

## 신형식 자동차 적용에 따른 연비 보정식 검토에 관한 연구

임재혁<sup>†</sup> · 김성우\* · 이민호\* · 김기호\*

한국석유관리원 석유기술연구소

(2016년 9월 1일 접수, 2016년 10월 20일 수정, 2016년 10월 25일 채택)

### Study on new type vehicle fuel economy correction formula review according to the applicable

Jaehyuk Lim<sup>†</sup> · Sungwoo Kim\* · Minho Lee\* · Kiho Kim\*

Korea Petroleum Quality & Distribution Authority, Research Institute of Petroleum Technology

(Received 1 September 2016, Revised 20 October 2016, Accepted 25 October 2016)

#### 요 약

자동차 표시연비는 국가적으로 에너지관리 지표로서 활용되며, 자동차 제작사의 기술개발을 유도하고, 소비자 차량구매 시 정보제공의 역할을 담당하고 있다. 하지만 정부의 표시연비가 체감연비와 상이하다는 소비자 불만이 지속되어 정부는 보다 정확한 표시연비 측정을 위해 미국의 5-cycle 시험방법을 국내 차량 기준에 맞게 재설정하여 도입하였다. 본래는 다양한 환경조건 및 주행패턴이 반영된 5개의 시험모드를 모두 주행함으로써 측정된 결과 값을 표시연비로 계산하는 방법이지만 소요되는 자원의 급격한 증가에 따른 충격을 완화하기 위하여 2개의 시험모드(도심(FTP-75 mode), 고속도로(HWFET mode))의 결과 값을 5-cycle 시험방법으로 계산된 연비 값과 동등한 수준으로 산출하는 5-cycle 보정식을 사용하고 있다. 이 보정식은 2011년에 30대 차량의 5-cycle 시험방법으로 산출되었으나 최근 자동차 기술의 급속한 발전으로 인한 신형식 자동차에 대한 기존 5-cycle 보정식에 대한 검토가 필요할 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 최근 기술이 적용된 14대의 신형식 자동차를 대상으로 기존과 동일한 시험방법을 통해 시험모드별 연비 특성을 확인하고, 기존에 개발된 보정식과 차이를 분석한 결과 기존 시험 차량 결과와 큰 차이를 보이지 않았으며 보정식 또한 최대 1.5% 이내의 오차로써 기존 연비 보정식은 현재의 자동차 기술발전 에 따른 개선도에 크게 영향을 받고 있지 않음을 알 수 있었다.

**주요어 :** 연비, 연비 보정식, 신형식 자동차, 도심 모드, 고속도로 모드

Abstract - Fuel economy label will be used as a national indicator in energy management, leading to the development of car technology manufacturer and plays a role in providing consumer vehicle purchase information. But the government's fuel economy label is continued consumer complaint is different and diminishing fuel economy were introduced by the government to measure the exact fuel economy label than resetting the 5-cycle test method in the US for the domestic vehicle standards. Originally two test mode in order to reduce the impact of the sharp increase in the resources required but methods of calculating a measured result value by driving all of the five test mode a variety of environmental conditions and the running pattern is reflected to the fuel economy label (city( FTP-75 mode), highway(HWFET mode)) and using 5-cycle correction formula for calculating a fuel consumption value and the equivalent value to calculate the result of the 5-cycle test. The compensation was calculated expression 30s, 5-Cycle Test Method of vehicles in 2011 was considered necessary to review the existing 5-cycle correction formula for the New Type car due to the recent rapid development of automotive technology. In this study, recent technology is targeting 14 units New Type car applied over the same test method and the existing check test mode specific fuel economy properties and, as a result of analyzing the corrected expression differences

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.

Tel : 043-240-7956 E-mail : rcntop24@kpetro.or.kr

that have already been developed with the existing test vehicle resulting large did not show the difference was found to correction formula also not getting the existing fuel correction expression significant effect on the improvement of the current automobile technology as a maximum error of less than 1.5%.

**Key words** : Fuel economy, correction formula, New type car, FTP-75 mode, HWFET mode

## 1. 서론

자동차에 표시되는 연비는 크게는 자동차 엔진 제어나 관련 요소부품의 기술 개발 유도 및 에너지 관리의 지표로서 활용되고 있고, 다른 한편으로는 소비자의 자동차 구매 시 정보제공에 일익을 담당하고 있다. 또한 전 세계적으로 에너지 자원 고갈에 대한 문제와 지속적으로 강화되고 있는 배출가스 규제가 적용되어지면서, 더욱 향상된 효율의 엔진시스템 연구와 대체 에너지 자원인 수송용 대체연료의 개발이라는 많은 기술력 확보를 필요로 하고 있다. 특히 자동차 제작사들은 연비 및 CO<sub>2</sub> 배출량 규제에 대응하기 위하여 다양한 연비개선 기술에 대하여 연구하고 있으며, 몇몇 나라에서는 실도로 교통 상황을 반영한 자동차 시험법을 개발하려고 노력하고 있다.<sup>1,2,3,4</sup> 이는 환경·주행 조건 특성에 따라 자동차 연비 및 CO<sub>2</sub> 배출량은 다양한 형태의 결과 차이를 보이고 있으므로 측정 방법이 중요하게 되었고, 시험방법은 차대동력계상에서 실제로 상황과 유사한 조건을 구현하여 다양한 형태의 환경 조건에 따른 속도로 일정한 거리를 주행하는 시험모드 개발과 시험에 사용된 실제연료 품질(물성) 특성을 반영하도록 이루어지고 있다.

이러한 연비 및 CO<sub>2</sub>, 배출가스 시험방법을 개선하고자 하는 노력들이 전 세계적으로 활발히 연구되고 있음에도 불구하고, 항상 문제가 되고 있는 것이 정부의 표시연비가 체감연비와 상이하다는 소비자 불만이 지속되어 정부는 보다 정확한 표시연비 측정을 위해 미국의 5-cycle 시험방법을 국내 차량 기준에 맞게 재설정하여 도입하였다. 본래는 다양한 환경조건 및 주행패턴이 반영된 5개의 시험모드를 모두 주행함으로써 측정된 결과 값을 표시연비로 계산하는 방법이지만 소요되는 자원의 급격한 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. 이 보정식은 2011년에 30대 차량의 5-cycle 시험방법으로 산출되었으나 최근 신형식

자동차가 꾸준히 개발·출시되고 있어, 신형식 자동차에 대한 기존 연비 보정식 적용에 따른 연비 차이 분석이 필요한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 5-cycle 시험방법(FTP-75, HWFET, US06, SC03, Cold FTP-75)을 통해 각각의 모드 특성에 따른 국내 신형식 자동차의 연비 특성을 확인하고, 기존에 개발된 자동차 연비 보정식과의 차이를 분석하였다.

## 2. 차량 기술의 변화

### 2-1 MPI와 GDI

MPI 및 GDI는 휘발유 차량의 연료분사방식이다. MPI는 각각의 실린더 외부에서 공기와 연료를 미리 혼합한 후 연소실과 가장 가까운 흡기관에 연료를 분사하는 방식이며, 최근 각광을 받고 있는 GDI는 공기와 연료의 사전혼합 없이 공기만을 압축시킨 후 연료를 실린더 내에 직접 분사하는 방식이다. GDI는 MPI에 비해 희박한 혼합비(30 ~ 40 : 1)를 형성시키며 연료를 실린더 내부에 직접 분사함으로써 보다 정확한 분사량, 분사시기, 질량비를 조정 할 수 있어 연비가 우수하다. 또한 연료 직접분사로 인한 흡입공기의 체적손실이 없고 실린더 내에 분사된 연료의 기화열로 인한 냉각 효과가 발생하여 흡입공기의 충전효율이 증진되어 출력도 향상된다. 이러한 장점으로 인해 최근 생산되는 가솔린 차량은 GDI 적용차량이 MPI 적용차량보다 더 많은 비중을 차지하고 있는 상황이다. 그러나 GDI의 단점인 카본슬러지 발생, 높은 연료 분사압력으로 인한 진동 및 소음발생 등에 대해서는 개선을 위한 연구가 계속되고 있다.

### 2-2 다운사이징

최근 연비개선을 위한 트렌드의 하나는 다운사이징 기술의 적용이다. 다운사이징은 동일한 차체에 상대적으로 작은 배기량의 엔진을 적용하는 기술이다. 이 기술이 가능한 이유는 엔진기술 발전으로 과거 엔진의 배기량에서 얻을 수 있는 출력은 상대적으로 낮은 배

기량에서 동등 수준의 출력을 얻을 수 있기 때문이다. 다운사이징의 종류는 두 가지 분류가 있다. 첫 번째는 순수 엔진기술의 발전으로 출력을 개선한 분류와 본래의 엔진기술에 터보 차저 등의 부가장치를 적용하여 출력을 높인 분류로 나뉜다. 또한 이 두 가지 분류를 통합 적용한 사례도 있다.

**2-3 질소산화물 저감장치**

디젤자동차의 NOx 배출가스 규제 강화에 따라 디젤자동차는 NOx 저감을 위하여 EGR 기술을 사용하고 있으며 2015년부터 적용된 Euro 6 NOx 기준에 부합하기 위하여 최근 LNT 및 SCR 등의 추가적 NOx 저감장치를 부착하여 출시되는 차량이 늘고 있다.

LNT 기술은 산소가 상대적으로 많은 분위기(회박)에서 질소산화물을 흡착하였다가 산소가 상대적으로 적은 분위기(농후)에서 질소산화물을 무해 배기가스로 배출(재생)하는 기술이다. 따라서 흡착된 NOx를 무해 배기가스로 배출하기 위해서는 연료를 더 분사하여 농후한 분위기를 만들기 때문에 연비가 악화될 수 있는 가능성이 있다.

SCR 기술은 배기가스중의 NOx를 촉매제(환원제)인 암모니아 분사 후 화학반응을 통해 인체에 무해한 질소와 물로 변환시켜 배출하는 기술이다. 따라서 LNT와 같이 추가적 연료소모는 없다. 저감 효율을 비교해보면 상대적으로 SCR이 LNT에 비해 더 높은 효율을 보이고 있으나 저감장치로 인한 차량무게 증가 및 촉매제 유지관리 등의 단점 때문에 통상 LNT 기술은 낮은 공차중량과 낮은 배기량의 엔진이 장착된 차량에 사용되며 SCR 기술은 높은 공차중량과 높은 배기량의 엔진이 장착된 차량에 사용된다.

**2. 시험장치 및 방법**

**2-1 시험용 차량**

새로운 기술이 적용된 신형식 차량으로 시험대상 군을 선정하였다. 여기서 새로운 기술은 가솔린 직접분사(GDI) 및 터보 등의 장치를 사용한 다운사이징, 가변 흡·배기 밸브 개도 기술(CVVL), 질소산화물 저감장치(LNT, SCR), 전자제어식 가변터보(e-VGT) 등을 말하며, 부가적으로 새롭게 출시된 1.6급 LPG 차량도 시험대상으로 선정하였다. 이번 시험차량분석에 사용된 차량은 14 대의 차량으로 시험차량 분포는 Fig.1과 같다.

본 연구에서 시험한 차량 14 대는 가솔린 6 대, 경유 5 대, LPG 1 대, 하이브리드 2 대로서 전체적인 차량분포를 이전 보정식 개발당시의 가솔린 16대, 경유 8대, LPG 3대, 하이브리드 3대 총 30대의 시험차량과 최대한 동일하게 유지되도록 노력하였으며 새로운 기술에 따른 운전 및 환경조건에 따른 연비영향을 비교 분석하기 위하여 2011년 보정식 개발당시 시험 대상 차량 중 후속모델이 새로운 기술을 적용한 모델 5종(MPI→GDI 1종, 다운사이징 2종, EGR→SCR 1종, EGR→LNT 1종)을 포함하였다. 또한 가장 많이 선호하는 중·소형 승용차와 함께 대형차에서부터 승합차량에 이르기까지 다양한 차종으로 선정하였으며, 운행차를 대표하기 위하여 3,000 km 이상 3 만 km이하의 차량을 선정하여 시험결과와 신뢰성을 확보하고자 하였다. 선정된 시험 차량은 1,300 cc에서 3,600 cc 사이로 배기량이 다양하였으며, 기존 시험차량은 2006년부터 2010년에 출시된 차량이었고, 이번에 시험된 차량은 2012년부터 2014년 출시된 차량들이었다.

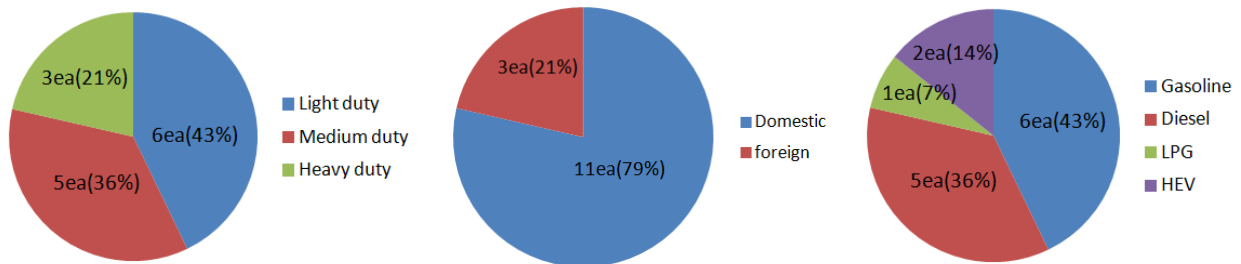


Fig.1 Distribution of test vehicles

### 2-2 시험장치 및 방법(모드)

자동차 표시연비 즉 공인연비는 실 도로에서의 차량 주행을 통한 연료 소모량을 측정하거나 연료탱크 내의 유량계를 사용하여 연료 소모량을 측정하는 방법이 아니며, 차대동력계에 시험차량을 설치 한 후 주어진 시험모드에 따라 차량을 주행할 때 발생하는 배출가스 중 탄소성분, 즉 THC, CO, CO<sub>2</sub>를 포집해 계산하는 방식인 카본밸런스 측정법(Carbon balance method)을 사용하고 있다. 이 연비 측정방법은 국내 뿐만 아니라 전 세계적으로 사용되어지고 있는 공인 연비 측정방법이다.

본 연구에서는 차량의 배기가스 측정은 CVS 터널 및 배출가스분석기(MEXA-7 series)로 수행하였고, 차대동력계에서 해당 주행모드로 운전하고 주행속도 별 실시간 배기가스 및 차량의 데이터를 획득하였으며, 또한 배출가스가 담긴 포집백 분석을 통하여 배기가스 물질에 대한 최종 결과를 분석하였다. 차량의 배기가스 및 연비를 측정할 수 있는 차대동력계 및 배기가스 분석 장치의 전체적인 개략도를 Fig.2에 나타내었다. 그리고 사용된 시험모드는 신연비 시험 모드인 5-cycle 모드이다. Table 1은 5-cycle 시험모드의 특성을 나타내었다. 이 5-cycle 모드는 실 도로에서 일어

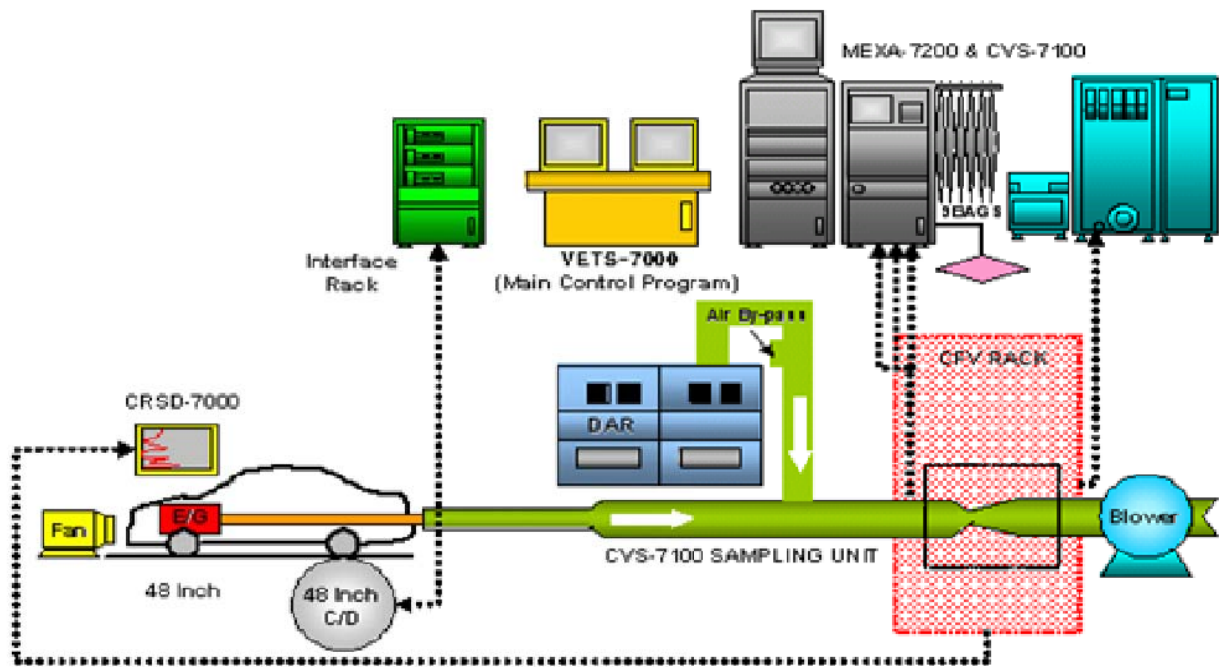


Fig. 2. Schematic diagram of gasoline vehicle emission measurement system

Table 1. Key features of the five fuel economy test mode

Test mode		Average speed (km/h)	Max. speed (km/h)	Max. acceleration (kmh/s)	Ambient condition (Temp. & Humidity)
FTP -75	City	34 (21 mile/h)	93 (58 mile/h)	5.3 (3.3 mph/s)	24 °C (75 °F)
HWFET	Highway	77 (48 mile/h)	96 (60 mile/h)	5.3 (3.3 mph/s)	24 °C (75 °F)
US06	High speed & acceleration	77 (48 mile/h)	128 (80 mile/h)	13.6 (8.5 mph/s)	24 °C (75 °F)
SC03	air-conditioning On (A/C)	35 (22 mile/h)	88 (55 mile/h)	8.2 (5.1 mph/s)	35 °C (95 °F) / 40 % R.H.
Cold FTP-75	Cold temp.	34 (21 mile/h)	93 (58 mile/h)	5.3 (3.3 mph/s)	-7 °C (20 °F)

날 수 있는 여러 가지 상황을 나타내고 있다. 5-cycle 시험은 다양한 환경조건에서 시험하는 모드들로 구성되어 있다. FTP-75 모드와 HWFET, US06 모드는 기존의 시험 조건과 동일한 조건에서 진행되는데, 전체적인 시험은 항온·항습이 유지된 시험실내(항온  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , 항습 상대습도  $50 \pm 5 \%$ )에서 실시하였다. SC03 모드는 고온조건에서 에어컨의 작동 여부에 따른 연비 및 배출가스를 측정하는 모드로서 온도는  $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , 상대습도  $40 \pm 5 \%$  환경 조건이 유지되도록 하였으며, Cold FTP-75 모드는 저온조건에서 차량의 배출가스 및 연비를 측정하는 모드로  $-6.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 온도조건을 유지하였다.

FTP-75 모드와 Cold FTP-75 모드는 관련 고시에 의해 시험차량을 시험온도 조건에서 12시간 이상 soaking시킨 후 시험하였고, HWFET, US06, SC03 모드는 hot 상태의 시험으로 차량을 일정한 온도로 유지하기 위해 시험 전에 preconditioning 모드로 주행하고 본 시험을 시행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1 저온 환경조건에 따른 연비 특성

Fig.3, 4는 저온 환경조건 특성이 가솔린, 경유, LPG, 하이브리드 시험차량 연비에 미치는 영향을 평가하기 위하여, Cold FTP-75 모드와 기존 FTP-75 모드를 비교한 것이다. 두 시험 모두 저온시동과 Hot 시동을 포함하고 있으며, FTP-75 모드는 전기부하로 기인하게 되는 부가장치들을 정지한 상태에서 진행이 되지만, Cold FTP-75 모드는 실제 조건과 같이 히터와 성에 제거 장치를 작동시킨 후에 시험하게 된다. 그러므로 연비의 차이는 환경조건인 온도 차이와 히터/성에 제거 장치의 작동에 의한 것이다. Fig.3은 기존에 시험된 시험차량의 결과를 나타낸 것이고, Fig.4는 이번에 추가로 시험한 차량의 결과를 나타낸 것이다.

먼저, Fig.3의 기존 30대의 시험 결과를 보면 저온 환경조건에 의해 연비가 최소 11.0%에서 최대 32.6%로 평균 18.8% 차이를 보였다. 연료에 따른 결과를 보면 가솔린은 14.3%, LPG는 14.7%, 경유는 18.1%, 하이브리드는 28.1%의 감소를 보였다.

이번 14대의 신형식 자동차의 시험결과를 분석해 보면, 저온 환경조건에 따른 평균 연비 특성(20.7%)이 기존 결과(18.8%)보다 감소가 커졌으며, 연료별로 연

비감소 차이를 비교하여 보면, 평균적으로 가솔린은 15.8% (기존 14.3%) LPG는 19.6% (기존 14.7%), 경유는 23.9% (기존 18.1%), 하이브리드는 28% (기존 28.1%)의 연비감소 차이를 가진다. 기존 30대의 결과와 모두 동일하게 하이브리드 > 디젤 > 가솔린 순

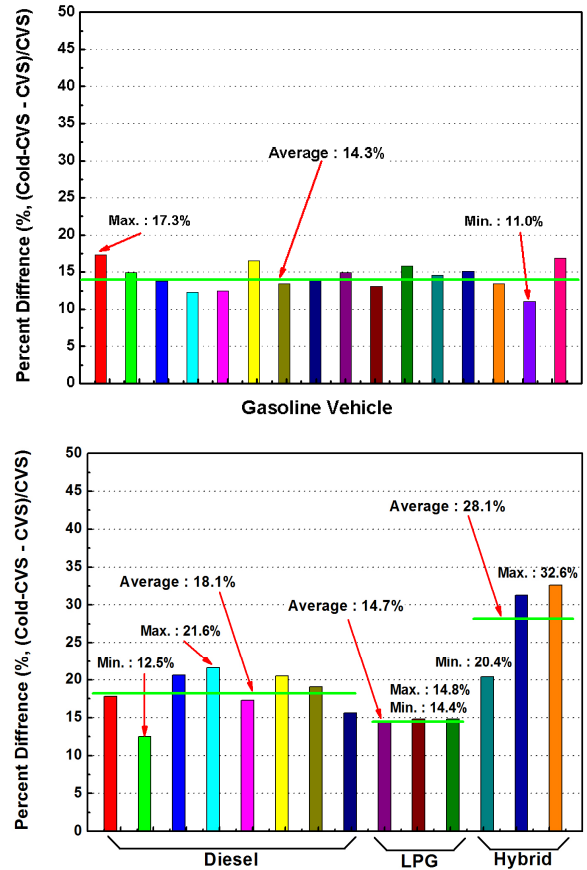


Fig. 3. Air conditioning impacts of test vehicle (Past)

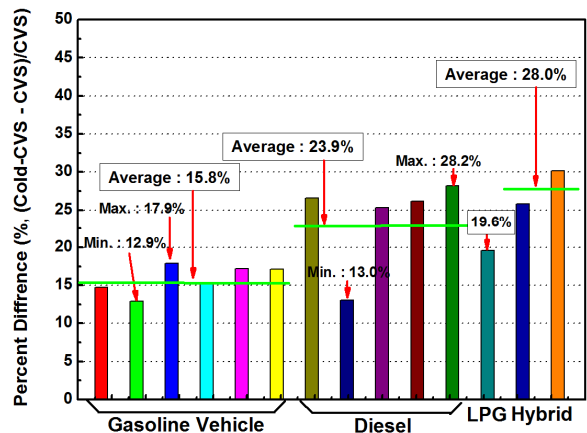


Fig. 4. Air conditioning impacts of test vehicle (Today)

으로 저온에 영향을 받았으며, LPG 차량의 경우 기존에는 가솔린과 동등 수준이었으나 이번 결과는 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. 위 결과는 기존 시험대비 이번 시험 모집단이 1/2 수준이기 때문에 일반화하기에는 무리가 있을 것으로 판단되지만, 신형식 차량들의 저온 연비 특성이 과거 차량보다 악화되었다고 볼 수 있다. 이는 신형식 차량들이 다양한 제어장치나 배출가스 저감장치 등 부가장치가 더 많이 장착되면서 나타나는 특징이라고 판단된다. 전체적인 결과를 살펴보면 연료의 특성에 따라 저감되는 절대 값의 차이는 보이지만, 저온 환경조건에 의해 연비가 많이 감소되어 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

3-2 에어컨 작동에 따른 연비 특성

Fig.5, 6은 에어컨 사용이 차량 연비에 미치는 영향을 평가하기 위하여 SC03 모드와 비교 가능한 FTP-75 모드의 Hot 구간(Phase 2, 3 구간 평균)에서의 연비 결과를 연료별로 비교한 것이다. Fig.5는 기

존에 시험한 30대의 시험결과를 나타낸 것이고, Fig.6은 이번에 시험한 신형식 자동차 14대의 에어컨 사용에 따른 연비 차이 특성을 나타낸 것이다. SC03 모드는 시험실의 온도조건을 35 °C (95 °F)로 설정하고 강한 태양 부하와 중간 습도(40 % R.H.)를 유지하면서 운영된다. 하지만, 본 시험에서는 태양의 열 부하에 의한 온도설정/유지를 하지 못하고, 공조시스템에 의하여 온도를 설정/유지 하였다.

먼저, 기존 30대의 결과와 이번 신형식 자동차 14대의 결과를 비교하면 에어컨 사용에 따른 평균 연비 특성(24.3 %)이 기존 결과(24.6 %)와 비슷하게 나타났다. 가솔린 차량은 23.7 % (기존 22.2 %), LPG 차량은 20.3 % (기존 23.2 %), 경유 차량은 23.2 % (기존 25.5 %)이고, 하이브리드 차량은 30.8 % (기존 36.0 %)로 기존 결과는 경유 차량이 가솔린 차량보다 에어컨 사용에 따른 영향이 컸으나 이번 결과는 동등수준으로 나타났다. 기존 내연기관 차량의 에어컨 사용에 따른 연비감소 폭은 17.3 % ~ 35.1 % 차이를 보이고 있는데 반해, 하이브리드 차량은 연비감소 폭은 26.4 % ~ 40.7 %로 일반차량보다 에어컨 사용에 대하여 더 큰 반응을 보였다. 저온의 영향과 같이 기존 내연기관 차량의 연료인 가솔린, 경유, LPG 연료의 차이에 의한 연비감소 차이보다 하이브리드 차량의 에어컨 특성 차이가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 전반적으로 신형식 차량들이 에어컨 사용에 따른 연비 특성(에어컨 성능 향상)이 과거 차량보다 개선되었다고 볼 수 있다.

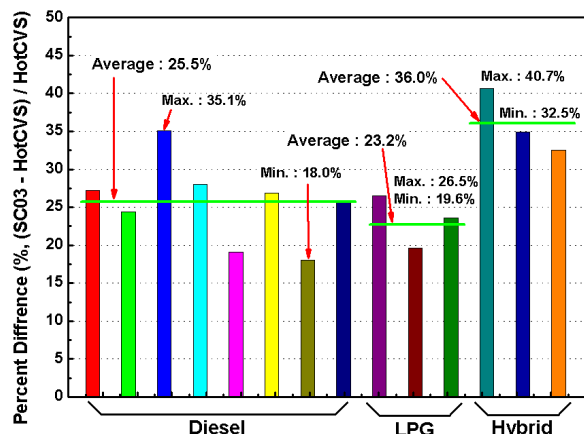
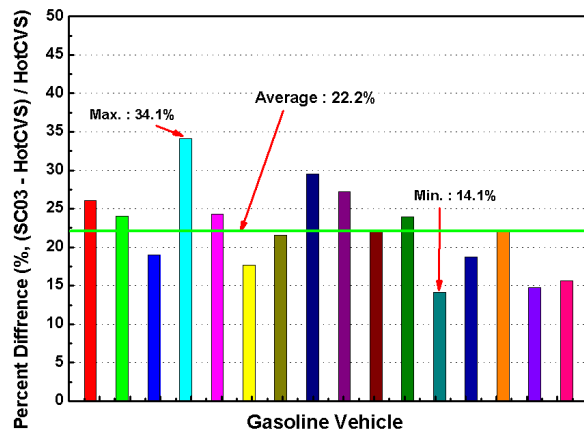


Fig. 5. High speed and aggressive driving impacts of test vehicle (Past)

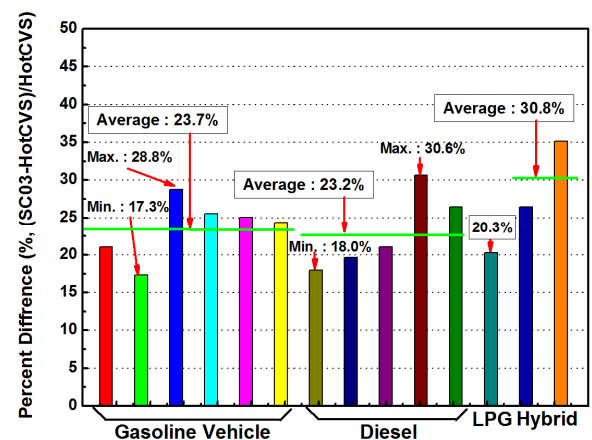


Fig. 6. High speed and aggressive driving impacts of test vehicle (Today)

### 3-3 급가감속 및 고속 운전에 따른 연비 특성

US06 모드는 급가·감속 및 높은 속도의 공격적인 운전 습관을 표현하기 위하여 설계되었으며, US06 모드는 낮은 속도에서 공격적인 도시 운행과 높은 속도의 고속도로 운행 모드를 포함하고 있다. US06 모드가 가지고 있는 서로 다른 두 모드 때문에, 고속과 공격적 운행의 영향을 평가할 목적으로 US06 모드의 일부와 개략적으로 비교 가능한 도시(FTP-75 모드)와 고속도로(HWFET 모드) 시험이 조합된 결과를 가지고 비교·평가하였다. Fig.7은 기존 시험결과를 나타낸 것이고, Fig.8은 이번 시험결과를 나타낸 것이다.

먼저, 기존 시험결과는 급가·감속 및 고속운전에 따른 연비감소는 평균적으로 33.5 % 정도로 낮게 나타났다. 시험차량의 측정된 편차는 27.2 %에서 39.2 %를 보였다.

기존 시험결과와 이번 시험결과를 비교하여 보면, 급가·감속 및 고속운전에 따른 평균 연비 특성(34.5 %)이 기존 결과(33.5 %)보다 감소폭이 약간 높아졌

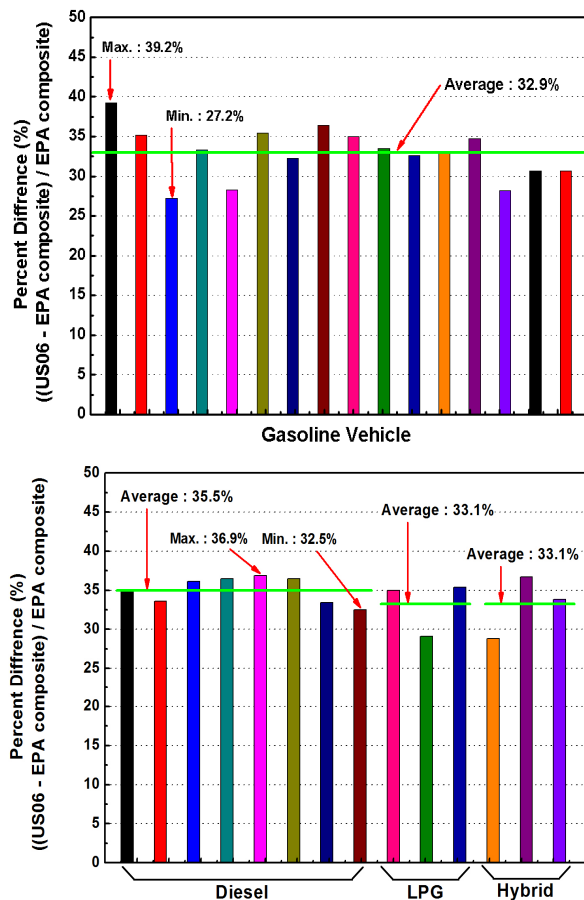


Fig. 7. High speed aggressive driving impacts of test vehicle (Past)

다. 가솔린 차량은 36.1 % (기존 32.9 %), LPG 차량은 33.5 % (기존 33.1 %), 경유 차량은 34.8 % (기존 35.5 %)이고, 하이브리드 차량은 32.5 % (기존 33.1 %)로 기존 결과는 경유 차량이 가솔린 차량보다 급가·감속주행에 따른 영향이 컸으나 이번 결과는 가솔린 차량이 경유 차량보다 감소폭이 크게 나타났다. 부분적으로 위 결과만으로도 볼 때 신형식 차량들이 급가·감속 주행에 따른 연비 특성이 과거 차량보다 다소 약화되었다고 볼 수 있으나 평균값 대비 차량별 편차가 크고, 기존 시험 대비 이번 시험의 모집단이 1/2 수준이기 때문에 일반화하기에는 무리가 있을 것으로 판단된다.

### 3.5 연비 보정식 특성 비교

연비 보정식은 차량의 도심과 고속도로 연비 시험 결과를 기반으로 5-cycle 시험결과와 특징이 나타나도록 보정하여 주는 것이다. 이러한 보정식은 저온, 급가·감속 및 고속 그리고 에어컨 사용 조건의 영향을 포함하고 있다. 그러나 이 방법은 모든 환경조건에 대한 차량 평균값이 보정에 사용되기 때문에 운전조건 각각이 차량의 연비에 미치는 영향을 평가할 수는 없다. 보정식과 5-cycle 연비표시 값의 비교에 의하여 나타난 것처럼, 이 “평균값”에 대한 보정은 대부분의 차량에서 상당히 정확하다는 것을 알 수 있다.

현행 보정식의 개선여부 검토를 위하여 본 연구에서는 시험한 14대의 차량을 대상으로 보정식을 도출하여 기존 보정식과 비교하여 보았다. 식 (1)과 (3)은 기존에 사용하여왔던 보정식을 나타낸 것이며, 식 (2)과 (4)는 이번 시험차량의 결과로 산출된 보정식이다.

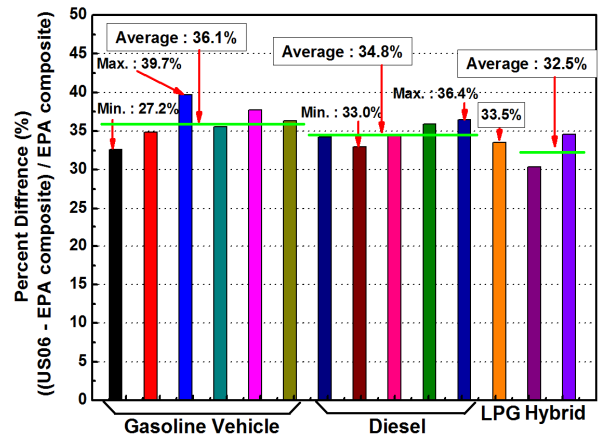


Fig. 8. High speed aggressive driving impacts of test vehicle (Today)

기존 도심 보정식 :

$$5 \text{ cycle City FE} = \frac{1}{0.007639 + \frac{1.1886}{\text{FTP FE}}} \quad (1)$$

신규 도심 보정식

$$5 \text{ cycle City FE} = \frac{1}{0.009171 + \frac{1.1635}{\text{FTP FE}}} \quad (2)$$

기존 고속도로 보정식 :

$$5 \text{ cycle Highway FE} = \frac{1}{0.004425 + \frac{1.3425}{\text{HWFET FE}}} \quad (3)$$

신규 고속도로 보정식 :

$$5 \text{ cycle Highway FE} = \frac{1}{0.008276 + \frac{1.2756}{\text{HWFET FE}}} \quad (4)$$

Fig.9, 10은 이번 보정식과 기존 보정식을 나타내고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 추세선은 동등 수준을 보이고 있음을 확인할 수 있고, 기존 시험 대상차

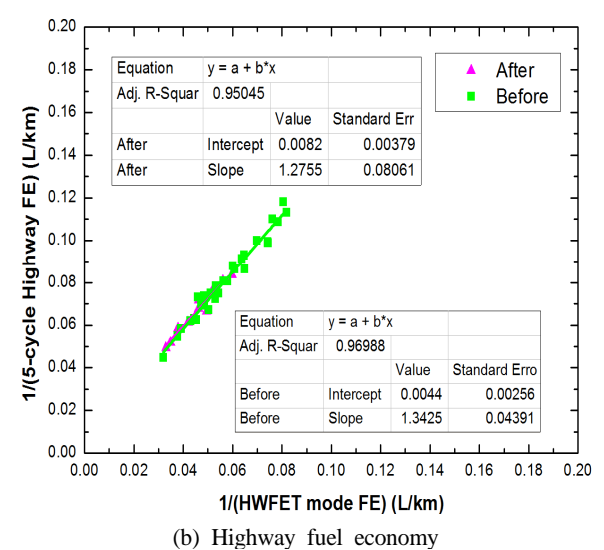
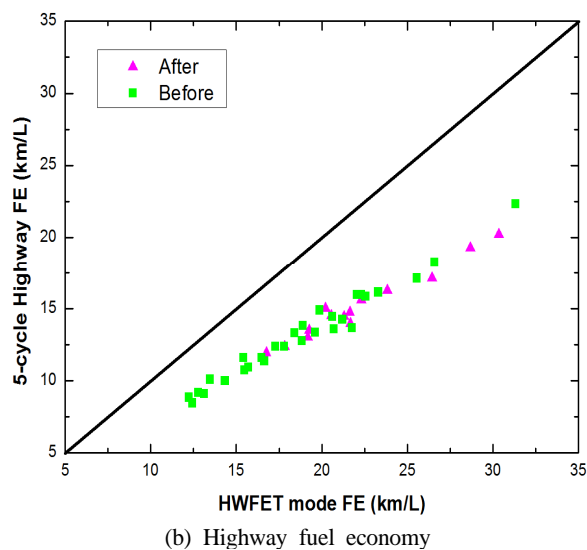
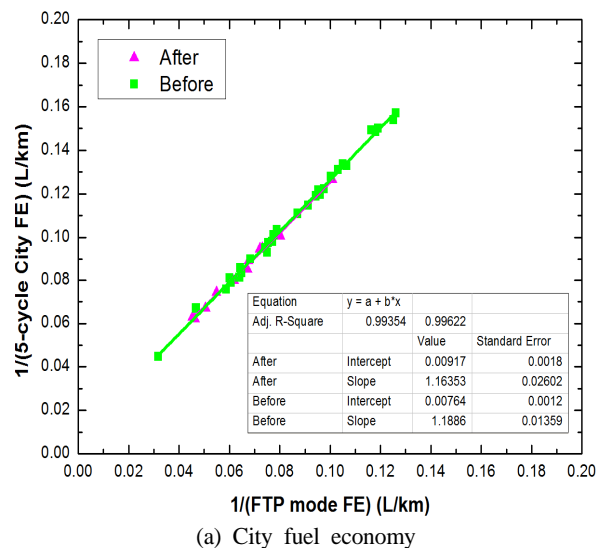
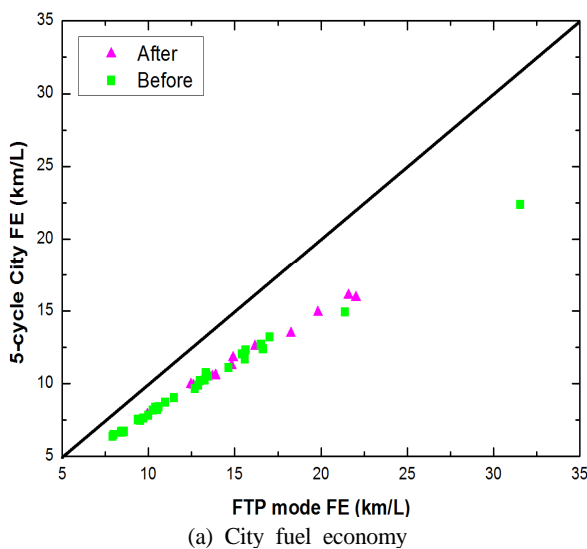


Fig. 9. Comparison of fuel economy correction formula at test mode,

Fig. 10. Fuel economy correction formula according to the test vehicle result



**Table 2.** Comparison of fuel economy reduction rate according to 5-cycle test method

Contents	Average (abs%)	Min. (abs%)	Max. (abs%)	Min.	Max.
City fuel economy	0.51	0.02	1.60	- 1.60	1.04
Highway fuel economy	1.39	0.10	3.54	- 3.54	2.71

량과 이번 시험 대상차량 총 44 대를 두 보정식으로 계산하여 오차를 확인한 결과, Table 2와 같이 도심 평균 0.51 %, 고속도로 평균 1.39 %의 오차로 확인되었다. 최대 차이(절대값 비교)는 도심 1.06 %, 고속도로 3.54 %의 오차를 나타내었다. 미국에서 정하는 5-cycle 시험대상 차종 규정의 도심 4 %, 고속도로 5 % 기준 이내로 큰 차이가 없음을 보여주고 있다. 따라서 기존 보정식은 현재의 자동차 기술발전에 따른 개선도에 크게 영향을 받고 있지 않다고 판단되어 정책의 연속성을 위하여 기존에 사용하여 왔던 보정식을 유지하는 것이 합리적인 것으로 판단된다. 하지만 급속도로 성장하는 자동차 기술발전에 따른 현행 연비 보정식에 대한 수시적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

## 5. 결론

연비 측정 결과에 영향을 줄 수 있는 다양한 환경 조건과 운전특성이 고려된 시험방법(5-cycle 시험법)을 신형식 자동차에 적용하기 위하여 각각의 모드 특성에 따른 신형식 자동차의 연비 특성을 확인하고, 기존에 개발된 자동차 연비 보정식과의 차이를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 신형식 자동차 14대를 대상으로 기존 연비 측정 모드인 FTP-75와 다양한 환경조건 및 운전자 특성이 반영된 5-cycle 시험모드를 비교해본 결과 저온환경조건은 20.7 % (기존 18.8 %), 에어컨 사용은 24.3 % (기존 24.6 %), 급가·감속에 따른 연비감소가 34.5 % (기존 33.5 %)로 가장 크게 나타났다.

2) 연비 감소에 영향을 미치는 시험모드 결과를 유종별로 구분하여 보면 저온환경조건 모드에서는 하이브리드>디젤>LPG>가솔린, 에어컨 사용 모드에서는 하이브리드>가솔린>디젤>LPG, 급가·감속 모드에서는 가솔린 > 디젤 > LPG > 하이브리드 순으로 연비에 영향을 미쳤다.

3) 본 연구에서 신형식 자동차 14대를 대상으로 산

출된 신규 연비 도심 보정식은  $1/(0.009171+(1.1635/FTP\ FE))$ , 고속도로 보정식은  $1/(0.008276+(1.2756/HWFET\ FE))$ 로써 기존 보정식과의 편차가 도심 조건에서는 0.51 %, 고속도로 조건에서는 1.39 %로 나타났다.

4) 신형식 자동차 14대의 시험결과를 기반으로 산출된 보정식과 기존 보정식의 편차는 미국 5-cycle 표시연비 기준(도심 4 %, 고속도로 5 %)이내로서 기존 보정식은 현재의 자동차 기술발전에 따른 개선도에 크게 영향을 받고 있지 않으므로 정책의 연속성을 위하여 기존에 사용하여 왔던 보정식을 유지하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2015년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원 주관 "산업기술혁신산업(에너지기술개발사업, No. 20152010103660)"으로 수행되었으며, 관계 기관의 지원 및 협조에 감사드립니다.

## References

- "Fuel Economy Labeling of Motor Vehicles : Revisions to Improve Calculation of Fuel Economy Estimates", EPA Final Technical Support Document, December, 2006
- "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
- 최승환외 5명, "승용자동차의 운전조건이 연료소모량에 미치는 영향에 관한 연구", KSAE 2010 Annual conference,
- 이정기외 5명, "자동차 급가감속에 따른 연비 및 온실가스에 미치는 영향", KSAE 2010 Annual conference, pp.693 ~ 698, 2010