

無公害 自動車 開發의 現況과 展望

김 천 호

〈기아자동차 기술센터 EV연구팀〉

1. 서 언

급속한 산업화로 인한 과도한 에너지의 소비는 오존층 파괴, 온실효과, 대기오염, 수질오염 등과 같은 지구 환경오염을 유발하고 있는데 이중 자동차가 환경오염에 미치는 영향은 날로 심각해지고 있다. 현재 지구상에는 5억 2천만대의 자동차가 운행되고 있으며, 자동차가 곳곳에서 뿜어내는 배기가스는 대기오염 중 절반 정도를 차지하고 있다. 전 세계적으로 자동차는 세계 석유의 약 1/3을 소비하면서, 화석연료 연소를 통해 세계 탄산가스(CO₂) 배출의 약 14%를 토해내고 있고 이로 인해 온실효과에 크게 기여하고 있다. 또한 자동차의 에어컨에 사용되는 CFCs가스가 미국의 경우 전체 CFCs의 사용량의 16%이상을 차지하고 있고 이는 성층권의 오존층 파괴의 주범이 되고 있다. 이 외에도 자동차에서 방출되는 휘발성 유기화합물, 질소산화물, 일산화탄소는 산성비, 대기오염 등의 환경오염을 유발하고 있다.

늦게나마 전 세계적으로 이에 대한 대책을 마련하기 위한 움직임이 일고 있다. 1990년 미국에서 Clean Air Act(대기정화법)이 제정, 발표되어 무공해자동차 및 대체에너지를 이용한 자동차 개발을 촉구하고 있으며, 1990년 9월 28일 미국 캘리포니아주의 대기자원국(CARB)은 자동차 배기가스 및 자동차 연료에 관한 규제를 강화하기로 결정하여 '98년부터는 판매대수의 2%, 2001년부터는 5%,

2003년 이후로는 10%를 무공해자동차로 판매토록 의무화 하고 있다.

따라서 앞으로 무공해자동차를 생산하지 못하면 98년부터 대미수출의 길이 막힐 위기에 처하기 때문에 세계 자동차업체들은 이에 대응하여 무공해자동차의 개발을 적극적으로 추진하고 있다. 이러한 추이는 유럽으로 확산될 전망이어서 무공해자동차의 개발은 자동차업체의 사운이 걸렸다고 해도 과언이 아니다. 저공해 및 무공해자동차로써 알콜자동차, 천연가스자동차, 수소자동차, 원자력자동차, 태양열자동차, 전기자동차, 하이브리드자동차가 활발히 개발중이며 앞으로의 대체(代替)자동차로써 가능성을 보여주고 있다. 그러나 아직까지는 많은 문제점을 가지고 있는 것이 사실이다.

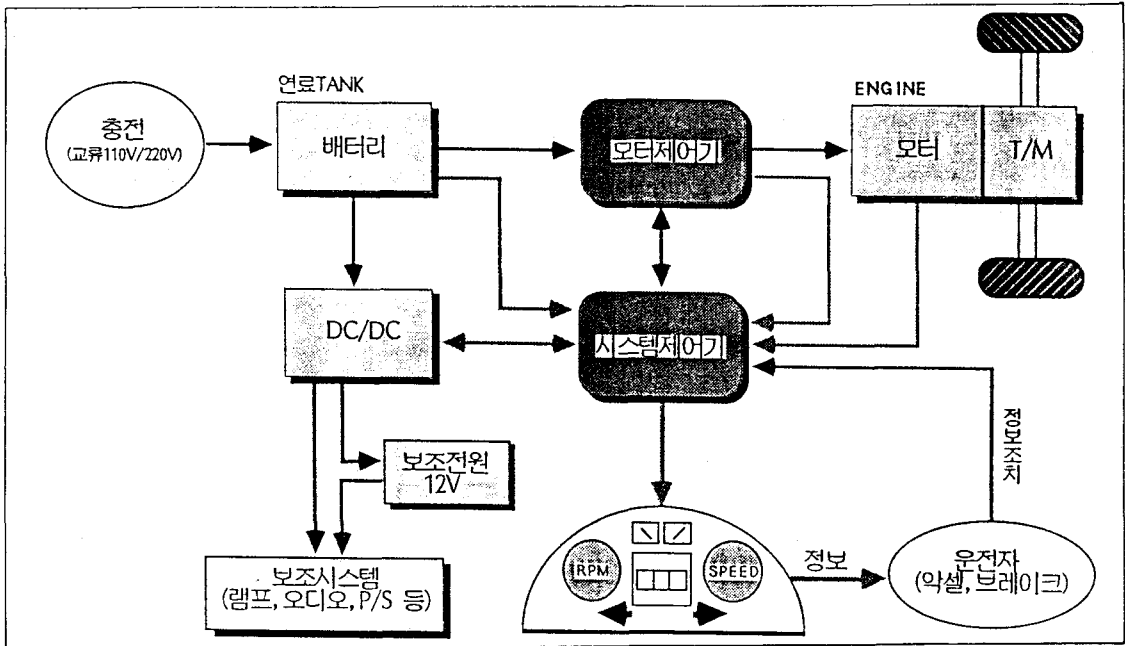
이 글에서는 이 중 특히 무공해자동차라고 여겨지는 전기자동차와 태양열자동차의 구조 및 장단점과 각국의 개발현황 그리고 앞으로의 전망을 간략히 살펴보기로 하겠다.

2. 무공해 자동차의 원리 및 특징

2.1 전기자동차

전기자동차는 가장 실용성이 있다고 판단되는 무공해자동차로써 세계 각국의 자동차 업체들이 개발을 하고 있다. 우선 〈그림-1〉을 참조하여 전기자동차의 일반적인 원리를 소개하겠다.

(1) 전기자동차의 원리



〈그림-1〉 전기자동차 시스템 블록도

전기자동차는 기존의 엔진자동차와 비교해서 엔진 대신에 전기모터를, 휘발유 대신에 전기를 저장하는 배터리를, 엔진제어장치 대신에 모터제어기를 사용한다는 점이 다르다. 또한 전기자동차에만 있는 것으로 전기를 배터리에 충전하는 충전기, 전체 차량의 전기적인 신호를 총괄하여 제어하는 시스템 제어기 그리고 높은 전압의 구동배터리를 램프, 와이퍼, 파워윈도우와 같은 보조시스템들이 필요로 하는 12V로 낮추어주는 DC/DC 컨버터가 있다. 그리고 냉각시스템이나 에어컨등과 같은 보조시스템들은 모두 배터리의 전기를 사용하기 때문에 엔진의 일부분의 힘을 이용해서 구동되는 기존 휘발유차의 보조시스템들과는 다른 구조를 갖는다.

자동차가 구동되는 원리는 다음과 같다. 운전자가 원하는 속도를 내기 위하여 가속페달을 밟으면 모터제어기는 이 신호를 받아서 적절한 양의 전기에너지를 배터리로부터 모터에 공급하게 되고 모터는 전기에너지를 회전에너지로 바꾸어 트랜스미션을 통해 바퀴로 동력을 전달하게 된다. 이때 시스템제어기는 전체 시스템에 걸쳐 과부하 및 이상 현상을 감지하여 운전자에게 경고신호를 보내거나 적절한 조치를 취하게 된다. 초창기에는 DC모터를 많이

사용하였지만 반도체 기술의 발달로 유지보수가 필요없고 고효율이 가능한 AC 인덕션 모터를 많이 사용한다.

배터리의 일부 에너지는 DC/DC 컨버터로 공급되고 여기서 12V로 낮추어져서 보조시스템에 공급된다. 12V의 보조배터리가 DC/DC 컨버터와 병렬로 연결되어 큰 부하가 걸릴 경우 DC/DC 컨버터가 감당하지 못하는 부하의 양을 보조하게 되고 비상시 DC/DC 컨버터가 고장이 났을 경우나 주배터리가 완전 방전되어 DC/DC 컨버터에 전원이 안 될 경우 사용된다. 또한 컨버터의 출력이 부하보다 큰 경우는 보조배터리에 충전된다.

주배터리는 12V의 배터리가 직렬로 연결되어 모터가 요구하는 전압을 내게 된다. 따라서 모터가 요구하는 전압에 따라 차량에 탑재되는 배터리의 수량이 달라지며 보통 10개에서 30개 정도의 배터리가 필요하게 된다. 한번 충전하면 완전방전될 때까지 운전이 가능한데 현 기술로는 에너지저장 능력이 저조해서 주행거리가 휘발유차에 비하여 매우 짧다. 전기자동차용으로 사용되는 배터리로는 납 배터리, 니켈-카드뮴 배터리, 나트륨-황 배터리, 니켈 base의 알칼리 배터리가 주로 개발 및 사용되고

있다.

완전방전되면 충전기를 통해서 충전하게 되는데 충전기는 차량에 탑재되는 탑재형과 외부에 별도로 설치되는 별치형이 있다. 탑재형은 외부에서 전원 콘센트를 차량에 연결만 하면 충전이 되므로 편리하지만 탑재가 가능토록 하기 위하여 소형으로 만들기 때문에 용량이 적어 충전시간이 많이 걸리는 반면, 별치형은 용량의 제약이 없기 때문에 급속 충전이 가능하다.

트랜스미션은 엔진자동차에서 사용되는 것을 그대로 사용하여 엔진 대신에 모터와 연결할 수도 있지만 모터의 토크 특성이 엔진에 비해 상당히 우수하기 때문에 가능하면 트랜스미션을 2단이나 단일 기어로 고정된 전기자동차 전용을 사용한다.

(2) 전기자동차의 특징

1. 공기오염이 적다: 전기자동차의 오염물질은 충전을 위한 전기를 만들 때 발전소에서 방출하는 오염물질을 고려하더라도 휘발유 자동차에 비하여 1/10로 감소된다. 태양열, 바람과 같은 오염물질을 방출하지 않는 에너지를 사용할 경우는 완전 무공해가 될 수 있다.
2. 수질오염이 적다: 하수도나 바다로의 석유방출이 없다.
3. 소음이 매우 적다: 엔진의 노킹, 밸브의 운동, 배기가스의 방출시 나오는 소음이 없다.
4. 유지보수의 필요가 적다: 스파크 플러그, 오일교환, 오일필터, 연료필터, 배기장치 등의 보수가 필요없다.
5. 신뢰성이 우수: 엔진자동차에 비하여 구조가 매우 간단하다.
6. 연료비가 저렴: 같은 거리를 주행하는데 필요한 전기세가 가솔린 가격보다 싸다. 한국의 경우 1/3정도 저렴하다.
7. 에너지 효율 높다: 도심지와 같이 정체가 심한 거리를 운행할 경우 정지시 전기자동차는 공회전을 하지 않기 때문에 에너지의 소모가 없으므로 전체적으로 에너지 효율이 높다.
8. 외국 석유의 의존도 감소: 전기를 발생하는데 사용될 수 있는 석유외에 다른 많은 에너지를 사용할 수 있기 때문에 외국의 석유 의존도

가 감소된다.

2.2 태양광 자동차

태양광 자동차는 에너지원으로 태양광(光)만을 사용하기 때문에 완전 무공해라고 할 수 있으며 에너지에 대한 비용이 들지 않는다.

(1) 태양광 자동차의 원리

태양광 자동차의 원리는 전기자동차와 거의 유사하다. 구동원으로써 전기모터를 사용하며 에너지원을 배터리에 저장하여 둔다는 점과 모터제어기와 시스템제어기가 있다는 점에서 전기자동차와 같다. 전기자동차와의 차이는 차량의 표면에 부착된 태양전지를 통하여 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환, MPPT를 거쳐 모터에 공급되어진다. 또한 사용되고 남은 전기는 배터리에 충전 되고 필요시 배터리로부터 공급을 받는다는 것이다.

태양전지의 출력은 태양에너지의 입사 각도와 기온의 변동에 따라서 변화한다. 태양전지의 출력 특성을 일정한 조건으로 유지하기 위한 시스템으로 MPPT가 활용되며 이는 태양전지의 최대 출력점, 즉 전류×전압의 곱이 최대치로 되는 점을 추적하는 역할을 한다.

태양전지의 재료에는 실리콘(Si), 갈륨비소(GaAs), 카드뮴황(CdS) 및 복합형(CdS/CdTe) 등이 있다. 현 기술로는 태양전지의 효율이 10%~18%로 매우 낮기 때문에 자동차를 운전할 만큼의 에너지를 얻기 위해선 매우 넓은 면적의 태양전지가 요구된다.

모터와 배터리 그 밖의 시스템들은 전기자동차의 그것과 유사하고 단지 특징적인 것은 차량의 구조이다. 태양에너지를 많이 모으기 위하여 넓은 면적의 태양전지를 사용하며 공기저항, 구름저항을 줄일 수 있고 차체가 가벼운 구조를 갖는다. 이를 위하여 복합재료인 FRP로 몸체를 가볍게 만들고 공기저항을 줄이기 위하여 유선형으로 차체를 설계한다.

(2) 태양광 자동차의 특징

태양광 자동차는 태양광을 에너지원으로 사용하기 때문에 완전 무공해자동차이며 시스템이 전기자

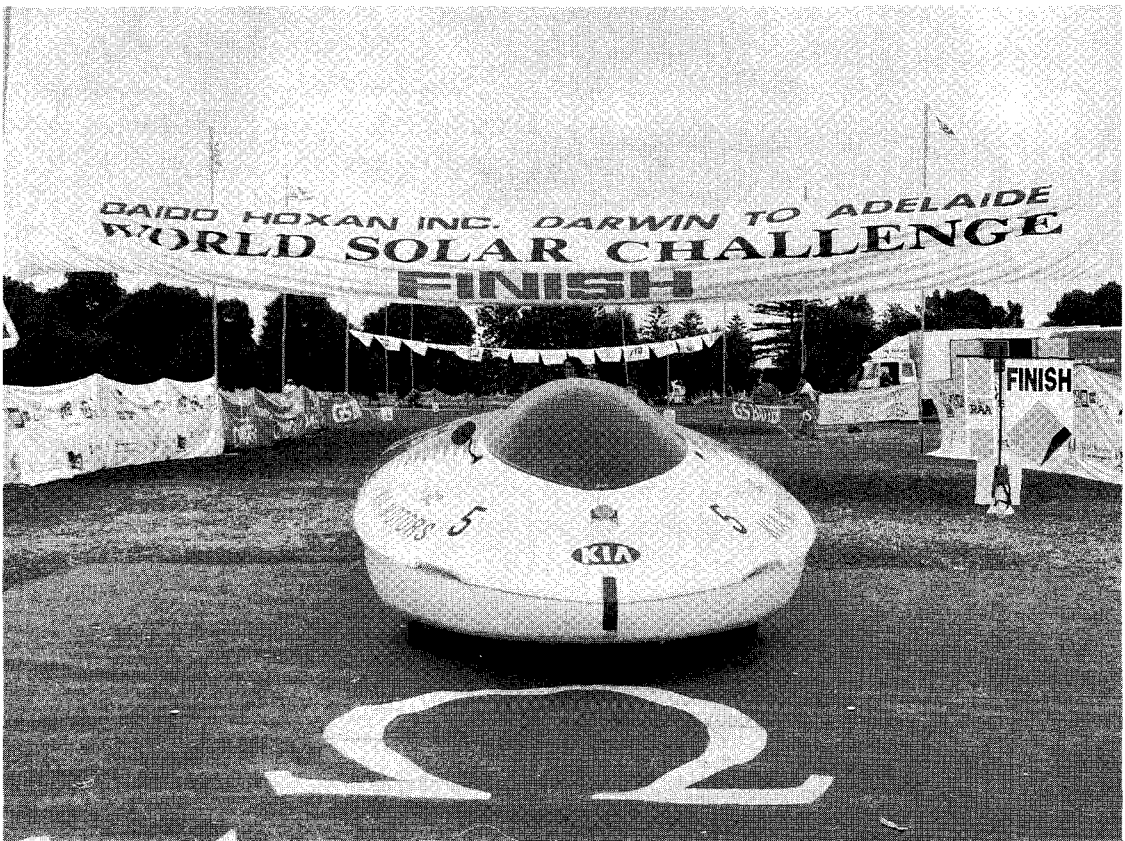
동차의 시스템과 구조가 같이 때문에 전기자동차의 특징을 그대로 가지고 있다. 단 현 기술로는 태양 전지의 효율이 10%~20%로 매우 저조하기 때문에 차의 부피가 커야하고 차체 중량을 줄이기 위하여 특수한 재료를 사용하기 때문에 안전성 문제와 또한 날씨에 따라 얻을 수 있는 에너지의 양이 변화하기 때문에 실용에는 아직 풀어야 할 많은 기술적인 문제를 가지고 있다.

3. 무공해 자동차의 개발 현황

전기자동차는 CARB의 법규제에 의해 98년부터 수출에 대비해야 하기 때문에 많은 자동차 업체들이 실용화를 위한 노력을 하고 있다. 미국과 일본 그

리고 유럽에서는 이미 부분적으로 실용화되고 있는 실정이다.

태양광 자동차는 태양전지의 저효율로 인해 실용하기에는 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 단 부분적으로 전기자동차에 태양전지를 ROOF등에 붙여 사용되어지거나 오토바이와 같은 저출력의 전동차에 응용되어지고 있는 실정이다. 그리고 태양광 자동차의 개발을 촉진하기 위하여 미국 GM의 Sunrace, 서독의 Hans Solar, 스위스의 Tour De Sol, 호주의 Australian World Challenge와 같은 랠리가 매년 개최되고 있으며 자동차업체 뿐만 아니라 각 대학에서도 많은 관심을 가지고 출전하고 있다. 미국 GM사는 평균시속 70km/h, 최고속도 100km/h를 내고 차량무게는 75kg인 '선레이서'를 개발했다. 한국에서도 기아자동차가 태양광 자동차



〈그림-2〉

를 개발하여 1993년 호주남북을 횡단하는 WSC (World Solar Challenge)에 출전하였다. <그림-2>는 태양만으로 호주의 다윈으로부터 아델라이드까지의 3008km를 달리는 이 경기에서 주행을 마치고 풀인하는 기아자동차의 태양광 자동차 '콘솔레'의 모습이다.

3.1 미 국

1976년 DOE(에너지성)을 중심으로 전기자동차 개발을 시작하여 현재에 이르고 있다. GM은 한번 충전하여 90km/h 정속으로 200km이상을 주행하고 최고속도 295km/h가 넘는 세계 최고의 성능을 갖는 IMPACT를 개발하였지만 가격이 너무 비싸서 양산을 못하고 있는 실정이다. FORD도 1회 충전으로 200km이상의 주행거리를 갖는 Na/S 배터리를 탑재한 ETX-II을, CHRYSLER는 TE-VAN을 개발하였다. 이들 3대 자동차 업체는 전기자동차에서 가장 큰 문제로 남고 있는 배터리의 개발을 위하여 컨소시엄(USABC)을 만들어 공동연구도 하고 있다.

미국에서는 전기자동차 개발 정책으로 (1)국립연구기관, 전지메이커 및 자동차 메이커를 서로 연계시켜 연구개발자금을 지원해 주고 (2)배터리, 모터 및 동력 전달장치 등 전기자동차 제작에 필요한 관련기술의 공동개발과 (3)전기자동차에 대한 세제혜택안의 마련 및 (4)1987년의 CAFE규제와 함께 전기자동차의 도입을 계획하였다.

3.2 유 럽

유럽에서는 EC 참여국들을 중심으로 전기자동차의 연구개발 보급활동을 적극적으로 추진하고 있으며 이 사업은 각국의 전력회사를 중심으로 이루어지고 있다. 1978년 4월 EC 참여국들 간 공동 협력하에 유럽 전기자동차 협회(AVERE)를 설립, 각국의 공동사업을 통한 전기자동차의 보급, 촉진을 도모하고 연구개발의 일부는 협회로부터 직접 지원을 받고 있다.

영국은 세계에서 전기자동차를 가장 많이 이용하는 나라로 알려져 있다. 현재 운행중인 전기자동차의 보급 대수는 약 35,000~40,000대로 추정되며 주로 우유배달차, 전력공사의 서비스차 및 작업차

등이다. 이들은 모두 저속용이지만 최근 정부, 학계, 전지메이커의 상호 협력을 통한 활발한 연구개발로 고성능 전기자동차를 곧 선보일 예정이다. 영국 Chloride 전지메이커에서 개발된 Na/S전지는 1회 충전으로 250km를 달릴 수 있어 그 전망이 매우 밝다고 한다.

프랑스에서는 전력공사를 중심으로 전기자동차의 연구개발, 보급활동을 추진하고 있고 수백대의 전기자동차를 제작 시범운행을 실시하였다. 파리에서 이용되고 있는 청소차 300백대 이상이 전기자동차로 되어 있다.

독일에서는 ERTC(독일 최대의 전력회사 RWE의 자회사)를 중심으로 연구개발, 발표를 실시하여 왔다. 이 계획은 연방정부의 MORD와 MOT의 협조로 추진되어 왔고, 70대의 소형승용차, 소형운반차를 10개 도시에 시범운행을 실시하였다.

3.3 일 본

일본에서의 전기자동차 개발은 상당히 활발하여, 공업기술원이 대형 프로젝트를 주관하여 민관협동으로 수행되고 있다. 각종 조사연구실적이나 차량 개발, 생산질적을 향상시키고 미래의 본격적인 개발·생산에 대비하여 기초적 연구개발활동을 추진하여 왔으며 이들의 기술은 세계적인 수준으로 평가 받고 있다.

동경전력은 40km/h 정속으로 548km를 달릴 수 있고, 최고속도 176km/h를 낼 수 있는 컨셉트카, IZA를 개발했으며, 닛산은 40km/h 정속으로 250km를 달릴 수 있고 최고속도 130km/h를 낼 수 있는 FEV를 개발하였다. FEV의 특징은 6분 이내에 40%를 충전할 수 있는 슈퍼급속충전을 할 수 있다는 것이다.

3.4 한 국

기아, 현대, 대우, 쌍용의 자동차 업체들이 전기자동차 개발을 하고 있으며, 국가에서 지원하는 G7 프로젝트로도 개발되고 있다. 전기자동차의 보급을 촉구하기 위한 방침으로 상공자원부에서는 1998년까지 1회충전으로 1백20km를 달릴 수 있는 전기자동차를 정부 및 공공기관의 업무차량으로 구매키로 하고 우선 1천대 정도를 시범운영할 계획이다.



〈그림-3〉

우리나라에서는 기아가 1986년의 아시안게임과 1988년의 서울 올림픽에서 마라톤 선도차로 활약한 베스타 전기자동차 개발로 전기자동차의 효시가 됐으며, 1993년 대전 EXPO에 운행 및 전시용으로 프라이드 전기자동차 4대와 세피아 전기자동차 2대, 베스타 전기자동차 3대를 출품하였다. 또한 국내에서는 처음으로 프라이드 전기자동차를 형식 승인을 받고 판매를 하게 되어 실용화에 선두주자가 되었다. 〈그림-3〉은 기아자동차가 개발한 저공해 및 무공해 자동차이다. 좌로부터 태양광 자동차, 프라이드 하이브리드자동차(태양+전기자동차), 세피아 전기자동차, 베스타 전기자동차, 천연가스자동차이다.

현대자동차도 1991년부터 1993년 3월까지 1~4호의 승용 전기자동차를 발표한 적이 있으며, 94년도에 국내에서는 처음으로 니켈-메탈수소전지를 사용하여 130km/h, 1회 충전주행거리 240km, 1회 충전시간 3시간을 갖는 전기자동차의 개발을 발표하였다.

다른 자동차업체들도 많은 관심과 개발에 몰두하고 있지만 국내 기술이 선진국에 비하여 아직은 초보적인 단계에 머물고 있다. 국가 차원에서의 지원과 기초 기술의 확보와 그리고 국민들의 큰 관심이 있어야 선진국 기술 대열에 설 수 있을 것이라 생각된다.

4. 무공해 자동차의 과제와 향후 전망

4.1 무공해 자동차의 과제

전기자동차에 있어서 가장 큰 과제는 무엇보다도 1회의 충전으로 주행할 수 있는 거리가 짧다는 것이다. 가솔린차가 연료를 가득 채우고 주행할 수 있는 거리의 1/5 정도에 그치고 있다. 게다가 현재의 전기자동차는 가솔린 자동차에 비해 전지가 차지하는 용적이 클 뿐만 아니라 중량도 무겁다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 두가지를 들 수 있다. 그 첫째가 배터리의 성능을 향상시키는 것이다. 배터리의 성능을 나타내는 지표로써 에너지밀도(Wh/Kg)를 사용하는데 이는 단위 중량당 저장할 수 있는 에너지양을 뜻한다. 따라서 고에너지밀도를 갖는다는 것은 중량은 작으면서 고에너지를 저장할 수 있다는 것을 의미하고, 결국 전기자동차의 주행거리를 늘릴 수 있는 방법이 된다. 또 한가지 방법은 각 요소의 효율을 높이는 것인데 이는 결과적으로 에너지의 효율적인 사용으로 인해 주행거리를 연장시키는 것이다. 또한 차량경량화, 공기저항저감, 타이어등의 주행저항저감등은 주행거리 연장의 한 방법이 된다.

전기자동차의 실용화를 위한 또 하나의 문제는 배터리의 배치이다. 현재의 전기자동차는 대부분이

뒷좌석이나 트렁크에 배터리를 탑재하여 뒷부분의 공간을 차지하고 있는데 이는 배터리의 저에너지밀도로 인해 상대적으로 많은 양의 배터리가 필요하기 때문이다. 배터리를 배치할 때 고려해야 하는 것이 전체 차량중량의 균형을 맞추는 것과 배터리의 교환 및 유지보수를 위한 적절한 위치 선정이다. 그러나 가솔린자동차의 차체를 그대로 사용하여 개조할 경우는 주어진 공간을 수동적으로 사용해야 하기 때문에 매우 어려운 문제에 봉착하는 경우가 많다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 전기자동차 전용의 차체 설계 및 제작이다. 배터리의 적절한 배치를 위한 공간을 확보하여 설계하면 큰 문제가 없기 때문이다. 선진국에서는 실행이 되고 있으며 국내기술은 아직 개조단계에 머물고 있다.

상기한 문제 외에도 전기자동차가 가지고 있는 문제는 히터와 에어컨의 설치이다. 가솔린자동차의 경우는 엔진의 열을 히터의 열원으로 사용하고 엔진의 힘을 일부 사용하여 에어컨의 펌프를 돌리지만 전기자동차의 경우는 모터의 효율이 좋기 때문에 열이 미미하고 모터의 에너지원이 결국 배터리에서 오기 때문에 전기 자동차용 히터와 에어컨은 배터리의 에너지를 직접 이용하여야 한다. 이는 주행거리를 단축시키게 되는 요인이 된다. 앞으로 쾌적한 전기자동차의 실용화를 위해서 풀어야 할 과제중의 하나이다.

4.2 무공해 자동차의 전망

태양열 자동차는 완전무공해라는 측면에서 이상적이라 생각되지만 태양전지의 저효율 및 고가로 인해 실용화에는 많은 문제점을 안고 있다. 그러나 부분적으로 오토바이와 같은 저출력의 전동차에는 실용화가 예상되며 전기자동차와 같이 사용하여 주행거리를 늘리는 수단으로 사용될 수 있을 것이다.

전기자동차의 실용화는 고에너지 배터리의 개발에 있다고 해도 과언이 아니다. 이는 고에너지밀도를 갖는 배터리의 개발을 의미하며 각국에서 많은 연구가 진행되고 있다. 전망 있는 배터리로는 단기간적으로 개량형 연축전지가 있고 중장기적으로는 니켈 base의 알카리 전지, 나트륨-황 배터리, 배터리를 들 수 있는데 참고로 납배터리는 40Wh/Kg이다. 그러나 아직까지는 고가이고 해결해야 할 여러

가지 문제점을 가지고 있는 상태이다. 2000년초에는 300km이상 달릴 수 있는 전기자동차가 실용화 될 것으로 기대된다.

전기자동차는 모터의 우수한 토크 특성으로 인해 기어변속이 더 이상 필요치 않을 것이다. 따라서 조작이 간단하고 무인운전등과 같은 첨단 제어장치들이 쉽게 접목 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 하나의 모터로 구동되는 현 시스템과는 달리 각 바퀴에 모터가 달려 구동되는 구조가 연구중에 있다. 이럴 경우 차동기어와 구동축이 필요없게 되고 각 바퀴의 회전수차로 조향을 하게 되므로 조향 성능을 향상시킬 수 있고, ABS SYSTEM등 별도의 제동장치가 필요치 않게 된다.

1998년의 법규제로 인해 부분적으로 실용화가 될 것이며, 국내에서도 2000년대에 들어서면 도로에서 주행하는 전기자동차를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 처음에는 도심지 주행에만 적합한 전기자동차가 실용화 될 것이고 기술의 발달로 점차적으로 고성능의 전기자동차가 출현할 것으로 보인다.

5. 결 언

이제까지 무공해자동차로써 전기자동차와 태양광 자동차의 원리와 특징을 살펴보고 특히 앞으로 실용성이 높은 것으로 여겨지는 전기자동차의 문제점과 전망을 살펴보았다.

무공해자동차의 개발은 단순히 법규제에 대응하기 위한 조치로서가 아니라 환경을 보호하기 위해서 착수할 수 밖에 없는 것이 되었다. 과학기술이 이제까지 인간의 생활을 편리하고 쾌적하게 만드는데에만 초점을 맞추었다면 그 방향을 환경보호로 돌릴 때가 되었다. 그 이유는 인간이 살아남기 위한 것이므로 그 어느 것도 이보다 우선 될 수 없는 것이다.

전기자동차는 가솔린차보다 공해가 매우 적은 차로써 실용화를 위한 박차를 가하고 있다. 국내에서도 자동차업체들이 중심이 되어 연구를 하고 있으며 2000년초에는 실용화가 될 것으로 보인다. 그때가 되면 조용하고 깨끗한 교통문화를 만들 수 있을 것으로 기대한다. **▲**