

국내에서 운영중인 시내버스의 시험모드에 따른 배출특성 비교 연구

A Study on the Comparison of Emission Characteristics of In-Use Urban Bus by Test Modes

전 상 우* · 엄 명 도 · 홍 지 형

국립환경과학원 교통환경연구소

(2010년 5월 13일 접수, 2010년 6월 9일 수정, 2010년 7월 29일 채택)

Sang-Woo Jeon*, Myoung-Do Eom and Ji-Hyung Hong
National Institute of Environmental Research, Gyeongseo-dong, Seo-gu,
Incheon 404-708, Korea

(Received 13 May 2010, revised 9 June 2010, accepted 29 July 2010)

Abstract

Recently, emission tests for heavy-duty vehicles have been conducted by heavy-duty engine dynamometer. But, it contains weaknesses that present inconveniences to install and uninstall engines and limitations to reflect on practical characteristics for vehicle driving. On the other hand, chassis dynamometer test is able to differentiate characteristics of real driving patterns due to the reason that vehicles can be examined by utilizing chassis dynamometer. This study aimed at comparing the characteristic of emitting regulatory substances of urban buses on Heavy-duty chassis dynamometer. The characteristic was analyzed based on vehicle speed by using both domestic and overseas developed heavy-duty vehicle test modes. As a result, this work attempted to investigate possibilities to take advantage of Heavy-duty vehicle test modes as a method to manage emissions from heavy-duty vehicles.

Key words : Heavy-duty chassis dynamometer, National Institute of Environmental Research (NIER) Mode, UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule) cycle, NYBUS (New York Bus) cycle, Braunschweig city driving cycle, Japanese new transient mode (JE05)

1. 서 론

경유 엔진은 자동차에 있어 가장 에너지 효율적인 동력장치이지만, 입자상물질 (PM)과 질소산화물 (NO_x)

의 배출량은 심각한 실정이다 (Michael *et al.*, 2008). 특히, 대형차량인 경유버스와 트럭은 국내 전체 자동차 등록대수의 3% 정도에 불과하나 PM과 NO_x의 배출량은 국내 이동오염원 전체의 60% 이상을 차지하고 있어 이들 차량에 대한 중점적인 관리가 필요하다. 또한 2006년 이후로 경유 시내버스가 CNG 시내버스로 대체되기 시작하여 2009년 말 현재 CNG 시

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)32-560-7608, E-mail : asterix@korea.kr

내버스의 보급률은 약 80%에 달하고 있으나, 아직까지도 시내버스를 제외한 대다수의 대형자동차는 경유를 사용하고 있으며, 특히 경유버스는 대도시를 중심으로 주로 운행되고 있기 때문에 이들 차량에서 배출되는 대기오염물질 배출특성이나 배출량 산출은 대기환경 개선정책의 중요한 관리 자료로서 활용된다(권상일 등, 2006).

현재 대형차량에 대한 배출가스 규제시험은 엔진 동력계상에 차량의 엔진을 탈착하여 동력계에 설치한 뒤 차량과 동일한 조건을 구현하여 시험하고 있다. 그러나 이 과정에서 차량의 엔진을 탈거하고 재설치해야 하는 많은 시간적·비용적인 불편함이 있다. 따라서 미국, 유럽, 일본 등 주요 선진국에서는 엔진 탈거없이 실차 주행상태에서 배출가스를 측정할 수 있는 대형차대동력계를 이용하는 시험방법에 대해 활발한 연구가 진행되고 있다(Ryu *et al.*, 2007). 이러한 대형차대동력계를 이용한 시험의 가장 큰 목적은 가능한 한 차량의 실주행특성을 구현하여 정확한 배출가스를 측정하기 위함이다(Rapone *et al.*, 2007).

본 연구에서는 대형차대동력계상에 설치된 시내버스를 통해 다양한 국내·외의 시험모드를 이용하여 차속과 주행패턴에 따른 규제물질 배출특성을 분석하였다. 또한, 국내와 일본 시험모드의 배출특성을 비교하여 향후 대형자동차 배출가스 관리방안에 있어서 대형차대동력계와 국내 시험모드의 재현성 및 적용성 등 평가방법의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. 시험장치

2.1 시험차량

시험에 사용된 차량은 현재 운행 중인 경유시내버스이며, 시험차량의 주요 제원을 표 1에 나타내었다.

2.2 배출가스 측정장치

배출가스 시험장치는 차대동력계, 보조운전장치, 정용량 시료채취장치, 희석터널, 입상상물질채취장치 및 배출가스 분석기 등으로 구성되어 있다. 그림 1에 나타낸 것처럼 배출가스 측정은 시험자동차가 차대동력계의 롤러 위에서 주행할 때 배기관으로부터 배출되는 가스를 정용량시료채취장치(CVS)에서 일정량의 공기로 희석한 후, 시료채취백(Tedlar Bag, 120L)

Table 1. Specifications of tested vehicle.

Item	Specification
Vehicle type	Urban bus
Engine type	OM926LA
Engine displacement	7,201 cc
Max. power	326 ps/2,200 rpm
Max. torque	135 kg.m/1,200 ~ 1,600 rpm
Fuel	Diesel

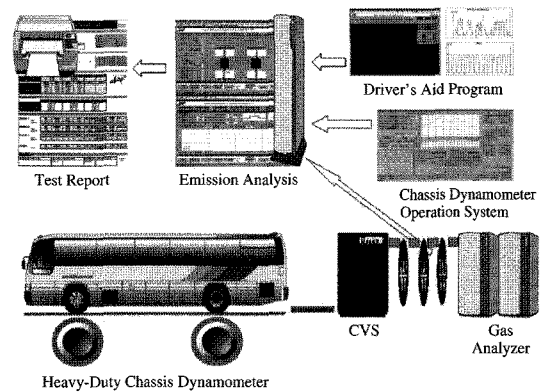


Fig. 1. Schematic diagram for exhaust emission test system.

Table 2. Specifications of heavy-duty chassis dynamometer.

Item	Specification
Vehicle mass simulation	3,500 kg ~ 50,000 kg
Maximum axle load	10,000 kg
Max. traction force front axle	315 kW/17,500 N
Max. traction rear front axle	640 kW/34,000 N
Max speed	150 km/h
Roll diameter	72" (1,828.8 mm)
Roll width	1,000 mm

에 채취하여 배출가스 분석기로 분석한다.

대형차대동력계는 차량이 실제 도로상에서 주행할 때의 주행저항과 관성 등을 모의하여, 실제 도로가 아닌 차대동력계의 롤러 위에서 시험차량이 도로상을 주행할 때와 유사한 조건으로 운전되도록 구현하는 장치로, 관성중량(Inertia weight), 동력흡수계(Power absorption unit), 제어기(Controller)로 구성되어 있으며, 표 2에 대형차대동력계(MAHA社, AIP-2CMD 72 H 4 × 4)의 제원을 나타냈다.

Table 3. Specifications of exhaust gas analyzer.

Item	Specification			
Component	CO	CO ₂	THC	NO _x
Measuring principle	NDIR	NDIR	HFID	CLD
Measuring concentration range	100, 500, 1,000, 25,000 ppm	1, 3%	50, 100, 250, 1,000 ppmC	50, 100, 250, 1,000, 2,500 ppm
Repeatability	With ±1% of fuel scale per 8 hours (at ambient temperature difference of 5°C)			
Zero drift	With ±1% of fuel scale per 8 hours (at ambient temperature difference of 5°C)			
Span drift	With ±1% of fuel scale per 8 hours (at ambient temperature difference of 5°C)			

Table 4. Specifications of PM dilution and sampling system.

Item	Specification
Power supply	3 × 380 V/50 Hz
Total power consumption	0 ~ 8 kW
Sampling type	partial flow-Total sampling
Filter	teflon-coated glassfiber
Dilution tunnel diameter	27 mm
Exhaust sampling probe diameter	4 mm

배출가스분석장치(AVL社, AMA-4000)는 디젤기관의 배출가스 중 CO, THC, NO_x, CO₂를 분석할 수 있는 장비로서, 표 3에 나타난 것처럼 CO 및 CO₂는 비분산적외선분석법(NDIR, Non Dispersive Infraed Rsrption), THC는 열식불꽃이온화검출기법(HFID, Heated Flame Ionization Detector), NO_x는 화학발광법(CLD, Chemilumin escence Detector)을 사용한다. 분석장비는 2010년 형식승인(제EAA-2010 G3호, 2010년)을 받아 그 정확도 및 신뢰성이 확보된 장비이다. 배출가스 분석은 매 시험마다 분석기의 영점을 맞춘 다음 스펠가스를 보내어 분석기의 게인(gain)을 맞추어 교정하는 과정을 각각 시험전·후 및 시료채취백 분석전 반복하여 측정값의 재현성을 확인하였고, 이 과정에서 그 차가 전 측정범위의 2% 미만으로 나타나 대기환경보전법 시행규칙 별표 1의 배출가스 측정방법 기준에 적합한 것으로 확인되었다. 시험에 사용된 스펠가스는 한국산업기술시험원의 검정 결과를 통과한 가스를 사용하였다. 또한 현행 대기환경보전법에 명시하고 있는 경유사용자동차의 배출가스 규제기준 중 THC에 대한 규제는 NMHC에 대해

서 규제하고 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 THC는 NHMC(이하 HC)에 대한 측정 결과이다.

시험차량의 입자상물질을 측정하기 위한 시료채취 장치는 마이크로터널방식의 입자상물질 측정장치(AVL社, FFP-4000)를 사용하였다. 이 장치를 이용하여 디젤 차량에서 배출되는 배기가스 중 일부를 포집하여 테프론 코팅된 유리섬유여지에 채취한 뒤, 이를 온도와 습도가 제어된 챔버에서 8시간 안정시켜 시료채취 전후의 무게를 측정하였다. 포집된 입자상물질은 정확한 측정을 위해 대기환경보전법 제33조 및 제42조에서 위임된 배출허용기준의 검사방법 및 절차 등에 의거 측정하였다. 표 4에 입자상물질 채취 장치의 제원을 나타냈다.

3. 시험방법

3.1 국내 시험모드

시험 모드는 대형차대동력계용으로 만들어진 시내버스 배출량산출을 위하여 서울시 및 대전시의 시내버스 주행 패턴을 조사하여 각 구간별 평균 주행특성을 반영하여 시간-차속의 형태로 구성되어 개발된 NIER Mode(National Institute of Environmental Research)를 이용하였다(엄명도 등, 2001). 미국이나 유럽과 달리 국내에서 개발된 대형차대동력계용 시험모드는 NIER 모드가 유일하기 때문에, 본 연구의 시험결과를 토대로 향후 국내 대형자동차에 대한 좀 더 정밀한 선진 시험모드의 개발이 추가적으로 이루어져야 할 필요가 있다. 표 5에 나타난 것처럼 NIER 각 모드의 특성은 평균차속으로 구분되며, 평균속도는 4.6

km/h ~ 47.3 km/h이다. 모든 시험모드의 총시간은 약 900초 내외로 구성되어 있으며, 따라서 평균차속이 증가할수록 모드의 총 주행거리도 길어진다.

본 연구에서는 평균차속에 따른 규제물질 배출량의 경향을 파악하기 위하여 12가지 모드 중 차속별로 NIER 01, 03, 04, 06, 09, 12의 6가지 모드를 선정하여 시험하였다. 그림 2에 시험을 실시한 모드 중 NIER 01, 06, 12모드의 주행스케줄을 나타내었다.

Table 5. Descriptions of NIER mode.

Mode	Average velocity (km/h)	Total driving duration (sec)	Total driving distance (km)
NIER 01	4.6	891	1.13
NIER 02	7.7	910	1.94
NIER 03	10.6	900	2.64
NIER 04	14.1	880	3.44
NIER 05	16.3	899	4.07
NIER 06	19.9	919	5.08
NIER 07	24.2	892	5.99
NIER 08	27.8	887	6.85
NIER 09	32.3	925	8.31
NIER 10	37.8	890	9.33
NIER 11	42.7	865	10.26
NIER 12	47.3	898	11.80

3.2 국외 시험모드

국의 시험모드는 각 국가별로 미국, 유럽, 일본에서 개발된 4가지의 대형차량용 시험모드를 선정하여 실시하였다.

미국 EPA의 UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule) Cycle은 미국 엔진동력계상의 인증모드인 FTP Transient 모드 개발의 기초가 된 주행모드로서 뉴욕 및 LA 지역의 시내주행패턴과 LA 지역의 고속도로 주행패턴을 모사한 모드이다.

NYBUS (New York Bus) Cycle은 뉴욕도심의 시내버스 실제주행패턴을 대표하는 주행모드로 빈번한 정차, 빠른 가속 및 저속조건으로 구성되어 있는 모드이다.

유럽의 Braunschweig City Driving Cycle은 빈번한

Table 6. Descriptions of overseas cycle.

Test cycle	Average velocity (km/h)	Total driving duration (sec)	Total driving distance (km)
EPA UDDS	30.4	1060	8.95
NYBUS	5.9	600	0.99
Braunschweig	22.9	1740	11.07
JE05	26.9	1829	13.67

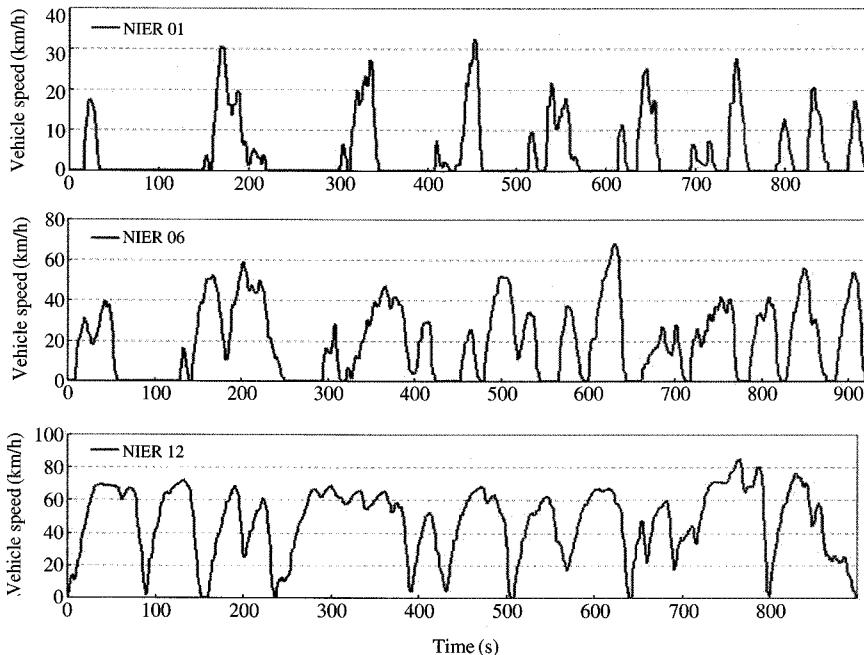


Fig. 2. Driving schedule of NIER 01, 06 and 12 mode.

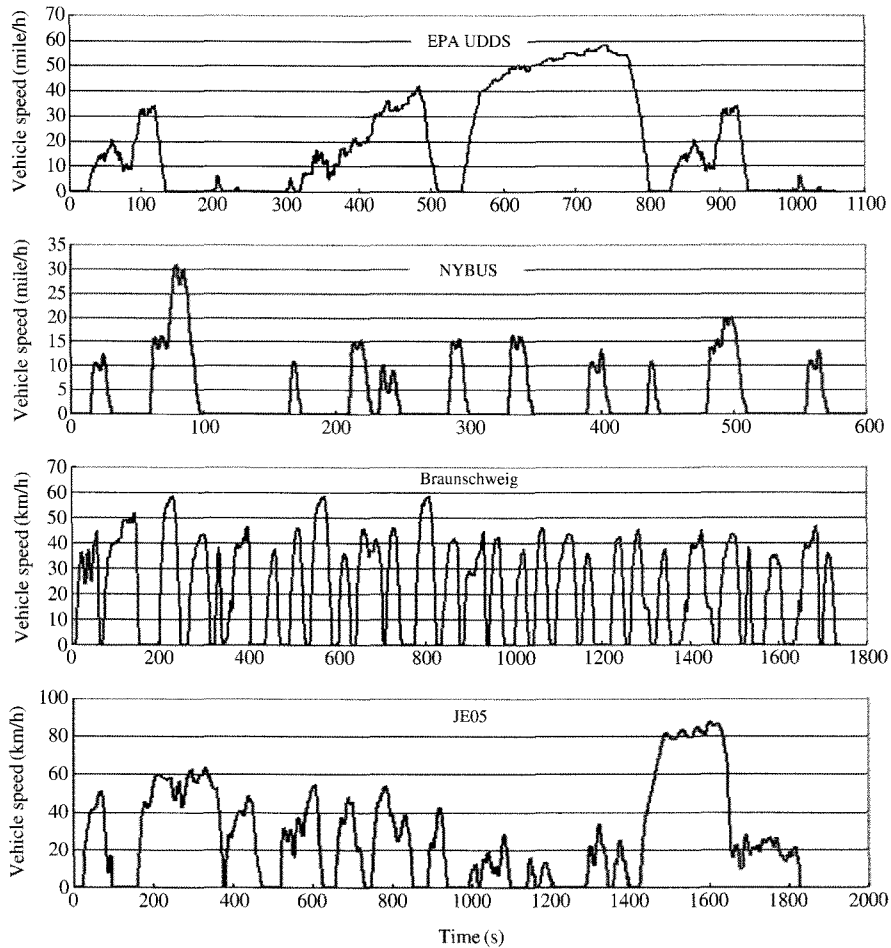


Fig. 3. Driving schedule of overseas cycle.

정차를 하는 시내버스 주행패턴을 모사한 주행모드이다.

일본의 Japanese New Transient Mode (JE05)는 고속·고부하의 엔진시험모드인 13모드를 반영하여 만들어졌다(Dieselnat, 2010).

표 6에 나타난 각 모드의 특성에서 평균차속은 EPA UDSS 모드가 30.4 km/h로 가장 높고, NYBUS 모드가 5.9 km/h로 가장 낮으며, 총 시험시간도 600초로 가장 짧았다. 또한 평균차속이 26.9 km/h로 두 번째로 높은 JE05 모드가 총 시험시간(1,829초)과 거리(13.67 km)가 가장 길다. 그림 3에 각 모드별 주행스케줄을 나타내었다.

4. 시험결과

4.1 국내 시험모드 결과

그림 4의 각 규제물질별 배출량 결과는 모드별로 3회 실시하여 평균값을 나타내었다. 평균차속이 가장 낮은 NIER 01모드(평균차속 4.6 km/h)에서 규제물질의 배출량이 가장 높았으며, 평균차속이 증가함에 따라 그 배출량이 점차 감소하여 평균차속이 가장 높은 모드에서는 규제물질의 배출량이 가장 적게 나타났다. 이는 공회전 및 감속이 많은 저속모드에서 낮은 온도로 인한 불완전연소에 기인하기 때문으로 사료된다(Jung et al., 2006). NIER 01모드의 CO 배출량은 03모드(평균차속 10.6 km/h)와 약 50% 정도의 차

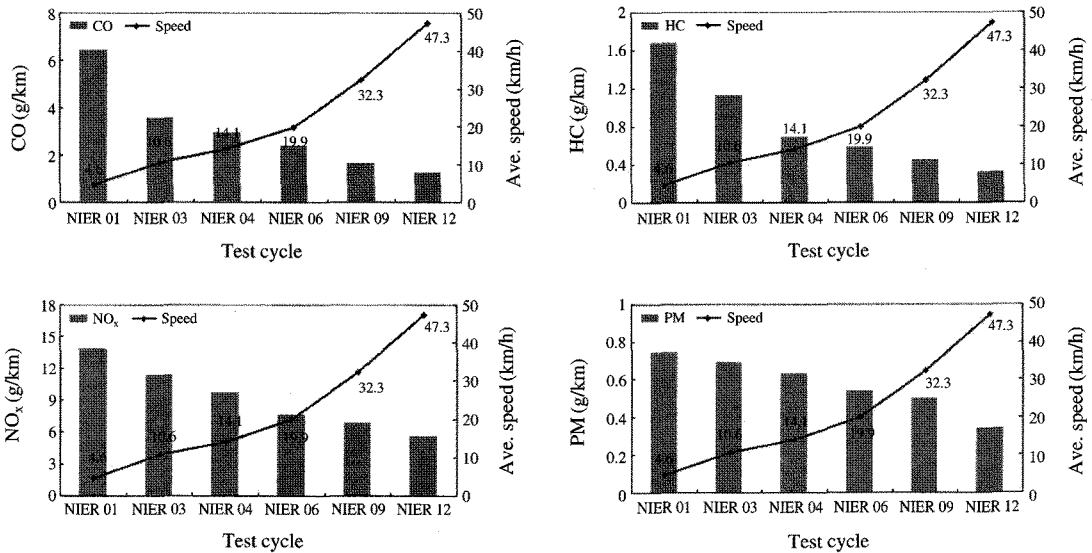


Fig. 4. Emissions according to average vehicle speed of NIER mode.

Table 7. Emission results of NIER mode.

Test cycle	Ave. speed (km/h)	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)
NIER 01	4.6	6.417	1.682	13.827	0.743
NIER 03	10.6	3.576	1.133	11.348	0.692
NIER 04	14.1	2.940	0.690	9.688	0.631
NIER 06	19.9	2.394	0.581	7.636	0.537
NIER 09	32.3	1.644	0.451	6.774	0.496
NIER 12	47.3	1.237	0.321	5.562	0.341

이를 보였으며, 12모드(평균차속 47.3 km/h)와는 5배 이상의 큰 차이를 보였다. 이처럼 평균차속이 가장 낮은 NIER 01모드에서 CO의 배출량이 많은 이유는 빈번한 감·가속으로 인함이며, 모드의 특성상 공회전 시간의 비율이 높았기 때문에 HC의 배출량도 가장 많았다.

NO_x의 배출량은 CO, HC와 마찬가지로 평균차속에 따라서 감소하지만, NIER 01모드와 03모드의 차이는 그리 크지 않았다. 이는 모드내의 공회전과 감속의 비율이 차츰 줄어들고 등속을 유지하는 구간의 비율이 늘어나 NO_x의 배출량도 그에 따라 감소하는 것으로 사료된다.

시험모드의 주행 스케줄 특성은 배출가스의 생성에 큰 영향을 미치며, 특히 차량의 부하 및 급격한 주행패턴의 변화에 기인하여 생성되는 PM의 경우는

그 영향이 더욱 크다(Ralph *et al.* 2000). PM 배출량 역시 급가·감속 구간이 빈번한 NIER 01모드에서 가장 많이 발생하였으나, 다른 규제물질과는 달리 평균차속 증가에 따른 감소폭이 크지 않았다.

4.2 국외 시험모드 결과

표 8에 NIER 06모드를 비롯한 국외의 모드의 배출량 결과를 나타내었고, 그림 5는 시험결과를 그래프로 나타내었다. 각 시험결과는 모드별로 3회 실시하여 평균 배출량으로 나타낸 값이다. 국내 NIER 06모드는 평균차속이 19.9 km/h로서 실제 국내 대형차의 평균차속(19.7 km/h) (서울특별시 서울통계, 2008)과 유사하기 때문에, 국내를 대표하는 모드로서 국외에서 개발된 모드와 함께 비교해 보았다. 평균차속이 5.9 km/h로 가장 느린 미국 NYBUS Cycle의 CO 배출량은 25.6 g/km로 UDSS Cycle의 8.4배, Braunschweig cycle의 3.4배, JE05 Cycle의 10.2배, 국내 NIER 06모드와는 10.7배의 현저한 차이를 보이며 가장 많은 배출량을 나타냈다. 압축착화 엔진에 있어서 과도한 부하의 증가는 CO의 급격한 증가를 초래하므로, CO의 배출량이 많은 것은 급가속구간이 빈번한 모드 자체의 특성 때문인 것으로 판단된다(Nigel *et al.*, 1995). CO 외에 HC, NO_x, PM 배출량도 각각 1.9 g/km, 23.7 g/km, 1.7 g/km로서 시험된 모드 중 가장 많은 배

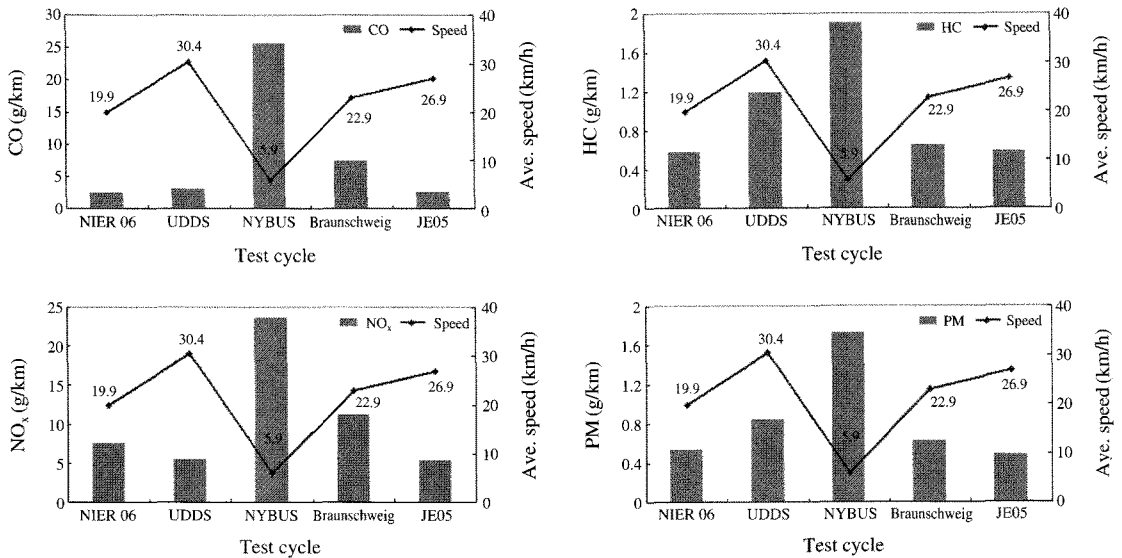


Fig. 5. Emissions according to average vehicle speed of overseas cycle.

Table 8. Emission results of NIER 06 mode and overseas cycle.

Test cycle	Ave. speed (km/h)	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)
NIER 06	19.9	2.394	0.581	7.636	0.537
EPA UDDS	30.4	3.058	1.193	5.441	0.843
NYBUS	5.9	25.619	1.898	23.601	1.726
Braunschweig	22.9	7.428	0.650	11.256	0.629
JE05	26.9	2.502	0.581	5.401	0.488

출량을 보였으며, 비교적 고속구간이 많고 공회전 구간이 적은 일본 JE05 Cycle의 경우 모든 오염물질의 배출량이 NYBUS Cycle의 1/3~1/4 정도 수준으로 가장 낮게 나타났다. 평균차속이 30.4 km/h로 가장 높은 EPA UDDS Cycle의 경우 CO, NO_x 배출량은 낮고, HC 및 PM의 배출량은 비교적 높은 경향을 보였다.

유럽 Braunschweig Cycle은 NYBUS Cycle과 마찬가지로 지속적인 가·감속구간으로 이루어졌으나, NYBUS Cycle에 비해 평균차속이 높고 공회전 구간 비율은 낮게 구성된 모드로서, 그 배출량은 EPA UDDA Cycle과 반대로 CO, NO_x의 배출량이 많고, 공회전 및 급가속 구간이 적기 때문에 HC 및 PM 배출량은 비교적 낮았다.

평균차속에 의한 배출량 추이를 비교한 결과, EPA UDDS Cycle을 제외한 나머지 시험모드들은 JE05 Cycle (26.9 km/h), Braunschweig (22.9 km/h), NYBUS (5.9 km/h) 순으로 평균차속이 낮아짐에 따라 모든 규제물질의 배출량은 역순으로 증가하였다. 이는 국내 NIER 모드의 시험결과와 동일한 경향이 나타난 것으로 판단할 수 있었다. 그러나 평균차속이 가장 높은 EPA UDDS Cycle (30.4 km/h)의 배출량이 가장 낮지 않은 것은 다른 시험모드와 달리 시내도로 주행(저속)과 고속도로 주행(고속)이 합쳐져 모사된 모드의 특성 때문인 것으로 사료된다.

4.3 국내 NIER 06모드와 일본 JE05 Cycle의 비교

4.2에서 언급했듯이 NIER 06모드는 국내 대형차의 평균차속과 유사한 모드이기 때문에 일본대형차량의 주행패턴을 모사한 JE05 Cycle과 비교해 보았다.

그림 6의 결과에서 국내 NIER 06모드와 JE05 Cycle의 CO, HC, PM 배출량이 거의 유사한 배출량을 보였으나, NO_x의 경우 NIER 06모드가 7.6 g/km, JE05 Cycle은 5.4 g/km로 국내모드의 배출량이 약 30% 높게 나타났다. 이는 JE05 Cycle에 비해 잦은 정차 빈도를 보이는 NIER 06모드의 자체 특성 때문인 것으로 사료된다.

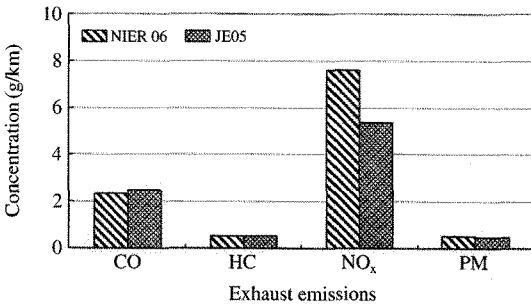


Fig. 6. Comparison between NIER 06 mode and JE05 cycle.

NIER 06모드와 JE05 Cycle의 각 모드별 운전조건 비율을 살펴보면, 공회전은 26.1%/25.2%, 가속비율은 37.6%/38.5%, 감속구간은 34.7%/35.9%로 두 모드가 유사한 비율로 구성된 것을 알 수 있었다. 정속비율의 경우 1.5%와 0.3%로 NIER 06모드가 약간 높게 나타났으나, 그 차지하는 비율은 미미한 편이었다. 또한 NIER 06모드의 경우, JE05 Cycle에 비해 짧은 시간동안 가·감속을 반복하는 구간이 많았기 때문에, NO_x와 PM의 배출량이 비교적 높은 것으로 판단된다.

현재 일본에서는 대형차대동력계용 JE05 Cycle을 이용하여 대형엔진동력계용으로 사용할 수 있도록 모드를 변환하여 배출가스 규제시험을 실시하고 있기 때문에, 국내 대형자동차를 대상으로 다양한 조건에서의 배출가스 특성 연구를 실시함에 있어서 NIER 모드의 적극적인 활용이 가능하다고 사료된다. 또한 국내에서도 대형엔진동력계용으로 개발된 NIER 모드가 개발되었기 때문에 두 장비간의 상관성 연구 시험을 실시하여 법적시험모드로서의 평가를 지속할 필요가 있다.

4. 4 이산화탄소와 연료소비율

그림 7은 국내 NIER 모드의 시험결과 중 규제물질 외에 지구온난화의 주범인 온실가스의 주요 요인인 이산화탄소를 측정하여 연비와의 상관성을 비교한 결과이다.

차량의 평균차속이 4.6 km/h에서 47.3 km/h로 증가하는 동안, 이산화탄소는 1,346 g/km에서 662 g/km로 약 50% 감소하였고, 연비는 1.86 km/L에서 3.8 km/L로 약 2배 향상된 결과를 보였다.

일반적으로 이산화탄소의 배출량과 연비는 Trade-

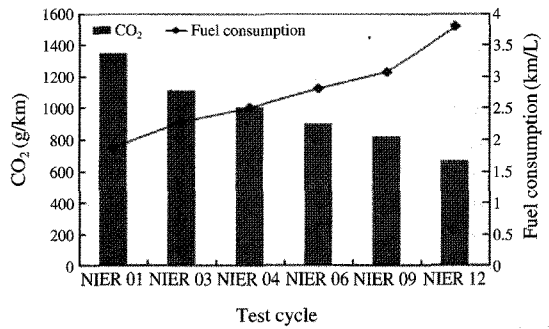


Fig. 7. Results of CO₂ and fuel consumption.

off 관계로서 연비가 우수할수록 이산화탄소량은 감소하는 경향을 보인다(손용기 등, 2007). 즉 차량에서 발생하는 이산화탄소는 주로 연료의 탄소성분에 기인하므로 공회전 및 감속구간의 비율이 높은 저속 모드일수록 연비가 저하되고 이산화탄소의 배출량은 증가한다는 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 국내에서 개발된 대형차량용 시험 모드의 적용가능성을 평가하기 위하여 대형차대동력계상에 시내버스를 장착하여 국내·외 시험모드로 규제물질을 측정된 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 평균차속에 따른 배출량 추이를 확인하고자 국내 NIER 모드를 시험한 결과 평균차속이 증가함에 따라 CO, HC, NO_x의 배출량은 감소하였다. 반면, PM의 경우도 급가·감속 구간이 빈번한 NIER 01모드의 배출량이 가장 많았으나, 평균차속에 따른 감소율은 크지 않았다.

2) 국외모드에 대해서도 평균차속의 오염물질 배출량에 대한 영향을 시험한 결과 JE05 Cycle (26.9 km/h), Braunschweig (22.9 km/h), NYBUS (5.9 km/h) 순으로 평균차속이 낮아짐에 따라 모든 규제물질의 배출량은 증가하였으며, 이는 국내 NIER 모드의 시험결과와 동일하였다. 그러나 평균차속이 가장 높은 EPA UDDS Cycle (30.4 km/h)의 배출량이 다른 모드의 경향과 다르게 나타나 것은 다른 시험모드와 달리 시내도로(저속)와 고속도로(고속)의 두 구간이 합쳐져 모사된

모드의 특성 때문인 것으로 사료되며, 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 평균차속을 기준으로 국·내외 시험모드를 비교하여 국내 NIER 모드에 대한 평가연구를 보완할 필요가 있다.

3) 국내와 유사한 국가의 시험모드를 비교하고자 국내 대형차량의 평균차속과 유사한 NIER 06모드와 일본의 대형차량의 주행패턴을 모사하여 개발된 JE05 Cycle를 비교한 결과, NO_x를 제외한 규제물질의 배출량 및 두 시험모드의 운전조건 비율이 유사한 것을 확인할 수 있었고 이를 통해 국내와 일본의 대형차량 주행패턴이 유사함을 알 수 있었다. JE05 Cycle은 일본에서 대형엔진동력계용으로 변환되어 규제시험 모드로 사용되기 때문에, 국내에서도 대형자동차를 대상으로 NIER 모드를 이용하여 배출계수 및 배출량 산정방법 산출, 오염물질 저감장치 평가 및 효율적인 결함확인검사 등 다양한 배출가스 관리방안 연구에 활용할 수 있다고 판단된다. 그러나 인증시험으로 적용하기에는 아직 연구자료가 부족하므로, 대형자동차 인증시험방법인 대형엔진동력계 시험과의 상관성 비교 등 추가적인 연구를 통해 법적시험방법으로서의 적용성 여부에 대한 평가를 지속적으로 실시할 필요가 있다.

4) 온실가스인 이산화탄소의 배출량은 시험모드의 평균차속이 증가함에 따라 2배 이상 증가하였고, 그에 따라 차량의 연료소비율은 50% 감소하였다. 일반적으로 이산화탄소의 배출량과 연비는 Trade-off 관계이므로, 차량의 연비가 우수할수록 이산화탄소의 배출량이 낮아지는 경향을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

권상일, 박용희, 김종춘 (2006) 대형차대동력계를 이용한 대형 버스 배출특성 비교, 한국대기환경학회 2006 추계

학술대회 논문집, 127-128.
 서울특별시 서울통계 (2008) 통계자료(교통), <http://stat.seoul.go.kr>.
 손용기, 유정호, 유영숙, 김종춘, 이성욱, 조인익 (2007) 국내 승용차의 CO₂ 배출영향인자 연구, 한국자동차공학회 2007년도 춘계학술대회 논문집, 3-8.
 엄명도, 이영재, 고창조, 표영덕, 김강출, 권오석, 김병권, 장영기 (2001) 자동차 오염물질 배출량 산정연구, 한국에너지기술연구원 연구보고서, 124-151.
 Clark, N.N., J.T. Messer, D.L. Mckain, W. Wang, R.M. Bata, M. Gautam, and D.W. Lyons (1995) Use of the West Virginia University Truck Test Cycle to Evaluate Emissions from Class 8 Trucks, SAE, 951016.
 Della Ragione, L., M. Rapone, and G. Meccariello (2007) Characterization of real world bus driving behavior for emission evaluation, SAE, 2007-24-0112.
 DieselNet: Diesel Emissions Online (2010) Emission Test Cycles, <http://www.dieselnet.com/standards/cycles>.
 Jung, S.-W., J.-H. Ryu, Y.-S. Lyu, and C.-S. Lim (2006) A study on the exhaust characteristics of pollutants from recreational vehicle (RV) in Korea, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 22(1), 127-134.
 Kass, M.D., N. Domingo, J.M.E. Storey, and S.A. Lewis (2008) Influence of high fuel rail pressure and urea selective catalytic reduction on PM formation in an off-highway heavy-duty diesel engine, SAE, 2008-01-2497.
 Nine, R.D. and N.N. Clark (2000) Effect on Emissions of Multiple Driving Test Schedule Performed on Two Heavy-Duty Vehicles, SAE, 2000-01-2818.
 Ryu, J.-H., S.-I. Kwon, Y.-S. Lyu, Y.-E. Kim, S.-J. Ahn, S.-W. Jeon, D.-M. Lee, D.-W. Kim, and H.-G. Kim (2007) The Study on the Emission Characteristics and the Test Method Establishment of Nano-Particles in a Heavy-Duty Vehicle, National Institute of Environmental Research, 11-1480523-000287-01.