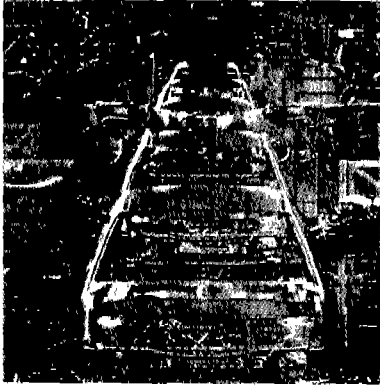


# 電氣自動車 開發現況



河 會 斗

韓國電氣研究所 前任研究員

## 1. 서 언

자원의 절약, 공해 방지, 에너지원의 다양화는 국제적으로 시급히 해결되어야 하는 문제들이다.

이러한 상황에서 전기자동차에 대한 기대와 관심이 국내외에서 점차 증가되어 가고 있다.

미래의 교통 및 이동 시스템에 있어서 전기자동차의 역할은 대단히 크리라 예상된다. 국내에서도 정부 주도하에 국제경쟁력 있는 전기자동차 개발을 1996년까지 하기로 해서 현재 기획단이 구성되어 기획중에 있으며 이러한 시점에서 각국의 전기자동차 개발현황을 조사해 보고 국내 개발 기획에 참조하기 위하여 이 글을 기고하고자 한다.

전기자동차는 기존에 있는 차의 일반적인 대체품이 아니라 도시나 도시주변지역에서 환경문제나 에너지 대책문제에 연계해서 생각되는 차라는 사실을 먼저 주지해 주기 바란다.

## 2. 각국의 개발현황과 전망

### 가. 유 럽

1960년대부터 전기자동차에 필요한 기술을 연구 개발해 왔으며 이것을 도시와 교외의 교통 및 이동용 전기자동차 산업에 이전해서 실증적으로 연구 발전시키고 있는 상태이다.

처음에는 도시환경문제에 기인해서 개발 추진되었는데 에너지 위기에 대응하기 위해 더욱 더 박차를 가하고 있다.

현재는 자동차 및 부품회사와 전기회사, 집단차량운전자들(Fleet Operators) 그리고 공공기관들이 유럽공동체의 지원하에 협력해서 여러 가지 분야에 적합한 전기자동차 개발에 필요한 기술들을 연구중이다.

기술적인 관점에서 살펴 본다면 추진 시스템에 있어서는 기계적인 가변변속기를 전기자와 제자회로를 전자식제어기를 사용한 직류전동기를 사용하여 대체하는 것이 가장 널리 사용되고 있다. 에너지 저장분야에서는 현재의 기술은 주로 원통형전극을 사용한 연축전지를 사용하고 있다.

최근에는 니켈-철전지의 실용화와 브러시리스 전동기(동기, 비동기, 그리고 영구자석을 사

용한)를 이용한 추진 시스템의 개발로 새로운 도약을 하고 있으며 Sodium-Sulphur, Zinc-Bromine, 니켈-아연 전지, 그리고 리튬전지가 연구중에 있다.

한편 대중교통수단용으로 긴 1충전거리와 노선을 프로그래밍하는 것을 개발중이다.

### (1) 영 국

가장 오랜 전기자동차 역사를 가지고 있으며 35,000대 가량의 우유배달용 전기자동차가 이용되고 있다.

70년대 말의 "LONDON GOES Electric"이라는 전시용 프로그램에 의해서 전기자동차의 잠재적인 응용을 입증했으며 정부의 지원과 전력회사의 필요에 의해서 4개의 큰 자동차회사가 상용 전기자동차 개발을 시작해서 저마다 다른 형태의 고성능 전기자동차를 개발했다. 그 중에서 Lucas Chloride EV 시스템사의 지원하에 최고속도 80 km 정도의 Bedford CF 35대가 7개의 공공기관과 미국, 캐나다 등지에서 운행되고 있으며, 한달에 25~40대를 1986년부터 생산중에 있다. 또한 영국의 HIL 전력회사는 QT50 상용 전기자동차 벤을 1993년에 유럽시장에 팔 계획이다. 기술개발면에서는 Chloride사가 개량형 원통연축전지를 개발했었으며 미국의 전력연구소(EPRI)와 공동으로 영국의 상무성 지원하에 Sodium-Sulphur 전지를 개발중이며 1991년12월에는 이 전지를 탑재한 시제차가 나왔다.

### (2) 독 일

독일전력회사(GES)가 자동차회사(Daimler, Benz, Volkswagen), 전기기기 회사(Bosch, Brown Boveri, Siemens)와 함께 연구 개발했다. 승용차로는 Volkswagen의 "Rabbit"를 개조한 최고속도 100 km/h, 수동변속 기어, 타이어 직류전동기, 초퍼를 가진 "Citystromer"가 개발되었으며, 현재까지 약 300대 정도가 만들어졌다. 상업용 차로는 약 225대 정도가 만들어

졌는데 현재 베를린과 본에서 약 70대 정도가 운행중이며 버스는 뒤셀도르프와 뮌헨그랜드바하에서 20대가 운행중이다. 기술적인 관점에서는 추진 시스템과 연축전지의 성능개선에 중점을 두고 연구중이며 정부의 지원하에 Sodium-Sulphur 전지가 Brown Boveri에 의해서 개발중이다. 1990년에 BMW에서 Na/S 전지를 탑재하고 1충전거리 150 km, 최고속도 100 km/h인 전기자동차를 발표했다.

### (3) 프랑스

승용차로는 PSA 그룹이 푸조 205를 개조해서 니켈-철전지, 1충전거리 140 km, 최고속도 100 km/h를 가진 전기자동차를 개발했으며 상용차로는 SAFT사에 의해서 개발한 60Wh/kg, 총방전 횟수 1500회 정도인 니켈-철 전지를 장착한 1충전거리 115~140 km, 최고속도 80 km/h인 J9과 J5/C25가 있다. 또한 Fiberglass 복합재료로 된 BODY, 연축전지, 1충전 주행거리 75 km, 최고속도 약 70 km/h인 "Sita"와 "Semat"가 파리 시내에서 운행중이다.

그리고 FIAT사가 "PANDA"를 상용화해서 시판하기로 한데 이어 연축전지와 전자 제어 장치를 가진 경량 트럭과 3.5톤 이하의 소형 버스인 J5/C25 전기자동차를 PSA 그룹이 상용화해서 시판하기로 결정했다.

기술적인 면에서 전지분야는 자체 방전경향과 방전온도 상승의 문제점이 있는 니켈-철전지에서 이러한 문제점을 개선할 수 있는 알칼리계의 니켈-카드늄 전지를 개발하는 추세이며 CGE(Sodium-Sulphur), SAFT(Ni-Cd, 리튬-철전지), CEAC(개량형 밀폐형 연축전지) 등이 연구 개발에 참여하고 있다. 전동기 분야는 단기적으로는 직류전동기를 추구하고 있으나 추후 교류, 영구자석 등을 사용하고 2~4개의 전동기를 사용한 직류구동 방식을 개발할 예정이다. 전자제어장치 분야는 현재는 2개의 초퍼를 사용한 것과 1개의 초퍼와 기계적 기어박스를 사용한 것이 병행해서 연구 수행중이다.

#### (4) 이탈리아

16대의 피아트 9000E/E2가 Torino와 Odense에서, 4대의 Iveco Daily가 터브린에서 운행중이며 그 밖에 약 20대 정도가 여러 시에서 운행중이다. 기술적인 진전에서 피아트는 단위별 저장 시스템(Modular Storage System)을 개발했으며 추진 시스템에 있어서는 영구자석을 사용한 브러시리스 전동기를 개발중에 있다.

#### (5) 덴마크

1987년부터 연산 500대 정도의 삼륜 2인승 "E1-Trans"를 생산 판매중이며 기술적으로는 리튬 전지를 개발중이다.

#### (6) 벨기에

브뤼셀의 프리대학교가 10대의 전기자동차를 운행하고 있으며 특히 충전장치에 관심을 보이고 있다. 또한 "Elenco"사가 폭스바겐 전기자동차 벤에 사용할 알칼리계 연료전지의 개발에 몰두하고 있다.

#### (7) 네덜란드

배달용 전기자동차에 오랜 역사를 가지고 있으며 상업화 가능성과 전기자동차 사용의 전략적 효과에 대해서 연구를 했고 이를 근거로 전지용량의 최적화와 전지저장기술 및 추진 시스템을 향상시키기 위해서 활발히 연구중이다.

#### (8) 스위스

자연보호차원에서 산악 여행객을 위해 약 500대 정도의 전기자동차가 운행중이다.

#### (9) 스웨덴

25대 정도가 우체국에서 사용되고 있으며 니켈-철전지를 개발하였고 Iron-Air 전지를 연구중이다.

#### 나. 미 국

1998년도에는 판매차량의 2%는 무공해 차라

야만 한다는 캘리포니아주 법을 현재 미국내 15개 주가 고려하고 있으며 만약에 15개 주가 이 법을 채택한다면 1998년도에는 약 9만대의 무공해차(대부분 전기자동차)가 팔리게 될 것이고 2005년에는 22만 5천대, 2010년에는 45만대에 이를 것이다. 이것이 전세계 및 미국의 주요 연구기관과 자동차 회사들이 전기자동차 개발에 박차를 가하도록 했다. 실제로는 1970년대부터 에너지성(DOE), 전력연구소(EPRI), 전기자동차 개발회사(EVDC)의 주도하에 개량형 연속전지, 니켈-철, Sodium-Sulphur, 니켈-카드늄, Zinc-Bromine 전지기술과 2개의 교류추진 시스템을 가진 전기자동차를 개발중에 있다. 현재 약 1000대의 전기자동차가 운행중이며, GM사의 Griffon 전기자동차 벤 30대를 전력회사, EPRI와 EVDC에서 시험중이다.

#### (1) 전지연구 및 개발

현재 연속전지, 니켈-철, Sodium-Sulphur, 니켈-카드늄, Iron-Air, Zinc-Bromine 전지가 연구중이다.

전극 사이에 강제로 전해질을 흐르게 하는 개념의 개량형 연속전지(약 45Wh/kg의 에너지 밀도와 500회 이상의 충방전 횟수를 가진 것)가 Johnson Controls사에서 개발되었으며 전해질 순환과 플라스틱과 납의 복합 Grid에 대한 연구가 계속중이다.

Zinc-Bromine 기술도 55Wh/kg의 에너지 밀도를 가진 것이 개발되어 실험중이며 Sodium-Sulphur는 136Wh/kg의 에너지 밀도, 600회의 충방전 횟수를 가진 것이 개발되었다.

#### (2) 추진 시스템 개발

이튼회사의 2개의 축을 가진 교류추진 시스템(DSEP)과 포드자동차의 1개의 축을 가진 교류추진 시스템(ETX-II)의 2가지 형태가 연구 개발중이다.

2개의 축을 가진 교류추진 시스템은 니켈-철 전지, AC 전동기, 자동 2 단 변속기, Field

Oriented 제어기법을 사용했으며 ETX-II 는 내부영구자석 전동기와 변속기가 하나의 하우징에 있으며 Sodium-Sulphur 전지를 사용했다. 특히 GE에서 개발한 MOSFET을 사용한 다이리스터 인버터는 크기나 무게를 많이 감소시켜서 전기자동차에 사용하기에 적합하도록 했다.

그리고 포드자동차에서 1990년9월부터 50, 75, 100마력 단위별 추진 시스템(Modular EV Propulsion-MEVP)을 DOE와 함께 4년 동안 개발하기로 해서 대량생산의 기초를 만들려고 하고 있다.

### (3) 시험 및 평가

미 해군에서 운행중인 약 300대와 미국 전역에서 운행중인 200대가 시험조사중이며 또한 GM사의 Griffon 전기자동차 벤이 디트로이트에서 시험중이다. 그리고 전기자동차 시험센터가 아이다호 국립공업연구소에 설립되어 전지 및 각 요소의 특성검사를 행하고 있다

### (4) 미국산업계의 활동

가장 활발히 전기자동차 개발을 하는 회사는 GM이며 1990년도에 1994년 시판 예정인 Impact를 발표했다. 또한 7개 전력회사에 31대의 G-Van을 운행중이다. 33개의 전력회사와 GM과 같은 협력기업으로 구성된 전기자동차 개발회사(EVDC)가 설립되어 있으며 EPRI는 교통문제를 연구 분석하며 연국전지, 리튬-메탈 전지, AC 구동 시스템을 연구 개발중이다.

### 다. 일 본

1971년에 상무성(MITI) 주재하에 57억엔을 투자해서 6년간 국가 프로젝트를 수행했다. 이 프로젝트 이후 전기자동차협의회, 일본전동차량협회, 전기자동차 기술연구조합이 상무성의 지도하에 1976년에서 1978년 사이에 설립되어 보급과 개발에 박차를 가하고 있으며 현재 도로주행용 전기자동차 보급대수는 표 1 과 같다. 현재

<표 1> 일본의 전기자동차(도로 주행용) 보유 대수

종 류		대 수
보 통 차	승 용	1
	화 물	14
소 형 차	승 용	33
	화 물	4
승 합 차		2
특수용도차		16
경 3 른		254
경 4 른	승 용	17
	화 물	618
합 계		959

\*1990년 3월말 현재

보급이 불충분한 이유는

- i) 성능이 불충분
- ii) 높은 가격(내연기관자동차의 약 3배)
- iii) 전지의 유지보수가 불편
- iv) 내부 편의시설의 부족(에어컨 등)

등이다. 그러나 배기 가스가 전혀 없고 소음이 적은 전기자동차의 장점 때문에 사회 환경문제 측면에서 강한 욕구가 일어나서 다음과 같은 기관과 회사에서 연구, 개발, 보급에 주력하고 있다.

### (1) 일본전동차량협회(JEVA)

현재 자동차회사, 전력회사, 전력기기회사, 전지회사 등의 63개 회사로 구성되어 있으며 각 회원사와 상무성 관련기관에서 출자한 6억 천만엔의 자금으로 전기자동차의 보급을 위하여 일하고 있다. 1989년도 지출만 약 3억8천만 엔 정도이고 주로 전기자동차 전시, 홍보, 정보 교환, 전지 개발, 6대의 시험용차량 평가, 전기자동차용 에어컨 시스템 연구(Heat Pump Air Conditioning System), 신 에너지 및 산업기술 개발 조직(NEDO)의 효율적인 에너지 기기 개발기획 그리고 1978년부터 시작된 전기자동차 대역 프로젝트 등에 쓰여졌다. 특히 전기자동차 대역 프로젝트는 소비자들에게 전기자동차를 이해 및 인식시키기 위해 용이하고 연구 개발해야

할 것에 대한 데이터를 얻을 수 있으며 현재 약 350대가 참여하고 있다.

(2) 기업에 의한 개발

현재의 추세는 자동차회사뿐만 아니라 전력 회사에서 차량 및 요소개발에 참여하고 있다.

i) 토요타 EV-40

Zinc-Bromine, Ac 유도 전동기, Tr. 인버터를 사용한 7인승 전기자동차이다.

ii) 마쯔다 전기 봉고(방송 중계차)

한국 올림픽경기장에서 마라톤 중계차로 쓰여

졌으며 후에 동경 국제마라톤대회에도 쓰여졌다.

iii) 닛산 자동차

일본전지가 개발한 쓰레기 수거차가 요코하마시에 운행중이다.

iv) 다이하츠

“Rugger” 전기자동차 1충전거리를 높이기 위해서 20개의 12V-150Ah 연속전지를 사용해서 200 km (40 km/h)를 갈 수 있다. 저 에너지 Heat pump 에어컨과 파워 핸들이 장착되어 있으며 26대가 관서전력에서 실험적으로 운행중

世 界 的 技 術

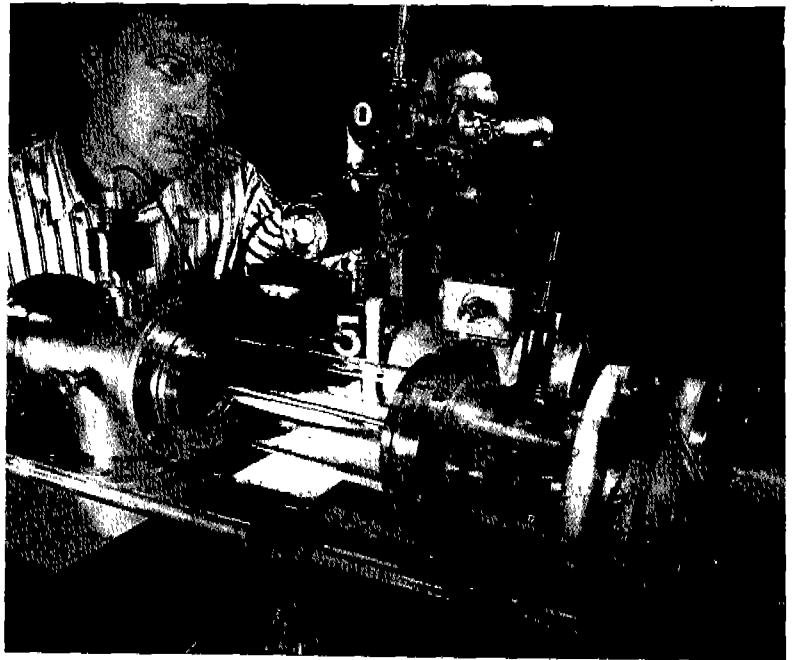
■ 英國産業뉴스 제공

빛의 根源 연구

이온화된 가스와 플라즈마는 우주에서 가장 풍부한 형태의 물질이며 별과 별들 사이를 구성하고 있는 물질이다. 한 영국 대학교에서 수행하고 있는 플라즈마 연구는 이미 모든 중요한 현대 전자공학산업의 상당한 관심을 모으고 있으며, 현재는 더욱 더 커다란 관심을 모으고 있다. 잉글랜드 중부 레스터셔대학교에 있는 한 연구원은, 무선 주파수(RF)에서 생성된 저기압 방전을 분석하는 새로운 방법을 보여주고 있다.

전자공학산업에서 RF 플라즈마는 실리콘장치를 제작하는 데 사용되며, 현재 재래식 형광튜브에 대한 대체품을 찾고 있으며, 소형 전원을 소위 '무전극(electrodeless)' 이라고 불리는 장치에 관심을 갖게 되었다. 그들의 연구에 적합한 기존의 연구는 별로 없으며, 있다 하더라도 실용화 하기에는 복잡하고 값이 비싸다. 플라즈마 도전을 결정하기 위해 레스터셔에서 고안한 이 방법은 매우 정확한 것으로 증명되었으며, 예비 결과는 RF와 DC에서 플라즈마 도전에 매우 민감한 것으로 나타났다.

좀 더 완벽한 연구를 위해 크리스탈을



기초로 한 도전을 연구가 계속되고 있으며, 광학동전기 분광학이라는 새로운 장의 물리학에 크게 기여할 것이 확실하다.

에 있다.

v) Co-op EV 2000

시제품이 1990년10월에 나왔으며 2톤 용량의 전기운송 트럭이 1994년에 2000대 생산 판매 예정으로 개발중이다.

vi) 다용도 전기 밴(근거리용)

스즈키자동차의 “EVERY Electric Van”과 중부전력회사의 요청에 의해서 개발된 토요타 자동차의 “TOWN ACE”가 있다.

vii) IZA

도요 R & D, 동경전력, 명전사, 일본 전지가 니켈카드늄 전지, 직접구동방식(4륜)을 사용해서 1충전거리 538 km, 최대속도 176 km/h인 전기자동차(4인승)를 개발했다.

viii) 전기연구 및 개발

일본전지가 밀폐형 니켈-아연전지(13·2V, 200Ah, 72Wh/kg 출력밀도)와 Ni-Cd전지(12V, 200Ah, 58Wh/kg, 130W/kg)를 개발했으며 계속 연구중이다.

유아사전지회사는 밀폐형 Ni-Zn전지(10.2V, 220Ah, 65Wh/kg 에너지 밀도) 연구를 수행중이며 후루카와전지와 혼다전기회사는 함께 철-니켈 전지(7.2V, 210Ah, 55Wh/kg 에너지 밀도, 천회 이상 충방전 횟수)를 연구중이다.

(3) 전기자동차 기술연구조합

자동차회사와 전기기기회사, 전지회사 등의 10개 회사로 1978년에 구성되어서 실용 전기자동차의 표준을 개발해 오다가 지난 수년간은 새로운 전지개발 및 연구에 주력해 왔었으며 여러 기업들이 활발히 연구 수행하도록 선도적 역할을 한 후 1990년1월에 해체되었다.

3. 전기자동차 개발의 핵심과제

미국의 Auto week지의 「전기자동차를 살 때 고려되는 가장 첫번째 요소는 어느 것인가」라는 설문조사에서

- ① 1충전 주행거리(35%)
- ② 성능(24.6%)

- ③ 차량 가격(7.5%)
  - ④ 전지 수명(6%)
  - ⑤ 유지비(3.6%)
  - ⑥ 충전시간(3.3%)
  - ⑦ 가속시간(2.6%)
- 순으로 나타났다.

이 조사와 본고의 2절 및 표 2, 표 3을 참조한다면 전기자동차 개발을 위해서는 아래와 같은 사항들이 앞으로의 연구 개발 중점사항이 될 것으로 사료된다.

(1) 고성능 전지 개발

- ① 단위 중량당 높은 에너지 밀도 및 출력밀도
- ② 많은 충방전 횟수
- (2) 소형 경량의 고효율 구동 모터 개발
- (3) 고정도, 고효율, 경량의 전력 변환기기(인버터/서보 드라이버) 개발
- (4) 급속충전장치 개발
- (5) 고신뢰성의 시스템 콘트롤러 개발

(6) Cost 절감

- ① 부품의 비용 감소 및 수명증대
- ② 수요 창출 및 대량 생산 유도

(7) 보급확대를 위한 제도적 대책 마련

- ① 시험 및 사양의 규격화를 위한 기술개발 촉진대책
- ② 특별전력요금제도 및 세금 감면 등의 보급확대를 위한 정부지원
- ③ 소음 및 배기 가스 규제법 등 제도적 장치

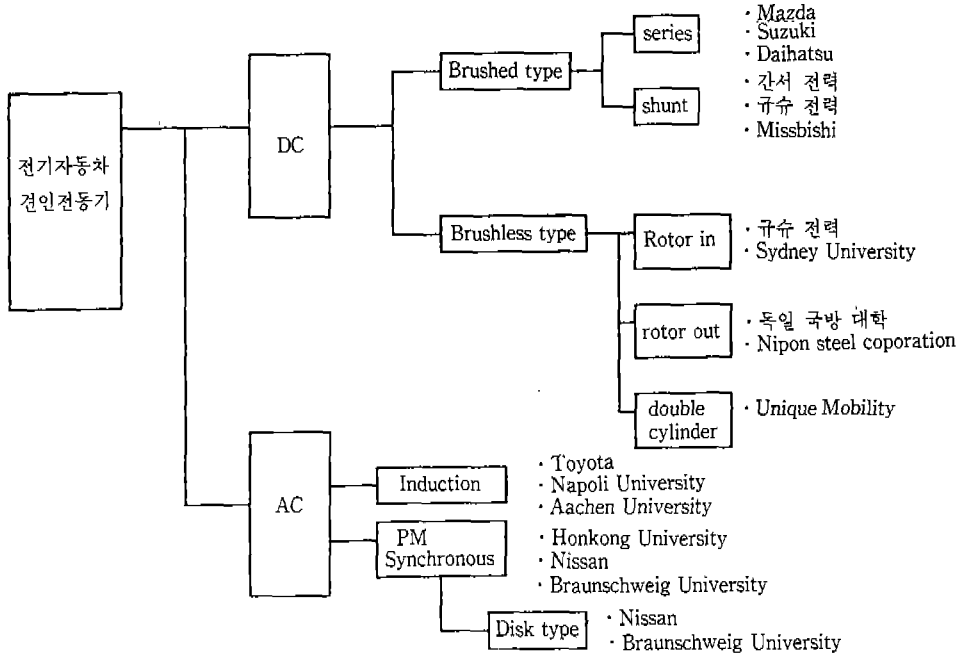
4. 결 론

현재는 내연기관과 같은 수준의 전기자동차를 기대하기에는 불가능한 것처럼 보인다. 그러나 세계적으로 현재의 전기자동차 수준만으로도 많은 사용가치가 있으므로 전기자동차의 수

<표 2> 전기자동차 견인전동기 종류별 비교

전동기 종류	DC Series	DC Shunt	AC Induction	AC PM Synchronous	DC Brushless
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>가장 널리 사용되고 있음(지게차)</li> <li>제어가 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제어가 용이하다.</li> <li>Gear가 없이 속도 변환 가능</li> <li>Gear를 부착하면 Amature controll 생각 가능</li> <li>성능 양호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보수가 필요 없음</li> <li>출력비가 높다.</li> <li>부가장치 없이 효율적인 회생제동이 가능</li> <li>소형 경량화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율이 높다.</li> <li>역율이 높다.</li> <li>보수가 필요 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보수가 필요 없음</li> <li>출력비가 높다.</li> <li>효율이 높다.</li> <li>회전자 손실이 없다.</li> <li>AC 전동기에 비하여 제어가 용이하다.</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gear가 필요하다. 최대속도 및 가속 성능 향상)</li> <li>Brush 보수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비교적 가격이 비싸다.</li> <li>Brush 보수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control 이 어렵고 전장품 무게를 고려하여야 한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전동기 제작이 비교적 복잡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능</li> <li>영구자석의 가격이 비싸다.</li> </ul>
연구개발 필요성			<ul style="list-style-type: none"> <li>세계적으로 이 세 가지 전동기를 계속 연구하고 있음. Motor+controller</li> </ul>		

<표 3> 전기자동차 견인전동기 종류 및 개발 회사



요를 창출하고 생산을 늘리고 생산가격을 줄여서 미래의 수요에 대처하고 있는 실정이다. 이와 병행해서 소비자의 요구를 만족할 수 있는 새로운 전지와 추진 시스템, 그리고 충전 시스템의 개발 및 연구에서 박차를 가하고 있으며

최근에는 사람들이 굉장히 빠른 속도로 전기자동차를 인식하고 있고 환경문제와 석유절약이라는 이점이 가격문제를 상쇄할 수 있으리라 보기 때문에 전기자동차의 실용화는 곧 이루어지리라 믿는다.