

차량기술개발 관련 DOE-EERE Program(Ⅱ)

- 미국의 대체연료차량 -

Alternative Vehicles in USA



최 대 / 미국샌디아 국립 연구소
Dae Choi / Sandia National Laboratories, U.S.A.

EERE 대체연료 프로그램

지난 호에서는 미연방 정부 에너지성 소속 기관 가운데 EERE Office에 의해 수행되는 연구개발 프로그램의 대략에 대한 소개와 더불어 EERE가 주관하는 프로그램(표 1) 가운데 수송용 차량 관련 기술을 Improved Petroleum-based Fuel로 대별한 경우(표 2)에 대하여 소개하였다. 이어서 본고에서는 EERE가 수행하고 있는 각종 프로그램과 관련된 미국내 대체연료 이용 차량의 일반에 대해 소개하기로 한다.

Alternative Fuels in USA

1992년 미의회는 자국의 에너지 정책을 보다 효율적으로 운용함과 동시에 에너지 소비에 동반하는 환경피해의 최소화를 목적으로 EPAct(Energy Policy Act, 1992)를 인준하였다. EPAct는 기본적으로 비석유계 혹은 석유계 연료를 대체연료의 구분 경계로 삼았으며, 다음과 같은 연료들이 대체연료로 취급되어져 재생연료와 함께 이들 사용의 촉진을 도모하였다.

- Biodiesel
- 알콜계 연료: Methanol, Ethanol, 기타

〈표 1〉 DOE Major Program Offices and EERE Program

Major Program Offices DOE	EERE Major Program
Civilian Radioactive Waste Management	Biomass program
Electric Transmission and Distribution	Building Technologies Program
Energy efficiency and Renewable Energy	Distributed Energy Program
Environment, Safety, and Health	Federal Energy Management Program
Environmental Management	FreedomCAR & Vehicle Technologies Program
Fossil Energy	Geothermal Technologies Program
Legacy Management	Hydrogen, Fuel Cell & Infrastructure Technology Program
Nuclear Energy, Science, and Technology	Industrial Technologies Program
Science	Solar Energy Technologies Program
Work and community Transition	Weatherization & Intergovernmental Program
	Wind & Hydropower Technologies Program

〈표 2〉 EERE Transportation Tech. and Approaches

- Improved Petroleum-Based Fuel -

- Reformulated Gasoline
- Ethanol,
- ETBE(Ethyl Tertiary Butyl Ether),
- MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)
- Low-Sulfur Gasoline
- Advanced Petroleum-Based Diesel Fuels
- DME(Dimethyl Ether),
- DMMD(Dimethoxy Methane),
- DGMDME(Dioxy Methylene Dimethyl Ether)
- Low-Sulfur Reformulated Diesel
- Fischer-Tropsch Diesel

- 기술린 + 알콜 (85%이상) 혼합연료
- 천연가스 및 Gas-to-Liquid Fuel
- Liquefied Petroleum Gas (Propane)
- Coal-derived Liquid Fuels
- Hydrogen

즉, 생활 쓰레기 처리장이나 기타 에너지원으로 부터 얻어지는 메탄가스, 에탄올 그리고 Biodiesel 등이 재생 대체연료로 취급되어져 이들을 수송용 차량에 석유계 연료를 대신하여 이용하고자 하는 의도 또한

EPAAct 세부 시행 규칙으로부터 알 수 있다. 다음은 상기 언급한 대체연료 가운데 Biodiesel, 에탄올, 천연가스 및 프로판 차량에 대한 미국내 차량 이용 현황이다.

Biodiesel Vehicles

익히 잘 알려져 있는 바와 같이 Biodiesel 연료는 독성이 없으면서 화학적으로 분해가 용이하다. 또한, 기본적으로 유황성분을 포함하고 있지 않으며, 수트 발생의 원인이 되는 방향족 성분 또한 포함하고 있지 않다. 이러한 점들이 청정한 배기를 제공하며 Biodiesel이 갖는 매력 포인트이기도 하다. 아울러 Biodiesel 연료가 갖는 또 다른 아점으로 기존 시스템에 디자인 변경을 대폭 가하지 않고도 즉각 이용이 가능하다는 점을 들 수 있다. Biodiesel은 디젤연료와 비교하여 Total Life Cycle 기준 이산화탄소 배출량을 최대 78%까지 줄일 수 있고, 이점이 디젤연료에 대비하여 갖는 잠재적 경쟁력이라고 할 수 있다. 가장 일반적으로 사용되고 있는 바이오 디젤연료는 B20으로, 디젤연료 80%에 Biodiesel 20%를 혼합한 것이나, B100 Single Component로도 사용 가능하다.

제 2기 부시 행정부의 출범을 눈앞에 두고 Biodiesel과 관련된 미래의 새로운 전기가 마련되고 있다.

지난 10월 11일 미의회는 American Jobs Creation Act라고도 알려진 HR 4520의 일부에 포함되어 있는 바이오 디젤에 대한 감세안을 통과시킨 바 있다. 이 법안의 시초는 미국내 농가 특히, 콩 생산업자들에게 이익을 주자는 발상 즉, 향후 오년간 추가 수입 규모가 절대규모로 약 10억불, 미국내 총생산규모로 70억불의 상승을 가져올 것이라고 예측한 것에 있다. 미국내에서 생산되는 콩이 Biodiesel의 원자재라는 관점에서 ASA(American Soybean

Association)과 NBB (National Biodiesel Board)가 그 이용의 활성화 추진을 시도한 바, 이 법안의 통과를 통하여 미국의 Energy 해외 수입 의존도를 경감시키고 청정 연소 대체연료의 미국내 사용 촉진의 계기를 마련하였다는 점에 주목할 만 하다.

한편, 지난 미 대통령 선거과정 중, 현 부시 대통령이 Biodiesel 연료 이용 촉진을 이슈화했던 점으로 미루어 보아, EERE Biodiesel 프로그램 추진에 탄력이 붙을 것이라 예측된다. 부시 미 대통령은 지난 10월 22일 Biodiesel 감세안에 최종 사인하였고, 내년 1월로 법안이 발효되는 바, Biodiesel 연료가 대체연료로서 더욱 각광 받을지의 여부 그리고 실질적인 보급안이 촉진되느냐의 여부는 관련, 정치·경제적 배경이 배제된 순수 기술 관점의 연구개발 추이를 지켜보는 것과 함께 흥미로운 관심사 중의 하나이다.

Ethanol Vehicles

현재 미국내에 출시된 가솔린 엔진은 모델에 따라서 에탄올 10% 정도까지를 포함한 가솔린/에탄올 혼합연료를 이용할 수 있고, 미국내 몇몇 주에서는 오존 생성 감소를 목적으로 하여 계절별 혹은 연중에 걸쳐 Oxygenate 첨가제로서 가솔린에 10% 에탄올 첨가를 의무화하고 있는 추세에 있다.

사실 이와 같은 가솔린/에탄올 혼합연료는 대체연료로서 취급하지 않고, 여기서 언급하는 대체연료로서의 에탄올은 E85 즉, 가솔린 15%에 85% 에탄올의 혼합비율을 가진 것을 말하는데, 한냉지에서는 이보다 낮은 비율의 에탄올이 혼합되기도 한다.

E85를 연료로 이용하는 차량은 일반적으로 FFVs (Flexible Fuel Vehicles)이라 일컬어지고, 두개의 독특한 연료 공급계를 갖는 Bi-fuel 가솔린·디젤/천연가스·프로판의 경우와는 달리 단일 연료 시스템으로

운전 가능하다는 특징을 갖고 있다. 여기서 말하는 E85 FFVs는 EPAAct에 따라 세제 감면 혜택을 받는 대상 차량이기도 하다. 2003년 현재, 미국내 FFVs의 보급 규모는 약 2백만대에 달하고 있으며, E85 주유 시설은 중서부에 주로 위치해 있다.





FFVs로부터 얻을 수 있는 이점은 가솔린 차량과 비교하여 거의 동일한 수준의 질소산화물 배출특성을 보이고, E85가 고휘발성 특성을 갖기 때문에 이로 인한 Evaporative Emission이 약간 상승하는 정도이다. 반면, 가솔린 차량과 비교할 때 높은 연소효율이 보장됨으로 즉, CO, CO₂ 배기량이 감소됨과 동시에

연료성분 가운데 Hydrocarbon의 비율이 대폭 감소되는 까닭에 대체연료 이용 차량으로 역시 주목받고 있다. 아울러, E85 생산 측면으로 보아, 그 주된 원료가 식물성 원재료인 까닭에 FFVs 또한 Biodiesel과 동격으로 석유계 연료의 해외의존도를 낮추고, 1차 산업 활성화를 기하는 유효 대체연료 차량이라 주목 받고 있다.

Natural Gas Vehicles

미국 천연가스 차량 협회의 통계에 의하면 2004년

〈표 3〉 에탄올 엔진을 이용한 미국내 대표 차량

제조사	Model	차량구분 및 연료	엔진형식	인증배기기준	외 관
Daimler Chrysler	Chrysler Sebring	Light-Duty E85, Gasoline, Any Combination of 2 Fuels	DOHC 24V 2.7L	LEV Federal Tier 2 (Fleet Oder Only)	
	Dodge Caravan		3.3L, V6	LEV Federal Tier 2	
	Dodge Ram Pickup		4.7L, V8	Federal Tier 2 NA in CA, NY, MA, VT, ME.	
Ford	Explorer		SOHC 4.0L V6	ULEV	
	Taurus		3.0L, V6	ULEV	
GM	Suburban, Tahoe		5.3L	ULEV Federal Tier 2	

현재, 약 130만대의 천연가스 차량이 미국내에서 운행중이다. 천연가스 자동차(NGVs, Natural Gas Vehicles)라 하면, Compressed Natural Gas Vehicle과 Liquefied Natural Gas Vehicle로 나눌 수 있는데, 연료공급 시스템으로 구분하는 경우는 천연가스만으로 운전하는 NGVs와 두 개의 별도의 연료공급 시스템을 갖는 Bi-fuel NGVs로 나눌 수 있다. Bi-fuel NGVs의 경우, 통상의 가솔린 혹은 디젤 연료와 혼합된 혼합연료로서 운전되게 된다. 한편, 천연가스만을 이용하는 NGVs는 Bi-fuel NGVs에 비해 엔진 시스템 성능 및 배기성능의 향상 효과를 얻을 수 있다고 보고되고 있다.

이들로부터 얻을 수 있는 이점을 요약하면, 통상의 디젤 엔진 그리고 가솔린 엔진 탑재 차량과 비교하여 현재 초미의 관심사가 되어 있는 질소산화물, PM, CO₂가 저감될 뿐만 아니라, 나아가 발암성 물질의 배출이 현저히 감소된다 보고된 바 있다. 특히, Light-duty NGVs의 경우, 일산화탄소는 가솔린 엔진 대비 90%, 질소산화물의 경우 60%(Heavy-duty의 경우 약 50%), 이산화탄소 30%-40%의 저감효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 통상의 엔진 시스템 대비 가격 경쟁력을 유지하고 있으며, 천연가스 총수요의 85%를 미국내로부터 직접 조달하고 있고, 15%만을 수입에 의존하고 있다. 따라서, Biodiesel, 에탄올 차

〈표 4〉 천연가스(CNG/LNG) 이용 차량

제조사	차량구분	사용연료	배기인증	외 관
Neoplan USA Corp.	Heavy-duty Bus	CNG	CARB Low NOx EPA ULEV/Heavy-duty	
Oion Bus Industries	Heavy-duty Bus	CNG	CARB Low NOx EPA ULEV/Heavy-duty	
Blue Bird Corp.	Heavy-duty Bus	CNG	CARB Low NOx EPA Heavy-duty	
Crane Carrier Company	특장	CNG/LNG	CARB Low NOx EPA ULEV/Heavy-duty	
TYMCO International Ltd.	특장	CNG	CARB Low NOx EPA ULEV/Heavy-duty	
North American Bus Industries, Inc.	Heavy-duty Bus	CNG	CARB Low NOx EPA ULEV/Heavy-duty	

량과 더불어 미국의 National Energy Security의 확보라는 동일 개념 차원에서 대체연료이용 차량이라 하겠다.

현재 보급된 Light-duty NGVs를 보면, 소량이기는 하나, 대표적 NGVs로서 GM의 Pickp 트럭 Silverado와 Sierra를 들 수 있으며, Federal Bin8, ULEV 및 SULEV 배기인증을 타겟으로 한 배기량 6.0 리터의 CNG 엔진이 탑재되어 있다. 이들은 동일한 엔진 시스템에 Bi-fuel 적용이 가능하다.

〈표 4〉에 천연가스를 연료로 하는 Heavy-duty NGVs의 예를 보였다.

Liquefied Petroleum Gas Vehicles

일반적으로 미국내에서 LPG 차량이라 불리워지는 Propane Gas 차량이 이용되어지기 시작한 것은 지금으로부터 약 80년인 1920년대이다. 천연가스 차량에 비해 소량이지만 현재 약 20만대가 운행중이며, 시장 출시후 경부하 차량으로 소수 개조되는 경우가 있으나 대부분의 경우에는 NGVs와 유사하게 Medium- 혹은 Heavy-duty 차량 등 광범위한 분야에 널리 이용되고 있다. 현재 출시되어 있는 LPG 차량 또한 에탄올 차량, NGVs와 동일한 방식은 Single Fuel Component 혹은 가솔린과 Bi-fuel의 형태로 운전될 수 있고 대체연료 차량의 한 줄기로서 자리잡고 있다.

그러나 역시 상기 서술한 여타 대체연료 차량에도 문제시되고 있는 바와 같이, 에너지 Content가 가솔린의 그것에 비교하여 단지 73%에 지나지 않다는 점이 단점으로 지적할 수 있다. 그러나 한편, 가솔린 차량과 배출가스 관점에서 비교하는 경우, 오존 생성의 원인이 되는 일산화탄소 및 질소산화물이 가솔린 차량대비 60%에 지나지 않다는 점에서 LPG 차량의 두

드러진 이점이라 할 수 있다. 그리고 가솔린 연소시 발생하여 대기로 방출되는 벤젠, Formaldehyde 1,3-butadiene, Acetaldehyde 등의 독성 배기물이 거의 Zero에 가깝게 98% 정도 저감된다는 장점을 갖고 있어 이것이 대체연료 차량으로 성립하는 이유이기도 하다.

맺음말

미국에서 운전되고 있는 대체연료 차량에 대한 그 실체를 파악하는 일은 그다지 쉬운 일은 아니다. 이는 대체연료 차량의 절대 운행 차량대수만을 고려할 때는 그 수가 상당수에 이르나 전국적으로 보급된 차량 비율에 따른 보급율이 현저히 낮기 때문이라 사료된다. 그러나 그 상세를 들여다 보는 경우, 예상외로 대체연료 차량 개발에 관련된 기술이 성숙되어 있어 사용용도가 기존의 차량과 비교하여 일부에 국한된다는 점을 제외하고는, 상황에 따라서는 그 이용 범위를 대폭 확대할 수 있는 기술수준을 확보하고 있는 듯 하다.

대체연료 차량의 미래는 연료 원자재의 가솔린/디젤 대비 가격, 대체 연료에 대한 에너지 정책적 배려, 인프라 스트럭처 구축의 성숙여부 그리고 기술적 성숙도 모두를 고려하여 어느 것이 가장 경제적이냐라고 하는 관점에서 결정 되어질 것이다.

그러나 어느 경우에 있어서도 가장 기본이 되는 기술확보의 필요성은 아무리 강조하여도 지나치지 않다. 이러한 관점에서 최근 수년간 국내에서 이루어진 대체연료 차량에 대한 연구개발 투자 확대 및 그 성과는 자동차 생산 후발국에게 있어 매우 높히 평가되며, 간혹 대체연료의 성공적 이용 사례로서 벤치마킹 대상이 되고 있다는 점은 매우 고무적이라 하겠다.

(최대 편집위원 : dchoi@ca.sandia.gov)