

친환경 고효율 미래형 엔진 기술

이 글에서는 현용 가솔린/디젤엔진의 저공해 기술, 저공해 엔진 연소기술(직접분사식엔진) 대체 연료 엔진기술, 하이브리드 엔진 기술, 연료전기 엔진 등 친환경 고효율 미래형 엔진 기술에 대해 소개한다.

배충식 / KAIST 기계공학과, 교수

e-mail : csbae@kaist.ac.kr

현재 자동차에 사용되는 대표적인 엔진은 석유와 같은 화석연료를 공기 중의 산소와 반응시켜 그로부터 발생하는 연소 에너지를 사용하는 내연기관으로서, 탄화수소로 구성된 연료와 공기를 미리 혼합하고 이를 전기점화하여 연소시키는 전기점화엔진(SI ; Spark-Ignition Engine, 일명 가솔린 엔진)과 고온고압의 엔진 내 공기에 연료를 분사하여 자발점화하게 하는 압축착화엔진(CI : Compression-Ignition Engine, 일명 디젤엔진)으로 나눌 수 있다.

자동차 공해배출물 규제와 자원 고갈 문제

엔진성능의 개발로 늘어난 추진력과 기동력을 보이며 교통수단인 자동차의 발전을 가져왔지만, 자동차 엔진으로부터 배출되는 공해배출물로 인한 대기 오염이 심해지는 한편 엔진연료로 사용되는 화석자원의 고갈이 예상됨에 따라 개선된 현용 엔진과 새로운 개념의 엔진에 대한 요구가 생기게 되었다. 자동차로 인한 대기오염 문제의 심각성으로 인하여, 특히 1990년대에 들어서는 자동차 유해 배기가스 배출에 대한 규제가 심각하게 강화되어 지난 30년간 배

기가스 규제치는 5% 정도로 격감하였으며 예고된 규제치가 현행기술의 극한에 닿을 정도가 되었다. 자동차 엔진으로부터의 배기규제는, 배기관에서 직접 배출되는 유해 가스인 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 입자상 공해물질(PM : Particulate Matters) 등을 대상으로 한다. 우리나라에서도 작은 국토에 고 에너지 산업구조, 폭증하는 자동차로 인한 환경문제는 심각한 문제로 대두되었다. 서울에서의 대기오염에 있어 자동차 오염의 비중이 표 1에서 나타난 바와 같이 62%에 이르고 있어, 환경문제 해결에 있어서 자동차 엔진의 저공해 기술이 미치는 영향을 반증하고 있다.

한편 지구변화협약회의의 논의를 거쳐, 지표면의 온도를 상승시키는 CO₂ 등의 온실가스 저감을 위한 국제적인 규제의 실시에 따라 우리나라도 CO₂ 감축규제 이행의 압력을 받고 있다. CO₂ 배출 증가율이 세계 1위이고 여기에 자동차 배기가 4분의 1 정도로 큰 몫을 차지하고 있는데다, 유럽연합이 자동차에 대한 CO₂규제안을 2009년에 140g/km로 낮춘다고 제시함에 따라, 현재 200g/km 수준인 우리 기술의 개선이 자동차산업의 생존을 결정하게 될 전망이다.

표 1 : 자동차에서 나오는 오염물질 현황(2001년)

	오염물질(톤/년)					
	계	SO ₂	CO	VOCs	NOx	PM10
전국 총량	3,175,698(100.0)	526,599(16.6)	833,935(26.3)	699,219(22.0)	1,045,334(32.9)	70,614(2.2)
자동차 총 배출량(기여율%)	1,260,015(39.4)	7,300(1.4)	660,052(79.1)	107,766(15.4)	456,125(43.6)	28,772(31.0)
서울시 총량	340,747(100.0)	10,605(3.1)	156,899(46.0)	82,794(24.3)	86,798(25.5)	3,651(1.1)
자동차 총배출량(기여율%)	216,870(62.0)	864(8.1)	140,058(89.2)	22,093(26.7)	51,231(61.2)	2,624(67.7)

자료 : 환경부, "환경백서" 2004.

이다. 화석연료의 연소에서 CO₂배출은 연료의 양에 비례하므로 CO₂규제는 곧 연료소비율을 표현하는 연비의 규제를 의미하며 2009년까지 25%의 연비 저감이 이루어져야 한다는 어려움을 의미한다. 이렇듯, 저공해엔진 기술은 배기규제 및 연비규제에 대응하여 환경개선과 에너지 절약기술에 맞닿아 있다. 이러한 연비, 배기 향상 기술은 현용 가솔린/디젤엔진의 개선과 아울러 대체연료 엔진, 하이브리드, 연료 전지 전기화학 엔진의 연구개발을 촉발하고 있다.

현용 가솔린/디젤 엔진의 저공해 기술

승용차 시장의 절대부분을 차지하고 있는 가솔린 엔진 기술은 자동차용 내연기관 중 기술적 성숙도가 가장 높으며 '80년대 중반에는 삼원촉매를 사용함으로써 CO, HC, NO_x 등을 모두 90% 이상 저감할 수 있게 되어 자동차 저공해 기술의 선도 역할을 해 왔으나, 높은 비출력 성능의 장점에도 불구하고 연료소비율이 높아서 CO₂ 배출을 저감하는 데 한계가 있다. 공해 배출물을 줄이고 CO₂ 배출(연비)을 줄이기 위해 개선할 점은 아직도 많이 남아 있다. 흡,배기관에서 유동분포를 균일화하고 연소실 내 틈새체적을 줄이며 윤택유리의 소비를 줄이고, 연소 온도를 낮추어 NO_x 생성을 저감하는 데 사용되는 기술인 배기가스 재순환(EGR)을 전자식으로 제어하여 보다 정밀화할 수 있다. 연소실 내의 유동을 개선하여 연소속도 및 연소효율을 향상시키고 희박연소를 구현하거나 촉매 활성화 시간과 효율을 높이며, 연료분사와 흡기계 개선을 통해 연비와 대 공해성능을 높일 수 있다. 이 때, 엔진 내 모든 부품과 운전 상태를 전자적으로 감지, 제어하여 공기와 연료의 혼합비를 정확하게 조절하는 전자기술을 활용한다. 이외에 냉시동시의 연비저감 및 공해배출물 저감을 위한 연료분사의 미립화, 기화특성 개선 및 점화시기, 밸브개폐시기 및 양정의 능동제어를 통한 가변밸브구동(VVA : Variable Valve Actuation)기술이 개발되고 있다. 이 중에서 밸브개폐 시기와 밸브 양정을 제어하는 방식을 이용하면 밸브 정지 기능을 통한 가변 실린더 수 제어도 가능하고, 리프트 타이밍

의 제어에 대한 자유도가 대폭 커지기 때문에 연비 향상은 15% 전후로 상승할 것이라고 예측되고 있다.

디젤엔진은 가솔린엔진에 비하여 희박연소가 가능하기 때문에 CO, CO₂, HC 배출은 적은 장점이 있으나 PM, NO_x 배출이 문제가 되고 있어 연료질 개선, 엔진 개량, 후처리 기술을 이용하여 배출가스를 저감한다. 연료의 개선으로는 황 함유량 감소나, 방향족 탄화수소 함유량 저하, 세탄가 향상 등을 들 수 있고, 엔진 개량기술로는 직접분사식으로의 전환을 전제로 하는 연소실의 개량, 터보과급/인터쿨러(TC/IC) 등 흡기계 개량, 4-밸브, 커먼레일(common rail), 유닛 인젝터 등을 활용한 연료 고압분사의 고도화 등이 이루어지고 있고, 후처리 기술로는 PM 등을 줄이기 위한 입자상 물질 여과장치(DPF), 디젤 산화 촉매장치(DOC)가 있다. 실제 선진 배기규제에 대응하는 구체적 기술들을 살펴보면 연료분사시기 조정, 공기 과잉률 조정, 흡기 온도 최적화, 압축비 최적화 및 고압축비화, 엔진의 전자 제어화, 고압 연료분사, EGR-TC/IC 도입의 확대 등

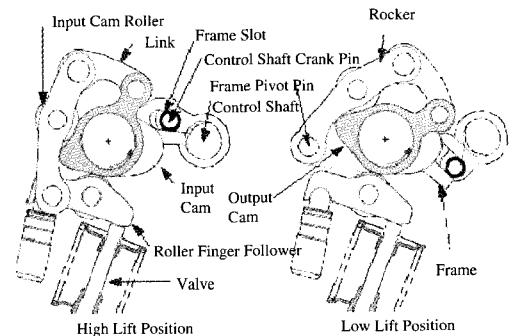


그림 1 가변밸브 구동 기술의 예(히타치)

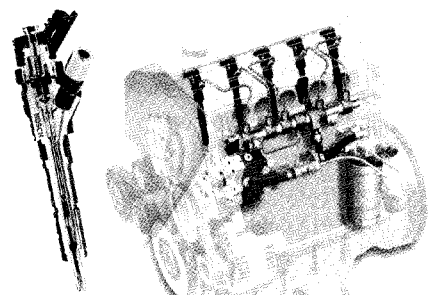


그림 2 디젤엔진용 커먼레일 연료공급 시스템

을 들 수 있다.

저공해 엔진 연소기술 - 직접분사식 엔진

엔진 연소실 입구에 연료를 분사하는 기존의 가솔린엔진 대신 연소실내 연료직접분사를 통한 성층화 연소로 저연비를 이룩할 수 있는 직접분사식 가솔린엔진(GDI : Gasoline Direct Injection 또는 DISI : Direct-Injection Spark Ignition)이 일본, 유럽회사를 중심으로 개발되었다. 직접분사식 가솔린엔진은 연료소비 저감에 의한 CO₂ 배출 저감이라는 장점을 가지고 있지만 삼원 촉매의 전환 효율 저하에 의한 높은 질소산화물(Nitric Oxides : NOx) 배출량, 모드 전환의 어려움, 분사기 침적물 생성, 저부하시 높은 탄화수소(Hydrocarbon : HC) 생성량, PM 발생 등에 의해 현재 많은 기술적 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해 희박 NOx 촉매(Lean NOx catalyst)의 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 과급기(supercharger)를 이용한 엔진배기량 다운사이징(downsizing) 및 VVA 기술들이 적용되어 이루어지고 있다.

이보다 연비에서 20% 이상 우월성을 보이는 것이 직접분사식 디젤엔진인데 승용차에 적용되는 소형 디젤엔진을 HSDI(High-Speed Direct-

Injection) 디젤엔진이라 하며 커먼레일(common rail) 분사기술과 접목하여 우수한 성능을 보인다. 이 엔진은 유럽을 중심으로 활발히 개발되고 있으며 우리나라도 스포츠유틸리티 차량(SUV)과 승용차에 성공적으로 적용하여 내수, 수출 시장을 넓히고 있는데 NOx 및 PM 배출저감을 위한 연료분무 및 연소최적화 기술이 필수적이다. 디젤 자동차에서 가장 문제가 되고 있는 입자상물질을 획기적으로 저감시키기 위해 입자상 물질을 85% 이상 저감할 수 있는 것으로 알려진 입자상물질 여과장치(DPF : Diesel Particulate Trap)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 향후 CO₂ 규제에 대비하여 디젤자동차 증가는 확실한 추세이나 PM 문제의 근본적 해결 없이는 디젤엔진의 지속적 발전을 보장하기 어려우므로, DPF 기술은 경유자동차의 장래와 직결되는 매우 중요한 위치에 있다.

가솔린 엔진의 비출력과 디젤엔진의 고효율을 접합한 이상적인 엔진연소의 개념으로서 예혼합 압축 착화(HCCI : Homogeneous Charge Compression Ignition) 연소의 여러 기술이 소개되고 연구되고 있다. HCCI 엔진의 장점으로는 같은 엔진에 대하여 최소한의 변경으로 경유, 가솔린, 가스에 이르기까지 다양한 종류의 연료 사용이 가능하고, 초희박 연소가 가능하여 저온연소를 실현함으

로써 배기가스 배출물중 특히 질소산화물과 입자상물질의 양을 획기적으로 감소시킬 수 있으며, 기존의 DISI나 희박 연소(lean burn) 엔진에 비해 상대적으로 더욱 희박한 혼합기를 연소시킴으로써 연료 소비율을 향상시킬 수 있는 가능성을 들 수 있다. 하지만, 점화와 연소 과정이 혼합기의 화학적 특성에 좌우되는 특징 때문에 다양한 엔진 운전 조건에 따라 HCCI 연소 과정을 직접적으로 제어하기 어려우며, 고부하의 경우 연소 속도가 빠르고 연소 압력이 높아서 소음 진동이 크고 엔진의 내구성 문제가 발생할 수 있는 문제점도 있다.

배출가스 및 연비규제에 대응하기 위한

	핵심규제	핵심기술분야 및 주요기술내용
1970년대	연비규제	Fuel Economy → 대체연료 CNG 알콜연료
1980년대	안전규제	Safety → ABS Air Bag
1990년대	배기규제 (CO, HC, NOx, PM)	Emission → NGV(Natural Gas Vehicle) 촉매(Catalyst)기술 DI(직접분사) 가솔린 엔진
2000년대	CO ₂ 규제	HSDI(커먼레일) 디젤엔진 디젤Filter 기술
2010년대		Fuel Economy & Elettromagnetic Interface → Hybrid 자동차 ITS(Intelligent Transfer System) FUEL CELL

그림 3 자동차 기술 발전 추이

세계적인 노력은 각국의 기술집약적 노력 아래 이루어지고 있다. 직접분사식 엔진 기술은 대체연료 엔진이나 하이브리드 엔진, 연료전지 엔진의 개발에 앞서 진행되고 있다. 구체적인 사업으로서 미국의 super car project와 유럽의 3L Car Program을 들 수 있으며, 미국의 경우 CO₂를 현재의 20% 이상 저감시킬 수 있는 자동차 생산을 목표로 거국적으로 엔진 개발을 하고 있으며 특히 독일은 가장 엄격한 공해규제에 대비하여 폭스바겐(VW)을 필두로 100km를 3L의 연료로 주행하는 3L차량을 개발하여 출시하고 있다.

대체 연료 엔진기술

석유 대체연료 자동차라고 하면, 액화석유가스(LPG), 천연가스, 메탄올, 수소, 디메틸에테르(DME) 등을 이용하는 자동차를 말하며 이러한 대체연료의 장점은 탄소수가 적어 CO, CO₂, HC 배출이 적다는 점이다. 연료의 특성에 따라 항속거리, 연료공급체계, 차량가격, 연료가격 등의 복합적인 문제를 갖고 있으나, 사용자나 지역에 사용 목적을 맞출 경우에는 보급이 충분히 가능하며 자동차용 에너지의 다양화 측면에서도 매우 중요하다.

석유의 생산과 동시에 산출되는 액화석유가스(LPG)의 활용은 필연적이며, 액상 분사를 통한 연소 최적화 및 저공해화는 아직도 개발의 여지를 많이 제공하고 있으며, 희박연소를 통한 연비 저감의 가능성 또한 높다. LPG는 CNG(Compressed Natural Gas)와 유사한 청정 연료이나, 우리나라의 경우 대부분의 LPG 자동차가 믹서를 사용하여

공연비를 제어하고 있어 배기 저감효과가 그리 크지는 않은 실정이다. 그래서 최근에는 LPG 연료를 가압하여 액상상태로 펴핑한 후 이를 흡기포트에 분사하는 액상분사방식(LPLI : Liquid Phase LPG Injection)이 활발히 연구 중이고 일부 상용차에 적용되어 개발되었으며, 이는 가솔린 동급의 출력과 저배기 배출특성을 보인다. 국내의 특이한 여건으로 말미암아 상용으로 많이 사용되고 있는 LPG 엔진 기술의 고도화는 시급히 요청된다.

천연가스 연료는 매장량이 풍부하고 청정하며, 취급과 조절이 용이하고, 옥탄가가 높아 압축비를 높일 수 있는 장점을 가지고 있으며, 대형 디젤엔진에도 사용이 가능한 특징을 가지고 있다. 특히, 액화천연가스(LNG : Liquefied Natural Gas)는 자동차 연료로 사용 가능하나 -162°C로 유지하여야 하기 때문에 이를 보관하는 단열용기 개발이 미비하여 현재는 대부분 압축천연가스 상태로 사용되고 있다. 주행거리가 짧고 연료탱크의 중량 문제가 있고, 가솔린 엔진에 비교하여 출력저하가 있기 때문에 고압축비화, 과급, 흡기포트 및 밸브계의 개선 등이 연구되고 있다. 열효율 개선을 위한 다양한 연소 방식들이 연구되고 있으며, 액화천연가스(LNG)를 가압하여 주변 열에 의해 기화를 시키면서 고압가스를 얻는 방식 등이 개발되고 있다. 천연가스는 경유를 대체하는 저렴한 연료로서 유망할 뿐만 아니라, 전기자동차에 필적하는 저공해성의 잠재력을 갖고 있다. 우리나라도 월드컵기간을 기점으로 CNG 엔진 버스를 확대하는 노력을 기울이고 있다. 천연가스 자동차는 2000년까지 전 세계적으로 170만 대가, LPG 자동차는 730만 대가 보급되어 있으며, 우리나라에도 압축천연가스(CNG) 버스 6,100여 대 및 LPG 자동차 179만 대가 운행되고 있다.

가장 분자구조가 간단한 에테르인 디메틸에테르(DME)는 최근에 천연가스 또는 석탄으로부터 직접 제조하는 공정이 개발되어 경유만큼 저렴한 연료로 생산 가능성이 있고 청정연소가 가능함에 따라 많은 관심을 모으고 있다. DME가 장래의 연료로서 유망시 되는 점은 천연가스나 석탄으로부터는 물론 바이오매스나 폐플라스틱 등에 의해서도 제조가 가능하며 사용처도 발전용, 민생용, 자동차용 등 광범위하



그림 4 최초의 3L 자동차 폭스바겐 사의 루포

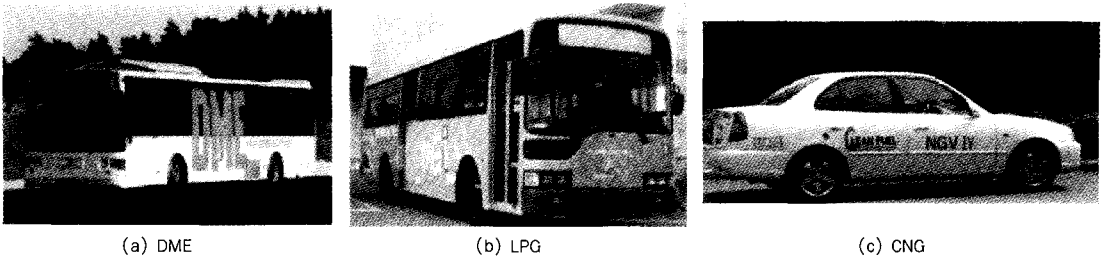


그림 5 대체연료 엔진 자동차

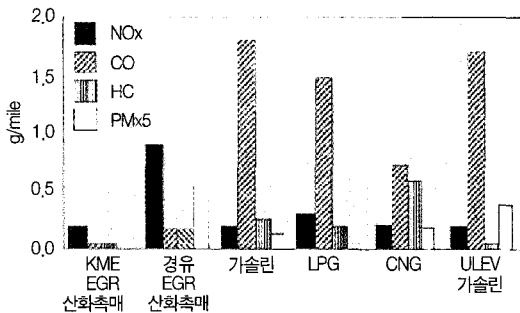


그림 6 연료별 유해가스 배출량 비교

게 걸쳐 있어서, 가히 multi source - multi purpose 연료라는 것이다. 특히 경유자동차에 적용하는 경우에 경유엔진의 가장 큰 장점인 고효율을 그대로 유지하면서 가장 큰 단점인 PM을 제거할 수 있고, 배기가스재순환기술(EGR)을 적용하여 NOx도 대폭 저감할 수 있으며, LPG와 유사하게 상온 약 6기압에서 액화가 가능하므로 기존의 LPG 인프라를 그대로 활용할 수 있는 것도 하나의 장점이다. 이미 각국에서 소규모가스전을 활용한 DME의 상용화를 추진하고 있어서 2006년경에는 양산이 가능할 것으로 전망되며 초기에는 대량소비가 가능한 발전

용으로서의 사용이 유망하고 늦어도 2010년 이전에는 경유자동차용 대체연료로서 사용될 것으로 전망되고 있다. 해외에서는 이미 AVL을 중심으로 Amoco, Navistar, HTAS 등에서 차량에 탑재하는 수준까지 연구가 진행되고 있으며, 볼보와 Haldor Topsoe 사, 버스회사를 중심으로 실용성을 검증하기 위한 시범운행사업이 진행되고 있다.

수소기관(hydrogen engine)은 가솔린 대신에 수소를 연료로 하는 기관으로, 수소(H₂)는 물(H₂O)을 분해하여 얻을 수 있으며, 산소(O₂)와 화합하여 완전 연소할 수 있는 무공해 연료로 주목 받고 있다. 석유계연료는 유해가스로 CO, HC, NOx, 매연 등이 발생하고, 이것이 환경을 오염시키는 주된 유해물질인 반면에 수소의 배기는 수증기이고, 물로써 수소를 만드는 깨끗한 연료이므로, 공기 중의 N₂와 O₂가 연소시 NOx를 만드는 것을 제외하면 다른 유해물질이 없다. 수소자동차 기술은 BMW가 주도적인 역할을 하면서 선도해 나아가고 있는데, 2002년 2월에 발표된 수소자동차는 액화수소를 이용한 포트 분사식 엔진이며 액화수소와 가솔린의 두 가지 모드로 구동된다. Mazda는 자신들만의 독특한 엔진방

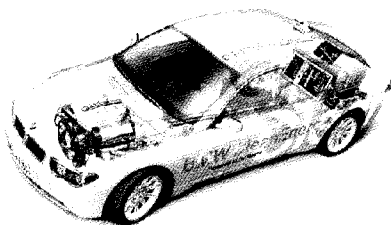


그림 7 BMW에서 개발한 수소 자동차

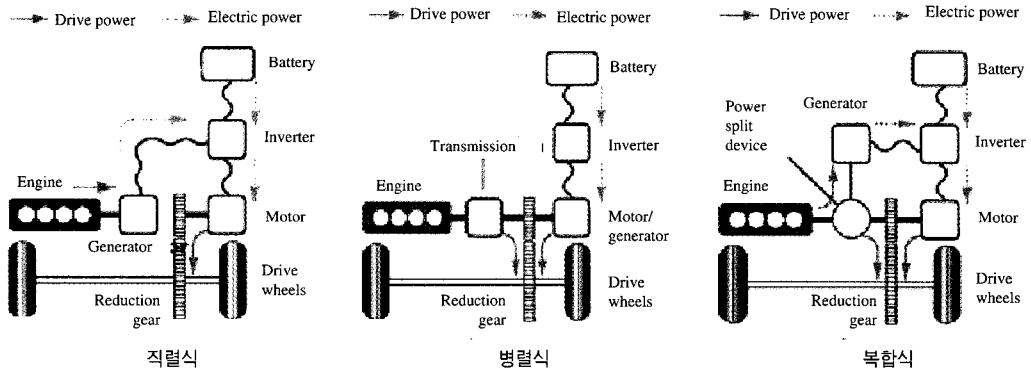


그림 8 하이브리드 자동차의 구분

표 2 세계 각국의 하이브리드 전기자동차 개발 현황

제조사	개발 현황	향후 계획
도요타	HEV Full Line-up 구축계획 발표 Prius 2세대 모델 양산(2004) Lexus RX hybrid 모델 양산(2004)	닛산과 차세대 하이브리드 자동차 개발 공동 추진
혼다	저가형 HEV 개발 예정 SUV HEV 추가 예정(2003) 인사이트 신형 모델 개발(2004.10)	시빅, 어코드 등 북미 베스트 셀러 승용차의 하이브리드 모델 라인업 추가
지엠	"Epsilon" P/Form(중형급) HEV 개발(2004)	하이브리드 버스 개발
포드	Escape HEV(4WD, SUV) 양산	마리너 등 승용 하이브리드 모델 라인업 확대
다임러 크라이슬러	Durango HEV(4WD, SUV) 양산	닷지 램 픽업 양산 예정
유럽	2003년 이후 양산개발 예정(Renault-2003, Fiat-2006)	가솔린 대신 디젤 엔진과 모터가 병용되는 하이브리드카 개발

식인 로터리 엔진에 압축수소를 공급하는 방식을 RX-8 스포츠카에 적용하였다. 2004년 9월, BMW는 수소를 이용한 레이싱 자동차 H2R을 개발하였는데, 이 차량은 6리터, 12기통 엔진을 탑재하였으며, 최대 출력은 285마력에 이르며, 수소자동차 최초로 최고 속도 300km/h를 돌파하는 쾌거를 이루었다.

하이브리드 엔진 기술

하이브리드(hybrid) 엔진이란 기계/전기 두 가지 구동에너지를 원천으로 하여 플라이 휠, 배터리, 캐패시터 등의 전기 시스템과 기존 가솔린/디젤엔진, 가스터빈, 연료전지 등 엔진 시스템이 조합된 구동시스템을 의미한다. 이는 무공해 차량으로 떠오르던 전기자동차가 배터리의 충전능력, 폐기 및 관리시

오염 문제, 경제성 등의 문제로 실패함에 따라 대안으로 유망해진 개념이다. 그림 8은 전기자동차와 하이브리드 자동차의 구동원리에 대해서 나타내었다. 엔진, 모터, 배터리팩 등의 조합방식에 따라 직렬식, 병렬식과 복합식으로 나뉘며, 발전기가 부착된 엔진을 사용하여 배터리팩과 전기모터에 전기를 공급하는 직렬하이브리드 방식이 엔진의 공회전을 막을 수 있어서 배기가스의 배출량을 감소시키나, 하이브리드 동력장치와 바퀴간에 직접적인 기계적 연결장치를 가지고 있기 때문에, 전기모터도 갖고 있는 병렬식에 비하면 성능이 떨어진다. 그러나 아직 모터/콘트롤러, 전기에너지 저장장치 등의 전기시스템이 단위 질량당 에너지가 낮고 경제성이 떨어져 광범위한 상용화를 위해서 더 많은 연구와 개발이 수행되고 있다. 현대자동차는 환경부예 1,400cc 급 하이브리드 자동차를 납품하였는데, 연비는 18km/L로 일

반 가솔린 클리크보다 우수하며 유해 배기가스 배출물도 30% 이상 감소하였다. 2005년 현대는 베르나, 리오 하이브리드 모델 350대를 더 보급할 계획에 있다.

연료전지 엔진

수소와 산소가 결합할 때 발생하는 전기에너지를 자동차의 동력원으로 사용한다는 원리를 실용화한 것이 연료전지(fuel cell) 엔진으로 장래에는 연료전지 자동차의 시대가 올 것이라는 선부른 예측이 나올 정도로 각광 받는 개념이다. 수소를 이용하여 연료전지를 사용하게 되면 자동차는 공해물 없이 오직 물만을 배출물로 내 놓게 된다. 우리나라를 비롯한 전 세계의 유수 자동차 회사들은 연료전지를 이용한 전기자동차 기술을 차세대의 핵심기술로 인식하고 연료전지 기술을 개발 선점하기 위해 치열한 경쟁을 하고 있다.

연료전지의 원리는 매우 간단하다. 연료전극(anode)으로 수소를 공급하고 산소전극(cathode)으로 산소, 즉 공기를 공급하게 되고 수소는 연료전극에서 전자를 내어 놓고 전해질막을 통과하여 산소전극으로 가서 산소와 전자를 다시 만나 물이 된다. 이때 수소에서 내어 놓은 전자는 모터에서 전기 에너지로서 일을 하게 되는 것이다. 이러한 연료전지를 여러 층으로 쌓아 원하는 크기의 전력을 얻게 된다. 연료전지의 응용은 단지 미래의 전기자동차에만 국

한하는 것이 아니라 휴대폰이나 컴퓨터와 같은 소형 전력에서부터 주택에 열과 전력을 공급하는 중대형 발전소로도 개발이 상당한 수준으로 진행 중이다. 현재 미국, 일본, 유럽 등에서는 정부의 적극적인 지원뿐만 아니라 거대 다국적 회사들과 대부분의 자동차회사들이 회사의 사활을 걸고 연료전지 개발을 서두르고 있다. 특히, Daimler chrysler는 '94년 NECAR-I을 시작으로 1999년 3월 BENZ A-Class를 Base로 개조한 NECAR-IV를 발표 하는 등 연료전지 차량 개발에 발빠른 행보를 보이고 있다.

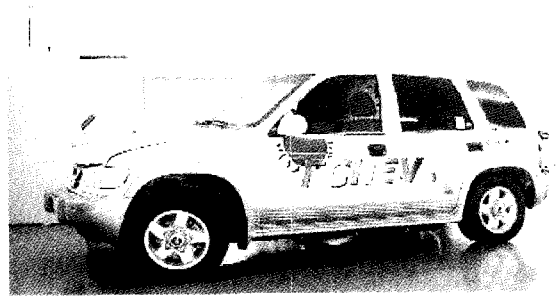
연료전지 엔진은 이론적으로는 연비성능이 좋은 무공해의 환상적인 엔진이나, 실용화를 위해서는 풀어야 할 문제가 많다. 수소를 공급하는 방식은 운송과 보급면에서 비현실적이며, 가솔린이나 메탄올 등으로부터 수소를 추출하여 연료전지에 공급하는 시스템인 연료개질 장치가 아직 많은 문제를 갖고 있고, 그 과정에서 공해물 배출도 불가피하다. 개질기가 수소생성 온도에 이를 때까지 시간이 소요되며, 초기 차량시동 및 운전을 위한 배터리팩이 필요하다. 가솔린보다 개질은 쉽지만, 부피가 크고 고가이다. 정지형 엔진(stationary engine)에의 응용에는 가능성이 많지만 자동차용 엔진으로서는 난점이 아직 너무나 많은 편이다. 국내에서는 현대자동차가 연료전지 전문 회사인 인터내셔널 퓨얼셀(IFC : Interntional Fuel Cells)사와 연료전지자동차 공동 개발 프로그램을 2000년 4월부터 착수하였

표 3 세계 각국의 연료전지자동차 개발 현황

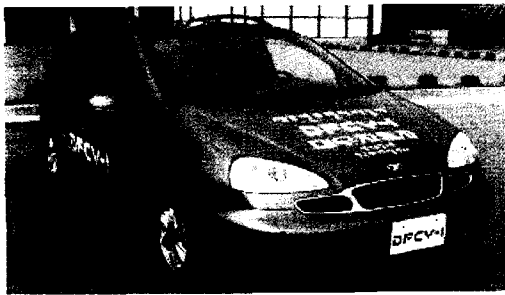
제조사	개발형태	개발현황	개발시작
포드	연료전지 전문 회사설립(발라드 엑셀시스)	시작차 개발완료, 양산개발 착수(압축수소 연료)	1994년
다임러 크라이슬러			1992년
지엠	독자개발 양사 공조체제 구축	시작차 시험(가솔린 연료)	1993년
도요타		시작차 시험(가솔린 연료)	1990년
혼다	공동/자체개발	2001년 FCX-V3 발표 2003년 실용화 목표 연료전지 독자개발 추진	1989년
닛산	공동개발	2001년 FCX-V4 발표 2003년 실용화 목표 고체용 연료전지 개발 중	1996년



(a) 2kW급(한국과학기술연구원)



(b) 10kW급(현대자동차)



(c) 10kW급(대우자동차)



(d) 25kW급 및 75kW급(현대자동차)

그림 9 국내에서 개발된 연료전지자동차

으며, '산타페' 모델을 바탕으로 수소 연료전지자동차를 개발하였다. 현대자동차는 연료전지자동차의 조기 상업화를 위해 노력하고 있으며 세계 유수의 자동차 회사, 에너지 회사, 캘리포니아 주정부, 미국 에너지성과 교통성 같은 정부 기관이 참여하는 캘리포니아 퓨얼셀파트너십(CaFCP : California Fuel Cell Partnership)에 운영위원의 자격으로 참여하고 있다.

자동차의 출력증강을 원하는 인간본연의 욕구를 충족시키면서도 연비, 배기문제를 해결하기 위한 대체 엔진으로서 하이브리드, 연료전지엔진 등이 대두되고 있으며 예측가능한 시기인 적어도 20~30년

간은 경제적이고 출력 밀도가 높고 고효율화된 내연기관이 차량추진의 근간이 될 것으로 보이므로, 저공해 엔진연소 기술은 자동차 기술의 핵심이 될 것이다. 미래형 저공해 내연기관으로서 직접분사식 디젤/가솔린 엔진이 유망하나, 현용엔진의 개선을 통한 저공해화 역시 발전여지가 많으며, 장기적으로는 내연기관과 공존하는 하이브리드엔진의 개발이 환경친화적 엔진기술의 중심이 될 것이다. 이러한 엔진기술의 개발은 전 세계적으로 최첨단의 기술을 동원하여 이루어지고 있으며 국내에서도 자동차회사들과 연구중심의 대학들, 정부출연연구소의 협동연구로 활발히 진행되고 있다.