

# 그린카 구조 및 연구동향

한 경 식

(울산TP 자동차부품혁신센터 책임연구원)

자동차 산업의 공통된 최대 이슈는 환경, 안전, 에너지, 편의이다. 이러한 시대적 요구에 따라 자동차 메이커들은 대응 방안 마련은 물론 시장 주도를 위한 기술개발 등 다양한 노력을 하고 있으며, 전장부품과 센서 등 최첨단 하이테크 기술과 플라스틱, 나노, 하이브리드 소재 등이 적용된 다양한 부품들을 자동차에 적용시키고 있다. 또한 수소연료전지, 바이오디젤, 태양광, 전기 등 석유 대체 에너지를 적용한 차세대 연료 자동차들이 전세계 모터쇼 등 전시회에 출품되어 세계의 이목을 집중시키고 있으며, 이미 일본과 미국시장을 중심으로 하이브리드 전기 자동차(HEV) 및 수소연료전지 자동차(FCEV) 시장이 확대되고 있는 실증이다. 따라서 국내에서도 그린카에 대한 관심도가 증가하고 있고 일부에서는 개발에 박차를 가하고 있다. 이에 그린카에 대한 간단한 구조와 최근 연구동향에 대해서 기술하고자 한다.

## 1. 서론

전세계 자동차 시장의 패러다임이 급변하고 있는 가운데 한국의 자동차 시장도 최근 그린카의 개발에 박차를 가하고 있다. 이는 자동차 메이커의 성장과 생존을 좌우할 친환경/지능형 자동차를 글로벌 자동차 메이커와 함께 세계 각국 정부는 신성장 동력으로 설정하고 막대한 R&D 투자를 집중하고 있고 시장 선점을 위해 치열한 경쟁이 전개되고 있으며, 이와 함께 한국 최대 자동차 메이커인 현대기아자동차그룹도 안전성, 연료효율, 고객 요구 만족, 비환경적 요소 최소화를 목표

로 품질과 신뢰도를 높이며 생산비용을 최소화 하는데 주력하고 있으며, 하이브리드전기자동차, 수소연료전지, 전장기술, 소재기술 등 다양한 분야에 대해 연구개발을 진행하고 있고, 최근에는 LPI 하이브리드 자동차가 공개시장에 출시가 되면서 국내도 본격적으로 친환경 자동차에 대한 경쟁을 예고하고 있다. 그러나 친환경 자동차 분야에서는 선진 업체들에 비해 기술 경쟁력이 떨어지는 것으로 평가 되고 있지만, 많은 투자와 노력을 통해 기술 격차를 차츰 좁혀나가고 있다. 정부는 저탄소 녹색성장이라는 테마로 이와 관련된 그린카 분야의 R&D개발에 적극적인 전략을 세워 새로운 도약을 준비하고 있다. 민간과 함께 신성장동력 22개 과제를 발굴했고, 녹색성장 전략도 수립했다. 특히 녹색성장 분야에서는 2030년을 내다보는 '국가에너지 기본계획'에서 '그린에너지산업 발전전략'과 '기존 산업의 녹색변환' 정책까지 산업 전 분야를 아우르는 체계적인 전략을 세우고 있다.

현재 글로벌 카메이커들은 환경, 에너지와 관련하여 미래형 자동차로 하이브리드 자동차와 수소연료전지 자동차를 가장 주목하고 있으며, 안전, 편의 분야에서는 IT와 결합된 전장기술과 소재의 연구, 개발에 투자를 확대하고 있다. 특히, 환경과 에너지 문제는 각국의 환경규제와 고유가가 지속되고 있어 자동차메이커들과 자동차 부품 서플라이어의 최우선 해결 과제로 대두되고 있다.

미래형 자동차의 글로벌 기술동향은 2004년 Global Insight의 보고서에 따르면, 가솔린과 디젤을 축으로 하는 내연기관 자동차는 2010년경을 정점으로 감소할 것으로 전망

하면서 하이브리드 자동차가 본격적으로 시장을 형성할 것으로 예측하였다. 궁극적인 친환경 미래 자동차인 수소연료전지차는 2020년부터 성장기가 시작되어 2040년에 전세계 자동차 판매의 90%에 해당하는 8천대 규모로 확대될 것으로 전망하고 있다. 이와 같이 앞으로의 자동차는 전기와 연료전지자동차의 성장이 예상됨에 따라 연료전지자동차와 전기자동차의 구조와 각각의 최근 연구동향에 대해서 살펴보고자 한다.

## 2. 수소연료전지 자동차(FCEV)

### 2.1 FCEV의 개발 역사

- 1839년 영국 W.R Grove경이 최초로 발전장치 발명
- 1965년 미국 GEMINI 우주선에 전력공급용으로 적용
- 1969년 미국 28 開Gas 회사 중심으로 주거용, 상업용으로 개발 계획 수립
- TARGET PROGRAM(UTC Fuel Cell사에 개발 위탁) 수행
- 1981년 일본은 Moon Light(연료전지 신뢰성 및 고효율화) 6년 PROJECT 계획
- 1990년대 EU는 미, 일의 기술독점 및 열세만회를 위해 방어 개념으로 개발
- 1995년 한국ENERGY기술연구소, 한국전력에서 발전 SYSTEM으로 개발시작
- 2000년 현대자동차, 한국과학기술원에서 연료전지차 최초 주행 성공
- Canada의 BALLARD사, 미국의 UTCFC사(前FC社)를 중심으로 개발 시작
- Ballard사 제휴회사(DCX, GM, Ford, Honda, Nissan, Mazda, VW)
- 세계 약 700개 회사에서 상용화 준비중

### 2.2 FCEV의 작동원리

수소연료전지 자동차는 기존의 가솔린 내연기관이 석유 등 혼합연료를 폭발시킨 힘으로 구동축을 돌리는 데 비해, 연료전지는 전기모터가 구동축을 돌리게 되어 있다. 이 때 전기모터를 돌리는 에너지를 생산해 내는 것이 바로 연료전지이다. 연료전지의 구조는 전해질을 사이에 두고 주 전극이 샌드위치의 형태로 위치하며 두 전극을 통하여 수소이온과 산소이온이 지나가면서 전류를 발생시키고 부산물로 열과 물을 생성한다. 이렇게 생성된 전기 에너지를 이용하여 모터를 구동하게 되어 차량을 주행시키게 된다.

연료전지의 작동원리는 연료(수소)를 연소 과정 없이 전기로 직접 바꾸어 주는 에너지 변환장치이다. 연료전지의 음극(Anode)을 통하여 수소가 공급되고 양극(Cathode)을 통하

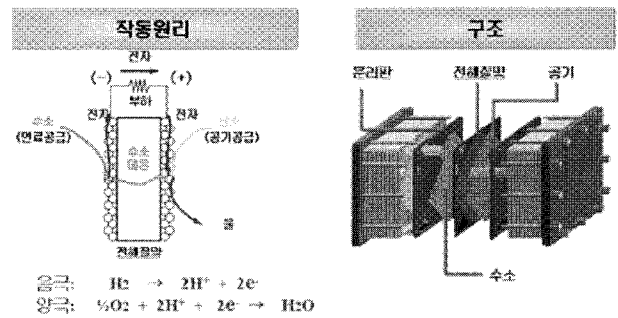


그림 1 연료전지의 작동원리

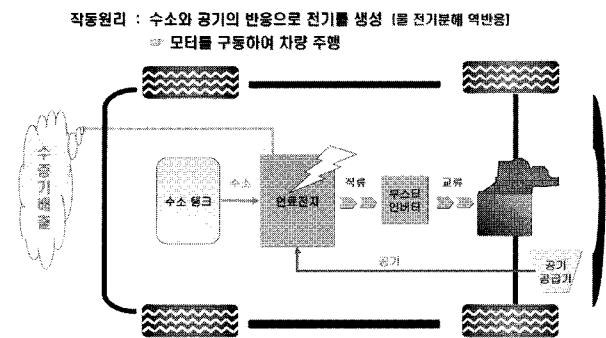


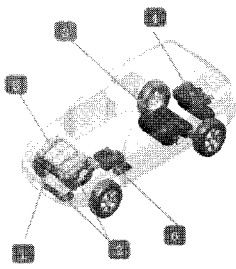
그림 2 수소연료전지 자동차의 작동원리

여 산소가 공급되면 음극을 통해서 들어온 수소분자는 촉매(Catalyst)에 의해 양자( $H^+$ )와 전자로 나누어 진다. 나누어진 양자와 전자는 서로 다른 경로를 통해 양극에 도달하게 되는데, 양자는 연료전지의 중심에 있는 전해질(Electrolyte)을 통해 흘러가고 전자는 외부회로를 통해 이동하면서 전류를 흐르게 하며 양극에서는 다시 산소와 결합하여 물이 된다.

차량의 구동원리는 차량 내부의 수소탱크에서 수소기체가 공급이 되며, 공기 공급기에 의해 산소가 공급이 되어 전류를 발생하게 되며, 발생된 전기는 인버터기에 의해 직류를 교류로 변환하여 모터를 구동하는 전원이 되어 차량을 구동시키게 된다.

### 2.3 FCEV의 구조

수소연료전지 자동차의 구조는 그림 3과 같이 스택, 운전장치, 수소탱크, 배터리, 모터/제어기, 전력변환기 등 크게 6가지로 분류가 된다. 스택은 연료전지 셀로 구성된 부품으로 연료전지 자동차의 주 전력 발생 장치이다. 운전장치는 연료전지 셀에서 전력이 발생하게 되는데 이 열에 대한 냉각 시스템과 스택에 공급되는 수소공급 장치 을 말한다. 수소 탱크는 고압의 수소를 저장하는 수소저장용기와 이 탱크를 지지하는 프레임 타입으로 구성이 되어 있다. 배터리는 주행시 보조 동



구분	기능	기술 중요 (%)	가격 비율 (%)
스택	전력 발생	50	40
연료전지	물 관리, 수소/공기혼합	15	30
수소 탱크	주행거리	12	6
모터	보조 동력원	5	3
인버터/제어기	동력 전달	11	8
전력 변환기	전력 전달	4	10

그림 3 수소연료전지 자동차 구조

표 1 해외 기술 동향

Prototype 수소차량		주요 특징
Clarity (Honda)		- 최초의 양산형 연료전지 자동차 - 연료전지 전용 플랫폼 - 금속분리판 사용효과로 -300C 냉시동 달성 - 주행거리 : 430~570km
FCHV-adv (Toyota)		- 2008년 9월 일본 환경성 리스 판매 - 2015년부터 판매 계획 - 기존 성능을 향상시킨 양산형 수소자동차 - 최고효율 64%, 300C 냉시동달성 - 주행거리 : 760~830km
Equinox (GM)		- 2008년초 뉴욕, 워싱턴, 캘리포니아에서 100대의 수소차에 대한 실증프로그램 시작 - 내연기관에 비해 270~350kg가량 더 무거움 - 주행거리 : 250~320km
Mohave (HMC)		- 2012년 FCV 양산 목표 - 배터리 대신 supercapacitor 사용 - 기존 Sportage FCEV에 비해 출력, 연비, 주행거리 증가 - 주행거리 : 600km
Celeanova Plus (SVE/FR)		- 2007년 2월 lease 시작 - 스택 : Nissan 자체 개발, 기존 UTC 스택의 40% 크기 - 개발목표 : 2015년까지 일반 X-trail 대비 추가 무게증가분 400kg을 200kg까지 감소 - 주행거리 : 500km 이상

력원으로 충전되는 시스템이다. 모터/제어기는 스택에서 발생된 전력을 wheel에 파워를 전달하기위한 동력 전달 시스템으로 모터를 제어할 수 있는 장치가 필요하다. 전력 변환기는

표 2 국내 기술 동향

수소차량	주요 특징
Santafe FCEV (현대기아)	 - 2000년 11월 발표 - 세계최초 350기압 수소탱크 - 2001 미쉐린 챌린지비엔덤에서 2개의 금메달수상
Tucson FCEV (현대기아)	 - 2004년 10월 제작 - 냉시동가능(-20℃) - 미국시범운행프로젝트 (2004.09~2009. 08)
SportageFC EV (현대기아)	 - 80kW급 독자연료전지스택 - 운전장치국산화부품개발적용 - 연료전지제어기(PCU) 개발 - 연료전지시스템독자개발
i-Blue Concept Car (현대기아)	 - 2007년 프랑크푸르트모터쇼에서 공개 - 100kW급 PEMFC 탑재 - 스택의 크기와 무게를 감소시켜 차량바닥에 배치 - 주행거리 600km, 최고속도 165km/h

전력을 전달하기 위해 전력을 변환하는 장치이다. 이 외에도 이와 같은 모듈부품들이 자동차에 장착되기 위한 연료전지 자동차 전용 플랫폼이 필요하며, 차체 및 내외장 부품또한 개발이 되어야 할 것이다.

### 2.4 FCEV의 연구동향

#### 2.4.1 해외 FCEV의 연구동향

NEDO 로드맵에 의하면, 2020년도까지 효율 60%, 출력 밀도 2.4kw/L, 내구 5000시간 및 가격은 현재 대비 1/100 정도의 수소연료전지차량을 개발하는것을 목표로 하고 있다. 혼다는 FCX FCX V flow Concept 개발함으로써 차량 하단 스택 공간을 획기적으로 줄여 전체 차량의 높이를 낮추고 냉각 모듈을 개선한 차량을 선보였으며 일본은 연료전지 차량 상용화를 위한 과제로 내구, 신뢰성, 운행 거리, Cost Down에 대하여 많은 연구를 진행중에 있다. Pt(백금) 촉매제의 사용량을 줄이는 연구는 Toyota, Nissan, Honda 모두에서 진행되고 있으며, 대체 촉매제에 대한 연구가 Toyota에서 진행중이나 스택 출력이 상당히 낮은 문제가 있고, 특히 Honda는 새로운 V-Flow스택을 개발하여 저온 시동성을 해결하였다.

TOYOTA 및 NISSAN은 기존의 35 MPa급 수소저장 탱크에서 70 MPa급 수소저장 탱크를 개발을 완료하였다.

#### 2.4.2 국내 FCEV의 연구동향

국내의 수소연료전지 자동차의 경우에는 완성차업체의 주도하에 2000년 이후 차량 개발이 되어 국내에 시범사업이 진행이 되어 오고 있다. 현대자동차의 신타페를 시작으로 하여 2006년부터 3년간 국내 수소연료전지 자동차 실증 사업을 실시 중에 있으며 수도권, 충청권, 여수, 울산 및 제주도 권역에서 실시중에 있다. 현재 수소충전소는 경기도와 대전에 설치 완료하였으며, 울산과 제주도에 충전소를 설치 중에 있고 여수에 1기가 설치 예정에 있다.

### 3. 전기 자동차(EV)

#### 3.1 EV의 작동원리

전기자동차는 고전적으로는 순수 전기차(Electric Vehicles)를 가리킨다. 구체적으로는 배터리 전기 자동차와 가선식의 트롤리 버스를 의미한다. 상품전원으로부터 충전기를 통하여 배터리에 충전하고, 그 전기에너지로 구동모터를 구동하여 주행한다. 동력 성능은 구동모터와 배터리의 출력, 항속거리는 배터리의 용량에 의해 결정이 된다. 상용전원을 이용하기 때문에 효율은 발전 효율, 송전 효율, 충전기를 포함한 충전 효율에 의해 지배적인 영향을 받게 된다. EV의 작동원리는 다시 말해서 외부 전원에 의해 내부 충전기로 전원공급이 되어 차량 내부의 에너지원으로 변환하여 전동기에 보급을 하며 이를 드라이브 시스템에 전달하여 바퀴를 구동하게 된다. 운전자는 전자제어기를 사용하여 전동기에 흐르는 축전지의 에너지양을 조절해 속도를 조정한다. 전기자동차의 구동계가 내연기관 자동차의 구동계와 크게 다른 점은 엔진과 연료탱크 대신에 구동용 모터와 배터리 시스템이 탑재되어 있다는 점이다. 이 밖에 모터가 휠 내에 탑재되는 예로서 대표되는 것처럼, 종래의 내연기관자동차에서는 사례가 없는 구동원의 유연한 배치인 것이 가능한 점도 전기 자동차가 갖는 큰 특징의 하나이다. 그림 4는 전기자동차의 기본적인 구성 요소의 명칭과 상호의 관계를 나타내고 있다.

전기 자동차의 구동 시스템은 크게 전지와 차재 충전기로 구성되는 차재 에너지원, 모터와 모터 제어장치로 구성되는 기계 동력 발생 원인 파워 유닛, 동력을 차륜에 전달하는 요소가 겹친 드라이브트레인으로 구성되고 추가로 차재 에너지원에 충전하는 장치를 포함하여 4개로 구성이 되는 것이 특징이다.

#### 3.2 EV의 구조

전기자동차 구조의 핵심이 되는 부품은 그림 2와 같이 약 9개의 부품모듈이 필요하게 된다. 앞서 전기자동차 구성의 3요소 이외에 EV용 차체와 플랫폼이 만들어 져야 하며, 전기를 이용한 전장시스템 등이 추가로 필요하다. 그림 5는 전기자동차의 필요 구성품을 나타내고 있다.

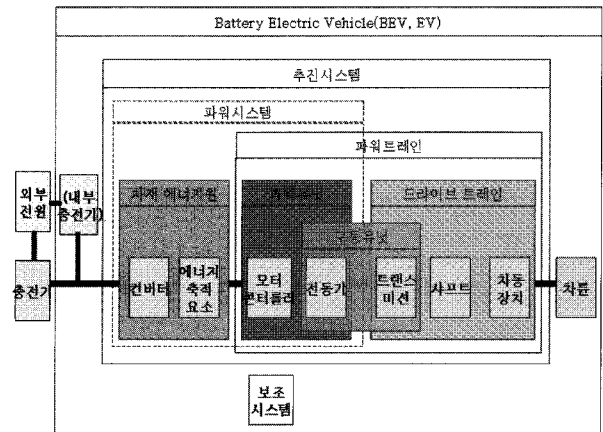
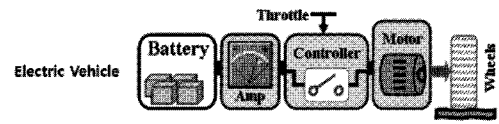


그림 4 전기 자동차의 작동원리

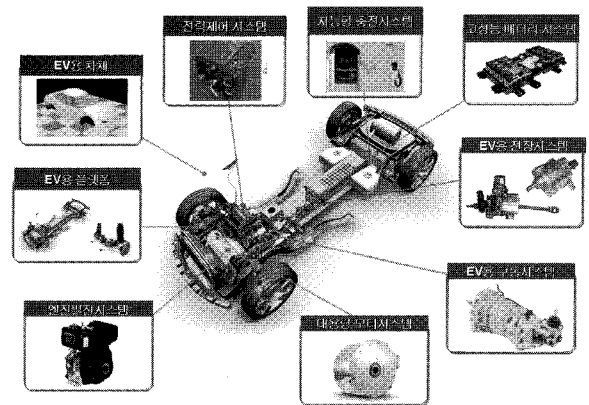


그림 5 전기자동차 구조

#### 3.3 EV의 연구동향

그림 6은 향후 세계차량 판매비율을 나타내고 있다. 2010년을 기점으로 기존의 기술린 및 디젤 자동차의 판매 비율이 점차 감소할 것으로 보이며, 2020년경에 하이브리드 자동차가 대폭 증가하며 그 이후에는 전기자동차 및 연료전지자동차의 판매량이 증가할 것으로 예측하고 있다.

##### 3.3.1 국내 기술 동향

국내 메이저급 제작사는 EV자동차보다는 하이브리드자동차 개발에 집중하고 있고 중소, 벤처 기업 3곳이 전기자동차를 상용화 했거나 개발 중에 있다. CT&T사에서 개발한 e-Zone (NEV)는 하루 40km, 월 1500km 운행 시 월 유지비

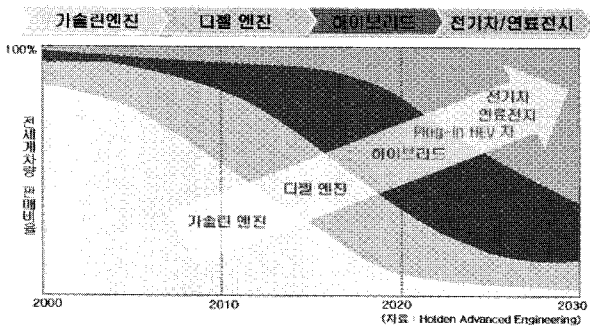


그림 6 세계차량 판매 비율

표 3 국내 전기자동차 3개사 모델 제원 비교

전기자동차 3개사 모델 제원 비교	상용화	개발단계(10월 상용화 예정)	개발단계
최사중/모달명	CT&T/e-ZONE	AD-TECS/AURORA	LEO-MOTORS/SGK
전장-전폭-전고(mm)	2560-1560-1440	3100-1465-1500	2500-1300-1550
중량(kg)	520	450	520
최고속도(km)	50	40(음선 80)	50
최대 주행거리(km)	70(음선 110)	70	100
충전시간	4~6	4~6	3~4
배터리 수명(cycle)	1000(음선 2000)	1000	4000
모터/출력(kW)	DC/5.0	BLDC/5.5	PMDC/9
최저가격(만원)	1200(음선 2000~2400)	1600 미하(미정)	1200~1300(미정)

가 1만원에 불과하다. e-ZONE의 뼈대를 이루는 프레임은 고강도 알루미늄으로 만들어졌고, 외관은 엔지니어링 플라스틱으로 제작됐다. 차체의 부식 위험도가 극히 낮아 차량을 이용하면서 정기적으로 교체해야 할 소모품도 거의 없다. 브레이크는 일반 승용차와 같은 구조라 브레이크 패드(라이닝)가 닳았을 때 교체하면 된다. AD-TECS가 10월 출시하는 2인승 전기자동차 '오로라(AURORA)'는 e-ZONE보다 전장이 조금 길고 전고가 높지만 무게는 가볍다. 차 프레임과 외관 재질은 e-ZONE과 같은 고강도 알루미늄과 엔지니어링 플라스틱을 사용했으면서도 자체 개발 및 제작 과정에서 무게를 경량화 했다. 배터리를 제외한 모든 부품을 자체 개발, 생산함으로써 생산단가가 크게 낮았다. 레오모터스가 개발하고 있는 SGK도 최고시속 50km이다.

### 3.3.2 국외 기술 동향

기존의 자동차 메이커 중에서는 도요타, 미쓰비시, GM, 닛산, 다임러 등이 전기차 생산을 선호하였으며 중대형 차종은 플러그인하이브리드(PHEV) 방향으로 개발 중이고, 일부 소형차종에 순수전기차(EV)를 개발중에 있다. 테슬라모터스와 같은 EV를 생산하기 위한 벤처기업들도 생겨나고 있고, 노르웨이의 쌍크와 같이 기존에 NEV를 하던 회사들이 EV 시장으로 진출하고 있다.

일본의 경우 미쓰비시의 전기자동차 I-MiEV가 2009년에 본격적인 양산을 시작한다고 발표하였고, 이어 닛산, 도요타도 2010년도에는 양산을 목표로 하고 있다.

오바마는 2015년까지 100만대의 전기자동차(Plug-in electric vehicle)가 도로 위를 달리도록 만들겠다고 공약했다. 이에 따라 세계 각국의 자동차 개발 경쟁은 하이브리드를 넘어 전기차 쪽으로 급속히 방향을 잡을 가능성이 크며, 한국에서도 하이브리드 자동차와 함께 전기차의 개발이 일부 이뤄지고 있다.

## 4. 결론

본 장에서 서술한 그린카(수소연료자동차 및 전기자동차)는 자연 친화적인 수소수단으로써 현재의 기술로는 완벽한 그린카를 만들어 내지 못하고 있는 실증이다. 그러나 화석연료의 고갈이나, 환경오염과 같은 당면한 문제에 대응코져 미래형 자동차 뿐만 아니라 각 산업에 있어서 그린이라는 친환경적인 기술들을 적용하여야 할 것이다. 자동차에 있어서 현재 적은 양이지만 가솔린엔진과 전기에너지를 같이 사용하고 있는 하이브리드 자동차가 약 10년전부터 도로를 달리고 있고, 2009년에는 순수 전기자동차가 양산될 것으로 보이고 있으며, 선진국 및 국내에서도 수소연료전지 자동차의 실증작업이 이루어지고 있다. 머지않아 여러 가지 그린카가 도로를 누비며 달리는 것을 볼 수 있을 것이다. 이를 위해서는 핵심 기술의 개발이 우선적으로 필요하며, 정부의 지원정책 또한 필요하다. 기술적으로는 수소연료전지자동차 및 전기자동차에 있어서 차량안전기준 도달을 위한 차체, 배터리 기술이 관건이다. 1회 충전시 주행할 수 있는 거리와 무게 그리고 가격이다. 또한 수소나 전기를 충전할 수 있는 시스템이 잘 갖춰져야만 할 것이다. 또한 정부의 지원정책으로서는 충전시스템의 확보, 친환경적 교통수단 확대, 도로교통법 관리개정, 안전기준 탄력적 적용 등 국가 차원에서 지원해야 할 부분도 적지 않다.

## < 필자 소개 >



### 한경식(韓景植)

1964년 12월 20일생. 1992년 한양대 기계공학과 졸업 1992년~2005년 현대자동차 차체설계팀 선임연구원. 2005년~현재 울산TP 자동차부품혁신센터 책임연구원.