

CVS-75 모드 시험과 실도로 주행 시험을 통한 배출가스 및 연비 성능 평가

강은정·엄준식·서영호*

자동차부품연구원

Fuel Economy and Emission Characteristics Evaluation by CVS-75 Mode Test and RDE(Real-road Driving Emissions) Test

Eunjeong Kang · Junsik Um · Youngho Seo*

*Korea Automotive Technology Institute, 303, Pungse-ro, Pungse-myeon, Dongnam-gu, Cheonan-si,
Chungcheongnam-do 133-791, Korea*

(Received 2014.11.07 / Accepted 2014.11.24)

Abstract : Recently EU has been recognized that there is a difference of emission quantity between emission certification test mode and real-road driving test. Accordingly the European Commission is currently preparing to require real-road testing as part of the passenger car type-approval process in the EU. vehicle manufacturers from 2017 are expected to test new vehicles not only under laboratory conditions but also on the real-road, using PEMS equipment. Therefore the purpose of this study is to analyze the emission and Fuel Economy of CVS-75 mode test using chassis dynamometer and RDE test using PEMS equipment by PHEV passenger car.

Key words : PEMS (Portable Emissions Measurement systems), RDE (Real-road Driving Emissions), PHEV (Plug-in Hybrid Vehicle), Emission, Chassis Dynamometer, CD (Charge-Depleting), CS (Charge-Sustaining), RESS (Rechargeable Energy Storage System)

1. 서론

전 세계적으로 대기오염물질로 인한 환경문제는 사회적 이슈로 부각되고 있으며, 대기질 개선을 위하여 다양한 정책을 추진하고 있다. 국내 도로이동오염원의 NOx 배출량은 36%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며,¹⁾ 독일 베를린의 경우 2009년 이동오염원의 NO₂ 배출량이 전체 부문별 NO₂ 총 합의 40% 비중을 차지한다.²⁾ 이에 따라 대기질 오염의 높은 비중을 차지하는 도로이동오염원에 대하여 배출가스 규제는 갈수록 강화되고 있는 실정이다. 그러나 과거 10년 동안 끊임없이 강화된 배기가스 규제에도 불구하고 도로이동오염원의 NO₂와 PM₁₀ 배출량이 하향세를 나타내고는 있으나 현재 여전히 기준치를

상회하고 있는 것으로 나타난다.³⁾ 2014년 10월 13일에 발표된 ICCT (The International Council on Clean Transportation) 보고서에 따르면 Euro-6 대응 경유차의 실도로 주행 시 NOx 배출량이 Euro-6 배출 기준보다 약 7배 이상 배출된다고 발표하였다. 이에 유럽위원회는 현재 EU의 승용차 승인 절차의 일부로 실도로 테스트가 필요하다고 판단되어 준비하고 있으며, 이러한 계획에 따라 2017년부터 자동차 제조업체는 PEMS (Portable Emissions Measurement Systems) 장비를 이용하여, 실험실 조건에서뿐만 아니라 실도로 조건의 주행 테스트 시행을 예정중이다.⁴⁾ 우리나라의 경우도 유럽과 동일한 시점인 2017년 9월경부터 PEMS를 이용한 실도로 조건 규제 도입을 시행하기로 예정하고 있다.

따라서 본 연구는 소형 플러그인 하이브리드 차량

*Corresponding author, E-mail: yhseo@katech.re.kr

(PHEV)으로 배출가스 인증모드인 CVS-75 모드 시험 및 PEMS를 장착하여 실도로 주행 배출가스 시험을 실시하여 각각의 배출가스 및 연비 성능을 비교 분석하고자 한다.

2. 시험 및 해석 방법

2.1 시험 장치

본 연구의 실차 시험은 실내에서 실외와 같은 도로 조건을 모사하여 차량의 연비 및 배출가스 측정을 실시하기 위하여 자동차부품연구원의 차대동력계 (AVL, 48inch Single roll 4WD)와 배기측정시스템 (HORIBA, MEXA-7400LE)을 사용하였다. Fig. 1은 시험장비의 개요도를 나타내었다.

또한, 실도로 주행 배출가스 시험을 실시하기 위하여 자동차부품연구원에서 PEMS (SENSORS, Semtech Ecostar) 장비를 보유중이며, 이 장비는 기능별로 모듈화 되어있어 원하는 측정항목(CO, CO₂, NO, NO₂, THC, CH₄, NH₃, 연비 등)에 따라 각 모듈별로 단독 운영이 가능하다. Fig. 2는 PEMS 장비의 개요도를 나타내었다.

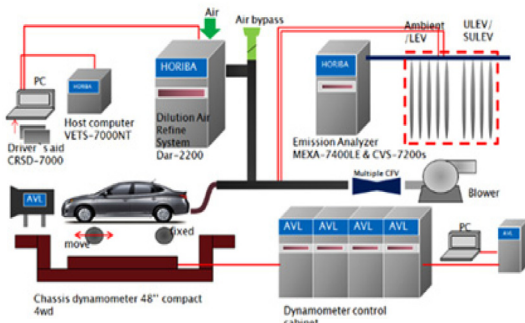


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

2.2 시험 차량 제원

실차 시험 및 실도로 주행 시험을 위한 대상 차량으로 본 연구에서는 자동차부품연구원에서 보유하고 있는 TOYOTA Prius-pi를 선정하였다. 플러그인 하이브리드 차량의 주행특성은 CD (Charge-Depleting) 및 CS (Charge-Sustaining) 모드 주행으로 나뉜다.

CD 구간은 CS 모드 상태 이전까지로 외부의 전원이나 RESS의 전기 에너지를 소비하며 차량을 운전하는 모드이며, CS 모드는 RESS의 전기 에너지를 유지하는 동안 연료를 소비하며 운전하는 모드이다.

본 연구에서는 PHEV의 CS 구간에서 배출가스 및 연비 시험을 실시하였다. Fig. 3은 PEMS 장비를 장착한 시험차량 외부의 후측 사진이다.

2.3 시험모드 및 주행 경로

본 연구에서 실차상태의 연비 및 배출가스 특성을 평가하기 위하여 국내의 가솔린 및 LPG 차량의 인증 모드인 CVS-75모드를 사용하였다. 모드의 주행특성은 Fig. 4에 시간별 속도 프로파일로 나타내었다. 시험은 산업통상자원부 고시 제 2013-4호 “자동차의 에너지소비효율 및 등급표시에 관한 규정” 및 환경부고시 제2013-38호 “제작자동차 인증 및 검사 방법과 절차 등에 관한 규정”을 기준으로 수행되었다.

한편, 실도로 주행 시험 경로는 Up-downhill 경로로 차량 운행시 고도 차이를 고려한 박달재-다릿재 고개 구간을 선정하였다. Table. 1에 주행 경로의 설명을 나타내었으며,⁵⁾ Fig. 5에 지형도를 나타내었다.

또한, 본 연구에서 시행한 실차시험 및 실도로 주행시험은 기본조건 시험 외에 여름철에 주행하는 차량의 운행패턴을 모사하기 위하여 에어컨을 최대로 작동시키며 시험을 실시하여 연비 및 배출가스 성능을 비교분석하였다.

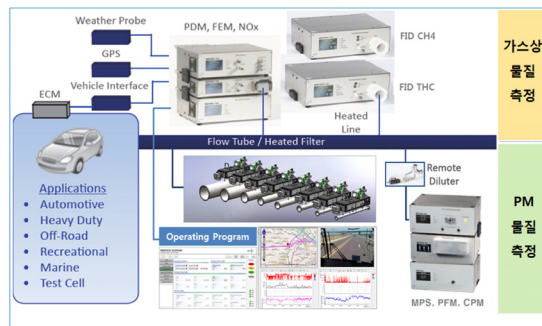


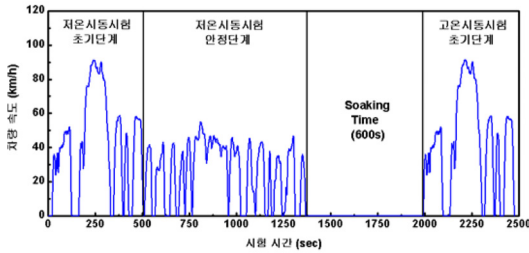
Fig. 2 Schematic diagram of PEMS



Fig. 3 Photograph of test vehicle equipped with PEMS

Table 1 Description on PEMS test route

경로타입	시험경로	거리	평균속도	총 시간	고도
Up-down hill	다릿재-박달재	17.57 km	45 km/h	1,354 s	449 m
	박달재-다릿재	16.1 km	42.7 km/h	1,324 s	443.5 m



	시간	평균속도	거리	상태
Phase1	505초	40.41km/h	5.79km(5cycle)	냉간시동
Phase2	865초	25.63km/h	6.25km(13cycle)	고온안정화
Soaking	600초	-	-	휴지기간
Phase3	505초	40.41km/h	5.79km(5cycle)	온간시동

Fig. 4 CVS-75 mode driving cycle

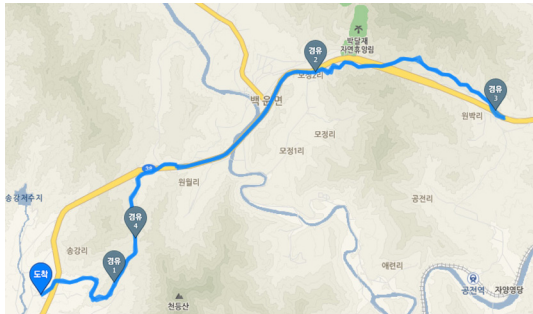


Fig. 5 Topographic map of Up-down hill route

3. 시험 결과 및 고찰

3.1 모드 및 실도로 주행에 따른 차량의 유해가스 특성

Fig. 6은 가솔린/LPG 차량의 배출가스 인증시험모드(CVS-75)와 실도로 주행시험의 배출가스 배출량을 나타낸 그래프이다. 배출가스는 CS(Charge Sustaining) 구간에서 HC, CO, NOx를 측정하였으며, 기본시험모드(STD)와 고부하 조건(AC ON)으로 시험을 실시하였다. CVS-75 모드 시험에서 측정된 배출가스 모두 극히 미미한 수준의 배출량이 측정되었다.

PHEV 원리 특성상 본래 유해가스 배출량이 극히 드물며, 다른 원인 중 하나로서 CD 구간의 시험이 끝나고

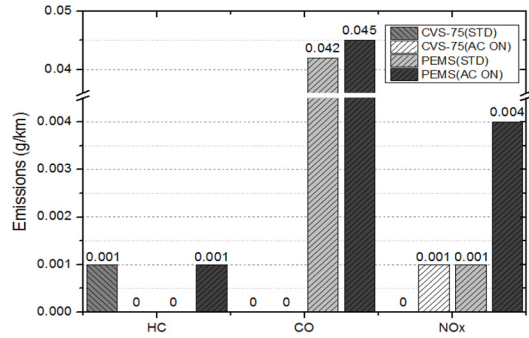


Fig. 6 Emissions test result of CVS-75 and PEMS test

10여분 소킹 후 CS 구간의 배출가스를 측정하였다. 이로 인하여 실차 시험 전 차량의 엔진이 충분히 Warm up 되어 불완전연소로 인하여 생성되는 HC나 CO가 극히 소량으로 배출되었다고 판단된다.

실도로 주행시험의 배출가스는 CO를 제외하고 미미한 정도의 배출량이 측정되었다. 실도로 주행시험의 경우 Up-down hill route의 특성상 실차시험보다 유해가스의 배출량이 소량 더 배출되었지만, CO 배출량의 경우 0.04g/km 수준으로 가솔린 및 LPG 차량의 배출가스 규제치인 1.3g/km보다 낮은 수치로 배출가스 기준을 만족한다.

3.2 연료별 자동차 CO₂ 및 연비 특성

Fig. 7은 CVS-75모드와 PEMS 시험의 온실가스(CO₂) 및 연비 결과를 나타낸다.

실차 시험의 STD 조건과 AC ON 조건 비교시 CO₂ 배출량 및 연비의 차이는 각각 약 30%, -23% 차이가 나는 반면, 실도로 주행시 조건별 CO₂ 배출량 및 연비 차이는 약 9%, -9% 차이로 나타난다. 실차시험에 비하여 실도로 주행시 CO₂ 및 연비의 차이가 적은 이유는

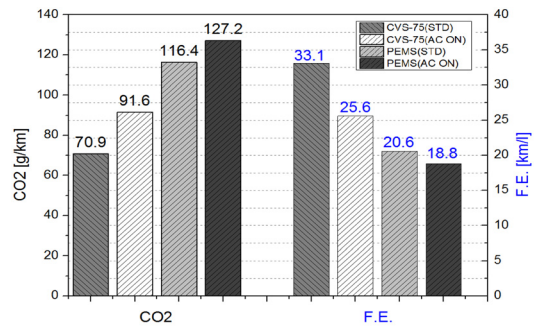


Fig. 7 CO₂ and F.E. result of CVS-75 and PEMS test

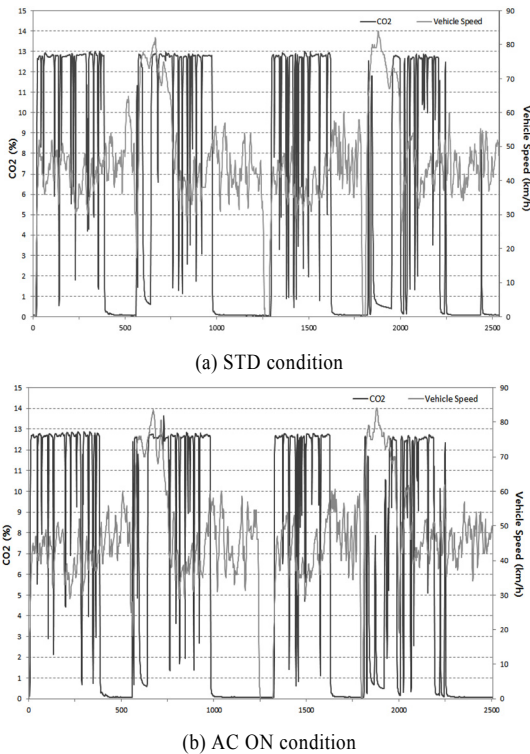


Fig. 8 Real time CO₂ and Vehicle Speed of PEMS test

내리막 구간동안 RESS (Rechargeable Energy Storage System)로 인하여 CO₂가 배출되지 않으며, 반복되는 오르막-내리막 주행으로 인하여 기본조건과 에어컨 작동 조건의 CO₂ 및 연비 차이가 적은 것으로 판단된다. Fig. 8은 실도로주행 시험시 실시간 온실가스 및 차량의 속도를 나타낸 그래프이다.

4. 결론

본 연구는 실차 시험 및 실도로 주행 시험을 통하여 PHEV의 연비-배출가스 시험을 진행하였다. 이를 토

대로 Prius-pi의 유해가스, 온실가스 및 연비의 특성에 대한 분석을 시행하였고 결과는 다음과 같다.

(1) 친환경 차량인 PHEV 경우 실차시험 및 실도로 주행시험 모두 유해가스 배출량은 미미하게 나타나는 것을 확인하였다. 주행경로 특성상 실도로 주행시 CO 배출량이 소량 배출되었지만 이는 배출가스 규제치에 만족하는 수준으로 확인된다.

(2) 실차 시험의 조건별 온실가스 및 연비 차이 대비 실도로 주행시험의 조건별 온실가스 및 연비 차이가 적게 나타나는데, 이는 Up-down hill의 주행경로 특성상 내리막길에서 충분한 회생제동으로 인해 기본조건과 에어컨 작동조건 주행시 온실가스 및 연비의 차이가 적게 나타난다고 판단된다.

(3) 또한, 실차시험은 EU 집행위에서 목표한 자동차 엔진의 CO₂ 배출량 기준인 120 g/km를 모두 만족하지만, 실도로 주행의 경우 AC ON 조건 주행시 CO₂ 배출량은 약 7 g/km 초과하여 목표량 조건에 미치지 못하는 것으로 확인되었다.

References

- 1) "A Study on the improvement of emission estimate methods for the air pollutants", 2010
- 2) Berlin Environmental Atlas, 3.12 Long-Term Development of Air-Quality(Edition 2012)
- 3) EEA(Europen Environment Agency), "Exceedance of air quality limit values in urban areas (CSI 004) - Assessment published Oct 2013", (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exceedance-of-air-quality-limit-1/exceedance-of-air-quality-limit-5>, 2013)
- 4) ICCT Report "REAL-WORLD EXHAUST EMISSIONS FROM MODERN DIESEL CARS", 2014
- 5) National Institute of Environmental Research, "A study on the Evaluation System Introduction of Real Driving Emission For Light-duty Vehicles", 2014