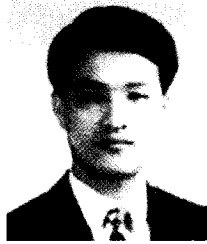


수소이용 차량 이용 배경 및 추이

Hydrogen Powered Vehicle in USA



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

수소이용 차량 개발의 배경

금세기들어 기술혁명이 전자메일과 인터넷 등으로 대표되는 집약적 정보통신 기술의 비약적 발전에 의해 주도되는 양상을 보이고 있는 가운데, 911 사태 이후 날로 강화되고 있는 미국의 National Security와 관련된 분야 가운데, 에너지 부문에도 점진적 변화의 분위기가 감지되고 있다. 특히, 운송차량과 관련된 부문도 예외가 아니어서 대체연료이용 차량을 주제로 한 전례없는 활발한 연구개발이 이루어지고 있다.

이는 미국내 에너지 수급 환경이 과거와 달리 수입 의존형으로 바뀌고 있는 대내외적 환경 변화에 능동적으로 대처하기 위함에 그 목적이 있고, 석유 에너지의 유효이용과 차세대 에너지 확보라는 국가 차원의 전략적 접근이 그 배경이 되고 있다. 따라서, 차세대 에너지 이용 개발 프로그램 자체가 미 연방정부 주도하에 이루어지고 있고, 석유 의존형 운송 시스템으로부터 신 에너지를 이용하게 될 운송 체계로의 전환이 그 핵심이며, 그 가운데 차세대 대체연료 차량 개발도 아울러 주된 현안으로 취급되고 있다.

금년초 미 연방정부 DOE는 수소 에너지 이용 시스템의 Powertrain 개발과 Infra-Structure 구성의 요소기술 개발을 목적으로 FreedomCAR와 그 관련 프

로그램에 향후 5년간 17억달러를 배정한 바 있다. 한편, 향후 수년간의 Hybrid Technology, 기타 대체연료, Clean Diesel Engine 연구개발을 위해 요청한 예산이 1억 달러 정도의 규모였음을 감안하면 그 규모가 가히 짐작된다.

부시 대통령이 DOE의 수소 이용 차량 개발 관련 예산안에 승인하며 언급한 다음의 Comment는 Hydrogen Powered Vehicle 개발에 한층 박차를 가하는 계기가 되었기에 주목할 만 하다. "With a New National Commitment, our Scientists and Engineers will Overcome Obstacles to Taking These (Hydrogen-Powered) Cars from Laboratory to Showroom, so that the First Car Driven by a Child Born Today Could be Powered by Hydrogen and Pollution Free."

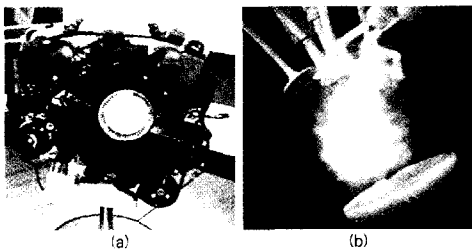
따라서, 미국내의 시각으로 보아 운송 부문에서 사용하게 될 수소에너지는 에너지 전환 효율을 논하기 앞서, 우선 무엇보다도 지금까지 논의해 왔던 어떤 형태의 에너지보다 취할 수 있는 기간과 양이, 길고 막대할 뿐만 아니라 아울러 청정한 배기를 보장한다는 차원에서 이에 대한 논의는 필연이라고도 해도 지나치지 않을 것이다.

Hydrogen Powered Vehicle

Hydrogen Powered Vehicle의 동력 발생 장치는 대략 Hydrogen Fueled Internal Combustion Engine과 Hydrogen Fuel Cell 두 가지로 나눌 수 있다. 두 경우 모두, 1980년대 후반 이후 성장을 거듭하여 현재 프로토타입 혹은 파일럿 타입의 차량까지 선보이고 있다. 이중 기존 내연기관의 연료로서 수소를 이용하는 경우 잘 알려진 바와 같이

- 고부하 영역에서의 이상연소 현상에 의한 연소제어 곤란
- 이론 공연비 조건에서의 발생하는 NOx
- Gaseous 엔진에서 공통적으로 나타나는 고속·고부하 조건에서의 연료분사 시스템의 성능 저하
- 고압 안전 Storage

등이 주 문제점으로 거론되어져 왔다. 2000년/2002년 Hannover Expo.에 등장한 BMW 135 kW 급 Hydrogen 7 Series IC Engine <그림 1>은 이들 문제점을 훌륭히 극복한 대표적 예라 할 수 있다. 그러나 Lab. Engine을 포함한 대부분의 시험엔진의 경우, 특정 운전영역을 벗어난 실제 상황의 운전조건에서의 열효율 저하 및 연소제어 곤란을 피하기 어렵다는 점등이 수소엔진이 갖는 이점을 상쇄해 버리고 마는 근본적 원인으로 지적되고 있다. 한편, 이들 문제



(a) BMW Hydrogen 7 Series IC Engine
(b) Conceptual Image of Dual-mode V12 Hydrogen Engine Combustion

<그림 1> Hydrogen Engine Presented by BMW

점을 한층 개선한, 궁극적으로 효율 50% 달성이 기대되는 170 kW(231HP)@5500rpm, 337N/m@2000rpm 급 Dual-mode (Gasoline & Hydrogen) V12 Hydrogen 엔진(그림 1)을 금년 Frankfurt Motor Show에서 선보인 바 있다.

이와 같이 현 단계에서 연구개발 차원을 넘어선 상용화 단계로의 페이스 쉬프트를 위해 Hydrogen Fuel Cell 을 능가하는 성능 검증이 필수적이라 하겠다.

이와는 달리 Hydrogen Fuel Cell의 경우, 상대적으로 왕성한 연구개발 보고가 폭 넓은 범위에 걸쳐 이루어지고 있으며, 현재까지 미국의 Big 3를 중심으로 독일의 Daimler Benz, 일본의 Toyota, Honda 등이 필두가 되어 연료전지차량 분야를 선도하고 있다.

Hydrogen Fuel Cell Vehicles in Big 3

GM은 연료전지(HydroGen3) 차량으로 일본내 공동도로상에서의 운행을 최초로 승인 받은 업체가 되었으며, 이를 계기로 현재 세계적 우편운송업체인 FedEx와 제휴(Dec. 2002)하여, 동경시내 정기 우편물 배달 서비스를 위해 금년 6월부터 2004년 6월까지 이 차량을 투입하고 있다(그림 2)의 (a). 이 시험운행은 Field Test를 통한 연구개발 현장으로의 피드백이 주된 목적이겠으나 최초의 상용화 시도라는 점에서 높게 평가되고 있으며, 그 장소가 교통여건이 혹독한 동경시내라는 점에서 그 시사하는 바가 적지 않다. 이 차량은 Opel의 MPV Minivan Zafira에-253℃ 4.6리터 용량의 액체수소 탱크를 탑재한 PEM(Pronton Exchange Membrane) 방식의 연료전지 차량이고 출력 94kW, 최고시속 160 킬로 운행거리가 일회 충전당 400 km에 달하는 등, 기존의 내연기관 차량에 근접하는 우수한 성능이 그 특징이다.

<그림 2>의 (b)에 보인 GM Hy-Wire 연료전지 차량은 가장 최신의 PEM 방식의 Fuel Cell 기술과 기존의 차량 Chassis와는 차별화된 경량·편이조작 구조



(a)



(b)

(a) GM HydroGen3 FCV in Tokyo
(b) GM FCV w/Hy-Wire Proof

<그림 2> GM Fuel Cell Vehicle



(a)



(b)

<그림 3> Ford의 Advanced Focus FCV Hybrid

의 Hy-Wire Proof 기술을 조합한 Concept형 연료전지 차량이며, 여러 목적으로 디자인된 각종 차체를 목적에 맞게 맞춤조립이 가능하다는 점에서 특징적이다. 출력 94kW, 최고속 160 km이며 일회 충전당 주행거리는 약 130 km라고 보고되고 있다.

<그림 3>에 보인 포드의 Focus Hybrid 연료전지 차량은 2000년 Ford Focus 모델에 PEM 방식의 수소연료전지와 B-attery를 동시에 채용하고 있는 Hybrid 방식이며, 2004년 40대 가량의 FCV Fleet Sales가 계획되어 있는 차량이다. Peak 출력 65kW에 190 Nm의 토크성능, 일회 충전당 주행거리는 약 260에서 320 km로 중거리 운행이 가능한 세단형으로 주목받고 있다.

한편, DaimlerChrysler의 수소연료전지 차량에 한해서는 1994년 PEM 방식의 NECAR-1을 자사 생산 Van에 최초 장착한 이래, 2002년 F-Cell(A-Class)를 개발하기까지, 압축 수소가스 방식에선 초기의 50kW-주행거리 130km-시속 90km를 85kW-주행거리 145km-최고시속 140km까지, Luquid 방식에선 70kW-450km-145km까지 발전시켜 왔다. 결과적으로는 타 경쟁사의 FCV와 거의 동일 수준이기는 하나, 그 연구개발이력이 수년에 지나지 않은 타사와 비교하여 다량생산의 길에 가장 접근해 있다고 평가되고 있기도 하다. <그림 4>의 (a)에 2003년에서 2년간에 걸쳐 약 60대의 Fleet FCV를 보였다. 이 차량은 해당기간중, 미국, 일본 및 싱가포르에 도입되어 시험운행될 계획이고, 다임러 벤츠의 A-Class 차체에 탑재한 형태로서 F-Cell/Battery Hybrid(최대출력 65kW, 최대토크 210 Nm, 시속 100 km) 방식을 채택하고 있다.

DaimlerChrysler의 경우도 GM과 같은 방식을 취하여, 세계에서 가장 큰 규모의 우편물 우송 서비스 업체인 UPS와 제휴하여 FCV의 상용화 가능성을 타진하고 있다. 이와 같은 프로그램들은 다음 두가지 측면에서 이해될 수 있다. 대량의 차량 서비스가 필수인



(a) PEM 방식 F-Cell (A-Class)



(b) Fuel Cell Sprinter for UPS Field Test

<그림 4> DaimlerChrysler의 대표적 FCV

향후 전망 및 맺음말

이상 Hydrogen Powered Vehicle의 미국내 연구 개발 배경과 실용화에 가장 근접한 메이저 삼사의 대표적 FCV에 대하여 개설하였는데, FCVs의 성능이 점차 기존의 내연기관의 그것의 수준에 근접해 가고 있음을 알 수 있다.

최근 한 보고에 의하면, 2010년 경에는 FCV의 실용화 단계에 들어서고, 2020년- 2030년경에는 현재의 내연기관 운용에 이용되고 있는 동등한 수준의 인프라 스트럭처가 구축되어 미국 메이저 3사는 비로서 대량 생산 체제로 돌입할 수 있으리라는 전망이다. 이는 2040년경에 기존 차량을 거의 완전히 대체할 것이라는 예상과 그 맥을 같이 하고 있음에 주목할 필요가 있다.

이를 달성키 위한 기술적 문제로 지적되고 있는 것으로, PEM Fuel Cell 방식에 있어 촉매 로딩량 감소를 위한 합금촉매 개발, Proton Exchange Membrane Assembly의 개발, 가벼우면서도 부피가 작은 경량 고밀도의 Stack 기술개발, 보다 내구성이 우수한 High Pressure Storage 개발을 통한 출력증진 그리고 주행범위의 확대가 시급한 실정이나, 현재 기술개발의 발전추세로 보아 그 해결은 시간문제라고 파악된다.

기타 연료전지 차량 개발 동향을 보면 수소이외에도 메탄올을 이용한 DMFC(Direct Methanol Fuel Cell) 방식, 기술린으로부터 수소를 추출하는 방식 등 수종이 개발되고 있음에도 불구하고 미국에서 현재 Hydrogen Powered Vehicle의 주 동력원으로 수소 이용을 채택하려 하는 움직임의 배경에는 향후의 에너지원 확보라는 정책적 배려가 추진의 원동력이 되고 있다는 점 주목되어야 한다고 사료된다.

따라서, 국내의 특정 업계만이 이 분야에서 분투할 수 밖에 없는 국내의 실정을 감안하면, 메이커의 기술 개발이 더욱 장려될 수 있도록 Fuel Cell 차량에 대한 국가 정책적 에너지 차원의 배려가 요망된다 하겠다.

(최 대 편집위원 : dchoi@ca.sandia.gov)

이들 대형 서비스 업체와의 제휴는 수소이용 연료전지 차량의 상용화를 위해 막대한 비용의 인프라 구축이 필연시되고, 다 방면의 산업분야가 동시에 동원되어야 한다는 점을 고려한 대중적 컨센서스 확보 차원의 프로그램이라고도 이해된다. 기술적으로는 FedEX와 UPS 서비스에 이용되는 차량의 경우, 도심을 중심으로 다수의 운행회수를 갖고 아울러 수시 부하변동이 수반된다는 점을 감안하면 이 프로그램의 성공은 Fuel Cell의 성능 개선뿐만 아니라 내구성 검증의 결과를 동시에 가져오는 수단이 될 것이다.

Mercedes Benz가 개발한 Fuel Cell Sprinter를 탑재하고 UPS 서비스에 이용될 차량을 <그림 4>의 (b)에 보였다. 그림의 Fuel Cell Sprinter는 Gaseous 수소를 이용한다는 점에서 GM의 HydroGen3와 그 특징을 달리하고, 55 kW 출력, 시속 120 킬로, 주행거리 150 km의 성능을 보이며, 점유 공간이 Van의 적재부피를 제한하지 않을 정도로 작은 점이 특징이다.