

전기자동차 개발 동향

전기 연구소
전기자동차 개발사업팀
윤문수, 문성인, 오성철,
하회두, 박창순

1. 서론

전기자동차란 내연기관 대신에 축전지에 저장된 전기에너지로 Motor를 작동시켜 동력을 발생시키고, 이를 동력전달장치를 통해 차륜을 회전시켜 주행하는 차량으로 1830년 프랑스에서 개발되었고 19세기 중반에 실용화되어 교통수단으로 사용된 지가 한세기를 넘었다.

전기자동차는 무공해, 저소음, 에너지 효율이 좋은 점 등 많은 장점이 있음에도 불구하고 요소기술의 문제점, 소량생산으로 인한 가격이 기존차에 비해 2~3배 비싼점 등으로 인해 그 보급이 미비하고 현재로서는 주로 우유배달차, 업무 연락차 등 특수 용도로 사용하고 있다. 그러나 최근 환경오염(대기오염), 에너지 절약 대책의 일환으로 전기자동차 개발, 성능향상, 보급추진의 중요성이 증대되고 있고 선진각국에서 국가적 차원에서 개발을 추진하고 있으며, 특히, 1998년부터 미국의 California 주에서는 대기보전법이 발효되어 전기자동차 일정비율 판매('98년 2%)를 의무화 하고 있고 점차 그 비율을 증가시킬 계획으로(2000년 5%)있어, 자동차 수출확대와 새로운 시장개척을 위해서는 국내기술에 의한 전기자동차의 개발이 필요하게 되었다.

2 전기자동차의 구조 및 핵심 요소 기술

현재까지 개발된 전기자동차는 일충전 주행거리가 짧고, 가속성능, 등판성능 및 최고속도가 기존의 자동차에 비해 떨어지고, 과도한 전지의 부피로 인해 적재량 및 객실용량이 부족한 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 고성능 전지, 고효율 모터, 고신뢰성의 제어기, 고속충전장치 등의 개발이 필요하며 이러한 것들은 대부분 전기 분야의 기술이고 신뢰성도 또한 전기기술에 달려있다. 이러한 측면에서 본고에서는 전기자동차의 핵심기술을 분석하고, 해결해야 할 주요과제, 국내외 기술동향 등을 기술하여 전기자동차 개발에 관심이 있는 분들을 위하여 소개하고자 한다.

가. 전기자동차의 원리

그림 1에 전기자동차 원리의 개념도를 표시하였다. 근본적 차이는 기존의 가솔린 자동차가 연료로써 석유를 사용하는 데 비해 전기자동차는 전력을 이용하는 것이고, 주유소 대신에 충전 스탠드를, 연료탱크 대신에 2차전지를, 내연기관 대신에 전동기를 사용하는 것이다.

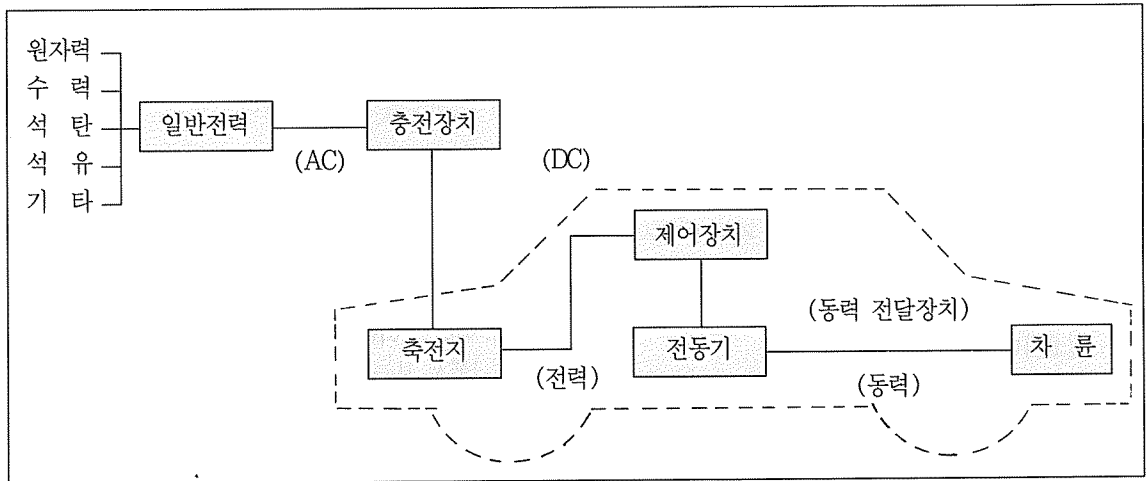


그림 1. 전기자동차의 원리

나. 전기자동차의 핵심요소

전기자동차의 핵심요소 기술은 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 2차전지, 전력변환기, 구동모터, 제어장치, 충전장치, 차량 및 차체, 각종 표시기 등이고, 각각의 역할은 다음과 같다.

- 2차 전지(Secondary Battery) : 전기에너지를 저장하여 주행시 모터에 에너지 공급
- 전력변환기 : 전지에 저장된 전기에너지를 모터 구동에 적합한 형태로 변환하는 장치
- 구동모터 : 전지에 저장된 에너지를 사용하여 기계적 동력을 발생
- 제어장치 : 자동차의 속도, 가속력 등 주행에 필요한 각종 성능을 제어
- 충전기 : 전지에 전기에너지를 충전하는 장치
- 각종계기류 : 전지의 잔존용량, 각종 경보장치

등의 표시
차체

다. 전기자동차의 분류

전기자동차는 추진방식과 용도에 의해 분류되나 여기서는 추진 방식에 있어서 순 전기자동차에 한해서 언급하고자 한다.

- 추진 방식에 의한 분류
 - 순 전기자동차 : 전지에 저장된 전기에너지로 추진하는 자동차
 - Hybrid 전기자동차 : 내연기관 또는 연료전지와 병행해서 추진하는 방식
- 용도에 의한 분류
 - On-road용 전기자동차 : 공도를 주행하는 전기자동차

- Off-road용 전기자동차 : 공원, 공장 등의 사유지 구내 주행용

라. 해결해야 할 주요 과제

전기자동차는 여러가지 장점이 있지만 아직도 성능면에서는 기존의 자동차에 비해 떨어지고 있으며 해결해야 할 문제점들은 아래와 같다.

- 일충전 주행거리 증대 : 전지에 축적된 에너지로 주행할 수 있는 거리이며 상용 전기자동차는 100km 내외이다. 일충전 주행거리를 증대시키기 위해서는 고성능 2차전지 개발(축전지의 에너지밀도 증대 및 전지의 경량화) 및 차체의 경량화, 에너지 소모의 최소화(고성능 모터, 제어장치 개발)가 필요하다.
- 가속 및 등판 성능 향상 : 이를 위해서는 고성능 모터, 전력변환 및 제어장치 개발과 고성능 2차전지 개발(축전지의 Power density 증대)이 필요하다.
- 축전지의 충전 소요시간 감소 : 축전지를 충전하기 위해서는 현재 납축전지의 경우 6~8시간이 소요되고 있고 충전 소요시간 감소를 위해서는 고성능 2차전지 및 급속 충전장치 개발이 필요하다.
- Cost 저감 : 전기자동차는 현재 생산대수가 적기 때문에 1대당 가격이 기존의 차량에 비해 3배정도 비싸다. 차량 가격을 기존차 정도로 인하하기 위해서는 먼저 각종 부품 비용감소 및

수명 증대가 필요하고, 수요를 창출하여 대량으로 보급(대량 생산)하는 일이다.

- 보급확대를 위한 제도적 대책 마련 : 기술개발 촉진대책, 보급에 따른 정부지원 및 우대제도, 수출을 위한 특별지원, 환경규제, 특별전력 요금제도, 주차장내 충전장치 설치, 수리를 위한 서비스 기능강화 등이 제도적으로 되어야 할 것이다.

3. 전기자동차 개발의 필요성

전기자동차는 배기가스가 없고, 소음이 적으며 에너지 효율이 높은 등 여러가지 장점이 있다. 본란에서는 전기자동차 개발의 필요성을 전기자동차의 장점에 맞추어 설명하고자 한다.

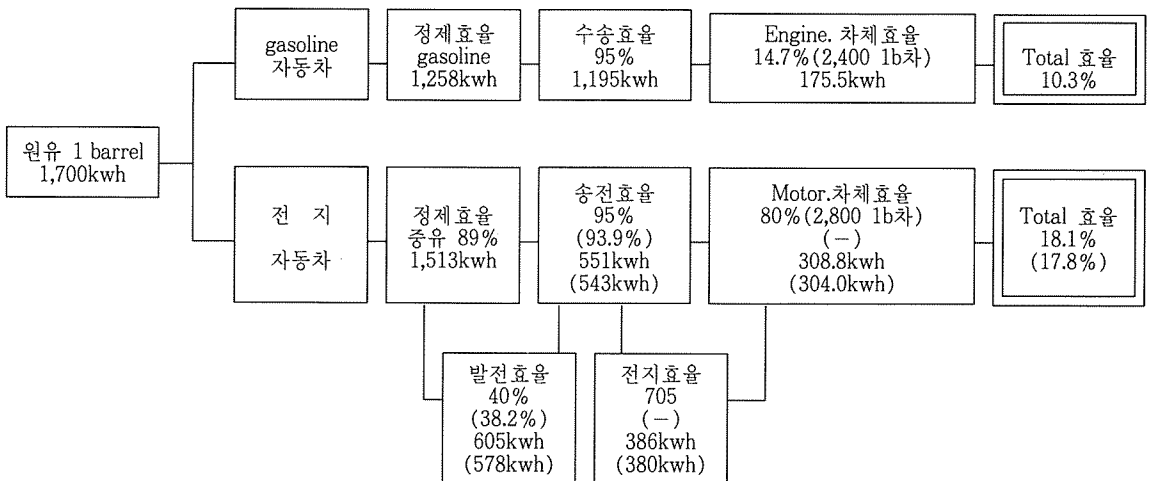
가. 에너지 수급 문제의 해소

전기자동차는 2차에너지인 전기에너지를 사용하므로 에너지를 다양화 시킬 수 있어 석유 수급의 불안정화를 완화시킬 수 있다.

나. 에너지 이용 효율이 높음

표 1에서 보는 바와 같이 가솔린 자동차는 Total 에너지 효율이 10.3%인데 비해 전기자동차는 17.8%로 에너지 효율이 약 70% 더 높아 에너지 이용효율이 좋다.

표 1. 전기자동차와 Gasoline 차의 에너지 이용효율 비교



다. 환경 공해 문제의 해결
 전기자동차는 배기가스가 없고, 저소음이므로 청정 환경을 조성할 수 있다.
 참고로 각국의 매연 배출 현황을 표 2에 나타냈다.

표에서 알 수 있듯이 대기오염의 절반정도가 수송분야에 기인한 것이며, 대도시의 경우는 이보다 더욱 심각한 상태이다.

표 2. 각국의 매연 배출 현황

국 별	총 계(단위 ; 천톤/년간)				수송부분(단위 ; 천톤/년간)			
	SO ₂	NO _x	CO	HC	SO ₂	NO _x	CO	HC
캐나다	4,650	1,942	9,928	2,100	140(3%)	128(66%)	7,347(74%)	840(40%)
미국	23,200	20,300	76,000	22,800	928(4%)	9,135(45%)	53,200(70%)	9,120(40%)
서독	3,200	3,090	8,960	1,860	128(4%)	1,638(65%)	5,824(65%)	707(38%)
네덜란드	445	500	1,368	452	18(4%)	265(53%)	985(72%)	100(22%)
노르웨이	141	125	632	158	18(13%)	100(80%)	499(79%)	70(44%)
스웨덴	483	328	1,250	410	24(5%)	203(62%)	1,225(98%)	230(56%)
영국	4,670	1,932	5,127	1,954	47(1%)	560(29%)	4,563(89%)	313(16%)

표 3. 미국의 무공해차 판매계획

구 분	MY	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
생 산 대 수 적 용 율 (%)	100												
	90												
	80								73				
		현행규제		강화규제							LEV		
	70	0.39HC		0.25HC							0.075HC		
	60												
	50												
	40												
	30							25					
							20						
	20					15							ULEV
				10								10	0.04
	10					TLEV			2		5		
					0.125HC		2			5		ZEV	

* TLEV : Transient Low Emission Vehicle(잠정 저공해차)
 * LEV : Low Emission Vehicle(저공해차)
 * ULEV : Ultra Low Emission Vehicle(초 저공해차)

미국에서는 대기보전법(Clean air act)의 의회 통과('90. 10. 27)에 따라 탄화수소('92. 9), 질소화합물, 일산화탄소('96. 9부터)의 배출량 규제를 강화하고, California 주에서는 '98년부터 무공해 차량(무공해 차량 : Zero Emmission Vehicle : ZEV)의 판매를 의무화 하고 있으며 ZEV는 현재로는 전기자동차 밖에 없으며 2003년 부터는 10%를 의무화 하고 있으나 초저공해 차량(Ultra Low Emmission Vehicle : ULEV)까지 포함하면 약 25% 점유할 것으로 예상된다.

참고로 미국의 무공해차 및 저공해차 판매 계획을 표 3에 나타냈다.

라. 심야전력 활용

전기자동차는 충전시 심야 잉여전력의 이용으로 전기에너지의 효율적 이용과 전력부하 평준화 및 발전 설비의 효율적 이용이 기대된다.

마. 기타

전기자동차는 내연기관 자동차를 사용할 수 없는

곳, 예를 들면 강연장, 호텔, 병원, 창고, 갱도와 옥외 특수용도(공항, 골프장)로 개발이 필요하고 또 요소 기술인 Motor, 전지, Controller 등 전기분야의 기술이 타분야에 응용될 수 있으므로 타산업에 미치는 영향이 크다는 점 등이다.

4. 국내의 개발 현황

가. 선진국의 개발현황

전기자동차 개발은 각국마다 사정이 다르지만 국가적 과제로 또는 자동차회사 및 전력회사에서 적극 개발하여 일부는 시판되고 있다. 지금까지 개발된 전기자동차의 성능을 정리하면 표 4와 같으며 일본 동경전력이 개발한 IZA의 경우 개념차이기는 하지만 기존의 내연기관 자동차와 성능이 비슷한 수준이다.

표 4. 최근 개발된 전기자동차의 성능

개발기관	일본 전기자동차 기술 연구조합		일본 관서전력 (주)	미국 GM사	프랑스 Renault사		일본 신일본 제철	EC 다국적 ABB사	일본 동경 전력
	E-31	E-42	Rugger - EV	Impact	Master Electric		NVA	Electric	IZA
일충전주행 거리(km) (정속시)	170-200 (40km/h)	190-200 (40km/h)	200 (40km/h)	192 (88km/h)	180 (60km/h)	99 (60km/h)	240이상	192 (50km/h)	548 (40km/h)
최고속도 (km/h)	90	85	90	160	80	80	110	120	176
가속성능	7.0-7.5	8.0		8.6 (0-100km/h)				9.0 (0-50m/h)	18.05 (0-400m)
차량총중량 (kg)	1420-1456	1440-1496	2510	1193	3760	3760	약1860	약1700	1573
탑재전지	아연/Nickel	철/Nickel	납	납	Ni/Cd	납	납	Na/S	Ni/Cd
탑재 전지의 에너지 밀도 (Wh/kg)	74.1-74.3 (5HR)	61.5-63.8 (5HR)	42(5HR)	41(5HR)	54.5 (5HR)	35(5HR)	42(5HR)	80(2HR)	24개 531kg 288V 28.8KW GS제품
탑재전지의 수명(cycle 60% DOD)	220-240	000이상	약1000	200이상	약1500		약1000	약500 (추정)	
발표시기	1987년 5월		1989년 10월	1990년 1월	1990년 4월 시점에서의 성능		1990년 6월	1990년 6월	1991년 10월

일본의 경우 전기자동차 개발은 일본 통산성이 주관하여 1971년부터 1976년까지 6년 동안 총연구비 57억엔을 투입하여 소형 승용차, 소형 트럭, 경량승용차, 경량트럭, 노선버스 등 5개의 대상 차종을 선정하여 신형전지, 전동기, 제어장치, 경량 차체재료, 충전 방식을 주요 연구 과제로 하여 산·학·연이 공동으로 개발하였고, 현재는 핵심기술의 개발에 대한 자금지원과 보급에 따른 각종 지원제도를 마련하고 있으며 전력회사, 자동차 제조업체, 전지회사 등이 적극 개발하고 있으며 현재 승용차 개념차는 약 2,000대 보급되어 있다.

한편 미국의 경우는 1976년도에 전기자동차 연구 개발 보급법이 제정되어 정부의 에너지성(DOE)를 중심으로 연구 개발이 활발히 추진되고 있고, 최근에는 기업의 투자확대로 정부는 핵심요소기술 개발에 주력하고 있으며, EPRI에서는 전기차량개발회사(Electric Vehicle Development Cooperation)을 설립하여 DOE 지원하에서 전기자동차 개발 및 보급에 힘쓰고 있다.

EC제국의 경우 전기자동차의 R&D는 전력회사가 적극적으로 참여하고 있으며 최근 대기환경과 산성비 문제로 정부 및 기업의 관심이 크게 높아져 가고 있으며 1978년에는 유럽제국이 공동으로 운영하는 유럽전기차량협회(AVERE)가 결성되었다.

영국에서는 현재 약 20만대의 전기자동차가 보급되어 있고, 전력회사, 통산성, Maker 주도로 충전지 및 차량연구가 활발하다. 프랑스에서는 프랑스 전력공사(EDF)를 중심으로 연구개발이 활발히 진행중에 있고, 약 500대의 도로주행용 차량이 실용화 되어 있으며, Regie Renault 사는 LA시의 10,000대 도입에 참여할 계획이다.

독일에서는 전력회사, 운수성, 연구개발성 중심으로 R&D가 주도되어 왔으며, 최근 ABB가 개발한 전기자동차가 시험운전중에 있고, 전기차량위원회(RWE)는 영국의 CSPL 사와 Na/S 전지의 개발을 위해 Joint벤처를 설립, '95년 상업화를 목표로 하고 있다. 그 밖에 이태리, 스위스, 오스트리아, 스웨덴, 화란 등 유럽제국에서 전기자동차에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 밖에 인도, 대만, 중국 등에서도 전기자동차 개발에 주력하고 있다.

나. 국내 개발 동향

우리나라에 있어 전기자동차에 대한 기술개발은 유아 수준에 있으며, 그동안 체계적인 R&D조직이나, 국가 차원의 추진대책은 거의 없는 형편이었지만 최근, 환경문제의 대두, 미국 시장에서의 공해차량 규제 움직임 등으로, 정부, 연구기관, 자동차 업체를 중심으로 전기자동차에 대한 관심이 높아져가고 있으며, 양산화를 위한 시작차가 제작중에 있거나 일부 발표되고 있으며 정부에서도 '92년부터 G7 과제의 하나로 전기자동차 개발을 선정하여 국가적 R&D 조직을 갖추어 기술개발을 추진할 계획이다. 또한 '93년 대전 EXPO를 대비하여 국내기술로 환자수송, 관객수송 등을 목적으로 전기자동차(개념차)를 개발중에 있다.

1988년 서울 올림픽때 마라톤 중계차용 전기자동차를 기아자동차에서 제작하여 사용하였고, 현대자동차가 상용차의 양산화를 위해 2호차까지 제작하였고 현재는 3호차를 개발중에 있으며, 기아자동차도 수출용 차량을 개발중에 있고 '93 EXPO 자동차 전시관에 전시할 전기자동차와 승객 운송용 전기자동차를 개발중에 있고, 대우, 쌍용, 아세아 자동차도 개발중에 있다. 또한 한국전력공사 기술연구원에서는 심야 전력 이용방안으로 '87년부터 미국의 솔렉사가 개발한 "EV-Cort"를 도입, 연구한 바 있으며, 앞으로 중점기술 개발 과제로 추진할 계획이다.

그 밖의 전기제조업체(효성, 현대중전기, 금성, 이천전기, 만도기계)와 전지업체(세방, 서통, 경원, 한국전지 등)에서 모터, 콘트롤러, 신형전지 등을 개발중에 있고, 태산정밀 등에서도 충전기를 개발중에 있다.

정부에서도 전기자동차 개발을 G7 과제로 선택하여 '92년부터 고성능 2차전지, 모터 및 제어기술, 차량 및 차체 등 핵심 기술을 산·학·연 공동으로 개발을 추진하고 있다. 이 계획중 전지분야는 니켈/수소, 니켈/아연, 리튬2차, 나트륨/유황, 개량형 납축전지 등 5개 전지를 선정하여 단기, 중기, 장기 목표를 세워 개발할 계획이며, 모터는 AC 유도모터와 BLDC 모터를 병행하여 개발할 계획이다.

한편 EXPO 조직위원회에서도 1993년 EXPO 때 전기자동차를 전시·운행할 계획으로 현재 전기연구소가 개발 제작중에 있으며 성능은 최고속도 60km/h,

일충전 주행거리 70km 정도이며 6인승 Van type이고 차체는 FRP를 사용한다.

또한 대한전기학회에서도 기술조사 전문위원회를 두고 각분야 전문가로 구성된 위원회를 구성하여 현재 기술조사 사업을 하고 있다.

5. 전기자동차용 신형전지 개발 현황

가. 전기자동차용 전지 개발의 필요성

현재까지의 EV는 내연기관 자동차의 성능에 비해 일충전 주행거리가 짧고 가속, 등판, 최고속도 등의 성능이 뒤떨어지며, 적재량, 객실용량 등이 부족한 점들 때문에 현재까지는 보편, 실용화되어 있지 못하다. 이들은 주로 탑재전지 자체의 성능에 관계되는 것으로 일충전 주행거리는 전지의 중량당 에너지밀도에, 적재량이나 승객용량은 체적당 에너지밀도에, 가속, 등판, 능력 및 최고 속도는 출력밀도에 각각 관련된다.

그러나 현재 주로 사용되고 있는 연축전지와 Ni/

Cd 전지는 무겁고 부피가 크며 에너지밀도 및 출력 밀도가 낮아 비약적인 성능 향상은 어렵다. 또한 Pb 및 Cd등의 중금속 오염물질이 배출되어 환경오염을 유발시키고 있으며 세계 각국에서 점차 규제를 강화하고 있어 향후의 EV에의 적용은 곤란하므로 이러한 문제를 해결할 수 있는 차세대 EV용 고성능 전지의 기술 개발은 필수적 과제라 할 수 있다.

나. 선진국의 EV용 신형전지 개발

미국의 자동차 Maker들이 EV개발에 있어서 최대의 핵심 기술은 전지에 있는 것으로 판단하고 EV용 전지 개발을 위해 Big 3(GM, Ford, Chrysler)가 USABC(United State Advanced Battery Consortium)를 결성하여 다양한 종류의 EV용 신형전지 개발에 착수했다. 총 12년간 개발할 계획이며 초기 4년간의 개발 자금은 2억6천2백만불로 정부(DOE)/민간(Big 3)의 부담 비율은 50/50이다. 표 5는 EV용 신형전지 개발 계획을 나타낸 것으로 전지 개발의 목표 성능은 중기와 장기로 나누어 달리 제시하였으며 전지의 종류는 제시(선정)하지 않았다.

표 5. USABC의 EV용 신형전지 개발계획

목 표 성 능	중기('90년대말)	장기(2000~2010)
출력밀도(W/1)	250	600
출력밀도(W/kg, 80% DOD per 30 sec)	150~200	400
에너지밀도(Wh/1)	135	300
에너지밀도(Wh/kg)	80~100	200
수명(년)	5	10
Cycle 수명(회) (80% DOD)	600	1,000
출력, 용량 저하한계(사양에 대한 비율)	20%	20%
목표가격(\$/KWh, 10,000대 생산시)	150이하	100이하
동작 주위 온도	-30~60°C	-40~60°C
충전시간	6h 이하	3~6h
1시간 연속 방전시의 에너지 소비율(%)	75	75
효율(%)	75	75
자기방전율(%)	15% 이하(48시간당)	15% 이하(2개월당)

한편 일본의 경우는 New Concept Car를 개발하고자 개발 목표와 개발 일정을 제시한 바 있다. 개발 제 I 기에는 연축전지 등과 같은 기존 전지에 의한 시

작차의 제작, 제II기에는 Na/S 전지 등과 같은 신형 전지에 의한 시작차와 제작, 제III기에는 미래형 전지를 탑재하여 상업화할 계획이다.

또한 금년(1992년)부터 시작된 New Moonlight Project는 금년초에 완료된 Moonlight Project의 신형전지 개발 계획중 Na/S 전지 및 Zn/Br₂ 전지만 4년 더 계속하는 것으로 되어 있으며 총연구비는 약 140억원

으로 전액 정부 출연이며 이중 약 130억엔이 Li 2차 전지에 투입될 계획인 것으로 알려져 있다. 표 6에 New Moonlight Project의 스케줄을 나타냈다.

표 6. New Moonlight Project의 스케줄

년도	92	93	94	95	96	97	98	99	2000	2001
연구항목	제1기(기본연구)				제2기(성능향상 연구)			제3기(실용성 향상연구)		
1. 고능을 미래형 전지의 연구[Li 계]	설계, 요소기술 개발, 전지 Cell시작				Module 제작			조전지 제작·종합시험		
1) 전지시작 이용 기술 연구	조사검토		기 초		제 1 차		제 2 차		연 구	
2) 기초기술 연구	설계, 전지·조전지 시작, 종합시험				중 간 평 가			중 간 평 가		
2. 고성능 소형 신형 전지의 연구[Na/S, Zn/Br ₂]	소요성능, 최적형태, 안정성, 경제성, 도입방법 등의 조사·검토									
3. Total system 의 연구	전지평가 등									
4. 평가기술										

다. 국내의 현황

우리나라의 2차전지 기술은 납축전지를 제외하고는 기술개발이 취약하나 최근 전지업체와 출연연구기관, 대학 등에서 전지개발에 적극적인 의욕을 보이

고 있어 앞으로 전망이 밝을 것으로 보인다.

G7 과제중 EV용 고성능 전지개발 기획활동 동안 파악한 국내개발 현황으로는 한국전기연구소, 한국표준연구원, KIST, 한국에너지기술연구소 등의 정부출

연연구소 및 세방전지, 경원산업, 현대자동차, (주)서통, 한국Delco전지, 유공 등의 기업체에서 EV용 전지 개발을 계획하고 있다. 본격적인 연구 수행 실적은 없으나, 향후 EV개발의 필요성 증대와 함께 급속히 추진될 것으로 전망된다.

최근 결정된 G7 과제중의 EV용 전지개발 계획을 살펴 보면 다음과 같이 장·중·단기별로 고성능 전지

를 개발하는 것으로 되어 있으며

- 단기 목표 : 개량형 연축전지 기술 개발

- 중기 목표 : Ni/Zn전지, Ni/MH전지, Na/S전지 기술 개발

- 장기 목표 : Li 2차전지 기술 개발

전지별 기술 개발의 최종 목표는 다음 표 7과 같다.

표 7. 전지별 기술 개발의 최종목표

전지종류 최종목표	Ni/MH전지 기술개발	Na/S전지 기술개발	Li 2차전지 기술개발	Ni/Zn전지 기술개발	개량형 연축 기술개발
Module 용량 (KWh 급)	25	25	25	25	25
Energy 밀도 (Wh/kg)	73	120	120	72	50
출력밀도 (W/kg)	186	180	200	200	110
Cycle수명 (회)	1,000	1,000	1,000	600	500
개발기간(년)	6	7	10	6	4

한편 이번엔 G7 과제로 전기자동차용 고성능 전지로 국내 개발하기 위하여 선정된 전지에 대해서 연

구하고 있는 국내의 연구기관을 요약하면 표 8과 같다.

표 8. 전지별 국내의 연구 동향

전지의 종류	국내 연구 기관	외국의 연구기관		
		일 본	미 국	유럽 및 기타
Ni/Zn 전지	세방전지, 연세대, 기아자동차	유아사 전지 일본 전지 산요 전기 후루가와 전지 마쯔시타 전지 도시바	Yardney Westing house Electrochimica Eagle-Picher Energy Research Co.	Sorapec(프)
Ni/MH 전지	로케트전지 KIST(텔코전지) 표준연구원 (금성마이크로 닉스), 삼성전자, 현대자동차	산요 전기 마쯔시바 히타치 맥셀 GS-SAFT GIRIO	Ovonic Inco Gates Duracell	Philips

전지의 종류	국내 연구 기관	외국의 연구기관		
		일 본	미 국	유럽 및 기타
Na/S 전지	유공 자동차부품 기술연구소 KIST	NGK 유아사 GIRIO		ABB(독일) Powerplex(캐나다) Chloride RWE (영국)
Li 2차전지	한국전기연구소 서통 테크라프	도시바 파나소닉 CRIEPI Sony Energytec	ELC EPRI	Moli Energy (캐나다) VARTA(독)

각 전지별 현재 개발 상황을 요약하면 다음과 같다.

• Ni/Zn 전지

전기자동차용으로 실차 탑재 시험중이며 이 전지의 최대 문제점은 Zn극의 dendrite 성장으로 인해 수명이 짧다는 점이다. 현재는 dendrite 방지 및 구조 개선으로 장수명화하여 실용화 단계에 곧 도달할 것으로 예측되며, 현재까지는 용량 225AH, 수명 600~1,000 Cycle의 전지가 개발되어 있다.

• Ni/MH 전지

가전제품용 소형은 개발되어 이미 실용화되어 있고 현재는 대용량화 연구를 진행중에 있으며 높은 자기방전을 및 저온 방전 특성의 개선 연구를 하고 있다.

• 미국의 USABC에서도 EV용으로 Ovonic사와 개발 협약을 맺어 연구중에 있다.

• Na/S 전지

전기자동차용으로서 에너지밀도, 출력밀도, 안전성, 수명, 양산성 등 대부분 기술적 문제를 검토하였고, BWM Electro, Jetta, Benz 190 등에 탑재하여 일충전 주행거리 200km를 기록한 바 있으며, 현재로는 소량 생산이기 때문에 가격이 비싼 문제점이 있다.

• Li 2차 전지

2000년대에는 가장 유망한 전지로 인정되고 있으며 소용량은 시판되고 있으나 대용량은 개발중에 있다. 순수 Li 금속을 사용하였을 경우 안전성, Li 자원 등에서 문제점이 있으나 swing system Li 2차전지(Li 이온전지)인 경우는 이들을 해결할 수 있어 현재는 swing형 2차전지에 대해 관심을 갖고 집중 연구중이다. 특히 일본의 경우는 New Moonlight Project로 Li 2

차전지를 선정하여 10년간 130억엔을 투입하여 1992년부터 집중 개발할 계획을 갖고 있다. 향후 국내에서도 이 전지에 대해서는 집중투자하여 개발할 필요성이 있다고 생각된다.

6. 전기자동차용 전동기

가. 전기자동차용 전동기의 중요성

전기자동차 구동용 전동기는 Battery로 부터 공급되는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환하여 자동차를 구동시키는 핵심부품으로 Battery에 한정적으로 저장되어 있는 에너지를 이용하기 때문에 일충전 주행거리를 증가시키기 위하여 효율이 높아야 하고 한정된 공간에 장착되어야 하기 때문에 소형경량화가 대단히 중요하며 승차감 증대를 위하여는 소음과 진동이 적어야 하고 무보수, 장수명으로 신뢰성이 높아야 한다.

전기자동차의 성능은 앞에서 지적하였 듯이 최고 속도, 가속성능, 등판능력, 일충전 주행거리 등이다. 이들은 주로 전지의 출력밀도, 에너지밀도 등과 관련이 깊으나 전동기와도 밀접한 관련이 있고 전동기의 무게, 효율, 가격 등의 개선이 중요한 과제이다.

나. 전기자동차용 전동기의 종류

전기자동차용으로 사용하고 있는 전동기는 크게 DC 전동기와 AC 전동기가 사용되고 있으나 그 중에서 제어가 쉬운 직류직권 전동기가 제일먼저 사용되었고 상용차도 DC 전동기를 사용한 것이 많다. 그러

나 직류 전동기는 출력비(KW/kg)가 낮고 부피가 크며 brush로 인한 단점 때문에 brush가 없는 Brushless 직류전동기, 유도전동기, 동기전동기 사용에 대한 연구가 활발히 진행중이며 출력밀도의 증대와 효율 향상을

위하여 특수 type motor(outer rotor type, disk type, double cylinder type 등)에 대한 연구도 대단히 활발하다.

현재 전기자동차에 사용되고 있는 전동기를 비교하면 표 9와 같다.

표 9. 전기자동차용 전동기 종류별 비교표

전 동 기 종 류	DC series	DC shunt	AC Induction	AC PM synchron	DC Brushless
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 제어가 용이하다 	<ul style="list-style-type: none"> 제어가 용이하다 기어가 필요 없다 기어 부착시 amature control 생략가능 	<ul style="list-style-type: none"> 보수가 필요 없다 출력비가 높다 	<ul style="list-style-type: none"> 효율이 높다 	<ul style="list-style-type: none"> 보수가 필요 없다 출력비가 높다 AC전동기에 비하여 제어가 용이하다
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 기어가 필요하다 brush 보수 	<ul style="list-style-type: none"> 가격이 비싸다 brush 보수 	<ul style="list-style-type: none"> 제어가 복잡하고 전장품 무게를 고려하여야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> 전동기 제작이 비교적 복잡 	<ul style="list-style-type: none"> 고성능 영구자석 가격이 비싸다

Motor type	Weight(1b)	Efficiency	Relative cost
DC Brushed	218	0.84	1.0
AC Induction	100	0.9	0.26
PM Synchron	100	0.92	0.26
PM Disc	75	0.93	0.20

• Brushless 직류전동기

Brushless 직류전동기는 직류전동기의 장점인 손쉬운 제어와 brush로 인한 단점을 보완하고 고성능 영구자석의 개발로 출력비가 높아 전기자동차용 전동기로 급속히 부상하고 있으며 direct drive방식에서 저속영역에 있어서의 효율개선, 출력비 증강 등이 계속 연구되고 있다. 동경 전력에서 개발한 IZA는 outer rotor type BLDC motor를 이용하여 장착 공간을 최소화하기 위해 동력전달 방식을 직접 구동방식을 채택하여 transmission과 differential gear등을 생략하였다. 현재 BLDC 전동기를 장착한 전기자동차를 표 10에 표시하였다.

표 10. BLDC 전동기 장착 전기자동차 현황

회사명	모델명	출력	등판능력	최고시속
중부전력	Dream Mini	3.5×2Kw	0.26	80Km/h
Honda	Honda CUVES	0.58Km	0.21	60Km/h
동경전력	IZA	6.8×4Km		176Km/h
전기스쿠 타 R&D	ES600	0.6Km	0.25	53Km/h
Tokyo R&D	E24B	0.6Km	0.13	42Km/h

• AC 유도전동기

유도전동기는 복잡한 제어와 부수적인 전력변환장치의 필요성 때문에 전기자동차 전동기로서 활약하지 못하고 제어성능이 양호한 직류전동기의 뒷편에 있었으나 제어기법의 개발과 제어소자의 발달로 전기자동차용 전동기로서 각광을 받기 시작하고 있고, 이 전동기를 장착한 전기자동차의 국내의 현황을 표 11에 나타냈다.

표 11. 유도전동기 장착 전기자동차 현황

회사명	모델명	출력	등판능력	최고시속
Toyota	Townace Van	20Kw	0.3	85Km/h
Nissan	FEV	10×2Kw	0.35	130Km/h
중부전력	chuden electric van	20Kw	0.3	85Km/h
KERI	KOEV 01	8.5Kw	0.2	50Km/h
BMW	E ₂	15Kw	0.33	120Km/h
GM	Impact	43Kw		120Km/h

7. 충전기

가. 충전기의 필요성

전기자동차는 탑재된 전지에 저장된 에너지로 주행하기 때문에 일충전 주행거리가 기존의 자동차보다 짧아 그 보급에 장애요인이 되고 있다. 일충전 주행거리를 증대시키기 위해서는 에너지밀도가 큰 고성능 전지를 개발하는 것이 급선무라 할 수 있으나 근본적으로는 소모된 에너지를 보충하고, 또 급속으

로 충전하는 장치의 개발이 필요하다.

전기자동차용 충전장치는 탑재형 충전장치 및 별치형 충전장치로 구별된다. 탑재형 충전장치는 주로 심야 전력을 이용하여 가정에서 충전하는 방식을 주목적으로 한다. 심야 전력의 이용을 주목적으로 하므로 충전시간의 단축 측면보다는 탑재형이기 때문에 장치의 소형경량화, 저소음화, 고효율화를 주목적으로 한다. 심야 전력의 이용 측면에서도 심야 전력 적용 개시 시간에 심야 수요가 일시에 걸려 부하의 불균형을 초래할 수 있으므로 전지의 종류에 따라 급속충전, 단시간 충전이 가능한 경우에는 이에 대한 적절한 대책도 강구할 수 있다. 또한 전지의 방전 전력량과 충전 소요시간의 계산에 의하여 심야전력 효율이 끝나는 시점에서 충전이 종료되도록 하는 제어 방식을 채택한 경우는 심야 부하 개발 효과도 극대화할 수 있다.

충전 스탠드는 기존의 기술된 자동차의 주유 스탠드의 개념에 해당하는 것으로서 전지의 종류에 따라 고속충전 혹은 단시간 충전을 목적으로 한다. 또한 어떠한 종류의 전지를 탑재한 전기자동차도 충전이 가능하도록 범용성을 가져야 한다. 또한 사용자의 편의를 위한 요금 카드등 User Interface까지 고려하여 실용화를 꾀하여야 한다.

본란에서는 현재까지 개발된 전기자동차용 충전기의 국내의 개발현황을 살펴보고 개발 방향에 대하여 분석해 본다.

나. 충전방식의 분류

현재까지 개발되어 상용화하고 있는 전기자동차는 주로 납축전지를 사용하고 있으므로 납축전지의 충전방식에 대해서 설명하고, 이 전지의 충전방식은 표 12에 표시한 방식을 채택하고 있다.

표 12. 각종 충전 방식의 분류

방 식	특 성	용 도
정전류 충전	<ul style="list-style-type: none"> 가변저항이나 SCR을 통한 정전류 공급 충전이 끝나는 시점에 과충전 경향 	<ul style="list-style-type: none"> 초기충전 사고원인조사 용량시험 충전특성시험
정전압 충전	<ul style="list-style-type: none"> 정전압 충전에 의한 전력손실 제한 초기 충전전류를 고려한 충전기설정 급속한 온도상승에 의한 수명에 영향 	<ul style="list-style-type: none"> 급속충전

방 식	특 성	용 도
준정전압 충전	<ul style="list-style-type: none"> • 인가되는 정전압을 제한하기 위하여 전류제한용 저항 삽입 • Timer에 의한 동작 	
정전류, 정전압 충전	<ul style="list-style-type: none"> • 초기충전시 큰전류를 충전하고 가스 발생 • 전압도달시 충전전류 감소 • 각 단위 축전지 간의 불균형 해소 	전기자동차
Trickle충전	<ul style="list-style-type: none"> • 전지가 언제나 완전 충전상태에 있도록 축전지에 항상 적은양의 전류 공급 	
균등충전	<ul style="list-style-type: none"> • 전지 충전시 장시간 소요 	
계단충전 (Step)	<ul style="list-style-type: none"> • 전류를 2-3단계로 변화시켜 가면서 정전압 충전 또는 준정전압 충전을 행함. • 전지의 온도 상승 억제 • 급속 충전 	• 전기자동차
부동충전 (Floating Charge)	<ul style="list-style-type: none"> • 축전지의 전압은 부동충전 전압으로 일정 • 정류기, 전지부하와 병렬로 연결됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 통신시스템 • 무정전 전원장치

다. 개발 현황

현재 개발된 전기자동차의 탑재 전지 및 충전방식 등을 표 13에 나타냈다.

일본

일본의 경우는 표 13에 나타낸 것 이외에 Osaka시에서는 급속충전 Stand를 설치하여 다양한 용도로 사용하고 있고 충전 스탠드의 특징으로서는 충전전

류 150A, 충전시간 최대 30분의 급속충전이 가능하며 전지전압을 자동 검출하여 최적전압으로 충전이 가능하므로 충전율 30%까지 방전된 전지를 충전율 80%까지 회복시키는 급속 충전이 가능하다. 사진 1은 급속 충전 스탠드의 외형이며 그림 4는 대표적인 충전 패턴을 나타낸다.

표 13-1. 일본에서의 전기자동차용 전지의 충전 방식

차 명	전 지 사 양		충 전 기 사 양			
	종 류	충전압 (V)	설치형식	충 전 제어방식	급류입력전원상수전압전류 ϕ V I	표준충전 시간 (h)
Nissan FEV	Sealed Ni-Cd	276	탑 재 형	정 전 류 정 전 압	1,100,15	8
			별 치 형	초 급속 충전	3,400,160	6분간
Nissan Cedric	Ni-Fe	276	별 치 형	정 전 압 정 전 류	3,200,15	8
Mild	Ni-Fe	120	별 치 형	2 단 준 정 전 압	3,200,30	8-10
Dream Mini	Sealed Ni-Cd	120	탑 재 형	정 전 압 정 전 류	1,200,10	8-10
IZA	Ni-cd	288	별 치 형	정 전 압 정 전 류	3,200,50	8

차 명	전 지 사양		충 전 기 사양			
	종 류	충전압 (V)	설치형식	충 전 제어방식	급류입력전원상수전압전류 $\phi V I$	표준충전 시간 (h)
Toyota VAN	Lead-Acid	192	별 치 형	증 정 전 압 급 속 충 전	3,200,60	8 혹은 1
Nissan President	Lead-Acid	120	별 치 형	증 정 전 압	3,200,15	8 혹은 1
Chuden Electric van	Sealed Ni-Cd	120	탑 재 형	정 전 압 정 전 류	1,200,30	8-10
Electric Jettra	Na-S	180	탑 재 형	정 전 압 정 전 류	1,200-220,16	8-9
Daihatsu HIJET VAN	Sealed Lead -Acid	120	탑 재 형	증 전 전 압 충 전	1,200,20	8
Mitsubishi Lancer	Sealed Ni-Cd	120	탑 재 형	정 전 압 정 전 류	1,200,39	8

구미 지역

표 13-2 구미지역에서의 전기자동차용 충전방식

차 명	전 지		충 전 기			
	종 류	충전압	형 식	입력전압	방 식	충전시간
Kubvan(미)	Lead-Acid	84	별 치 형	240	철 공 진	
Electric Pickup (미)	Lead-Acid	108	별 치 형	115/208/230	SCR	13.4
Electro-transporter(독)	Lead-Acid	144	탑 재 형	208/240	Air-gap core transforms	13.7
Griffon(영)	Lead-Acid	216	별 치 형	220-250	Transformer tapes	8.5

국 내

국내에서도 다양한 용량의 제품을 생산한 실적이 있고 지게차나 Golf차용의 충전기를 생산하고 있으며 충전방식은 공진방식이나 SCR방식이 주로 사용되고 있다. 현재 '93 대전 EXPO 전기자동차용으로 한국전기연구소에서 개발하고 있는 전기자동차용 충전스탠드는 다음 표 13-3과 같다.

표 13-3. '93 EXPO 전기자동차의 충전 Stand 사양

항 목	특 성
형태	별치형
사용전지	276V, 90AH 납축전지
충전 방식	정전압, 정전류 혼합 균일 충전
사용 전원	3상, 380V, 60HZ
회로 방식	SCR을 사용한 6상 위상 제어정류 방식
충전량 측정	Microprocessor를 사용하여 충전시의 단자전압, 전류를 측정 분석하여 전지의 충전 상태 Display

8. 전지 잔존용량계

전기자동차용 잔존용량계는 주전지의 잔존용량을 측정하여 운전자에게 남은 주행거리를 알려 주는 역할을 하며, 전기자동차의 효율적 운행 및 안전성의

면에서 중요한 일이다. 그럼에도 불구하고 지금까지 사용되고 있는 잔존용량계는 정도가 나쁘고, 잔존용량을 정확히 측정할 수 있는 방법이 없기 때문에 남은 주행거리의 예측이 곤란하다.

잔존용량계는 검출 방법 및 표시 방법에 따라 다음 표 14와 같이 분류된다.

표 14. 잔존용량계의 방식별 분류

호 칭 방 식	검 출 방 법	표 시 방 법
Lamp 표시 방식	방전량 75%때의 방전 전압	Lamp 점등
전압계 방식	방전 전압	전압계 색구별
전압검출, 전류 보정 방식	방전 전압 및 방전 전류	전지용량계
개로(open circuit) 전압검출 방식	방전중의 개로 전압	용량계 LED점등, 소등

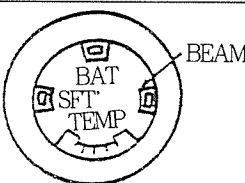
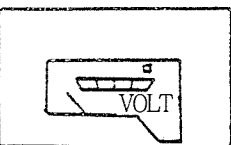
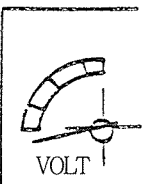
- Lamp 표시 방식: Lamp의 점등에 의해 전지의 용량저하를 경고한다.
- 전압계 방식 : 전압계로 전지 전압의 변화를 표시하여, 전압의 저하상태로 전지용량을 판단한다.
- 전압검출, 전류보정 방식: 전지전압과 방전전류를 검출해서 방전전류의 크기에 따라 전압 표시를 보정해서 용량계로 한

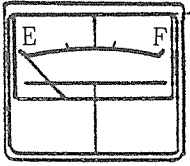
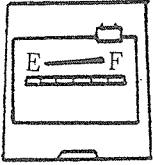

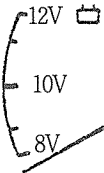
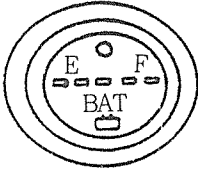
것이다.

- 개로전압 검출 방식: 전지의 개로전압 검출 또는 그것을 기준으로 해서 전지용량을 측정하고 LED의 점등, 소등에 의해 용량을 표시하는 것이다.

표 15에 각종 잔존용량계의 외관, 방식의 개요, 탑재차종 등을 정리하였다.

표 15. 각종 잔존용량계

기종	외 관	방 식 의 개 요	차 종
J-1		<ul style="list-style-type: none"> • Lamp 표시방식(BAT) • 75% 방전시의 전압을 설정하여 그 전압이 하로 되면 Lamp를 점등해서 과방전되는 것을 경고한다 	경 Cabvan 유람차(8인승)
J-2		<ul style="list-style-type: none"> • 전압계 방식 • 전지의 충전압을 검출하여 4단계의 색구별로 전지의 상태를 알린다. • 평탄한 주행중에 침이 황색에 가까와지면 충전 준비를 한다 	경 Cabvan 유람차(8인승)
J-3		<ul style="list-style-type: none"> • 전압계 방식 • 전지의 충전압을 검출하여 4단계의 색구별로 전지의 상태를 알린다. • 평탄한 주행중에 침이 황색에 가까와지면 충전 준비를 한다 	유람차(10인승)

기종	의 관	방 식 의 개 요	차 종
K-1		<ul style="list-style-type: none"> 전압 검출, 전류보정 방식 전지 전압과 방전전류를 검출하여 가산 방법에 의해 63단계의 지침으로 표시한다. 지침이 저하해서 잔존용량이 부족하다고 생각되어 질때는 충전한다 	소형 Cab van 경 Cab Van 경 승용차
K-2		<ul style="list-style-type: none"> 개로 전압검출 방식(연전지의 용량과 개로 전압의 거의 직선적 관계이다) 충전 상태에는 5개의 녹색 LED가 점등, 방전하면 순차 소등한다 이것에 의해 방전량을 알린다 방전량 80%에서 적색 LED가 점멸한다 	경 Cab van
L		<ul style="list-style-type: none"> 전압 검출, 전류 보정 방식 Module전지의 전압을 검출하여 방전 전류의 보정을 해서 표시한다 전지의 상태 판단은 평탄로 주행시한다 지침이 E의 때, 방전량은 75%로 된다 	경 Cab van 경 승용차 경 Cab truck
M		<ul style="list-style-type: none"> 전압계 방식 Module 전지의 전압을 표시한다 평탄로 주행중에 10V 이하를 나타내면 충전 시기라고 판단한다 	경 Cab van
N		<ul style="list-style-type: none"> 개로 전압검출 방식(연전지의 용량과 개로 전압은 거의 직선적 관계이다) 충전 상태에는 6개의 녹색 LED가 점등, 방전하면 순차 소등한다. 이것에 의해 방전량을 판단한다 방전량 80%에서 적색 LED가 점멸한다 	유람차 (10인승)

9. 결 론

전기자동차는 에너지 절약과 환경문제 해결 대책으로 그 보급이 장려되고 있고 보급을 또한 증가될 것이며 2000년대에는 상당한 부분 보급이 될 것으로 전망되어 미래 교통 수단으로 중요한 역할을 담당할 것으로 생각된다. 그러나 아직까지 일충전 주행거리가 짧고, 충전 시간이 길며 최고속도 등이 문제가 되

고 있다. 이러한 점들은 고성능 2차전지 개발과 고효율 전동기, 고신뢰성 제어장치 및 고속 충전장치 개발로 해결이 될 것으로 기대되고 있다. 한편 전기자동차는 아직까지 소량 생산이기 때문에 기존차에 비해 가격이 비싸고 수요자도 기존 자동차의 인식에서 탈피하지 못하고 있다.

전기자동차의 사용 확대를 위해서는 두가지 측면에서 국가적 차원에서 고려되어야 할 것으로 생각된다.

첫째는 앞에서 지적한 고성능 전지, 고효율전동기 차체에서 경량화 소재, 고속충전기, 각종 계기류 등을 개발해야 하는 기술적 측면이고 신뢰성 문제에서는 전력용 반도체 개발을 서둘러야 할 것이다.

둘째는 보급대책으로서 구입시 보조금 문제와 공공기관의 업무용 차량부터 전기자동차를 사용하는 등 보급에 노력해야 하며, 전기요금, 주차장내의 충

전장치 설치, 서비스 센터의 설립 등을 적극 추진해야 할 것이다.

끝으로 전기자동차는 핵심기술이 전기분야의 기술이고, 신뢰성 안정성도 거의 전기기술에 달려 있다고 생각되며 이의 개발 보급을 위해서는 전기기술자의 적극적 참여가 요구된다고 생각된다.

함께 뛰는 오늘 오늘보다 나은 내일