

연료전지 자동차의 연구개발 동향

The Latest Trend of Fuel Cell Vehicle



이 성 옥 / 일본 국토교통성 교통안전환경연구소
Seang Wock Lee / Japan National Traffic Safety and Environment Lab.

머리말

자동차로 인한 대기오염과 지구 온난화, 석유의 대량 소비 등 환경, 에너지문제에 대비해 각국의 자동차 회사에서는 종래의 내연기관을 대신할 차량개발이 활발히 진행되고 있다. 이들 대체연료 자동차의 조건으로 는, 1) 연료의 에너지 소비 및 이산화탄소 배출량이 적

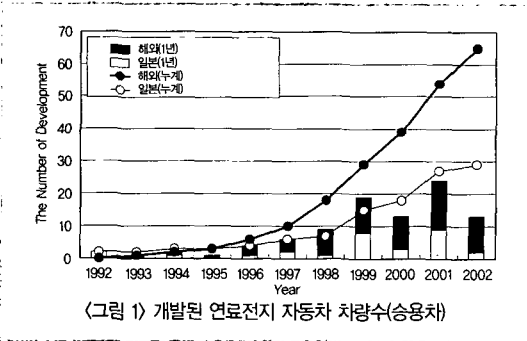
어야 할 것(연료의 제조에서 소비까지), 2) 연료의 지속적인 공급이 가능한 동시에 공급설비가 충분히 정비되어야 할 것 등을 들 수 있을 것이다. 이러한 조건을 만족할 만한 가장 유력한 대체 동력원으로 각광을 받고 있는 연료전지 자동차에 대해 일본과 구미에서의 연구 개발 동향에 관해 비교, 분석한 내용을 중심으로 앞으로의 연료전지 자동차 전망에 대해 소개하고자 한다.

〈표 1〉 일본에서 개발된 연료전지 자동차

회사	DAIHATSU	HONDA	TOYOTA	NISSAN	TOYOTA	
Type	Light Passenger car, MOVE FCV-K-II	Passenger car, FCX (EV-Plus)	SUV, FCHV (KLUGER V)	X-TRAIL FCV (X-TRAIL)	Bus, FCHV-BUS 1 (HINO HU2PMEE)	Bus, FCHV-BUS 2 (HINO HU2PMEE)
개발연도	2001	2002	2002	2002	2001	2002
사 진						
연료전지	PEM (TOYOTA 30kW)	PEM (Ballard 78kW)	PEM (TOYOTA 90kW)	PEM (UTC)	PEM (TOYOTA 90kW)	PEM (TOYOTA 180kW)
저장방법	Compressed H ₂	Compressed H ₂	Compressed H ₂	Compressed H ₂	Compressed H ₂	Compressed H ₂
보조전원	Ni-MH	Ultra Capacitor	Ni-MH (21kW)	Li-Ion Battery	Ni-MH Battery	Ni-MH Battery
모터	PM 32kW	PM 60kW	PM 80kW		PM 80kW×2	PM 80kW×2

1. 연료전지 자동차의 개발현황

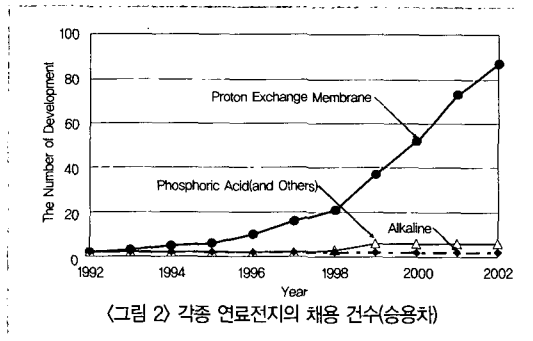
연료전지 자동차의 개발현황을 세계 57개 기업에서 개발된 135차종의 정보를 중심으로 차량별(승용차, 버스), 지역별(일본, 구미)로 나누어 분석한 결과에 대해 정리하였다. <표 1>은 일본의 각 자동차 회사에서 개발해 온 연료전지 차량의 종류 및 특징을 나타내고 있으며 <그림 1>에 연료전지 자동차의 차량대수 변화를 나타내고 있다. 1996년부터 활발한 연구, 개발이 이루어져 온 연료전지 자동차가 최근들어 그 개발차량 수가 그다지 눈에 띄지않는데 이는 이미 각 자동차 회사에서 공언해 왔듯이 개발에서 실용화를 준비하기 위한 단계로 전환되고 있음을 시사하고 있다.



리 채용되지는 못했다.

Alkaline 방식은 후술하는 고체고분자형과 같이 고 출력 밀도 등의 특징을 지녔을 뿐 아니라 촉매에 필수라 할 수 있는 고가의 백금을 필요로 하지 않기 때문에 비용 삭감에 있어서 기대되는 방식의 하나였다. 그러나 전해액이 알칼리성으로 이산화탄소 피독을 일으켜 연료개질에 의한 수소이용, 공기를 이용한 산소공급이 불가능하다는 이유로 자동차용으로 채용된 예는 거의 없다.

직접 메탄올식은 메탄올을 연료전지의 연료로서 직접 이용 가능하기 때문에 연료공급면에서 용이하나 동력밀도가 낮아 이방식 역시 자동차연료로서 채용되지 못했다.

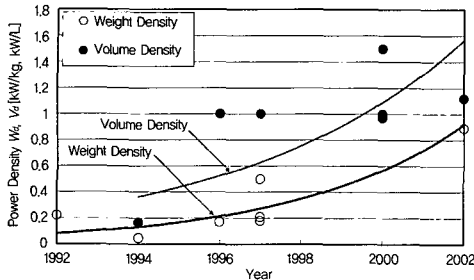


2. 연료전지의 개발현황

2. 1. 자동차 탑재에 적합한 연료전지

<그림 2>는 자동차에 사용되고 있는 각종 연료전지의 추이를 나타내고 있다. 연구초기단계에서 시험적으로 채택된 방식은 린산형으로 이 방식이 현재의 연료전지 자동차의 모체가 되었다고도 할 수 있다. 그러나 본 방식은 자동차보다는 발전용에 적합하여 자동차 탑재에 있어서는 특별히 우수한 특성을 지니지 못해 널

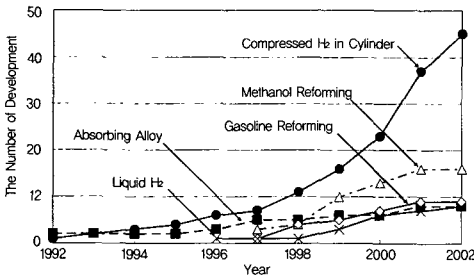
이상의 이유들로 인해 고성능 밀도, 저온작동성, 수명 등, 각종 평가로부터 우수한 특성을 지닌 고체고분자식 연료전지가 연구의 주류를 이루고 있으며, 자동차용 동력원으로 채택되게 되었다. 출력중량밀도, 체적밀도는 <그림 3>에 나타난 바와 같이, 최근 10년간 10배정도의 성능향상이 이루어졌으며 앞으로도 세퍼레이터와 같은 구성부품이 더욱 개량되어 성능향상 및 소형경량화가 진행되어질 것으로 전망된다.



(그림 3) 출력의 중량밀도 및 체적밀도(고체고분자형 연료전지)

2. 2. 연료의 저장과 공급방식

연료전지자동차에 있어서 연료의 저장 및공급방식으로는 수소 직접저장방식과 탄화수소계 연료의 개질방식 2가지를 들 수 있다. 각 방식을 채용하고 있는 차량의 건수를 (그림 4)에 정리하였다.



(그림 4) 각종 연료의 저장방식

승용차의 경우, 고압탱크 저장법이 초기의 연구에서 다수 채용되었으나 그 후, 연료보급 및 항속거리의 확보면에서 탄화수소계 연료의 개질방식이 연구되었다. 구체적으로 초기에는 메탄을 개질방식이, 그 후 가솔린 개질방식이 1997년 이후 활발히 이루어졌으나 현재는 고압탱크에 의한 저장방식의 채용이 대다수를 차지하게 되었다. 이는 수소의 효율적인 이용과 실용

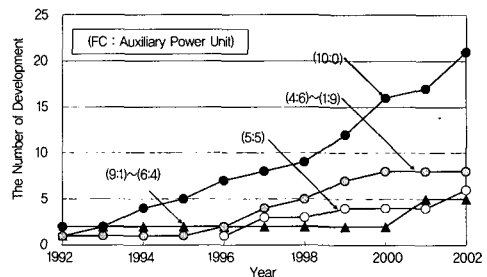
화면에서 탱크에 저장하는 방식이 가장 효과적이라고 판단되었기 때문이다.

연료전지 버스의 경우 대부분이 고압탱크 저장방식이 채용되고 있는데 이는 탱크를 탑재하기 위한 충분한 공간을 루프부분에 확보, 가능하다는 점, 운행상 연료보급장소가 특정되어 있기 때문인 것으로 여겨진다. 현재는 세계적으로 고압탱크 저장법 이외의 방식이 채용된 연료전지 자동차의 개발은 거의 이루어지고 않고 있는 상황이다.

2. 3. 동력시스템 구성과 운전방식

연료전지 자동차는 연료전지를 단독으로 사용하는 방식과 배터리 등의 보조 전원장치와 조합하여 사용하는 하이브리드 방식이 있으며 그 추이를 (그림 5)에 정리하였다. 연료전지 단독방식은 전원이 한가지이므로 시스템이 간단하다는 이점이 있으나 에너지 회수, 재이용이 불가능하고 부하 응답성에 있어서도 여러문제를 안고 있다. 한편, 하이브리드 방식은 회생 에너지의 재이용, 고효율의 시스템 구축이 가능하고 보조전원에 의해 신뢰성에서 우수한 방식이라고 할 수 있으나 시스템이 복잡하게 된다는 단점이 있다.

현재, 연료전지 단독방식과 하이브리드방식의 개발 건 수는 비슷하나 구미에 있어서 단독방식이 훨씬 우



(그림 5) 연료전지와 보조전원장치의 출력비별 채용건수

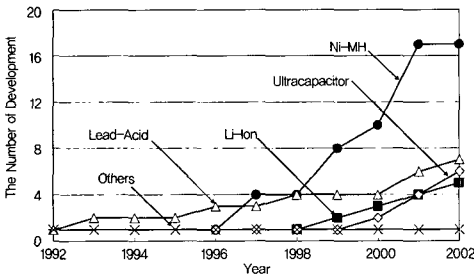
위를 차지하고 있다. 이는 시스템이 간단할 뿐만 아니라 시내정체보다는 고속주행성능을 중요시하는 도로 여건에 관련이 있다고 여겨진다.

한편, 하이브리드 방식에 있어서 연료전지와 보조 전지의 용량비에 관해서 조사한 결과 연료전지를 중심으로 구동하는 방식, 또는 연료전지가 보조적인 역할을 하는 방식의 2가지로 명확히 분류되고 있어가고 있음을 알 수 있다.

2. 4. 보조전원장치

전술한 하이브리드방식을 채용하였을 경우, 보조전원장치를 필요로 하게 된다. 각 보조전원장치의 채용건수 추이를 <그림 6>에 정리하였다. 현재는 배터리가 대부분 채용되고 있으며 에너지밀도, 동력밀도 등의 성능면에서 아연형<니켈수소형<리튬이온형의 순으로 높지만 현재는 니켈수소형의 채용수가 급증하고 있는 추세이다.

한편, 최근 보조전원장치로 주목을 받고있는 울트라 캐퍼시트에 있어서는 기술의 진보와 제작비의 삭감으로 인해 사용건수가 증가하고 있다. 그 이유로는 연료전지와 마찬가지로 전압변동이 커서 DC/DC컨버터를 필요로 하지 않는다는 장점을 지니고 있기 때문이다.

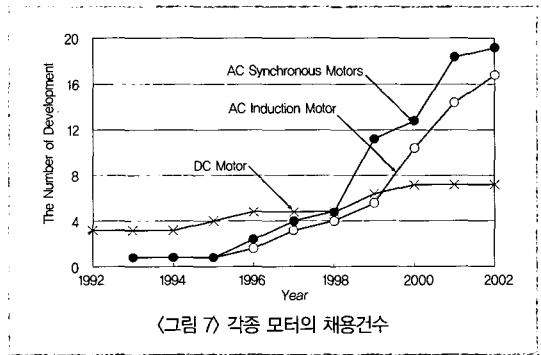


<그림 6> 각종 보조전원장치의 채용건수

2. 5. 동력용 모터

연료전지 자동차에 사용되어지고 있는 각종 모터의 채용건수를 <그림 7>에 정리하였다. 우선 모터는 직류모터와 교류모터로 크게 나뉘어질 수 있으며, 개발초기에는 직류모터가 주로 사용하였으나 현재는 고효율, 소형, 경량, 고신뢰성에서 우수한 교류모터가 대부분 사용되고 있다. 일본에서는 교류모터 중에서도 소형경량화 및 효율면에서 유리한 영구자석형 동기모터가 이에 비해 구미에서는 저코스트 고신뢰성, 고효율(고회전 시)이 가능한 유도모터가 각각의 개발차량에 채용되고 있다는 점이 특징이라 할 수 있다. 이는 전술한 바와 마찬가지로 각 지역의 도로사정과 관련이 있는 것으로 여겨진다.

자동차용 모터개발에 관련한 앞으로의 연구과제로서는 모터의 설계최적화, 응답성 개선을 위한 제어이론의 구축 등을 들 수 있으며 앞으로 이에 대한 성과가 기대되어진다.



<그림 7> 각종 모터의 채용건수

4. 개발차량의 동력성능 분석

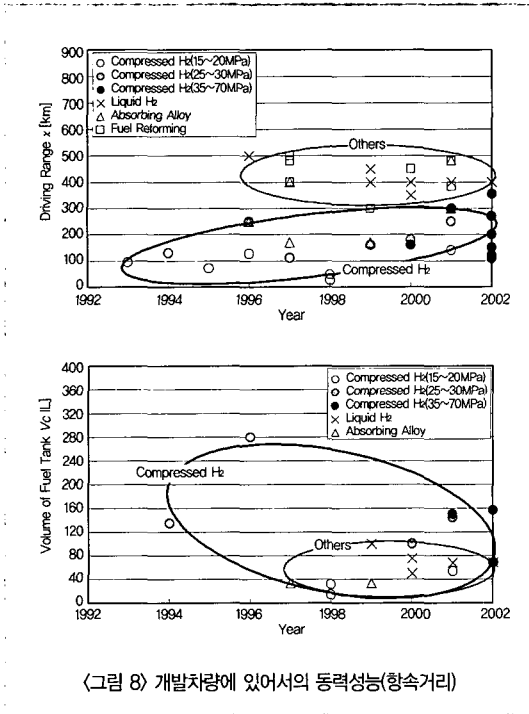
자동차의 동력성능인 항속거리, 최고속도, 가속성능에 관해 분석한 내용에 관해 살펴보도록 한다.

항속거리에 가장 큰 영향을 미치는 것이 연료저장 및 공급방식으로 먼저 이들 요소를 중심으로 분석하였다. 연료공급방식으로는 고압탱크저장법, 액체수소저장법, 흡장합금저장법, 연료개질법의 5개방식으로 분류되며 각 저장방식에 따른 항속거리를 <그림 8>에 정리하였다. 수소저장의 고압화로 인해 항속거리의 증가 뿐 아니라 저장용기의 체적도 줄일 수 있게 되었다. 고

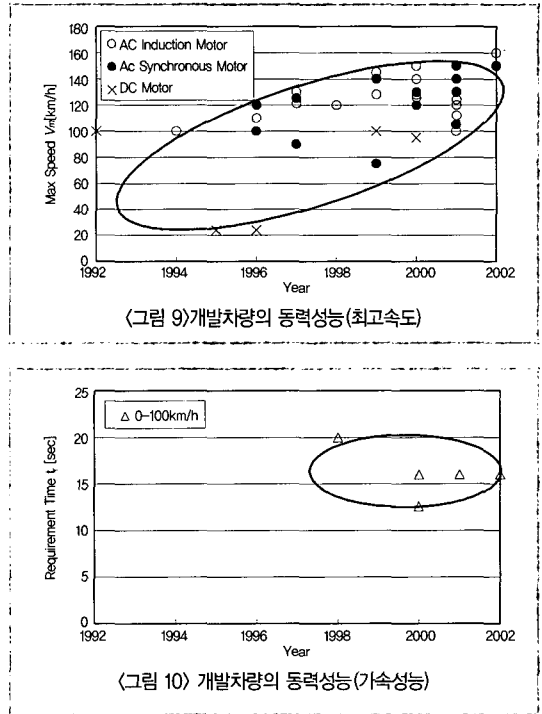
압탱크 방식 이외의 방식에서는 항속거리, 저장용기의 용량에 대한 뚜렷한 경향은 확인되지 않았다.

<그림 9와 10>의 최고속도 및 가속성능의 비교 그래프에서는 꾸준한 연구개발로 인해 현행의 내연기관 자동차와 필적할 만한 수준까지 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

(이성욱 편집위원 : leesw@ntsel.go.jp)



<그림 8> 개발차량에 있어서의 동력성능(항속거리)



<그림 9> 개발차량의 동력성능(최고속도)

<그림 10> 개발차량의 동력성능(가속성능)



참고문헌

- Kamiya H.: 해외의 연료전지자동차 연구개발과 도입계획, Engine Technology, 산매당, Vol. 5, No. 3(26), pp. 23- 29, 2003. 5.
- D. Kurashima, K. Narusawa, M. Hayashida, Y. Kamiya, H. Roppongi, R. Saitou, K. Wakabayashi, M. Kataoka, A study on power systems of fuel cell vehicles -R&D trend survey and power system structural analysis-, First circular of china-japan electric vehicle joint conference, Beijing institute of technology press, pp. 208- 214, 2001. 11.