

에너지 절약기술 개발현황 - 자동차

美 직분식 디젤엔진 개발 열효율 20% 향상 10년후 모든 승용차 40% E엔진 탑재 전망

탄산가스배출량 해마다 규제 강화

고유가시대로 접어들은 올해 국내 자동차 시장의 수요가 변화되고 있다. 자동차공업협회의 자료에 따르면 9월 내수판매가 8월보다 2.6%가 감소하였으며, 승용차의 경우는 6.5%가 감소하여 내수위축의 가능성을 보이고 있다. 차급별에선 유가인상에 민감한 중형차와 소형차가 각각 10% 이상 감소하였다.

또한 한국자동차산업연구소의 고유가가 자동차산업에 미치는 영향을 예측한 자료에 의하면 휘발유 가격 10% 인상시 자동차 수요를 5.1~8.3% 감소시킨다고 분석하였고, 국제원유 가격이 30달러일 때 휘발유 가격이 12.2% 인상되리라 가정할 경우 전체 자동차산업의 매출은 1조 5천억원 정도 감소할 것이라 예측되고 있다. 따라서 고유가가 자동차산업에 미치는 영향이 클 것이라 사료된다.

선진 각국은 지구온난화를 방지하기 위해, 2012년까지 이산화탄소 배출량을 1990년 수준의 8%까지 삭

감하기 위하여 자국의 이산화탄소 배출량 규제를 강화하고 있다.

특히 유럽 자동차공업협회는 수송부문의 이산화탄소 배출량을 감소하기 위해, 유럽에서 판매되는 자동차의 평균 이산화탄소 배출량을 연도별로 제시하였고 한국도 이 목표를 준수해야 한다. <표 1 참조>

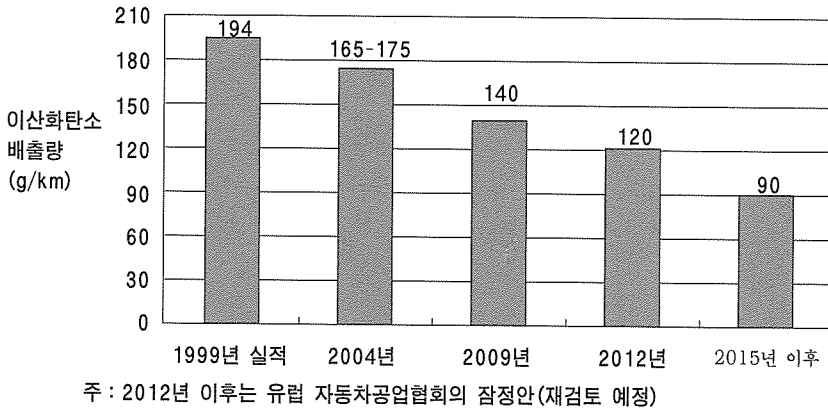
또한 일본 자동차산업 분야에서도 에너지소비억제책으로 자동차 연료소비율을 1995년도 실적 대비, 가솔린 자동차의 경우 2010년에 승용차 28%, 화물차 13.2%, 디젤자동차의 경우 2005년에 승용차 14.9%, 화물차 6.5% 저감을 목표로 제시하였다.

따라서 고유가시대의 내수판매 감소와 각국의 연비 저감에 대한 규제 강화로 자동차산업은 에너지절약을 위한 연비저감 기술개발 및 대체에너지 차량개발에 심혈을 기울이고 있다.

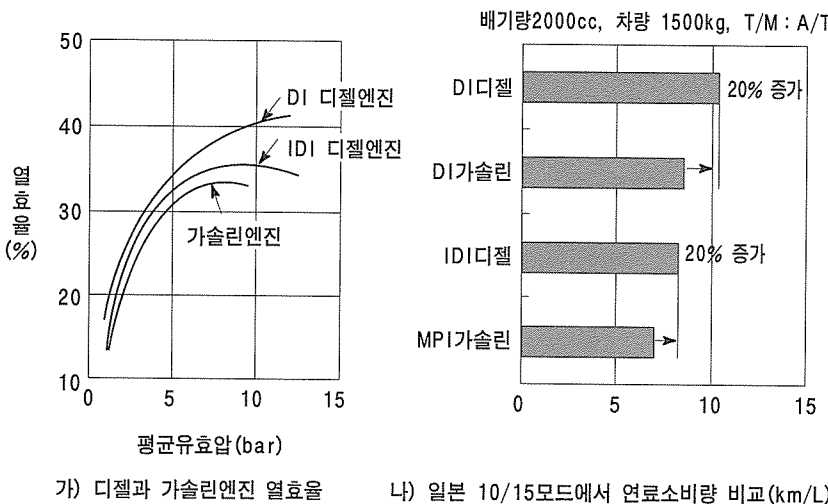
현재 중형 가솔린 차량의 열효율을 3배 향상시키기 위한 미국의 차세대 자동차 개발 프로그램인 PNGV 프로그램의 개발계획서에 따르면 미국

李賢淳
〈현대자동차 파워트레인연구소장〉

〈표 1〉 한국의 유럽지역 수출차종에 대한 이산화탄소 총배출량 목표치



〈표 2〉 엔진종류별 열효율 비교 분석



시가지 주행에서 에너지효율은 연료 자체의 에너지를 100%로 보았을 때 연소손실, 방열, 마찰 및 기계손실, 정차시 연료소비, 기타 보기류 구동에 의한 에너지 손실 등으로 엔진에서 변속기로 전달되는 에너지는 18.2%, 트랜스미션에서 바퀴로 전달되는 에너지는 12.6%로 에너지 손실이 87.4%에 이른다고 보고되고 있다.

특히 엔진에서의 에너지 손실이

80%가 넘어 이 손실을 줄이는 것이 중요하므로써 효율이 좋은 에너지절약형 엔진이 개발되고 있다.

연료 소비 극소화를 위해 최근 개발되고 있는 대표적 엔진으로는 실린더 내에 연료를 직접 분사하는 가솔린 직분식 엔진과 디젤 직분식 엔진이다. 종래의 가솔린 엔진은 흡기 포트 내에 연료를 분사하는 방식(MPI방식)이고 디젤엔진은 실린더와 별도로 실린더 헤드에 설치된 부

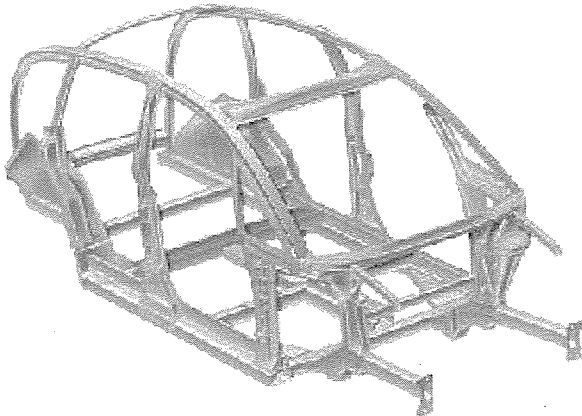
연소실에서 연소가 시작되는 간접 분사방식(IDI방식)이다. 〈표 2〉에서 비교한 것과 같이 디젤 직접분사식 엔진의 열효율이 가장 높은 것을 알 수 있다.

또한 일본에서 배기량 2000cc 차량을 기준으로 엔진 종류별 연료소비량을 비교한 결과에 의하면 디젤 직접분사식 엔진의 열효율이 가솔린 직접분사식 엔진보다 약 20%가 높아 각 선진 자동차메이커들은 이 엔진을 보유하기 위해 다각적으로 노력하고 있다.

특히 이산화탄소 자율규제의 영향으로 유럽지역에서 디젤엔진을 탑재한 승용차의 판매가 급증하리라 예상되고 있다. 서유럽지역에서는 2000년에 전체 승용차중 28%가 디젤엔진을 탑재하고 있으며, 2002년에 35%까지 확대되리라 예측되고 있다. 이런 추세가 전 세계로 확대되면 2010년에는 전 세계 승용차중 40%가 이 엔진을 탑재하리라 전망하고 있다.

따라서 유럽 메이커들은 직분식 디젤엔진에 대해 가솔린엔진과 유사한 플라인업 개념을 도입하여 직열 3기통, 직열 4기통, V형엔진까지 개발 중이며, 승용차, 다목적승용차 등 다양한 적용을 목표로 하고 있다. 또한 폭스바겐은 99년에 3기통, 배기량 1.2리터, 직접분사식 디젤엔진을 양산 적용하여, 1백km를 3L로 주행 가능한(33.4km/L, 이산화탄소 배출량: 약 90g/km) 초저연비 차량인 루포를 양산함에 따라 연료 소비를 최소화 하기 위한 기술개발

〈표 3〉 AUDI AL2 SPACE FRAME 차체구조 및 완성차 외관



방향을 제시하고 있다.

무단변속기 이용 연비 8%개선 가능

이외에도 가솔린엔진의 연비향상 기술로 주행 조건에 따라 일부 기통만을 작동시키는 가변배기량, 엔진 운전조건에 따라 밸브타이밍이나 밸브리프트를 최적제어하는 가변밸브기구, 경차 및 소형차 중심으로 적용되는 희박연소엔진, 엔진의 마찰저감을 하기 위한 기술들이 엔진의 효율을 향상시키기 위한 기술로 적용되고 있다.

또한 자동변속기 대비 연비향상 효과가 약 8% 개선되는 무단변속기가 일본에서 양산되고 있으며, 가솔린 직접분사식 엔진과 무단변속기를 조합한 에너지절약형 파워트레인도 출시되고 있다.

루프에 적용된 연비향상 기술중에 경량화 기술도 다수 적용되었다. 일반적으로 차량 총 중량을 10% 경감하면, 7~8% 전후의 연비가 개선되기 때문에 에너지절약 기술의 핵심으로 인지되고 있다. 루프는 알루미늄

합과 마그네슘 같은 경합금을 채용하여 차의 무게를 기본차 대비 1백 50kg으로 줄였다. 알루미늄 재질은 엔진의 크랭크케이스, 실린더헤드, 차체의 도어, 후드, 펜더 및 서스펜션, 브레이크 등 일부 부품에 적용되었으며, 마그네슘 재질은 테일게이트 내판 및 스티어링 휠 프레임 등에 적용되었다.

이와같이 경량재료를 이용한 엔진 부품, 샤시부품, 차체부품의 경량기술중 가장 경량화 효과가 큰 차체 재료를 기존 스틸에서 알루미늄으로 대체하는 연구개발이 많이 이루어지고 있다. ALL 알루미늄 모노코크 차체가 혼다 NSX, 아우디 A8 등에 양산 적용되고 있으며, 알루미늄 압출재를 이용하여 차체 골격을 이루는 스페이스프레임에 대한 연구도 진행되고 있다.

특히 스페이스프레임은 40%~50% 이상 차체 경량화가 가능하다. 이밖에 알루미늄 압출재가 강판보다 에너지 흡수능력이 훨씬 높아 충돌성능이 20% 향상되므로

전기자동차 및 초저연비 차량 등에 적용이 증가할 것이라고 예측하고 있다.

〈표 3〉은 아우디가 A2에 적용한 스페이스프레임의 구성도이다.

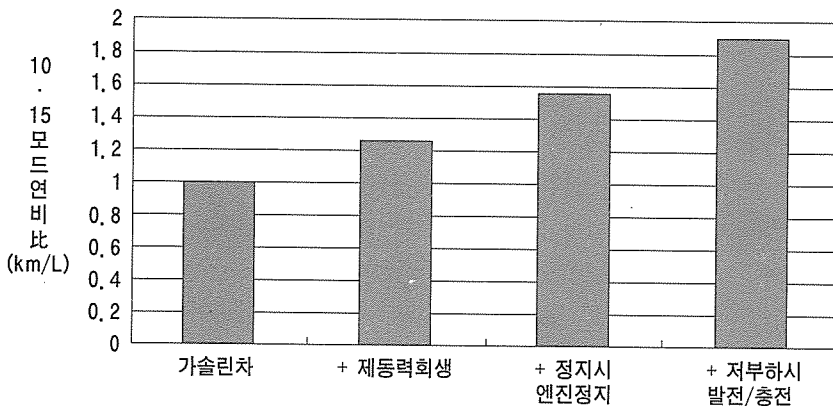
경합금 외에 플라스틱 재료로 경량화에 일조를 하고 있다. 차체 부품인 펜더, 도어, 후드, 루프 등에 적용된 플라스틱은 현 적용재질인 스틸과 비교하여 30%의 경량화 효과가 있으며, 바디 판넬에도 적용되면 40% 경량화 효과가 나타난다.

현재의 자동차와 다르게 전기모터와 엔진을 동력원으로 하는 하이브리드 전기자동차도 에너지 절약을 위한 시스템으로 고려되고 있다. 이 시스템이 엔진의 연료 소비가 적은 운전영역에서만 작동하게 하고 그외 영역은 전기모터가 작동하므로 엔진의 연료소비를 최소화한다. 〈표 4〉와 같이 1997년 도요타의 프리우스가 세계 최초로 양산된 이후로 혼다의 인사이트, 닛산의 티노 등 하이브리드 전기자동차를 양산하는 업체가 점차 증가되고 있다. 하이브리드

〈표 4〉 각 회사별 하이브리드시스템 비교

메이커별	도요타 프리우스	혼다 인사이트	닛산 티노	
유니트 구성				
기	아이들정지	○	○	○
	저속모터 주행	○	-	○
	모터 가속보조	○	○	○
	엔진 고효율 운전	○	-	○
	가속 에너지회생	○	○	○

〈표 5〉 하이브리드시스템의 작동개념별 연비개선 예측(일본 10/15 모드)



전기자동차의 종류에는 엔진이 발전기의 역할만 하는 시리즈타입, 엔진이 차량을 구동하기 위한 주동력원이 되고 전기모터는 엔진의 동력을 보조하는 패러럴타입, 시리즈와 패러럴의 중간형인 듀얼 타입이 있으며, 현재 승용차급으로 개발되거나 양산중인 시스템은 패러럴과 듀얼타입이 대부분이다. 〈표 5〉에 의하면 연비가 기존 차량대비 약 2배 수준에 다다른다.

천연가스·수소이용 차량개발 활발

가솔린 디젤엔진 외에 대체에너지

를 이용한 차량개발도 활발히 이루어지고 있다.

특히천연가스 자동차와 수소를 이용한 연료전지 자동차가 대체연료차량으로 검토되고 있다. 천연가스는 매장량이 석유와 다르게 전 세계에 분포되어 있고 현재 전 세계에 보급되는 천연가스 차량이 1백20만대에 이른다. 특히 일본에서는 2010년까지 10만대 보급 계획을 수립하고 있다. 천연가스엔진의 종류는 가솔린엔진을 모체로 한 가솔린/천연가스 겸용, 디젤엔진을 모체로 한 디젤/천연가스 겸용, 천연가스만 사용되

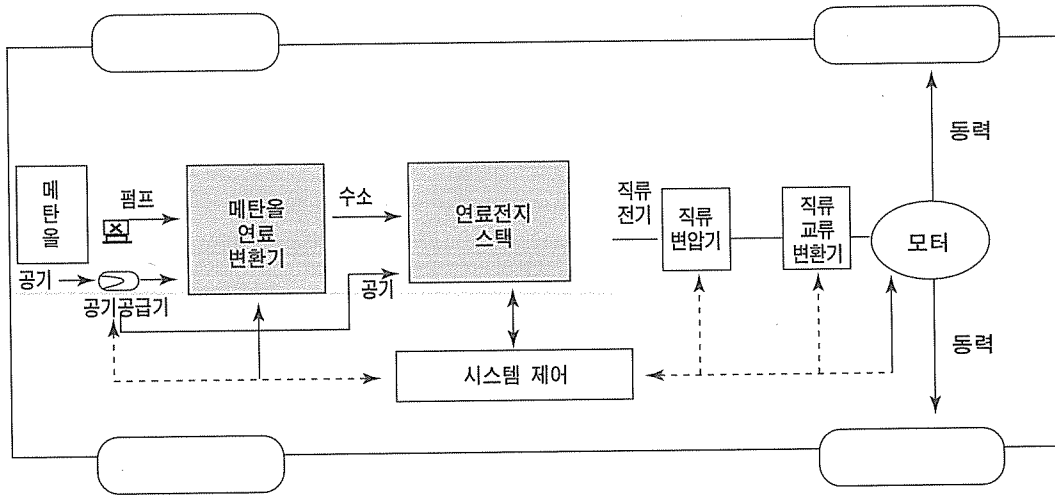
는 천연가스 전소엔진으로 구분되며 현재는 겸용보다는 전소엔진으로 개발되고 있다. 최근에는 정부와 지자체 중심으로 버스 및 트럭 등 대형 디젤차량의 대체차량으로 보급이 확대되고 있다.

또 다른 대체에너지 자동차로 현재 시작차 개발단계에 와있는 연료전지 자동차가 있다. 연료전지 자동차는 전기자동차의 전지를 연료전지로 바꾸어 전기자동차의 1충전 주행거리가 짧다는 단점을 해결하기 위해 개발이 시작되었고, 일부 자동차메이커에서는 2003년 또는 2004년에 개발완료를 목표로 하고 있다.

연료전지는 수소, 메탄올, 천연가스, 가솔린 등의 연료에서 수소를 추출하여 화학적 반응을 통하여 전기를 발생, 발생된 전기로 전기모터로 구동하는 시스템이다. 연료전지에 연료를 공급하는 방식에 의거, 수소를 직접 연료전지에 공급하는 수소직접식 연료전지 자동차, 액체연료에 의해 수소제조장치로부터 수소를 제조하여 연료전지에 공급하는 개질식 연료전지 자동차로 분류된다.

현재까지 개발중에 있는 연료전지 차량으로는 GM의 수소직접형 Precept, 포드의 수소직접형 P2000, 벤츠의 메탄올 개질형 NECAR IV, 도요타의 수소직접형/메탄올개질형 FCHV, 혼다의 수소직접형/메탄올개질형 차량 등이 있다. 1977년 12월부터 시판한 린번 액센트 자동차는 연료절약형 자동차로써 국내 최초로 개발되었다. 1500cc DOHC엔

〈표 6〉 메탄올 개질식 연료전지차량 구성도



여 주고 있다. 현재 15대가 운행중이고, 계약 기준으로 올해 1천1백대, 내년 1천5백대를 보급할 계약을 갖고 있으며, 2002년에는 월드컵 개최 도시를 중심으로 5천대를 보급할 계획을 갖고 있

진에 희박연소 기술을 접목한 린번 엑센트는 기존 엑센트 대비 20% 향상된 1등급 연비를 자랑하는 차량으로써 지금까지 사랑을 받고 있다. 공기와 연료를 강한 와류에 실어 연소실 내로 흡입하여 매우 연료가 희박한 상태에서 엔진을 운전함에 따라 연료소비를 극소화시킨 기술을 적용함으로써, 그 당시 엔진의 연료 절약 기술을 진일보시켰다.

또한 승용차의 가솔린엔진을 대체할 수 있는 2000cc급 승용형 고속 직접분사식 디젤엔진을 올해 3월에 개발하여 가솔린엔진보다 약 40% 이상의 연비를 향상시켰다.

특히 고압저장장치에 디젤을 저장한 후 연료를 직접 실린더 내에 분사하는 방식인 커먼레일방식을 적용하여 기존 디젤엔진 대비 소음 및 진동은 물론 배기가스 오염물질을 대폭 감소함으로써 지금까지의 디젤 엔진의 이미지를 쇄신한 최첨단 기술을 적용하였다. 그러나 내년 승용차에 적용할 계획이던 이 엔진은 유

럽 배기가스 규제를 만족함에도 불구하고, 국내 환경 기준이 세계 수준에 비해 너무 높아 유럽에 수출만 할 뿐 국내의 시판을 연기함에 따라, 경제성이 뛰어난 승용 디젤자동차를 국내 소비자들이 당분간 탈 수 없을 것이다.

자동변속기의 편의성을 살리면서 연비를 개선시킨 무단변속기는 국내 최초로 경차인 마티즈부터 탑재하였고, 중형차인 옵티마 및 소나타에도 적용되었다. 또한 베르나를 베이스로 1,600cc급 엔진과 무단변속기, 10Kw급 소형 박형 모터를 배치한 패러럴타입 하이브리드 전기자동차도 개발되어, 전 세계에 하이브리드 전기자동차가 등장하는 시점에 발맞추어 양산 모델을 출시할 계획을 잡고 있다.

대체연료 차량으로 천연가스 버스가 국내에서 보급되기 시작하였다. 물론 천연가스 차량의 도입 목적은 대기오염문제 해결을 위한 대책이었지만 대체에너지 활용 가능성을 보

다. 이밖에 선진국에서도 개발중인 가솔린 직분식 엔진, 1,100cc급 직접분사식 디젤엔진을 탑재하여 100km 주행에 단지 연료 3L를 소비하는 초저연비차량, 40% 수준까지 경량화를 달성할 목표로 개발중인 알루미늄 스페이스 차량, 연료전지 자동차 등도 국내 자동차 메이커에서 개발중에 있다.

자동차산업에서 에너지절약 기술은 현재 뿐만 아니라 미래에서도 환경오염 대응기술과 더불어 세계 무대에서 경쟁력을 확보하기 위한 핵심 기술로 자리잡고 있다. 또한 유럽의 이산화탄소 자율규제 등 연비향상에 대한 소비자 요구가 규제장벽으로 점차 다가감에 따라 글로벌 마케팅으로 생존해야할 국내 자동차산업은 에너지절약 기술개발이 필연적이다. 따라서 선진국 수준의 기술개발 역량을 확보하기 위해 연구개발 부문은 에너지절약 기술개발에 역량을 집중하며, 최고의 기술개발을 위해 노력하고 있다.