

주행거리 증가에 따른 자동차 연비 특성 연구

임재혁[†] · 김기호 · 이민호 · 박진성 · 이정민

한국석유관리원 석유기술연구소

A Study on the Characteristics of Vehicle Fuel Economy by Increasing Mileage

JAE-HYUK LIM[†], KI-HO KIM, MIN-HO LEE, JIN-SUNG PARK, JUNG-MIN LEE

Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority, 33 Yangcheong 3-gil, Ochang-eup, Cheongwon-gu, Cheongju 28115, Korea

[†]Corresponding author :
rcntop24@kpetro.or.kr

Received 11 April, 2018

Revised 4 May, 2018

Accepted 30 June, 2018

Abstract >> The domestic label fuel economy measurement method is the same as the North American measurement method. The results of two test modes (city [FTP-75 mode], highway [HWFET mode]) are calculated to be equivalent to the final fuel economy value calculated as the result of five test modes reflecting various environmental conditions and driving patterns 5-cycle correction formula is used. In this study, we tried to find out that the difference between the domestic label fuel economy of the vehicle and the real road fuel economy felt by the driver compared to the new vehicle condition as the mileage increases. Using domestic label fuel economy measurement method, Four gasoline vehicles and four diesel vehicles were tested for the fuel economy of a new vehicle with a mileage of 150 km or less and domestic fuel economy test 6,500±1,000 km durability condition and 15,000 km durability. It is confirmed that the certain portion (6,500 km endurance vehicle) The increase in mileage did not affect the fuel economy or the emission gas significantly, indicating that vehicle durability was limited.

Key words : Label fuel economy(표시연비), 5-cycle (5개의 시험모드), Vehicle(차량), Correction formula(보정식), Mileage(누적거리)

1. 서론

자동차의 표시연비는 크게는 자동차 엔진 제어나 관련 요소부품의 기술 개발 유도 및 에너지관리의 지표로서 활용되고 있고, 다른 한편으로는 소비자의 자동차 구매시 정보제공에 일익을 담당하고 있다¹⁾.

전 세계적으로 한정된 자원 문제와 지속적으로 강화되고 있는 배출가스 규제가 적용되면서 더욱 향상된 효율의 엔진시스템 연구와 대체에너지 자원인 수송용 대체연료의 개발이라는 많은 기술력 확보를 필요로 하고 있다. 특히 자동차 제작사들은 연비 및 CO₂ 배출량 규제에 대응하기 위하여 다양한 연비개선 기

술에 대하여 연구하고 있으며, 몇몇 나라에서는 실도로 교통 상황을 반영한 자동차 시험법을 개발하려고 노력하고 있다^{2,3)}.

현재 우리나라 표시연비 제도는 2012년에 미국의 5-cycle 시험방법을 국내 차량 기준에 맞게 재설정하여 도입하였다^{4,5)}. 미국과 마찬가지로 본래는 다양한 환경조건 및 주행패턴이 반영된 5개의 시험모드를 모두 주행함으로써 측정된 결과 값을 표시연비로 계산하는 방법이지만 시험시간, 시험인력, 시험수수료 증가에 따른 충격을 완화하기 위하여 2개의 시험모드(도심 [FTP-75 mode], 고속도로[HWFET mode])의 결과 값을 5-cycle 시험법으로 계산된 연비 값과 동등한 수준으로 산출하는 5-cycle 보정식을 사용하고 있다^{6,7)}.

5-cycle 시험법을 도입함으로써 기존 표시연비 대비 약 20% 가량 하향 조정되었음에 불구하고 차량을 구매하는 소비자들은 정부의 공인연비와 실제연비가 아직까지 상당수 상이하다는 불만이 지속되고 있는 실정이다. 특히 주행거리가 증가될수록 차량의 표시연비와 운전자가 느끼는 체감연비가 신차상태와 비교해서 상당수 차이가 발생하고 있다는 내용을 자동차 사이트 또는 동호회 게시판에 적지 않게 볼 수 있다⁸⁾. 기존 유사 연구사례를 확인한 결과 내연차량에 대해 주행거리 증가에 따른 연비 증감 여부에 관한 연구사례를 찾아볼 수 없었다.

본 연구에서는 휘발유 차량 4대, 경유 차량 4대를 국내 표시연비 시험방법과 동일한 시험절차 및 시험장비를 이용하여 누적거리 150 km 이내의 신차상태와 국내 표시연비 시험차량 누적 주행거리 조건인 6,500±1,000 km 누적, 자동차 1년 평균 주행거리인 15,000 km의 거리가 축적된 내구 차량에 대한 연비 비교 평가를 통하여 주행거리 증가에 따른 연비 특성에 대해 논하였다.

2. 시험장치 및 시험방법

2.1 시험장치 및 시험차량

본 시험에 사용된 차대동력계는 자동차를 실도로

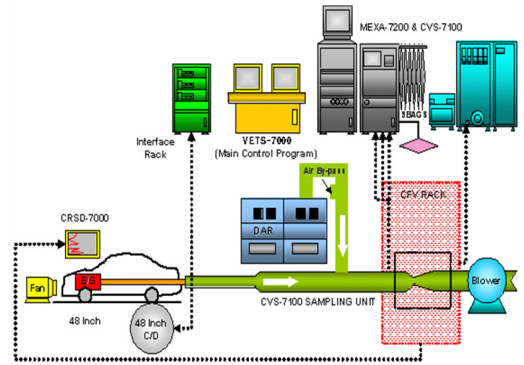


Fig. 1. The schematic diagram of chassis- dynamometer system

Table 1. Specifications of chassis-dynamometer

Roller type and diameter	Single roll 48 inch (MIM type)
Inertia weight	1,000-15,000 lbs
Power absorbers	AC Motor
Max speed	200 km/h
Speed deviation	±0.01% F.S
Torque deviation	±0.1% F.S
Driving distance measurement	Encoder
Blower capacity	63,000 CFM
Coast Down	1 sec under

조건과 동일하게 부하를 제어하는 장비로서, 국내 차량 총중량 3.5 ton 미만의 소형, 승용 및 화물자동차에 대하여 연비 및 배출가스를 측정할 수 있도록 형식 승인된 장비이다. 동력계의 개략도 및 제원을 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다.

차대동력계는 자동차가 실제도로를 주행할 때 가속→정속→감속→정지 등을 반복하는 과정을 대표화한 실측 주행모드를 사용하여 주행할 수 있도록 자동차에 부하를 가해주는 장치로서 시험에 사용한 차대동력계는 AC동력계(AVL Co. 저온시험용 차대동력계)로 관성중량(inertia weight), 동력흡수계(power absorption unit), 제어기(controller)로 구성되어 있다.

배출가스 측정장치(HORIBA Co. MEXA series)는 자동차의 배출가스 중 CO, THC, NOx, CO₂, CH₄를 분석할 수 있는 장치로서 분석원리는 CO 및

Table 2. Specification of gasoline test vehicle

Vehicle name	A	B	C	D
Displacement (cc)	1,999	1,591	998	2,359
Fuel supply type	MPI	GDI	MPI	GDI
Max. Power (hp/rpm)	163/6,500	132/6,300	76/6,200	190/6,000
Max. Torque (kg·m/rpm)	20/4,200	16.4/4,850	9.7/3,750	24.6/4,000
Intake charging	N/A	N/A	N/A	N/A
Mission type	AT/6th	AT/6th	AT/4th	AT/6th
Curb weight (kg)	1,460	1,220	923	1,560

Table 3. Specification of diesel test vehicle

Vehicle name	E	F	G	H
Displacement (cc)	1,685	1,598	2,199	1,995
Fuel supply type	CRDI	CRDI	CRDI	CRDI
Max. Power (ps/rpm)	141/4,000	135/4,000	202/1,750 ~2,750	186/4,000
Max. Torque (kg·m/rpm)	34.7/1,750 ~2,500	32.8/2,250	45/1,750 ~2,750	41/1,750 ~2,750
Intake charging	Single turbo	Single turbo	Single turbo	Single turbo
Mission type	AT/7th	AT/6th	AT/6th	AT/6th
Curb weight (kg)	1,565	1,415	2,205	1,790

CO₂는 비분산적외선분석법(nondispersive Infrared), THC는 수소염 이온화법(heated flame ionization detector), NO_x는 화학발광법(chemiluminescence detector), CH₄는 gas chromatography-FID (GC-FID)를 사용한다.

시험에 사용된 차량은 휘발유차량 4대, 경유차량 4대 총 8대로써 높은 판매율 및 점유율, 제작사, 차량중량, 배기량을 고려하여 선정하였고, Table 2에 휘발유차량을 Table 3에 경유차량의 제원을 나타내었다.

2.2 시험방법

시험방법은 국내 자동차 에너지소비효율 시험방법을 적용하여 시험차량을 실도로 상황과 동일한 부하

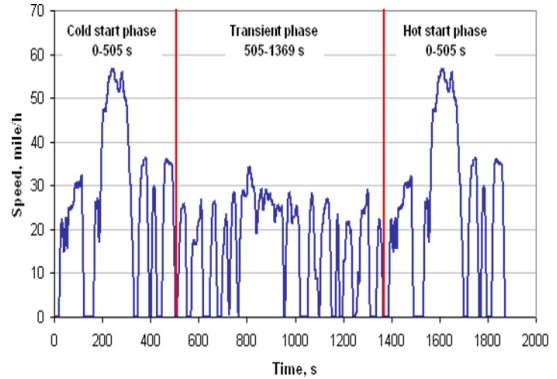


Fig. 2. The driving pattern FTP-75 mode

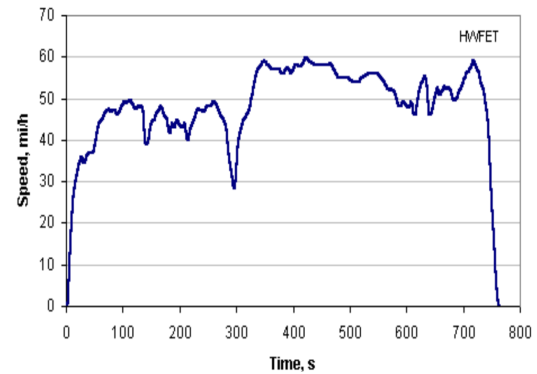


Fig. 3. The driving pattern HWFET mode

조건을 설정하기 위해 차대동력계에서 coast-down을 실시하였고, 차량의 상태를 동일한 조건으로 유지하기 위하여 본 시험 전 매회 동일 운전모드로 예비주행하는 preconditioning을 실시하였다. 그리고 시험은도 조건에서 12시간 이상 soaking시킨 후 본 시험을 수행하였다. 또한 모든 시험은 결과의 경향성과 신뢰성을 위해 동일 드라이버로 진행되었다.

시험 모드는 FTP-75 및 HWFET 모드로서 주행 패턴과 주행조건을 Figs. 2와 Fig. 3, Table 4에 나타내었다.

시험 순서는 150 km 이내 신차상태에서의 연비를 측정하고 1-2개월 동안 시험차량에 대한 길들이기를 시행하여 국내 표시연비 시험차량 누적거리 조건인 6,500 km 상태의 연비를 측정하였다. 이후 다시 4-5개월 동안 길들이기를 통해 15,000 km 상태로 연비 시험

Table 4. The driving conditions FTP-75 and HWFET mode

Test mode		Distance (km)	Max. speed (km/h)	Average speed (km/h)	Ambient condition (Temp)	Mode time (Sec)
FTP -75	City	17.84	93	34.1	25°C	2,479
HWFET	High way	16.50	96	77.7	25°C	765

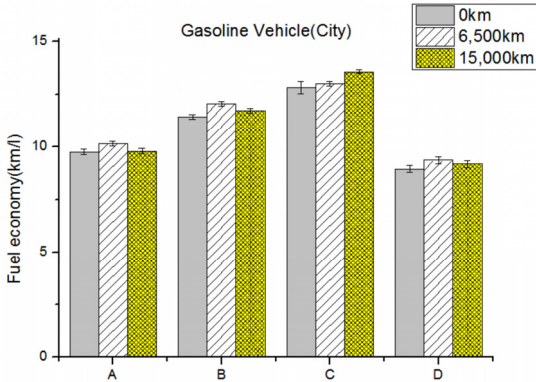


Fig. 4. Comparison of new vehicle fuel economy and 6,500 km, 15,000 km fuel economy (gasoline vehicle, city)

을 수행하였다. 시험 결과의 형평성을 위하여 무작위 거리누적을 위해 여러 운전자가 번갈아가며 주행거리를 측정하였다. 또한 주행거리에 의한 연비 변화를 중점으로 확인하기 위해 차량 입고시마다 엔진오일 및 필터 교체, 에어클리너 교체 등의 기본 정비를 실시하였다. 그리고 연료품질(물성치)에 의한 연비변화의 오차를 줄이기 위해 연비 측정시 모두 동일한 연료를 사용하였다.

3. 시험 결과 및 고찰

3.1 주행거리별 휘발유 차량의 도심연비 특성

Fig. 4는 4대의 휘발유 차량의 150 km 이내의 신차상태 도심 연비 결과와 6,500 km 주행상태, 15,000 km 주행상태 즉, 길들이기를 시행한 도심연비 결과를 비교하여 나타낸 것이다.

그래프의 좌측막대가 150 km 이하의 신차상태의 도심연비 결과이며, 중앙막대가 6,500 km, 우측막대

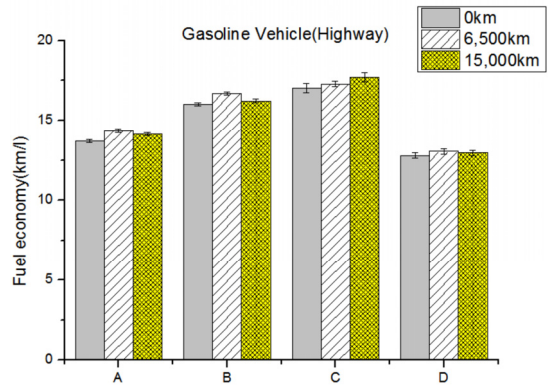


Fig. 5. Comparison of new vehicle fuel economy and 6,500 km, 15,000 km fuel economy (gasoline vehicle, highway)

가 15,000 km 연비 결과이다. 신차 대비 6,500 km 결과에서 최소 1.4%, 최대 5.2%, 4대 평균 3.7%의 연비증가 결과를 보였으며, 15,000 km 결과는 6,500 km 결과 대비 4대 평균 0.7% 연비감소 결과를 보였다. 특히 6,500 km 내구 차량에서 150 km 대비 시험차량 모두에서 연비 증가추세를 보인 반면 15,000 km 내구차량에서는 6,500 km 상태와 달리 차량마다 증감 여부가 상이하였음을 알 수 있었다.

일정상태의 주행거리가 축적된 차량은 신차 대비 연비는 증가되는 결과를 얻었으며, 이는 주행거리 증가가 내구 효과를 동반하여 차량 구동계통 및 각종 윤활유 계열의 마찰력 감소를 야기시켰을 것이라고 판단된다. 또한 배출가스 규제만족을 위해 부착되는 각종 저감장치의 내구효과로 인해 활성화 온도 도달시간이 짧아진 것으로 판단된다.

3.2 주행거리별 휘발유 차량의 고속도로연비 특성

Fig. 5는 4대의 휘발유 차량으로 150 km, 6,500 km, 15,000 km 고속도로연비 결과를 비교하여 나타내었으며, 그 결과는 도심연비 결과와 유사하게 신차상태의 고속도로연비 결과가 가장 좋지 않았고 6,500 km 내구상태 차량에서 신차 대비 최소 1.5%, 최대 4.5%, 4대 평균 3.0%의 연비증가 결과를 나타내었다. 15,000 km 결과 또한 도심연비 결과와 유사하게 6,500 km 대비 0.6% 연비 감소 경향을 나타내었다.

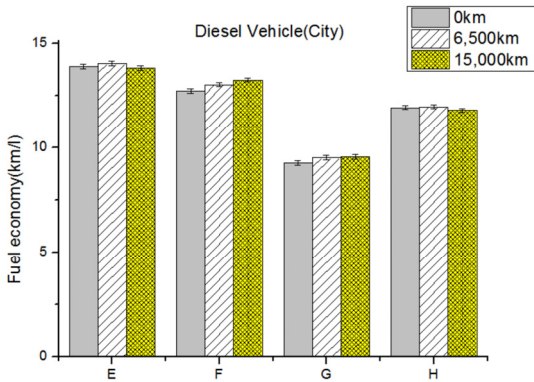


Fig. 6. Comparison of new vehicle fuel economy and 6,500 km, 15,000 km fuel economy (diesel vehicle, city)

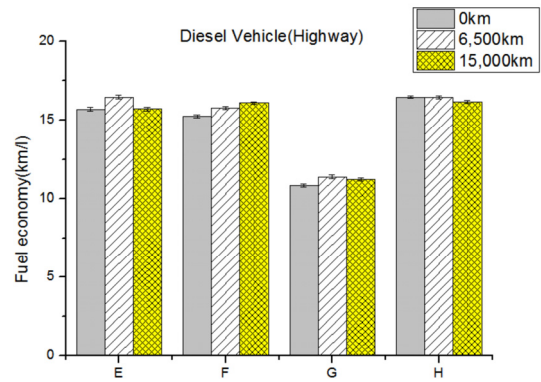


Fig. 7. Comparison of new vehicle fuel economy and 6,500 km, 15,000 km fuel economy (diesel vehicle, highway)

이처럼 고속도로연비 결과 또한 도심연비 결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 이 또한 차량 구동계통과 각종 윤활유 계열의 마찰력 감소로 인해 신차 대비 주행거리가 증가하면서 연비에 유리한 영향을 끼친 것을 알 수 있었다. 하지만 일정부분 (6,500km 내구차량) 이상 주행거리가 증가되더라도 연비에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 나타내었다.

3.3 주행거리별 경유 차량의 도심연비 특성

4대의 경유 차량에 대해 150 km 이하의 신차상태의 도심연비 결과와 6,500±1,000 km 주행상태, 15,000 km 주행상태의 시험차량에 대한 연비 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

경유 차량의 도심연비 결과는 휘발유 차량과 비교해서 증가율은 다소 작지만 주행거리가 축적된 6,500 km 내구상태 차량의 연비가 신차상태의 연비보다 최소 0.4%, 최대 2.6%, 4대 평균 1.5%의 연비증가 결과를 보였으며, 15,000 km 결과 또한 6,500 km 결과 대비 0.1% 감소율을 보였다.

경유 차량의 도심연비가 휘발유 차량의 도심 및 고속도로연비 결과와 마찬가지로 내구 주행을 함으로써 연비에 유리하다는 효과가 나타났음을 보여주었다.

3.4 주행거리별 경유 차량의 고속도로연비 특성

Fig. 7은 경유 차량의 고속도로 모드에서의 신차상태와 내구 차량의 연비 결과를 비교하여 나타낸 것이다.

경유 차량 고속도로연비 결과 또한 6,500 km 주행거리 차량에서 가장 좋은 연비가 측정되었으며 150 km 이하 상태 차량 대비 최소 0.1%, 최대 4.9%, 평균 3.0%의 증가율을 보였다. 15,000 km 시험 결과는 6,500 km 내구상태 차량 연비 결과에 비해 평균 1.5% 감소하였다. 4대의 차량 중 3대의 차량 경향은 기존 결과와 유사한 경향을 보인 반면 한 차량이 4.9%의 연비감소를 보였다. 이 차량을 제외한 3대의 평균은 6,500 km 결과 대비 0.2% 증가율을 보였으며 이는 고속도로 연비 결과 또한 도심 결과와 유사하게 15,000 km에서는 6,500 km 결과 대비 연비 증감률이 미미함을 알 수 있었다.

연비가 급격하게 감소한 해당 차량은 주행거리 누적을 위한 길들이기 과정 중 차량의 결함이나 저감장치의 이상으로 사료되어 현재 정밀 원인분석 중에 있다.

휘발유 차량 4대, 경유 차량 4대, 총 8대의 시험차량에 대한 연비 영향을 분석한 결과 연료 유형, 배기량, 차량중량, 도심 및 고속도로연비 시험모드 즉, 주행 패턴에 관계없이 주행거리 6,500 km 내구상태 차량에서 주행거리 150 km 이하 상태 차량에 비해 연

비가 모두 증가하였다. 이와 반면 15,000 km 내구상태 차량에서는 차량마다 증감 여부가 상이한 결과를 보였다. 이는 주행거리 축적을 위한 길들이기로서 차량 구동계통과 각종 윤활유 계열의 마찰력 감소로 인해 신차 대비 주행거리가 증가하면 연비에 유리한 영향을 끼친다는 것을 확인할 수 있었으며, 일정부분 (6,500 km 내구차량) 이상 주행거리가 증가되더라도 연비에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 보아 차량 주행거리 누적(길들이기)에 의한 연비증가에 한계가 있음을 알 수 있었다.

기체는 노후화되면 제 기능을 점차 상실하고 효율도 떨어지게 된다. 자동차는 여러 부품의 집합체로써 노후화되면 출력 및 연비는 감소하고, 배출가스는 증가할 것이다. 본 연구에서는 연비에 악영향을 끼치기 시작하는 주행거리를 판단하기 위해 현재 시험차량의 주행거리를 계속 추적하고 있는 중이며 향후 주행거리에 의한 연비 특성을 좀 더 심층적으로 분석 비교할 예정이다.

현재까지의 결과만으로 분석해보면 소비자가 느끼는 실연비와 표시연비와의 격차를 줄이기 위해 국내 표시연비 시험차량 누적거리 조건인 6,500 km 주행거리가 아닌 신차상태에서 공인연비 시험이 측정된다면 많은 격차 중 약 3%의 오차는 줄일 수 있을 것이라고 판단되었다.

4. 결론

국내 표시연비 시험방법을 이용하여 휘발유 차량 4대, 경유 차량 4대 총 8대의 시험차량에 대한 150 km 이하의 신차상태, 국내 표시연비 시험차량 누적 주행거리 조건인 6,500±1,000 km 상태, 15,000 km의 주행거리가 축적된 상태의 연비 측정을 통해 각각의 시험모드에 대한 특성을 확인하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 휘발유 차량의 도심연비 결과는 6,500 km 내구 차량에서 가장 좋은 연비 결과를 보였으며, 150 km 이하상태 차량 대비 도심 약 3.7% 연비가 향상되었다. 15,000 km 내구 차량에서는 6,500 km 내구 차량

에 비해서 연비의 증감률이 미미한 수준을 보였다.

2) 고속도로연비 결과 또한 시험차량 모두 150 km 이하 상태 차량보다 6,500 km 내구 차량에서 평균 3.0% 연비증가를 보였다. 15,000 km 내구 차량 또한 6,500 km 내구 차량의 연비 결과와 유사하였다.

3) 경유 차량의 도심연비 결과는 휘발유 차량의 도심연비 결과보다 증가율을 다소 작지만 6,500 km 내구 차량에서 150 km 이하 상태 차량 대비 평균 1.5%의 연비 증가율을 보였고 15,000 km 내구 차량 결과는 6,500 km 내구 차량에 대비하여 증감 여부를 확인하기에는 미미한 결과를 보였다.

4) 경유 차량의 고속도로연비 결과는 6,500 km 내구 차량에서 150 km 이하 상태 차량 대비 평균 3.0%의 증가율을 나타내었다. 15,000 km 내구 차량의 연비 또한 6,500 km 내구 차량 대비 미미한 증감률을 보였다.

후 기

본 연구는 2017년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술연구원 주관 “산업기술혁신산업(에너지기술개발사업, No. 20152010103660)”으로 수행되었으며, 관계 기관의 지원 및 협조에 감사드립니다.

References

1. M. H. Lee, S. W. Kim, and K. H. Kim, “The efficiency characteristics of electric vehicle (EV) according to the diverse driving modes and test conditions”, Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 28, No. 1, 2017, pp. 56-62.
2. S. H. Choi, et al, “A Study on the Effect of the Driving Conditions of Passenger Cars on the Fuel Consumption”, KSAE Annual conference, 2010, pp. 676-681.
3. J. K. Lee, et al, “Influence on fuel efficiency and greenhouse gas emission by automobile grade”, KSAE Annual conference, 2010, pp. 693-698.
4. “Fuel Economy Labeling of Motor Vehicles: Revisions to Improve Calculation of Fuel Economy Estimates”, EPA Final Technical Support Document, December, 2006.

5. "Fuel Economy Labeling of Motor Vehicles: Revisions to Improve Calculation of Fuel Economy Estimates: Final Rule", EPA 40 CFR Parts 86 and 600, December, 2006.
6. M. H. Lee, et al, "A study on the developments of vehicle fuel economy and CO2 emission correction formula according to the new test method", KSAE Annual conference, 2012, pp. 495-500.
7. K. H. Noh, J. H. Lim, S. W. Kim, K. H. Kim, J. H. Ha, and S. G. Oh, "The impact study on fuel economy of electric vehicle according to the test mode characteristics", Journal of the Korean Society for Power System Engineering Vol. 19, No. 6, 2015, pp. 39-46.
8. J. H. Lim, et al, "Study on Fuel Economy Characteristics by Cumulative Distance of Vehicle", KAPSE Vol. 21, No. 4, 2017, pp. 57-61.