

CVS-75모드에서 사용연료에 따른 자동차의 이산화탄소 배출특성

김 용 태¹⁾ · 이 호 길¹⁾ · 강 정 호¹⁾ · 정 재 우¹⁾ · 정 연 종^{*2)}

자동차부품연구원¹⁾ · 대구미래대학²⁾

Effect of Fuels on CO₂ Emission in CVS-75 Mode

Yongtae Kim¹⁾ · Hokil Lee¹⁾ · Jungho Kang¹⁾ · Jaewoo Chung¹⁾ · Yonjong Chung^{*2)}

¹⁾Korea Automotive Technology Institute, 74 Yongjeong-ri, Pungse-myeon, Cheonan-si, Chungnam 330-912 Korea

²⁾Department of Automotive Engineering, Daegu Mirae College, Daegu 712-716, Korea

(Received 20 October 2008 / Accepted 15 January 2009)

Abstract : The regulation for CO₂ emissions from vehicles have become much more stringent in recent years. These more stringent regulations request vehicle manufacturers to develop alternative fuels to reduce exhaust emissions. In this paper, CO₂ emission of gasoline, diesel and LPG vehicles in the CVS-75mode is analyzed. The experimental results indicated that the cold starting acceleration period of CO₂ emission was much longer compared to the hot start acceleration period. For example, gasoline vehicle and LPG fuel vehicle had 21% higher CO₂ emission and diesel vehicle had 34% higher CO₂ emission.

Key words : CO₂(이산화탄소), CVS-75mode(자동차 배출가스 인증 및 연비시험모드), Greenhouse gas(그린하우스 가스), Gasoline(휘발유), LPG(액화석유가스), Diesel(경유)

1. 서 론

화석연료의 점증적인 사용량 증가로 인한 지구온난화 가스에 대한 관심이 고조되고 있으며, 자동차에서 배출되는 CO₂가스가 지구 온실효과에 영향을 미치는 여러 가스 중 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.^{1,2)} 따라서, 1997년 교토의정서 채택이후 유럽을 비롯한 여러 선진국에서는 자동차의 CO₂ 배출을 저감하기 위하여 자동차 제조사는 물론 범국가적으로 막대한 연구비용과 시간을 투자하고 있는 실정이다. 현재 운행 중인 자동차에서 CO₂ 발생을 저감하기 위한 방안으로 탄소계 연료를 사용하지 않는 대체연료자동차와 전기자동차 및 하이브리드 전기 자동차를 비롯한 고효율 고연비자동차 개발 등 여러 가지 방안이 제시되고 있으나, 이들의 실용

화하는데 현실적으로 막대한 개발비와 인프라 구축 등 해결해야할 많은 문제점을 가지고 있는 실정이다. 그리고 현재 운행 중인 휘발유, 경유, LPG 등 탄소계 연료를 사용하는 자동차의 CO₂를 저감하는 가장 효과적인 방법은 연료의 사용량을 절감시키는 방법이 제안되고 있으나, 차량의 주행에서 CO₂발생량의 상관관계가 구체적으로 밝혀져 있지 않고, 어떠한 주행모드 조건에서 이산화탄소가 많이 발생하는지와 같은 상세한 자료가 제시되지 못하고 있는 상태이다.³⁾

따라서 본 연구에서는 동일차종에서 휘발유, 경유, LPG자동차의 배출가스 중 각 주행모드에서 CO₂ 배출특성을 파악하기 위하여 주행모드는 현재 국내 및 북미의 배출가스 시험모드인 CVS-75모드의 주행조건에서 나타나는 구간별 이산화탄소의 배출특성을 연구하였다.⁴⁾

*Corresponding author, E-mail: jungyg@mail.ac.kr

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 시험차량 및 주행모드

본 연구를 위하여 시험에 적용된 차량은 Table 1과 같이 사용연료에 따른 이산화탄소의 배출특성의 분석에 대한 시험의 정확성을 높이고자 동일 차종에서 휘발유, 경유, LPG 연료를 사용하는 각각의 차량을 사용하였다. 동일한 차종에서 사용 연료만 휘발유, 경유, LPG를 사용하는 연료시스템이 다를 뿐이므로, 주행모드시험에서 차량의 종류에 따른 시험오차를 최소한으로 줄일 수 있을 것으로 판단하였다. 동일 차종이라도 사용하는 연료에 따라 연료 공급 및 엔진시스템이 바뀌므로 약간의 차량무게 변화는 불가피하며, 특히 경유연료 차량의 경우 디젤엔진의 구조상 휘발유연료 차량보다 165kg이 무겁다.

Table 1 Specification of test vehicles

공차중량 (kg)	배기량 (cm ³)	변속기	사용 연료	연료분사 장치
1,480	1,998	자동 4단	LPG	LPLi
1,465	1,998	자동 4단	휘발유	MPI
1,601	1,991	자동 4단	디젤	CRDi

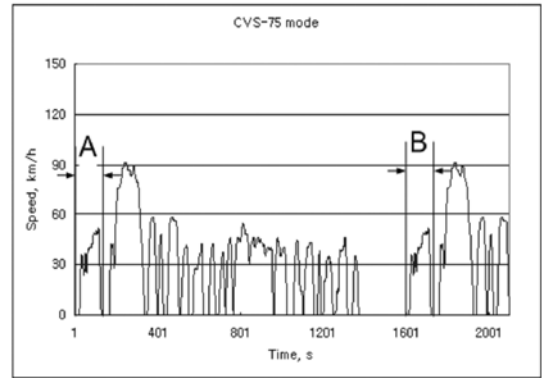


Fig. 1 CVS-75 mode driving pattern

주행모드에 따른 이산화탄소의 배출특성을 해석하기 위한, 주행시험모드는 Fig. 1과 같이 국내 및 북미의 배출가스 시험모드인 CVS-75모드를 사용하였다.^{3,4)}

2.2 주행시험 및 배출가스 측정 장치

본 실험에 사용된 실험장치의 구성은 Fig. 2와 같으며, 휘발유, LPG 차량의 배출가스 시험에 사용된 차대동력계는 Clayton사의 DC80 8.65인치 트윈 롤 다이내모메타를 사용하였으며, 배출가스측정은

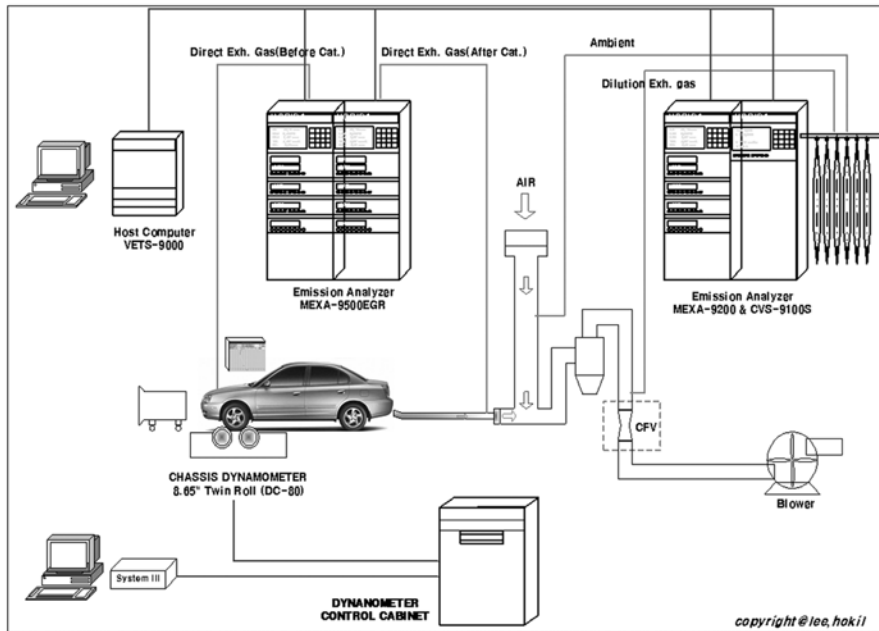


Fig. 2 Schematic of experimental device for vehicle emission test

HORIBA사(MEXA-9500)의 배출가스 분석계를 사용하였고, 디젤 차량의 배출가스 시험은 AVL사의 48인치 싱글 롤 다이아노메타를 사용하였으며, 배출가스 측정은 Pierburg사(AMA-2000)의 배출가스 분석계를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 CVS-75 모드에서 주행모드 및 CO₂ 배출량 분석

Fig. 3은 사용연료에 따른 CO₂의 배출량을 분석하기 위하여, 동일한 차종의 휘발유, 디젤, LPG차량에서 CVS-75모드로 주행 실험하여 실시간으로 CO₂의 배출량을 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는바와 같이 CO₂의 배출량은 차량이 가속될 때는 차량의 속도와 비례하여 증가하는 것으로 나타나지만 감속구간에서 CO₂의 배출량은 차량의 속도와 다른 패턴을 나타내고 있는 것을 나타내고 있다.

Fig. 4에서 CVS-75모드의 냉시동 구간인 phase1과 고온시동구간인 phase3을 비교하여 보면, 실험차량에서 배출되는 CO₂의 배출량은 고온시동구간인 phase3이 phase1보다 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 냉시동구간인 phase1에서 엔진의 낮은 온도에 의한 마찰력 증가 및 냉각손실 증가 등에 의하여 연비가 감소하게 되고, 연비감소에 의한 연료 사용량이 증가하여 CO₂의 배출량이 증가하는 것으로 판단할 수 있다. 또한 phase1에서 phase2로 모드가 바뀔 때 따라 CO₂의 배출량은 대체로 휘발유와 LPG엔진에서 14% 정도의 감소를 가져오는데 디젤

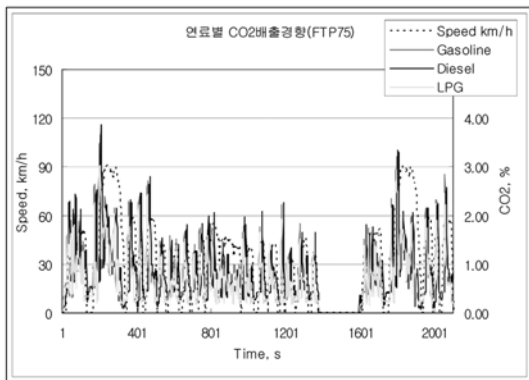


Fig. 3 CO₂ transient emission for CVS-75 test drive mode

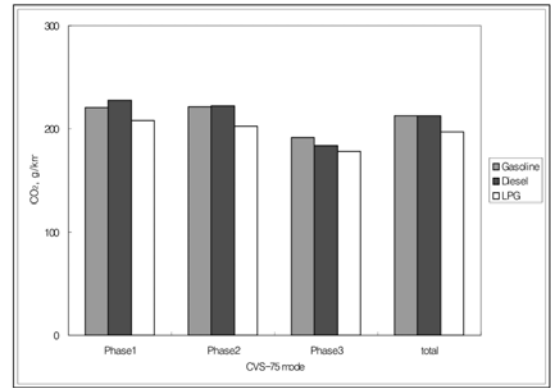


Fig. 4 CO₂ emission at CVS-75 mode

엔진은 19% 감소하는 것을 알 수 있으나 일반적으로 차량의 관리상태에 따라 차이를 나타낼 수 있다. 이것은 디젤엔진이 엔진의 가열정도에 따라 CO₂ 배출량의 변화에 영향을 미치는 여러 가지 인자들 중 하나인 것을 알 수 있으며, 이것은 고압축비 디젤엔진에서 온도에 영향을 많이 받는 마찰력과 디젤연료의 휘발성 및 점도에 미치는 온도 영향이 큰 것으로 판단된다. 휘발유엔진과 LPG 엔진은 시스템이 비슷하며, 액체연료인 휘발유는 휘발성 및 연료의 점도가 가스연료인 LPG연료와 비교하여 크게 불리하지는 않은 것으로 판단된다. 이와 같은 결과로 보아 엔진 냉시동 후 빠른 엔진의 온도상승이 연비의 개선 및 CO₂의 발생량을 줄이는 효과적인 방법으로 판단되며, 특히 디젤엔진에서 시동 후 가능한 빠른 엔진의 온도상승이 더욱 연비상승 및 CO₂ 발생량 저감효과가 클 것으로 판단된다.

3.2 CVS-75모드에서 차량속도 및 가속도에 따른 CO₂배출량 분석

Fig. 5는 Fig. 3과 같이 CVS-75모드에서 측정된 CO₂의 발생량을 차량의 속도변화에 대한 이산화탄소의 발생량의 변화를 나타낸 그림이다.

Fig. 5에서 나타나는 바와 같이 주행속도의 변화에 대하여 이산화탄소의 발생량은 차량의 속도가 증가함에 따라 사용연료의 종류와 관계없이 모두 증가하는 것을 나타내고 있으나, 데이터의 편차가 매우 큰 것을 알 수 있다. 이것은 차량이 CVS-75모드 주행 중에 차량이 가속, 감속을 반복함으로 나타

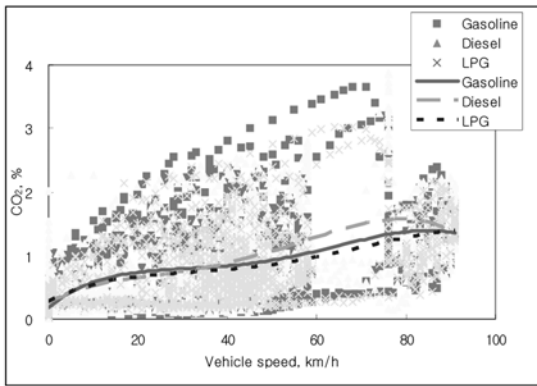


Fig. 5 CO₂ emission for vehicle speed

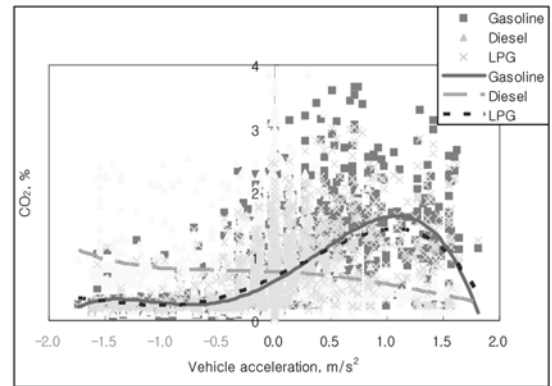


Fig. 6 CO₂ emission for vehicle acceleration

나는 현상이며, 또한 차량의 속도의 변화에 대하여 엔진 및 변속기의 제어전략에 따라 변화하게 될 것이다. 60km/h ~ 80km/h의 구간에서는 저부하와 고부하운전영역이 있으나 중간정도의 부하운전 구간이 적은 것을 알 수 있다. 20km/h ~ 60km/h의 구간에서는 차량의 가속, 감속이 빈번하게 나타나는데 이 구간에서 이산화탄소의 발생량은 매우 불규칙한 경향을 나타내면서 편차가 크게 발생하게 있고, 특히 휘발유를 연료로 사용하는 차량에서 편차가 더욱 크게 나타나고 있으므로 이부분에대한 보다 정밀한 제어가 필요한 것으로 보이며, 특히 휘발유 차량에 대한 이산화탄소의 저감을 위한 제어가 더욱 정밀하게 개선되어야 할 것으로 판단된다. 또한 Fig. 5에서 나타나는 바와 같이 차량이 정지 상태에서 0.4% 가량의 이산화탄소가 발생하는 것으로 나타난다. 이것은 도심주행에서 교통체증이나, 교통신호 대기 상태에서 엔진이 공회전하면서 발생할 수 있는 조건으로서 대기오염이 심한 도시에서는 차량에 아이들 스톱 시스템 장착과 같은 적극적인 이산화탄소 저감 대책이 필요한 것으로 판단된다.

Fig. 6은 차량이 CVS-75모드를 주행 중 나타나는 차량의 가속도에 대하여 이산화탄소의 발생량을 나타내었으며, 차량의 가속도의 크기에 따른 CO₂의 전반적인 배출경향을 알아보기 위하여 산술평균값으로 나타내었다. 이 그림에서 보는바와 같이 오토 사이클을 사용하는 휘발유, LPG연료를 사용하는 차량과 디젤 사이클을 사용하는 경유연료차량과 이산화탄소 발생 경향은 분명한 차이를 보인다. 이것

으로 보아 본 실험에 사용한 차량의 경우 휘발유, LPG연료를 사용하는 차량은 등가속도구간에서 발생하는 이산화탄소보다 차량가속도가 1.0m/s² ~ 1.2m/s²의 영역에서 발생하는 이산화탄소의 발생량이 50%정도 높은 것으로 나타난다. 또한 경유를 연료로 사용하는 차량은 가속도가 증가함에 따라 CO₂의 배출량은 확연히 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것으로 보아 본 실험에 사용된 휘발유, LPG차량에서 이산화탄소를 저감하기 위해서는 가능한 차량가속도 1.0m/s² ~ 1.2m/s²의 범위를 피하는 것이 좋은 것으로 바람직한 것으로 나타나고 있으나, 실제 주행에서는 차량가속도 1.0m/s² ~ 1.2m/s²의 범위의 운전을 피할 수는 없으므로 이 구간에서 나타나는 엔진 및 변속기의 제어로직을 조절하여 가능한 이산화탄소의 배출량이 적게 발생하도록 제어하는 제어전략이 필요하다. 또한 경유를 연료로 사용하는 차량에서는 감속구간에서 이산화탄소의 발생농도가 증가하고 있으므로, 이 구간에서 휘발유 및 LPG를 연료로 사용하는 차량에서의 이산화탄소 발생과 같은 패턴을 나타내도록 제어로직을 조정하는 것이 필요한 것을 알 수 있다.

3.3 CVS-75모드의 구간별 이산화탄소 배출량 분석

Fig. 7은 CVS-75모드에서는 Fig. 1의 A구간에서 냉간시동구간인 Phase1에서 25초간의 공회전 후 126초 동안 주행할 때 배출되는 이산화탄소의 농도를 차량의 가속도와 의 관계로 나타낸 것이다. 즉 냉

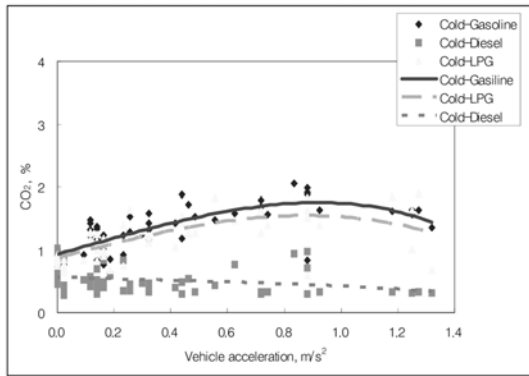


Fig. 7 CO₂ emission for vehicle acceleration at cold start period

간시동 후 가속과정에서 발생하는 이산화탄소의 발생량을 평가하고자 나타낸 그림이다. 이 151초의 냉간 가속구간에서 휘발유 차량은 1.03%의 이산화탄소가 발생하고, LPG 차량은 0.94%가 발생하여 휘발유 차량보다 8.7% 적게 발생한다. 디젤연료를 사용하는 차량에서 발생하는 이산화탄소의 농도는 0.53%가 발생하여 휘발유 연료를 사용하는 차량과 비교하여 48%나 적게 발생하고 있다. 또한 이 그림에서 보는바와 같이 휘발유, LPG연료를 사용하는 오토사이클과 경유를 사용하는 디젤사이클의 이산화탄소의 배출농도는 전혀 다른 패턴을 나타내고 있다. 즉 냉간시동 후 주행에서 휘발유 및 LPG 연료를 사용하는 오토사이클 차량은 엔진이 가열될 동안 차량의 가속도를 낮추어서 주행하거나 차라리 급가속을 하는 것이 이산화탄소의 배출량을 줄이는 것으로 유리한 것을 나타내고 있고, 경유연료를 사용하는 디젤사이클 차량은 차량속도에 대하여 비교적 선형적으로 감소하고 있으므로 가능한 급가속운전을 하는 것이 이산화탄소 발생량을 감소시키는데 유리한 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 CVS-75모드에서는 Fig. 1의 B구간에서 고온시동구간인 Phase3에서 25초간의 공회전과 126초 동안 주행할 때 배출되는 이산화탄소의 농도를 차량의 가속도와와의 관계로 나타낸 것이다. 즉 냉간시동구간인 Phase1의 주행패턴과 동일하다. 단지 다른 것은 시동조건에서 Phase1은 25°C의 항온조건으로 12시간이상 방치(Soaking)후 시동을 걸고 주행시험을 실시하는 것이고, Phase3은 충분히 가열된 차

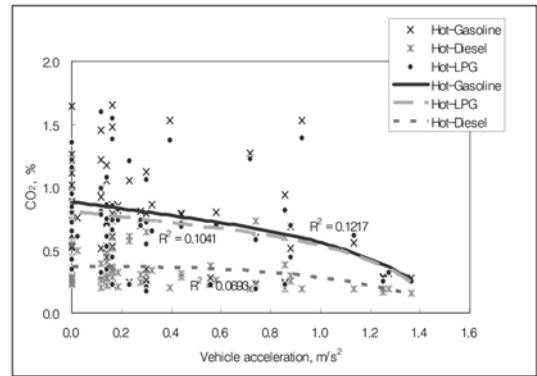


Fig. 8 CO₂ emission for vehicle acceleration at hot start period

량을 25°C에서 10분간 방치(Soa-king)후 시동을 걸고 주행시험을 실시하는 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 온간시동구간에서는 휘발유, LPG, 경유 연료차량에서 발생하는 이산화탄소의 배출경향이 냉간시동구간과는 달리 정성적으로 비슷한 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 이와 같은 냉간시동구간과 동일한 조건에서 그림에서 보는 바와 같이 온간시동구간인 Phase3 온간시동 25초 동안의 공회전과 151초 동안의 가속과정에서 발생하는 이산화탄소의 발생량을 평가하고자 나타낸 그림이다. 이 151초의 온간 가속구간에서 휘발유 차량은 0.81%의 이산화탄소가 발생하고, LPG 차량은 0.74%가 발생하여 가솔린차량과 비교하여 8.6% 적게 발생한다. 디젤연료를 사용하는 차량에서 발생하는 이산화탄소의 농도는 0.35%가 발생하여 가솔린 연료를 사용하는 차량과 비교하여 57%나 적게 발생하고 있다. 또한 동일조건인 냉간시동구간과 비교하여 가솔린 차량은 21%가 적게 발생하고, LPG 차량은 21%가 적게 발생하고, 경유 차량은 34%가 적게 발생하고 있다. 이것은 경유연료차량이 가솔린 및 LPG차량보다 엔진이 가열정도에 CO₂의 배출량이 더욱 큰 영향을 받는 것을 알 수 있으며, 초기 엔진의 온도를 가능한 빨리 상승시키는 것이 이산화탄소의 배출량을 저감시킬 수 있는 효과적인 방법임을 알 수 있으며, 디젤연료 차량에 더욱 큰 효과가 있음을 알 수 있다.

Fig. 9는 CVS-75모드의 주행에서 차량의 가속도가 0.5m/s² ~ 1m/s²의 값을 갖는 데이터를 수집하여 차량의 속도변화에 대한 이산화탄소의 발생량을 나

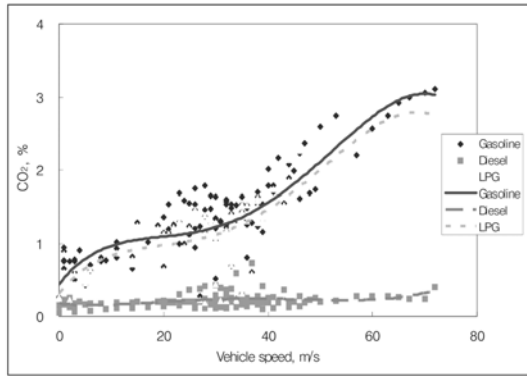


Fig. 9 CO₂ emission for vehicle speed at $0.5m/s^2 \sim 1m/s^2$ period

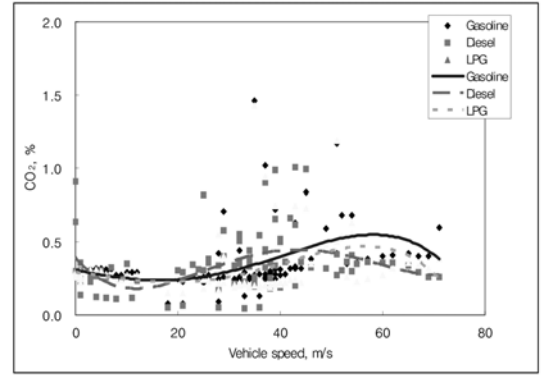


Fig. 10 CO₂ emission for vehicle speed at $-0.5m/s^2 \sim 1m/s^2$ period

타낸 그림이다. 이 그림에서 보면 본 실험에 사용한 휘발유와 LPG를 사용하는 차량에서 나타나는 이산화탄소의 발생농도는 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 전반적으로는 가속구간에서 차량의 속도가 증가함에 따라 이산화탄소의 발생농도가 증가하는 것을 나타내고 있으나 차량속도 0km/h ~ 10km/h의 범위와 차량속도 40km/h ~ 70km/h의 범위에서 이산화탄소의 발생농도가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 이것으로 보아 차량의 가속 주행시 이산화탄소의 발생량을 저감시키기 위해서는 초기 출발과 차량속도 40km/h ~ 70km/h의 범위에서 이산화탄소의 발생량을 저감시키기 위한 적극적인 제어가 필요한 것을 알 수 있다. 경유를 연료로 사용하는 시험차량에서는 가속구간에서 차량의 속도와 관계없이 이산화탄소의 발생량이 일정한 것을 알 수 있으며, 일반적인 차량의 주행속도의 변화에 대한 이산화탄소 발생량과 관련된 제어가 잘 되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 10은 CVS-75모드의 주행에서 차량의 가속도가 $-0.5m/s^2 \sim -1m/s^2$ 의 값을 갖는 데이터를 수집하여 차량의 속도변화에 대한 이산화탄소의 발생량을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 나타나는 바와 같이 휘발유, LPG, 경유의 연료를 사용하는 시험차량에서 그림과 같은 감속구간에서는 차량의 속도와 관계없이 일정하고 낮은 수준의 이산화탄소의 발생량을 나타내고 있다. 이것으로 보아 감속구간에서 이산화탄소의 발생량과 관련된 제어전략은 적절한 것으로 판단되지만, 차량의 동력이 필요하지 않는 감속구간에서는 연료차단 및 변속 제어 등의 변수를 적

극 활용하여 보다 더욱 이산화탄소의 발생량을 저감시킬 필요성이 있는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 자동차 사용연료에 따른 CO₂배출특성과 저감을 위한 제어전략을 마련하기 위하여 동일차종에서 휘발유, 경유, LPG를 사용하는 각각의 차량에 대하여 CVS-75모드에서 이산화탄소의 배출특성을 비교분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 본 실험의 동일차종에서 CVS-75모드 주행시험 결과 휘발유와 경유를 연료로 사용하는 차량에서 발생하는 이산화탄소의 배출량은 3% 이내로 동일하였으며, LPG연료를 사용하는 차량은 휘발유 차량을 기준으로 8% 정도 적게 배출된다. 이것으로 보아 차량의 이산화탄소 배출량은 연료의 탄소중량비뿐만 아니라 연비와 직접적인 관계가 있음을 알 수 있다.
- 2) 냉간시동 후 초기 가속구간에서 발생하는 이산화탄소는 고온시동 후 초기가속구간에서 발생하는 이산화탄소보다 휘발유, LPG차량은 21%, 경유 차량은 34% 정도 많이 발생하는 것을 알 수 있다.
- 3) CVS-75모드의 실험결과 차량의 가속도가 $0.5m/s^2 \sim 1m/s^2$ 의 범위에서 가속될 경우 휘발유와 LPG 차량은 자동차의 속도가 증가함에 따라 지속적으로 이산화탄소의 발생농도가 증가하지만, 경

유 차량은 차량의 속도와 관계없이 비교적 일정한 수준의 이산화탄소 농도를 나타낸다.

- 4) CVS-75모드의 실험결과 차량의 가속도가 -0.5m/s^2 ~ -1m/s^2 의 범위에서 감속될 경우 휘발유, 경유, LPG차량 모두 차량의 속도와 관계없이 0.3% 정도의 일정한 수준 농도를 나타낸다.

후 기

본 논문은 지식경제부 산하 에너지관리공단에서 지원되는 “에너지·자원기술개발사업”의 일환으로 수행된 “LPG 연료 및 차량평가기술 개발”사업의 연구비로 수행되었으며, 관계기관에 감사의 뜻을 표합니다.

References

- 1) “Greenhouse Gas Emission from a Typical Passenger Vehicle,” EPA420-F-05-004, 2005.
- 2) Y. S. Yoo, J. H. Ryu, M. D. Eom, M. S. Jeon, D. U. Kim and D. S. Kim, “A Study on the Characteristics of Greenhouse Gas Exhausted from Gasoline Passenger Cars,” Spring Conference Proceedings, KSAE, pp.8-13, 2005.
- 3) H. Lee, J. Ryu and Y. Kim, “The Correlation Analysis of CO₂ Emission and Fuel Economy for LPG Vehicles,” 30th Anniversary Conference Proceedings, KSAE, pp.613-618, 2008.
- 4) Vehicle Emission Standards Manual, SAE HS-2004.