

# 실도로 주행을 반영한 자동차 온실가스 배출 특성 연구

이정기\* · 용기중\* · 김자룡\*\* · 엄성복\*\*

## The Study on Characteristic of Vehicle Greenhouse Gas Emission Applying Real Road Driving

Jung-Ki Lee\*, Geejoong Yong\*, Cha-Ryung Kim\*\*, Seong-Bok Eom\*\*

*Key Words* : Greenhouse gas(온실가스), Greenhouse gas emission coefficient(온실가스 배출계수), Official fuel economy(공인연비), Real driving fuel economy(실도로연비), Difference fuel economy and greenhouse gas(연비 및 온실가스 차이)

### ABSTRACT

Greenhouse gas is the big issue of the whole world. So foreign countries, EU, USA, Japan, China and Korea made the policy for reducing greenhouse gas. For calculation of reduction, it is necessary to know the quantity of current greenhouse emission per year in Korea. It is not reflected real driving condition for measuring the Fuel economy and greenhouse gas. The subject of this study is to figure out the characteristics which influence on greenhouse gas in real driving condition. And final goal is applying the policy greenhouse emission reduction.

#### 1. 서론

폭스바겐 디젤 게이트로 불거진 실내 연비와 실도로 연비 간 차이에 대해 정부차원의 온실가스(CO<sub>2</sub>) 및 연비 관리제도에 강화가 필요하며, 실내(차대) 대비 실도로 조건 주행 시에 온실가스(CO<sub>2</sub>) 및 연비 수준의 괴리감이 보고되고 있다.

실도로 조건에서 온실가스 배출 및 연비 수준 검증을 통한 정밀한 온실가스 배출 인벤토리 구축 및 자동차 산업의 경쟁력 제고가 필요하다.

실도로 조건에서 재현성 및 반복성을 갖는 자동차의 온실가스 배출 성능 측정방법 토대를 마련하고, 온실가스 배출량 및 연비 수준 검증 시험을 통해 실내(차대) 조건의 온실가스 배출계수에 대한 실도로 보정계수 개발 토대를 마련하고자 한다.

\* 경일대학교

\*\* 한국교통안전공단 자동차안전연구원

E-mail : highband@kotsa.or.kr

#### 2. 연구개발 동향

##### 2.1. 국내외 자동차 온실가스 기준 동향

지난 10년간 대한민국의 자동차 등록대수는 크게 증가했으며, 14.9백만 대에서 20.1백만 대로 연간 약 3.0% 증가율을 나타냈다. 특히 대도시 지역의 등록대수는 2010년 기준 8.1백만 대에서 2025년에는 11.5백만 대로 크게 증가할 것으로 예상되고 있으며, 그 중 디젤 차량의 경우 2010년 기준 33.6%에서 2025년에는 45.0%를 차지할 것으로 추정되고 있다. 천연가스 차량의 경우 이산화탄소 배출량 절감에 큰 기여를 할 것으로 기대되며, 2020년까지 약 37백만 톤(수송부문 감축량 전체의 34%)의 CO<sub>2</sub> 배출을 절감할 수 있을 것으로 추정된다. 중형 및 대형 차량(전체 자동차의 67%)으로부터 소형 및 경형 차량으로 온실가스 배출량이 더 적은 차량군으로 판매 비중이 높아짐에 따라 대한민국 정부는 에너지 효율이 높은 차량의 보급을 활성화하기 위한 다양한 세계혜택을 고안하

고 있다.

유럽의 경우 2015년까지 승용차의 이산화탄소 평균 배출량 기준을 130g/km로 정하고, 2021년까지는 95g/km 기준으로 강화하겠다고 발표한 바 있다. 이는 유럽의 현행 규제에서 차량 형식승인에 사용되는 시험조건인 NEDC 모드에 의한 것으로, 2017년부터는 신규 도입되는 형식승인 시험조건인 WLTC 모드가 NEDC 모드를 대체하게 되었다.

미국에서는 유럽과는 달리 연비에 대한 규제, 현행 미국 내 차량 형식승인에 사용되고 있는 시험 조건인 FTP-75모드 및 HWFET의 가중평균으로 2016년까지 35.5 mpg(15.1km/L) 기준으로 확정하였으며 2025년까지는 54.5mpg(23.2km/L) 기준을 적용할 예정이다.

일본은 미국과 유사하게 연비에 대해 규제하고 있으며, 2020년부터는 2010년 대비 54% 강화된 연비규제를 시행할 예정이다. 2020년의 차량 목표연비는 2009년도 기준 차량의 공인연비 대비 24.1% 개선된 수준이다.

## 2.2. 차대 및 실도로 CO<sub>2</sub> 및 연비 괴리감에 대한 연구 동향

최근 자동차 제작사에서 보고하는 CO<sub>2</sub> 배출량과 인증 기관에서 측정한 CO<sub>2</sub> 배출량 차이에 대한 상세 분석 연구가 유럽을 중심으로 수행되고 있으며 특히 CO<sub>2</sub> 배출량에 큰 영향을 미치는 주행저항이 제작사에서 보고된 수치와 연구기관에서 시험한 값과 큰 편차를 보이는 경향이 확인되었다.

자동차 주행저항의 정확한 설정은 차대동력계 상의 CO<sub>2</sub> 배출량과 밀접한 관련이 있다. 2016년 ICCT에서 분석한 자료에 근거하여 인증 시의 주행저항과 실제 주행저항을 비교한 결과, NEDC 모드를 기준으로 실제 주행저항치는 15% 정도 증가하여 CO<sub>2</sub> 배출량도 7.2% 높음을 보고하였다.

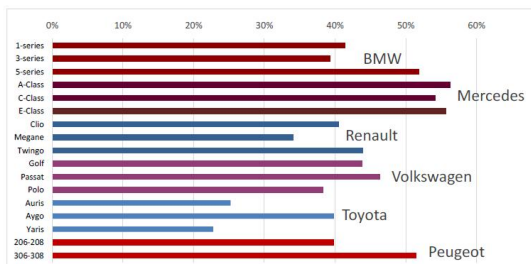


Fig. 1 Real-world 'gap' for most popular car models in 2015 (derived from Spritmonitor data from T&E, 2016)

Fig. 1에서처럼 유럽에서 판매되는 차량의 메이커 별, CO<sub>2</sub> 차이는 최대 50%까지 벌어지고 있어 이에 대한 상세연구가 필요한 시점이다.<sup>(7)</sup>

실도로와 인증시의 연비와 CO<sub>2</sub> 편차에 영향을 주는 여러 항목 중 주요 인자는 중량, 공기역학, 구름저항, 온도 조건, 부가적 전기장치, 도로경사도, 에어컨 및 교통조건이 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있으며, 본 항목에 대한 집중적인 연구를 통해 인증 및 실도로 상의 CO<sub>2</sub> 차이를 정량화할 필요가 있다.

2017년 ICCT에서는 유럽에서 판매되는 Euro 6 기준을 만족하는 경유 차량의 인증 및 실도로 주행 시의 제작사별 CO<sub>2</sub> 배출량 차이를 보고하였고, 전체 제작사의 평균 CO<sub>2</sub> 편차는 30% 수준으로 보고되었다. 따라서 소비자가 체감하는 실도로 CO<sub>2</sub> 저감을 위해서는 다양한 운전 조건에서의 연구가 필요함을 시사하고 있다. 특히 실도로 CO<sub>2</sub>와 연비 특성은 주행루트, 운전자, 전기부하, 에어컨 및 대기온도 등에 영향을 받으므로 정확한 배출계수 산정을 위한 표준 실험 절차 확립이 필요하다고 판단된다.<sup>(9)</sup>

## 3. 연구 방법

### 3.1. 시험절차

#### 3.1.1. 시험 차량 준비

가솔린 차량 : 2010년식 YF 소나타

주행저항계수 산정 : Base, Base + 200kg(시험방법 : 자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시에 준함, 3인승차중량)

#### 3.1.2. 차대동력계 시험

차대동력계에 주행저항계수를 입력하여 주행저항력 재현

시험모드 : NIER, NEDC, WLTC, FTP-75, HWFET, A/C ON, 차량 중량 증가 등

시험장비 : 동력계/배기분석기, CPC/EEPS, OBD DAQ 등  
분석항목 : CO<sub>2</sub>/연비, 배출가스, PM/PN, OBD, 배기 온도 등

#### 3.1.3. 트랙 시험(주행로)

자동차안전연구원 트랙에서 차대시험 모드 모사

실도로 주행을 반영한 자동차 온실가스 배출 특성 연구

시험모드 : 차대시험모드 및 A/C 작동, 차량 중량 모드 등

시험장비 : PEMS, 모드속도지시계, OBD Logger, Temperature Sensor Logger 등

3.1.4. 실도로 시험(주행 루트)

주행경로 설정, 시험차량에 PEMS 및 DAQ 장치 탑재 OBD/PEMS를 활용한 CO<sub>2</sub> 및 연비 수준 평가(주행변수 : 교통량, 대기온도, 운전자, 차량중량, A/C 작동 등) 차대, 트랙 및 실도로 주행 간의 배출계수 도출

4. 연구 내용

4.1. 차량시험

4.1.1. 시험방법

연비 측정시험은 국토부에서 제시한 자동차의 에너지 소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시(고시 제2014-700호)에 따라 진행하였다.

시험모드는 NIER #03, #09, #13, FTP-75, HWFET, WLTC를 사용하였다. 시험의 재현성을 확인하기 위하여 각 모드에 대하여 2회 이상 시험을 진행하였다. 또한 타이어 압력, 차량 중량 등 차량의 연비에 영향을 미칠 수 있는 인자들을 변수로 두어, 각각의 변수에 따른 영향도를 평가하기 위한 시험을 진행하였다.

차량에는 OBD Logger를 설치하여 차대동력계 시험과 동시에 OBD data를 측정하였다.

4.1.2. 시험모드

FTP-75 모드 : Fig. 2와 같이 도심지역의 주행특성을 시뮬레이션하여 작성된 것으로 총 주행거리 17.85km, 평

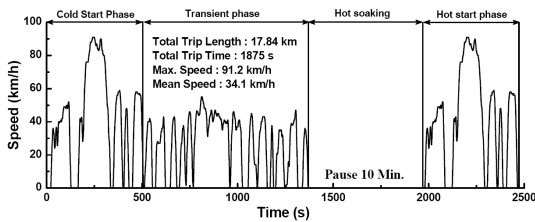


Fig. 2 FTP-75 mode speed profile

균 주행속도 34.1km/h, 최고속도 91.2km/h, 정지횟수 23회, 총 시험시간 2,640초의 특성 등으로 모의된 주행 코스이다.

HWFET(고속주행) 모드 : Fig. 3과 같이 고속도로 주행시험주기(HWFET)는 예비주행 주기와 배출가스 측정을 위한 주행주기로 이루어져 있다. 각각의 시험주기는 동일한 속도 대 시간 관계를 갖는 주행 계획의 2회 반복으로써 주행거리는 16.4km 이며 평균 속도 78.2km/h, 최대속도 96.5km/h로 비시가지에서 주행하는 것을 모사하도록 되어 있다.

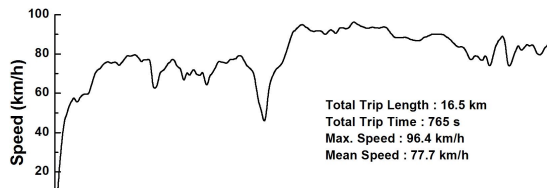


Fig. 3 HWFET mode speed profile

WLTC 모드 : WLTC version 5.3은 총 4구간으로 구성되어 있다. 첫 구간은 589초 동안 3,095m를 평균 18.9 km/h의 속도로 주행하도록 구성되어 있는 Low speed 영역이며, Medium speed 구간에서는 433초 동안 평균 39.5 km/h의 속도로 4,756m를 주행한다. 그 후 평균 속도가 56.6km/h인 High 영역과 평균 92.0km/h에 달하는 Extra High 영역으로 이어지며, 전체적으로 1,800초 동안 총 23,262 m의 거리를 주행하게 된다.

Fig. 4는 이러한 WLTC의 구성과 주행 모드이다.

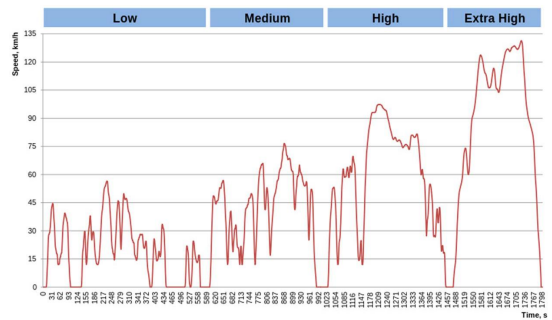


Fig. 4 WLTC mode speed profile

NIER 모드 : NIER 모드는 국립환경과학원에서 차량의 주행 패턴을 모사할 수 있도록 만든 주행모드이다. 승용차에 사용되는 모드는 총 15개로 NIER 1 모드의 평

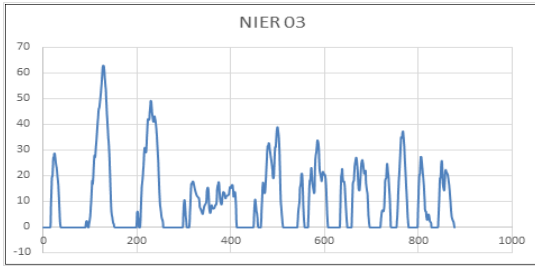


Fig. 5 NIER #03 mode speed profile

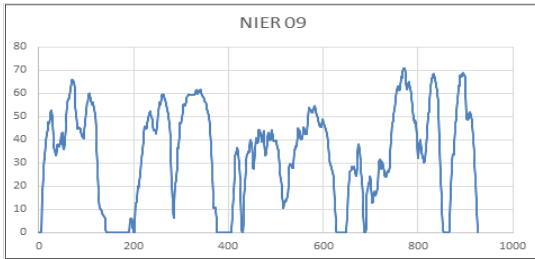


Fig. 6 NIER #09 mode speed profile

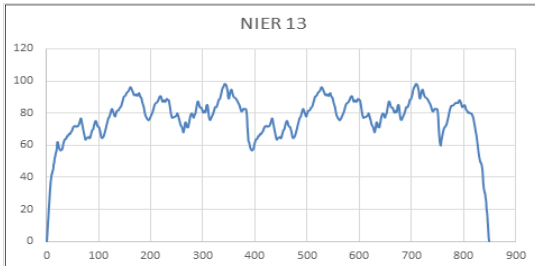


Fig. 7 NIER #13 mode speed profile

균속도는 4.72km/h 이며, NIER 15 모드의 평균속도는 114.21km/h 로 번호가 높아질수록 고속 주행을 모사하는 모드이다. Fig. 5~7은 각각 NIER #03, NIER #09, NIER #13 모드의 시간에 따른 주행속도를 나타낸 것이다.

#### 4.2. 주행저항값 분석

##### 4.2.1. Base CD, KCD, 200CD 비교

본 연구에서는 차대동력계 시험을 진행함에 있어 3가지 주행저항값을 사용하였고 이를 각각 Base CD, KCD, 200CD로 나타내었다. Base CD는 제작사에서 신고한 주행저항값이며, KCD는 자동차안전연구원 내의 고속주회

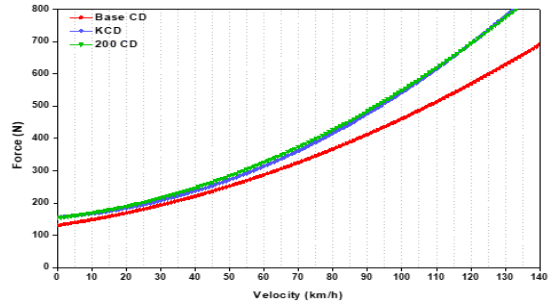


Fig. 8 Grap for driving resistance

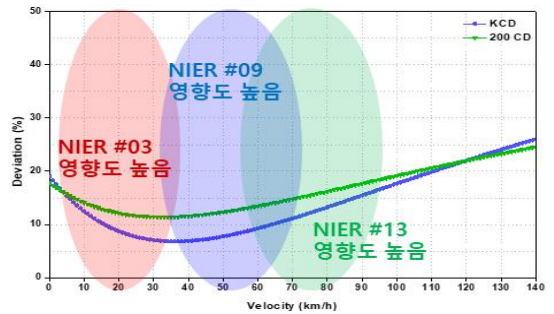


Fig. 9 Difference for driving resistance

로에서 직접 측정된 주행저항값, 200CD는 차량의 중량을 200 kg 증가시킨 뒤 고속주회로에서 측정된 주행저항값이다. Base CD, KCD, 200CD의 그래프 및 편차를 각각 Fig. 8, 9에 표시하였다.

전체적으로 Base CD에 비해 KCD와 200CD의 주행저항값은 10~20%의 편차를 보이며 대부분의 영역에서 200CD의 주행저항값이 KCD에 비해 더 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 주행에너지에서도 차이가 나며 FTP-75 모드와 HWFET 모드에서의 주행에너지를 Table 1에 나타내었다. 주행에너지의 경우 KCD와 200CD는 Base CD를 기준으로 FTP-75 모드에서 약 23% 정도 높은 값을 나타냈으며 HWFET 모드에서는 12% 정도 높은 값을 나타내었다.

Table 1 Driving energy for each driving resistance value

	Base CD Energy [kJ]	KCD Energy [kJ]	200CD Energy [kJ]
FTP-75	4,274.3	5,272.6	5,451.2
HWFET	6179.1	7037.3	7205.6

4.3. 차대동력계 시험 결과

4.3.1. 차대동력계 시험 결과 - 종합 결과

차대동력계에서 진행한 NIER 모드와 WLTC, FTP-75, HWFET 모드에서의 온실가스 배출량을 아래 Fig. 10, 11에 나타내었다. 차대동력계 시험은 모든 NIER 시험에 대해서 타이어 공기압, 차량 중량 증가, 공조장치 작동, 주행저항값 변화의 변수를 주어 시험을 진행하였다. 타이어 공기압은 차량에 명시된 적정공기압에서 0.5bar를 낮추어 진행한 시험이다. 차량 무게 증가의 경우 기존 차량 무게에서 200kg 증량한 것을 기준으로 시험을 진행하였다. 공조장치 작동의 경우 공조장치를 작동시킨 뒤 온도를 20°C, 세기를 3단계에 맞추는 것을 기준으로 하였다.

온실가스에 가장 영향을 많이 미치는 조건은 공조장치와 주행저항의 변화로 공조장치 작동의 경우 차대동력계에서 최대 15%까지 증가하였다(NIER #03). NIER #03 모드의 경우 평균 차속이 매우 낮고(10.8km/h) 주행 거리와 시험 시간이 다른 시험 모드에 비해 짧기 때문에 에어컨에 의한 영향도가 더욱 증가한 것으로 판단된

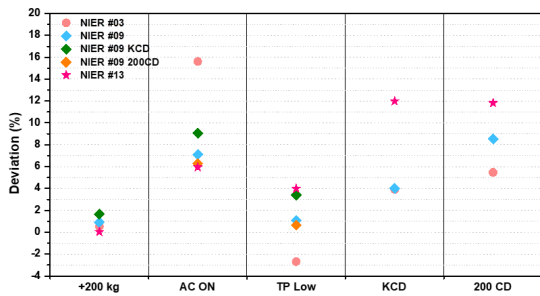


Fig. 10 Lab test result on NIER mode

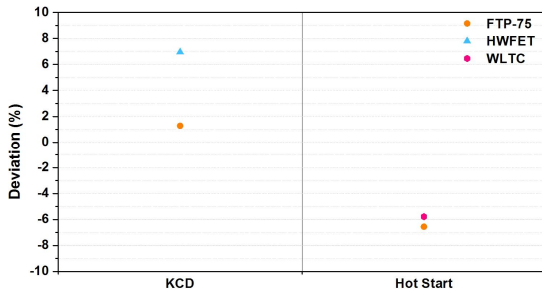


Fig. 11 Lab test result on FTP-75, HWFET, WLTC mode

다. 차량 중량을 증가시켰을 때 영향도는 최대 2% 정도로 대부분의 시험에서 유사한 영향도를 보였다. 타이어 공기압은 NIER 모드와 같이 시험 시간이 짧고 공회전 비율이 높은 시험에서는 타이어 공기압에 의한 영향도가 경향성 있게 나타나지 않았으며 그 편차는 -2~+4%로 나타났다.

주행저항값을 KCD로 변화시켰을 경우 NIER #03 모드와 #09 모드는 4% 정도 온실가스 배출량이 증가하였다. 각 모드별 평균속도 구간에서 Base CD값과의 편차가 시험 결과에 반영된 것으로 판단된다. 이러한 경향은 200CD에서도 유사하게 나타난다. NIER #13 모드의 경우 평균속도가 높은 주행모드로 속도가 높아질수록 KCD와 200CD의 편차가 줄어들기 때문에 KCD와 200CD 값에 의한 차이가 크게 나타나지 않았다.

4.3.2. 차대동력계 시험 결과 - 시험 변수에 따른 온실가스 배출 영향도

각 시험 변수들이 온실가스 배출량에 미치는 영향도를 살펴보기 위해 Fig. 12에 주행저항 변화와 시험 조건 변화에 의한 온실가스 배출 증가량을 나타내었다.

고속주회로 시험 결과와 비교, 분석을 하기 위해 NIER #09 모드의 시험 결과를 분석하였다. Base CD와 비교하였을 때, KCD는 약 4%, 200CD는 약 8.5% 악화되었으며, 이는 앞서 분석한 바와 같이 주행저항 편차에 의한 영향으로 판단된다. 중량 증가와 타이어 공기압이 온실가스에 미치는 영향도는 약 1% 정도로 타 조건에 비해 상대적으로 낮으며 공조장치의 작동은 가장 큰 영향도를 보였다. Worst 조건은 차량 중량 증가, 공조장치 작동, 타이어 공기압 3가지 조건을 모두 적용한 조건으로 온실가스가 약 10% 정도 증가하였다.

Fig. 13에 KCD와 200CD에 대한 NIER #09 모드 결과를 나타내었다. 주행저항값이 변화함에 따라 Base가

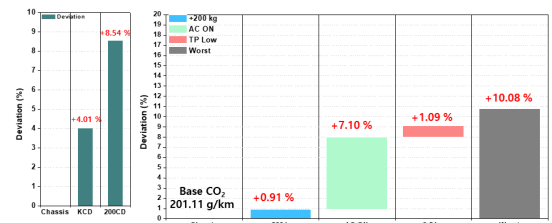


Fig. 12 Effect on greenhouse gas in each condition for NIER #09 mode

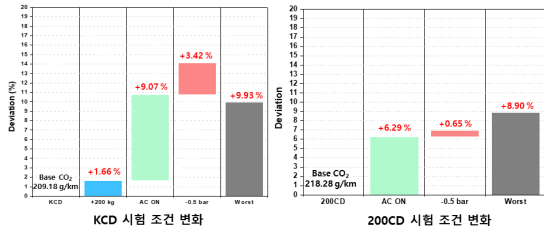


Fig. 13 Effect on greenhouse gas in both condition for NIER #09 mode

되는 CO<sub>2</sub> 배출량은 증가하였지만 각 조건이 온실가스에 미치는 영향도는 Base CD와 유사한 것으로 나타났다. KCD 조건에 대해서는 각 조건 별 온실가스에 미치는 영향도의 합이 Worst 조건보다 더 높게 나타났다.

NIER #09 모드의 차대동력계 시험에 대해서 모든 시험 조건을 비교해보았을 때 200CD Worst → 200CD A/C ON → KCD Worst → KCD A/C ON → Worst 순으로 CO<sub>2</sub> 배출량이 증가하였다. 이를 토대로 주행저항값의 변화가 타 조건보다 온실가스에 미치는 영향이 크다고 판단하였다.

#### 4.4. 고속주회로 시험 결과

##### 4.4.1. 고속주회로 시험 결과 - NIER 모드

고속주회로에서의 시험 조건에 대한 온실가스 배출 편차를 확인하기 위해 이동형온실가스측정장비(PEMS)를 차량에 설치하여 차대동력계와 동일한 모드 조건에 대해 시험을 진행하였다. NIER #03, #13 모드에 대해서는 공조장치 작동에 대한 영향도를 평가하였으며 타이어 공기압, Worst 조건의 경우 NIER #09 모드에 대해서만 진행하였다.

NIER #09 모드의 고속주회로 시험은 15°C에서 장비

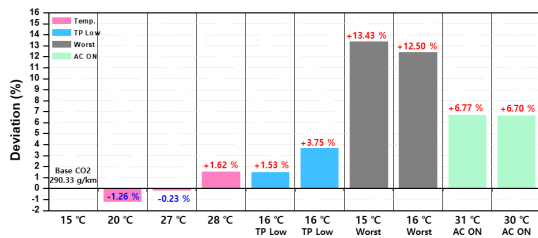


Fig. 14 P/G test result on NIER #09 mode

만 실행한 시험을 기준점으로 하여 다른 시험 결과들과의 편차를 Fig. 14와 같이 비교하였다. 기준 시험에서 CO<sub>2</sub>는 290.33g/km 배출되었으며 차대동력계와는 약 40% 정도 차이가 나타났다. 시험 결과, 대기온도에 의한 영향은 다른 조건에 비해 상대적으로 낮게 나타났다(약 -2%~2%). 공조장치의 경우 차대동력계 시험과 비슷한 수준의 영향도를 미치는 것으로 확인되었으며 Worst 조건의 경우 온실가스에 미치는 영향도가 차대동력계 시험과 비교하였을 때 약 3%p 증가하였다. Fig. 15는 NIER #03, #13 모드에 대한 고속주회로 시험 결과이다. 공조장치를 작동했을 경우 차대동력계 시험과 유사한 수준의 영향도를 미쳤으며 NIER #03 모드의 경우 평균속도가 다른 모드에 비해 낮고 주행거리 역시 짧기 때문에 영향도를 백분율로 나타내었을 때 그 값이 다른 모드에 비해 크게 나타났다(약 15%).

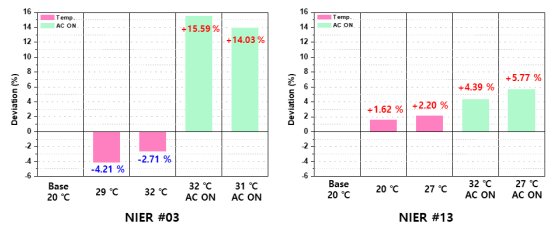


Fig. 15 P/G test result on NIER #03, #13 mode

##### 4.4.2. 차대동력계와 고속주회로 시험 결과 비교

차대동력계와 고속주회로에서 시험 조건들이 온실가스에 미치는 영향도를 Fig. 16에 나타내었다. Base 시험에서 차대동력계와 고속주회로 시험의 편차는 약 42%로 나타났다. 이는 도로 조건과 실도로 시험시 장비 및 동승자로 인한 총 시험 중량 증가 등의 영향도가 반영된 것으로 판단된다. 고속주회로에서 시험 조건을 변화하였을 때

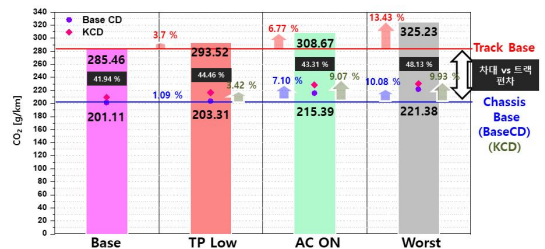


Fig. 16 Compare with lab and P/G test result on NIER #09



## 실도로 주행을 반영한 자동차 온실가스 배출 특성 연구

온실가스 배출량이 증가하는 경향과 차대동력계에서 시험 조건을 변화하였을 때 온실가스 배출량이 증가하는 경향을 비교하였을 때 유사성을 확인할 수 있었다. 각각의 시험에 대해서 차대동력계와 고속주회로 간의 편차는 평균적으로 44%로 각 시험 조건이 온실가스 배출량에 미치는 영향도는 차대동력계와 고속주회로에서 유사하다고 판단된다.

### 4.5. 실도로 시험 결과

#### 4.5.1. 실도로 시험 주행 경로

실도로 시험에는 2가지 경로가 사용되었으며 이를 각각 환경부(NIER) 경로, 고려대학교(KU) 경로라고 명명하고 그 경로는 Fig. 17과 같으며, 각 시험 경로별 특징을 Table 2에 정리하였다.



Fig. 17 The driving path for field test

Table 2 Characteristic the driving path for field test

	NIER 경로	KU 경로
총 길이 (도심/교외/고속)	약 76km (22/22/32)	약 75km (22/22/31)
고도 차이	완만	도심구간 약 300m
정체 구간	주간 도심 구간 정체	주간 교외구간 정체
시험 시간	110분~120분	100분~110분
용도	환경부 RDE용	비교용

#### 4.5.2. 실도로 시험 결과

모든 실도로 시험 결과를 Fig. 18에 정리하였다. 각 조건 별로 교외, 고속도로 구간에 비해 도심구간의 편차가 큰 것을 확인하였다. 모든 주행 조건을 반영한 Worst 조건을 제외하고 교외 및 고속도로 구간에서 편차는 최대 10%로 나타났지만 도심구간의 경우 Worst 조건을 제외

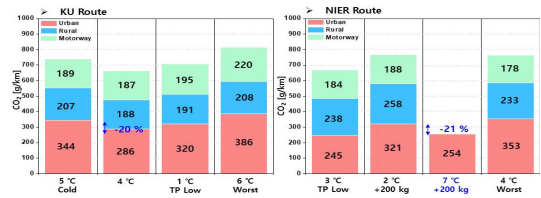


Fig. 18 The result on greenhouse on field test

하고 최대 21%의 편차를 나타내었다. KU Route의 경우 냉간 시동과 온간 시동 시험 결과를 비교한 데이터가 존재한다(5°C Cold & 4°C). RDE 시험 규정에 냉간 시동이 포함될 것으로 예상되기 때문에 냉간시동 시험을 진행하였다.

냉간 시동의 경우 온간 시동과 비교하였을 때 시동초기에 촉매와 엔진 예열에 더욱 더 많은 연료를 소모하기 때문에 그 구간에서 배출가스와 온실가스가 많이 배출되는 경향을 확인할 수 있으며 이에 따라 약 20%의 CO<sub>2</sub> 편차를 나타냈다. 실도로 시험은 교통량의 편차를 줄이기 위해 새벽과 주간 두개 시간대로 나누어서 시험을 진행하였다. KU Worst 조건의 경우 모든 시험 조건을 반영함과 동시에 주간에 시험을 진행하여 교통량의 영향도 같이 받은 시험으로, 4°C 온간시동, 새벽 시험과 비교하였을 때 CO<sub>2</sub> 배출량이 100g/km 까지 증가하였으며 이는 약 35%의 편차이다. NIER 경로에서는 교통량의 차이를 비교하기 위해 동일 조건에서 시험 시작 시간대를 다르게 한 시험 결과가 존재한다(2°C+200kg & 7°C+200kg). 본 시험 결과 도심구간에서 약 21%의 CO<sub>2</sub> 편차가 나타났다. KU 경로와 마찬가지로 NIER 경로에서도 Worst 조건 시험을 진행하였는데, 이 경우 CO<sub>2</sub> 가 가장 적게 배출된 시험결과와 비교하였을 때 약 40% 편차를 나타냈다.

### 4.2. 시험 유효성 평가

#### 4.2.1. 자동차 온실가스(CO<sub>2</sub>) 배출계수

앞서 진행한 고속주회로 시험과 실도로 시험은 차대동력계와 비교했을 시, 도로상황, 대기온도 등 여러 변수가 존재하기 때문에 시험 유효성을 판단하는 것이 중요하다.

과업 수행 기간 내에 진행한 고속주회로 및 실도로 시험의 유효성을 판단하기 위해 국토교통부의 온실가스 배출계수 식과 비교 및 분석을 진행하였다. 가솔린 중형 승

[y : 배출량(g/km), x :车速(km/h)]

차종	연료	배출계수 산출식		
		65.4km/h 미만	65.4km/h 이상	
승용	경형	휘발유	$y=1019.04x^{-0.8771}$	$y=0.0188x^2 - 2.7285x + 191.03$
		LPG	$y=1030.76x^{-0.8538}$	$y=0.0171x^2 - 2.4883x + 173.91$
	소형	휘발유	$y=1204.39x^{-0.8888}$	$y=0.0278x^2 - 4.3121x + 272.62$
		경유	$y=1119.54x^{-0.8558}$	$y=0.0124x^2 - 1.0867x + 115.86$
	중형	LPG	$y=1118.62x^{-0.8736}$	$y=0.0190x^2 - 2.8345x + 237.90$
		휘발유	$y=1492.46x^{-0.8820}$	$y=0.0303x^2 - 4.9122x + 326.94$
대형	경유	LPG	$y=1344.67x^{-0.8888}$	$y=0.0246x^2 - 3.5451x + 246.21$
		LPG	$y=1521.36x^{-0.8128}$	$y=0.0264x^2 - 4.1928x + 279.93$
	휘발유	$y=2070.16x^{-0.8118}$	$y=0.0362x^2 - 5.9273x + 336.93$	
	LPG	$y=1606.66x^{-0.8887}$	$y=0.0133x^2 - 1.5039x + 180.11$	
	LPG	$y=2465.16x^{-0.7127}$	$y=0.0302x^2 - 4.8941x + 317.78$	

Fig. 19 The equation on greenhouse gas emission factor

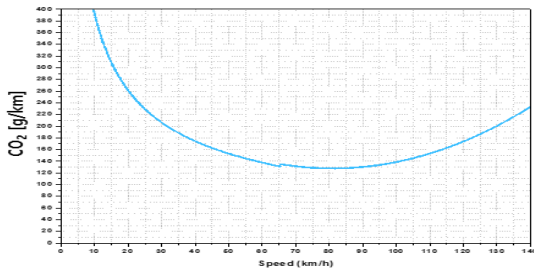


Fig. 20 The graph on gsl mid. LDV greenhouse gas factor

용차량에 해당되는 배출계수 산출식을 Fig. 19, 20에 나타내었다.

실도로 시험 결과를 온실가스 배출계수와 비교하여 Fig. 21에 나타내었다.

본 시험 결과는 KU 경로에서 진행한 실도로 시험 결과로 기준이 되는 데이터는 온간시동 및 외기온도 4°C 조건에서 진행한 Hot 4°C 시험이다. 고속도로 구간의 경우 시험에 큰 변수가 존재하지 않기 때문에 Worst 조건을 제외한 모든 시험에서 약 30% 정도의 편차가 발생하였다. 하지만 고속도로 조건에서 속도의 상한이 없다면 최고 140~150km/h까지 속도를 높였던 Worst 조건에서 37% 정도의 편차를 보이는 것과 같이 배출계수 값과 차이는 증가하게 된다. 도심구간의 경우 교통량, 냉간시동, 타이어 공기압 등에 따라 뚜렷한 경향성 없이 편차가 다

	PEMS 데이터 (실정값)			
	Cold 5°C	Hot 4°C	TP Low 1°C	Worst 6°C
Urban	344.89	286.72	320.33	385.73
Rural	207.36	188.65	190.68	208.09
Motorway	189.09	187.88	194.98	219.57
Total	237.46	215.23	227.93	260.83

	CO2 배출계수 (계산값)			
	Cold 5°C	Hot 4°C	TP Low 1°C	Worst 6°C
Urban	217.90	216.33	235.04	222.86
Rural	129.28	132.47	136.20	132.75
Motorway	131.00	131.91	130.12	136.25
Total	148.79	150.99	137.28	149.15

	편차			
	Cold 5°C	Hot 4°C	TP Low 1°C	Worst 6°C
Urban	27.28	27.62	23.95	26.24
Rural	74.20	68.72	61.16	68.34
Motorway	91.26	92.63	89.72	99.59
Total	52.54	51.47	47.76	52.35

Fig. 21 Compare the difference on field and lab test greenhouse gas

양하게 나타난다. 이때 차이는 최대 42% 까지 증가하게 된다(Worst 조건).

본 연구 수행 기간 동안 진행하였던 모든 고속주회로 시험 및 실도로 시험을 온실가스 배출계수와 비교하고 이를 곡선 맞춤을 통해 실도로 시험 시 온실가스배출계수 산정식을 속도 65.4km/h를 기준으로 도출하였다.

$$y = 2303.18x^{-0.5967} \quad y = 0.0524x^2 - 8.6682x + 552.71$$

65.4km/h 미만인 영역에서 산출식은  $R^2=0.94649$  로 결정계수로 보았을 때 어느 정도 신뢰성을 가지는 데이터를 얻었지만 65.4km/h 이상인 영역에서는 결정계수가 음수 값으로 나와 본 산출식의 신뢰도가 떨어진다. 이는 Fig. 22에 표시된 바와 같이 평균 속도가 100km/h를 초과하는 시험 결과가 부족하기 때문으로 판단된다.

Table 3은 모든 고속주회로 및 실도로 시험을 자동차 온실가스 배출계수와 비교하여 편차를 나타낸 표이다. Worst 조건과 도심 조건 새벽시험(교통량이 상대적으로 적은 시험)을 제외하고 모든 시험 결과를 평균 내었을 때, 33%의 편차를 보였다. 시험을 고속주회로 시험과 실도로 시험으로 분리하여 평균을 내었을 때, 고속주회로

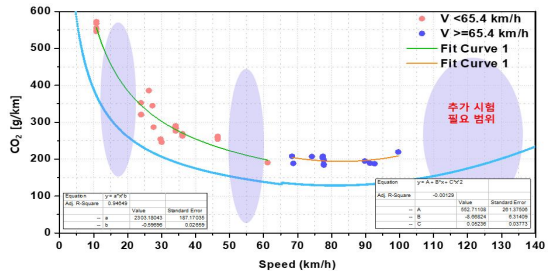


Fig. 22 Compare with field and lab test greenhouse curve

Table 3 Difference the greenhouse gas factors for all test

NIER #03	34.70	34.20	31.57	32.62	
NIER #09	34.09	33.53	30.80	32.97	33.66
NIER #13	36.95	37.96	38.31		
FTP 75	31.18	30.71	29.66		
WLTC	38.42	38.95	37.09		
HWFT	35.02	31.10	30.45		
Urban [KU Route]	36.82	24.55			
Rural [KU Route]	26.62	42.22			
Motorway [KU Route]	37.66	29.78			
Urban [NIER Route]	26.83	16.14			
Rural [NIER Route]	33.35	26.83			
Motorway [NIER Route]	18.43	33.35			

Worst 조건

새벽 시험 (교통량 매우 적음)

새벽 시험 (교통량 매우 적음)



의 경우 약 34%, 실도로 시험은 약 32%로 편차가 나타났다.

차대동력계 시험의 경우 시험 모드 별로 비교하였을 때, NIER 모드와 FTP-75, HWFET 모드의 경우는 34%의 평균값과 유사한 편차를 보였지만 WLTC 모드의 경우에는 평균 38%의 편차로 기존의 시험 모드와는 상대적으로 높은 편차를 보였다.

## 5. 결론 및 제언

- 1) 주행저항 분석 : 차대동력계 시험 시 주행저항 값이 온실가스에 미치는 영향도를 분석하기 위해 3가지 주행저항 값을 이용하여 시험을 진행한 결과 KCD와 200CD를 Base CD와 비교하였을 때 전체적으로 10~20%의 편차를 보였다.
- 2) 차대동력계 시험 : NIER 모드 중 #03, #09, #13, 미국의 연비/배출가스 인증모드인 FTP-75 + HWFET, 유럽의 연비/배출가스 인증모드로 개발 중인 WLTC 모드에 따른 연비 결과를 비교한 결과는 타이어 공기압의 경우, NIER 모드와 같이 짧고 평균 차속이 낮은 모드에서는 그 영향도가 경향성 있게 나타나지 않았다. 그리고 공조장치를 작동시켰을 경우 최소 6%에서 최대 15%까지 온실가스의 배출량이 증가하는 것을 확인하였다. 또한 NIER #03 모드에서 공조장치를 작동하였을 때 온실가스가 15% 가량 증가하는 모습을 보였다. 모든 시험 결과를 비교하였을 때 CO<sub>2</sub>에 가장 영향을 많이 미치는 인자는 주행저항 값의 변화로 판단되며 그 뒤를 이어 공조장치 작동이 영향을 많이 미치는 것으로 확인되었다.
- 3) 고속주회로 시험 : 차대동력계와 동일한 모드로 시험한 결과 공조장치의 경우 7% 정도의 편차를 보여주었으며 이는 차대동력계 시험과 비슷한 수준의 영향도이다. Worst 조건의 경우 차대동력계 시험과 비교하였을 때 편차가 약 3%p 증가하였으며 최대 13%의 편차를 보였다. 그리고 NIER #09 모드에 대해서 차대동력계와 고속주회로 시험의 편차를 비교하여 분석한 결과 Base 시험의 경우 편차는 약 40%로 나타났으며 이는 실도로 시험이라는 조건 외에 고속주회로 시험 시 필요한 장비 무게로 인한 영향도도 반영된 것으로 판단된다. 각 조건 별로 차대동력계와 고속주회로 시험을 비교하였을 때 평균적으로 44%의 편차를 보였으며 온실가스에 미치

는 영향도 또한 유사하게 나타났다. 이를 통해 각 시험 조건 별로 온실가스에 미치는 영향도는 차대동력계와 고속주회로에서 서로 상관성이 있다고 판단된다.

- 4) 실도로 시험 : 2가지 경로를 사용하여 진행한 실도로 시험 결과를 도심/교외/고속도로 3가지 구간으로 나누어 비교, 분석을 진행하였을 때 교외와 고속도로 구간은 상대적으로 교통량에 의한 영향도가 도심구간에 비해 적고 엔진이 충분히 예열된 상태에서 차량 조건 등이 온실가스에 미치는 영향도가 적어지기 때문에 온실가스 배출량이 각 시험에 대해서 비슷한 수준으로 나타났다. 도심구간 시험의 경우 매 시험마다 주행 조건이 차량에 미치는 영향도가 크고 변수가 다양하기 때문에 편차가 교외/고속도로 구간에 비해 상대적으로 크게 나타난다. 이때 냉간 시동과 교통량에 따른 온실가스 배출 증가는 다른 조건에 비해 크며 최대 21% 까지 증가한다.

## 참고문헌

- (1) 신기후체제 출범에 따라 효율적 기후변화대응을 위한 국가차원의 중장기 전략과 정책방향 제시, 2016-12-06, 국무조정실 국무총리비서실.
- (2) SOUTH KOREA FUEL ECONOMY AND GREEN HOUSE GAS STANDARDS FOR NEW LIGHT-DUTY VEHICLES(2016-2020), 2015-10, ICCT.
- (3) 친환경자동차, 2015-12, 환경부.
- (4) Fiat-Chrysler, Renault-Nissan...who might be next?, 2017-01-30, ICCT.
- (5) Hyundai Workshop presentation, 2014.09.16, TUV NORD.
- (6) For member states Dieselgate never happened : Council opposes strengthening of vehicle testing reform, 2017-04, T&E.
- (7) Mind the Gap, 2016-12, T&E.
- (8) Fuel Consumption and CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars in Europe -Laboratory versus real-world emissions, 2016-03, Georgios Fontaras.
- (9) ROAD TESTED: COMPARATIVE OVERVIEW OF REAL- WORLD VERSUS TYPE-APPROVAL NO<sub>x</sub> AND CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM DIESEL CARS IN EUROPE, 2017-09, ICCT.

- (10) THE MOTOR INDUSTRY OF JAPAN 2017, 2017, JAMA.
- (11) Greenhouse Gas Emission Standards for Light-Duty Vehicles, 2016, EPA.
- (12) 2020-2030 CO<sub>2</sub> standards for new cars and light-commercial vehicles in the European Union, 2016-11, ICCT.
- (13) CO<sub>2</sub> Emissions from New Passenger Cars In the EU: Car Manufacturers' performance in 2015, 2016-06, ICCT.
- (14) REAL WORLD FUEL ECONOMY MEASUREMENTS, 2017, PSA, T&E, FRANCE NATURE ENVIRONMENT.