

전기차 산업의 전망

김만식 <(주)에이티알앤디 대표이사>

1. 전기차의 역사와 현황

바퀴가 달린 차량은 기원 전 4세기부터 기록에 등장한다 하니 인류가 말과 같은 동물의 동력으로 움직이는 차량을 사용한 기간은 2천년이 넘는다. 이에 반하여 사람이 만든 동력기관을 이용하여 움직이는 차량의 역사는 아직 2백년이 되지 않는다.

1830년대 스코틀랜드에서 최초의 전기차가 출현하였고 20세기 초반에는 가솔린차보다 많은 수의 전기차가 사용되었다 한다. 그런데 1920년대에 들어서 전기차가 도로에서 사라지고 전기차 산업은 장기간의 동면기에 들어간다. 1990년대 초 미합중국 캘리포니아 주정부가 승용차 제작사로 하여금 무공해차(Zero

Emission Vehicle)을 의무적으로 판매하도록 하는 법안을 만들면서 전기차에 대한 연구 개발이 활성화되었고 21세기에 들어와서는 지구온난화를 막기 위한 이산화탄소 배출 규제가 시작되면서 전기차 시장의 기반이 만들어졌다.

장애인용 차량이나 골프카 시장은 전기차가 이미 시장을 독점하고 있다. 그럼에도 불구하고 우리 대부분은 지금은 '전기차 시대'가 아니라고 생각하고 있다. 바퀴와 동력기관을 갖춘 차량 중 가장 큰 시장 규모를 가진 승용차에 있어 전기차의 시장점유율이 극히 미미하기 때문일 것이다. 과연 전기차가 승용차 시장을 과점하거나 독점하는 '전기차 시대'가 올 것인가? 온다면 언제 어떤 길을 통하여 올 것인가?



그림1 . 자율주행 전기차(좌)와 축전식 궤도 전동차(우)

본 저자는 본 기고를 통하여 이에 대한 전망을 제시하고자 한다.

본 저자는 약 30년간 자동차산업에 종사하여 왔고 전기자동차 관련한 일을 시작하기도 20년이 되었는데, 사람마다 자동차에 대한 정의가 다르고 따라서 각자가 사용하는 전기차에 대한 정의 역시 같지 않음을 느껴왔다. 본 기고에서는 전동기에 의하여 원형의 바퀴를 구동함으로써 움직이는 육상 이동 수단은 모두 전기차라 할 것이다. 이러한 정의에 따르면, 전기승용차는 물론 전기자전거나 고속전차도 전기차에 포함된다. 본 저자가 1999년 창업한 (주)에이티티알앤디가 개발하여 납품한 차량 중 도로 주행중 충전이 가능한 전기 버스나, 군사적 정찰 업무에 사용되는 무인 자율주행형 전기구동차량, 40인승 축전식 궤도 전동차, 사업화를 위하여 개발중인 65톤급 광산용 전기 트럭 역시 전기차에 포함된다.

전기승용차의 시장 전망을 하는데 여러 다른 형식의 전기차에 대해서도 살펴보는 이유는 전기차는 그 형식에 무관하게 의존하는 기술이 동일하거나 유사하다. 또한 각 형식의 전기차 시장이 다른 전기차 시장과 동반하여 성장하는 관계이거나 그 반대로 서로 경쟁하는 관계가 있는 등 서로 연관되

어 있기 때문이다. 예를 들어, 중국과 같이 자전거를 교통수단으로 이용하는 나라에서의 전기자전거의 시장 점유율은 급속도로 성장하고 있으나 자전거를 운동이나 여가 활동을 위하여 이용하는 나라에서의 전기자전거 보급률은 지지부진하다. 또한 전기자전거를 이용하던 소비자층의 소득이 늘어난다면 전기 모터사이클 시장으로 이동할 것인지 아니면 내연기관 승용차 혹은 전기승용차 시장으로 이동할 것인지 판단하기 위해서는 여러 사회, 경제적 변수에 대한 분석이 필요하다. 본 기고는 여러 형식의 전기차에 공통적으로 작용하는 경제성이라는 요소를 중심으로 전기승용차의 전망을 향한 논리전개를 할 것이다.

물론 경제성 외의 요소가 크게 작용하는 전기차 시장이 있다. 장애인용 차량 시장을 전기차가 독점한 이유는 조작의 편의성, 구조의 단순성, 청정성 및 정숙성 면에서 전기 구동 방식이 내연 구동 방식에 비하여 우월하다는 장점이 부각되고 장애인용 차량의 이동 거리를 고려할 때 축전식 전기차가 갖는 단점이 별로 부각되지 않기 때문이다. 이와 유사한 이유로 당초 내연기관 차량이 독점하던 골프카 시장을 전동 골프카가 점차 시장을 잠식하더니 최근에는 시장을 거의 독점하



그림 2. 헤이리(좌)와 남이섬(우)에서 사용중인 저속 전기차

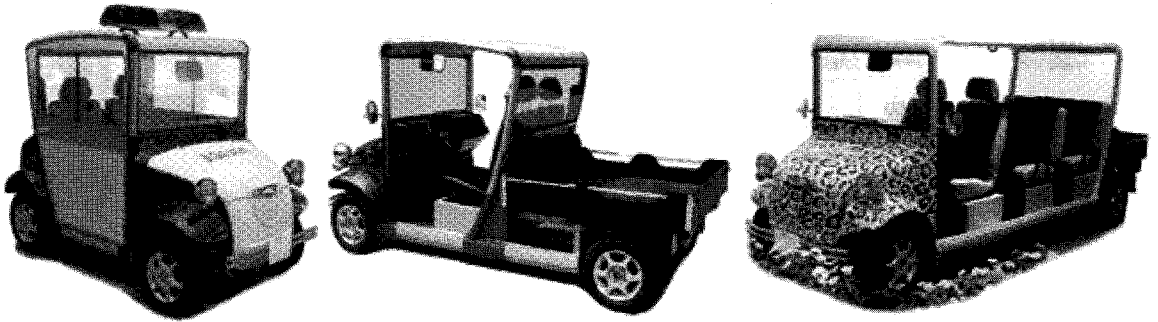


그림 3. 에이티티알앤디가 출시한 저속 전기차

고 있다.

비록 고속도로나 자동차 전용도로를 주행할 수는 없으나 국도나 지방도 등 최고 제한 속도가 낮은 공공 도로를 주행하도록 허용된 저속 전기차 종류의 경우 미국은 법규상 내연기관 차량을 금지하지 않으나 내연기관을 이용하여 low speed vehicle을 상품화 할 경우 배기 가스 인증 문제로 사업화가 곤란하여 예외 없이 전기 구동식 차량만이 출시되고 있다. 유럽연합의 법규상 quadri cycle에 내연기관 혹은 전동기를 사용할 수 있으나 법규 제정 초기에는 내연기관 차량이 시장을 독점하였으나 점차 전기구동식이 시장을 주도하고 있다. 캐나다와 우리나라의 경우 저속차는 이에 전기 구동식으로 한정하고 있다.

전기차에 있어서 거의 유일한 약점이라 할 수 있는 것은 차량 주행에 필요한 전기의 공급과 관련한 것이며 나머지 측면에 있어서는 전기차가 내연기관 차량에 비하여 월등히 우월하거나 적어도 동등하다 할 수 있다. 지하철, 고속철과 같은 궤도식 차량은 주행중 전력선으로부터 전기를 공급받음으로써 오래 전에 축전식 전기차의 약점을 해소하였다.

고속 승용 전기차의 일충전거리가 수 백 킬로미터가 되도록 제품화할 경우 차량 가격이나 충전과 관련한 문제로 경제성을 갖추기 어렵다. 전기 승용차의 에너지 효율은 5 내지 8(km/kWh)로 알려져 있으며, 냉난방기 가동 정도에 따라 30(%) 이상 효율이

나빠지기도 한다. 그런데 리튬 전지 시스템은 상당히 큰 규모의 계약에서도 (kWh)당 5십만원 이상의 가격에 공급되고 있다. 따라서 일충전 주행거리 100(km)를 확보하기 위해서는 최소 6백만원 이상의 전지시스템을 설치하여야 하는데 다양한 운전 조건, 시간이 지남에 따라 전지 용량이 감소하는 것을 고려하면 실제로는 1천만원 내외의 비용을 축전지에 써야 한다.

또한 아무리 급속 충전을 하더라도 20분 내지 30분은 소요되기 때문에 내연기관 차량이 2분 내외에 연료 주입을 마칠 수 있는 것과 비교가 되지 않는다. 그럼에도 불구하고 거대 자동차 회사의 입장에서는 차량 시장 중 가장 규모가 큰 승용차 시장을 포기할 수 없다.

그렇다면 전기차 산업이 어떤 방법으로 승용차 시장을 석권할 것인가? 2차 세계대전에서 연합군이 노르망디 해안에 상륙하여 거점을 확보한 후 많은 군사를 투입하여 독일군의 점령지를 조금씩 탈환하고 결국 독일의 수도인 베를린을 함락시킨 것과 마찬가지로 전기차 산업이 작은 거점을 마련한 후 최종적으로 승용차 시장에 도달하는 것이 한 가지 방법이다. 이와 같이 승용 전기차 시장에 접근하기 위한 거점으로 활용할 수 있는 전기차 시장으로는 저속 전기차 시장을 들 수 있는데 미합중국이 1998년, 캐나다가 2000년에, 유럽연합이 1997년, 우리나라는 2010년에 각각

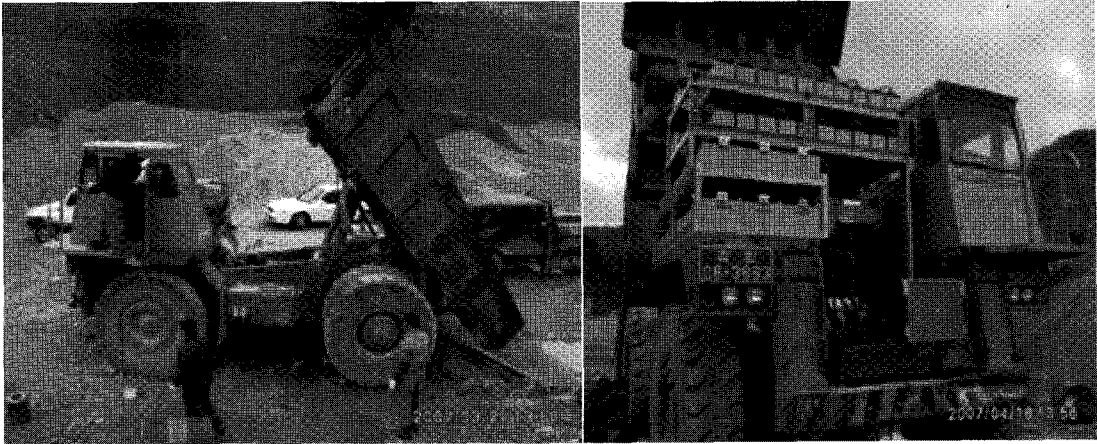


그림 4. 에이티티알앤디가 전기차로 개조중인 65톤급 광산용 트럭

저속 전기차 관련된 법규를 발효시켰다.

미국의 Ford사는 1990년대에 저속전기차를 미국에서 출시하고 Norway의 소형 전기승용차 제조사인 Think사에 투자하였으나 결국 이러한 사업들이 모두 실패하였다. Chrysler는 2000년대 초에 저속전기차 전문회사인 GEM사를 인수하여 계속 보유하고 있기는 하나 승용전기차 시장으로 진입하는 거점으로 사용하지 못하고 있다.

2차 세계대전에서 미국이 원자폭탄이라는 파괴력 있는 신무기를 사용하여 일본의 항복을 받은 것처럼 전기차 산업에 원자폭탄과 같은 존재가 등장할 가능성은 없어 보인다. 결과적으로 전기차 산업이 시장을 넓힐 수 있는 방법은 각각의 차량 시장을 공략하여 치열하게 싸워 시장점유율을 높이는 것 외에는 달리 뾰족한 방법이 없어 보인다. 전기차가 경제성을 확보하지 못하면 승용차 시장과 같은 민수용 시장의 진출은 사실상 불가능하다. 다음 장에서는 전기차의 경제성에 대하여 분석해 보기로 한다.

2. 전기차의 경제성

차량의 유지비는 에너지 비용, 수선비, 감가상각

비, 제세공과금 등으로 편의상 구분할 수 있다. 전기차의 에너지 비용 즉 전기 구입비는 나라에 따라 차이가 있지만 내연기관 차량의 에너지 비용, 즉 기술린 혹은 디젤 구입비의 1/10 내지 1/50 수준으로 매우 저렴한 것으로 알려져 있다. 그런데 고가의 축전지를 다량 설치한 전기차의 초기 가격이 동등한 내연기관 차량의 2배 혹은 그 이상으로 높을 뿐 아니라 전기차 부품 중 가장 고가인 축전지는 유한한 수명을 갖기 때문에 전기차의 감가상각비는 내연기관 차량보다 높다.

일부 전기차 회사들이 자신들이 판매하는 전기차의 월유지비가 수 만원에 불과하다고 광고하는 경우 이 유지비에는 전기 구입비만 포함하고 그보다 훨씬 큰 금액의 축전지 감가상각비는 제외시킨 결과이다. 거대 자동차 회사들은 수 십년 간 누적하여 엄청난 규모의 투자를 통하여 내연기관 승용차의 성능을 개선하여 왔기 때문에 상대적으로 적은 금전과 시간의 투자를 통하여 상용화된 전기승용차보다 차량 가격이나 유지비에 있어 월등히 높은 경쟁력을 갖는다. 특히 하루 평균 주행거리가 수 십 킬로미터에 불과한 개인 소유의 승용차의 경우 전기승용차가 이러한 경제성의 벽을 넘기 위해서는 10년 이상의 시간이 필요할 것으

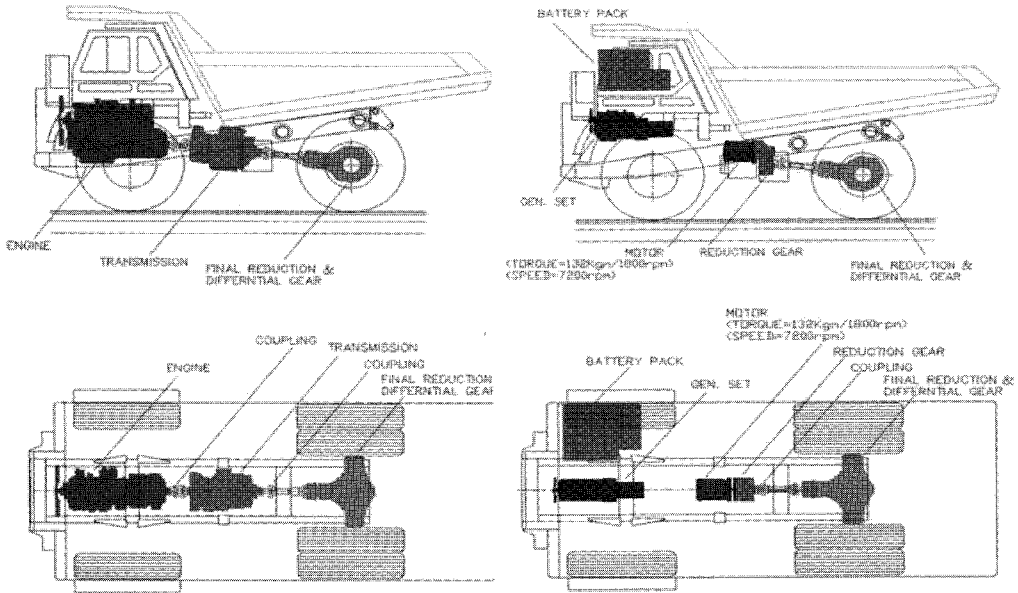


그림 5. 광산용 트럭의 개조 전(좌)과 후(우)의 레이아웃

로 보인다. 전기 택시의 경우 매일 상당한 거리를 주행하기 때문에 개인 소유의 승용차보다 경제성을 확보하기가 쉽다.

그런데 차량이 크면 클수록 내연기관 차량과 전기차의 제조 원가의 차이가 줄어들게 된다. 2백 마력급 승용차용 엔진이 2백만원 내외의 가격에 팔리나 그보다 출력이 3배 정도인 대형 트럭용 6백마력급의 디젤 엔진의 판매가는 적어도 2천만원으로 마력당 단가는 훨씬 높다. 내연기관 차량의 변속기 가격 역시 이러한 특성이 있다. 전기차의 구동 모터와 감속기의 가격 특성은 이와 반대로 용량이 대형화되면 마력당 단가가 떨어진다. 이러한 차량 핵심 부품의 가격 구조 때문에 차량이 요구하는 구동력이 크면 클수록 전기차가 원가 경쟁력을 확보하기 쉽다. 그 대표적인 예가 광산용 트럭과 같은 대형 트럭이다.

내연기관 차량에 있어 부하나 운전 속도의 변동이 크면 에너지 효율이 급격히 나빠지는데 전기차의 구동 장치인 전동기 역시 부하나 운전 속도의 변동에 따

른 에너지 효율 저하가 있으나 내연기관만큼 심하지 않다. 따라서 부하의 변동과 운전 속도의 변동이 심한 차량일수록 전기차가 내연기관차량보다 유지비 측면에서 경제성을 확보하기 쉽다.

적재량의 변동은 차량 구동계의 부하의 변동을 유발한다. 적재용량이 작은 차량은 적재용량이 공차중량보다 작다. 그 대표적인 예가 승용차인데 공차중량이 1.5톤 정도인 SUV의 최대적재능력은 공차중량의 1/2이거나 그 이하이다. 그런데 적재량이 커질수록 공차중량대비 적재하중이 커진다. 국내의 자동차관리법 및 도로교통법상 허용된 차량 최대 무게인 40톤의 만차중량을 갖는 덤프트럭의 공차중량은 14톤 내지 15톤으로 공차중량보다 훨씬 큰 25톤 내지 26톤의 짐을 싣고 다닌다. 이와 같이 적재량이 큰 차량은 전기차가 디젤 차량보다 연료비 측면에서 경쟁력을 확보하기 쉽다.

도로의 구배 역시 차량의 구동계의 부하 변동을 유발한다. 내연기관 차량은 내리막길을 내려 오거나 감

특집 : 전기차 산업의 전망과 기술 및 기반구축 현황

속을 할 때 브레이크 혹은 리타더(retarder)와 같은 제동장치에 의존하여 차량의 위치 에너지와 운동에너지를 열 에너지로 바꿔 공기중으로 발산한다. 이와 같은 제동장치의 작동을 위하여 엔진을 끄지 않고 켜둠으로써 연료를 소모한다.

이에 반하여 전기차는 감속을 하거나 내리막길을 내려갈 때 차량의 운동에너지와 위치에너지를 이용하여 구동용 전동기를 발전기로 작동시켜 제동력을 얻음과 동시에 전기를 생산하는데 이를 회생제동이라 부른다. 이와 같이 회생제동을 통하여 보통의 도로 조건에서 운행되는 전기 승용차의 일충전 주행 거리를 평균 30[%] 연장할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 전기 구동 시스템의 특징점을 잘 활용하면 평균치 이상의 에너지 개선 효과를 얻을 수 있다.

(주)에이티알앤디는 2005년부터 석회석 광산에서 사용되는 광산용 운반 트럭을 하이브리드 차량으로 개조하였는데 디젤 트럭대비 80[%] 이상의 연료 절감을 구현하였다. 이와 같이 높은 연료 절감효과를 얻는 것이 가능한 이유는 특수한 사용 환경 때문이다. 우리나라에 있는 대부분의 석회석 노천 광산에서는 산 정상부터 개발하여 산의 상부에서 돌을 채취하여 산 아래 설치된 크러셔(crusher)로 트럭을 이용하여 돌을 운반한다. 즉, 트럭이 산 정상에서 돌을 싣고 내려올 때의 총중량은 약 65톤인데 내리막길을 내

려오면서 회생 제동을 통하여 발전을 하고 이와 같이 생산된 전기를 축전지에 저장한 후 적재함이 빈 총중량 약 25톤의 트럭이 산 정상에 향하여 올라갈 때 대부분의 거리를 같은 길을 내려오면서 생산한 전기를 이용하여 올라갈 수 있는 것이다.

최근 CNG 시내 버스의 뒷바퀴에 장착된 재생 타이어가 터져 버스가 손상되고 승객이 다치는 사고가 언론을 통하여 수 차례 보도된 적이 있다. CNG 버스의 뒷바퀴 앞부분에 설치된 연료 탱크가 뒷바퀴를 식히는데 필요한 공기의 흐름을 방해하여 뒤 타이어의 온도가 높아지기 때문이라 한다. 그런데 버스는 전적으로 뒷바퀴로 구동하므로 가속시 앞 바퀴보다 더 많은 열을 발생시킨다. 또한 버스의 무게 중심이 뒷바퀴쪽에 있어 제동시 뒷바퀴에 주로 의존하는데 마찰식 브레이크가 많은 열을 발생시키고 이 열이 원만하게 빠져 나가지 못하면 타이어의 내의 공기를 가열하고 압력을 올려 타이어의 폭발 사고에 이르게 된다. 전기 버스는 제동시 구동 모터의 발전 기능을 이용한 회생 제동을 주로 하고 마찰식 브레이크의 의존도가 매우 낮기 때문에 브레이크 패드의 마모가 적고 브레이크 장치로부터의 발열이 작아 타이어의 수명을 연장하고 폭발 사고를 예방하는 효과가 있다.

이와 같이 전기차 각 종류별로 경쟁상대인 내연기관차를 상대로 한 경쟁력에는 큰 차이가 존재한다. 단순화시켜 정리하면, 승객 1명이 타는 초소형 차량은

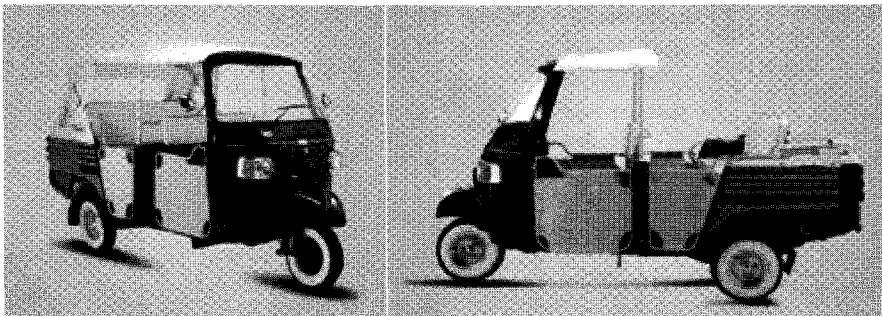


그림 6. 4륜 승용차와 차별화된 디자인 3륜 저속 전기승용차

전기차가 내연기관 차량보다 제조 원가가 적게 들 수 있어 전기차의 시장 진입이 용이하다. 2층 버스처럼 많은 승객이 타는 차량 역시 전기차가 경쟁력을 갖추기 쉽고 특수 용도의 초대형 트럭은 더욱더 경쟁력을 갖추기 쉽다. 극히 소량 생산되는 일부 대형 트럭의 경우 현재 시장에서 조달 가능한 부품으로 전기차를 제작하더라도 내연기관 차량보다 더 싸게 만들 수 있다. 각 나라별로 유가, 전기 가격, 차량 가격 등에 차이가 있기 때문에 확실히 말할 수 없으나 대형 디젤 트럭을 전기 구동식으로 개조하면 이에 소요되는 개조비를 3년 내지 5년 이내에 유지비 절감액을 통하여 회수할 수 있는 경제적 환경을 갖춘 나라가 다수 존재한다.

3. 전기차 보급 전망

기술의 진보에 따라 축전지의 가격이 싸지고, 수명이 길어질 것은 의심의 여지가 없다. 내연기관차량의 연료인 화석연료의 가격은 장기적으로 떨어지기보다 올라갈 것으로 예측되고 있다. 따라서 시간이 지남에 따라 점차 많은 차종의 전기차가 과거에는 갖지 못한 경제성을 갖추게 된다. 전기차의 특징점을 잘 파악하여 전기차 제품을 기획하고 시장을 공략하면 전기차의 보급을 앞당길 수 있다.

자전거를 교통수단으로 이용하고 있고 자전거 사용을 장려하는 정책을 가진 나라에서의 전기자전거의 시장 점유율은 꾸준히 증가할 것이다. 전기자전거에 관한 한 이미 기술적 장벽은 극복한 셈이고 리튬 전지의 가격 인하와 수명 증가로 전기자전거의 경쟁력은 점차 강화될 것이다. 다만, 자전거의 보급률이 낮고 중국산 자전거를 수입하여 판매하고 있는 국내 자전거 산업의 특징으로 우리나라 기업이 전기자전거 시장으로 진출할 가능성은 희박해 보인다.

저속 전기차 시장은 각국에서 법제화할 당시의 기대 못 미치는 성장을 하고 있다. 그러나 전문가들의

예측보다 10년 늦게 일순간 폭발적으로 성장한 디지털 카메라 시장처럼 리튬 전지와 고성능 모터의 보편화에 따라 저속 전기차 시장 역시 폭발적 성장을 할 전기를 만날 것이다. 특히 애플의 아이폰처럼 세계 속의 어떤 기업이라도 저속 전기차의 성공적 전형 모델을 선보이면 저속 전기차 시장은 성장 가도를 달릴 것이다. 특히 승용 저속 전기차는 기능, 구조, 디자인에 있어 대량생산되는 일반 경형 승용차와 차별화를 하지 못하면 경쟁력을 갖추기 어렵다.

대형 버스나 대형 트럭을 중심으로 한 전기 상용차의 보급은 공장에서 생산될 때 전기 버스나 전기 트럭으로 생산하여 판매하는 사업 외에도 이미 생산되어 사용중인 디젤 버스나 트럭을 전기차로 개조하는 사업을 통하여 활성화 될 것으로 전망된다.

전기 버스나 전기 트럭이 널리 보급되기 위해서는 성능이 좋고 경제성이 있는 제품 개발이 필요함은 물론이러니와 개조 비용을 리스 계약으로 처리하는 사업 모델과 축전지 설치 비용을 축전지 사용료로 수년간 나누어 받는 금융 모델이 필요하다. 앞서 설명한 국내 석회석 광산에서 사용되는 대형 트럭의 사용 수명은 최소 20년, 길게는 30년이다. 만일 디젤차를 전기차로 개조하는 비용을 리스로 처리하는 계약에 따른 월 리스료와 축전지 월 사용료의 합계액이 디젤차로 사용할 때의 월 연료비보다 작게 된다면 트럭 사용자의 입장에서는 개조에 따른 새로운 비용 부담과 유지비 증가도 없으므로 개조를 꺼릴 요인이 줄어들게 된다. 본 저자의 분석에 따르면 광산용 트럭에 이와 같은 사업 모델을 적용하면 3년 이내에 개조를 위한 리스원금을 다 갚을 수 있다. 앞으로 전기 트럭과 전기 버스 시장은 차량을 다수 보유한 사업자에게 공급할 전기차 제품과 금융을 제공할 능력을 확보한 전기차 사업자에 의하여 성장할 것으로 보인다.

고속 승용 전기차 시장은 향후 상당 기간 거대 자동차 회사와 각국 정부의 막대한 자원을 소모할 것이며

특집 : 전기차 산업의 전망과 기술 및 기반구축 현황

여러 자동차 제조사들이 이러한 경쟁에서 도태될 것이다. 도요타사가 1997년에 출시한 프리어스 하이브리드차 모델로 인하여 최근까지 엄청난 손해를 보았다고 하는데 심지어 손해액이 20조원에 달한다는 설도 있다. 이와 같은 출혈성 경쟁을 통하여 도요타사가 하이브리드차 시장을 독과점한 것은 주지의 사실이다. 전기 승용차 시장에서의 경쟁 역시 이러한 성격으로 진행될 가능성이 높다. 다만 하이브리드차 시장에서의 경쟁에는 세계적으로 소수의 자동차 제조사가 참여 하였으나 전기 승용차 시장에서의 경쟁에는 세계의 거의 모든 자동차 제조사가 도전장을 던지고 있어 향후 경쟁에서 많은 자동차 제조사가 이에 사라질 운명에 처할 가능성 역시 높다.

좋은 전기 승용차 제품을 개발하더라도 높은 차량 가격 때문에 기존의 제품 판매 중심의 공급 방식으로는 시장 확대가 쉽지 않을 것이다. 전기 승용차의 보급을 위해서는 “자동차는 소유하지 않고 필요할 때 빌려 쓴다”는 새로운 개념에 맞는 사용제도를 만들어 전파하는 것이 바람직하다. 카셰어링(car sharing) 과 같이 차량 1대당 8명 내지 12명의 회원들이 공유하여 사용하는 제도는 전기차의 특성과 잘 어울려 전기차 보급에 시너지 효과를 낼 것으로 보인다. 또한 전지 임대 사업이 활성화 되면 전기차 가격의 가시적인 인하 효과가 있을 뿐 아니라 자동차 제조사와 축전지 제조사 간의 기득권과 부가가치 확보 싸움이 상당 부분 해소되어 전기차 보급에 이바지 할 것이다.

좋은 전기차의 개발은 인류가 이미 100년 전부터 풀어 오고 있던 숙제였으며 정답에 상당히 접근하고 있다. 지금부터 우리가 새롭게 풀어야 할 또 다른 숙제는 전기차 시대를 바라보며 자동차의 생산, 유통, 사용, 재생산과 폐기의 전 과정에 걸쳐 인류에게 유익한 새로운 관점과 사업모델을 찾아내는 것이다.

◇ 저 자 소개 ◇



김만식(金萬植)

1976년 3월~1980년 2월 서울대학교 공과대학 기계공학 졸업. 1980년 3월~1982년 2월 KAIST, 기계공학 졸업(석사). 1986년 9월~1990년 11월 Univ. of Michigan, 기계공학 졸업(박사). 1999년 4월~현재 (주)에이티알앤디 대표이사. 1997년 6월~2000년 10월 ATT Inc., U.S.A. 부사장. 1996년 4월~1996년 12월 (주)다림시스템 기술이사. 1980년 3월~1996년 3월 (주)대우자동차 부장, 생산기술 및 연구소.