

국내외 전기자동차 인프라 구축동향

한승호, 최병윤

(한전 전력연구원 전력계통연구실)

국내의 완성차 업계에서 전기자동차 개발이 어느 정도 진척되어있는 현 시점에서 개발을 더욱 가속화시키고 상용화로 접근하기 위해서는 관련기관들의 유기적인 인프라 (Infrastructure) 구축과 효율적 상호공조가 절실히 요구된다.

본 글에서는 활발한 보급시책을 펴고 있는 선진국들의 전기자동차(EV) 관련기관들의 기술적인 측면보다는 시범운행의 관점에서 고려한 인프라 구축 현황을 둘러보고 이와 비교하여 국내에서의 개발방향 등을 논의하고자 한다.

1. 서론

전기자동차는 1873년 영국인 R. David에 의하여 실용화에 성공하였으나 보다 편리한 가솔린 자동차의 등장으로 비교우위를 상실하여 장기간 교통수단의 일선에서 물러나 있었다. 그러나 90년대에 들어서 선진국들을 비롯한 각국의 환경규제의 강화와 그리고 급속한 기술의 진보와 함께 다시 등장하게 되었는데, 현재, 전기자동차의 전기에너지 사용료가 가솔린 자동차의 연료비에 대해 약 1/10 정도이므로 매우 경제적이다. 에너지 측면뿐만 아니라 환경친화적인 측면도 전기자동차를 보급시켜야 하는 중요한 이유가 된다.

전기자동차는 에너지 공급, 저장, 동력변환, 제어장치 등이 전혀 다른 형태의 운송수단이다. 그러므로 이러한 새로운 운송체계에 일반인들이 적응하기 위해서는 전기자동차의 기술 개발, 생산공정, 초기수요창출, 대량보급 제도를 위한 각 기관들의 유기적인 협조체계가 절실히 요구된다.

본 글에서는 이러한 인프라 구축과 그의 활용을 극대화하기 위하여 해외 선진국에서의 추진과정과 전략을 간략히 살펴보고 그에 대응하기 위한 국내의 현황과 개선방향을 모색해 보기로 한다. 본론에서 수록하는 방식은 방대한 분량의 자료를

다 취급하지는 못하므로 지극히 개괄적인 형태로 가능하면 여러 기구들을 포함하여 간략하게 정리하기로 한다.

2. 본론

2.1 국제적 인프라

현재 국제적 교류를 위한 대표적인 기관은 IEA(국제에너지기구, International Energy Agency)이며 1974년 국제적인 에너지문제 해결을 위한 국제에너지계획(IEP, International Energy Program)의 이행기관으로 OECD(경제협력개발기구)내의 자치기구로 설립되었다. 여기서 CERT(연구개발공동위원회)를 중심으로 R&D 관련 공동 프로그램을 운영하고 있다. 각 참가국이 각 세부분야(Annex) 별로 지정되어 있는 운영기관에 역할분담과 비용분담을 하여 참가하게 된다. 전기자동차관련 분과는 1993년부터 시작되었으나 현재는 1996년에 제정된 전기 및 하이브리드 자동차 기술과 프로그램에 관한 실행협정(Implementing Agreement for Hybrid and Electric Vehicle Technologies and Programs)의 집행위원회 산하 AnnexI부터 AnnexVII까지에 포함된다.

2.2 미국에서의 인프라 구축상황

2.2.1 국가정책

1990년대에 들어와서 환경문제가 국제적인 이슈로 대두되었는데 미국은 자국내의 환경오염문제를 해결하기 위하여 다음과 같은 정부주도의 시책들을 내 놓았다.

EPA Act 92(Energy Policy Act of 1992)는 미국의 석유수입의존도를 낮추고 에너지 안보를 증진하기 위하여 연방정부 차원에서 제정한 법률이다. 여기서는 연방정부, 주정부, 대체연료 사업자들이 운영하는 차량으로 AFV(대체연료자동차, Alternative Fuel Vehicle)를 일정비를 취득하도록 의무화하

였다. 전기자동차는 이 AFV의 하나로 명시되어 있으며 DOE(에너지성, Department of Energy)에서 이 법안을 강제할 수 있는 권한을 부여받았다.

CARB(California Air Resources Board)의 ZEV(Zero Emission Vehicle) Program은 1990년 연방정부에서 규정한 Clean Air Act의 참여방안의 일부로 제정된 법안으로 현재 세계에서 시행되고 있는 것 중에서 가장 강력한 강제법안이다. 현재까지 최종 수정된 이 법안에서는 California주에서 매년 35,000대 이상의 자동차를 판매하는 자동차 제조회사는 2003년부터 전체 판매차량의 10%를 ZEV로 대체하여야 주 내에서 자동차를 팔 수가 있다. 현재까지 실질적으로 전기자동차만 ZEV로 인정을 받고 있다. 이 법안은 다른 주에 영향을 미쳐 Massachusetts주와 New York주 등 15개의 주에서도 강제판매 법규를 채택하게 되었다.

이외에도 CMAQ(Congestion Mitigation and Air Quality Improvement), EVAA(EV Association of Americas), Clean Cities, CALSTART, EVAmerica, EV IWC(Infrastructure Working Council) 등의 민간, 정부, 산업체, 연구기관, 학계들로 구성된 전국적 조직체들을 구성하여 활발히 활동하고 있다.

2.2.2 DOE의 Field Operations 프로그램

DOE(Department of Energy)에서는 전기자동차 보급책의 일환으로 실제 차량의 도로운행을 목표로 하여 관련기관들에 자금을 지원하는 Field Operations 프로그램을 구축하였다. 이 프로그램 산하의 OTU(Office of Technology Utilization)에서 전반적인 과제 추진 및 시험방법, 시험차량 선정 등을 담당하고 있다. 그리고 캘리포니아주의 전력회사인 SCE(Southern California Edison)와 애리조나주의 ETA(Electric Transportation Applications가 공인된 차량 시험기관으로서 활동하고 있다. ETA는 애리조나 공공서비스, 포트맥 전력회사 및 Salt River Project를 포함한다. 이 중 SCE는 1987년부터 전기자동차 시험 및 단체운행을 10년 이상 수행해오고 있고 1998년 3월 현재 122대의 전기자동차를 보유하고 있으며 차량특성평가, 단체운행 및 평가, 축전지 및 충전기 시험, 인프라 개발, 전기자동차 유지보수 및 타 기관의 품질보증, 교육훈련 등의 업무를 수행하고 있다. 특히 San Diego County에 위치한 Pomona시에 총 주행거리 20마일에 50개의 정류장 및 신호등을 가지는 사각형의 일반도로로 이루어진 주행코스를 확보하여 전기자동차를 시험하고 있다.

2.2.3 산타바바라시의 전기버스 운행 프로그램

캘리포니아주의 산타바바라시(Santa Babara)의 전기버스 운행사업은 시운송국에 의해 1991년부터 4년에 걸쳐 총 8,000회의 노선코스주행을 통해 300,000마일 이상을

주행하며 3백만명 이상의 승객들이 이용하도록 하였다. 또한 시운송국은 전기자동차의 운행을 용이하게 하기 위하여 산타바바라 SBETI(전기교통연구소, Santa Barbra Electric Transportation Institute)를 구성하였으며 여기에서 기술적인 지원과 정보교환 및 차량사양일정, 운전자 및 정비사 교육 등이 이루어지고 있다. ALABC사는 SBETI와 함께 산타바바라시의 MTD 전기버스용 300 kW급 급속충전장치 개발을 통한 전기버스티범운행 프로그램을 수행하고 있다. 여기는 SCE(남가주 에디슨 전력회사), 연방교통국, 산타바바라 공해제어국 등을 함께 참여하고 있다.

이외에도 Field Demonstration 프로그램으로는 샌프란시스코시 Bay Area Car Demonstration, Massachusetts시의 시범운행 프로젝트, New Jersey주의 Power Commute 프로젝트, Vermont주의 EVermont 프로젝트와 Connect 등이 있다.

2.3 일본의 인프라 구축상황

일본의 석유 의존도는 50% 대로 40% 대 수준인 타 선진국에 비하여 월등히 높으며 석유의 1/4을 자동차가 소비하기 때문에 석유대체 효과가 있는 Clean Energy 자동차의 보급이 시급해졌다. 일본은 전기자동차에 체계적인 연구개발을 위해 1971년부터 통상산업성 공업기술원을 주축으로 5년간 57억엔을 투입한 경험이 있으며 당시로는 세계 최고수준인 전기자동차를 개발하였다.

전기자동차의 운행프로그램의 대표적인 사례는 오사카시의 급속충전시스템을 이용한 시범운행 사업과 Eco Station 2000 프로젝트, EV Community 시스템 프로젝트가 있다. 지면관계상 이 중에서 Eco Station 2000 프로젝트만 살펴보기로 하자.

이 프로젝트는 통상산업성 자원에너지청의 위임을 받아 에코스테이션 추진협회(Eco Station Promotion Association)에서 수행하는 것으로 1993년부터 2000년까지 전국의 급유소 네트워크를 활용하여 저공해차량에 대한 에너지공급망을 정비하는 것을 목적으로 한다. 1단계(1993~1995년)에는 관동, 중부, 관서지방의 대도시권 및 고속도로 구역의 에코스테이션의 정비를 2단계(1996~2000년)에는 전국적인 급유소 및 주요 간선도로에 에코스테이션의 정비를 목표로 충전소 1개소 당 3,300만 엔의 시설정비와 연간 200만 엔의 시설운영비를 3년간 보조하고 있다. 현재 일본 내의 에코스테이션은 전기(19개소), 천연가스(20개소), 메틸알코올(11개소) 관련 급유소들을 설치해놓고 있다. 이 중에서 대부분의 에코스테이션은 중부 지역 나고야시의 석유보급소에 설치되어 있고 급속충전소의 대부분은 동경도청전용으로 설치되어 있다. 각 지역의

표 1 일본의 에코스테이션 분포

지역	LL형 급속충전 스탠드	급속충전 스탠드	에코스테이션	계
중부	3	6	10	19
관동	2	10	3	15
규슈	1	1	1	3
오키나와	1	-	1	2
중국	1	-	-	1
동북	1	-	-	1
긴키	-	1	-	1
계	9	10	15	42

에코스테이션의 분포는 표 1과 같다. 여기서 LL형 급속 충전스탠드는 부하평준화(Load Leveling)용 전지에 야간전력을 충전하여 주간 급속충전시 사용하는 시설을 말한다.

2.4 프랑스의 시범운행

프랑스의 La Rochelle시의 경우는 이미 1986년부터 시, 우체국, 전력회사인 EDF 등이 협력하여 전기자동차의 실제 도로운행을 시도하였다. 1993년부터는 개인이 전기자동차를 사용하여 1997년까지 150대의 전기자동차들이 시내와 주변지역에서 운행되고 있다. 특히 La Rochelle시의 경우 전기자동차 뿐만 아니라 전기스쿠터, 전기미니 버스, 전기트럭, 전기배달차, 전기보트 등이 운행되고 있다. 각 버스 터미널에서는 한나절 또는 반나절 정도 Autoplus라는 전기자동차를 대여할 수 있다. 1995년부터는 프랑스에서 처음으로 본격적인 전기자동차의 대여서비스 제도가 도입되었는데 이를 위한 참여업체로서는 전력회사인 EDF, PSA이고 차량은 푸조 106, 시트로엥 AX, Bargo 스쿠터와 소형 Volta 상용차이다. La Rochelle시는 1997년부터 프랑스 최초로 일년에 하루를 배기가스자동차가 운행되는 것을 금지하는 "Car-free Day"로 정하기도 하였다.

일반 소비자가 전기자동차를 구매, 유지, 보수를 하는 것에 주저하는 것을 감안하여 기획된 Praxitele 서비스는 전기자동차 대여 시스템이다. 이 시스템은 파리 서쪽에 위치한 성 Quentin의 지하철역 근처에서 셀프서비스 형식으로 사용되고 있으며 특정 Card를 구매하여 주로 대여시간에 따라 요금을 산정하는 것이 특징이다. 그러나 장거리의 경우 추가요금이 부과되므로 전기자동차의 대여체계로서는 가장 효율적인 방법으로 인정되고 있다. 이 프로젝트는 표 2와 같은 기관들이 역할을 분담하여 공동연구를 하고 있다.

표 2 공동연구기관의 역할 분담

참여기관	역 할
Renault	차량개발(Clio 전기자동차)
Electricite de France	전력회사, 충전시스템 개발(인덕티브 충전)
Dassault	ID 카드, 차량통신(GPS시스템을 이용한 위치결정 등)
INRIA	수학적 모델링, 최적운영방안, 장기개발계획 수립
INRETS	프로젝트의 일반적인 설계연구
GTIE	정보시스템 인프라 구성
Sobia	충전 스테이션 설계 및 설치

2.5 독일의 시범운행 프로젝트

전기자동차의 실용화를 위하여 독일정부는 뤼겐섬(Rugen Island)에서 1992년부터 1996년까지 시범운행 프로그램을 수행하였다. 이 프로젝트에서는 순수민간 자동차 협회인 DAUG의 주관으로 Opel, BMW, Neoplan, Mercedes-Benz, Volkswagan 등의 완성차업체와 ABB, AEG, Bosch, Simens 등의 전력회사, 부품업체, 학계 및 연구기관 등 관련 기관이 컨소시엄 형태로 참여하였다. 시험차량은 승용차, 미니버스, 밴, 중형버스 등 총 60대의 개조 전기자동차에 대해 Na/S, Ni/Cd, Pb/Gel, Na/NiCl₂ 등 다양한 축전지를 장착하였고 뤼겐섬 내 100명 이상의 사용자들이 매일 실제 사용한 주행 데이터를 DAS(Data Aquisition System)를 이용하여 수집하였다. 또한 뤼겐섬에는 주차장이나 서비스가 되지 않는 지역에서의 충전을 위하여 5대의 일반충전시스템과 2대의 급속충전시스템을 설치하였다. 급속충전시스템은 Zirkow 시에 30 kW급, Bergen시에 60 kW급을 설치하였고 Ni/Cd 축전지와 Na/NiCl₂ 축전지용으로 개발되었으며 6~10시간 정도 소요되는 일반 시스템에 비해 약 1/20 이하의 시간동안에 충전이 가능하다. 또한 태양에너지를 이용한 전기자동차용 전력공급 가능성을 파악하기 위하여 총 49기의 Photo-Voltaic Demonstration System을 설치하였다. 이것은 대당 21.5 kW의 태양광 발전에 의해 생산된 전력을 인버터로부터 전력계통으로 다시 충전기로 공급하는 시스템이다. 이것은 8%의 충전 소요전력을 태양에너지로 공급하는 것과 같다.

또한 독일은 고성능 축전지 개발을 유도하기 위하여 AEG Angle Batteries사는 유럽연합의 지원 하에 1996년부터 고성능축전지탑재 전기자동차 시범운행(Electric Vehicle Fleet Demonstration with Advanced Batteries) 프로젝트를 시작하였다. 이 프로그램의 목적은 AEG Angle사가 개발하여 양산 중인 ZEBRA 축전지(Na-NiCl₂ 축전지)의 성능을 측정하기 위한 것으로서 이 축전지를 탑재한 16대의 전기자동차

가 도시지역의 실제 주행거리인 100 km 이상을 주행할 수 있는지 테스트하는 것이다. 이 시험에 사용되는 전기자동차는 10대의 Opel Astra Caravan과 6대의 Renault Express로서 433 kWh 용량 축전지 34개를 탑재하고 있다.

지금까지 소수의 선진국을 중심으로 전기자동차의 인프라 구축 동향을 개략적으로 살펴보았다. 그러나 이 외에도 영국, 벨기에, 이탈리아, 스웨덴 등에서 시범운행이 활발히 이루어지고 있으며 현재 대만에서 추진되고 있는 전기스쿠터 프로젝트, 스위스의 CityCar 프로젝트와 같이 작은 규모의 프로그램들이 각국에서 많이 추진되고 있다.

2.6 국내의 인프라구축 동향

최초의 국내 전기자동차의 연구는 1975년 한국과학기술원에서 코로나 차체에 납축전지를 탑재한 차량을 개발한 것으로 50 km/h의 최고속도를 가지며 40 km/h의 정속주행으로 38 km를 주행할 수 있었다. 전기자동차의 인프라 구축은 전세계적으로 전력판매 촉진 정책과 충전소 운영 문제로 전력회사에서 주도하는 경우가 대부분이다. 한전전력연구원에서는 '87년부터 '90년까지 40개월간 "전기자동차 적용에 관한 조사연구"를 국내 최초로 수행하였으며, 이 연구에서는 미국 Solec사의 전기자동차인 EV-CORT를 도입하여 주행성능 및 EMI 시험을 수행하였다.

1993년, 한국전기연구소에서 개발한 엑스포 전기자동차는 대전엑스포 대회장내의 의전용, 구급환자용 등의 특수용으로 사용하기 위해 6인승으로 5대가 제작되었으며 기존 Van형의 프레임에 FRP 차체를 이용하여 제작한 컨셉트차량이다.

1991년부터 현대자동차는 엑셀 개조차를 시초로 현재 8대의 엑센트 개조차를 개발한 경험이 있으며 이를 통해 국내에서 최초로 CARB(California Air Resources Board)의 무공해차 인증을 받아 한국을 세계에서 5번째로 인증을 획득한 국가로 올려놓았다. 이 엑센트 개조차는 최고속도 130 km/h, 일충전거리 200 km의 주행성능을 유지함으로써 현재 세계 최고 수준인 Toyota, Honda사의 전기자동차와 근접한 수준을 갖고 있다. 현대자동차는 이 차량과 아토스 개조차를 2000년에 양산할 계획을 갖고 있다.

대우자동차는 르망, 에스페로 개조차를 개발하였고 현재 약 6억원을 투입하여 10대의 씨에로 개조차를 개발하였다. 이는 최고속도 120km/h에 고성능 납축전지를 사용하였으며 일충전거리 300km를 보유하게 되었다. 현재 정부주도의 G7 전기자동차개발사업의 주관기관으로서 전기자동차를 개발하고 있으며 1999년 5월 서울 국제모터쇼에 이 사업에서 개발한 전기자동차 전용모델을 선보이기도 하였다.

현재 정부는 1992년부터 2002년까지 10년간 자동차부품연구원을 중심으로 하는 G7 '차세대자동차 기술개발사업'을 통해 전기자동차 개발을 지원하고 있다. 여기에는 정부와

산학연 협동으로 축전지(Ni-MH, Li 이차전지), 모터, 냉방방장치, 알루미늄 차체, 충전장치 등의 핵심부품을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

3. 결 론

국내에서는 현재까지 각종 관련부품이나 차량제작에 있어서 괄목한 성과를 거두고 있지만 관계기관들이 협동하여 추진하는 프로젝트들이 상대적으로 미미한 정도이고 더욱이 현재까지 일반인들을 상대로 한 전기자동차의 실제 도로운행은 실제적으로 거의 전무한 실정이었다. 이를 해결하기 위하여 전국에 산재한 관련기관들을 분류하고 각 기관의 역할들을 분담하여 효율적으로 상호 지원하는 기관인프라 구축이 우선 필요할 것이다.

국내에서는 이러한 기관인프라의 구축을 통해 업무를 분담하는 반면, 전체 관련기관들이 효율적인 협동을 유도하기 위해서는 단일 프로젝트가 필요한데 본문에서 살펴본 바와 같이 선진국의 경우 대부분 시범운행으로 이를 대체하고 있음을 알 수 있다. 현재 국내에서는 특정지역에서 소규모로 일반인이 직접 운전하는 도로주행 프로젝트를 정부와 관련 연구기관들이 역할을 분담하여 준비하고 있으므로 가까운 미래에 국내도로 실정에 맞는 운행 노하우가 정립될 것으로 본다. 또한 이러한 시도를 통하여 각 지역에 구축되는 장치들에 대한 설비인프라를 갖추게 되면 전기자동차의 보급에 대한 공간이 구비될 수 있을 것이다. ■

〈 저 자 소 개 〉



한승호(韓承浩)

1961년 2월 3일생. 1984. 2 부산대학교 물리학과 졸업. 1986. 8 고려대학교 대학원 물리학과 졸업(석사). 1994. 12 University of California, San Diego 물리학과 졸업(박사). 1995~1996 Institute for Pure and Applied Physical Sciences(미국). 박사후 연구원. 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.



최병윤(崔炳允)

1956년 5월 21일생. 1980. 2 연세대학교 전기공학과 졸업. 1983. 2 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991. 2 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.