

HSDI 디젤엔진의 현재와 미래

What will be the Future of HSDI Diesel Engines ?



최 규 훈 · 현대자동차 부장
Choi, Kyu Hoon · Hyundai Motor Company

1. 서문

과거 디젤 엔진은 우수한 연비에도 불구하고 가솔린 엔진에 비해 낮은 비출력, NVH 열세 등으로 인하여 그 적용 범위가 상용 차량에 국한되었다. 그러나 1980년대말부터 연료 분사계의 기술 발달로 인한 분사 압력의 고압화와 티보 차저 및 인터쿨러 적용의 일반화 등 과급 기술의 발달로 고속 직접 분사(High Speed Direct Injection, HSDI) 디젤 엔진의 비출력 및 연비가 크게 향상되었고 최근에는 파일럿 분사가 가능한 커먼 레일 분사계의 적용으로 디젤 엔진의 가장 큰 취약점인 NVH 수준이 비약적으로 개선되면서 서유럽 시장에서는 최근 디젤 승용차의 시장 점유율이 폭발적으로 증가하고 있다.

여기서는 출력, 연비 및 NVH 측면에서 HSDI 디젤 엔진의 현 개발 수준을 살펴보고 향후 적용될 것으로 기대되는 신기술을 통해 달성 가능한 수준을 예측함으로써 HSDI 디젤 엔진의 종합적인 상품성 향상 가능성을 고찰해 보고 EURO-III/IV 및 북미 TIER 2 등의 강화 배기 규제에 대응하기 위한 디젤 엔진의 연소 특성 개선 및 배기 가스 후처리 장치의 개발 동향에 대해 간단히 소개하도록

하겠다. 또한 기후변화협약 및 온실 가스 배출 규제의 일환으로 서유럽 승용차 시장의 중요 현안으로 대두되고 있는 이산화탄소 배출량 규제에 대응할 수 있는 유력한 방안으로서의 디젤 엔진의 적용 확대 가능성을 살펴보고, 마지막으로 21세기 자동차 업계의 경쟁력을 구성할 핵심 요인인 디젤 엔진 개발 기술에 우호적인 환경이 국내 시장에 조성되기를 바라는 필자의 제언을 몇마디 덧붙이고자 한다.

2. HSDI 디젤엔진의 현 주소

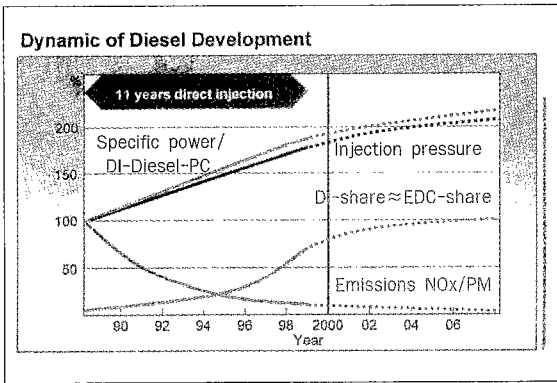
2.1 연료분사장치 개발동향

(Fuel Injection Equipment, FIE)

디젤 엔진 특히, HSDI 디젤 엔진의 성능 및 배출물 향상의 원동력은 연료 분사 압력으로 디젤 엔진 개발의 역사는 연료 분사 장치의 고압화를 위한 기술 개발의 역사와 그 궤를 같이 한다고 할 수 있다. HSDI 디젤 엔진이 본격적으로 상용화되기 시작한 것은 1980년대말부터이나 연료 분사 장치의 고압화에 힘입어 출력 및 배출물 측면에서 비약적인 향상이 이루어졌다. <그림 1>은 HSDI 디젤 엔진 양산 초기 출력 및 배출물 수준을 기준으로 현

특집 디젤엔진

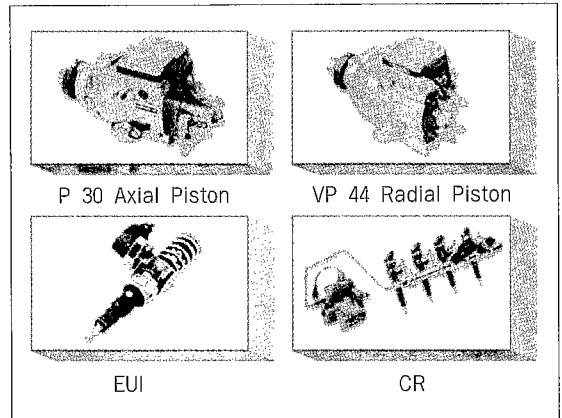
제 수준 및 향후 예상치를 도식적으로 나타낸 것으로 양산 초기에 비해 약 80% 정도 증가된 연료 분사 압력으로 인해 출력은 초기 HSDI 디젤 엔진에 비해 거의 2배 수준, 배출물은 10% 수준으로 향상되었음을 알 수 있다. 또한 향후 지속적으로 증대할 것으로 예상되는 연료 분사 압력의 증대 및 과급 장치 등의 기술 발달로 추가적인 출력 증대 및 배출물 향상이 가능할 것으로 예상되어 디젤 엔진의 미래 지향성을 보여주고 있다.



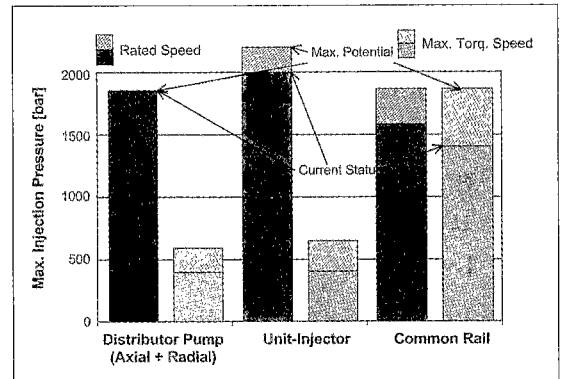
〈그림 1〉 HSDI 디젤 엔진의 성능 및 배출물 개발 추세 (MTZ 특집, 10 Jahre TDI, 1999)

HSDI 디젤 엔진용 연료 분사계의 고압화와 병행하여 이루어진 주요한 기술적인 진보는 분사계의 전자 제어화로 연료 분사량, 분사 시기 등 연료 분사 관련 변수의 최적 제어를 통한 출력 및 배출물 감소가 가속화되었다. 〈그림 2, 3〉에는 HSDI 디젤 엔진에 현재 적용되고 있는 주요 연료 분사계와 각 분사계에서 가능한 최대 분사 압력을 나타내었다.

현재 HSDI 디젤 엔진용 연료 분사계의 주류는 기존의 분배형 펌프 시스템으로부터 파일럿 분사가 가능하고 분사 관련 변수의 제어 자유도가 높은 커먼 레일 시스템으로 급격히 바뀌고 있는 추세이며 FIE 공급 회사들은 2004년경에 커먼 레일 시스템에서 기존의 솔레노이드 밸브 대신 Piezo Stack을 사용한 시스템의 양산을 발표하여 디젤



〈그림 2〉 HSDI 디젤 엔진의 주요 연료 분사 시스템 (BOSCH 기술 자료)



〈그림 3〉 주요 연료 분사계의 분사압 비교

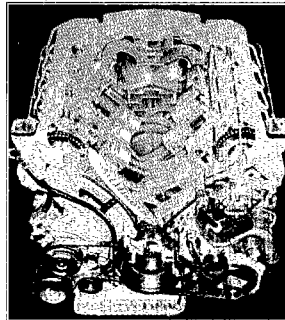
엔진 연료 분사계에 또 한번의 기술 혁신이 이루어질 것을 예고하고 있는데 새로운 시스템은 1,800bar의 최고 분사 압력과 함께 다수의 파일럿 및 후분사(Post Injection)가 가능하고 분사율 조절이 가능하여 출력 및 배출물을 크게 향상시킬 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다.

2.2 HSDI 디젤 엔진의 열 수축

HSDI 디젤 엔진의 양산 초기에는 상대적으로 낮은 연료 분사 압력과 터보 과급 및 인터쿨러의 적용이 일반화되지 않았고 가솔린 엔진에 비해 상대적으로 낮은 정격 속도 (Rated Speed)로 인해

비출력이 동일 배기량 DOHC 가솔린 엔진의 60% 수준인 30kW/l 정도에 불과하였다.

그러나 1990년대 들어 연료 분사계가 고성능화되고 인터쿨러(TCI) 적용의 일반화, 가변 노즐 터보 차저(VNT, Variable Nozzle Turbine) 등 고급 기술의 발달로 비출력이 급격히 향상되어 현재 양산되는 TCI 디젤 엔진의 상당수가 40kW/l 이상의 비출력을 내고 있으며 VNT를 적용한 일부 엔진은 50kW/l의 비출력으로 대부분의 가솔린 DOHC 엔진과 동등한 비출력을 내고 있다.(현재 양산되는 HSDI 디젤 엔진 중 비출력이 가장 높은 엔진은 EUI 및 VNT를 적용한 Volkswagen의 1.9l 엔진으로 비출력 58kW/l)

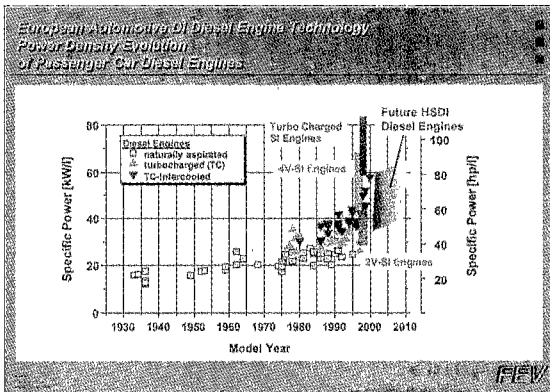


BMW 3.9L V8 :
 180kW @ 4,000rpm
 560Nm @ 1,750-2,500rpm
 Bore/Stroke:84.0/88.0mm
 4Valves per Cylinder
 Vee-Angle:90°
 Compression Ratio:18.0:1
 Bosch Common Rail System
 2 VGT-Turbos, Intercooled

〈그림 5〉 BMW 3.9l V8 엔진 및 주요 제원 (MTZ 1999. 6)

증대만으로는 설명할 수 없고 커먼 레일 시스템 적용 등을 통한 NVH의 대폭적인 개선이 이루어졌기 때문에 가능하였다.

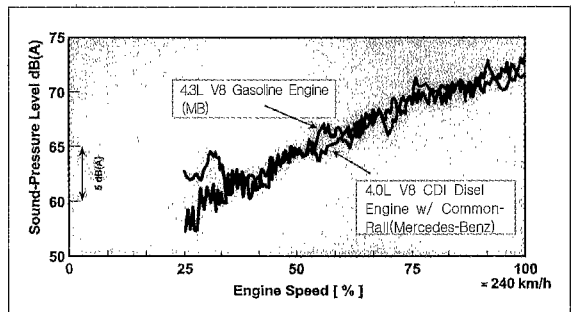
〈그림 6〉은 DC사의 S-Class에 탑재되고 있는 4.3l V8 가솔린 엔진과 4.0l V8 디젤 엔진의 차량 소음 수준을 나타낸 것으로 동일 차속 조건에서 디젤 차량의 소음이 가솔린 차량과 동등하거나 약간 우수하다. 물론, 동일 운전 조건(rpm, 출력)



〈그림 4〉 디젤 엔진의 출력 증대 추이(FEV 기술 자료)

이러한 비출력의 급격한 향상에 힘입어 디젤 엔진은 중·대형 배기량 위주로 상용 차량에만 적용될 수 있다는 기존의 인식을 완전히 불식시키고 디젤 엔진 탑재 승용차의 시장 점유율이 서유럽 시장을 중심으로 급격히 증가하고 있으며 최근에는 BMW, DC, AUDI 등의 선진 디젤 엔진 메이커들은 앞다투어 3.3~4.0l 급의 V8엔진을 개발하여 740d, S-Class 및 A8 등의 최고급 기종에 탑재하고 있다.

서유럽 차량 소비자들의 실용적인 경향을 감안 하더라도 각 자동차 업체의 최상급 승용차에 디젤 엔진이 탑재되고 있다는 사실은 디젤 엔진의 출력



〈그림 6〉 가솔린과 HSDI 디젤 엔진의 소음 수준 비교 (FEV 기술 자료, 최대 출력점 = 100%)

에서는 디젤 엔진의 소음이 크나 디젤 엔진의 장점인 잉여 토크를 활용하여 감속비를 증대시킴으로써 운전 영역을 낮은 rpm 영역으로 이동시켜 차량 소음의 저감이 가능하다. 디젤 승용차는 소음 저감을 위해 엔진 룸 상부 및 하부 커버 등이 부가되어야 하고 파워트레인 마운팅 등이 엔진 특성에 맞게 최적화 되어야 하나 이상과 같은 DC의 개발 결과는 디젤 차량이 소음 측면에서도 가솔린 차량과 동

특집 디젤엔진

등한 정도의 상품성을 가질 수 있는 가능성을 보여준 것이다.

3. 배출물 규제 강화와 이에 대한 대응 기술 개발

3.1 서유럽 시장의 배출물 규제 강화 동향

기후변화협약 등으로 인한 각국의 환경 보존 의지는 자동차의 경우도 예외가 아니어서 배출물에 대한 규제가 지속적으로 강화되고 있다.

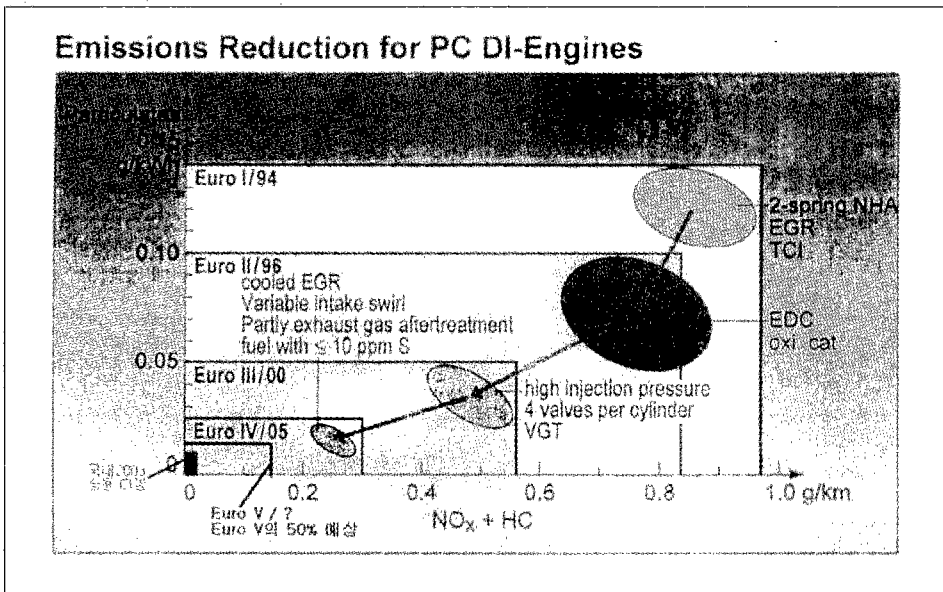
〈그림 7〉은 디젤 승용 차량(Class I)에 대한 서유럽 지역의 배출물 규제 강화 추세를 보인 것으로 EURO-IV 및 V에 대한 규제치는 현재 확정되지는 않았으나 약 5년 주기로 디젤 엔진의 주요 배출물인 PM과 NOx의 규제치가 2배씩 강화되고 있음을 알 수 있다. 현 규제치인 EURO-III에 대한 대응 방안은 전자 제어식 연료 분사계와 디젤 산화 촉매(DOC)의 적용으로 요약될 수 있으며 일부 차량은 EGR 냉각 장치나 가변 Swirl 장치 등을 적용한 경우도 있으나 대부분의 경우 PM Trap이나 DeNOx 촉매 등 부가적인 배기 가스 후처리 장치를 적용하지 않고도 EURO-III 규제치를 만족시키고 있다.

를 적용하지 않고도 EURO-III 규제치를 만족시키고 있다.

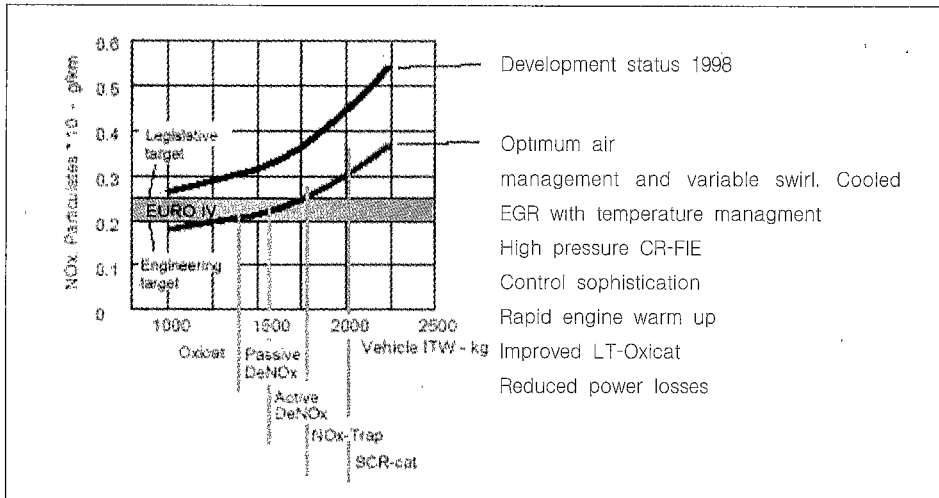
〈그림 8〉은 현 EURO-III 규제치의 절반 수준으로 2005년부터 시행될 것으로 예상되는 EURO-IV 규제 대응을 위해 필요할 것으로 예상되는 배기 가스 후처리 장치를 차량 중량별로 예측한 것으로 NOx 대응 관점에서 볼 때 연료 분사 장치의 개선, EGR 냉각 장치, 가변 Swirl 장치 등의 기술 개발이 적절히 이루어질 경우 1,300 kg 이하의 차량 중량에서는 후처리 장치의 부가 없이 산화 촉매만으로도 EURO-IV 대응이 가능할 것으로 예상되고 있으나 그 이상의 차량 중량에서는 부가적인 NOx 촉매의 적용이 필요할 것으로 보이며 DPF 및 CRT 등의 PM Trap도 상당수 차량에 적용이 불가피할 것으로 예상된다.

3.2 디젤 엔진용 배기 가스 후처리 장치

앞서 언급한 바와 같이 대부분의 디젤 승용차는 디젤 산화 촉매만으로도 EURO-III 규제 대응을 하고 있으나 EURO-IV 대응을 위해서는 PM 및



〈그림 7〉 승용 디젤 차량에 대한 서유럽 배기 규제 및 향후 예상



〈그림 8〉 EURO-IV NOx 대응을 위한 차량 중량별 예상 적용 기술 (AVL 기술 자료)

NOx 저감을 위해 신기술이 도입된 배기 가스 후처리 장치의 채택이 필연적일 것으로 판단되므로 여기서는 시험 적용 중이거나 가까운 시일 내에 양산 적용이 예상되는 디젤 엔진용 배기 가스 후처리 장치에 대해 간단히 소개하겠다.

NOx 저감용 후처리 장치 중 양산 적용에 가장 근접한 것은 Lean NOx 촉매로 이는 Pt/Cu Zeolite 계열의 촉매로 배기 가스 내에 존재하는 미연탄화수소를 환원제로 사용하여 NOx를 환원시키는 장치이다. 이 시스템은 별도의 환원제 공급이 필요치 않고 연료 중의 황 성분에 대한 내구성 및 저온 반응성이 양호한 것이 장점이나 정화 효율이 낮은 단점이 있다.

차세대 NOx 저감 기술로 고려되고 있는 시스템은 흡장형 NOx 촉매인 LNT(Lean NOx Trap)와 선택적 환원 촉매인 SCR(Selective Catalytic Reduction)이 있다. LNT는 BaO와 Pt를 주성분으로 하는 NOx 흡장 및 환원 장치로 과회박한 배기 조건에서 NO를 NO₂로 산화시킨 후 BaNO₃의 형태로 흡장하였다가 과농한 배기 조건하에서 HC 및 CO를 환원제로 사용하여 흡장한 NO를 환원시킨다. 이 기술은 가솔린직접분사 엔진에 이미 적용

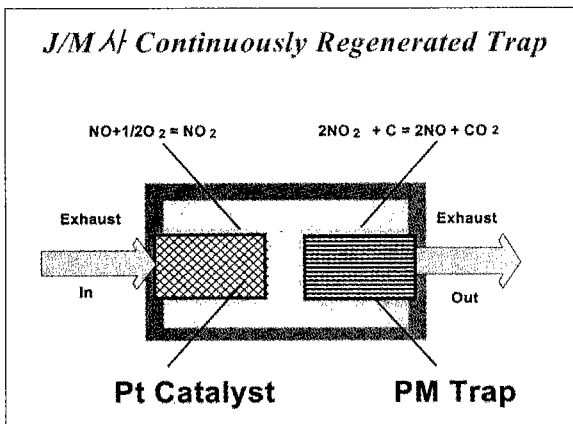
된 바 있으며 NOx 정화 효율이 50% 이상이나 후분사 등을 통해 HC를 환원제로 공급하여야 하므로 연비 악화를 초래하고 연료 중의 황 성분에 의해 오염되면 정화 효율이 급격히 악화되므로 황 함량이 500ppm 정도인 현 수준의 디젤 연료에는 적용이 불가능하다. SCR은 배기계에 별도의 환원제 공급 장치를 설치하고 암모니아 (Urea) 또는 연료 등을 공급하여 NOx를 환원시키는 장치로 시스템이 안정적이고 정화 효율이 70% 이상으로 높으나 암모니아 공급을 위한 인프라 구축, 환원제 공급 장치의 부가 및 암모니아 슬립 등의 문제점이 해결해야 할 과제로 남아 있다.

Soot 등의 입자성 배출물 저감 장치로 대표적인 것은 DPF(Diesel Particulate Filter)와 CRT(Continuously Regenerating Trap)을 들 수 있다. DPF는 필터를 사용하여 입자성 배출물을 포집한 후 이를 버너나 전열기로 연소시켜 재생하는 장치로 90% 이상의 입자성 배출물을 제거할 수 있으나 필터로 인한 배압 증가와 출력 저하, 버너 또는 전기 히터를 설치해야 하므로 고가이고 장치가 복잡하며 내구성이 저하되는 등의 문제점이 있다.

특집 디젤엔진

CRT는 이와같이 가격 및 내구성 측면의 문제를 야기할 수 있는 버너나 전기 히터를 적용하지 않고 배기 가스 중에 존재하는 NO를 이용하여 필터를 연속적으로 재생할 수 있도록 고안된 장치이다. 이 장치는 <그림 9>에 나타낸 것과 같이 디젤 산화 촉매와 (DOC)와 DPF를 결합한 구조로 되어 있는데 산화 촉매에서는 배기 가스 중의 NO를 산화시켜 NO₂를 형성하고 이를 이용하여 필터에 포집되어 있는 Soot를 산화시키는 장치이다.

이는 버너 등의 외부적인 재생 장치를 사용하지 않고도 필터에 포집된 Soot를 연속적으로 제거할 수 있어 배압 저감 및 연비 향상이 가능하여 적용 가능성이 상당히 높은 것으로 평가되고 있으나 연료 내의 황 함량이 증가하면 재생 효율이 급격히 악화되기 때문에 황 함유량을 50ppm 이하로 저감시키는 것이 선결 과제이다.



<그림 9> CRT의 구조 및 작동 원리

4. 이산화탄소 규제에 대한 해결 방안으로서의 HSDI 디젤 엔진

4.1 서유럽 승용차 시장의 이산화탄소 배출량 규제 프로그램

서유럽 승용차 시장의 이산화탄소 규제는 1979년 2월 세계 기상 기구 주관으로 개최된 1차 세계

기후 회의 및 그에 이어 진행된 온실 가스 및 지구 온난화에 대한 연구 결과에 그 근원을 두고 있으며 1997년 교토에서 개최된 3차 당사국 총회에서 채택된 교토 의정서는 선진국에 대한 구속력 있는 감축 목표의 설정, 감축 수단의 도입 및 6가지 온실 가스(CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆)를 감축 대상으로 규정하고 EU의 경우는 2012년까지의 1단계 감축 기간 중 1990년 배출량 대비 8% 감축을 목표로 설정한 바 있다.

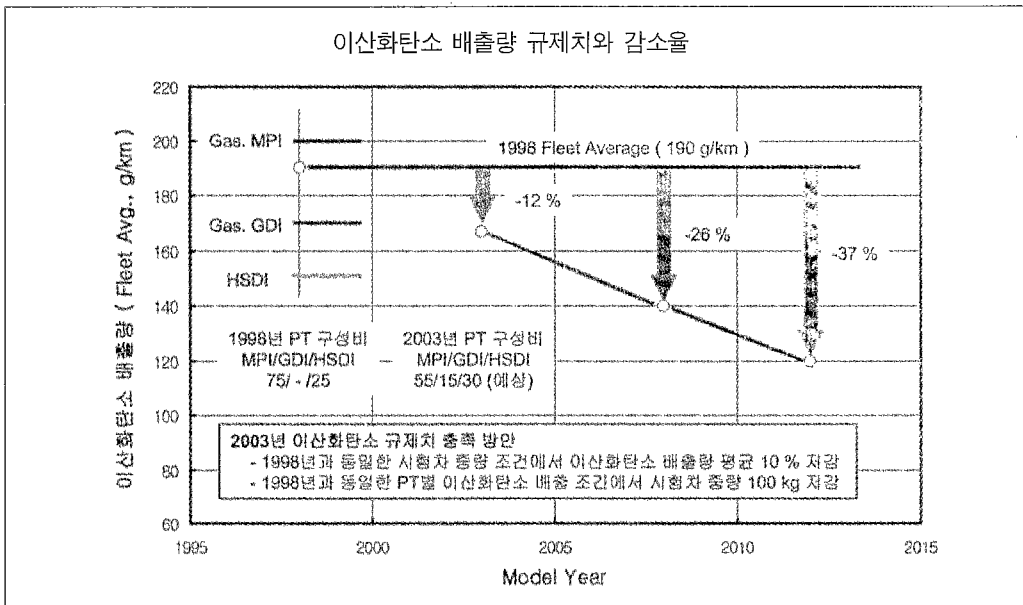
이러한 온실 가스 규제의 일환으로 EU 집행위와 ACEA간에 차량 배출 이산화탄소 총량 감축에 대한 합의가 이루어졌는데 2008년까지 이산화탄소 배출량을 140g/km로 감소시키는 것을 1차 목표로 하되 2003년까지는 165~170g/km의 중간 목표를 설정하여 2012년까지 120g/km로의 추가 감축이 가능한지 모니터링 할 것을 주요 내용으로 하고 있으며 이 협정을 근간으로 EU 집행위와 KAMA(한국자동차공업협회)간에도 이산화탄소 배출량 감소 협정이 체결되었다.

<표 1>과 <그림 10>에는 EU 지역에서의 승용차량 판매를 위해 충족시켜야 하는 연도별 이산화탄소 배출량을 나타내었다.

독일 인증 결과에 따르면 1998년도에 인증된 승용차의 평균 시험 중량(test weight)은 1,350kg, 이산화탄소의 평균 배출량은 190g/km이며 생산된 전체 승용차의 파워트레인 중 디젤 엔진이 약 25%를 점하는 것으로 나타나고 있는데 2003년까지의 잠정 목표인 167g/km(1998년 수준 대비 12% 저감)를 달성하기 위해서는 매년 2.5% 정도씩 이산화탄소 배출량을 저감시키는 것이 필요하다. 이는 향후 예상되는 유럽 승용차 시장의 파워트레인 구성비 및 EURO-III/IV 등의 강화 배기 규제 대응에 수반되어야 할 연비 손실 등을 감안하면 상당히 도전적인 목표로 생각되며 이 목표에 도달하기 위한 기술적인 접근 방안에 대해 고찰해 보겠다.

〈표 1〉 이산화탄소 배출량 감소 목표 및 일정

배출량	연도	기술	비고
시범 판매	2000	가능한 즉시	120g/km수준의 승용차 한 모델의 시범적 판매
165~170g/km	2003	2004	중간목표
140g/km	2008	2009	1995년 ACEA수준 대비 25% 감축 수준 (가솔린 6.0 l /100km, 디젤 5.3 l /100km)
120g/km	2012	2012	2003년에 재검토 후 확정 (가솔린 5.0 l /100km, 디젤 4.5 l /100km)



〈그림 10〉 이산화탄소 배출량 감소 규제 및 일정

4. 이산화탄소 배출량 규제 대응 방안 고찰

앞 절에서 언급한 서유럽 승용차 시장의 이산화탄소 배출량 규제에 대응하기 위한 기술적인 대응 방안으로 가솔린 직분식(GDI) 엔진의 시장 진출 및 디젤 엔진의 시장 점유율 증가가 예상되고 있는데 이 절에서는 디젤 엔진을 중심으로 2003년도 중간 목표치인 평균 167g/km의 이산화탄소 배출량 달성 가능성을 다음과 같은 두 가지 측면에서 고찰해 보자 한다.

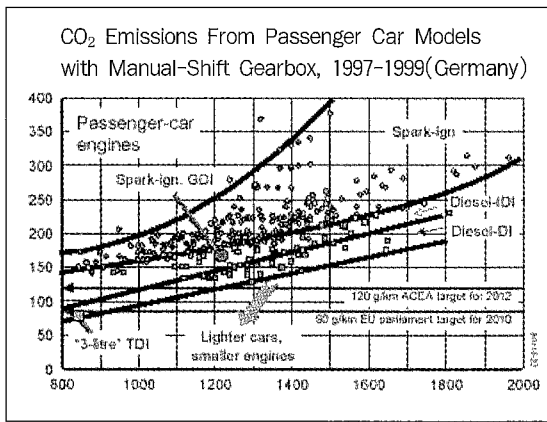
① 차량 및 엔진의 경량화를 통한 차량 연비 및 이산화탄소 배출량 저감

② 엔진 연소 특성 개선, 엔진의 배기량 저감 (Downsizing), 연비 위주의 T/M 설계 및 차량의 구름/공력 저항 감소를 통한 이산화탄소 배출량 저감

〈그림 11〉은 차량 중량과 이산화탄소 배출량의 상관 관계를 보여주는 것으로 1997~1999년 중수동 변속기 장착 차량의 독일 인증 결과이다. 이로부터 알 수 있듯이 차량 중량 감소만으로 이산화탄소 배출량을 12% 저감하기 위해서는 현 평균 차량 중량(1,350 kg)에서 120~150kg 정도를 감소시켜야만 하나 차량 안전 규제에 대응하기 위

특집 디젤엔진

한 차체 강성의 강화 및 능동 안전 장치의 부가, 강화 배기 규제 만족을 위한 후처리 장치의 부가, 소음 저감 장치의 부가 및 보다 편리하고 안락함을 추구하는 소비자의 욕구에 대응하기 위한 제품의 개선이 불가피한 점을 감안하면 신소재 등의 적용을 통한 차량 경량화는 제한적일 수밖에 없으므로 차량 중량 감소만을 통한 이산화탄소 배출량 저감은 지극히 제한적인 수준에 그칠 것으로 예상된다.



〈그림 11〉 차량 중량에 따른 이산화탄소 배출량 (AVL 기술자료, KBA 인증 자료)

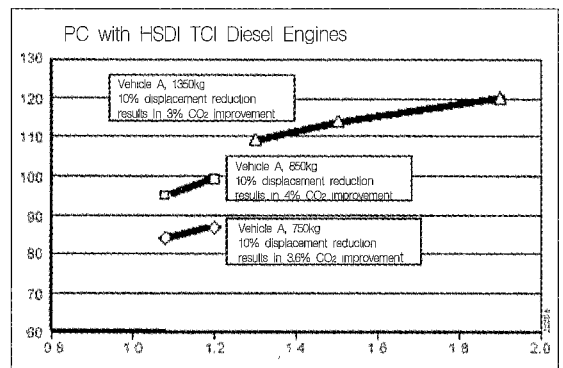
따라서, 차량 경량화를 위한 노력과 병행하여 파워트레인 및 차체 설계 측면에서의 연비 저감 대책이 필요하며 그 주요 내용은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- ① 엔진 연소 특성 개선 (ISFC 저감)
 - ② 엔진 배기량 저감 (Downsizing)
 - ③ 동력 전달계의 효율 증대, 지능형 트랜스미션 (ASG, ISAD) 채택 및 기어비 최적화
 - ④ 구름/공력 저항이 최소화되도록 차체 설계
- 디젤 엔진에서의 연소 특성 개선을 통한 연비 향상은 저 Swirl 연소계 매칭, 압축비 조정, EGR 냉각 시스템의 적용 등 여러 관점에서 기술 개발이 이루어지고 있으나 디젤 엔진의 출력 증대가 지속적으로 요구되는 현 상황에서 연비 위주의 연소계

개발은 상당한 제한을 받을 수밖에 없으며 향후 강화 배기 규제에 대응하기 위한 EGR 을 증가 및 DeNOx 촉매 적용 등으로 인한 연비 악화 등이 예상되어 연소계 매칭을 통한 연비 개선은 대단히 제한적일 것으로 예상된다.

따라서 디젤 승용차의 연비 개선 방향은 탑재 엔진의 배기량 저감과 동력 전달계의 최적 설계 및 지능형 트랜스미션의 도입이 그 주류를 이룰 것으로 예상된다.

엔진 배기량 저감을 통한 연비 개선은 최근 급격히 이루어지고 있는 HSDI 디젤 엔진의 비출력 증가로 인해 가능하게 되었는데 예를 들어 중량 1,350kg 차량에 적용되는 1.9~2.0 l 급 디젤 엔진의 현재 출력 수준인 90~100마력은 연료 분사압 증대, VNT 적용 및 연소압 증대 등을 통해 1.5 l 정도의 배기량으로도 조만간 달성 가능할 것으로 예상되고 이는 〈그림 12〉에서 볼 수 있듯이 동급 차량에서 6~7%의 이산화탄소 배출량 저감에 해당한다.

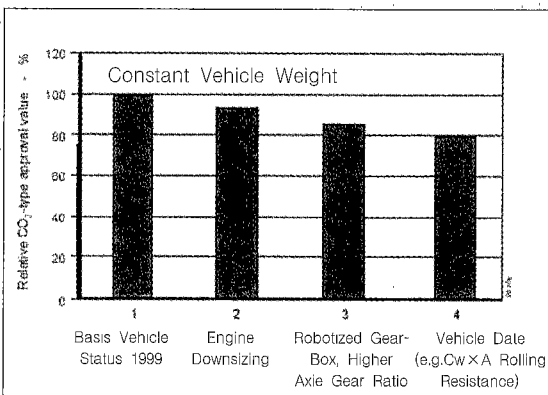


〈그림 12〉 엔진 배기량 저감(Downsizing)에 따른 이산화탄소 배출량 저감 효과

엔진의 Downsizing과 병행하여 트랜스미션 기술 개발을 통한 연비 향상 측면에서도 기술 개발이 이루어지고 있는데 ASG(Automatic Shift Gear) 및 ISAD(Integrated Starter Alternator Damper) 등이 그 대표적인 예이다.

ASG는 연비가 최적인 영역에서 가능한 한 많은 차량 운전이 이루어지도록 자동 변속기의 변속 패턴을 연비 위주로 설정하는 시스템이며 ISAD는 플라이휠에 스타터와 발전기의 기능을 부가한 것으로 Hybrid 시스템과 유사한 것이라고 볼 수 있다. ISAD 시스템의 가장 중요한 기능은 Idle 시에는 엔진을 정지시키고 순간적으로 재 시동시킬 수 있는 것으로 이와 함께 Overrun 시에는 엔진 출력을 배터리로 피드백 시켜 연비 향상을 기할 수 있다. 또한 차량 운전성이 허용하는 범위 내에서의 감속비 극대화도 연비 개선에 중요한 요인이나 이는 엔진이 충분한 여유 구동력을 가져야 하는 것이 중요한 전제 조건으로 디젤 엔진은 장점인 높은 토크를 활용하여 이러한 감속비 조정을 가솔린 차량에 비해 용이하게 할 수 있다.

〈그림 13〉은 이와 같은 연비 저감 기술의 적용을 통해 가능한 이산화탄소 배출량 저감을 예측한 것으로 차량의 공력/구름 저항 저감 설계를 포함하여 최대 20% 정도의 추가 저감이 가능할 것으로 예측하고 있다.



〈그림 13〉 연비 저감 기술을 통한 이산화탄소 배출량 저감 예측(AVL 기술 자료).

이러한 연비 저감 기술 중 엔진의 배기량 저감과 트랜스미션 관련 기술은 충분한 잉여 토크를 갖는 디젤 엔진의 경우에는 적용이 용이하고 충분한 효과를 거둘 수 있으나 가솔린 엔진의 경우에는 그

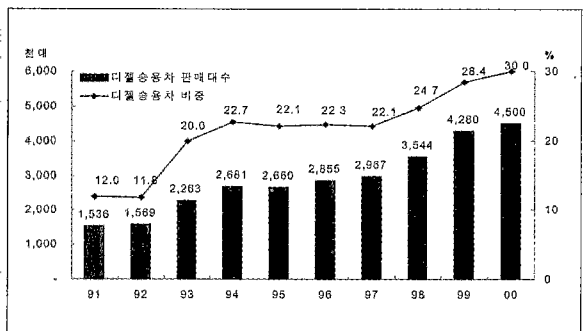
적용 및 효과가 상대적으로 제한될 수밖에 없으므로 향후 서유럽 시장의 이산화탄소 규제 대응을 위해서는 디젤 승용차의 판매 비율 확대가 필수적임을 알 수 있다.

4.3 서유럽 시장의 디젤 승용차 판매 현황

서유럽의 디젤 승용차 시장은 제 2차 석유 파동으로 인해 차량 유지비 등의 경제성이 부각되면서 급격히 성장하기 시작하였으나 1980년대 중반 이후 환경 오염 문제가 대두되고 특히 디젤 엔진에서 배출되는 매연이 암을 유발할 수 있다는 비판과 유럽 각국의 정부가 디젤 차량에 대해 조세 규제를 가하기 시작하면서 디젤 차량의 시장 점유율은 급격히 감소하였다.

그러나 1990년대에 들어서면서 기존의 간접 분사식 디젤 엔진이 직접 분사식으로 대체되고 연료 분사계 및 엔진 설계 기술의 발달로 급격한 출력 증대와 함께 디젤 엔진의 가장 큰 단점인 소음과 진동이 크게 개선되면서 디젤 엔진의 우수한 경제성이 부각되어 디젤 차량의 시장 점유율이 급격히 증가하기 시작하였다. 서유럽 시장에서 디젤 승용차의 시장 점유율은 1993년도에 20%를 넘어선 이후 지속적으로 증가하여 1999년에 28.4%에 달하였고 2000년도에는 30%를 넘어선 것으로 추정된다.

이와 같이 서유럽 시장에서 디젤 승용차의 시장



〈그림 14〉 서유럽 시장의 디젤 승용차 판매 대수 및 시장 점유율 (해외자동차 조사 월보, 2000. 11)

특집 디젤엔진

점유율이 급격히 증가한 가장 큰 요인은 가솔린에 비해 낮은 디젤유 가격 및 디젤 차량의 우수한 연비로 인해 차량 유지비가 가솔린 차량에 비해 50~60%에 불과하다는 것이다. <표 2>에는 서유럽 각국의 디젤 차량 시장 점유율 및 가솔린/디젤유의 가격 비율을 나타내었다.

아시아 지역과 남미의 경우 가솔린/디젤유의 가격 비율이 서유럽 시장 수준 또는 그 이하로 유지되고 있음에도 불구하고 디젤 승용차 판매 실적이 저조한 것은 서유럽 시장의 디젤 승용차 판매 증가 원인이 전적으로 저렴한 연료비에만 기인한 것은 아니라는 점을 시사한다. 서유럽 시장의 디젤 승용차 판매 급증을 불러온 가장 큰 이유는 독일과 프랑스를 중심으로 한 자동차 업체들이 지속적인 기술 개발을 통해 성능, 연비 등 전체적인 상품성 측면에서 가솔린 승용차에 필적하거나 이를 능가하는 디젤 승용차를 개발하였다는 점에 있다.

이와 같이 높은 상품성을 가진 디젤 승용차의 등장 및 시장 점유율의 급증은 상대적으로 디젤 엔진 개발 기술이 열세인 일본 자동차 업체들의 유럽 시장 내 승용차 판매량의 급격한 감소를 초래하여 마쓰다(판매 대수 14.8% 감소), 혼다(-13.7%) 및 미쓰비시(-12.7%) 등이 디젤 엔진 기술 개발에 소홀하였던 것에 대해 값비싼 대가를 치르고 있다.

국내 자동차 메이커들의 지속적인 품질 향상과 보증 기간 연장 등으로 인해 북미 및 서유럽 지역

에 대한 완성차 수출은 지속적으로 증가되는 추세를 보이고 있으며 특히 2000년 1~7월의 7개월 동안 서유럽 지역에 대한 수출 실적은 33만여대를 북미 지역의 32만여대를 초과하여 최대 수출 지역으로 부상하고 있다. 앞서 고찰한 바와 같이 이산화탄소 배출 규제 등 제반 판매 여건이 친환경적인 디젤 승용차에 유리하게 작용하고 있음과 지속적인 디젤 승용차의 시장 점유율 증가를 예상할 때 디젤 엔진의 상품력이 향후 서유럽 시장의 성패에 중요한 요인으로 작용할 것으로 예상된다.

5. 디젤 승용차의 배기 규제에 대한 고찰

이상에서 고찰한 바와 같이 현재 서유럽의 선진 메이커에서 양산중이거나 개발되고 있는 HSDI 디젤 엔진은 1980년대 대우자동차의 로얄 시리즈와 기아자동차의 콩코드에 탑재되었던 엔진들과는 완전히 세대를 달리한 신기술들이 적용되어 총합적으로 가솔린 엔진에 필적하는 수준의 상품성을 갖고 승용 차량에 탑재되고 있다. 또한 디젤 엔진은 출력 및 배출물 측면에서 향후에도 지속적인 수준 향상이 예상되는 미래 지향성과 환경친화성에서 향후 자동차 메이커의 경쟁력을 좌우할 핵심 분야가 될 것으로 확신한다.

“21세기는 환경의 시대로 친환경적인 기술을 갖지 못한 자동차 업체는 낙오할 수밖에 없다.”는 예

<표 2> 서유럽 주요국 2000년 1~8월 판매 동향 및 연료 가격 비교 (해외자동차 조사 월보, 2000. 11)

국적	승용차 판매	디젤 승용차 판매	가솔린 비율	가솔린/디젤 가격비율
프랑스	1,471,129	708,155	48.1%	67%
독일	2,341,501	674,635	28.8%	71%
영국	1,444,261	201,564	14.0%	92%
이탈리아	1,702,223	566,837	33.3%	69%
스페인	995,200	528,500	53.1%	74%
벨기에	391,400	216,600	55.3%	57%
오스트리아	228,000	140,200	61.5%	67%
네덜란드	454,000	107,500	23.7%	68%

〈표 3〉 국내 및 유럽 디젤 승용차 배기 규제 비교

구분	구분	CO	PM ₁₀		PM _{2.5}	
			PM ₁₀	PM _{2.5}		
국내	2001. 1. 1~ 2002. 6. 30	경차/승용차	0.5	0.01	0.02	0.01
		다목적 자동차	1.1	0.22	0.95	0.11
	2002. 7. 1 이후	경차/승용 1	0.5	0.02	0.01	0.07
		승용 2 (LW≤1,700kg)	0.95	0.08	0.65	0.07
유럽	EURO-III (2000. 1. 1)	Class I (RW≤1,305kg)	0.64	—	0.50	0.05
				0.56		
		Class II (1,305 kg(RW≤1,760kg))	0.80	—	0.65	0.07
				0.72		
	EURO-IV (2005. 1. 1)	Class I (RW≤1,305 kg)	0.50	—	0.25	0.025
				0.03		
	Class II (1n305 kg(RW≤1n760kg))	0.63	—	0.33	0.04	
			0.39			

주1) 배기 규제치의 단위는 g/km

주2) Test Mode : 국내 - FTP 75, 유럽 - ECE + EUDC (EURO-III 이후는 Idle 40초 삭제)

주3) 국내 법규상 차종 구분은 2000년 10월 30일자로 확정된 환경부 대기환경보전법시행규칙에 준함

측을 받지 않더라도 목전에 닥친 각종 규제 대응을 위해서는 디젤 엔진 기술에 대한 집중적인 투자와 이를 위한 국내의 환경 조성이 시급하다.

그러나 디젤 차량에 대한 국내 배기 규제는 특히 승용 차량에 대해 PM은 유럽 규제치의 1/5, NOx는 1/30정도로 엄격한 규제치를 적용하고 있는데 이는 현재 기술로는 도저히 달성 불가능한 수치로 경차 및 중·소형 디젤 승용차의 국내 시장 진입을 원천적으로 봉쇄하고 있다.

이는 최근 양산되고 있는 서유럽 디젤 승용차들이 소비자들에게 친환경적인 차라는 인상을 준 것과는 달리 국내 소비자들에게는 디젤 차량은 과도한 매연으로 환경 오염을 일으키는 주범으로 인식되고 있는 것도 하나의 이유가 될 수 있을 것이다.

다행히 국내 시장에도 커먼 레일 시스템을 적용한 디젤 엔진이 탑재된 MPV와 SUV 차량이 작년부터 양산되기 시작하였고 금년에는 EUOR-III 규제에 대응하면서 서유럽 시장에 진출할 예정이다. 신기술 적용 디젤 차량의 국내 시판은 그 동안 소비자들이 디젤 엔진에 대해 가지고 있는 많은 오해를 획기적으로 불식시키는 계기가 될 것으로 기대되며 이를 계기로 디젤 승용차에 대한 배기 규제도 유럽 수준으로 조정되어 국내 업체들이 디젤 엔진 기술 개발에 투자할 수 있는 여건이 조성되어 세계 자동차 시장에서 강력한 경쟁력을 발휘할 수 있기를 기대한다.

〈최규훈 편집위원 : jet21@hyundai-motor.com〉