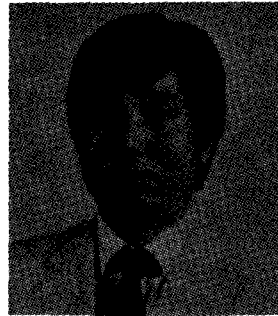


尖端技術 어디까지 왔나 電氣 自動車(1)



金 弘 球

〈産業技術情報院 責任研究員〉

目 次

- I. 머리말
- II. 開發 歷史
- III. 各國의 開發 狀況
- IV. 맺는말

〈고딕은 이번 號, 명조는 다음 號〉

I. 머리말

1980년대 후반부터 환경문제에 대한 세계적인 관심이 높아짐에 따라 배기가스가 나오지 않는 전기 자동차에 대한 인식이 달라지기 시작했다. 一例로 美國 캘리포니아주 로스앤젤레스市에서는 1989년 1월, 전기 자동차 10,000대 도입 계획(Los Angeles Initiative)이 발표된데 이어서 9월에는 低公害車의 도입 계획이 수립중인데 이 계획에서는 1998년 이후 無公害車(zero emission vehicle)의 판매가 의무화되고 있다. 구체적으로 말하면, 州內에서 판매되는 승용차와 輕트럭의 몇 %를 전기 자동차로 하는 것인데, 1998~2000년에는 판매 대수의 2%, 2001~2002년까지는 5%, 2003년 이후는 10%로 하는 것이다.

따라서 수출에 의존할 수밖에 없는 국내 자

동차 업계도 전기 자동차 개발에 박차를 가해야 한다.

II. 開發歷史

전기 자동차를 도입함으로써 자동차 배기가스 공해를 완화시키려는 노력을 시작한 것은 1960년대 후반 부터이다. 그러나 전기 자동차를 보급시키기 위해서는 一充電 走行距離의 비약적 연장이 필수적이다라는 것이 그 당시의 일반적 견해였다. 이에 日本에서는 1971~76년에 걸쳐서 전기 자동차 대형 프로젝트를 조직하여 고성능 전기 자동차 개발에 나섰다. 이 프로젝트에 참여한 인원은 총 1,100명이 넘고, 투입된 연구개발비도 약 75億엔이나 되었다. 그 결과, 730건이 넘는 公業소유권이 출원되었으며, 試作된 8종류의 실험차도 각각 그 당시 국제 수준을 크게 웃도는 성능을 발휘하였다.

한편, 전기 자동차 보급정책의 立案을 목적으로 電氣 自動車 協議會가 1976년 설립되었으며, 또한 같은 해에 (財) 日本 電動車兩 協會가 설립되어 대형 프로젝트에서 얻어진 성과의 실용화와 전기 자동차 보급에 힘쓰기 시작했다. 그리고 1978년에는 電氣 自動車 技術研究組合이 설립되어 대형 프로젝트에서 얻어진 기술적 성과를 바탕으로 생산성을 배가시켰다. 그러므로 실용성이 높은 低價格 전기 자동차의 연구 개발 활동을 개시하였다. 이와 같이, 일본에서

의 전기 자동차 보급을 위한 조건이 전부 준비 완료된 것처럼 보였다. 그러나 대형 프로젝트가 완료된 후, 약 13년이 지난 현재, 일본에서 전기 자동차 보급대수는 주행하는 on road 車가 약 650대, 構內 專用의 off road 車(골프카 등)이 약 1,400대, 넘버가 부착된 Fork-Lifter 등이 약 9,800대에 그치고 있다. 이들 숫자는 대형 프로젝트 종료 시점에서의 「전기 자동차 보급 기본 계획」에 의한 장래 보급 예측(1986년도 시점에 on road 車 보유 대수 200,000대)에 크게 떨어지는 것이다.

이와 같이 보급이 뒤떨어진 이유는 다음과 같은 원인의 복합 작용으로 추정된다.

① 자동차 배기가스에 의한 환경오염 문제에 대한 사회 관심이 적어졌다.

② 최근 원유 가격 수준으로도 알 수 있듯이, 에너지 수요동향이 제일차 및 제이차 에너지 쇼크 때보다 상향할 수 없을 정도로 호전되었다. 이 때문에 가솔린 공급부족에 대한 불안감이 사라졌으며, 에너지源 다양화에 대응할 수 있는 전기 자동차의 가치도 그만큼 과소 평가되었다.

③ 전기 자동차의 價格低減과 實用性能 向上이 예상 이상의 난관에 부딪혔다. 특히 低코스

트화와 一充電 走行距離를 좌우하는 動力源用 電池의 價格低減, 高에너지 密度化 및 수명특성의 개선 등이 어렵게 되었다.

이상과 같은 문제점들을 감안해서, 일본에서는 「電氣 自動車 보급 기본 계획」을 1983년 12월에 개정하였는데, 그 개요는 다음과 같다.

① 가솔린 자동차의 배기가스 대책이 비약적으로 향상되었으며, 소음대책도 진보하였다. 그러나, 대도시의 자동차 과밀지역, 간선도로 인근지역, 공원 등 환경보전 지역 등에서는 배기가스 대책이나 소음대책이 더욱 강하게 요청되는데, 전기 자동차 도입은 이를 위한 유력한 대책이다.

② 앞으로의 세계 에너지 정세를 전망하면 석유 의존도 인하와 에너지의 효율적 사용에 노력해야 한다. 전기 자동차를 原油레벨로 생각할 때, 에너지 효율이 가솔린 자동차의 10.3%를 상회하는 18.1%를 나타내므로, 전기 자동차 보급을 에너지 절약과 석유 절약의 양면에서 유효하다.

③ 대도시에서 교통공해 해소와 도시기능의 고도화라는 관점에서 새로운 교통 시스템의 발전이 기대되는데, 이를 위하여 dual-mode bus, pallet ferry system, city-car system 등의 장

〈표 1〉 電氣自動車 需要分野

利用分野	車種	具體的 事例等
低公害性 要求가 특히 강한 分野	特 殊 車 (構 內 車)	公園, 遊園地, 호텔, 病院, 工場內, 倉庫內 等
電動車輛의 置換이 바람직한 分野	輕 自 動 車 小 型 車	公共 서비스車, 리조트 地區使用車, 新聞配達車
運行經費 低減이 期待되는 分野	輕 自 動 車 小 型 車 特 殊 車	地熱, 風水力 等 自家發電(로컬 에너지 利用)을 가진 企業·團體의 各種車輛·電力會社·電池 메이커 等 各種車輛
定型的 用途 分野	輕 自 動 車 小 型 車 普 通 車	郵便配達車, 路線버스, 配達車, 公共 서비스
運轉操作이 容易해야되는 分野	輕 自 動 車 小 型 車 普 通 車 特 殊 車	身體障害者用 各種車輛, 新交通 시스템 車輛, 老人·婦人用 各種車輛, 各種特殊 作業車
安定성이 요구되는 分野	特 殊 車	飛行場內 車輛, 견인차, 포크 리프트
개솔린車 利用이 困難한 分野	同 上	鑛山·坑道內 作業車 水中 作業 等

래 도시 교통 시스템과 연관시켜서, 전기 자동차 보급은 도시 정책상 필요하다.

④ 전기 자동차를 둘러싼 환경에는 몇 가지 변화가 있기는 하지만, 전기자동차 보급의 의의는 아주 크다. 그러므로 전기 자동차의 量産體制를 확립하여야 할 것이다.

⑤ 1990년도 전기 자동차 보급대수는 on road 車 5,000대, off road 車 10,000대인데, 전기 자동차 이용분야는 <표1>과 같다.

⑥ 이와 같은 목표를 달성하기 위하여 기술 개발, 코스트다운, 서포트 시스템(support system)의 정비, 홍보활동 등이 필요하다.

現時點에서 보급 예상대수가 크게 뒤떨어지고 있으나, 이「基本計劃」에 기재되어 있는 내용에는 異論이 없을 것이다.

한편, 최근 전기 자동차를 둘러싼 환경에 큰 변화가 나타나고 있다. 변화의 하나는 지구환경 장래에 대한 세계적 위기감이 높아진다는 것인데, 예를 들면 CO₂ 축적에 따른 지구의 온난화나 산성비가 각국 공통의 심각한 문제로 부각되어, 조속히 대비책을 강구하여야 할 긴급 과제이다. 미국, 소련, 중국에 이어 세계 제 4위의 CO₂ 배출국인 일본은, <표2>와 같이 1993년도에 예상되는 일본 대도시의 배출량을 나타냈는데, 전 배출량 중에 자동차 점유율이 아주 높다는 것을 알 수 있다.

변화의 다른 하나는 전력회사의 전기 자동차에 대한 기대감이 높아지는 것인데, 그것은 전

기 자동차 도입에 따라 전력수요가 증가하며, 또한 주로 야간수요가 많아져서 전력의 負荷調整에 도움이 된다는 것도 높이 평가된 이유이다.

마지막으로 工業技術의 moonlight 계획으로, 1980년부터 12년 계획으로 실시되고 있는「新型 電池 電力 貯藏시스템의 研究開發」에서 전력 저장용 신형 전지의 개발이 순조롭게 진전되고 있는데, 이 전지가 전기 자동차용 전원으로도 사용할 수 있다는 가능성을 나타내고 있다.

이와 같이 전기 자동차가 다시금 주목을 받고 있는 현재, 최근 세계 전기 자동차의 개발상황을 전망하고, 크게 기술력이 뒤떨어진 국내 자동차 업계의 금후 개발 방향을 생각하는데 의의를 두고 이와 같은 취지로 각국의 현황을 언급하기로 한다.

Ⅲ. 各國의 開發 狀況

1. 美國

1976년「電氣 自動車 연구개발 보급법」이 제정된 이래, 미국의 전기 자동차 관계의 연구 개발은 에너지 관리부서인 DOE를 중심으로 실시되었으나, 최근에는 전력연구소 EPRI도 DOE와 협력하면서 연구개발하고 있다. 또한 1983년에는 전기 자동차 개발회사인 EVDC가 몇몇 전력회사의 출자와 DOE와 EPRI의 원조를 바탕으로 설립되어, 전기 자동차의 개발과

<표 2> 二酸化窒素에 의한 大氣汚染 豫測(將來輩出量 推計, NO_x 千t/年)

區分	지역 年度	東京都 特別區 等			横浜市 等			大阪市 等		
		1985	1993		1985	1993		1985	1993	
			케이스1	케이스2		케이스1	케이스2		케이스1	케이스2
移動	自動車	35.4	27.9	24.8	17.7	18.2	14.1	19.9	18.9	15.6
	船舶·航空機	2.8	3.7	3.7	4.1	4.6	4.8	2.8	2.9	2.9
	小計	38.2	31.6	28.4	21.8	20.8	19.0	22.8	19.7	18.5
固定	工場·事業場	9.5	9.2	8.9	31.1	3.19	30.7	17.9	17.9	17.2
	民生	5.0	5.4	5.4	1.8	2.3	2.3	1.8	1.9	1.9
	小計	14.5	14.6	14.3	33.0	34.2	33.0	19.8	19.8	19.1
合計		52.7	48.2	42.7	54.7	55.0	51.9	42.4	39.5	37.7

(注) 케이스 1: 지금까지의 自動車 輩出 가스 規則의 效果 등을 地域的으로 보다 상세히 기안한 豫測.

케이스 2: 「大都市 自動車 交通對策 計劃」, 「季節 大氣 汚染對策」의 施策效果에 기인한 豫測.

보급활동에 힘쓰고 있다.

DOE에서는 電池(改良型 鉛, 나트륨-黃, 리·-황화염, 철-니켈, 니켈-카드뮴, 철-공기) 및 구동 시스템(交流系)의 연구개발이나 試驗 및 評價 등을 하고 있다. 또한 연료전지 塔載버스(bus)가 DOE에 의해서 개발되고 있는데, 이것은 연료전지-이차전지의 하이브리드(hybrid) 式으로 되어 있으며, 연료전지의 개발에 대하여 일본 富士(Fuji) 電氣(株)가 위탁받고 있다. 「전기 자동차 연구개발 보급법」의 제정 초기에는 1萬대 이상의 데몬스트레이션(demonstration) 이 계획되어 있었으나, 그후 대폭 계획이 축소되어, 현재는 DOE에서 행하고 있는 demonstration 사업으로는 총 700여대가 해군, 자동차 회사, 전력회사, 국립연구소 및 대학 등에서 사용되고 있을 뿐이다.

EPRI에서는 전지와 구동 시스템의 연구개발을 DOE와 분담하여 실시하며, JET 추진 연구소(JPL)나 TVA(Tennessee Valley Authority) 등에서 試驗이나 評價를 지원하고 있다.

EVDC는 전력회사 37社, 자동차 회사 7社의 회원기업으로 부터 회비를, EPRI로 부터 위탁비를 받아 demonstration을 주로 하는 사업을 행하며, 또한 EPRI에서 완성시킨 기술중, 전기 자동차에 관한 것을 인계받아 발전시켜 나가는 것이다. 그리고 전기 자동차의 시장개발이나 infra-structure 육성도 주요 업무가 되고 있다. Demonstration 사업으로서는 1985년 부터, 영국의 Bedford CF Van(미국에서는 GM Griffon Van으로 불린다)의 전력회사에서 도입하여 현재 32대가 11개 회사에서 사용되고 있는 총 주행거리는 40萬 km를 넘었다.

또한 대량의 Bedford CF Van을 도입할 예정이었으나, Bedford 社가 제조를 중지하였기 때문에, EPRI의 원조를 얻어 G-Van이라고 불리우는 GM製 Van을 전기 자동차로 개조할 계획이다. 최근 California주 남부의 대기오염 감소를 위하여 1989년부터 3개년 계획으로 10,000대의 전기 자동차를 도입하려는 움직임이 세계적으로 주목 받고 있다. 이 계획은 당초 예

정보보다 크게 지연되었으나, 1990년 초에는 이 목적을 위하여 향후 5년간에 걸쳐 전기 자동차를 납품할 3개의 회사를 선정하였다.

① VEHMA International 社 ; 캐나다의 자동차 부품업체인 Magna International의 子會社로서, 3,000대의 G-Van을 납품할 예정.

② Unique Mobility社 ; 캐나다의 Alcan International 社가 출자한 小企業이지만, Dodge Caravan을 개조시킨 Mini Van 3,000대를 납품할 예정이며, 이 전기 자동차는 一充電 주행 거리를 늘리기 위하여, 내연기관으로 驅動하는 發電機를 塔載한 Hybrid 車로 되어 있음.

③ Clean Air Transport社 ; 스웨덴의 회사로 약 4,000대의 Commuter Type 승용차를 판매할 예정이며, 이것은 개조차가 아니고 처음부터 전기 자동차로 설계된 것이다.

이들 세 회사는 프랑스의 자동차 대메이커인 Peugeot社를 포함한 19개 회사 중에서 선정되었다.

1990년 1월 세계의 주목을 끄는 뉴스가 발표되었다. GM社에 의한 고성능 전기 자동차 “The Impact”의 試作成功인데, 이 車는 Glass fiber 補強 플라스틱에 의한 車體 輕量化, 驅動系나 모터의 效率化, 철저한 低空氣 抵抗係數의 車體 디자인 등에 의해서 <표3> 과 같은 高性能化가 달성되었다. 이 車가 곧 실용화되기는 어렵겠지만, 今後 電氣 自動車 開發의 한 방향을 제시했다는 것에 주목할 필요가 있다.

2. 日本

前述한 電氣 自動車 大型 프로젝트가 實施되고 난 후, 최근 사이에 규모가 큰 개발은 없었으나 그 동안의 주요 움직임을 간략하게 소개하기로 한다.

① 電氣 버스의 demonstration 事業

(財) 日本 電氣 自動車 兩 協會(以下 EV 協會로 표기)는 日本 小型 自動車 振興會의 補助와 京都(Kyoto) 市 交通局의 協力을 얻어, 電氣버스 6대, 交換用 電池 18基, 充電器 10基 및 電池 交換設備 1式을 試作했다. 이들 전기버스는 京都市 交通局에서 1979년부터 약 8年間 洛西 市

〈표 3〉 最近 試作 電氣 自動車의 概略 性能

開發 機關	電氣 自動車 技術 研究 組合		關西 電力 (株)	GM社	루노 公園		新日本 製鐵 (株)	ABB社
車輛 名稱	E-32	e-42	라거 EV	임팩트	Master Electric		NAV	Electric Jetta
一充電 走行 距離 (km)(定速時)	170~200 (40km/h)	190~200 (40km/h)	200 (40km/h)	192 (88km/h)	180 (60km/h)	99 (60km/h)	240以上	192 (50km/h)
最高 速度 (km/h)	90	85	90	160	80	80	110	120
加速 性能 (s)	7.0~7.5 (0-40km/h)	8.0		8.6 (0-100km/h)				9.0 (0-50km/h)
車輛 總重 量 (kg)	1420~1456	1440~1496	2510	1193	3760	3760	約1860	約1700
搭載 電池	亞鉛-니켈	鐵-니켈	鉛	鉛	니켈-카드뮴	鉛	鉛	나트륨-유황
搭載 電池의 에너지 密度	74.1~74.3 (5HR)	61.5~63.8 (5HR)	42 (5HR)	41 (5HR)	54.5 (5HR)	35 (5HR)	42 (5HR)	80 (2HR)
搭載 電池의 壽命 사이클 (60% DOD)	220~240 (60% DOD)	1000以上 (60% DOD)	約 1000	200以下	約 1500 (80% DOD)		約 1000	約 500(推定)
發表 時期	1987年 5月		1989年 10月	1990年 1月	1990年 4月時點에서의 性能		1990年 6月	1990年 6月

타운과 阪急桂驛 사이의 시범 운전이 사용되었다. 低騒音과 우수한 승차감 등으로 승객이나 路線周邊의 住民들에게 호평을 받았으나, 電池의 수명이 1,000充 放電사이클 전후로 끝나기 때문에 償却費가 누적되어 動力費가 디젤버스에 비해 높을 뿐아니라 메인터넌스(주로 充電)가 디젤버스에 비해 手作業이 많이 필요하여 運行經費가 누적되기 때문에 아쉽게도 1987년 여름 전기버스가 사라지게 되었다.

② 電氣 自動車의 試用 制度

EV 協會에서는 1978년 이후, 전기 자동차의 試用 制度를 실시하고 있는데, 이것은 보급촉진책의 일환으로서 전기 자동차 導入모델 地區 등에 차량을 도입시켜, 그 使用에 관한 情報과 데이터를 수집하기 위한 목적으로 시작했다.

특이한 것은 lease 方式을 採用한 것인데, 日本 小型 自動車 振興會의 보조금을 받아서 제작한 車輛을 user에게 적당한 요금으로 長期間(3~6年) 대출하는 것이다. 현재 lease車는 이미 260대를 넘었으며, 주로 업무연락용 車, 遊賢車, 작은 물건의 배달용 車 등에 사용되고 있다.

③ 電氣 自動車 技術 研究 組合

1978년 2월 전기 자동차 개발에 의욕적으로 참여한 10개 기업에 의해서 標準 實用 電氣 自動車 技術 研究 組合이 설립되었다. 本 組合의 목적은 생산성이 우수하고 실용성이 높은 低價格의 전기 자동차를 4年 計劃으로 개발하는 것이었다. 이를 위하여 가장 넓은 需要層으로 예상되는 輕自動車(全長 3.2m×全幅 1.4m)의 pick-up型和 van型の 2車種을 개발 대상으로 하였다. 1981년까지의 연구 결과, pick-up型으로 一充電 주행거리 143km(40km/h 定速), 최대속도 79km/h, van型은 141km와 77km/h라는 각각 우수한 성능의 鉛蓄電池를 搭載한 전기 자동차 개발에 성공했다. 이어 1982년 부터 電氣 自動車 技術 研究 組合으로 명칭을 변경하고, 소형 승용차의 改造베이스로 新種電池 및 鉛蓄電池를 搭載한 전기 자동차를 5年 計劃으로 연구를 계속하고 있다. 1986年度 까지 연구개발된 전기 자동차 中, 아연-니켈 및 철-니켈 電池를 搭載한 實驗車 性能의 概略를 〈표3〉에 나타냈다.

④ 電力 業界의 움직임

電氣事業에서 전기 자동차용 充電 電力은 전혀 새로운 新規 需要이다. 日本의 자동차 보유 대수 약 5,000萬대 중, 약 10%(500萬대)가 電化된다고 하면, 送電端 수요 전력량은 약 2.4×10^{10} kwh/년에 달한다. 이 때문에 전기 자동차의 보급은 전기사업의 안정성장에 큰 도움이 되며, 특히 電力의 負荷調整에 도움이 된다. 만약 500萬대가 電化된다면, 電力의 年 負荷率은 2.6% 향상된다.

이와 같은 배경을 바탕으로, 다음과 같은 전기 자동차 관련 연구개발과 보급활동이 행해지고 있다.

㉠ 東北動力(株)에서는 美國 SOLEQ 社의 EV코트(coat) 및 독일 Pohlmann社의 소형 승용차를 구입하여 주행시험을 행하고 있다. 또한 EV協會로부터 Daihatsu 工業(株)의 輕 Cap Van 4대를 도입하여 사업소에 배치하고 실용성 여부를 확인하고 있다.

㉡ 中部電力(株)에서는 英國製 Bedford Van의 주행시험을 하고 있으며, 또한 力州電力(株)과 공동으로 電動 scooter(2輪 및 3輪)를 개발하고 있다. 나아가, 輕自動車 2/3 크기의 "Dream Mini"로 명명된 초소형 전기 자동차를 개발하였다. 이 차량의 총 중량은 785kg이며, 一充電 주행거리 70km, 최고속도 70km/h의 성능을 가지고 있다.

㉢ 關西電力(株)에서는 英國製 Bedford Van 및 독일 Pohlmann社 소형 승용차를 구입하여 각종 보급활동에 활용하고 있으며, Daihatsu 工業(株)과 공동 개발한 고성능 소형 전기 자동차 26대를 시장개발 활동에 사용할 목적으로 각 사업소에 배치했다. 그 고성능 소형 전기 자동차는 Daihatsu 工業(株)의 소형 사륜 구동차 라가를 베이스로, 적재량을 필요 최소한으로 줄여서 電池를 많이 적재시켜 고성능화를 꾀했다.(<표3>).

또한 Daihatsu 工業(株)과 日本電池(株)의 공동개발로 "미니 三輪 電氣 自動車"를 제작하고 있다. 이것은 original 전기 자동차로 설계되었는데, 차체의 compact화와 一充電 주행거리

개선 등, 주행성능의 대폭 개선(니켈-아연 전지를 탑재한 경우, 40km/h 定速 走行時 一充電 주행거리 180km, 최고 속도 45km/h)이 시도되고 있다.

㉣ 九州電力(株)에서는 英國製 Bedford Van 및 독일製 City Stromer의 주행시험을 하고 있으며, 또한 2,000cc級 四輪電氣 Van을 개발함과 동시에 中部電力과 공동으로 電動 scooter(二輪 및 三輪)를 개발하고 있다. 四輪 電氣 Van은 40km/h 定速 주행時 一充電 주행거리 150km, 최고속도 84km/h로 상당히 고성능이며, 二輪 scooter와 三輪 scooter는 각각 一充電 주행거리 50km와 80km, 최고속도 50km/h와 50km/h의 성능을 갖고 있으므로, 당초 개발목적인 근거리용의 손쉬운 교통수단을 실현하고자 하는 목표도 달성되었다.

㉤ 生活協同組合 kanagawa에서 配送用 電動 트럭의 自主開發

지구 환경문제의 심각화에 호응해서 생활협동조합 kanagawa에서는 配送用 트럭의 無公害化를 목표로 電動 트럭의 개발에 나섰다. 第一次 試作車 1대는 1991년 1월에 완성되었고, 이어 1991년 가을에는 第二次 試作車 2대가 제작되었으며 1992년 이후에는 量産化를 목표로 하고 있으며, 이 사업에 協贊하는 생활협동조합이 다수 생기고 있다. 이것은 전기 자동차의 최대 장점인 환경보전, 석유절약 등이 汎社會的이기 때문에, 전기 자동차 개발은 세계 각국 대부분이 行政主導로 이루어지며, 전기 자동차가 보급된 경우에는 受益者라고 할 수 있는 電力業界가 어느 정도 손해를 감수 하면서도 보급활동에 참여하고 있다. 코스트面에서도 디젤車에는 비교될 수 없는 電動 트럭을 大局的 입장에서 구매하려고 하는 수요자 出現이 획기적이므로 事業의 원활한 進展이 期待된다.

㉥ 新日本製鐵(株)은 고성능 전기자동차 NAV를 1990년 6월에 발표하여 주위의 注目을 받았다.(<표3>). <계속>