

## 가솔린 기관의 시동조건에 따른 HC의 배출특성

김 성 수\*

신라대학교 자동차기계공학과

### Characteristics of HC Emissions by Starting Conditions in an SI Engine

Seongsoo Kim\*

Department of Automotive and Mechanical Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea  
(Received 27 August 2003 / Accepted 30 March 2004)

**Abstract** : During the SI engine starting up, starting conditions directly contribute to the unburned hydrocarbon 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 1.5 L, 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 emitted at the cold coolant and catalyst temperature, were generated much higher than those of hot coolant and catalyst temperatures. In additions, fuel injection skips reduced highly HC emissions. It is convinced that optimized fuel injection skip method according to coolant and catalyst temperatures could be applied to reduce HC emissions during the SI engine starts.

**Key words** : HC emissions(HC배출), Catalyst temperature(촉매온도), Fuel injection skip(연료분사스킵), Coolant temperature(냉각수온도)

#### 1. 서론

최근에는 자동차 배출가스 규제 이외에 보다 엄격한 연비(CO<sub>2</sub> 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 고 효율화, 차량의 경량화 및 차량 주행저항 저감 등을 통하여 목표로 하는 연비를 만족하고 있다. 이들 차량에는 연비향상을 위하여 차량운전 중 신호대기 시 공

회전 정지기능을 작동하고 있다. 이 기능이 있는 차량은 규정 연비측정모드에서 약 10% 이상의 연료 절감효과를 얻고 있다. 그러나 이들 장치들은 단순히 운전자의 선택에 의해 공회전 정지 및 재시동이 작동된다. 엔진이 일정수준의 윌업이 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.<sup>1-3)</sup> 특히 초기 시동 시 HC의 배출은 흡기포트 및 연소실 벽면온도의 영향으로 인해 공기와 연료의 불완전 혼합 및 연소실 벽면의 냉각 영역의 영향으로 인한 불완전 연소 등의 영향을 크

\*To whom correspondence should be addressed.  
sskim@silla.ac.kr

게 받는다.<sup>4,5)</sup> 그러나 이들 연구에는 냉각수 온도 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 냉각수 온도 및 흡기 밸브 닫힘 시기에 따른 HC의 배출특성을 분석한바 있다.<sup>6)</sup> 이를 기초로 하여 본 연구에서는 촉매 변환기의 온도와 연료분사스킵 등의 시동조건이 가솔린 기관의 HC 배출에 미치는 영향을 분석하였다.

## 2. 실험장치 및 기본실험

### 2.1 실험장치

기관의 시동 시 배기포트로 배출되는 HC는 Fig. 1의 실험장치 개략도에 나타낸 것과 같이 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.

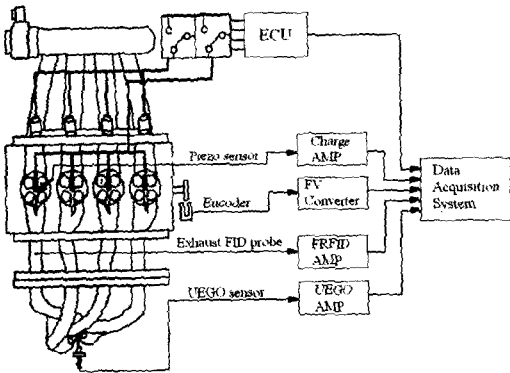


Fig. 1 Experimental setup

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 하였다. 모든 실험의 시작은 실험조건을 일관성을 위하여 4번 실린더의 흡입 상사점에서 이루어지도록 하였다. 실린더

Table 1 Test engine specification

Item	Specification
Engin 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 (N · m/rpm)	137 / 3,000
Valve timing	
IVO(BTDC) / IVC(ABDC)	8 °CA / 42 °CA
EVO(BBDC) / EVC(ATDC)	42 °CA / 8 °CA
Starter (kW)	0.8

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, 연료 분사시기 및 공연비는 임의로 조정하지 않았다. 연료분사 스킵을 적용한 실험은 연료분사 신호를 해당 실린더의 분사기에 해당 사이클 동안 연료를 분사하지 않도록 조정하여 수행하였다. 냉각수 온도는 냉각수 온도 조절 장치를 이용하여 30°C, 50°C, 70°C 및 90°C로 조절하였다.

### 2.2 기본 실험

Fig. 2는 시동 시 냉각수 온도별로 측정된 기관 회전수를 나타내고 있다. 시동 후 약 500 ms 부근에서 시동이 걸리면서 기관 회전수가 급격히 증가하여

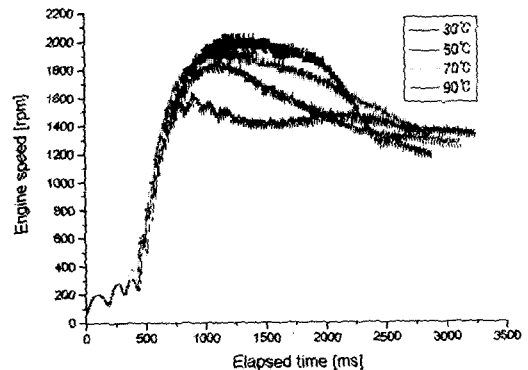


Fig. 2 Engine speeds according to coolant temperatures at starting

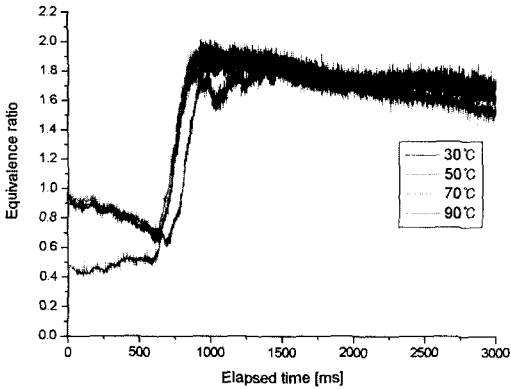


Fig. 3 Equivalence ratio according to coolant temperatures at starting

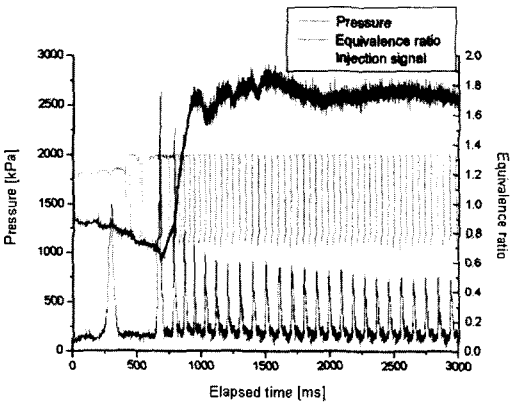


Fig. 4 Equivalence ratio according to fuel injections at 30°C coolant condition

시동 후 750~2,500 ms 동안에는 냉각수 온도에 따라 기관회전수가 1,400~2,000 rpm으로 나타나고 있어 기관 회전수의 변동이 큼을 알 수 있다. 따라서 각 실험 조건에서의 HC의 배출농도 측정은 냉각수 온도에 따른 기관 회전수의 변동성이 크게 나타나는 시동 시부터 시동 후 2~3초 동안 수행하였다. 공연비 측정은 UEGO 센서를 배기 매니폴드가 합쳐지는 점에 설치하여 측정하였으며 초기 시동시 냉각수 온도별 당량비의 변화특성을 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3의 결과를 보면 냉각수 온도 별로 약간의 차이는 있으나 초기 시동 후 약 600~750 ms부근에서 당량비가 0.5~0.6정도의 아주 희박한 공연비를 나타내며 이후 약 900 ms까지 급격하게 상승하여 1.7~2.0 부근의 농후한 당량비를 나타낸다. 이후 점

차 감소하여 3,000 ms가 되면 1.5~1.7의 당량비 분포를 나타내고 있다.

Fig. 2와 Fig. 3에서 냉각수 온도가 30°C인 경우에 시동 초기 700~1500 ms동안 다른 냉각수 온도 조건인 경우보다 기관 회전수가 낮은 상태에서 운전이 될 뿐 아니라 기관 회전수와 당량비의 변동이 크게 나타남을 알 수 있다. 이는 냉각수 온도가 낮기 때문에 초기 시동시 분사된 연료가 액체상태로 흡입포트 벽면에 부착되거나 작은 액적의 연료들이 모여 큰 액적을 형성한 후 연소실로 유입되어 기관 제어 장치에서 분사한 연료량이 정확하게 제어되지 못하는 상태를 나타내고 있다. 다른 냉각수 온도조건인 경우에는 750~2,000 ms 동안 냉각수 온도별로 기관 회전수의 차이가 있음에도 불구하고 당량비는 거의 비슷한 값을 나타내고 있어 30°C에서 나타났던 흡기포트로 분사된 연료의 포트 벽면 부착 현상은 크게 나타나지 않음을 알 수 있다.

Fig. 4는 냉각수 온도가 30°C 인 경우의 시동시 연료 분사신호와 당량비 및 연소실의 압력선도를 비교한 것이다. 실험 시작 조건이 4번 실린더의 흡입 상사점이므로 초기 첫 번째 사이클에서는 연료가 분사되지 않은 상태에서 운전이 되며, 첫 번째 사이클의 배기과정 및 두 번째 사이클의 흡입과정에서 분사된 연료가 연소실로 흡입되어 두 번째 사이클의 배기과정이 시작되면서 배기매니폴드에 설치한 UEGO 센서에서 공연비가 측정됨을 알 수 있다. 사이클 별 당량비 변화를 보면 초기 2~4 번째 사이클 동안 당량비가 0.6~1.7로 급격히 변하며, 5~10 번째 사이클 동안 당량비가 1.6~1.9 사이에서 변동을 나타내고 있다. 이후 당량비는 서서히 감소하며 사이클 간의 변동이 점차 감소하는 특성을 나타내고 있다.

Fig. 5는 냉각수 온도에 따른 사이클 별 연료분사 시간을 측정된 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. 냉각수 온도가 증가하면 흡입공기 상승에 따른 밀도 감소로 인해 공기유입량이 감소하므로 연료 분사시간을 감소시킬 수

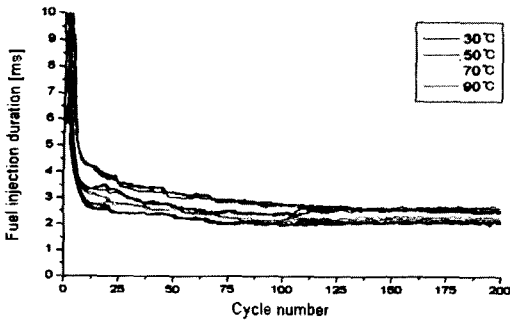


Fig. 5 Fuel injection duration according to coolant temperatures at starting

있다. 그러나 Fig. 3의 결과와 비교해 볼 때 연료 분사량의 변화에 비해 공연비의 변화는 크지 않음을 알 수 있다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 촉매변환기 온도에 따른 HC의 배출

시동 시부터 공회전 상태 동안 배기의 온도, 촉매 변환기 중심의 표면온도 및 냉각수 온도를 측정하여 Fig. 6에 나타내었다. 배기매니폴드가 합쳐지는 지점에서 측정된 배기의 온도는 시동 후 30초가 경과하면서 240°C에 도달한다. 촉매변환기 중간의 표면 온도는 시동 후 150초가 경과하면서 150°C가 되었다. 냉각수 온도는 시동 시 28°C에서 180초가 경과하면서 39°C가 되었다. 이 측정결과를 보면 배기 온도의 상승에 비해 촉매 변환기의 온도와 냉각수의 온도는 상대적으로 느리게 상승하는 것을 알 수 있다.

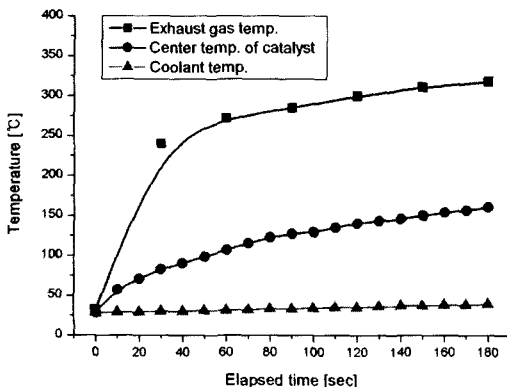


Fig. 6 Temperatures patterns at idle state

이를 근거로 시동 후 기관이 충분히 데워지지 않은 조건에 해당하는 촉매변환기 중간의 표면 온도를 150°C, 200°C 및 250°C로 설정하였다.

촉매 변환기 중간의 표면 온도에 따른 HC의 배출 특성을 확인하기 위하여 촉매변환기 후방에서의 HC의 배출농도를 FRFID의 샘플링 프로브를 통하여 측정하였다. 기관의 냉각수 온도(30°C, 60°C, 90°C)와 촉매변환기의 표면온도(150°C, 200°C, 250°C)에 따라 HC의 배출농도를 각 조건에서 시동 후 50초 동안 3회씩 측정하였다.

냉각수 온도가 30°C일 때 촉매변환기의 표면온도 (150°C, 200°C, 250°C)에 따라 측정된 결과를 Fig. 7~Fig. 9에 나타내었다. 이 측정 결과에서는 시동 시부터 시동 후 5초 동안 고농도의 HC가 배출되며 이후 점차 감소하여 13초~15초 후부터는 HC의 농도는 약 5,000 ppm을 일정하게 유지하고 있다. 또한 이 시간 부근에서 촉매변환기의 온도가 200°C와 250°C인 경우에는 HC의 정화가 일부 이루어지고 있음을 알 수 있다. 촉매변환기의 HC 정화능력은 이론공연비 부근에서부터 희박영역까지 높으며, 농후한 영역에서는 그 정화능력이 낮은 성질을 가지고 있다.

Fig. 7~Fig. 9에서 보면 시동 후 1초 이후부터 15초 동안의 당량비의 변화는 2.0 부근의 아주 농후한 상태에서 약 1.05 정도의 이론공연비 부근에 접근하는 과도 변화특성을 나타낸다. 이는 촉매변환기의 온도가 Light-off 온도에 도달하였다고 하더라도 시동 및 재시동 시 초기의 농후한 공연비 조건에서 생

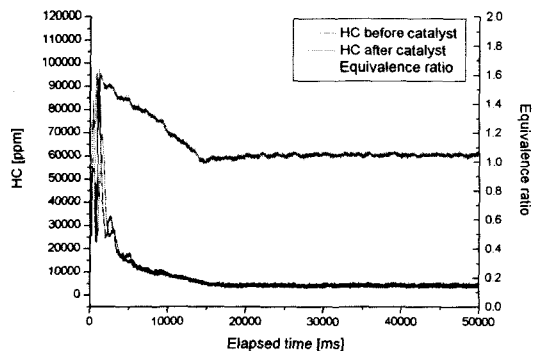


Fig. 7 HC emissions and equivalence ratio during 50 sec after starting at coolant 30°C and catalyst 150°C

## Characteristics of HC Emissions by Starting Conditions in an SI Engine

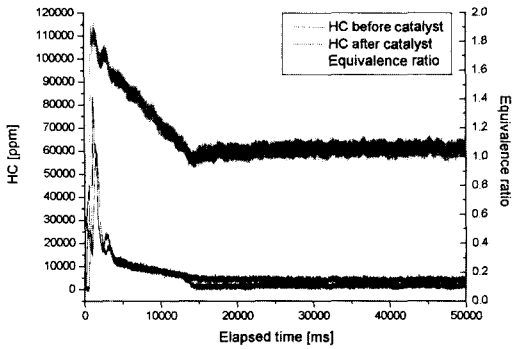


Fig. 8 HC emissions and equivalence ratio during 50 sec after starting at coolant 30°C and catalyst 200°C

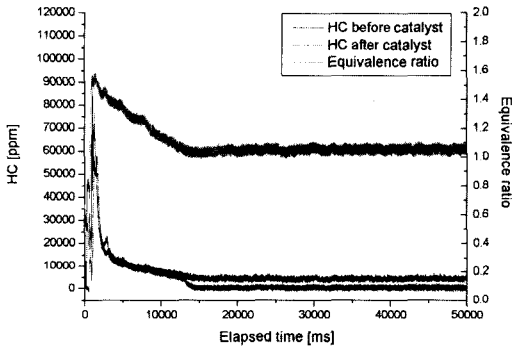


Fig. 9 HC emissions and equivalence ratio during 50 sec after starting at coolant 30°C and catalyst 250°C

성되는 배기는 촉매변환기의 정화능력이 낮은 영역에서 촉매변환기로 배출하게 되어 HC의 산화로 인한 정화가 충분히 이루어지기가 어렵게 된다. 따라서 시동 및 재시동 조건에서는 시동 시부터 13~15초 동안 농후한 공연비 조건에서 생성된 HC은 촉매변환기에서 정화되지 않고 대부분 대기로 방출됨을 알 수 있다.

기관의 냉각수 온도(30°C, 60°C, 90°C)와 촉매변환기의 온도변화(150°C, 200°C, 250°C)의 9가지 조건에 따라 측정된 HC의 평균 배출농도를 Fig. 10~Fig. 12에 나타내었다. HC의 평균 배출농도는 시동 후 15초를 기준으로 분리하여 비교하였다. Fig. 13은 시동 후 15~50초 동안 촉매 전후의 HC 농도로 계산한 촉매의 평균 정화효율을 나타낸 것이다.

Fig. 10은 시동 후 초기 15초 동안 배출되는 HC의 평균배출농도를 나타낸다. 냉각수 온도가 30°C일 때 배출되는 HC의 농도는 촉매온도가 150°C에서

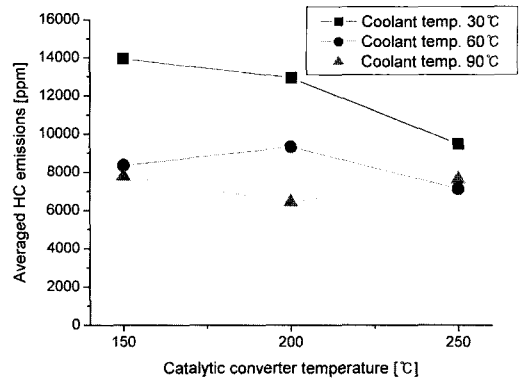


Fig. 10 Averaged HC emissions during 0-15 sec after starting

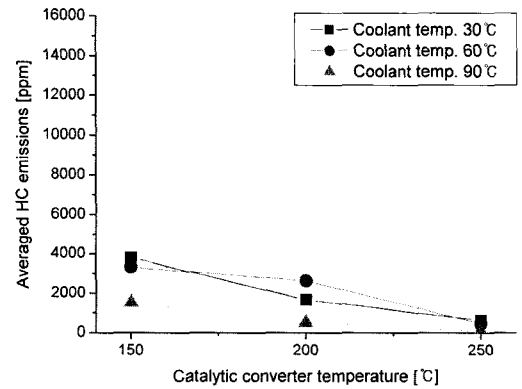


Fig. 11 Averaged HC emissions during 15-50 sec after starting

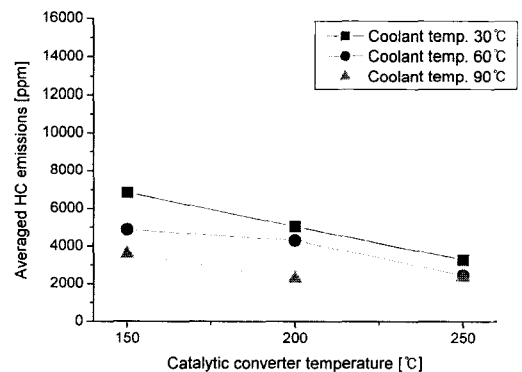


Fig. 12 Averaged HC emissions during 0-50 sec after starting

250°C로 증가함에 따라 14,000ppm에서 13,000ppm, 9,500 ppm으로 감소하는 특성을 보인다. 이는 이 기간 동안 촉매의 온도상승에 의하여 정화능력이 향상

된 것은 아니며 Fig. 7~Fig. 9에서 보는 바와 같이 촉매 변환기의 온도가 상승함에 따라 정화시작 시간이 단축되어 HC의 정화효과가 약 1~2초 동안 계산에 반영되었기 때문이다.

냉각수 온도가 30°C인 조건에서 배출된 HC의 평균 배출농도는 냉각수 온도가 60°C, 90°C인 조건에서 배출되는 HC의 평균배출농도보다 큼을 알 수 있다. 냉각수 온도가 60°C인 경우에는 촉매의 온도에 따라 9,300~7,100 ppm 범위의 HC가 배출되고, 90°C인 경우는 7,800~6,400 ppm 범위의 HC가 배출된다. 냉각수 온도가 60°C와 90°C인 경우에는 이 기간동안 배출되는 HC의 배출농도는 촉매의 정화가 이루어지지 않는 영역이어서 촉매온도와 상관계가 거의 없음을 알 수 있다.

Fig. 11의 경우는 시동 후 15~50초 동안 배출되는 HC의 평균 배출농도로서 차량이 정지상태에서 공회전할 경우 대기로 배출되는 HC의 평균배출농도이다. 촉매변환기의 온도가 150°C이며, 냉각수 온도가 30°C와 60°C인 조건에서는 그 평균 배출농도가 각각 3,800 ppm, 3,300 ppm 정도 배출되어 다른 경우보다 높은 농도의 HC를 배출한다. 촉매변환기의 온도가 150°C이고, 냉각수 온도가 90°C인 경우에는 촉매변환기의 온도가 200°C이고 냉각수 온도가 30°C와 60°C인 경우보다 낮은 HC의 배출 농도를 나타낸다. 이는 촉매변환기의 온도가 150°C에서 200°C로 상승하여 HC가 정화되는 율보다 냉각수 온도 상승으로 인해 연소성능이 좋아짐에 따라 HC가 저감되는 효과가 더욱 크게 나타남을 알 수 있다. 이것은 Fig. 13에서도 알 수 있듯이 냉각수 온도가 90°C, 촉매온도가 150°C인 경우 정화효율이 57% 정도이고 촉매온도가 200°C, 냉각수 온도가 30°C, 60°C인 경우 촉매의 정화효율이 60%, 69% 정도임을 알 수 있다. 촉매가 충분히 워밍업되지 않은 영역에서는 배출가스의 HC농도는 냉각수온도에 더 큰 영향을 받게 됨을 알 수 있다.

촉매온도가 250°C일때 배출되는 HC의 농도는 냉각수 온도가 30°C 경우에는 약 620 ppm, 냉각수 온도가 60°C 경우에는 약 450 ppm, 냉각수 온도가 90°C 경우에는 약 70 ppm 정도를 나타내고 있다.

Fig. 12는 촉매온도에 따라 시동 후 50초 동안 배

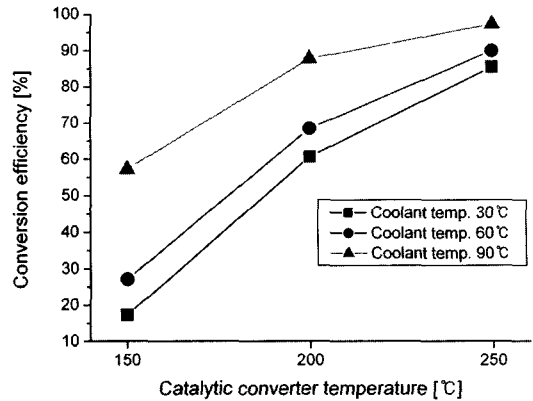


Fig. 13 Conversion efficiency of catalyst during 15-50 sec after starting

출되는 HC의 평균 배출농도를 나타내고 있다. 이 경우는 각 조건에서 재시동시 배출되는 HC의 평균배출농도를 나타내게 된다. 냉각수 온도가 30°C이고 촉매온도가 150°C인 조건에서의 공회전 조건을 기준으로 하면 이 때 배출되는 HC의 평균배출 농도는 Fig. 11에서 나타낸 바와 같이 약 3,800 ppm이 된다. 기관을 재시동하는 조건 중에서 이 기준보다 적게 배출되는 조건을 찾을 경우 이는 재시동시 환경에 나쁘지 않은 영향을 주는 조건임을 알 수 있다. Fig. 12에서 보면 촉매온도가 250°C인 경우와 냉각수 온도가 90°C이며 촉매온도가 150°C 이상인 경우에는 재시동시 배출되는 HC의 평균배출농도가 3,600 ppm 이하로서 기준 조건보다 HC가 적게 배출되어 재시동시 연료 절감효과와 환경에 나쁜 영향을 주지 않는 조건임을 알 수 있다. 따라서 이 영역에서는 공회전정지 기능 장착 차량의 공회전정지 이후 재시동을 허용할 수 있다고 하겠다.

Fig. 13은 촉매온도에 따른 촉매의 정화효율을 나타낸 것이다. 촉매의 정화효율은 냉각수 온도에 따라 차이는 있지만 촉매의 온도에 거의 비례함을 잘 나타내고 있다. 이 결과에서 보면 공회전정지 기능 장착 차량의 재시동을 허용할 수 있는 영역은 촉매 정화효율이 80% 이상이어야 하며 냉각수 온도가 90°C인 경우에는 촉매의 정화율이 57% 이상이거나 촉매의 온도가 150°C 이상인 조건임을 알 수 있다.

### 3.2 연료분사스킵에 의한 HC 저감특성

시동 시 연소실 벽면의 온도를 상승시키게 되면 혼합기에 대한 연소실 벽면 냉각영역의 영향이 작아지게 되어 불완전 연소로 인한 HC의 배출량을 저감시킬 수 있다. 시동 초기에 2번과 3번 실린더는 연소가 되도록 하고, 1번과 4번 실린더에 연료분사를 수회 스킵(Skip)할 경우 2번과 3번 연소실에서는 연소가 일어나고 1번과 4번 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 효과를 확인하기 위하여 냉각수 온도(30°C, 50°C, 70°C, 90°C)별로 연료분사스킵을 1사이클 및 3사이클 1번과 4번 실린더에 적용하였다. 시동 시 배출되는 HC의 배출농도는 시동 후 5초 동안 측정하였고, 각 실험조건 별로 3회씩 수행하였다.

Fig. 14는 냉각수 온도가 90°C인 조건에서 3사이클 연료분사스킵을 적용한 경우 측정된 연소실의 압력선도와 당량비 및 연료 분사신호를 나타낸 것이다. 연료분사 신호를 보면 시동 후 약 1초 부근에서 제 4번째 사이클이 끝나고 5번째 사이클의 흡입과정이 시작되면서 연료분사가 시작됨을 보여주고 있다. 이는 요구하는 3사이클 연료분사스킵 특성을 잘 나타내고 있다. 당량비의 변화는 배기매니폴드가 합쳐지는 지점에 설치한 UEGO 센서로 측정된 값을 나타내고 있다. 연료분사가 스킵되고 있는 2~4

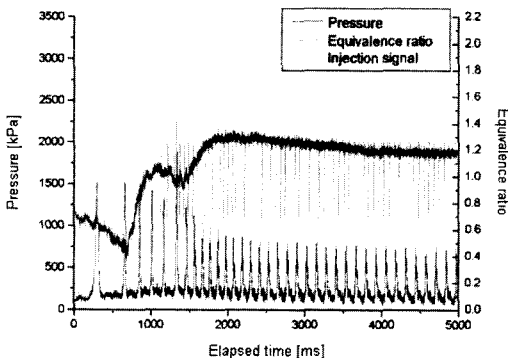


Fig. 14 Equivalence ratio according to fuel injections at 3 cycles fuel skip and 90°C coolant condition

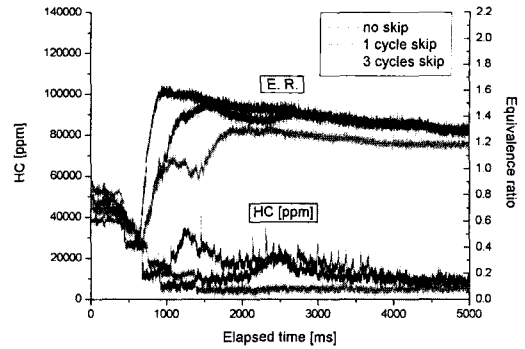


Fig. 15 Effect of fuel skips on HC emissions at starting

번째 사이클에서는 2번, 3번 실린더에 분사된 연료에 의해 0.5~1.0 부근의 당량비가 측정되고 있다.

Fig. 15는 냉각수온도가 90°C일 때 정상적인 연료를 공급하는 No-skip조건과 1사이클 및 3사이클 연료분사 스킵조건을 1번과 4번 실린더에 적용한 경우에 촉매변환기 전방에서 시동 후 5초 동안 측정된 HC의 배출농도와 당량비의 변화를 나타내었다. 이 결과를 보면 연료분사스킵 사이클이 1사이클인 경우에는 정상연료분사 조건인 No-skip에 비해 당량비가 시동 후 약 0.5~2.7초 동안 덜 농후하며 HC의 배출도 크게 감소하고 있음을 알 수 있다.

3사이클 연료분사를 스킵할 경우에는 1사이클 연료분사를 스킵한 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 유지하다 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 많이 감소하고 있음을 나타내고 있다. 이는 앞서 언급한 1번과 4번 실린더의 연료분사스킵 기간 동안 모터링 효과로 인해 실린더 내에 흡입된 공기의 압축 및 온도상승으로 실린더 벽면의 냉각영역이 축소되고 이러한 효과는 연소실 내의 불완전 연소를 줄여줘서 HC의 배출량을 저감시킴을 알 수 있다.

Fig. 16은 냉각수 온도(30°C, 50°C, 70°C, 90°C)별로 연료분사스킵 사이클을 1번과 4번 실린더에 적용한 경우 측정된 시동 시 배출되는 HC의 평균 배출

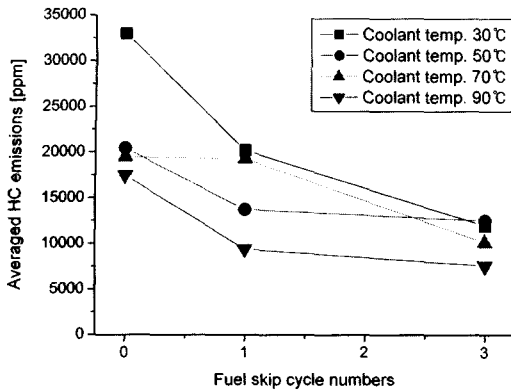


Fig. 16 Averaged HC emissions according to fuel skip cycle numbers

농도를 나타내고 있다. 이 결과에 의하면 냉각수 온도별로 시동초기에 1사이클 동안 연료분사를 스킵할 경우 정상 연료분사조건에 비해 HC의 평균 배출농도가 32~46% 정도 감소하였으며, 3 사이클 동안 연료분사를 스킵할 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.

이에 더하여 연료분사스킵 기법은 냉각수 온도 및 촉매온도에 따라 최적화하여 공회전정지 기능이 있는 차량에 적용할 경우 환경에 나쁜 영향을 주지 않으면서 동시에 연료를 절감할 수 있는 가능성이 있음을 보여주었다.

#### 4. 결론

가솔린 기관의 시동조건에 따른 HC의 저감특성을 분석한 결과들을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 시동 및 재시동 조건에서는 시동 시부터 시동 후 초기 13초~15초 동안 농후한 공연비 조건에서 생성된 HC은 촉매변환기에서 정화되지 않고 대부분 대기로 방출됨을 알 수 있다.
- 2) 냉각수 온도가 30°C이고 촉매온도가 150°C 인 조건에서 공회전 시 배출되는 HC의 농도에 비해 촉매온도가 250°C인 경우와 냉각수 온도가 90°C 이며 촉매온도가 150°C 이상인 경우에는 재시동시 환경에 나쁜 영향을 주지 않고 연료를 절감할

수 있는 조건임을 알 수 있었다.

- 3) 시동 후 5초 동안 측정된 HC의 평균 배출농도는 냉각수 온도별로 시동초기에 1 사이클 동안 연료분사를 스킵할 경우 정상연료 분사조건에 비해 32~46% 정도 감소하였으며, 3 사이클 동안 연료분사를 스킵할 경우에는 정상연료 분사 조건에 비해 약 39~64% 정도의 HC 배출 농도가 저감하는 큰 효과를 얻었다.
- 4) 연료분사스킵 기법은 냉각수 온도 및 촉매온도에 따라 최적화하여 공회전정지 기능이 있는 차량에 적용할 경우 환경에 나쁜 영향을 주지 않으면서 동시에 연료를 절감할 수 있는 가능성이 있음을 보여주었다.

#### 후 기

본 연구는 신라대학교의 2002학년도 교내학술연구비에 의해 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 전합니다. 또한, HC 측정을 위해 FRFID를 사용할 수 있도록 배려해 주신 고등기술연구원의 조남효박사님께 감사를 드립니다.

#### References

- 1) Y. Luan, N. A. Henein, "Contribution of Cold and Hot Start Transients in Engine-Out Emissions," SAE 982645, 1998.
- 2) K. D. Isherwood, J. R. Linna, P. J. Loftus, "Using On-board Fuel Reforming by Partial Oxidation to Improve SI Engine Cold-Start Performance and Emissions," SAE 980939, 1998.
- 3) M. C. Drake, R. M. Sinkevitch, A. A. Quader, K. L. Olson, T. J. Chapaton, "Effect of Fuel/Air Ratio Variations on Catalyst Performance and Hydrocarbon Emissions During Cold-Start and Warm-UP," SAE 962075, 1996.
- 4) K. Kuwahara, H. Ando, "TDC Flow Field Structure of Two-Intake-Valve Engine with Pentroof Combustion Chamber," JSME International Journal, Series B, Vol.36, No.4, 1993.
- 5) C. E. Roberts, R. H. Stanglmaier, "Investigation of Intake Timing Effects on the Cold



**Characteristics of HC Emissions by Starting Conditions in an SI Engine**

Start Behavior of a Spark Ignition Engine,”  
SAE 1999-01-3622, 1999.

6) S. S. Kim, “A Study on Engine-Out HC

Emissions during SI Engine Starting,”  
Transactions of KSAE, Vol.11, No.2, pp.22-30,  
2003.