

차세대 환경친화자동차의 개발 동향

· 권문식 | 현대자동차 선행개발센터, 전무이사
e-mail : kwonms@hyundai-motor.com

이 글에서는 지구 환경 보존을 위해 각국의 자동차 분야에서 시도되고 있는 친환경적 대체연료를 이용한 환경친화차량의 개발 동향 및 그 실용화 전망에 대해 알아보기로 한다.

환경 관련 국제 합의로써 오존층 파괴를 막기 위해 프레온가스 사용을 규제한 1986년의 몬트리올 의정서 이래, 1992년 브라질 리우데자네이루에서 최초로 탄생된, 지구온실화 방지를 위해 화석연료 사용을 감축하자는 국제간의 공동 협약인 기후변화협약이 1997년에 일본의 교토에서 최종적으로 채택됨으로써 세계 각국은 환경 관련 경각심이 고조되기 시작했다. 또한, 이러한 각종 규제 협약과 일부 선진국의 개별 입법에 의한 무역 규제가 증가함에 따라 높은 수준의 환경기술과 환경친화적 산업구조를 가진 국가들이 지구 환경보전을 명분으로 국제적으로 그린라운드(Green Round)를 결성하고 있으며, 미국의 캘리포니아주를 비롯한 여러 주에서는 무배기 자동차(ZEV : Zero Emission Vehicle), 저공해 자동차 의무 판

매를 포함한 자동차 배기가스 규제를 입법화 하고 있어 각국의 자동차 회사는 이에 대응하기 위한 친환경기술을 개발해야 하는 어려움에 직면하게 되었다. 향후 21세기에는 어떤 자동차 회사도 기존의 내연기관 자동차만으로는 생존할 수 없게 된 것이다. 또한, 현재의 추세로 석유자원을 소비할 경우 지구상의 화석연료는 50년을 넘기지 못할 것으로 예견되고 있어 대체연료 자동차의 개발은 이제 인류 공통의 관심사가 되어 가고 있다. 각국의 자동차 회사는 그 동안 저공해 자동차로 천연가스, 에탄올, 메탄올, 수소 등을 연료로 사용하는 대체연료 자동차 및 무공해 자동차로서 전기자동차를 개발하였다. 근래에 들어서서는 내연기관과 전기모터를 조합한 하이브리드 전기자동차가 양산되어 시판되고 있으며, 연료전지자동차 개발도 활발히 진행

되고 있다. 이 글에서는 친환경적인 대체연료를 사용하는 차세대 환경친화차량의 개발 현황과 향후 그 실용화 전망에 대해 살펴보고자 한다.

각국의 배기가스 규제

환경친화차량의 개발이 가속되고 있는 이유 중의 하나로서 각국의 배기가스 규제 강화를 들 수 있다.

첫째로, 미 캘리포니아주의 ZEV의무 만족 법규가 환경친화차량 개발의 도화선이 되었으며, 글자 그대로 차량의 배기 파이프로부터 배기가스가 전혀 나오지 않는 자동차를 전체 판매차량의 일정 비율 만큼 의무 판매해야 하는 조항으로서 2002년 7월부터 발효되었다. 본 법규를 만족하기 위해서 미국의 3대 메이커를 비롯한 각 자동차 메이커에서는 일

찍이 배터리를 에너지원으로 하는 전기자동차를 개발하여 시판하고 있으며, 초청정 저공해 차량(SULEV : Super Ultra Low Emission Vehicle)이나, 최신의 배터리 기술을 접목한 하이브리드 차량으로 대응하고 있다. 캘리포니아 주의 결정에 이어 마이애미 주, 뉴욕 주 등 미국의 북동부 다섯 개 주에서도 캘리포니아 주의 결정에 준해 시행을 준비 중이어서 ZEV 의무규정은 확산될 전망이다.

둘째로, 유럽의 CO₂ 배기가스 감축 관련 규정으로서 이산화탄소 배출량 모니터링 시스템을 제도화하고 있다. 즉, 이산화탄소 배출 결과를 국가별로 보고해야 하며, 점진적으로 배출량을 감축하여 2009년까지 평균 140g/km 이하로 목표를 세우고 있다. 미국 캘리포니아 주에서도 최근 이산화탄소 배출량을 제한하는 내용의 법안이 통과되어 2009년부터 판매하는 차량의 이

산화탄소 배출량을 의무적으로 감축해야 한다. 유럽에 이어 미국에서도 지구 온난화를 일으키는 대표적인 온실가스인 이산화탄소의 배출을 직접적으로 규제하는 법안을 마련함으로써 환경 단체들은 이것이 환경 관련 법안으로 가장 의미가 있는 것으로 반기고 있는 반면, 연간 캘리포니아 주에서 200만 대의 자동차를 판매하는 자동차 업계는 ZEV 의무 만족 법규와 더불어 본 법안의 시행으로 자동차 가격 상승에 따른 소비자 불이익을 가져올 수 있다는 점에서 반대하고 있는 상황이다. 이와 관련, 조지 부시 미국 행정부는 최근 유엔에 제출한 보고서에서 화석연료의 사용이 지구 온난화의 주요 원인임을 처음으로 인정하고 있어 그 결과가 주목된다. 이 외에도 유럽에서는 자동차 배출가스 강화 규정(EURO-III & EURO-IV)을 확정하고 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NO_x)의 배출을 제한

하고 있다.

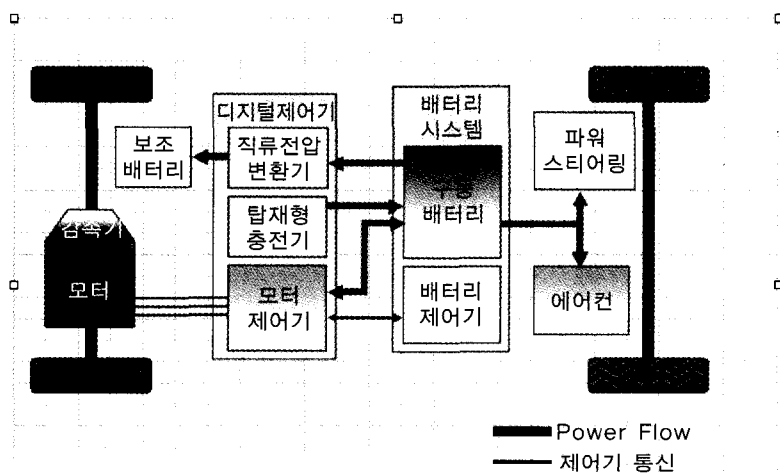
셋째, 아시아 지역의 자동차 배출가스 규제 강화로서 일본에서는 유럽과 마찬가지로 상기 세 가지 배기가스 성분에 대한 규제를 2000년부터 시행하고 있으며, 최근 신흥 자동차 시장으로 성장을 보이고 있는 중국에서도 2004년부터 배기가스 강화를 규정하고 있다.

마지막으로 국내에서는 올해 7월부터 강화된 배기가스 규제가 이미 적용되어 실행 중이다. 차종 및 연료별로 규제가 강화되었으며, 특히 승용 디젤엔진에 관한 규제가 대폭 강화되어 시장으로의 진입이 원천적으로 봉쇄되어 있다.

이러한 각 국의 배기가스 규제는 제한되어 있는 화석연료의 효율적인 이용, 대체연료 차량의 개발 및 이로 인한 산업계 전반에 걸친 각종 신기술의 개발 촉진으로 이어져 파급효과가 매우 크다고 하겠다. 다음에는 이러한 규제에 대응하기 위하여 차량 메이커에서 진행하고 있는, 대체연료를 사용하는 차세대 환경친화차량 개발 현황에 대해 간략히 설명한다.

전기자동차

전기 모터를 구동용으로 사용하는 모든 차세대 환경친화차량의 기본이 되는 차량으로서 통상적으로 배터리를 모터의 구동 에너지원으로 한다. 1890년경 내연기관 자동차보다 먼저 개발되었으나, 내연기관 자동차의 편의성



전기자동차 시스템

에 밀려 자취를 감추게 된 전기자동차가 다시 등장하게 된 이유는 배기가스가 전혀 없는 무공해 차량으로서 지금의 심각한 공해를 줄일 수 있다는 방편으로서이며, 그 동안 배터리 기술, 모터 및 제어 기술이 급속도로 발전하여 성능면에서 도심주행에 충분히 이용될 수 있다는 가능성 때문이다.

또한, 현재는 기존의 엔진에 연결되어 부가적으로 작동되던 파워 스티어링 시스템(power steering system), 냉난방장치, 브레이크 시스템, 차량속도 조절기(accelerator) 등이 전기적 시스템으로 바뀌어 차량에 독립적으로 적용이 가능해짐으로써 기존의 내연기관 차량과 비교하여 아무런 불편 없이 차량을 주행할 수 있게 되었다.

그러나 한 번 충전했을 때 주행 가능한 거리가 도심주행을 기준으로 150~200km로서 짧은 점과 긴 충전시간이라는 단점이 실용화의 걸림돌로 작용하고 있다. 차량의 일충전 주행거리를 결정하는 주요소인 배터리는 현재 니켈-수소 배터리가 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 지금도 일부 적용 중이지만 향후 표준적용이 예상되는 배터리는 리튬 계열의 배터리이다. 이 경우 200~250km까지 주행거리가 늘어나게 될 것으로 예상된다. 현재는 주로 우편배달 및 서비스 차량, 셔틀버스, 청정지역 공원관리 차량 등으로 이용되고 있으며, 급속충전 개발로 30분 내 배터리를 충전할 수 있게 될 경우 상대적으로 저렴한 유지비용과 운전의 쾌적성으로 그 활

용도는 급격히 증대될 것이다.

현재 시판되고 있는 양산차량으로는 미국 GM 사의 EV1을 비롯하여 Ford 사의 Ranger Pick-up 및 Think, Daimler-Chrysler 사의 EPIC이 있으며, 일본의 도요타는 RAV4 EV와 e-com, 혼다는 EV PLUS와 City Pal, 닛산의 Altra EV 및 Hyper mini가 있다. 여기서 최근 개발되는 이들 차종의 주요한 특징으로는 각 메이커에서 이제는 NEV(Neighborhood Electric Vehicle) 개념의 목적지향적 전기자동차를 개발하고 있다는 점이다. 도심 내에서 2인승의 소형 차량을 업무용 또는 출퇴근용으로 운행함으로써 도심 공해 저감은 물론 교통소통의 원활화를 꾀할 수 있으며, 굳이 주행거리를 많이 확보할 필요가 없기 때문이다. 그 예로 일본에서는 이러한 소형 전기자동차의 공동 이용 시스템을 개발하여 京都市에서 비즈니스맨과 주부, 학생, 관광객 등을 대상으로 차량 운행시 예약과 운행관리, 충전관리 등 광범위한 단거리 이용에 관한 Car Sharing 시스템을 구축하고 있다.

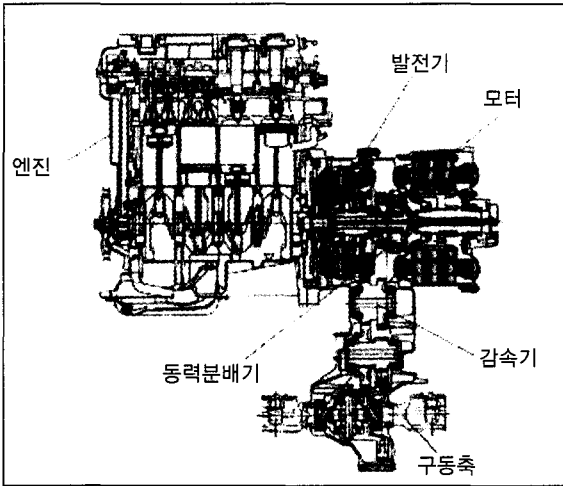
우리나라에서는 아직 시판되는 차량은 없으며, 현대자동차가 작년부턴 하와이에서 주정부와 공동으로 신타페 전기자동차를 시범운행 중이다. 국내에서도 이러한 환경 사업이 조만간 벌어질 것으로 예상되며, 한정된 지역에서의 운행을 시작으로 하여 점차 환경친화차량은 친숙감을 더 해 갈 수 있을 것이다.

하이브리드 전기자동차

혼합, 복합이라는 의미의 하이브리드는 두 개 이상의 시스템을 조합하여 그 장점을 취한 것으로 여러 종류가 있을 수 있겠으나, 현재는 내연기관과 전기 모터를 조합한 하이브리드 전기자동차가 그 대표적인 예다. 내연기관의 특장과 전기 모터의 장점을 조합하여 저공해 및 연비향상이라는 두 가지 목표를 적절한 수준에서 달성하는, 다소 타협적인 절충안으로서 무공해 차량개발로 가는 환경친화차량 개발의 중간 단계로 볼 수 있다.

초기에는 전기 모터를 이용하여 차량을 작동하고, 엔진을 전기 모터에 요구되는 전기에너지를 공급하기 위한 발전기 구동장치로서 사용하는 직렬형 하이브리드 차량이 버스 등의 배터리 탑재 공간이 넉넉한 상용차 위주로 개발되었으나, 현재는 연료경제성 및 환경문제 등의 이유로 실 운영면에서 직접적으로 그 효과를 느낄 수 있는 승용차량을 대상으로 개발이 진행되고 있다.

하이브리드 차량은 크게 동력 전달계의 구성방식에 따라 직렬형, 병렬형 및 변환형으로 구분된다. 직렬형은 앞서 설명된 바와 같이 엔진을 발전기 구동원으로 사용하여 전기에너지를 생성하는 보조동력장치로 사용하며, 차량 구동은 순수 전기차와 마찬가지로 전기모터에 의하여 이루어진다. 따라서 직렬형 구조의 하이브리드 차량은 화석연료로부터 각각 발전기, 배터리로의 전기에너



도요타 '프리우스'와 적용된 Power Train

자 및 화학에너지로의 변환과 다시 전기 모터에 의한 기계에너지로의 변환 등 에너지 변환과정이 잦아 에너지 효율면에서 불리하며, 또 모터가 직접 차량을 구동하므로 큰 배터리 용량을 요구하는 단점을 가지고 있다. 이에 비하여 병렬형은 엔진과 전기모터가 동시에 차량을 구동하는 구조로서 직렬형에 비하여 에너지 효율이 높으며, 소형의 모터를 구동할 수 있는 전원만을 탑재함으로써 비교적 적은 중량의 증가로 하이브리드 효과를 누릴 수 있다. 그렇지만 복잡한 Power Train 구조와 동력전달계를 제어해야 하는 단점이 있다. 변환형 하이브리드 차량은 일반적으로 동력단속

장치의 상태에 따라 직렬형과 병렬형 구조가 변환되는 구조를 가지고 있다.

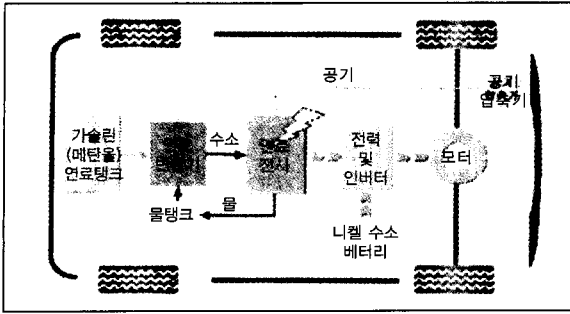
일본의 도요타는 1997년 세계 최초로 병렬형 하이브리드 전기자동차인 '프리우스(PRIUS)'를 양산하였으며, 이어서 2001년에는 동력성을 향상시킨 '뉴 프리우스'를 발표했다. 여기에는 가솔린 엔진과 30kW의 전기모터와 유성기어를 적용하여 연비 및 배기성을 크게 향상

시킨 병렬형 하이브리드를 구현했다. 이 차량은 본격적인 하이브리드 차량의 효시가 되었으며, 전세계적으로 병렬형 하이브리드 차량 열풍을 일으키는 계기가 되었다. 도요타는 이후 사륜구동 하이브리드 차량인 ESTIMA의 개발에 이어 기존의 고급 승용차인 CROWN에 3kW의 전기모터를 적용하여 최소한의 하이브리드 개념을 부여한 한 차량도 개발하여 시판하고 있다. 혼다는 이에 대응하여 세계 최고의 하이브리드 차량 연비를 자랑하는 '인사이트(INSIGHT)'를 개발하여 1999년 판매를 시작하였다. 인사이트 역시 병렬형으로서 엔진과 변속기 사이에 전기모터를 삽입

하고 무단변속기를 채택하여 35km/ℓ의 연비성을 실현하였다. 또한, 금년 초에는 하이브리드의 대중화를 위하여 혼다의 대표 차종인 '시빅(CIVIC)'을 이용한 하이브리드 차량을 출시했다. 닛산 역시 유사한 변환형 하이브리드 차량인 '티노' 하이브리드 전기차를 개발하였다. 반면에 미국의 GM, Ford 및 Daimler-Chrysler에서는 그동안 연구해 오던 하이브리드 차량의 개념이 일본과는 판이하게 달랐다. 3사 모두 일본의 약진에 자극을 받아 계획을 전면 수정하여 보다 실용적인 미국형 하이브리드 차량을 내년에 내놓기 위하여 개발을 서두르고 있다.

국내 역시 상황은 비슷하다. 하이브리드 차량 개발을 위하여 정부의 지원하에 산학 공동 연구가 활발히 진행되고 있으며, 병렬형은 승용차량에, 직렬형은 상용 버스에 초점이 맞춰져 그 동안의 연구 결과가 선을 보이고 있다. 현대자동차의 베르나 하이브리드 전기자동차가 그것이고, 이번 월드컵 축구경기 동안 시범 운행된 카운티 하이브리드 전기버스가 완성도를 높이기 위하여 한창 개발 진행 중이다.

하이브리드 차량은 친 환경차량이 추구하는 궁극적인 목표는 아닐지라도 현재로서는 그 중간 단계의 역할을 수행하는 최선의 방안으로 다음 주자에게 주도권을 넘겨줄 때까지 한 시대의 조류로서 개발의 열풍과 인기가 계속 될 것으로 전망된다.



연료전지자동차 기본구조

연료전지자동차

연료전지자동차는 전기자동차 수준의 환경 친화성 및 정속성, 하이브리드 전기자동차를 능가하는 연료 효율, 가솔린 자동차 수준의 연료 공급 편의성을 겸비한 자동차이다. 수소를 연료로 사용할 경우에는 물 이외의 배기가스는 없고, 액체 연료를 사용할 경우에는 이산화탄소를 제외할 경우 무공해에 가깝다. 액체 연료를 사용한다 하더라도 연료 생산부터 이산화탄소 발생량을 따진다면, 전기자동차는 물론 현재 제안된 모든 대체연료 자동차보다 더 적다고 알려져 있다. 연료전지자동차가 실용화될 경우, 자동차로 인한 환경오염과 에너지소비 문제를 완화할 수 있을 것으로 기대된다. 대부분의 자동차 회사들이 2004년 전후 양산 목표를 선언하며, 연료전지자동차 개발을 한층 강화하고 있다. 한편, 연료전지자동차에 탑재될 정도로 가격, 성능, 안전성 측면에서 연료전지 시스템 제작 기술이 완성되면, 선박, 건물, 일부 지역 등을 위한 발전에 활용할 수 있다.

연료전지자동차 개발 경쟁은

표하였고, 1997년 당시 다임러크라이슬러는 메탄올 연료변환기를 사용한 네카3(NeCar 3)를 발표하였다.

다임러크라이슬러는 2004년 양산 의지를 피력하며, 프로톤교 환막 연료전지 전문 업체인 발라드(Ballard) 사에 대대적인 투자를 하였다. 캐나다의 벤처기업 중 하나인 발라드가 연료전지 분야의 선도 기업으로 나서기 시작한 시기이다. 뒤이어 포드도 가세하여 다임러크라이슬러/포드/발라드의 연료전지자동차 실용화를 위한 연합이 형성되었다. 도요타는 2003년, 지엠은 2004년 각각 양산과 양산 준비 완료를 목표로 한다고 발표하였으며, 1999년에는 두 회사가 연료전지자동차를 포함한 차세대 자동차 기술 개발을 공동으로 추진한다고 발표하였다. 도요타와 지엠은 연료전지 시스템을 독자 개발하고 있는데, 두 회사의 공동 개발 선언은 선진 업체 사이의 자사 연료전지자동차 기술의 표준화 경쟁을 촉발하는 계기가 되었다.

뒤이어 대부분의 자동차 회사들이 2004년 전후 양산 목표를 선언하며, 연료전지자동차 개발을 한층 강화하고 있다.

현대자동차는 연료전지 전문 회사인 인터내셔널 퓨얼셀(IFC : Interntional Fuel Cells)사와 연료전지자동차 공동 개발 프로그램을 2000년 4월부터 착수하였으며, 산타페 모델을 바탕으로 수소 연료전지자동차를 개발하였다.

현대자동차는 단순히 기술 개발에만 머무르지 않고 연료전지자동차의 조기 상업화를 위해 노력하고 있으며, 세계 유수의 자동차 회사, 에너지 회사, 캘리포니아 주정부, 미국 에너지성과 교통성 같은 정부 기관이 참여하는 캘리포니아 퓨얼셀 파트너십(CaFCP : California Fuel Cell Partnership)에 운영위원의 자격으로 참여하고 있다. 여기서는 실주행환경에서의 연료전지자동차 시범운행, 연료공급 인프라 표준 개발, 연료전지 자동차 상업화 가능성 모색 및 안전기술 개발, 연료전지자동차의 대중 인지도 제고 등 연료전지자동차의 조기 실용화를 위한 활동을 하고 있는데, 운영 위원회에서 합의된 내용



NECAR 5(2001년)



Santa Fe FCV(미국 네바다 주)

은 연료전지자동차의 표준화로 이어질 전망이다. 현대자동차는 또한 본 파트너십 시범 운행 사업에 2001년부터 참여하고 있다.

연료전지자동차의 상업화 시기는 크게 생산과 운행 인프라 구축 여부가 결정한다. 내연기관자동차의 생산 구조와 운행 인프라 구조가 오랜 시간 동안에 걸쳐 형성된 반면 연료전지자동차의 상업화는 계획된 투자가 필요하다는 것 자체가 상업화에 있어 가장 큰 해결 과제라고 할 수 있다. 소재 및 부품 생산에서 자동차 조립까지 계열화된 생산 구조가 형성되어야 하며, 운행 측면에서도 새로운 연료인 수소, 메탄올, 합성 가솔린 또는 디젤 등의 생산, 공급 인프라가 구축되어야 한다. 인프라 문제는 특정 업체의 사업 전략만으로 형성될 수 없는 문제이기 때문에 자동차 회사, 연료 공급 업체, 정부 공동의 노력이 필요하다. 최근 자동차 회사와 정유 회

사가 연료 선택, 인프라 구축, 연료 변환기 개발 등 연료와 관련된 대부분의 분야에서 개발 및 사업화를 위한 협력 관계가 형성되고 있어 연료 전지자동차의 상업화에 대한 본격

적인 움직임이 시작되었다고 할 수 있다.

시범 운행은 연료전지자동차의 실 주행 조건에서의 기술적 문제는 물론 연료전지자동차가 본격적으로 시장에 투입되었을 때 생길 수 있는 문제를 분석하고 대응하기 위해 필요하다. 따라서 캘리포니아 주정부, 현대자동차를 포함한 다임러크라이슬러, 포드, 지엠, 혼다, 폴크스바겐 등 자동차 회사와 비피(BP), 쉘브론(Chevron), 텍사코(Texaco), 엑손(Exxon), 모빌(Mobil), 셸(Shell) 등 정유 회사에서는 California Fuel Cell Partnership을 형성하여 2001년부터 3년간 버스를 포함한 연료전지자동차를 시범 운행하고 있다. 이는 연료전지자동차의 상업화를 위한 정부, 자동차 회사, 에너지 공급 회사의 협력 관계 형성의 본보기가 될 것이다.

21세기 초 연료전지자동차 상업화를 의심하는 견해가 있을 정도로 이를 실현하기 위해서는 많

은 기술적 난관들이 존재하고 있다. 그러나 이를 해결하기 위한 조직적 움직임이 있다는 것 또한 사실이다. 연료전지자동차 개발은 환경보전은 물론 에너지 수급 전략과 그 맥을 같이 하고 있고 산업적 파급 효과가 크기 때문에 선진국 정부는 관련 기술 개발 및 시범 운행 프로그램을 확대하고 있다.

환경차량의 미래

이상에서 현재 가장 활발하게 본격 궤도에 올려져 개발이 진행되고 있는 환경친화차량에 대해 현황을 정리해 보았다. 그런데 이 차량들의 특징은 모두 전기 모터를 사용하고 있다는 점에서 공통점을 갖고 있다. 미래의 친환경 교통수단으로서 또, 몇 십년 후면 남지 않게 될 석유자원을 대체할 수 있는 대체에너지 차량으로서 궁극적으로는 전기에너지를 이용한 방법이 가장 유망한 대안으로 떠오르고 있다는 반증일 게다. 물론, 내연기관의 진화도 계속될 터이지만 친환경성, 저소음, 고효율, 사용 에너지의 무한성과 각종 전기전자 제어기술의 발전으로 모터를 구동방식으로 하는 차량의 발달은 거스를 수 없는 시대의 대세이며, 이제 우리가 나아가야 할 방향으로 확실히 다가오고 있다.

기계응용어 해설

극치통계해석(Extreme Statistical Analysis)
 샘플 면적에서 관찰되는 통계변수의 최대값 분포를 해석하여 대상 면적(통계변수가 발생된다고 생

각하는 전면적)에서 발생할 수 있는 최대값을 예측하는 것