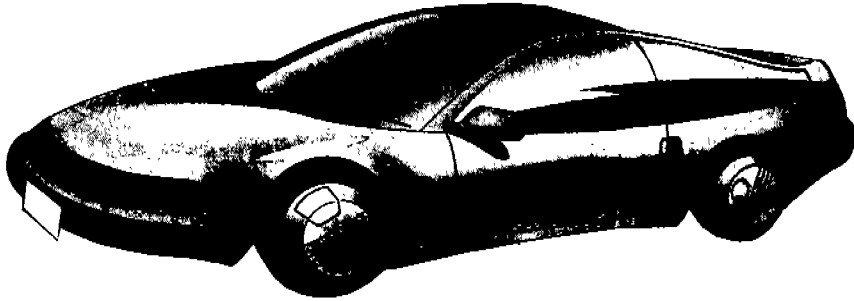


電氣自動車 研究動向



(下)

유 안 규

한전 기술연구원 선임연구원

나. 국내 연구현황

전기차량 제작업체 수 개사에서 전기지게차 및 운반차량과 골프장차량 등 주로 구내용 차량을 생산, 시판중이나 도로주행차량은 한국과학기술원과 기아자동차 등에서 연구한 실적이 있으며 최근 국내 자동차업계에서도 도로주행용 전기자동차 연구를 본격적으로 착수하여 연구기반이 활성화되고 있다.

특히 2000년대 선진국 진입을 위한 국가 주요 과제로 파기처가 선정하여 국책과제로 연구를 수행할 예정이다.

(1) 대우중공업의 구내차량 제작업체

- 1978년 대우중공업 전기지게차 개발시판 (Battery Forklift, EV Forklift), 수출, 기타 동명중공업, 수성산업, 인천조선 등에서 전기지게차 및 구내운반차를 시판중이며 현대정공에서는 골프장용 전기자동차 개발, 시판중임.
- 현재 전기지게차의 지게차 점유율은 15%, 약 3천여대 보급 추정

- 전기지게차는 축전지 중량을 Counter balance weight로 이용하여 축전지 중량에 제한이 없으며, 저속 구내운전에 정발차가 반복되는 특성으로 전기식이 유리함.

(2) 기아자동차

- 1986년 마리튼 중계용 전기자동차5대 제작
 - 차체 : 베스트
 - 주행가능거리 : 120km
 - 축전지 : 300Ah, 96V (150Ah, 96V 2조 병렬결선), 752kg (47kg 16세트)
 - 축전지 에너지 밀도 : 38Wh/kg, 28.8kWh
 - 차체중량/적재중량/총중량 : 2,250/750 3,000kg
 - 충전기 : 3상 220V 40A 비탑재형
 - 축전지, 충전기, 각종 제어장치, 스위치류 등 전장부품을 일본에서 수입
- 1982년부터 전기자동차 연구를 수행했으며, 일시 중단후 최근 연구재개

(3) 현대자동차

- 미국 CARB의 저공해차 및 무공해차 보급

유인시책과 LA Initiative 등을 만족하는 저공해차 개발의 일환으로 연구 수행중

(4) 기 타

- 과학기술연구원에서 1975년 코로나 차체에 전장부품을 장착하여 전기자동차로 개조 후 시험하여 개발 가능성을 검토한 실적이 있음.
- 축전지 제작업체에서도 전기자동차용 고성능 축전지의 개발을 검토중임.
- 대전세계박람회 조직위에서 박람회 행사차량을 전기자동차로 제작 운용키 위해 전기자동차 제작, 전시계획 추진중
- 과학기술처에서 1998년까지 시판 가능한 고성능 전기자동차 개발을 G7과제화로 1992년부터 수행 예정임.

다. 한국전력공사 연구개요

(1) 연구개요

한국전력공사 기술연구원에서 국내 전기자동차 연구기반 조성과 활성화 및 조기 상용화를 지원하기 위해 표12와 같이 연구를 수행했다.

(2) 도입전기자동차 성능 측정결과

한전 기술연구원에서 국내 연구기반을 조성하여 보급 및 조기실용화를 촉진키 위해 국내외 연구상황을 조사했으며, 고성능 외산 전기차를 도입하여 주행성능 및 전력성능을 측정하여 그 보급 가능성을 실증코자 했다.

외산 전기자동차의 주행시험은 국내 관련시험설비 미비로 주도 도로주행에 의한 주행성능 및 기본성능을 측정했으며, 자동차 제작사와 공동으로 차량구조 및 전장 부품의 특성조사와 주행성능을 측정했으나 탑재 주축전지 일부 모듈 불량으로 측정에 무리가 따랐으며 일부 시험항목은 미국 에너지성에서 시험한 자료를 참고 했고 그 결과는 표14, 15와 같다. 측정결과 약간의 성능

〈표 12〉 한국전력공사 연구내용

연구 목적	<ul style="list-style-type: none"> · 자동차 배기 및 소음공해 해소 · 수송 에너지 다변화(수송 에너지를 전기자동차를 연구개발 및 보급을 유도, 원자력, 수력 석탄화력 등을 이용 에너지 다변화에 기여) · 전기자동차 축전지 충전부하로 신규 전력수요개발 및 효과적인 전력생산 판매에 기여
목표	<ul style="list-style-type: none"> · 전기자동차 제작 및 운영기초기술 확립 · 국산 전기자동차 시제작 · 고성능 전기자동차 시제작을 위한 전동기, 신형전지, 속도조정장치 개발
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 국내외 연구개발 이용현황 조사 · 주행 특성 및 전력관련 특성 조사(외산 고성능) · 제작 및 운영 기초기술 확립 · 국산 전기자동차 시제작, 고성능 전기자동차 국내개발 가능성 확인
결과	<ul style="list-style-type: none"> · 전기자동차는 축전지와 전장부품의 성능개선으로 일반용도의 도로주행차량으로 보급가능 · 축전지 외의 고성능 전기자동차 부품의 국내개발 잠재력 확인 · 연료비만 고려시 전기자동차가 경제적임 · 전기자동차 대량보급시 대도시 환경공해 해소 가능 · 구입비 및 세계 전력요금 우대시 경제성도 있음

〈표 13〉 외산 전기자동차 EV-Cort 사양
(한전기술연구원 도입)

시험중량 (kg)	1968
타이어 전동직경 (m)	0.289 / 35PSI시
공기저항계수	0.42
전면투영면적 (M ²)	1.90
전동저항C (85km/h시)	0.011
축전지시스템 중량 (kg)	672
최대출력 (kW)	32, 98V, 400A, 1,600rpm

과 신뢰도만 높이면 기술적으로 대량보급에 문제가 없고 수송 에너지 다변화와 에너지 고효율 이용 및 공해 저감에 크게 기여할 수 있음을 확인했다.

외산 전기차의 성능시험 결과와 문헌에 의거 국내에서 전기저게차용 부품으로 제작된 전동기와 속도제어장치 등을 이용하여 국산 중형자동차를 전기차로 개조해 그 가능성을 검토한 결과 축전지를 제외한 부품은 약간의 개량으로 고성능 전기차용으로 사용될 수 있다는 가능성을 확인했다.

(3) 전기자동차와 에너지 이용

국내 자동차 보유대수 및 보급 증가예상치는

〈표 14〉 전기자동차 이브코트 구동장치 사양

항 목	사 양	
전동기		
형 식	타여자 직류	
최대출력 (kW)	32, 98V, 400A, 1,600rpm	
최고속도 (rpm)	6,000	
최대토크 (N-M)	191	
Corner Speed	1,600	
제작자	General Electric Company	
제어장치		
형 식	MARK III	
최대전류 (A)	108V, 400A	
최대회생제동	200A, 103V	
제작자	Soleq(U. S. Patent 4322667)	
축전지		
형 식	밀봉형연전지	밀봉형연축전지
중량 (kg)		
- 6V 개별모듈	37.3	77 Lbs
- 시스템	672	
정격전압 (V)	108	6 V
용량 (신형)		
- C / 3시 Ah	168	
- C / 3시 kWh	18	
용량 (34C/S후)		
- C / 3시 Ah	119	112AH (C/5)
- C / 3시 kWh	13	
제작자	Concord	JCI

〈표 15〉 전기자동차 이브코트 주행성능

주행모드에 따른 에너지 소비자료

Driving Schedule	wh / km DC	wh / km AC
48km / h	119	172
88km / h	160	227
J 227C	201	341 (a)
FUDS	212	313

주 : (a) 이 값은 부적절한 충전기 카트오프 전압에 의한 과도한 과충전으로 인한 값임

가속성능 (초)

축전지충전상태	100% SOC	55% SOC	37% SOC	17% SOC
속도				
0 - 48km km/h	8.3 (7.74)	8.7	9.2	12.5
0 - 80km km/h	25.6 (26.17)	26.1	28.1	48.5
0 - 88km km/h	32.5 (39.14)	32.8	36.0	-
0 - 400 m	(26.05)			

제동성능 측정결과

구 분		전 기 자 동 차		쏘 나 타 3.0		X-2 1.5	
		50km/h	80km/h	50km/h	80km/h	50km/h	80km/h
1-UP + 장비	제동거리	16.2m	42.7m	15.3m	39.4m	13.1m	30.8m
	감속도	0.82g	0.84g	0.96g	0.93g	0.9g	0.92g
	P/EFFORT	32kg	29kg	18kg	12kg	17kg	17kg
	제동자세	안정	좌동	좌동	좌동	좌동	좌동

* () 내 수치는 자동차 제작사 시험자료임

전기자동차 시내주행성능 측정결과

Miles	Voltage (V)			RPM	MPH	Notes
	No Load	100A	200A			
0	119.1				0-30	Acc Test
5	115.	111.			55	Highway to Chicago Lake front
10	114.	109.8		3,400	60	
15	113.8	105.4			55	
20	113.7	104.7			55	
25	114.7	104.7			55	
30	110.7	104.5			55	To Airport
35	109.1	102.7			55	
40	106.6	98.6		3,000	50	Elston Avenue
45	103.7	94.6		3,500	35	
50	103.1	99.8		3,000	30	
55						

* 시카고시 시험주행 성적임

* 도입차량에 대한 현장성능 시험치임

* 비고 : 측정조건 및 결과

Temperature degree F : 52

Trip Range Miles : 50.4

Wattmeter After Charge : 5290.6

Charge KWHAC : 18.6

Efficiency KWHAC/Mile : 0.369

Tire Air PSIG : 35 Front 35 Rear

Regenerative Breaking : Yes

Battery Miles : Approx 100

Odometer at End :

Wattmeter Before Charge : 5272.0

Road Condition : Dry

Total Driving Time Hours : 1.25

Vehicle Temperature F : 70

Coment : 0 to 30 MPH acceleration 8.5 Sec

〈표 16〉 국내 자동차 보유대수

	차종	1989	1995	2000년
차종보유량	승용차	1,559	4,290	8,009
	버스	323	830	1,344
	트럭	778	1,923	3,635
	계	2,660	7,043	12,988

(주) *95년 자동차 생산능력 218만대/년

*국내수요 연평균 경제성장 7%시 승용차 대수 약 8.6% 증가, 1995년 915천대 예상, 화물차를 포함시 2000년까지 연평균 11.5% 성장, 1995년 1,418천대, 2000년에는 1993천대에 달할 것으로 예상됨.

표16과 같다. 그러나 실재는 이 예상치보다 증가율이 커 '95년말에 약 800만대의 차량 보급이 예상되고 있다.

미국 캘리포니아주의 전기차 보급유도책(California Initiative)에 의하면 주내에서 전체차 중 1998년~2000년까지 2%, 2001년~2002년은 5%, 2003년부터는 10%를 전기차로 판매해야

하며, 우리나라도 이를 따르다고 가정했을 때의 (기술적으로 가능, 경제성이 문제임) 전기차 판매대수는 표17과 같다.

이 경우 2003년에는 연중 26만대 정도의 전기차가 시판되어 101만대의 전기차가 보급되며 부하용량은 6,090MW, 일일 전력사용량은 18,270 MWh에 달하며 대부분 심야 경부하시 충전하게 되므로 전력설비 증설이 불필요해 전력설비 이용률을 향상시킬 수 있다.

위에서 101만대 전기자동차 보급시 연간 소비 전력량은 약 5,000GWh이며, 이 중 대부분이 원자력, 석탄화력 등에서 공급되는 전력이므로 전기차 보급에 의한 유통소비 절감량은 약 300만 배럴 정도이어서 수송 에너지 효율을 이용 및 다변화에 크게 기여할 것이다. 또한 대도시지역에서의 차량 배기 가스에 의한 환경공해를 크게 감소시킬 수 있다. 참고로 표18은 전기자동차와 가솔린차의 연비 비교표이며 에너지원 연비도 전기자동차측이 우수하여 대량 보급시 수송 에너지의 효율 이용이 가능하다.

〈표 17〉 연도별 전기자동차 보급대수(예측)

차종	연도	전기자동차 판매 전망								
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	계
승용차		22	24	26	67	72	155	165	180	711
트럭		8	9	10	27	30	65	75	80	304
계		30	33	36	94	102	220	240	260	1,015
누계		30	63	99	193	296	515	755	1,015	
부하용량(MW)		180	198	216	564	612	1,320	1,440	1,560	6,090
누계		180	378	594	1,158	1,770	3,090	4,530	6,090	
전력용량(MWh)		540	594	648	1,692	1,836	3,960	4,320	4,680	18,270
누계		540	1,134	1,782	3,474	5,310	9,270	13,590	18,270	

(주) *CARB 저공해 자동차 보급 가이드 라인에 의거한 보급대수 예측

*전기차 보급대수는 '98~2000년 : 2%, 2001~2002년 : 5%, 2003년 10% 적용

*전기차 보급대수 : 천대

*고성능 신형전지 개발시 전기차 1대당 부하용량 6kW, 5Hr 용량임

〈표 18〉 전기자동차 / 가솔린자동차 연비비교

항 목 \ 차 종	전 기 자 동 차	가 솔 린 자 동 차
발 열 량	860 kcal/kWh	8545 kcal/l *a
연 비	4.25km/kWh	16.32km/l *b
연 료 비	202kcal/km 5.6원 / km	524kcal/km 29.2원 / km *c
EV / ICV (연비)	202 / 524 = 0.385	
EV / ICV (연료비)	5.6 / 29.2 = 0.192	
에너지원 연비 *d	611kcal/km	745kcal / km
EV / ICV 비	611 / 745 = 0.82	

(주) a) 가솔린: 무연 비중 0.74~0.76 발열량 11,185~11,245kcal/kg 기준

b) 가솔린차 연비 16.32km/l 현대 Excel GL 기준 연비

c) 심야전력 값 21.5원 / kWh (부가세 불포함) 휘발유 477원 / l

d) 에너지원 연비산출 내역

(전 력)

*발전소 종합열효율 34.90% (송전단 종합효율)

*송배전 손실률 5.27%

*전력 종합효율 34.90 × 94.73 = 33.06%

에너지원 연비 202 / 0.3306 = 611

(가솔린)

*가솔린 정제효율 74%

*가솔린 수송효율 95%

*가솔린 종합효율 74 × 95 = 70.3%

에너지원 연비 524 / 0.703 = 745

3. 결 어

가. 미래형 전기자동차

자동차 관련기술의 혁신은 눈부시다. 이 자동차 기술의 대부분을 전기차 연구개발에 응용할 수 있으며 1995년도의 고성능 전기차의 예상성능은 표19와 같다.

고성능 전기차 개발을 위해 차체 경량화, 저전동저항 타이어, 차체 저공기저항계수 차체설계, 고효율 제어장치 및 직접구동방식 동력전달장치, 각종 제어장치 및 보조기기의 최적화, 잔여주행계 개발, 고성능 신형전지 개발 적용과 고효율 충전장치 개발적용 등이 선결과제이며, 1회 충전주행거리가 300km 이상이고 주행성능이 약간 개선될 경우 기술적으로 대량보급이 가능할 것이다.

나. 전망 및 결론

전기차 대량보급을 위해 다음과 같은 축전지 관련기술을 실용화해야 한다.

· 에너지 및 출력밀도가 높고 수명이 길며 가격이 싼 고효율 신형전지 실용화

· 정확한 축전지 잔존용량계 (혹은 잔여 주행거리계)의 개발 적용

· 축전지충방전 시스템 및 교환 시스템의 완비 및 보조기기의 확보

또한 전기차의 조종성과 쾌적성을 향상시키기 위해 냉난방 시스템과 파워스티어링 등을 구비해야 하며 이를 위해 축열식 냉난방기구 등을 장착해야 한다.

특히 전기차가 가까운 장래에 내연기관 자동차와 성능 및 경제성면으로 경쟁하기 어려우므로

〈표 19〉 고성능 전기자동차 요소기술 및 성능

항 목 \ 차 종	기존 전기자동차	고성능 전기자동차
전 동 저 항 계 수	0.015~0.02	0.007
공기저항계수Cd	0.3 이상	0.2 이하
차 체 재 료	냉간압연강판	고강도 알루미늄, 카본 FRP 섬유 등
전 동 기	원선식 전동기	회토류영구자석 전동기
구 동 방 식	트랜스미션+차동방식	직접구동방식
제 어 장 치 소 자	SCR, Tr 등	MOS-FET, IGBT
전 지	연축전지 34wh/kg	Na-S 전지 등 70-100wh/kg
최 고 속 도	100km/h 정도	180km/h
1충전주행거리	시내주행 80km	시내주행 300km

소형 승용차나 소형 밴 등을 개발하여 근거리용 도로 보급한 후 1990년대말 고성능 신형전지와 연료전지 등의 개발적용 후 일반차량 전체로 보급을 확대해야 한다. 이를 위해 고성능 신형전지 개발과 함께 차체재료의 경량화 및 전장부품의 소형화, 경량화가 선결과제이며 특히 부품의 단순화 및 표준화가 요구된다.

선진국에서 냉동기용 CFC'S의 규제와 함께

일산화탄소 등 대기 온실효과 요인 가스에 대한 규제도 강화되어 무공해차 보급 유도책을 추진할 가능성이 크며 이에 대응하기 위해서라도 전기자동차 연구, 개발에 국민의 협력체제가 절실히 하다.

현재 선진국의 연구개발계획이 순조로울 경우 '90년대 하반기부터 고성능 전기차가 상용화되어 대량 보급될 것이다.

참고문헌

- Interim report of fleet test and evaluation of EV in actual field... 87.10 Kyushu Electric Power Co.,
- EV technology... 일본전동차량협회
- 전기자동차 보급기본계획... 1983. 12 일본전동차량협회
- Japan Electric Vehicle Association Contents of Research and Study Report... 1985. 일본전동차량협회
- 전기자동차 Mini Guide... 일본전동차량협회
- EV-cort instructoin manual... 1989. Soleq Co., U. S. A.
- EV-Cort test report... 1989. EG & G Idaho Inc., U. S. A.
- The Electric Vehicle program of the US Department of Energy... D. O. E.
- Electric and hydrid Vehicle program 10th annual report for fiscal year 1987... '87. 4 D. O. E.
- Electric and hybrid Vehicle program 11th annual report for fiscal year 1987... 1998. 3 D. O. E.
- The 9th International Electric Vehicle symposium proceedings... '88. 11. 13 ~ '88. 11. 16 Electric Vehicle Association of Canada
- The 10th International Electric Vehicle symposium proceedings... '90. 12. 3~'90. 12. 5 Electric Vehicle Association of Hong Kong