한국동력기계공학회지 제10권 제1호 pp.5~11 2006년 2월

가솔린 기관의 시동시 연료분사스킵이 유해배출가스 저감에 미치는 영향
The Effects of Fuel Injection Skips on the Reduction of Harmful Exhaust Gases during an SI Engine Starting

김 성 수
S. S. Kim

Key Words : SI Engine(전기점화기관), Fuel Injection Skip(연료분사스킵), Coolant Temperature(냉각수온도)

Abstract : During the SI engine starting up, starting conditions directly contribute to the harmful emissions in spark ignition engines. The effects of catalyst temperatures and fuel injection skip methods on HC emissions were investigated. The test was conducted on a 1.5L, 4-cylinder, 16 valve, multipoint-port-fuel-injection gasoline engine. To understand the formation of HC emissions, HC concentration was measured in an exhaust port using a Fast Response Flame Ionization Detector(FRFID). The result showed that HC emissions, which were generated during initial stage of the starting, could be reduced by coolant temperature and fuel injection skips. And through the vehicle test of ECE15+EUDC, it is convinced that the optimized fuel injection skip method according to coolant temperatures have favourable effects on the reduction of harmful exhaust emissions including HC during the SI engine start.

1. 서 론

최근에는 자동차 배출가스 규제 이외에 보다 엄격한 연비(CO_2 배출량) 규제안도 유럽 및 일본 등에서 법제화되고 있다. 이에 대응하기 위하여 유럽 및 일본의 여러 자동차 회사는 경소형 자동차를 기본으로 한 3-Liter Car(연료 3리터로 100km를 주행하는 차)를 선보이고 있는데 이들 차량은 엔진의 고효율화, 차량의 경량화 및 차량 주행저항 저감 등을 통하여 목표로 하는 연비를 만족하고 있다. 이들 차량에는 연비향상을 위하여 차량운전 중 신호대기 시 공회전 자동정지 기능(ASG, Automatic Stop and Go)을 작동하고 있다. 이 기능이 있는 차량은 규정 연비측정모드에서 약 10% 이상의 연료 절감 효과를 얻고 있다. 그러나 이들 장치들은 단순히 운전자의 선택에 의해 공회전 정지 및 재시동이 작동된다. 엔진이 일정수준의 웜업이 되지 않은 상태인 경우에 이 기능이 작동되면 재시동 시 다량의 HC가 배출될 우려가 있다. 차량의 냉 시동 혹은 저온 상태에서의 시동 시 실화 및 엔진 부품의 냉각에 의하여 HC의 배출이 급격하게 증가함은 일반적으로 잘 알려져 있다.[1,3] 특히 초기 시동 시 HC의 배출은 차가운 흡기포트 및 연소실 벽면으로 인해 공기와 연료의 불완전 혼합 및 연소실 벽면 냉각영역에 의한 불완전 연소 등의 영향을 크게 받는다.[4] 그러나 이들 연구에는 냉각수온도 조건에 따른 HC의 배출특성 및 시동 시 HC 배출저감을 위한 운전 조건 등에 대한 검토가 이루어져 있지 않아 이에 대한 연구가 필요한 상태이다. 이와 관련하여 전기점화 기관의 시동 시 냉각수온도 및 흡기 밸브 닫힘 시기에 따른 HC의 배출특성을 분석한바 있다.[5] 본 연구에서는 냉각수온도와 연료분사스킵이 시동 및 재시동 시 가솔린 기관의 HC 배출에 미치는 영향을 분석하고 ECE15+EUDC 모드에서의 실차시험을 통하여 유해배출가스 저감과 연비향상효과를 확인하고자 한다.

접수일 : 2005년 11월 16일
김성수(책임저자): 신라대학교 자동차기계공학과
E-mail: sskim@silla.ac.kr Tel. 051-309-5631

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험 장치

Fig. 1은 본 연구의 실험장치 개략도를 나타낸 것이다. 기관의 시동 시 배기포트로 배출되는 HC는 기관의 4번 실린더의 배기매니폴드에 설치한 FRFID의 샘플링 프로브를 통해 측정하였다. HC의 배출특성에 대한 측정지연을 최소화하기 위하여 FRFID 샘플링 프로브는 배기밸브 스템에서 프로브

선단까지의 거리가 50 mm가 되도록 배기 매니폴드에 설치하여 실험을 수행하였다.

본 연구에 사용한 자동차용 4기통 1.5리터 DOHC 가솔린 기관의 주요사양은 Table 1에 표시하였다. 실험 데이터 측정을 위하여 엔코더(Koyo Co., 360 ppr)를 배기밸브 측의 캠축에 설치하여 크랭크 각도 2°마다 1개의 펄스가 생성되도록 하였고, 모든 실험의 시작은 실험조건의 일관성을 위하여 4번 실린더의 흡입 상사점에서 이루어지도록 하였다. 실린더 내의 압력은 4번 실린더에 설치한 스파크플러그 형태의 압전형 압력센서(Kistler, 6052 & 6517A)를 통하여 측정하였다. 시동 특성을 분석하기 위하여 동력계와의 연결 축을 분리하여 기관 자체로 운전이 되도록 하였다. 각 실험조건에서의 점화시기, 연료분사시기 및 공연비는 임의로 조정하지 않았다. 연료분사스킵을 적용한 실험은 연료분사 신호를 해당 실린더의 인젝터에 해당 사이클 동안 연료를 분사하지 않도록 조정하여 수행하였으며 냉각수온도는 냉각수온도 조절 장치를 이용하여 30℃, 50℃, 70℃ 및 90℃로 조절하였다.

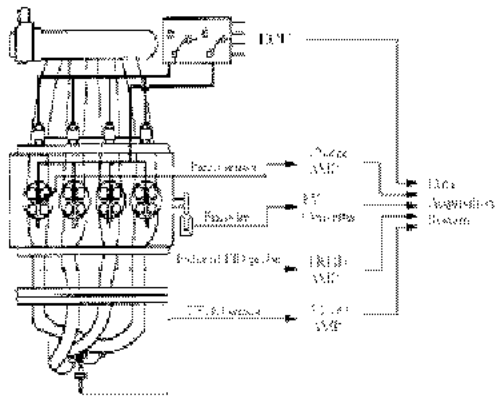

Fig. 1 Experimental setup

Table 1 Engine specification

Engine type	IL 4 DOHC
Bore x Stroke (mm x mm)	76.5 x 81.5
Compression ratio	9.5
Displacement volume (cc)	1,498
Max. power (kW/rpm)	74 /6,000
Max. torque (Nm/rpm)	137 /3,000
Valve timing IVO(BTDC)/IVC(ABDC) EVO(BBDC)/EVC(ATDC)	 8°CA / 42°CA 42°CA / 8°CA
Starter power (kW)	0.8

2.2 기본실험 방법

시동구간의 운전특성을 확인하기 위하여 냉각수온도별 엔진회전수와 연료공급량 및 공연비를 측정하여 그 변동특성을 파악하였다.

엔진회전수는 냉각수온도 조절 장치를 이용하여 냉각수온도를 일정온도로 조정한 후 시동을 걸어 조건 별로 10회 씩, 엔진회전수의 변동특성이 가장 심하게 나타나는 시동 후 3.5초 동안 측정하였다. ECU는 엔진의 시동을 위하여 실린더 내에 과농혼합기를 형성하기 위하여 시동초기에 많은 연료를 공급하는데 이를 확인하기 위하여 공급되는 연료의 량과 형성되는 연료공기 혼합기의 당량비를 측정하여 엔진회전수와 비교하여 그 변동특성을 분석하였다.

연료의 공급량은 ECU에서 출력되는 실린더 별 연료공급 신호 값으로 확인하였다. 연료공급이 냉각수온도별로 변동이 나타나고 그 값들이 일정한 값으로 수렴하는 200 사이클 동안 각 조건별로 10회 씩 측정하였다. 이 엔진은 실린더 1번과 4번, 실린더 2번과 3번 인젝터가 동시에 연료를 분사하는 그룹분사방식이어서 그룹별 연료분사신호를 읽어 연료분사시간을 측정하였다. 공연비는 UEGO 센서를 배기 매니폴드가 합쳐지는 점에 설치하여 각 조건별로 10회 씩 측정하였다. 이 값은 각 실린더의 배출가스가 해당 배기매니폴드를 통과하여 서로 혼합되어 나타나는 엔진 전체의 공연비를 나타낸다. 따라서 이는 촉매정화기로 들어가는 배출가스의 공연비를 나타내므로 그 공연비가 촉매의 정화범위 내에 존재하여 엔진의 배출가스가 정화가 가능한지를 확인할 수 있다.

2.3 연료분사스킵실험 방법

시동 시 연소실 벽면의 온도를 상승시키게 되면 혼합기에 대한 연소실 벽면 냉각영역의 영향이 작아지게 되어 불완전 연소로 인한 HC의 배출량을 저감시킬 수 있다. 이를 위하여 시동 초기에 2번과 3번 실린더는 연소가 되도록 하고, 1번과 4번 실린더에 연료분사를 수회 스킵(Skip)한다. 이 경우 2번과 3번 연소실에서는 연소가 일어나고 1번과 4 번 연소실은 연료분사를 스킵하는 동안 모터링 형태로 운전이 된다. 이때 1번과 4번 연소실은 흡입공기의 압축효과로 인해 실린더 벽면의 냉각영역이 축소되어 초기 시동 시 불완전 연소로 인한 HC의 배출량을 저감시킬 수 있을 것으로 예측하였다. 이의 효과

를 확인하기 위하여 냉각수온도(30℃, 50℃, 70℃, 90℃)별로 1 사이클 및 3 사이클 연료분사스킵을 1번과 4번 실린더에 적용하였다. 시동 시 배출되는 HC의 배출농도는 시동 후 5초 동안 측정하였고, 각 실험조건 별로 3회씩 수행하였다. 실험시작 점이 4번 실린더의 흡입상사점이어서 첫 사이클은 연료분사가 이루어 지지 않는다. 따라서 1 사이클 및 3 사이클 연료분사스킵을 적용하면 두 번째 및 네 번째 사이클까지 연료분사가 이루어지지 않게 된다.

Fig. 2는 냉각수온도가 90℃인 조건에서 3 사이클 연료분사스킵을 적용한 경우 측정한 연소실의 압력선도와 당량비 및 연료 분사신호를 나타낸 것이다. 연료분사신호를 보면 시동 후 약 1초 부근에서 제 4번째 사이클이 끝나고 5번째 사이클의 흡입과정이 시작되면서 연료분사가 시작됨을 보여주고 있다. 이는 요구하는 3 사이클 연료분사스킵을 잘 나타내고 있다.

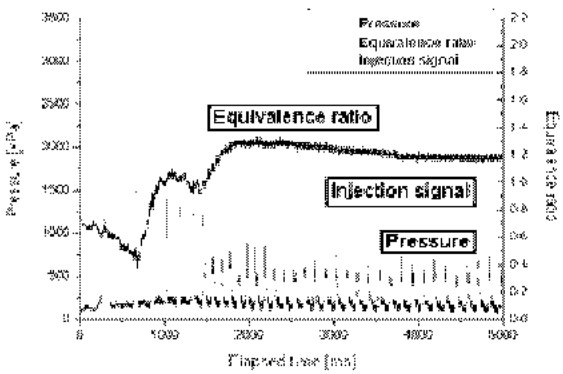

Fig. 2 Equivalence ratio according to fuel injection at 3 cycles fuel skip and 90℃ coolant condition

2.4 차량실험 방법

우리나라의 승용차 배출가스 인증시험은 CVS75 모드와 ECE15+EUDC 모드로 실시하고 있다. 공회전 비율이 17.9%인 CVS-75모드에 비해 31%의 공회전비율을 가진 ECE15+EUDC모드가 공회전 자동정지 및 재시동시 연비향상 및 유해배출가스 배출특성을 잘 확인할 수 있어 ECE15+EUDC모드로 실차시험을 실시하였다. Fig. 3은 ECE15+EUDC 모드를 나타낸 것이며 총 시험시간은 1,180초이다. Ph1은 780초 동안 진행되며 4개의 주요도시주행모드로 구성되어 있고 Ph2는 400초의 고속주행 추가도시주행모드이다. 공회전시간은 첫 번째 사이클의 경우 11초, 21초, 21초의 공회전 구간을 가지며 두 번째부터 네 번째 사이클까지는 18초, 21초, 21초의 공회전 구간을 가지고 있다. 이 인증시험은 동일 시험을 2회 연속 실시하여 각 횟수별 측정치들이 서로 3% 이내의 범위에 존재할 경우 측정결과를 인증하는 매우 신뢰성이 높은 시험이다. 또한 모달시험(Modal test)은 시험구간에서 1초마다 모든 배출가스를 측정하여 주행모드의 각 운전구간에서 발생하는 배출가스의 특성을 분석할 수 있는 이점이 있다. 따라서 최적제어모드를 확인하기 위하여 인증시험과 함께 모달시험을 실시하였다. ECE15+EUDC 인증시험과 모달시험은 한국자동차부품연구원에서 실시하였고 시험차량의 연비와 배출가스는 정규주행시험모드로 주행하여 측정하였다. 시험조건을 Table 2에 나타내었다. ASG 콘트롤러가 부착되지 않은 차량을 기준조건인 Base 조건으로 하였고, HC Adsorber를 부착한 차량은 HC Adsorber 부착차량으로 표시하였다. ASG 콘트롤러를 부착한 차량 중 단순한 아이들 스톱기능만을 가진 경우를 제어모드-0, 재시동시 3 사이클 동안 연료분사를 스킵하는 조건을 제어모드-1로 명명하였으며, 냉각수온도가 65℃이상일때부터 아이들스톱 기능이 작동되며 재시동 시 3 사이클 동안 연료분사를 스킵하는 조건을 제어모드-2로 명명하여 시험을 수행하였다. 제어모드-3은 냉각수온도가 30℃이상에서 아이들스톱 기능이 작동하도록 한 제어모드이다.

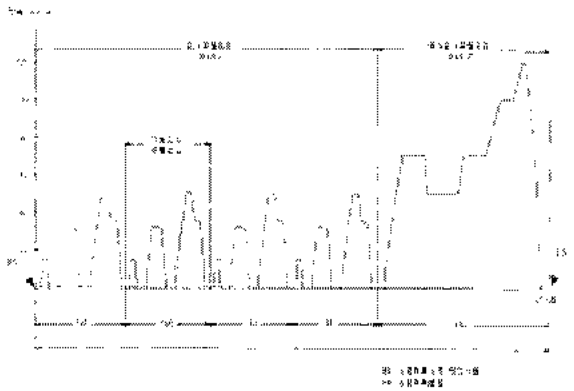

Fig. 3 ECE15+EUDC test mode

Table 2 Vehicle test condition

번호	시험조건	적용시험
1	Base	인증,모달
2	HC Adsorber 부착	인증
3	ASG 시스템 부착 제어모드 0	인증
4	ASG 시스템 부착 제어모드 1	인증
5	ASG 시스템 부착 제어모드 2	모달
6	ASG 시스템 부착 제어모드 3	모달

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 기본 시동특성 결과

Fig. 4는 시동 시 냉각수 온도별로 측정한 기관 회 전수를 나타내고 있다. 시동 후 약 500 ms 부근에서 시동이 걸리면서 기관 회전수가 급격히 증가하여 시동 후 750~2,500 ms 동안에는 냉각수온도에 따라 기관 회전수가 1,400~2,000 rpm으로 나타나고 있어 기관 회전수의 변동이 큼을 알 수 있다. 따라서 각 실험 조건에서의 HC의 배출농도 측정은 냉각수온도에 따른 기관 회전수의 변동성이 크게 나타나는 시동 후 2~3초 동안 수행하였다.

Fig. 5는 냉각수온도에 따른 사이클 별 연료분사기간을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면 초기 첫 사이클에서 가장 농후한 혼합기를 형성하기 위해 가장 많은 연료를 분사하여 10번째 사이클까지 급격히 감소하다 이후 점차 일정한 값으로 접근함을 알 수 있다. 냉각수온도가 증가하면 흡입공기 상승에 따른 밀도 감소로 인해 공기유입량이 감소하므로 연료 분사기간을 감소시킴을 알 수 있다.

초기 시동시 냉각수온도별 당량비의 변화특성을 Fig. 6에 나타내었다. 초기 시동 후 약 600~750 ms 부근에서 당량비가 0.5~0.6정도의 아주 희박한 공연비를 나타내며 이후 약 900 ms까지 급격하게 상승하여 1.7~2.0 부근의 농후한 당량비를 나타낸다. 이후 점차 감소하여 3,000 ms가 되면 1.5~1.7의 당량비 분포를 나타내고 있다. Fig. 4와 Fig. 6에서 냉각수온도가 30℃인 경우에 시동 초기 700~1500 ms 동안 다른 냉각수온도 조건의 경우보다 기관 회전수가 낮은 상태에서 운전이 될 뿐 아니라 기관 회전수와 당량비의 변동이 크게 나타남을 알 수 있다. 이는 냉각수온도가 낮기 때문에 초기 시동 시 분사된 연료가 기화되지 않은 액체 상태로 흡입포트 벽면에 부착되거나 작은 액적의 연료들이 모여 불규칙적으로 큰 액적을 형성한 후 연소실로 유입되어 기관 제어 장치에서 분사한 연료량이 정확하게 제어되지 못하는 상태를 나타내고 있다. 이와는 달리 다른 냉각수온도조건의 경우에는 750~2,000 ms 동안 냉각수온도별로 기관 회전수의 차이가 있음에도 불구하고 당량비는 거의 비슷한 값을 나타내고 있어 30℃에서 나타났던 흡기포트로 분사된 연료의 포트 벽면 부착 현상은 크게 나타나지 않음을 알 수 있다.

3.2 냉각수온도에 따른 배출가스 측정 결과

냉각수온도에 따른 HC의 엔진배출농도를 시동 후 2초 동안 5회씩 측정하여 온도별로 3사이클씩 중첩한 결과를 Fig.7에 나타내었다. 냉각수온도가 30℃인 경우 시동 후 750~1,450 ms 구간에서 불완전연소로 인한 다량의 HC가 발생하고 있다, 냉각수온도가 50℃로 상승하면 30℃의 경우보다 현저히 감소됨을 알 수 있다. 또한 냉각수온도가 70℃와 90℃로 상승함에 따라 HC 배출이 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 냉각수 온도조건 30℃에서 발생하던 불완전연소가 냉각수온도가 상승함에 따라 연소실 벽면의 온도가 상승하여 불완전연소의 원인이 되는 연소실 벽면 냉각영역이 감소하기 때문이다. 냉각수온도에 따른 HC의 배출농도 저감특성을 확인하기 위하여 냉각수온도별로 측정한 5회의 HC의 배출 농도 치로부터 HC의 배출 평균농도를 계산하여 Fig. 8에 표시하였다. 냉각수온도 30℃ 조건에서 배출되는 HC의 배출농도를 기준으로 할 때, 냉각수온도가 50℃로 상승할 경우 HC의 평균 배출농도는 약 65% 저감되고 70℃ 이상으로 상승할 경우, 80%정도가 저감됨을 알 수 있다. 이상의 결과에서 기관의 시동 및 재시동시 배출되는 HC의 배출 특성은 기관의 냉각수온도와 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있다.

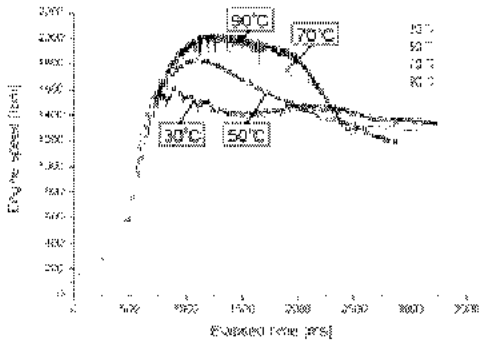

Fig. 4 Engine speed according to coolant temperatures at starting

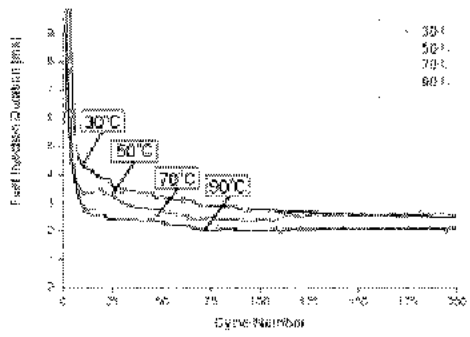

Fig. 5 Fuel injection duration according to coolant temperatures at starting

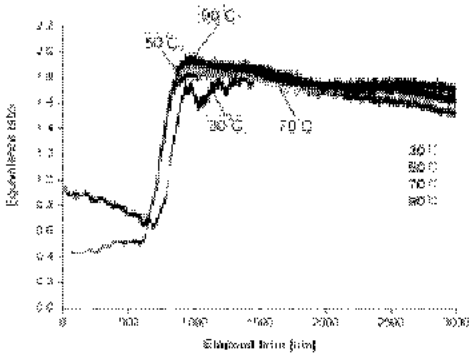

Fig. 6 Equivalence ratio according to coolant temperatures at starting

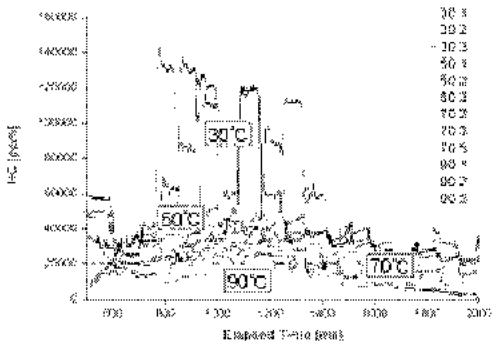

Fig. 7 HC emissions by coolant temperatures

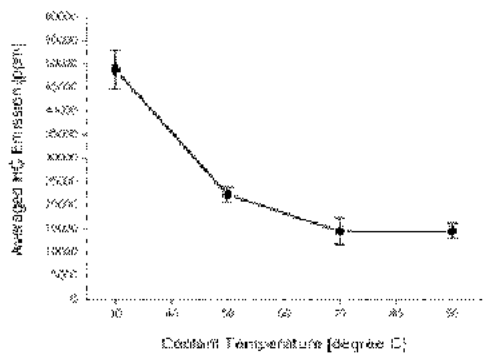

Fig. 8 Averaged HC emissions by coolant temperatures

3.3 연료분사스킵 시험 결과

Fig. 9는 냉각수온도가 90℃일 때 정상적으로 연료를 공급하는 No-skip조건과 1 사이클 및 3 사이클 연료분사스킵 조건을 1번과 4번 실린더에 적용한 경우에 촉매변환기 전방에서 시동 후 5초 동안 측정한 HC의 배출농도와 당량비의 변화를 나타내었다. 이 결과를 보면 연료분사스킵을 1 사이클 적용한 경우는 정상연료분사 조건인 No-skip에 비해 당량비가 시동 후 약 0.5~2.7초 동안 덜 농후하며 HC의 배출도 크게 감소하고 있음을 알 수 있다. 3 사이클 연료분사를 스킵 할 경우에는 1 사이클 연료분사를 스킵 한 경우에 비해 시동 후 0.5~1초 동안 당량비의 변화 특성은 거의 유사하나 약 1초 이후부터는 상당히 다른 특성을 가진다. 특히 1~1.5초 동안은 당량비가 거의 1.0 부근을 유지한다. 이 구간에서 배출되는 유해가스는 촉매의 정화범위에 존재하여 촉매가 활성화 온도에 도달해 있는 경우 상당부분 정화될 수 있는 가능성을 가지고 있어 HC, CO 및 NOx가 함께 정화되어 유해배출가스가 저감되는 효과를 얻을 수 있다. 이후 1번과 4번 연소실에 연료가 공급되면서 당량비는 상승하여 약 2.0초에서 당량비가 1.3 부근이 되었다가 이후 지속적으로 감소하여 5초 부근이 되면 1.2이하로 감소한다. 이러한 당량비 특성과 더불어 기관에서 배출되는 HC의 배출농도는 다른 조건에 비해 상당히 감소하고 있음을 나타내고 있다. 이는 앞서 언급한 1번과 4 번 실린더의 연료분사스킵 기간 동안 모터링되어 실린더 내에 흡입된 공기의 압축 및 온도상승으로 실린더 벽면의 냉각영역이 축소된다. 이것은 연소실 내의 불완전 연소를 줄여줘서 HC의 배출량을 저감시킴을 알 수 있다.

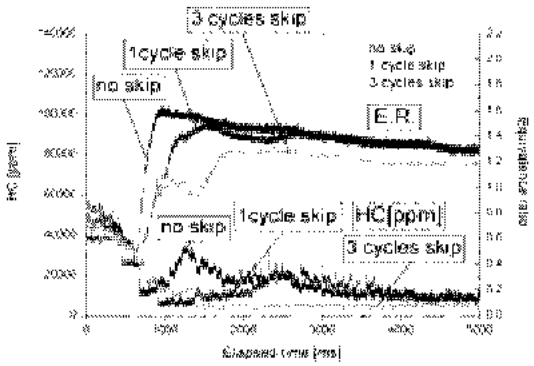

Fig. 9 Effect of fuel skips on HC emissions

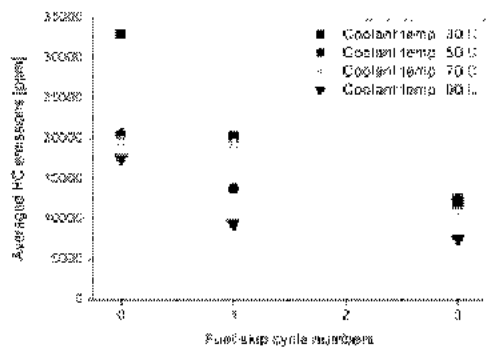

Fig. 10 Averaged HC emissions according to fuel skip cycle numbers

Fig. 10은 냉각수온도(30℃, 50℃, 70℃, 90℃)별로 연료분사스킵 사이클을 1번과 4번 실린더에 적용한 경우 배출되는 HC의 평균 배출농도를 나타내고 있다. 이 결과에 의하면 냉각수온도별로 시동초기에 1사이클 동안 연료분사를 스킵 할 경우 정상 연료분사조건에 비해 HC의 평균 배출 농도가 32~46% 정도 감소하였으며, 3 사이클 동안 연료분사를 스킵 할 경우에는 정상 연료분사 조건에 비해 약 39~64% 정도의 HC 평균 배출농도가 저감되는 큰 효과를 얻었다. 이는 시동 및 재시동시 연료분사스킵을 적용할 경우 상당량의 HC를 줄일 수 있음을 나타내고 있다.

3.4 자동차 실차시험 결과

냉각수온도에 따라 연료분사스킵을 적용한 실차시험 결과를 Fig. 11과 Fig. 12에 나타내었다. Fig.11은 Base 조건, HC Adsorber 조건, 제어모드-0(Control- 0)조건과 제어모드-1(Control-1) 조건의 인증시험 결과를 나타낸다. 시험결과를 보면 연료제어기능이 없는 ASG를 적용한 제어모드-1 차량의 경우 일산화탄소를 50g/test를 배출하여 규제치인 30g/test보다 약 70%이상 배출하고 있다. 이는 ASG를 적용할 경우 엔진시험결과에서와 같이 공회전 상태보다 재시동시 촉매의 정화영역을 벗어난 과농혼합기의 공급으로 촉매가 활성화 온도에 도달한 상태라 하더라도 정화되지 못하고 그대로 배출되기 때문이다. 반면에 연료제어 기능이 있는 제어모드-1의 경우 CO의 경우 규제치 이하인 27.3g/test를 배출하며 HC+NOx의 경우에도 규제치 8g/test 이하인 5.32g/test를 배출하여 ECE15+EUDC의 규제치를 만족하는 결과를 얻었다. 그리고 Base조건 차량은 CO는 15.8g/test, HC+NOx는 4.82g/test를 배출하였다. 제어모드-0와 제어모드-1의 경우 ASG기능으로 Base 차량대비 연비가 3.3%, 6.1% 향상되었다. 제어모드-1 차량의 배출가스를 저감시키기 위하여 냉각수온도에 따라 ASG를 작동하도록 한 제어모드-2(Control-2)와 제어모드-3(Control-3) 차량을 Base 조건의 차량과 함께 모달시험을 실시하였다. 모달시험은 연비 및 유해배출가스를 1초마다 실시간으로 측정하여 순간변화량을 알 수 있다. 제어모드-2와 제어모드-3은 냉각수온도가 65℃, 30℃이상일 때 ASG가 작동된다.

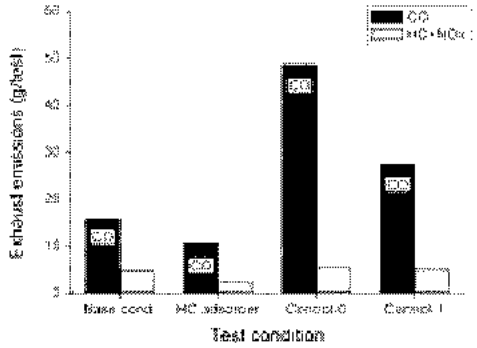

Fig. 11 Exhaust emissions by certified ECE15+EUDC modal test

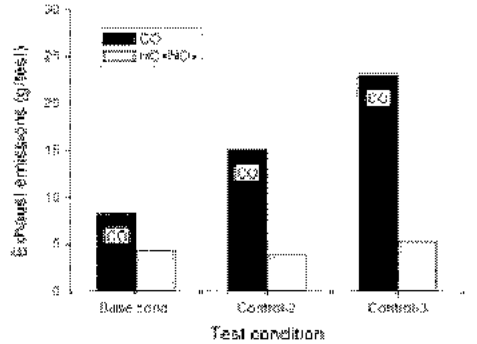

Fig. 12 Exhaust emissions by the certified ECE15+EUDC modal test

Table 3 ECE15+EUDC modal vehicle test result

Test condition	CO (g/km)	NOx (g/km)	NMHC (g/km)	CO_2 (g/km)	F.E. (km/L)
Base	0.75	0.18	0.23	205.0	11.32
Control 2	1.38	0.16	0.20	199.1	11.60
Control 3	2.10	0.20	0.30	194.3	11.80

Fig. 12는 모달시험으로 측정한 CO와 HC+NOx 배출량을 나타낸 것이다. 이 결과를 보면 세조건의 차량 모두 규제치를 만족하고 있으며 제어모드-2 차량은 다른 조건의 차량보다 HC+NOx가 가장 적게 배출된다. CO는 제어모드-3 차량보다 약 34% 감소하여 CO배출 저감에도 효과가 있음을 알 수 있다. Base차량은 CO를 8.3g/test, HC+NOx를 4.4g/test를 배출하고 있는 반면 제어모드-2 차량은 CO를 15.2g/test, HC+NOx를 4.0g/test를 배출하여 Base 차량에 비하여 CO는 84% 증가하였고 HC+NOx는 10.6% 감소하였다. ECE15+EUDC 모달시험 시 측정한 유해가스 배출량을 Table 3에 정리하였다. 이 결과에 의하면 제어모드-2 차량은 Base

차량에 비해 NOx가 11%, NMHC가 13%, CO_2가 2.9% 감소하였으며, 연비는 2.5% 향상되었다. 제어모드-3차량은 Base 차량에 비해 CO가 180%, NOx가 11%, NMHC가 30.4% 증가하였으며 CO_2는 5.2% 감소하였고 연비는 4.2% 향상되었다.

이로써 냉각수온도가 65℃이상에서 ASG가 작동되는 제어모드-2 차량은 냉각수온도가 30℃이상에서 ASG가 작동하는 제어모드-3 차량보다 연비향상 효과는 덜 하지만 유해배출가스저감 효과가 더욱 크게 나타나 유해배출가스 저감 및 연비향상 효과를 동시에 만족할 수 있는 ASG제어 방법으로 고려된다.

4. 결 론

엔진 시동 및 재시동시 냉각수온도와 연료분사스킵 제어에 따라 발생하는 HC의 특성을 분석하였고 이를 적용한 ASG를 장착한 차량으로 ECE15+EUDC모드의 실차시험을 실시하여 유해배출가스 저감 및 연비향상 효과를 확인하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 냉각수온도가 엔진배출 HC생성에 영향을 주었으며 시동 후 2초 동안 측정한 결과로부터 냉각수온도 30℃의 조건을 기준으로 할 때, 냉각수온도가 50℃ 및 70℃ 이상일 경우. 평균 엔진배출 HC가 65%와 80%까지 감소하였다.
2) 시동 시 냉각수온도에 따른 연료분사스킵이 엔진배출 HC생성에 효과가 있음을 확인하였으며 시동 후 5초 동안 측정한 결과로부터 정상연료분사조건대비 1 사이클 및 3 사이클 연료분사스킵을 적용할 경우 엔진배출 HC가 각각 32~46% 및 39~64% 감소하는 효과를 얻었다.
3) ECE15+EUDC 실차시험에 적용한 연료분사스킵 기법은 냉각수온도와 함께 최적화할 경우 차량의 유해배출가스 저감 및 연비향상 효과를 동시에 만족할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

1. Y. Luan and N. A. Henein, 1998, “Contribution of Cold and Hot Start Transients in Engine-Out Emissions”, SAE Paper 982645
2. K. D. Isherwood, J. R. Linna and P. J. Loftus, 1998, “Using On-board Fuel Reforming by Partial Oxidation to Improve SI Engine Cold-Start Performance and Emissions”, SAE Paper 980939
3. M. C. Drake, R. M. Sinkevitch, A. A. Quader , K. L. Olson and T. J. Chapaton, 1996, “Effect of Fuel/Air Ratio Variations on Catalyst Performance and Hydrocarbon Emissions During Cold-Start and Warm-UP”, SAE Paper 962075
4. C. E. Roberts and R. H. Stanglmaier, 1999, “Investigation of Intake Timing Effects on the Cold Start Behavior of a Spark Ignition Engine”, SAE Paper 1999-01-3622
5. S. S. Kim, 2000, “A Study on Engine-Out HC Emissions during SI Engine Starting”, Transactions of the KSAE, Vol 11, No.2, pp. 22-30