

## 미연배기가스 점화 기술을 이용한 배기저감

김득상\* · 강봉균 · 양창석 · 조용석

국민대학교 자동차공학전문대학원

### Emission Reduction using Unburned Exhaust Gas Ignition

Duk-Sang Kim\* · Bong-Gyun Kang · Chang-Suck Yang · Yong-Seok Cho

Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received 9 January 2002 / Accepted 29 March 2003)

**Abstract** : UEGI (Unburned Exhaust Gas Ignition) is an alternative method for fast light-off of a catalyst. It ignites the unburned exhaust mixture using two glow plugs installed in the upstream of the close-coupled catalysts. In addition, a hydrocarbon adsorber was applied to the UEGI, for more effective reduction of HC emission. Engine bench tests show that the CCC reaches the light-off temperature faster than the baseline exhaust system and HC and CO emissions are reduced significantly during the cold start. From the vehicle test, it was observed that a few amount of HC emission was reduced even the catalysts were aged. It is expected to develop a solution kit applicable to a new vehicle or used one, to meet the emission regulation

**Key words** : Unburned exhaust gas ignition(UEGI, 미연 배기가스 점화), Emission reduction(배기저감), Cold start(냉시동), CCC(근접 장착 촉매), HCA(미연 탄화수소 흡착기)

#### 1. 서론

현재 지구에서 가장 관심을 가지고 있는 사항은 환경오염 문제이다. 그 중에서도 자동차 배기배출물은 환경오염에 큰 원인으로 지목되고 있다. 이를 해결하기 위하여 전 세계의 배기규제가 강화되고 있으며 세계 자동차 업계와 학회도 이를 만족시키기 위해 획기적인 배기배출물 저감을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 가솔린 직접분사, 희박연소 및 층상급기, 배기 재순환량 최소화 및 정밀한 연료량 제어 또는 대체연료엔진 등의 기술을 적용하여 엔진배출 공해물질을 최소화하고, 배기후처리 기술의 적용을 통하여 차량배출 공해물질을 감소시키는 등 다각도로 연구가 추진되고 있다.

배기후처리기술은 촉매나 필터를 이용하여 배기 가스의 유해배출물을 저감시키는 기술이다. 그러나 미연탄화수소와 일산화탄소는 FTP-75 냉시동 초기에 규제치의 대부분이 배출되므로 촉매를 빠르게 가열하여 촉매의 효율을 높이는 데 연구 초점이 모아져 있다.

촉매를 빠르게 예열시키기 위해 배기다기관에 촉매장치를 바로 부착하는 Close-Coupled Catalytic Converter(CCC) 방식, 촉매에 높은 전류를 공급하는 전기가열방식, 촉매의 상류에 연료와 공기를 별도로 공급하고 연소시키는 After burn 방식, 냉시동 초기 수 초 동안 연소실에서 농후한 혼합기를 연소시키고, 배기관에 2차 공기를 공급하여 이론공연비 근방으로 재조절하여 촉매 입구에서 글로우 플러그에 의해 점화되어 촉매를 가열하는 Exhaust Gas

\*To whom correspondence should be addressed.  
seonghoyoon@empal.com

Ignition(EGI) 방식 등이 개발되었다. 그러나 위의 기술들은 촉매를 빠르게 가열시킨다는 장점이 있으나 촉매의 수명 단축, 추가적인 비용 발생 등의 단점이 있다.

본 연구에서 각 기술들의 장점을 적용한 미연 배기가스점화기술(Unburned Exhaust Gas Ignition, UEGI)과 실차 적용을 위한 UEGI제어 모듈을 개발하였고, 실차 실험을 통하여 UEGI 장치의 성능을 평가 검토해 보고자 한다.

## 2. UEGI 기술의 개요

### 2.1 UEGI 기술의 원리

UEGI 기술은 근접 장착식 촉매(Close-Coupled Catalytic Converter, CCC)에 적용되며, 냉시동 초기에 다량으로 배출되는 차량의 공해물질을 효과적으로 저감시키기 위하여 빠른 시간 내에 촉매가 작동 온도에 이르도록 하기 위해 개발되었다. UEGI는 먼저, 냉시동 직후 수 초 동안 네 개의 실린더 중 두 실린더의 점화신호를 차단함으로써, 점화신호가 차단된 두 실린더가 배기다기관에 장착된 예열플러그(glow plug)에 의해 연소될 연료-공기 혼합기를 공급하는 펌프 역할을 하도록 한다. 실린더 내에서 연소되지 않고 빠져나온 미연혼합기는 연소하기 좋은 조건인 이론공연비 근방의 A/F를 지니고 있으므로 별도의 2차 공기 공급장치 등이 필요하지 않게 되는 장점이 있다. 이 미연혼합기를 CCC의 상류인 배기다기관에 장착된 예열플러그로 점화시켜 촉매 바로 앞에서 연소시킴으로써, 이 연소열로 촉매 전면부를 가열하는 것이다. UEGI는 이를 통해 CCC의 예열 시간을 단축시키게 된다. 또한, 네 개의 실린더 중 점화신호가 차단되지 않은 두개의 실린더에 의해 엔진은 공전상태로 작동된다. UEGI 작동이 수 초 후에 멈추게 되면 점화신호는 다시 연소실의 점화플러그에 인가되어 엔진은 정상상태로 돌아온다.

### 2.2 UEGI 구현을 위한 제어장치

본 연구의 UEGI 장치 및 엔진벤치실험의 개략도는 Fig. 1과 같다. UEGI 작동을 위해서는 먼저, 적당한 제어신호에 의해 점화플러그에 공급되는 점화신호의 차단 및 연결이 필요하다. 또한, 미연 배기가스

의 점화를 위해 예열플러그를 작동시킬 신호가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 ECU에 입력되거나 ECU에서 출력되는 신호를 별도의 제어모듈로 보내고, 이 제어모듈에 의해 적절히 수정된 신호를 UEGI 장치에 보내어 엔진이 작동되도록 하였다. 이 제어모듈은 외부의 PC에서 공급하는 D/A 신호에 의해 작동되도록 한다. Fig. 2에서 UEGI 제어모듈과 시스템 개략도를 보여준다. 제어모듈은 트리거 신호를 통해 점화플러그의 연결 및 차단, 예열플러그의 연결 및 차단을 제어하게 된다.

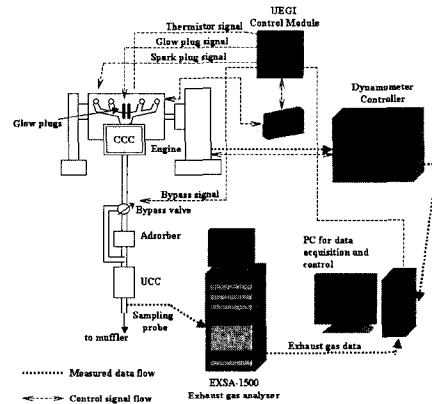


Fig. 1 Schematic diagram of UEGI and HCA system

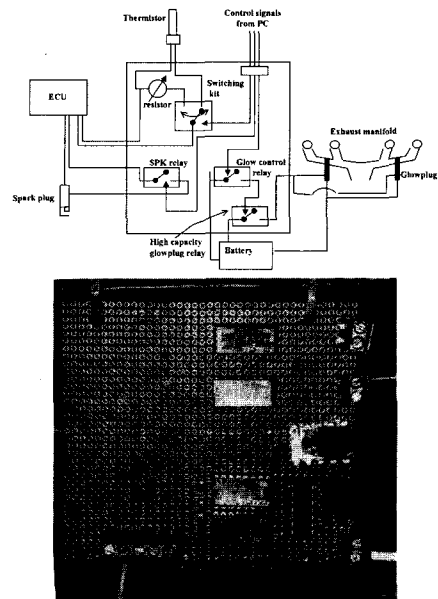


Fig. 2 Schematic diagram and photograph of UEGI control module

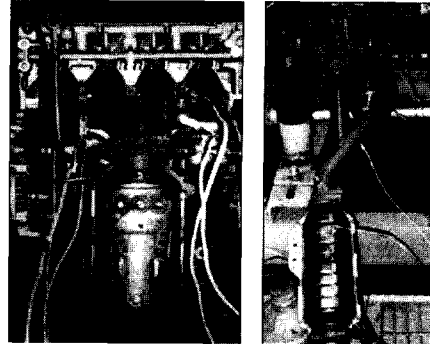
시동 직후에 ECU는 엔진의 예열을 촉진하기 위해 공연비를 약간 농후한 상태로 연료분사량을 결정한다. 그러나 UEGI에 의해 촉매는 초기에 빠르게 가열되었으므로, 이러한 농후상태보다는 이론공연비 근방에서 엔진이 작동되는 것이 촉매의 예열에는 보다 효과적이다. 물론 엔진의 예열은 보다 둔화되어 미연성분의 배출이 증가될 수는 있으나, 촉매 내에서의 산화반응이 보다 촉진되어 전체적인 정화 성능에는 더 유리할 것으로 보인다. ECU는 엔진의 예열시 공연비를 수온센서 신호에 의존하여 현재의 냉각수 온도와 공연비 제어범위를 결정한다. 본 연구에서는 제어모듈을 통해 이 수온센서 신호를 조절하며 공연비가 시동 후 빠르게 이론공연비 근방에 설정되도록 조정된 값을 ECU로 보내도록 하였다. 결국 제어모듈은 외부 제어신호에 기초하여 엔진의 스파크점화 신호, 예열플러그 및 수온센서를 조작하여 UEGI를 작동시킨다.

### 3. 엔진 벤치 실험장치 및 실험조건

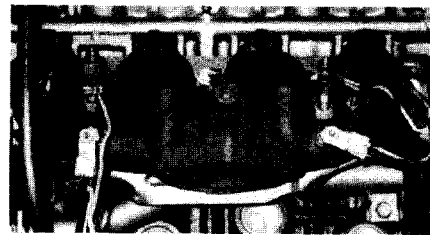
#### 3.1 실험장치의 구성

실험용 엔진으로는 배기량 1975cc, 4 실린더, 16 밸브(DOHC)인 가솔린 엔진을 사용하였으며, 연료 분사방식은 PFI(Port Fuel Injection) 방식이다. Fig. 3은 엔진 벤치 실험을 위해 UEGI시스템이 엔진에 장착된 모습, 배기다기관에 장착된 예열플러그의 모습과 미연 배기가스가 예열플러그에 의해 점화되어 연소되는 모습을 보여준다. 배기다기관은 출구 상류 40mm 부근에서부터 2, 3번 분기관과 1, 4번 분기관이 격벽으로 서로 분리되어 있는 형상으로 설계되어 있다.

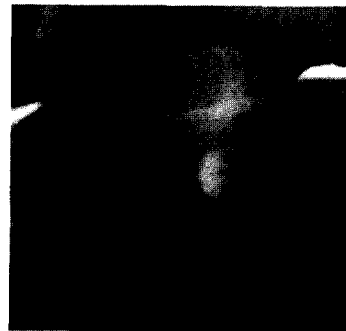
Fig. 3의 (c)사진은 각 예열플러그에 공급된 미연 배기가스의 점화 및 연소가 원활한가를 확인하기 위해 CCC를 분리시킨 상태에서 화염을 관찰한 것이다. 실제 촉매를 연결한 상태에서는 이와 같은 화염을 가지적으로 관찰할 수 있는 적절한 방법이 없으나, 촉매 담체 입구에서의 배기가스 온도를 측정하여 비교해 봄으로서 화염발생을 확인하고자 하였다. 또한 촉매의 부착으로 인해 배기배압이 증가하게 되면 촉매가 없는 Fig. 3(c)와 같은 경우에 비해 배기가스의 배출 유속이 낮아질 것으로 보이므로 화



(a) CCC, bypass valve, HCA and UCC



(b) Glowplugs



(c) UEGI flame

Fig. 3 Photographs of UEGI system and flame

염의 안정성은 오히려 더 좋아질 것으로 생각된다.

UEGI 제어모듈에 의해 점화장치는 엔진 시동 후 일정시간 동안 1, 4번 실린더에 점화신호를 공급하지 않게 된다. 이에 따라 1, 4번 실린더에서 연소되지 않고 그대로 배출되는 미연 혼합기는 배기다기관에 설치된 예열플러그에 의하여 점화, 연소된다.

배기가스의 HCA(Hydro-Carbon Adsorber) 통과여부는 HCA 전면으로부터 50mm 상류에 설치되어 있는 바이패스 밸브에 의하여 결정된다. HCA의 바이패스 시스템은 냉시동 초기에 다량 배출되는 HC를 흡착하고, UCC(Underfloor Catalytic Converter) 내부

의 담체가 작동온도에 충분히 도달하기까지 배기가스를 HCA를 통과하지 않고 UCC로 바이패스시키기 위해 사용된다.

배기가스의 농도는 Horiba EXSA-1500 배기가스 분석기를 이용하여 UCC 하류 250mm 위치에서 측정되었다. 열전대에 의하여 측정된 온도와 배기가스 분석기에 의하여 측정된 배기가스 농도 데이터는 자료획득장치(Data Acquisition Module)를 거쳐 Labview 프로그램에 의해 가시화되며 0.5초 단위로 컴퓨터에 자동으로 저장된다.

### 3.2 엔진 벤치 실험조건

Fig. 4는 UEGI 성능 확인을 위한 엔진벤치실험의 조건을 요약한 것이다. Baseline case에서는 엔진이 정상적으로 냉시동된 후 공전상태로 유지된다. 반면, UEGI case에서는 엔진 냉시동 직후 8초 동안 UEGI가 적용된다. 이 때 제어모듈은 스파크점화신호 차단 및 예열플러그 작동신호를 발생시킨다. 8초 후에 스파크신호는 정상 상태로 돌아오고 예열플러그의 작동은 종료된다. 또한, 이때부터 수온센서의 신호는 엔진이 충분히 예열된 것과 같은 80°C의 값이 ECU에 공급되어 A/F는 이론공연비 근방으로 조절된다.

UEGI+HCA case는 UEGI case와 동일한 실험조건으로 진행된다. 다만 FTP-75의 냉시동 모드 실험의 경우에는 시동 후 약 30초 이내에 주행에 들어가게 되어 고온의 배기가스가 UCC의 예열을 빠르게 하나, 엔진벤치실험의 경우에는 다이내모미터를 통해 FTP와 같은 조건을 재현할 수 없는 문제가 있다. 따라서 FTP모드 실험과 유사한 조건을 벤치에서 얻어내기 위하여 시동 후 30초 동안은 공회전 상태로 두

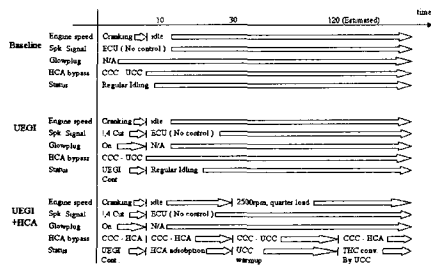


Fig. 4 Engine control scheme of baseline, UEGI and UEGI+HCA cases

되, 이 때의 배기가스는 HCA를 통과하며, UEGI 적용 기간 동안 과다 배출되는 HC를 흡착하도록 한다. 30초 경과 이후에는 엔진 회전속도 2500rpm, 토크 기준으로 1/4 load 조건에서 엔진을 운전시킨다. 즉 FTP에서와 같은 부하조건을 근사화하여 재연한다. 이 때에는 바이패스 밸브를 작동하여 배기가스가 HCA를 통과하지 않고 UCC로 직접 유입되도록 함으로써 UCC의 온도를 상승시키도록 한다. UCC 내부의 담체온도가 light-off 온도가 되면 바이패스 밸브를 전환시켜 배기가스가 HCA를 통과하도록 하며, HCA가 초기에 흡착하였던 HC를 방출하여 후방에 위치한 UCC 촉매에 의해 정화되도록 한다.

## 4. 엔진 벤치 실험결과

### 4.1 촉매의 예열성

Fig. 5는 UEGI 적용시의 엔진 회전속도, 배기가스 온도 및 CCC 담체의 온도 변화 추이를 보여주고 있으며, Fig. 6에서는 Baseline 및 UEGI 실험조건에 대한 배기가스와 CCC 담체의 온도변화를 비교할 수 있다. Fig. 5에서 보듯이 시동시에 스파크신호 2개를 차단한 상태에서 시동이 진행되므로 초기의 엔진 회전속도는 2번의 피크를 보이면서 불안정한 모습을 잠시 나타낸다. 그러나 그 이후에는 UEGI 제어가 종료되고 엔진은 정상적인 안정된 회전속도를 보이고 있다. 따라서 스파크신호 차단에 의한 시동시의 불안정성 또는 시동 실패의 우려는 크지 않음을 확인하였다. Fig. 6에서는 시동이후 배기가스 온도변화 곡선이 Baseline에 비해 UEGI에서 현저히 급격한 경사를 보이면서 상승하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 급격한 온도 상승은 초기 UEGI 제어에 의한 배

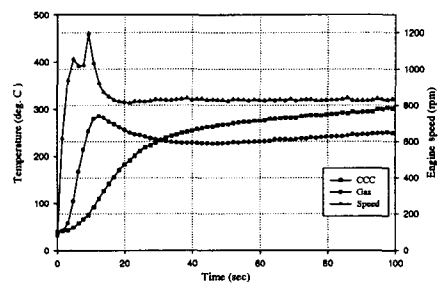


Fig. 5 Engine speed, exhaust gas temperature, and CCC temperature of UEGI case

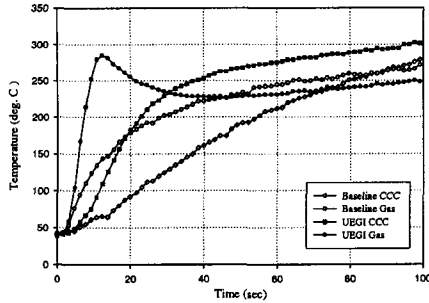


Fig. 6 Comparison of exhaust gas and CCC temperatures between Baseline and UEGI cases

기가스 점화에 기인하는 것이며, 이러한 부가적 열원에 의해 촉매의 예열을 가속시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

각 경우에서 배기가스 온도곡선과 CCC 온도곡선이 교차되는 **crossover point**가 관찰되는데, 이 지점 이후에서는 촉매의 온도가 촉매가열원인 배기가스 온도보다 높아지게 된다. 이 사실은 촉매 내에서의 화학반응, 특히 HC 및 CO의 산화반응이 활발하게 일어나기 시작하여 촉매 내에서 열이 생성된다는 것을 의미한다. 결국, 시동시에는 연소된 미연 배기가스가 저온의 촉매를 가열하다가 **crossover point** 이후부터 촉매반응이 활발해지는 것을 의미하므로 이 교차점이 촉매의 **light-off**에 상응하는 현상을 나타낸다고 판단된다. 실험 결과, 시동 이후 **idling**을 계속 할 경우 **Baseline case**는 약 84초, **UEGI case**는 약 29초 만에 **crossover**에 도달하는 결과를 얻었다. 물론 **FTP-75**와 같은 **mode test**에서는 시동 후 곧 부하영역으로 운전되므로 **light-off**는 더욱 빨라지리라 예상되지만, 동일한 조건하에서 비교한 이 실험결과에서 보듯이 **UEGI**가 **crossover point**를 앞당기고 촉매의 **light-off**를 단축시키는 데에 아주 효과적임을 알 수 있다. 즉, **UEGI**를 작동시킨 경우에는 예열플러그에 의한 미연 배기가스의 연소로 시동 초기의 배기가스의 온도가 높아지게 되고, 결과적으로 **CCC** 담체 전면부의 온도를 빨리 정상작동 온도에 도달하게 한다. 또한, **UEGI** 작동이 끝난 이후에 배출된 배기가스는 이미 작동온도 이상으로 예열된 담체의 전면부에서 산화되면서 담체의 추가적인 온도상승을 돕게 되고 **light-off**를 촉진시킨다.

### 4.3 배기가스 저감

Fig. 7은 **Baseline**과 **UEGI**에 대한 **HC** 배출 및 **AFR** 값을 나타낸다. 먼저 **AFR**의 경우, **Baseline** 및 **UEGI**의 경우 모두 시동 초기에 12.8~13.2 정도의 농후한 영역에서 엔진이 작동된다. 시동 이후에는 **Baseline**의 경우 약간 농후한 영역에서 계속 엔진이 작동되면서 수온센서 값에 따라 엔진의 예열성이 판정되어 점차 이론공연비 근방으로 **AFR**이 변화되어 가는 것을 볼 수 있다. 그에 비해서 **UEGI**의 경우에는 초기 화염에 의해 촉매의 전면부가 가열되어 있는 상태이나, 이 상태에서 더욱 촉매의 반응을 활성화하여 촉매온도를 높이기 위해서는 산화반응이 촉진될 수 있는 조건, 즉 **Baseline**에 비해 보다 희박한 상태로 운전되는 것이 좋다. 이를 위해 **ECU**가 **AFR**를 조절하는데 주요한 지배인자인 수온센서의 신호가 제어모듈에 의해 강제적으로 조정되며, 이 조정된 신호가 **ECU**에 공급되면서 보다 희박한, 즉 이론공연비 근방으로 빠르게 제어되어가는 과정을 볼 수 있다.

이러한 변화가 이루어지는 시동 후 30초 근방에서 Fig. 5에서 본 바와 같이 촉매온도는 배기가스 온도와 **crossover**되며, Fig. 8에서 보듯이 **UEGI**의 **HC** 배출량이 **Baseline**보다 낮아지게 되는 사실을 관찰하였다.

위의 그림을 통해 **UEGI**의 실제 배기가스 저감 성능을 검토할 수 있다 먼저 **Region A**에 해당하는 부분은 **UEGI** 작동을 통해 **Baseline**에 비해 **HC** 배출이 증가되는 부분으로, 이러한 증가는 두 실린더에서의 연소 차단 및 예열플러그에서의 연소 불안정에 의한 것으로 볼 수 있다. 또한 **Region B**는 **UEGI**에 의

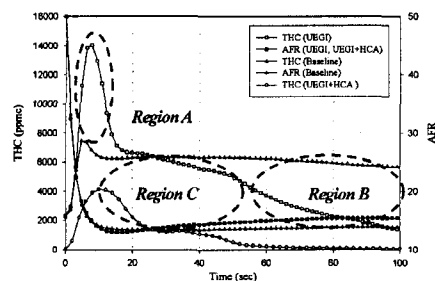


Fig. 7 Comparison of AFR and HC concentration change between baseline and UEGI tests

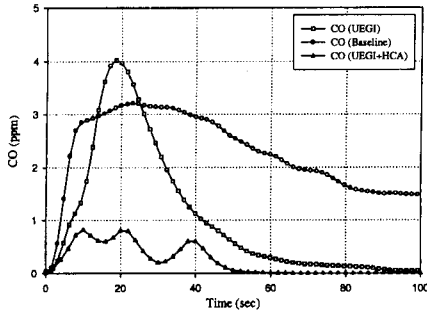


Fig. 8 Comparison of CO concentraion between baseline and UEGI tests

한 예열시간 단축으로 Baseline에 비해 HC 배출이 줄어드는 부분이다. 이 두 부분의 면적은 결국 각 영역에서의 HC 배출량에 해당하고, UEGI의 배출가스 저감 성능은 결국 이 두 영역 크기에 대한 경쟁관계로 볼 수 있다. 위와 같은 엔진벤치실험 결과에서는 이 시간동안 두 면적의 차이가 약 20% 정도로 나타났으나, 이 값은 절대적 효과로서의 의미는 약한 것으로 생각된다. 왜냐하면 차량 배기가스 측정을 위한 FTP-75 모드시험의 경우 시동 후 30초 이내에 엔진에 부하가 걸리게 되므로 UEGI에 의한 예열시간이 단축되어 Region A의 시간방향 폭이 감소될 것으로 보인다. 그러나 Baseline의 입장에서 보면, 부하 운전전에 의해 연소실 내의 연소성이 좋아지고 촉매의 예열시간도 단축될 것이므로 Region B에서 배출되는 Baseline case의 HC도 많이 감소될 것으로 사료된다. 따라서 UEGI의 효과를 극대화하기 위해서는 이러한 경쟁상태의 최대변수인 Region A의 HC 배출량을 최대한 저감해야 하며, 이를 위해서는 시동 초기의 HC를 포집하기 위한 HCA가 필요하게 된다. UEGI 와 HCA를 동시에 적용한 경우, Fig. 7에서와 같이, Region A 및 Region C에서 배출되는 HC는 HCA에 흡착되어, 결과적으로 매우 적은 양의 HC만이 배출되고 있는 것을 볼 수 있다.

Fig. 8은 CO에 대한 저감효과를 나타내는 그래프이다. HC의 경우와 마찬가지로 초기의 1차 피크는 UEGI에서 더 높게 나타나나, UEGI의 촉매가 예열된 이후에는 급속히 감소하여 전체적으로 Baseline에 비해 상당한 저감을 보이고 있다. 또한 UEGI 와 HCA를 동시에 적용한 경우에는 더욱 급격히 감소된다는 사실을 확인할 수 있다. 이는 HC의 양이 크

게 줄어들어 상대적으로 CO가 산화하게 되는 비중이 커지기 때문으로 생각되며 그 구체적인 근거를 파악하기 위한 연구가 추가로 진행될 계획이다.

## 5. 실차 실험장치 장치 및 조건

### 5.1 실험 장치

실험을 위해 배기량 1975cc, 4실린더 16밸브 (DOHC) 복미수출용 아반떼 모델을 사용하였다. Fig. 9 및 Fig. 10은 실차 실험을 위해 설치된 글로우 플러그, 차체 하부에 장착된 HCA와 바이패스밸브, 제어모듈 작동과 각종 신호 수집을 위한 외부 컴퓨터를 보여준다.

Fig. 9에서 보듯이 산소센서의 위치가 2,3번 배기다기관쪽 격벽위로 이동되어 있다. 일반적으로 산소센서는 배기다기관 끝부분의 양 옆쪽, 즉 1,4번 배기관 끝부분에 부착되는데, 예비실험 결과 이 위치에서 UEGI를 구동할 경우, 시동시의 연료 공급이 매우 불안정해지는 것이 관찰되었다. UEGI를 작동하지 않은 경우의 시동시 공연비는 약 12.5~13 정도까지 농후하게 된 후 이론공연비에 접근하는 반면, UEGI를 작동한 경우 11 근방까지 농후하게 나타나는 경우가 관측되었다. 이것은 UEGI가 1,4번 실린

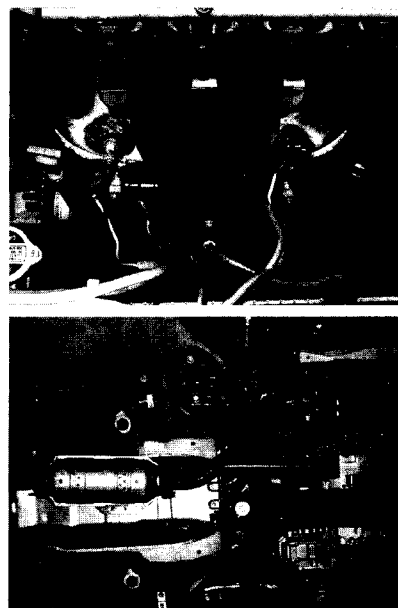


Fig. 9 UEGI system installed on test vehicle

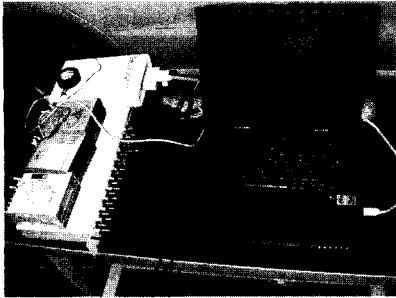


Fig. 10 Photograph of data acquisition and control module

더의 연소실에서 연소를 차단하였기 때문에 배출성분에 미연연료가 다량 존재하지만, 그와 더불어 반응에 관여하지 않은 산소도 다량 존재하게 되고, 이 산소에 의해 산소센서가 엔진상태를 희박연소로 판정하여 생기는 것으로 생각된다. 따라서 이러한 효과를 줄이기 위해 UEGI용 배기다기관에서는 산소센서의 위치를 2,3번 실린더의 후류에 장착하였다.

배기배출물의 측정에는 Pierceberg의 constant volume sampler와 샤시 다이내모를 사용하여 각 모드별 배출량을 분석하였고, 연속적인 배기분석을 통해 초기 냉시동 구간의 모달 배기가스 배출 데이터를 측정하였고, 배기 측정 모드는 FTP-75 mode 를 사용하였다.

## 6. 실차실험결과

### 6.1 UEGI의 촉매 예열성

Fig. 11은 실차에서 UEGI적용시와 Baseline 의 배기가스와 CCC담체의 온도 변화율을 보여준다. 실차실험에서도 엔진의 벤치 테스트와 마찬가지로 UEGI 적용시 배기가스와 CCC 담체의 온도 변화의 곡선이 Baseline에 비해 급격하게 상승하였다. 엔진 실험에서 비교의 기준으로 사용하였던 crossover를 관찰해 보면 Baseline에서 약 45초, UEGI에서는 약 38초로 UEGI가 촉매의 예열성을 향상시키는 효과를 나타내는 점에서는 명확하다고 할 수 있다. 다만 엔진실험의 경우보다 그 효과가 크지 않게 보이는 것은, 실차의 FTP모드 시험에서는 시동 후 20초에 이미 가속 구간에 진입하기 시작하여 엔진 내부의 연소가 활발해지고 이에 따라 배기가스의 절대온도가 엔진실험에 비해 높기 때문에 Baseline에서도 급

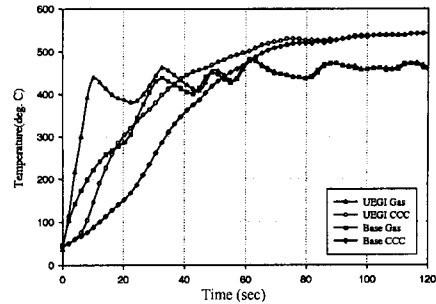


Fig. 11 Comparison of s/exhaust gas and CCC temperature between baseline and UEGI case in a vehicle test

방 촉매가 예열될 수 있기 때문이다. 그러나 이러한 crossover 시간 뿐만 아니라 이 때의 촉매 자체의 온도를 기준으로 생각한다면, 엔진실험에서 UEGI의 crossover 온도는 약 250℃ 인 반면 실차실험에서의 crossover 온도는 약 440℃ 정도로 월등히 높은 것을 알 수 있다. 또한 UEGI 실차실험에서 촉매가 250℃ 이상의 온도가 되는 데에는 20초가 채 걸리지 않는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 UEGI기술을 적용할 경우 baseline에 비해 빠르게 촉매의 예열을 진행할 수 있으며 촉매의 빠른 light-off 도달에 높은 기여를 하는 것으로 생각할 수 있다.

### 6.2 배기배출물 저감

Fig. 12는 Baseline과 UEGI에 대한 THC 배출을 보여준다. 이 그림에서는 Baseline과 UEGI의 THC의 배출을 비교해 보았다. 엔진의 벤치시스템의 결과와 마찬가지로 유사한 결과가 나왔다. UEGI는 초기에 1,4번 실린더에서의 연소가 없기 때문에 초기의 THC 최대값은 오히려 Baseline보다 높게 될 수 있다. 이를 최대한 억제하기 위해 저온에서 탄화수소를 흡착하는 HCA를 적용한 것이며 이 결과 상당한 THC의 저감이 가능함을 확인한 바 있다. 그러나 실차실험의 경우 초기의 최대치가 거의 차이가 나지 않고 있는데, 이것은 각 실험장비의 노후와 같은 이유에 따른 것으로 추정된다. 먼저 엔진실험에 사용된 엔진과 실차 실험에 사용된 엔진의 노후 정도가 다른 점, 그리고 HCA의 포집능력이 감소한 점 등의 이유인 것으로 생각된다. 그러나, Baseline의 경우 시동에 의한 1차 피크와 엔진부하에 의한 2차 피크 후 지속적으로 THC가 배출되어지나, UEGI 적용시

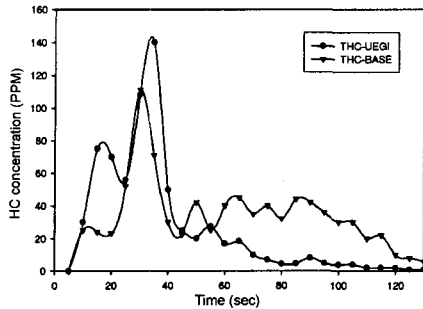


Fig. 12 Comparison of HC concentration change between Baseline and UEGI cases in a vehicle test

UEGI의 화염에 의해 촉매의 예열시간 단축으로 인하여 시동초기 THC의 배출량은 많으나 후기 THC의 배출이 빠르게 정화되었다.

아래의 Table 1에서 Baseline과 UEGI의FTP-75 Phase 1 단계의 THC, NMHC의 배출을 보여준다.

Table 1 THC and NMHC emission of baseline and UEGI case at the cold transient phase of FTP-75

조건	Baseline		UEGI	
	THC	NMHC	THC	NMHC
Phase 1(g)	1.272	1.163	1.014	0.897
Phase 1(g/mile)	0.0738	0.0675	0.0589	0.0521

위의 Table에서 보이는 바와 같이 시동초기 HC의 저감은 총량(g)으로 보았을 때, THC의 경우 약 20.28%, NMHC의 경우 22.87%의 저감을 보였다. 마일당 배출량(g/mile)을 비교하였을 때는 20.19%, 22.81%의 저감을 보였다. 그러나, 이 값들은 촉매의 aging 상태에 따라 저감 능력에 많은 영향이 있을 것으로 보이며 FTP 테스트 조건에 부합되게 aging 된 촉매를 사용한다면 그 값이 더욱 클 것으로 기대된다.

### 7. 결론

촉매장치의 반응시간을 앞당기기 위한 여러 가지 방안 중 배기가스 점화기술에 대하여 연구하여 UEGI 기술을 개발하였으며, UEGI 작동 초기에 다량으로 배출되는 HC를 흡착하기 위하여 HCA를 동시에 적용하였고, 실차에서 UEGI의 안정적인 제어를 위해 제어모듈을 구축하였다. UEGI 기술 및 제어

모듈을 엔진 벤치 및 실차에 적용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) UEGI의 기술을 엔진 벤치 테스트 및 실차실험에 적용하여 빠른 촉매온도 상승과 배기가스의 저감을 얻을 수 있었다.

2) UEGI의 안정적 제어를 위한 제어모듈 및 알고리즘을 구성하였고, 이를 통해 반복적이고 안정적인 촉매온도 상승 및 배기가스 저감효과를 얻을 수 있었다.

3) 탄화수소 흡착기(HCA)를 이용하여 UEGI 작동 초기에 배출되는 HC의 양을 감소시켜 전체적인 HC의 배출량을 대폭 저감할 수 있었다.

4) 실차 실험시 Baseline과 비교하여 UEGI적용시 약 23%의 THC 저감 효과를 얻었다. 촉매의 aged 상태에 따라 그 저감 효율은 상승할 것으로 보인다.

UEGI를 통하여 엔진 벤치 및 실차에서도 냉시동시 초기의 촉매 예열성 향상 및 배기저감을 높일 수 있었다. 이후 HCA와 UCC의 기능이 합쳐진 Hybrid 촉매의 연구를 통한 양산 적용시 배기저감 및 비용 절감에 좋은 결과를 얻을 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 현대자동차(주)의 지원하에 국민대학교 자동차공학전문대학원 열기관실험실의 연구과제로 수행된 것임을 알립니다.

### References

- 1) K. Nishizawa, S. Momoshima, M. Koga, H. Tsuchida, "Development of New Technologies Targeting Zero Emissions for Gasoline Engines," SAE 2000010890, 2000.
- 2) T. Ma, N. Collins, T. Hands, "Exhaust Gas Ignition(EGI)-A New Concept for Rapid Light-off of Automotive Exhaust Gas Catalyst," SAE 920400, 1992.
- 3) D. Eade, R. G. Hurley, B. Rutter, G. Inman, and R. Bakshi, "Fast Light-Off of Underbody Catalysts Using Exhaust Gas Ignition(EGI)," SAE 952417, 1995.
- 4) Y. S. Cho, S. Y. Jung, D. K. Song, "Warmup Characteristics of Catalysts with Cranking Ex-



- haust Gas Ignition Technique," Spring Conference of KSAE, Vol.I, 99380023, 1999.
- 5) S. Y. Jung, D. K. Song, Y. S. Cho, J. Y. Chun, J. W. Choi, D. S. Kim, "A Study of Exhaust Emission Reduction Using Cranking Exhaust Gas Ignition Technology and a Hydrocarbon Adsorber," Proceedings of the KSME 1999 Fall Annual Meeting, Vol.B, pp.753-758, 1999.
- 6) S. Yamamoto, K. Matsushita, S. Etoh, M. Takaya, "In-line Hydrocarbon(HC) Adsorber System for Reducing Cold-Start Emissions," SAE 2000010892, 2000.
- 7) 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.