



THEME 05

온실가스 저감을 위한 그린자동차 기술

송 순 호 | 연세대학교 기계공학과, 교수 | e-mail : soonhosong@yonsei.ac.kr

이 글은 수송부문이 지구온난화에 미치는 영향에 대하여 서술하고, 미래의 신성장동력 산업으로서 그린자동차를 중심으로 친환경자동차 기술을 소개하고자 한다.

우리나라는 그 동안 기후변화협약의 의무감축국이 아니어서 온실가스 감축목표의 설정을 늦추어 왔으나 온실가스 배출량 세계 6위, 1인당 배출량 기준 세계 9위에 해당하여 세계로부터 온실가스 감축 압박을 받아 온 것이 사실이다. 따라서 2008년부터 세계 정세에 따라 녹색성장을 국가 의제로 선언하면서 온실가스 감축 의지를 나타냈다. 정부는 2009년 11월 17일에 국무회의에서 우리나라의 2020년 국가온실가스 감축목표를 처음 발표하였는데, 정부가 발표한 감축목표는 2005년 대비 4%, 배출전망치(BAU: Business As Usual) 대비 30%로 이는 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)이 개발도상국에 권고한 감축범위의 최고 수준이다. 규제 없이 현 상태로 그대로 온실가스 배출이 지속된다면 2020년에 8억 1,300만 톤의 온실가스를 배출하게 되나 이를

5억 6,900만 톤으로 억제하겠다는 것이며, 2005년 배출량 5억 9,400만 톤에 비해서도 4% 감축된 값이다. 온실가스 감축목표가 설정된 이후 정부는 구체적으로 부문별 세부목표를 정하였는데, 산업분야의 단기적 부담을 최소화하기 위하여 상대적으로 감축여력이 많은 건물과 수송 등 비산업분야를 중심으로 감축노력을 강화하기로 하였다. 수송 분야에서는 연비기준의 강화와 이산화탄소 배출규제를 통해 주어진 감축목표를 달성하도록 하는 정책이 시행되기 시작하였다.

수송 분야에서의 연료사용절감과 이산화탄소의 배출저감을 위한 방법으로는 자동차의 에너지 변화효율과 전달효율을 높이는 방법과 운전이 주로 에너지효율이 높은 영역에서 이루어지도록 하는 방법 등이 있는데, 자동차와 관련한 가장 현실적인 방법으로 자동차의 경량화, 효율이 높은 내연기관 자동차와 하이브리드 자동차의 사용증가, 친환경적인 전기의 생산과 전기자동차의 보급, 친환경 바이오연료의 사용 등이 있다.

수송부문과 지구온난화

수송부문은 온실가스의 주요 배출원이다. ITF(International Transportation Forum)는 IEA(국제에너지협회)의 자료를 이용하여 2006년 전체 온실가스 발생의

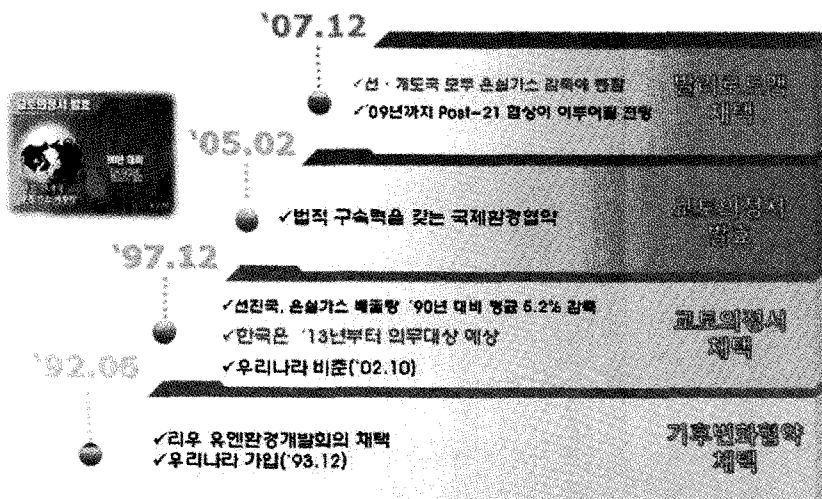
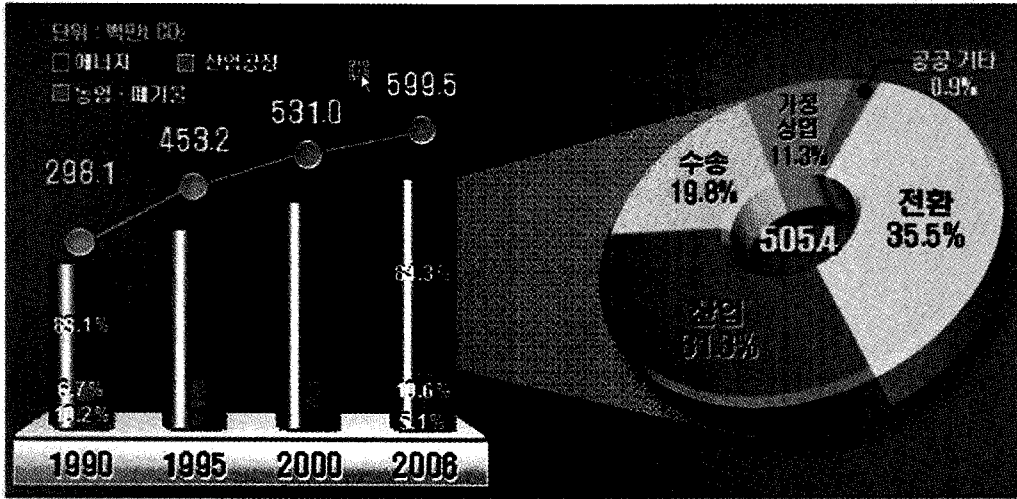


그림 1 온실가스 감축을 위한 국제협약



* 에너지(84.3%)와 산업공정(10.6%) 부분이 총 배출량의 94.9% 차지
 그림 2 우리나라 온실가스 배출 추이 및 부문별 점유율

13%, 화석연료로부터 CO₂ 발생량 중 24%가 수송부문에서 비롯되었다고 추정하고 있다. 수송부문의 배출량은 1990년부터 2000년까지 연평균 2.11%로 증가하여 왔으며, 2000~2006년에는 연평균 2.26%로 더 높은 증가추세를 보였다. 이는 OECD 국가들의 1999~2000년 증가율이 2.07%에서 지난 6년 간 1.16%로 감소한 데도 불구하고, OECD 미가입국가들의 배출량 증가율이 높았기 때문이다. (ITF, 2009)

우리나라에서 2007년에 발생한 온실가스 중 수송부문의 기여율은 약 19.4%(2006년 19.8%)로 추정된다. 지식경제부의 발표에 따르면, 우리나라의 온실가스 배출량은 2007년도 6억 2,000만 톤 CO₂로 2006년의 6억 260만 톤 CO₂ 대비 2.9% 증가한 것이다. 이는 선진국의 무감축 기준연도인 1990년 배출량 대비 103% 증가한 것이며, 연평균 증가율 4.3%로 OECD의 배출량 증가율에 비하면 높은 수치다.

1992년 6월에 채택된 기후변화협약 이후 자동차 CO₂ 규제에 대한 국제적 규제도 본격화되었으며, EU에서는 1998년 10월 룩셈부르크에서 개최된 EU 환경이사회에서 2008년까지 신규자동차의 CO₂ 배출량을 140g/km으로 규제하는 새로운 자동차 이산화탄소 배출제한 협약을 승인하여 제작사의 자발적 협약에 의한 규제를 시행하여 오고 있으며, 2012년부터는 강제기준

(신차의 65%:130g/km)을 적용한다.

자동차 CO₂ 기준은 자동차 무역의 새로운 장벽이며 향후 자동차 시장에 새로운 질서를 가져올 매우 중요한 변수로서, 미국과 유럽, 일본 등 선진국에서는 국가적인 차원의 저 CO₂, 초저연비 그린카 자동차기술개발을 지원하고 있으며 이미 그린카 시장의 경쟁이 시작되고 있다.

환경친화형 자동차 기술 - 클린디젤자동차

클린디젤자동차란 기존 디젤엔진에 신연소 기술과 신부품 기술을 적용하여 연비를 향상시키고, 지구온난화 가스인 CO₂ 배출량을 감소시키며, 배출가스를 원천적으로 저감하는 후처리 기술을 적용한 디젤자동차를 의미한다. 핵심기술은 크게 엔진기술과 후처리기술로 나눌 수 있다.

엔진기술 중 신연소 기술은 세부적인 적용방식은 차이가 있으나 일종의 저온연소로서 기본적으로 종래 디젤엔진에서는 피할 수 없었던 NO_x와 PM 발생의 trade-off 관계를 극복하고자 하는 신연소 기술과, 압축비 저감 시 펌핑손실 저감 및 마찰손실 저감으로 인한 연비 개선 효과와 배기가스 저감을 위해 압축비를 낮추는 저압축비 적용 기술이 있다. 또한 엔진 자체에서 NO_x를

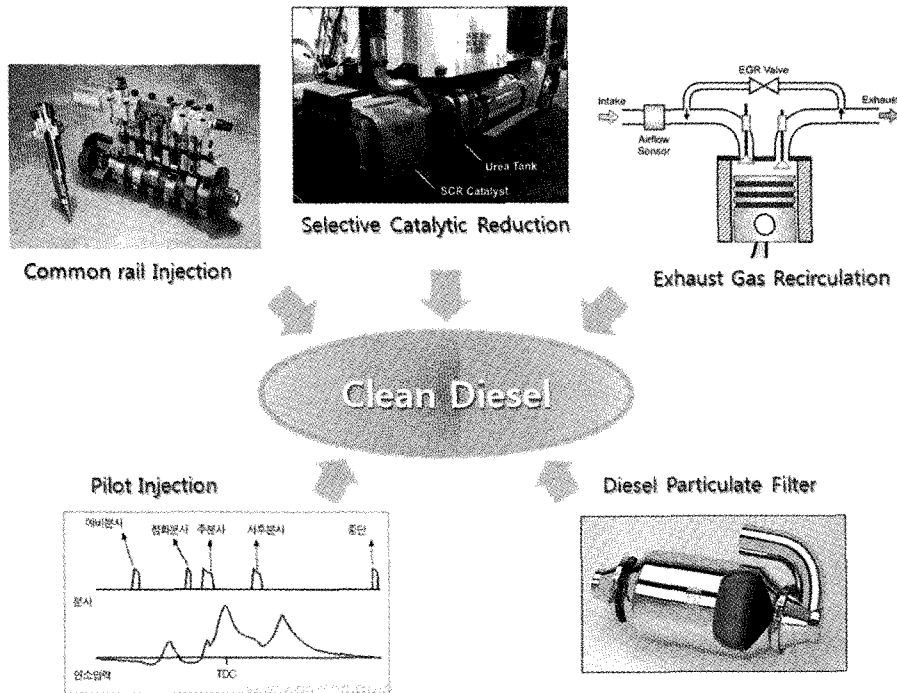


그림 3 클린디젤 적용 기술

저감하는 방법으로 비교적 비용이 적게 들고, 제어 용이해 현재 가장 많이 이용되고 있는 EGR기술, ECU(Electronic Control Unit)에서 제어하여 분사시기, 분사압력, 분사량을 최적화한 후 커먼레일 연료펌프에서 배송된 연료를 고압의 상태로 저장하는 축압기에서 저장된 초고압(1,350bar 이상) 연료를 연소실에 직접 분사하는 시스템인 커먼레일 직접분사시스템, 압축상사점에 도달하기 전인 BTDC에서 연료를 예비 분사하고, 일반 디젤엔진과 동일하게 TDC 부근에서 연료를 분사하는 파일럿 분사 기술이 있다. 연료를 여러 번 분사하게 되면 배기가스 규제의 만족뿐만 아니라 차량진동, 연료의 혼합을 증가로 인해 연비 및 출력증대도 가능하다.

후처리 기술로는 크게 DPF(Diesel Particulate Filter, 매연여과장치)와 SCR(Selective Catalytic Reduction)이 있다. DPF는 배기가스가 발생한 뒤 이것을 배출하지 않고 차 내에서 처리할 수 있도록 하는 장치로서 주로 필터를 설치해 분진을 걸러주는데, 이 DPF의 구조는 입구와 출구의 채널이 서로 엇갈리게 막혀 있어서 배기가스 중의 입자는 공극이 있는 벽에 의해 걸러지고 가

스는 통과되어 배기관으로 나가는 구조를 하고 있다. 현재 입상물질의 저감기술로는 매연여과장치라고도 불리는 DPF가 가장 효과적이라는 평을 듣고 있으며, 시판차량 및 기존차량(Retrofit)에까지 장착을 의무화하도록 하고 있다. SCR은 선택적 촉매에 의한 감소 방식이라는 의미의 SCR은 환원제로 어떤 것을 사용하느냐에 따라 Urea 또는 Hydrocarbon 형식으로 나뉜다. 촉매반응을 이용하여 배기가스중의 NOx를 저감시킨다. Urea-SCR의 문제점으로는 Urea의 유통망과, Urea의 결빙문제 등이 있지만 향후 Euro5,6 배기규제를 쉽게 대응할 수 있으며, 연비, 출력, 냉각성능, 엔진내구성이 타 시스템보다 우수하다는 점을 장점으로 꼽을 수 있다. HC-SCR은 Urea 대신 환원제로 디젤연료를 사용하는 방식으로, 따로 탱크를 만들어 주입하지 않아도 된다는 간편함이 큰 장점이다. 하지만 낮은 효율로 인하여 이 기술은 현재 많은 연구 중에 있다.

환경친화형 자동차 기술 - 하이브리드자동차

하이브리드자동차(HEV)는 두 종류의 구동원인 엔

진과 전기모터를 효율적으로 조합해서 동작시키는 시스템으로서 현재의 내연기관에 비해 배기가스 및 연비를 크게 향상시킬 수 있다. 하이브리드자동차 개념은 이미 1909년에 특허가 출원될 정도로 오래된 개념이었으나 최근 전기자동차 개발 과정에서 새롭게 조명되기 시작하였다. 그 동안 축전지기술 개발의 한계 때문에 상용화 시기가 상당기간 늦어질 것으로 전망되어 왔으나 전기자동차가 자동차 배출가스 공해의 해결책이라는 데는 대부분이 공감하고 개발 노력도 지속될 것으로 예상되기 때문에 지금까지 개발되어 온 축전지 기술을 활용하고 동시에 개발을 계속하면서 전기자동차가 실용화되기 전까지 공해문제를 개선할 수 있는 방안으로 하이브리드 자동차 기술이 제시되었다. 장점으로는 동력원의 다양성을 꼽을 수 있는데 기존의 가솔린이나 디젤엔진뿐만 아니라 압축천연가스(CNG), 연료전지(Fuel Cell), 가스터빈 등을 사용할 수 있으며, 에너지 저장장치도 전기에너지를 저장하는 축전지와 축전기 이외에도 회전력을 저장하는 플라이휠(flywheel), 유압을 저장하는 accumulator, pressure cylinder 등으로 다양하며 태양에너지 이용도 용이하다. 그러나 하이브리드 자동차 실용화를 위해서는 두 개 이상의 동력원을 사용하는 데 따른 구조의 복잡성 때문에 중량과 차량가격이 상승되는 문제점을 해결하여야 한다.

환경친화형 자동차 기술 - 전기자동차

전기자동차(EV : Electric Vehicle)는 자동차의 동력 발생장치의 구조가 기존 엔진과 같이 연소로부터 에너지를 얻는 구조가 아닌 전기에너지를 통해 구동되는 자동차를 총칭하여 일컫는 말이다. 전기자동차는 축전지에 축전되어 있는 화학에너지를 방전될 때의 전기에너지로 변환하여 모터를 구동시켜 운행하므로, 전기로 에너지를 얻기 때문에 배기가스나 환경오염이 전혀 없으며, 소음도 적은 장점을 지니고 있다. 전기자동차는 주로 전기료가 저렴한 심야전력을 이용하여 외부에서 전기를 공급하여 차량 내에 배터리를 충전하고, 주간에 운행함으로써 국가레벨에서 전력계통 특성을 효과적

으로 활용하여 에너지를 절감하고(스마트그리드), 차량측면에서 기존 대비 모터, 인버터 등의 고효율 시스템 적용(약 80%)으로 Wall to Wheel 에너지 소모량을 35% 수준으로 저감하여 CO₂의 양을 획기적으로 저감할 수 있다. 전기자동차는 현시점에서 소형 전기자동차의 상용화가 가능해졌으나 항속거리나 충전시간 등 성능 측면에서 기존 내연기관자동차에 비해 부족한 실정이다.

환경친화형 자동차 기술 - 연료전지자동차

연료전지자동차는 연료전지로부터 생산된 전기로 구동되는 전기자동차의 일종으로, 모터에서부터 바퀴에 이르는 구조는 기존의 전기자동차와 같다. 하지만 기존의 전기자동차와는 달리 저장된 전기를 사용하는 것이 아니라 반응물이 외부에서 연속적으로 공급되어 전기를 생성시키면서 모터를 구동하여 자동차를 주행하게 하므로, 일반적인 화학전지와는 달리 연료를 공급하는 한 충전할 필요가 없이 연속적인 전기화학반응에 의하여 전력을 계속 공급할 수 있는 특징을 가진다. 연료전지 차량 개발 초기에는 연료 변환기가 장착된 시스템의 연구가 활발하였으나 최근에는 굳이 연료 변환장치를 차량에 장착하지 않고 수소 충전소에서 연료 변환을 통해 생산된 수소를 충전하는 방식으로 연료 공급의 개념이 바뀌고 있고, 현재는 고압 수소 탱크를 사용하여 연료 변환장치 없이 직접 가압된 수소를 연료로 사용하는 것이 일반적인 추세이다.

맺음말

자동차용 연료인 원유 생산추세를 보면 2000년대 중반부터 생산량이 감소할 것으로 예측하고 있으나 중국 등 잠재 수요국들이 등장하여 수요량은 당분간 계속 늘어날 것으로 예상되어 원유수급에 어려움이 예상되며 대체에너지 개발이 시급한 과제로 제시되고 있다. 이와 같은 에너지 자원의 부족에 대한 위기 해소 방안과 함께 지구온난화 방지를 위한 온실가스 저감대책으

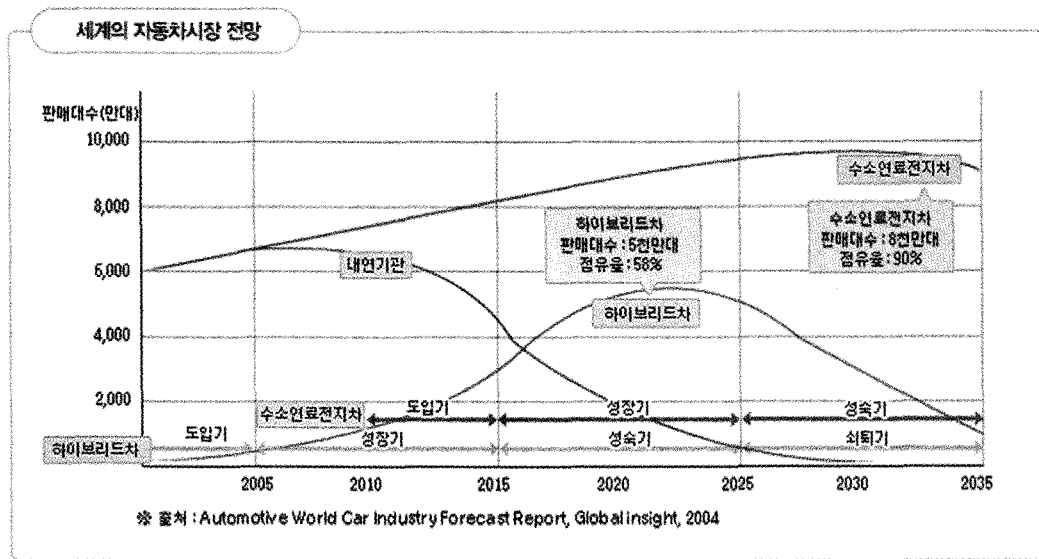


그림 4 향후 그린자동차 개발 및 보급 예측

로 연료절약 방안과 신재생 대체연료 개발에 대한 요구가 심각하게 대두되고 있다. 따라서 자동차분야에서도 자동차의 연비향상 기술과 신재생저탄소연료를 사용하는 자동차 개발이 향후 가장 중요한 기술방향이다. 그림 8의 예측에서 보듯이 향후 세계 자동차 기술 및 시장 전망은 내연기관에서 하이브리드자동차, 전기자동차, 수소연료자동차 시장으로 이행되어 갈 것으로 전망하고 있으며, 이행 시기는 기술의 발전 속도와 연료 및 전기충전시설 구축과 연계되어 변동이 많을 것으로 예상되고 있다.

많은 전문가들이 현재 국내의 그린카 기술수준은 선진국 대비 76%로 3~4년의 격차가 있지만 10년 후인 2020년에는 88% 수준으로 향상되어 선진국 대비 1~2년 격차로 좁혀질 것으로 전망한다. 국내 자동차산업은 강점보다는 약점이 많은 것으로 분석하나 하이브리드, 연료전지, 전기자동차 시장이 아직 성숙되기 전이어서 기회요인이 많은 것이 희망적이라고 한다. 그린카 개발 및 보급 확대를 위한 국가차원의 R&D 투자, 인프라 구축 등 지원책이 미국, 일본, 유럽 등 자동차 선진국 대비 부족한 실정인데, 급격히 성장할 것으로 전망되는

그린카 시장에서 경쟁력 확보를 위해서는 정부와 기업의 R&D 투자 확대가 필요하다.

그린카에 대한 소비자의 요구와 각국 정부의 그린카에 대한 정책 지원으로 미래 시장 전망은 낙관적이므로 자동차업체의 불황기에 적극적인 R&D 투자로 선진업체와 기술 격차를 해소하는 것이 바람직하며, 하이브리드차, 전기차 등의 그린카 시장에서 미래 시장 및 기술 예측을 통해 R&D 투자의 선택과 집중이 필요하다.

참고문헌

- 1) 한국자동차공학회, 2030년 자동차 기술 전망, 2010
- 2) 숭실대학교 출판부, 정용일, 이진욱, 조규백, 김홍석, 자동차와 환경, 2010
- 3) 산업연구원, 그린카 개발 동향과 전망, 2008
- 4) 환경부, 환경백서, 2010
- 5) 국토연구원, 조남권, 육상교통분야의 온실가스 감축전략, 2010