

## 저공해 · 저연비 자동차의 개발 (전기, 하이브리드, 연료전지 자동차)

Development of Low Emission and Fuel Consumption Vehicle  
(Electric, Hybrid, Fuel Cell Vehicle)



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

### 첫머리

자동차로 인한 대기오염 개선을 위해 천연가스, 전기, 하이브리드, 메탄올 등 환경친화적 자동차의 대량 도입이 필요하며, 이들 자동차는 저공해 뿐 아니라 저연비, CO<sub>2</sub>배출 그리고 석유를 대체할 연료로서의 요구도 높아지고 있다. 이에 1997년, 신에너지 이용에 관한 특별 조치가 시행되어 대기오염의 개선과 지구온난화 문제의 해결을 위해 저공해 에너지 자동차의 보급 목표가 세워졌으며, 이에 관련해 2001년 5월에는 종합 자원에너지 조사회에서 2010년까지 저공해 자동차에 대해 <표 1>과 같은 보급 목표를 세웠다. 여기서 연료전지 자동차 5만대는 하이브리드 자동차에 포함되어 있다. 이들 차종의 연료공급을 위한 충전소의 보급을 목표로 하는 에코 스테이션계획<sup>(1)</sup> (2003년도말 207개소) 또한 대도시를 중심으로 활발히 진행하고 있다. 이에 일본에서 현재 개발 및 보급 중인 저공해 자동차중 전기, 하이브리드 그리고 연료전지 자동차의 현황에 대해 소개하고자 한다.

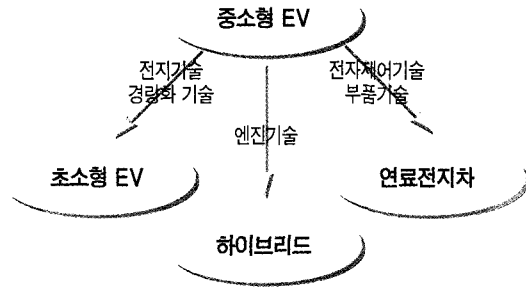
### 1. 전기 자동차

전기 자동차는 축전지 기술, 경량화 등의 관련기술을 축적해가면서 <그림 1>에 나타낸 바와 같은 세 종류의 형태, 즉 소형·초소형 전기자동차, 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차로의 발전이 예상된다. 전기 자동차는 기존의 축전지 용량을 큰 폭으로 줄이고 도심내에서의 단거리 이용으로 한정해 차량가격을 내림으로서 2인승 초소형 전기자동차를 각 회사에서 개발, 시판하고 있다. 대표적인 예를 <표 2>에 정리하였으며 이들 전기자동차는 한번 충전에 주행거리가 100

<표 1> 2010년 보급 목표 대수

저공해 자동차의 종류	2010년 보급 목표(만대)
전기 자동차	약 11
하이브리드 자동차 (연료전지 자동차 5만대 포함)	약 211
천연가스 자동차	약 100
디젤대체 LPG 자동차	약 26
합 계	약 348

종합자원 에너지 조사회<sup>(2)</sup>, 2001년



〈그림 1〉 금후의 전기자동차 발전

〈표 2〉 각 회사의 소형전기자동차

회사	차명	차중량 kg	전지	출력 kW
토요타	e-com	770	니켈수소	18.5
닛산	Hypermini	840	리튬이온	24
혼다	Citypal	995	니켈수소	30



· 렌탈방식: 요코하마 21지구, 교토시<sup>23)</sup>  
 · 공동이용 방식: 타마시 뉴타운 지구<sup>23)</sup>

~130km 정도의 차량들이다.

이들의 이용형태로서는 개인소유 외에 어느 지역내에서의 렌탈방식 또는 공동이용 방식이 제안되어 현재 몇몇 지역에서 실행되고 있다. 또한 IT(도로교통시스템)를 활용함으로써 편리성과 함께 운행관리를 합리화하는 예도 있다.

이와같은 2인용 초소형 전기자동차의 시장규모에 있어서 큰 폭의 확대는 기대되지 않으나, 지금까지 소유를 전제로했던 자동차의 이용을 전환하는 선구적인 취지로 주목되고 있다. 공동이용의 형태에 관해서는 앞으로 사회적 실험과 장기적면으로 연구할 가치가 있을 것이다.

## 2. 하이브리드 자동차

현재 일본에서 판매되고 있는 하이브리드 자동차를 〈표 3〉에 정리하였다. 이중 히노의 버스, 트럭은 디젤 엔진을 주동력으로 하는 패러럴 형식을 채용하고 있다. 다른 회사 역시 중·대형차량에 이러한 형식을 적용한 하이브리드 트럭이 다수 시판될 예정이다.

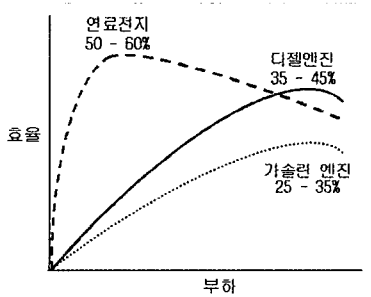
프리우스가 최초의 하이브리드 승용차로 판매된 이후, 토요타에서는 금년 4월, 제 2세대 하이브리드 엔진 THS 2를 개발하여 연말에 판매할 예정이다. 이 엔진은 모터의 고출력, 에너지의 회생율을 높여 기존 하이브리드차의 단점인 가속·주행성능을 보완하였으며 기존의(Prius) 연비보다 10% 향상되었다. 구체적으로 설명하면, 모터 및 동력제어부의 크기는 기존과 비슷하나 33kW에서 50kW로 약 1.5배로 고출력화 하였다. 이는 모터와 발전기의 전원을 새롭게 개발한 승압회로를 조합함으로써 전지전압을 종래의 274V에서 500V로 승압함으로써 가능하게 되었다. 배터리 역시 중량을 경량화 하여 출력 밀도를 35%향

〈표 3〉 일본에서의 판매중인 하이브리드 자동차

차종	형식	차명	회사	연비 km/L	전지	방식
승용차	소형	프리우스	토요타	29	Ni-H <sub>2</sub>	P/S
		인사이트	혼다	32	Ni-H <sub>2</sub>	P
		시빅	혼다	29.5	Ni-H <sub>2</sub>	P
	보통	티노-H	닛산	20	Li-ion	P
		에스티마-H	토요타	18	Ni-H <sub>2</sub>	P/S
		크라운	토요타	15	아연	P
트럭	3.5t	레인저	히노	8	아연	P
버스	마이크로	코스타	토요타	5.3	아연	S
	노선	블루리본	히노	30% up	Ni-H <sub>2</sub>	P

P: 패러럴방식 S: 시리즈방식 일본전동차량협회2002년

상시켰으며 엔진도 가변밸브 타이밍기구에 의한 정밀 제어로 고출력화가 가능하게 되었다. 이러한 기술에 의해 연비는 1리터당 35km를 달성하였으며 종합효율(Well-to-wheel)에서는 현재 판매되고 있는 연료전지 자동차 (토요타 FCHV) 보다도 높다<sup>4)</sup>. <그림 2>는 디젤엔진, 가솔린엔진 및 뒤에서 설명할 연료전지시스템의 부하에 대한 효율을 개념적으로 비교한 것이다. 이 그림에서 디젤엔진을 하이브리드의 주동력으로 활용함으로써 고효율점에서 운전제어에 의해 연료전지 시스템과 효율면에서 충분히 경합할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 단지, 디젤엔진의 배기가스를 한층 더 정화해야하는 것이 중요한 과제라고 할 수 있다.



<그림 2> 엔진과 연료전지의 효율비교

### 3. 연료전지 자동차

연료전지의 효율은 <그림 2>에 나타난 바와 같이 고부하에서 낮은 효율을 나타내므로 2차전지 및 캐퍼시터 등에 의해 동력을 보조해야 할 필요가 있으며 이 경우 하이브리드 시스템의 형태를 취하게 된다.

현 내연기관 자동차의 초저공해화가 가능하다면 엔진으로서 40~50%전후의 효율을 지닌 디젤 하이브리드는 연료전지 자동차와 연비면에서 경합이 가능하다.

<표 3>은 최근 일본에서 개발하고 있는 연료전지 자동차를 나타낸다. 이미 인가를 받고 도로를 주행하는 차량도 있으며, 2002년도에는 정부보조를 얻어 수도권에서 실증시험도 실시 하였다. 2003~2004년도

<표 3> 제작 · 시판되고 있는 연료전지 자동차

회사	1996	1997	1998	1999	2000	2001
다이하츠				M		M
토요타	H	M				HHBC
닛산		M		M	H	
후지(주)						M
혼다				MHM	H	HH
마츠다		H		H		M
미츠비시				M		M

연료 M:메탄올, H:수소, C:청정 가솔린, B:연료전지버스

<표 4> 연료전지차의 기술개발목표<sup>5)</sup>

요소	목표치
FC 스택	효율 > 65%(25% 부하시, LHV) (차량기준효율 >60%)
고분자막	내구온도 80℃ ⇒ 120~150℃ 가격 ¥50,000~150,000/m <sup>2</sup> ⇒ ¥3,000~5,000/m <sup>2</sup>
전극촉매	Pt: 2~4g/kW ⇒ 0.2~0.4g/kW 가격 ¥4,000~8000/kW ⇒ ¥400~800/m <sup>2</sup> CO 내구성: 10ppm ⇒ 10~50ppm 고내구성, 저가격 Pt대체재료의 연구
가스확산층	가격 > ¥1,000/m <sup>2</sup> ⇒ ¥500/m <sup>2</sup>
세퍼레이터	두께 1.0~5.0mm ⇒ 1.0mm 가격 > ¥4,000/sheet ⇒ ¥100~200/sheet
개질기	효율 83%, (LHV) 용적 <30L, 가격 ¥1,000/kW
수소저장	수소: 5kg, 주행거리: >500km 용량: <80L 중량: <90kg
시스템 가격	¥5,000/kW (개질기포함)

¥1,000\_는\_¥10,000

에는 일본 내외의 회사에서 연료전지 자동차의 시장 투입을 계획하고 있으며 보급의 확충을 위해 연료전지차의 기술개발 목표를 <표 4>와 같이 설정하였다. 연료로부터 구동까지(Tank-to-Wheel) 각 요소의 효율 향상과 부품의 가격을 저렴화하는 것이 주요 개발 내용이다.

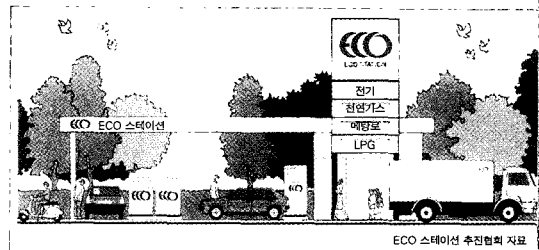
### 마무리

각 선진국에서는 2010년까지 배출가스 및 연비의 규제가 확립되었으며 이에 대응하기 위해 자동차기술, 사용 용도의 다양화 등 개혁의 시기를 맞이하고 있다. 앞으로는 초저공해, 저연비 자동차와 함께 신연료 기술이 개발되어 2010~2020년 사이에는 최량의 시스템으로 전환이 되리라 예상된다.

이에 일본에서는 정부 차원의 지원을 아끼지 않고 있으며 기업 및 연구소에서도 유기적인 연계가 확보되고 있다. 즉, 기술적 대책에 병행해 국정 및 지역에 맞는 자동차의 이용에 관해서도 검토하고 정책을 조화롭게 추진하고 있다. 또한 이들 대책의 노하우에 관해서는 금후 실용화와 함께 환경과 자원에 큰 영향을 미칠것으로 예상되는 아시아 각국에 대해 제공하는 것이 바람직하리라 사료된다.

### 관련 홈페이지

- (1) 에코스테이션 : 저공해 자동차(전기, 천연 가스, 메탄올) 및 디젤대체 LPG 자동차의 연료공급을 위한시설  
<http://www.eco-station.or.jp/>
- (2) 종합자원 에너지 조사회 :  
<http://www.jama.or.jp/lib/jamareport/090/04.html>
- (3) 전기자동차의 운영 :  
<http://www.jsk.or.jp/mainact/cev/main.htm>
- (4) 토요타 제2세대 하이브리드 개발 :  
<http://www.toyota.co.jp/company/eco/ths2/>
- (5) 연료전지의 기술개발 목표 :  
<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/%EF%BC%91%EF%BC%8E%E7%B5%8C%E6%B8%88%E7%94%A3%E6%A5%AD%E7%9C%81.pdf>



(이성욱 연구관 : leesw@ntsel.go.jp)

### ●저자약력

- 1998년 국민대학교 기계공학 석사
- 2003년 와세다대학 기계공학 박사 (직접분사식 LPG연료의 분무와 연소특성에 관한 연구)
- 2003년 일본 국토교통성 교통안전환경 연구소 연구관  
와세다대학 기계공학과 객원 강사