

연료전지 자동차 개발현황

환경오염, 에너지 고갈 등의 문제로 친환경 자동차의 개발이 요구되고 있다. 현재 현대/기아자동차에서 개발 중인 연료전지 자동차를 소개하고자 한다.

임 태 원

현대기아자동차 연구개발본부(twlim@hyundai-motor.com)

화석연료를 사용하면서 발생된 환경오염, 기후변화 그리고 화석연료의 고갈에 따른 에너지 위기는 인류에게 신에너지 사회를 요구하고 있으며, 이 변화의 중심에 서있는 자동차 산업은 미래 사회에 해법을 제시해야 할 것이다. 이러한 입장에서 전문가들은 자동차의 패러다임 변화가 가솔린/디젤 내연기관차로부터 내연기관-전기 하이브리드차를 지나 수소를 연료로 사용하는 연료전지차로 흘러갈 것이라 예측하고 있다.

연료전지 자동차란 수소와 산소의 전기화학반응으로 만들어진 전기를 이용하여 모터를 구동시키는 자동차를 의미한다. 단위 연료전지(Unit cell 또는 Single cell)가 일반적인 조건에서 0.6~0.7 V의 출력 전압으로 운전되는데, 자동차용 모터를 구동시키기 위해 필요한 수백 볼트의 고전압을 얻기 위해서는 수백 개의 단위전지를 직렬 연결하여 요구되는 전압을 얻어야 한다. 이러한 의미에서 단위전지와 구분하여 스택(stack)이라는 단어를 사용한다. 그림 1은 연료전지 자동차를 개략적으로 표현한 것으로 내연기관차의 엔진에 해당되는 부분이 연료전지 스택이다.

그림 1과 같이 연료전지차가 스택 하나만으로 구동되는 경우는 단순히 연료전지차라고 정의하며, 가솔린 하이브리드차와 같이 보조전원으로 배터리가 사용되는 경우에는 연료전지 하이브리드차라고 명한다.

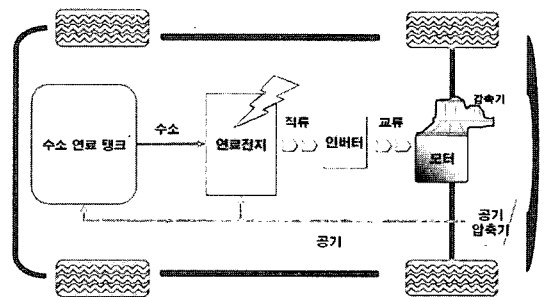
연료전지차는 그림 1에서 보는 바와 같이 수소연

료를 저장하는 수소저장장치, 연료전지 스택 및 각종 운전장치, 그리고 모터 및 감속기로 구성되며, 하이브리드 시스템의 경우 보조전지가 포함된다. 본 기고문에서는 이러한 구성요소들의 개발 현황과 국내 연료전지 자동차의 개발 현황을 소개하고자 한다.

연료전지 스택 및 자동차

연료전지차에 사용되는 연료전지는 고분자 전해질 연료전지 (PEMFC, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)로 100℃ 이하의 비교적 저온에서 운전되며, 연료로는 순수한 수소가 사용된다.

국내에서의 연료전지 개발은 1987년 대체에너지 개발촉진법에 의거하여 에너지관리공단 산하의 에너지자원기술지원센터에서 기본계획이 수립되어 시



[그림 1] 연료전지 자동차의 구성



작되었다고 볼 수 있는데, 이러한 대체에너지 개발의 범위에서의 연료전지가 확장되어 차세대 자동차의 핵심기술로서 개발되기 시작한 것은 1998년 국가 G7 사업, 차세대자동차 개발사업이다.

G7 사업의 1, 2단계(1998년 ~ 2002년), 4년간의 개발성으로 한국은 연료전지 자동차 독자기술의 성장기반을 마련하였다. 현대자동차와 한국과학기술원에서는 1999년과 2001년에 각각 10 kW급 스택과 25 kW급 스택을 개발하였으며, 이를 이용하여 스포티지 연료전지 하이브리드차와 쏘타페 연료전지 하이브리드차를 개발하여 시연하였다. 동시에 대우자동차와 한국에너지기술연구원에서는 5 kW 스택 2기를 연결한 10 kW급 스택을 개발하고 이를 이용하여 연료전지 하이브리드차를 개발하였다. 또한 한국과학기술원에서는 2000년에는 2 kW급 연료전지 하이브리드 골프카트를 개발하였다.

그리고 현대자동차에서는 이러한 기술기반을 바탕으로 2003년 스택의 출력밀도와 성능을 향상시켜 선진업체와 동등한 수준의 출력밀도(약 1 kW/L)를 가진 36 kW급 스택을 성공리에 개발하였다. 또한 현대자동차는 2005년에는 선진국과 동등한 수준의 80 kW급 연료전지스택을 개발하였다. 그림 2는 현재 당사가 개발한 80 kW 스택이며, 그림 3은 독자 개발된 스택을 이용하여 개발된 차량들이다.

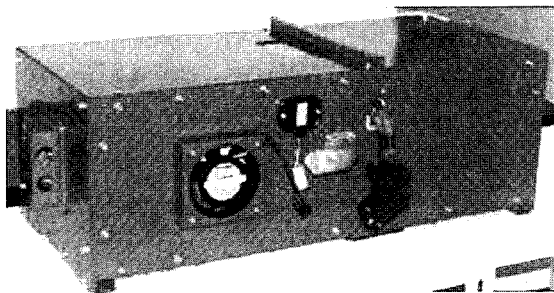
한편 현대자동차는 국내외 우수 연구소와의 요소 기술개발을 통해 독자 기술력을 확보함과 동시에 미

국 UTC FC사와의 공동개발을 수행하여 2000년 11월 75 kW급 UTC FC사의 스택을 장착한 쏘타페 연료전지차를 개발하였다. 이후, 계속된 개발로 2002년에는 쏘타페 연료전지 하이브리드 차를 개발하여, 연료전지차의 연비, 주행거리, 내구성능 등을 개선하였다.

또한 현대자동차에서는 지난 2003년 UTC FC와 저온 시동성이 개선된 연료전지 시스템의 공동개발에 착수하였는데, 이 시스템은 투싼 SUV에 장착되어 2004년 12월에 개발되었다. 그림 4에는 쏘타페 연료전지차, 연료전지 하이브리드차 그리고 투싼 연료전지 하이브리드 차량의 차량 layout을 나타내었으며, 표 1에는 쏘타페 연료전지 하이브리드차와 투싼 연료전지 하이브리드차의 성능을 비교하였다.

<표 1> 투싼과 쏘타페 연료전지차의 비교

	투싼	쏘타페
Dimension	4352 (L)	4500 (L)
	1795 (W)	1820 (W)
	1675 (H)	1675 (H)
스택 출력	80 kW	75 kW
스택 위치	엔진룸 내	플로워 하단
저온 시동성	가능	불가능
수소탱크 부피	152 리터	72 리터
보조 전원	LiPB 148 V	NiMH 288 V
모터	80 kW	65 kW
최고속도	150 kph	124 kph
주행거리	300 km	180 km



[그림 2] 당사에서 개발된 80 kW급 연료전지 스택

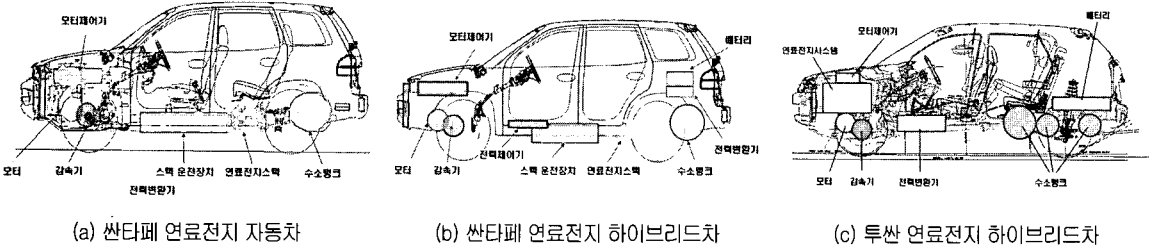


(a) 쏘타페 연료전지 하이브리드차(25 kW)



(b) 투싼 연료전지차(80 kW)

[그림 3] 국내기술로 개발된 연료전지차



(a) 신타페 연료전지 자동차

(b) 신타페 연료전지 하이브리드차

(c) 투싼 연료전지 하이브리드차

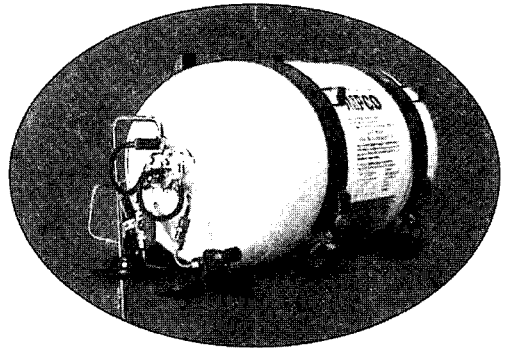
[그림 4] 현대 연료전지 자동차

표 1에서와 같이 투싼 연료전지 하이브리드차는 빙점 이하 저온 시동성과 300 km 이상의 주행거리가 확보되어 실용화에 가장 근접한 연료전지차로 평가될 것이다.

연료전지차의 실용화가 차의 기술개발만으로 이루어지는 것이 아니기 때문에, 다양한 수소 연료 인프라(수소의 생산, 저장, 공급체계, 즉 충전소 설치 등)와 더불어 여러 가지 환경에서 차량평가를 수행하여 일반 사용자가 불편없이 사용하도록 하는 것이 중요할 것이다. 이를 위해서 현대자동차에서 개발된 연료전지차는 2001년 4월부터 현재까지 미국 캘리포니아에서 진행되는 연료전지차 실용화 프로그램, California Fuel Cell Partnership (CaFCP)에 참여하여 다양한 시험 평가를 받고 있으며, 이 프로그램은 2007년까지 계속 진행될 것이다. 또한 투싼 하이브리드 연료전지차는 2004년 중반부터 운영되는 미국 에너지성(DOE)에서 주관하는 수소 연료전지차 및 수소 인프라 실증 프로그램에 참여하고 있으며, 현재 미국 내의 다양한 환경에서 실증평가를 수행하고 있다.

수소저장기술

연료전지차가 현재 내연기관차 수준의 주행거리를 확보하기 위해서는 많은 양의 수소를 저장해야 한다. 현재까지 알려진 수소의 저장기술에는 압축수소 기술, 액화수소기술, Metal Hydride 기술, Chemical Hydride 기술 등 다양한 것들이 존재하지만, 현재 대부분의 연료전지차가 구현하고 있는 기술은 압축수소 저장기술이다. 압축수소 저장기술에서 많은 양의 수소를 저장하기 위해서는 초고압을 견딜 수 있는 대



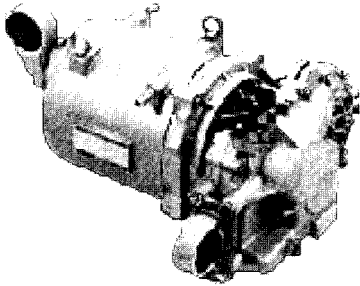
[그림 5] 차량용 압축수소 저장탱크

용량의 연료탱크가 필요하며(그림 5), 이와 더불어 고압수소의 안전기술 확보가 필수적인 사항이다.

현대자동차에서는 지난 2001년 6월 세계 최초로 350 기압 수소저장시스템을 개발하여 신타페 연료전지차에 장착하고 시험운전을 성공적으로 완료하였는데, 이후, 대부분의 자동차회사들이 현재 350 기압의 압축수소저장기술을 채택하고 있다. 진일보하여 일회 충전 주행거리 300 km 이상을 확보하기 위해 700 기압 압축수소 저장기술을 개발 중에 있다. 350 기압의 압축수소탱크는 고압가스 압력조절기를 탱크의 내부에 장착하여 탱크의 외부에는 저압의 부품들만이 사용되도록 한 In-Tank Regulator 기술이 적용되어 우수한 안전성을 확보한 것으로 평가 되고 있다.

보조전원 (배터리)

연료전지차에서 연료전지 스택의 내구수명을 증대시키고, 주행거리와 연비를 향상을 위하여 보조전원



[그림 6] 유도모터와 감속기

으로 이차전지나 슈퍼캐패시터 등이 사용된다.

2002년 개발된 쉐타페 연료전지 하이브리드차에는 288 V의 Ni-MH 배터리가 사용되었고, 2004년 개발된 투싼 연료전지 하이브리드차에는 148 V의 Li 폴리머 배터리가 사용되었다. Li 폴리머 배터리는 Ni-MH 이후 차세대 전지로 개발되고 있는 기술로 연료전지차에는 세계 최초로 적용되기 때문에 투싼 연료전지 하이브리드차는 새로운 기술을 검증하는 기회를 갖게 될 것이다.

모터 (e-Drivetrain)

차세대 자동차에서 모터가 가지는 의미가 매우 크

기 때문에 이에 대한 기술확보가 절실하다. 그림 6은 쉐타페 연료전지차에 장착된 유도모터와 감속기다. 유도모터는 구조가 간단하고, 내구성이 높고, 고속 운전에 적합함과 동시에 가격이 저렴하여 전기자동차 모터로 현재까지 사용되고 있다. 그러나 기술적인 측면에서 개선할 점이 많아 연료전지차 전용의 새로운 모터가 개발될 예정이다.

결 언

차세대 자동차인 연료전지차를 개발하기 위하여 많은 부분에서 수행되고 있는 연구개발의 상황을 한정된 지면으로 소개하기에 한계가 있는 듯하다. 연료전지시스템, 수소저장장치, 보조전원장치, e-Drivetrain 등과 같은 큰 부분 이외에도 제어기와 각종 재료 등을 포함한 많은 기술이 새로이 개발되거나 개선되고 있다. 이는 어떤 한 부분에서 노력에 의해서 이루어지는 것이 아니기 때문에 산업계 많은 부분에서 지속적인 관심을 갖고 서로의 기술교류를 통해 국내 미래 자동차산업 인프라를 구축하는데 한층 더 노력해야 할 것으로 사료된다. (⊙)