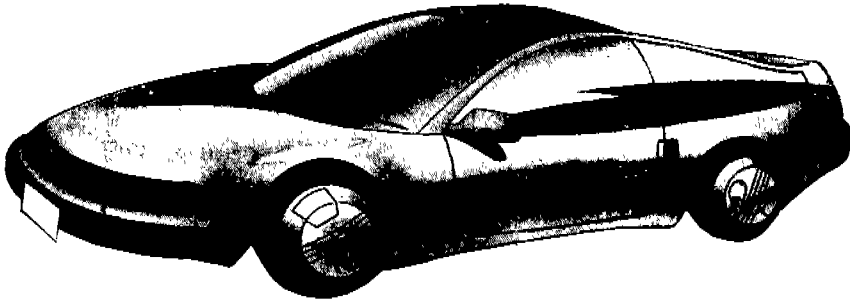


# 電氣自動車 研究動向



(上)

유 안 규

한전 기술연구원 선임연구원

## 1. 서 언

전기자동차는 탑재한 축전지로 전동기를 구동하여 주행하는 차량으로 20세기 초까지 육상교통의 중요한 수단 중의 하나였으나 유가하락과 내연기관차량의 급속한 성능향상으로 경쟁력을 상실하고 특수용도로만 사용되고 있다.

그러나 자동차 대량보급에 따른 대기오염, 소음 등 환경공해와 석유고갈시의 에너지 수급문제 해소책으로 전기자동차는 다시 주목받고 있다.

### 가. 전기자동차 구조 및 장단점

재충전이 가능한 주축전지와 구동용 전동기, 전동기 속도제어장치, 보조전지, 보조전지 충전용 직류-직류변환기, 충전기 등과 기계적 부품으로 구성되어 있다. 그림 1은 전기자동차와 내연기관차와의 구조비교이며, 표 1은 전기자동차 종류이고 표 2는 주요부품 특성이며 장단점은 표 3과 같다.

### 나. 성능

전기자동차의 성능을 좌우하는 것은 축전지이

므로 구동장치 개발과 함께 Na/S 전지 등 고성능 신형전지 개발을 완료하고 상용화 중이므로 성능은 대폭 향상될 것이며 현재의 성능은 표 5와 같다.

### 다. 용도 및 보급현황

전기자동차는 무공해성과 주행성능의 제약으로 현재는 주로 구내 작업차(FA용), 터널 작업차, 호텔 구내차, 공항 셔틀차, 유원지 유람차, 배달차, 포크리프트 등에 사용되고 있으나 악화일로의 환경문제 때문에 성능만 현재보다 2배 정도 향상되면 도로주행용 일반차량으로 활발히 사용될 것이다. 전기자동차의 기대되는 용도는 표 6과 같으며 보급현황은 표 7에 도시되어 있다.

## 3. 전기자동차의 연구개발

### 가. 국외현황

전기자동차 연구는 재료, 신소재, 전자, 화학 등 최첨단의 다양한 기술이 필요하고 막대한 연구비가 소요되므로 선진국에서는 정부 주도하에

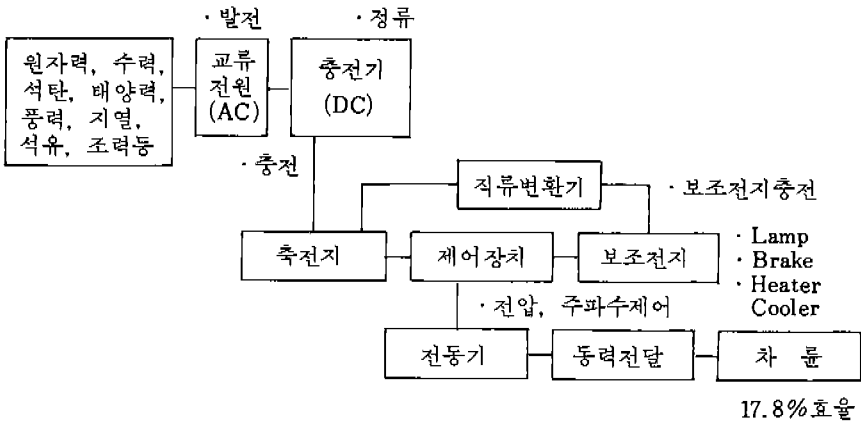
〈표 1〉 전기자동차의 분류

구 분	종 류	비 고
차 량 용 도	· 도로주행차 (On Road): 승용차, 산업용트럭, 구급차, 쓰레기수거차 · 비도로주행차 (Off Road): 구내화물운반, 유람차, 전동 Wheel Chair, 전기지게차, 선박내차	· 도로주행차는 등록차량, 고성능차량 · 비도로주행차는 구내 차량 또는 건물 구내차량
주 전 동 기	· 직류식 : 직류직권, 직류분권, 타여자전동기, 브러시리스 전동기 · 교류식 : 유도전동기, 동기전동기	· 영구자석식과 전자석식 · 회전제자형 또는 회전전기 자형
구동력전달방식	· 전륜구동, 후륜구동방식 : 변속기 유무 및 자동기어 유무 · 직접구동식 (전동기차륜내장식) : 2륜, 4륜 직접구동	· 기존자동차 개조시 변속기 차륜 유 · 원형전기차로 설계 제작시 변속기 무 및 차동기어 없음
축전지 및 동력	(축전지식) 1. 액체전해질 가. 수용액해질 - 산 성 : 연축전지 - 알카리성 : 니켈카드뮴, 니켈철, 니켈아연, 철공기, 알루미늄 공기전지 - 중 성 : 아연취소 나. 용융염전해질 : 리튬황산철전지 다. 유기용액전해질 : 상온형 리튬 전지 2. 고체전해질 가. 유기폴리머 : 상온형 리튬전지 나. 세라믹스 : 나트륨 유황, 나트륨 염화니켈전지 - 중 성 : 아연취소 (Hybrid식) 1. 전지-전지식 : 연료전지-연축전지, 고성능 신형전지-연축전지 태양전지-연축전지 (고성능 신형전지) 2. 내연기관-전지식 : 소형 내연기관발전기-전지식	

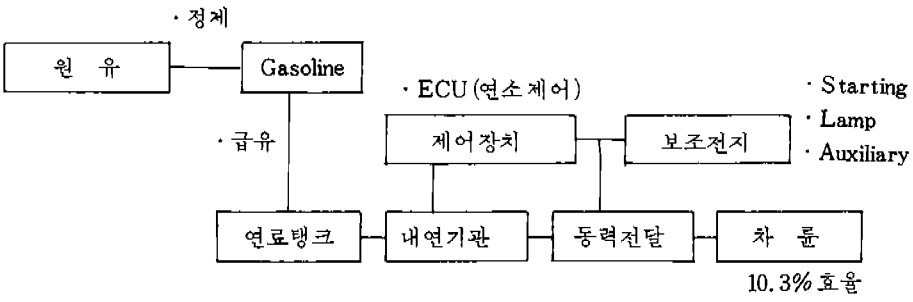
〈표 2〉 전기자동차 주요부품특성

부품명 현황	특 성
주축전지	· 주로 연축전지 사용 : 에너지 밀도 34Wh/kg · Ni-Fe, Na-S 등 신형전지 개발완료
전 동 기	· 직류 타여자 전동기, 직류분권 전동기 사용
제어장치	· 트랜지스터 및 SCR 사용 및 회생제동, 개별적 기능
기타장치	· 제어장치, 변환기, 충전기 분리제작 사용

전기자동차



내연기관자동차



〈그림 1〉 전기자동차와 내연기관차 구조비교

〈표 3〉 전기자동차의 장단점

장점	단점
1. 매연, 소음공해 방지	1. 주행성능이 나쁨 (가속성능, 동판능력, 최고 속도 등)
2. 운전 및 유지 보수 용이	2. 1충전 주행거리가 짧다 (80~160km)
3. 수송 에너지 다변화 가능 (원자력, 수력, 석탄화력, 풍력 등으로 발전된 전기를 사용)	3. 고가 (소규모 시험생산 3배정도)
4. 수송 에너지 고효율 이용 가능 (전기차 : 17.8%, 기존차 : 10.3%)	4. 전기 자동차 사용여건 미비 (AS, 법령, 충전 시스템, 전기로 우대 등 부수적 여건 미비)
5. 충전부하로 신수요 창출 및 전력부하평준화	

〈표 4〉 전기자동차 저공해성 비교

	내 연 기 관 차 a)	전 기 자 동 차	
		원자력, 수력발전, 전력사용시	전체 발전전력 사용시 b)
배기가스	규제치		
	CO = 6.21 g/km	CO = 0	CO = 0.043
	HC = 2.50 g/km	HC = 0	HC = 0.0135
	NOx = 1.43 g/km	NOx = 0	NOx = 0.232
소음 c)	가속주행시 = 72db정도	가속주행시 = 65db정도	

(주) a) 배기가스 : 내연기관차는 소형트럭(휘발유) 자동차기준

b) 미국 LA지역의 전력설비 및 배출 가스 기준임

c) 소음 : 50km/h 가속시의 기존 소형 트럭과 경벤 전기자동차의 실측치(일본자료)

〈표 5〉 현재의 전기자동차 성능

주행성능	·최고속도 : 100km/h ·가속도 : 0~48km/h, 8초 소요 ·동판능력 : 25%
일충전주행거리	· 시내주행시 80km, 정속주행시최대 160km
충전지	·연축전지 : 34Wh/kg, 60~70W/kg, 충전소요시간 : 6~8시간
비고	·신형전지사용시 성능은 2~3배 정도 향상됨. 개발완료 시험중

〈표 6〉 전기자동차의 기대되는 용도

도 입 분 야	차 종	구 체 적 사 례 등
저공해성의 요구가 특히 강한 분야	특수차(구내차)	강연, 유원지, 호텔, 공장내, 병원, 창고내, 판매 시장 등 차량
전기자동차로 바꾸는 것이 좋은 분야	경자동차, 소형차	공공 서비스차, 리조트지구 사용차, 신문 배달차
운영경비 절감이 기대되는 분야	경자동차, 소형차 특수차	지열, 풍수력 등 자가발전설비를 가진 기업단체의 각종 차량, 전력회사 차량
정형적인 용도분야	경자동차, 소형차 보통차	우편배달차, 노선 버스, 배달차, 공공 서비스차, 두번째 보유차
운전조작이 쉬워야 될 필요가 큰 분야	경자동차, 소형, 보통, 특수차	신체장애자용 차량, 신 교통 시스템 차량, 노인, 부인용차량, 각종 특수작업차
고안정성이 요구되는 분야	특수차	비행장내 차량, 견인차, 포크리프트
가솔린차의 이용이 곤란한 분야	특수차	광산, 경도내 작업차, 수중작업차, 로봇

산학협동으로 연구개발과 주행시험을 하고 있으며 전력부하로서의 큰 잠재력 때문에 전력회사

도 연구에 적극적으로 참여하고 있다.

일본은 일본전동차량협회(JEVA) 및 일본전

〈표 7〉 전기자동차 보급현황

국 명	보 급 상 황
미 국	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보급대수 약 1,000대 추산(포크리프터 및 공장내 화물운반차 등 도로비주행 차량은 제외)</li> <li>· 1975년 EV Hybrid차의 개발보급법 제정이 연구개발 자극</li> <li>· DOE 주도 프로그램 외에 EPRI 주도의 EV 보급추진 시책이 있음</li> <li>· 연구개발차 시험중, 축전지 연구개발에 대한 자금지원중</li> <li>· GM사 1990. 1 Impact 발표, Hybrid Car HX-3 발표</li> <li>· USABC 결성 중장기용 고성능전지 개발추진</li> </ul>
영 국	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보급대수 약 204,000대이상(8회 전기자동차 심포지움 발표치)</li> <li style="padding-left: 20px;">-우유배달차 27,000대                      -병원 구급차 500대</li> <li style="padding-left: 20px;">-도로청소차 1,000대                        -개량형 전기차 450대</li> <li style="padding-left: 20px;">-승용차 100대                                -산업용 트럭 120,000대</li> <li style="padding-left: 20px;">-공항시설용차 250대                        -공항내 화물차 50대</li> <li style="padding-left: 20px;">-전기휠체어 55,000대</li> <li>· 저속차를 주체로 전기자동차 개발보급이 가장 활발</li> </ul>
일 본	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보급대수 약 120,000대 (도로주차행 약 850대 포함)</li> <li style="padding-left: 20px;">-도로주행차 850대</li> <li style="padding-left: 20px;">-골프장, 유원지 유람차 1,500대</li> <li style="padding-left: 20px;">-포크리프트(비산업용) 및 공장 구내화물 운반차 13,000대</li> <li style="padding-left: 20px;">-포크리프트 및 공장구내차(산업용) 95,000대</li> <li style="padding-left: 20px;">-기 타 10,000대</li> <li>· 전동차량협회(JEVA) 설립, EV 연구개발 보급중</li> </ul>
프 랑스	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보급대수 약 500대 (이중 쓰레기 수거차가 약 300대)</li> <li style="padding-left: 20px;">-도로주행용 차량만임</li> <li style="padding-left: 20px;">-프랑스전력공사 중심으로 약 120대 테스트중</li> </ul>
서 독	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보급대수 약 600대</li> <li style="padding-left: 20px;">-배달차 150대, 전기버스 20대, 혼합형차 20대 도입시험</li> <li>· 독일전력회사 GES가 EV 관련회사 GES 설립 연구종료후 해체</li> </ul>
한 국	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보급대수 약 4,000대 (추정, 이중 지게차 약 4,000대)</li> <li style="padding-left: 20px;">-도로주행용 차량 기아자동차 4대, 한전 1대, 기타 1대</li> <li style="padding-left: 40px;">(등록차량은 한전보유 전기자동차 1대임)</li> </ul>
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 스위스 체르만지역에서는 EV 만 수출수단으로 사용제한, 약 200여대의 전기자동차 사용중</li> <li>· 미국 플로리다주 발드웨드섬에서도 EV만 사용 제한</li> </ul>

〈표 8〉 각종 2차전지계의 이론 에너지 밀도

전 지 계	이론 에너지 밀도(Wh/kg)	전 지 계	이론 에너지 밀도(Wh/kg)
Pb/PbO <sub>2</sub>	170	Zn/Ag <sub>2</sub> O	460
Cd/NiOOH	240	Na/S	780
Fe/NiOOH	260	Zn/Cl <sub>2</sub>	830
Zn/NiOOH	340	Fe/Air	940
Mg/AgCl	440		
Zn/Air	1,050	Li/S	1,500
Al/Ag <sub>2</sub> O	1,080	Li/Cl <sub>2</sub>	2,500
Li/Ag <sub>2</sub> O	1,370	Al/Air	4,200
Li/SOCl <sub>2</sub>	1,470	Li/Air	6,100

기자동차연구조합(EVERA)과 통산성, 미국은 에너지성(DOE)과 전력연구소(EPRI) 및 전기자동차개발사(EVDC), 영국은 클로라이드전기

자동차사(CEVS)의 주도로 연구를 추진하고 있으며, 프랑스는 프랑스전력공사 지원하에 뿌조나 시트로앵 등이 연구중이며 특히 프랑스에서

〈표 9〉 연구개발중인 각종 전지의 특성

전 지	이론밀도 Wh/kg	비에너지 Wh/l, Wh/kg	비전력 W/l, W/kg	수 명 C/S	재충전 시간Hr	비 고
연축전지	167	40	100	300	8 - 10	· 튜블러 전지의 경우 수명 1,000사이클
Ni / Fe	267	54	104	1,000+	7	· 비용 \$100/kWh, 곧 실용화 가능
Ni / Zn	321	42 - 68	71 - 130	80 - 180		· 전기차에 부적당
Ni / Cd	209	52	200	1,080		· 시제품개발 시험중
Fe / Ai	1,228	120	90			· 공기전극 문제점
Zn / Br	428	74 65	156 138	400		· 아연전극 큰 문제점 전해액순환계 필요
Zn / Cl	828					· 염소안전대책 필요 전해액순환계 필요
Na/S Cell	780	286 120	140 180	1,000 ?	0.5	· 초기전지 파손, 고체 전극 문제유, 안전
Na/S Batt 목표치	-	135 150	130 145	1,000+	0.5	· 거의 실용화 단계, 전기차용 가장 적합
LiAl/Fes Cell	-	225 100	225 132	1,500	0.5	· 문제점 : 밀봉, 격리, 격리판, 비용 등
LiAl/Fes Batt 목표	-	150 100	225 150	1,200	0.5	

는 전기차를 기존차(벤)의 1.5배 가격에 시판을 시작했다. 독일은 축전지제작사, 전력회사, 자동차제작사 등이 공동으로 연구중이며 특히 아세아브라운보베리(ABB)사가 나트륨/유황(Na/S)

전지 생산시설을 시험가동중이다.

1990년도에 미국 GM사는 1994년도에 시판할 예정인 전기차 Impact를 발표하여 관련 연구계 및 업계에 큰 자극을 주어 전기자동차 연구개발

〈표 10〉 연구개발 전기자동차 주요제원

차 명	Impact	ETX-II AeroStar	TE-Van	NAV	Dream	EV-Mar ch II	
제조회사	GM	FORD	Crysler	신일철	동경전력	Nissan	
크	길이 m	4.14	-	-	4.44	-	3.785
	너비 m	1.73	-	-	1.72	-	1.560
	높이 m	2.11	-	-	1.265	-	1.395
공차중량 kg	998	2,270	2,700	1,295	1,500	1,070	
승차인원 인	2	7인 600kg	5인 500kg	4	4	2	
총 중량 kg	-	-	-	1,420	1,720	1,180	
최고속도 km/h	120	105	105	110	180	70	
가속능력 (초)	0-90km/h 8초	0-80km/h 20초	0-80km/h 14초	0-40km/h 10초	0-400m 18초	0-40km/h 9초	
등판능력 tanq	-	-	-	-	-	25~30%	
1충전 주행거리 km (~km/h시)	192 (88)	160	192 (cycle)	240	500	200 (40)	
(전동기)							
형식	교류유도	교류	교류	직류	브러시리스	교류영구	
전압 V	-	-	-	120	-	130	
정격출력 kW	-	52	49	5kW×4	27kW×4	15	
최고출력 kW	43	-	-	13kW×4	-	30	
최대토크 kg·m	12.7	-	-	-	-	-	
(축전지)							
형식	연축전지	Na/S	Ni/Fe	연축전지	Ni/Cd	Ni/Fe	
용량 Ah/hr	-	-	-	150/5	100/-	160/5	
중량 kg	395	500	750	435	-	369	
탑재수량 개	10	-	6V, 30	12V, 10	12V, 24개	7.2V, 18개	
충전압 V	320	200	180	120	-	129.6	
충전시간 h	2	-	8	-	-	-	
입력전원 V, A	단상 220	-	단상 220	-	-	-	
비 고	Concept Car	Proto, Test 중	Proto, Test 중	Concept Car	Concept Car미발표	Proto, Test 중	

〈표 11〉 연구개발 참여기관 및 연구내용

국 가	관련기관	연 구 실 적	비 고
미 국	DOE, EPRI	· 축전지, 전동기, 구동기구, 전기차개발 등 연구 지원과 보급지원책 입안	
	EVDC	· 전기자동차 보급 및 사후관리 평가	
	USABC	· 중장기용 고성능 축전지 개발	· DOE, EPRI, 전력사, 제작회사 등
	GM	· Impact, Hybrid Car HX3 개발, 영제 G-Van, Hybrid G-Van 개발, 시판예정	3년내 시판예정 DOE EPRI, SCE 지원
	Crysler	· TE-Van 개발 · T-115 Van (Eaton DSEP 구동기구)	EPRI 지원 DOE, Eaton
	Ford	· ETX-II Aerostar Mini-Van 개발시험, Escort-Van 개발, ETX-II 구동기구 개발	DOE 지원
	Soleq Co : EV-Cort의 2개차종 개조판매 Energy Research, GE, Booze-Allen & Hamilton, Eaton JCI, Eagle Pitcher, CSP, WH SCE, APS, DEC, GTE, LILCO, PEC, US Navy, UOH		
일 본	JEVA EVERA	· 전기차 임대보급 사후평가 · 전기차 연구개발, '90년 해체	MITI 지원 전력회사 참여
	다이하츠, 닛산, 스즈끼, 마쯔다, 토요다, 미쯔비시자동차, 후지중공업, 구주, 동경, 관서, 중부전력 등 연구참여 일본전지, 유아사전지, 일본 수송기사, 동경 R&D사		각종 시차차, 청소차, 삼륜차 등 시제작
유 럽	독 일	· ABB, Simens, 벤츠, 폭스바겐 자동차 · 전기버스 등 시험운행	RWE 지원
	프랑스	· 뿌조사, 시트로앵, EDF, SAFT · 전기버스, 쓰레기 수거차 등 시험운행	EDF 지원
	이탈리아	· 피아트사, ENEL 등 공사 · 전기버스 등 시험운행	ENEL 지원

에 전세계 기관이 적극적으로 참여토록 유도했다.

현재 연구개발중인 전기자동차용 전지의 현황 및 특성은 표 8, 9와 같다. 이중 Na/S 전지가 전기차에 가장 적합할 것으로 기대되고 있으며 '91년도 말에 ABB사와 영국 Chloride사 등에서 시험적으로 시판할 예정이며 미국은 관련기

관 및 업체가 USABC (US Advanced Battery Consortium)를 결성하여 전기차에 정착할 수 있는 중장기용 고성능 전지개발을 추진하고 있다.

표10은 개발중인 고성능차의 사양이며, 표11은 전기자동차 연구개발 참여기관의 현황이다.

(다음 호에 계속)