내 연비 데이터는 시험차량 대수와 동일하게 8개씩이다. 그러므로 그룹 내의 데이터가 30개 이하이기 때문에 통계적 검정을 위해서는 해당 그룹의 데이터가 정규분포를 따르는지 여부를 확인해야만 한다. 즉, 국내 전체 자동차의 연비 데이터를 모집단으로 간주하고, 이 모집단을 대표하는 시험차량의 연비 데이터 8개가 정규분포를 갖는지 여부를 확인하기 위함이다. 그러므로 정규분포 확인을 위한 정규성 검정을 위하여 Shapiro-Wilk test를 실시하였다.

Table 4는 Shapiro-Wilk test를 실시하여 도출한 해당 그룹별 p-value를 보여준다. 각 해당 그룹별로 p-value가 모두 유의수준 5%인 0.05를 초과하고 있다. 그러므로 귀무가설을 기각할 수 없기 때문에 통계적 검정을 위해 사용되는 연비 데이터는 모두 정규분포를 이루고 있다고 볼 수 있다.

Table 4 p-value of each cumulative mileage group

Driving mode	150 km	6,500 km	15,000 km	30,000 km
FTP-75	0.47851	0.39590	0.29062	0.21407
HWFET	0.38620	0.17544	0.55320	0.33537

3.3 One-way ANOVA 결과

정규성 검정이 확인된 데이터를 사용하여 차량의 주행거리 누적에 연비에 변화를 주는지 여부를 분석하였다. 분석에 사용한 통계적 검정 방법은 One-way ANOVA이며, 도심주행과 고속도로주행에 따라서 연비 영향이 각기 다른지 여부를 확인하기 위하여 FTP-75와 HWFET 모드로 구분하여 분석하였다. 앞에서 기술한 것처럼 누적된 주행거리별로 4개 그룹(150 km, 6,500 km, 15,000 km, 30,000 km)을 구성하고, 그룹별로 Table 1에서 제시한 시험차량 8대의 누적 주행거리별로 측정된 연비 데이터로 분석하였다.

Table 5는 이를 통한 One-way ANOVA 결과를 보여준다. 먼저 도심주행 연비인 FTP-75 모드에서 F값은 0.10023으로 F기각치인 2.94669 이내이며, p-value가

Table 5 One-way ANOVA test results of FTP-75 and HWFET

(a) One-way ANOVA results of FTP-75 mode

Driving mode	Sum of squares	Mean of squares	F	p-value	F critical value
Between groups	2.16634	0.72211	0.10023	0.95921	2.94669
Within groups	201.737	7.20491	-	-	-
Total	203.904	-	-	-	-

(b) One-way ANOVA results of HWFET mode

Driving mode	Sum of squares	Mean of squares	F	p-value	F critical value
Between groups	3.563993	1.18800	0.11603	0.94996	2.94669
Within groups	286.672	10.23827	-	-	-
Total	290.236	-	-	-	-

0.95921로 유의수준 0.05를 매우 크게 초과하기 때문에 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, 차량의 주행거리가 증가하여도 도심주행 연비에는 차이가 없음을 통계적 분석으로 확인할 수 있다. 고속도로주행 연비인 HWFET 모드에서의 F값은 0.11603으로 F기각치 이내이며, p-value는 0.94996로서 이 또한 귀무가설을 채택하게 되어 차량의 주행거리 증가가 고속도로주행 연비에 영향을 미친다고 볼 수 없다.

3.4 Paired t-test 결과

150 km, 6,500 km, 15,000 km와 30,000 km로 주행거리가 누적된 차량의 연비를 측정하였을 경우, 도심주행과 고속도로주행 연비 모두 상호간에 차이가 없음을 One-way ANOVA를 통하여 확인하였다.

이제는 신차상태인 주행거리 150 km 그룹을 기준으로 주행거리 6,500 km, 15,000 km와 30,000 km 그룹, 이렇게 각각 두 그룹씩 비교하여 상호 간에 연비 차이가 있는지 여부를 통계적으로 분석해 보았다. Table 6은 이를 실시한 Paired t-test 결과이다.

분석한 결과를 보면 주행거리 150 km 그룹과 15,000 km 그룹을 비교한 경우에만 FTP-75와 HWFET 모두에서 t통계량 -2.17371이 t기각치인 2.36462 내에 있으며, p-value가 각각 0.06625, 0.11780이므로 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, 주행거리 150 km 이내인 신차와 15,000 km를 주행한 차량 간의 연비 차이는 없다고 볼 수 있다. 그 이외에는 t통계량이 t기각치를 벗어나며 p-value가 유의수준인 0.05 보다 작기 때문에 귀무가설을 기각할 수 있다. 즉, 주행거리 150 km 이내인 신차와 6,500 km를 주행한 차량의 도심주행 연비와 고속도로주행 연비 모

Table 6 Paired t-test results compared to 150 km basis

(a) Paired two sample t-test results of FTP-75 mode

Group 1	Group 2	t Stat	p-value	t critical
150 km	6,500 km	-4.87064	0.00181	2.36462
150 km	15,000 km	-2.17371	0.06625	2.36462
150 km	30,000 km	-4.37796	0.00324	2.36462

(b) Paired two sample t-test results of HWFET mode

Group 1	Group 2	t Stat	p-value	t critical
150 km	6,500 km	-4.83310	0.00189	2.36462
150 km	15,000 km	-1.78290	0.11780	2.36462
150 km	30,000 km	-3.57049	0.00909	2.36462

Table 7 Paired t-test results compared to 6,500 km basis

(a) Paired two sample t-test results of FTP-75 mode

Group 1	Group 2	t Stat	p-value	t critical
6,500 km	15,000 km	0.55156	0.59841	2.36462
6,500 km	30,000 km	-1.85988	0.10523	2.36462

(b) Paired two sample t-test results of HWFET mode

Group 1	Group 2	t Stat	p-value	t critical
6,500 km	15,000 km	1.24388	0.25358	2.36462
6,500 km	30,000 km	-0.36425	0.72643	2.36462

두 차이가 있다고 하겠다. 150 km 주행 차량과 30,000 km를 주행한 차량 또한 연비에 차이가 있다고 볼 수 있다. 다만, Table 3의 연비 평균값에서 보는 바와 같이 주행거리가 누적될수록 연비에 악영향을 미치기 보다는 오히려 차량에 긍정적인 영향을 미쳐 연비가 향상됨을 시험 결과는 보여준다. 앞에서 기술한 바와 같이 연비측정 시험을 위해서는 차량 안정화를 위하여 길들이기가 필요하다. 이에 따른 차량의 사전주행 조건은 6,500 km ± 1,000 km이다. 그러므로 6,500 km 길들이기를 한 차량은 이후 주행거리가 증가하여도 누적된 주행거리가 연비에 영향을 미치지 않는다는 가정 하에 Paired t-test를 추가로 실시하였다.

Table 7은 이에 대한 결과를 보여준다. 6,500 km 길들이기 한 차량을 15,000 km 및 30,000 km로 주행거리를 누적한 상태에서 측정한 연비와 비교해 보았다. 이를 보면 FTP-75와 HWFET 모두 t통계량이 t기각치인 2.36462 내에 있으며, p-value가 유의수준인 0.05 보다 크기 때문에 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, 차량을 신차 상태에서 6,500 km 길들이기 한 이후에는 주행거리가 15,000 km,

30,000 km까지 증가하여도 도심주행과 고속도로주행 연비 모두 변화가 없기 때문에 주행거리 증가가 자동차의 연비에 영향을 준다고 볼 수 없다. 그러므로 주행거리 30,000 km까지는 자동차의 노후화로 인한 악영향은 없다고 간주할 수 있다.

3.5 추후 계획

보다 객관적인 판단을 위하여 향후 100,000 km 이상까지 시험차량 8대의 주행거리를 지속적으로 누적해 가면서 차량을 보다 노후화시킨 상태에서 추가적인 연비 시험을 주기적으로 실시할 예정이다. 또한 주행거리를 누적해 가면서 연비에 악영향이 존재하는 시점부터는 연비에 주된 영향을 미치리라 추정되는 부품의 노후화 분석도 병행할 예정이다. 이를 토대로 축적된 차량 연비 데이터의 다양한 분석을 통하여 자동차의 주행거리 누적과 연비의 인과관계를 보다 객관화할 수 있도록 추가 연구를 수행할 예정이다.

4. 결론

본 연구는 차량의 주행거리 누적이 에너지효율 성능인 연비에 영향을 주는지 여부를 파악하기 위한 연구이다. 주행거리 누적을 위해 소요된 약 4년간의 기간과 8대의 자동차로 연비측정 시험 및 통계적 분석을 한 결과, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 통계적 검정을 위해 사용한 주행거리 누적별 연비 데이터는 Shapiro-Wilk test를 실시하여 정규분포를 이루고 있음을 확인하였다.
- 2) One-way ANOVA 결과에 의하면 도심주행(FTP-75 모드) 연비와 고속도로주행(HWFET 모드) 연비 모두 주행거리 누적이 연비에 영향을 주지 않음을 보여준다.
- 3) Paired t-test 결과에 의하면 신차 상태인 주행거리 150 km에서 측정한 연비는 주행거리 6,500 km 및 30,000 km에서 측정한 연비와 도심주행 연비, 고속도로주행 연비 모두 차이가 있음을 보여준다. 즉, Paired t-test에 의하면 차량의 주행거리 누적이 연비에 영향을 미치지 않는다고 말할 수 없다. 다만, 신차 상태에서 주행거리가 증가하여도 연비가 악화되는 부정적인 영향 보다는 연비가 향상되는 긍정적인 효과를 보여준다.
- 4) Paired t-test를 통한 추가 분석 결과를 보면, 신차 상태가 아닌 6,500 km 길들이기를 한 차량은 이후 주행거리를 15,000 km, 30,000 km 씩 누적하여도 연비에 영향을 주지 않는다.
- 5) 결론적으로 연비 시험 및 데이터 분석 결과에 의하면 차량의 주행거리 누적이 연비에 영향을 준다고 보기

어렵다. 또한 신차 상태에서 6,500 km부터 30,000 km 까지 차량의 주행거리를 증가시켜도 연비가 악화되지 않고, 현재까지는 연비가 향상되는 긍정적인 방향으로 영향을 미치고 있다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제의 결과입니다(No.20002762).

References

- 1) K. W. Rho and D. W. Shin, "A Study on Status Analysis and Reform of Vehicle Fuel Economy Rating System," Korea Energy Economic Review, Vol.11, No.1, pp.121-151, 2012.
- 2) J. H. Jung, J. C. Kim and K. W. Rho, "A Study on Energy Efficiency Characteristics of Electric Vehicles According to Environmental Changes in Ambient Temperature," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.844-848, 2020.
- 3) J. C. Kim, J. H. Jung and K. W. Rho, "Validity Study on Revision of Constant Speed Cycle on Electric Vehicle Energy Efficiency Test Procedure in Korea," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.839-843, 2020.
- 4) S. Choi, J. Kim and H. Choi, "A Study on the Gap between the Certified Fuel Efficiency and Real Driving Fuel Efficiency," Transactions of KSAE, Vol.27, No.3, pp.223-228, 2019.
- 5) K. W. Rho, "Government Programs of Korea Energy Agency for Vehicle Energy Efficiency Improvement," Auto Journal, KSAE, Vol.42, No.6, pp.35-39, 2020.
- 6) J. H. Lim, K. H. Kim, M. H. Lee, J. S. Park and J. M. Lee, "A Study on the Characteristics of Vehicle Fuel Economy by Increasing Mileage," Transactions of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol.29, No.3, pp.299-305, 2018.
- 7) J. H. Lim, K. H. Kim and M. H. Lee, "Study on Fuel Economy Characteristics by Cumulative Distance of Vehicle," Journal of Power System Engineering, Vol.21, No.4, pp.57-61, 2017.
- 8) K. W. Rho, H. J. Jung, J. H. Jung, J. C. Kim and M. S. Noh, "A Study on Causality between Vehicle Cumulative Mileage and Fuel Economy using Statistical Analysis Method," KSAE Fall Conference Proceedings, pp.145-149, 2020.