



전기자동차 충전인프라 구축현황



손홍관

한국전기연구원 스마트그리드연구본부
전력설비지능화연구센터 책임연구원

전기자동차 보급 위한 선결조건 충전인프라 구축

1. 개요

최근 지구 온난화 등의 환경문제로 CO₂ 배출량

규제 강화, 화석연료 고갈 및 고유가 문제 등에 대처하기 위해 그린카의 개발 및 보급이 화두가 되고 있다. CO₂ 배출량 규제 등의 환경변화는 새로운 시장의 창출은 물론 우리 실생활에서 과거와는 전혀

다른 차원으로의 변화를 요구하고 있다. 이를 위해 각국은 많은 자본과 기술을 투자하여 시장을 선점하기 위해 치열한 경쟁을 하고 있다.

CO₂ 배출의 많은 부분을 차지하고 있는 수송부문은 기존의 내연기관 자동차로부터 친환경 자동차로의 변화를 요구하고 있으며, 전 세계 자동차 회사들은 친환경 자동차의 개발이 회사의 생존문제와 직결되기 때문에 이의 강력한 대안으로 떠오른 전기자동차의 개발을 서두르고 있는 상태이다.

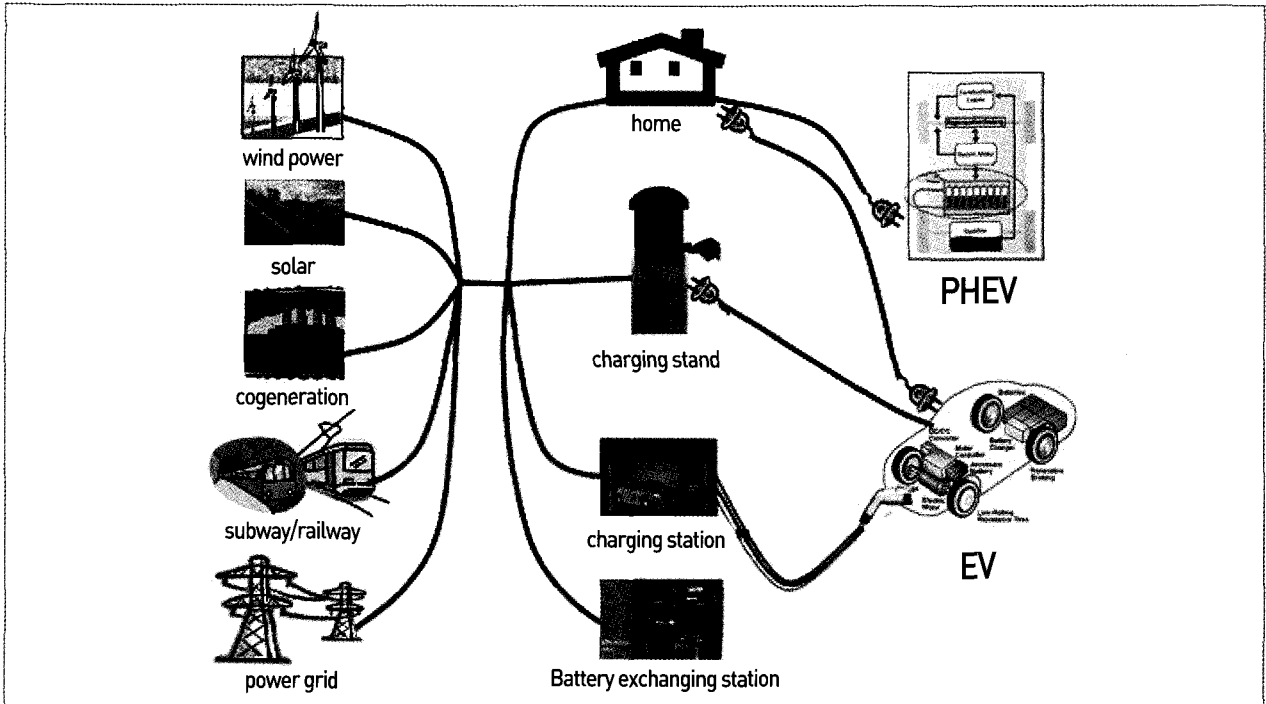
전기자동차 기술은 핵심부품 기술, 충전인프라 구축기술, IT융합 연계기술 등으로 구성되며, 핵심부품 기술로는 전기차전용 플랫폼, 자동차 내 급속 충전시스템, 고성능 배터리 부품기술, 모터인버터, 전동기 및 전력변환기술 및 충전 인터페이스 부품기술의 개발이 필요하고, 특히 전지개발은 고용량화, 고출력화, 고안전화 및 고속충전이 가능한 핵심소재 개발은 물론 이와 관련한 시스템 개발이 요구되며 실차 Test를 통한 신뢰성 확보가 요구된다.

충전인프라 구축기술로는 지역충전인프라 기술, 고속충전인프라 기술, 전력망 연계를 위한 유·무선통신 및 충전 스테이션 기술, 안전 및 보안기술 등과 전력서비스 정보인프라인 AMI (Advanced Metering Infrastructure) 측면에서 전기자동차 기술이 검토되어야 한다. 이러한 신에너지 시장의 변화 대응을 위한 기술적 플랫폼 인프라 확보, 그린에너지 피크 부하 문제, 충전용량 및 처리기술 등의 인프라기술의 혁신이 요구되며, 이와 관련된 정부의 정책·법적 지원 정책도 요청된다. IT융합 연계기술로는 자동차의 전자화 비중이 최근 20% 수준에 이르렀고, 2015년경에는 약 40%까지 확대될 것으로 예상되며, 차량의 IT융합 기술 및 서비스 시장에 대한 관심은 지속적으로 높아질 것이다. MIV (Mobile In-Vehicle)와 같이 자동차 산업과 정보통신

산업이 결합된 IT융합 기술을 통한 고객 관점의 서비스 플랫폼 개발이 요구된다.

전기자동차의 개발과 함께 상용화 및 보급을 위해서는 충전인프라의 구축이 선행되어야 하며, 충전인프라의 구축 여부가 전기자동차의 보급 및 활성화에 필수적인 요소로 부각되고 있고, 결과적으로 충전인프라를 먼저 구축하는 국가가 경제적인 이득은 물론 시장 지배력을 확보할 것으로 예상된다. 따라서 우리나라가 전기자동차 강국이 되기 위해서는 충전인프라를 조속히 구축하고, 전기자동차 보급을 위한 각종 촉진제도와 지원정책을 병행하여 새로운 환경변화에 신속하게 대처할 필요가 있으며, 이를 통해 전기자동차에 대한 신규시장을 선점하는 것이 매우 중요하고 시급하다.

전기자동차 충전인프라는 충전장소에 따라 구성과 기능을 달리해야 하며, 일반적으로 주택용, 주차장용, 충전소용 충전설비 및 배터리 교환소의 4가지로 구분할 수 있다. 주택용 충전설비는 단독주택의 차고에서 가정용 전원 또는 전기자동차 충전전원 전원으로 충전하는 시스템으로서 외국과는 달리 아파트에서 주로 생활하는 우리나라는 개념을 다르게 적용할 필요가 있다. 주차장용 충전설비는 교류 전원을 전기자동차에 공급하면 차량내의 변환기(on-board charger)에서 직류로 변환하여 배터리에 전원을 공급하는 시스템으로서 교류를 공급하기 위한 안전장치와 인증, 통신, 요금부과 등을 위한 장치를 포함하게 된다. 충전소용 급속 충전설비는 짧은 시간에 많은 전력을 차량에 공급하기 위한 급속 충전설비로서 외부에서 교류를 직류로 변환하여 차량의 배터리에 직류를 직접 공급하기 때문에 배터리의 상태를 정확히 파악할 필요가 있다. 이를 위해



[그림 1] 전기자동차 충전인프라의 H/W 구성도

서는 차량과 충전설비간의 통신이 필수적이다. 유럽에서는 교류 대전류를 공급하여 충전시간을 감소시키는 방식도 검토되고 있다. 배터리 교환소는 소비자가 배터리를 제외한 가격으로 전기자동차를 구매하고, 사업자는 소비자에게 언제든지 배터리 충전 또는 교환이 가능하며 차량 운전자는 주행거리에 따라 요금을 지불하는 시스템이다.

2. 전기자동차 충전인프라의 국내외 현황

미국은 1991년 충전인프라를 3개 레벨로 구분하여 미국전기법령(NEC, National Electric Code) Article 625에 반영하였다.

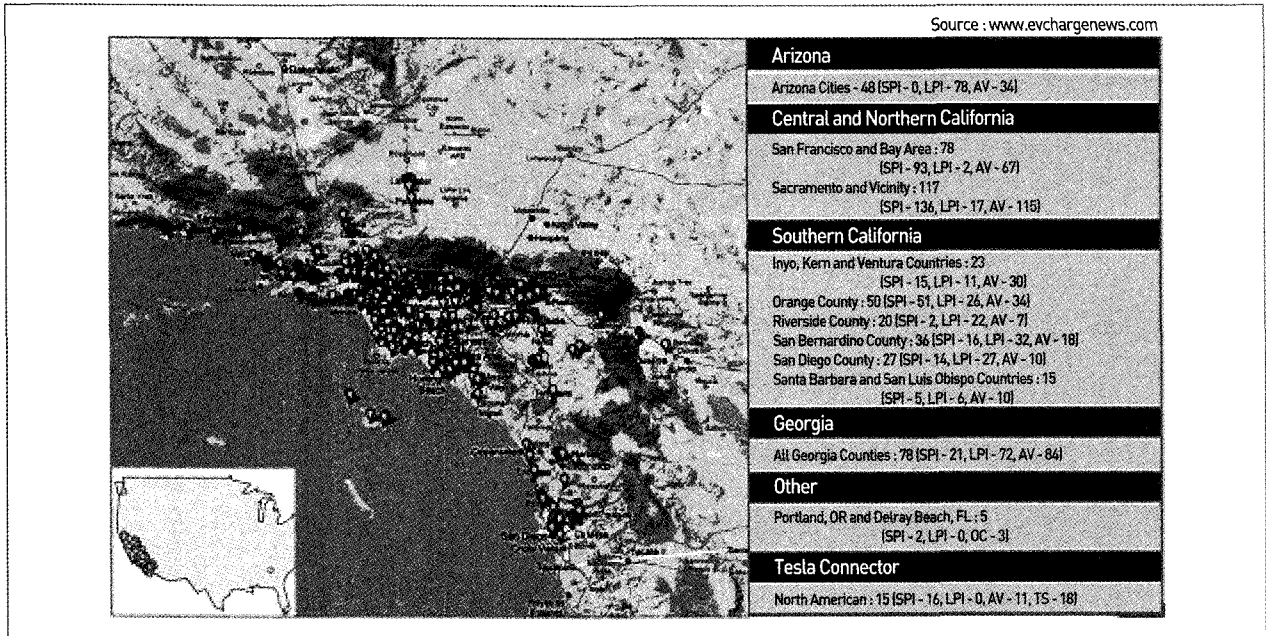
1990년대에 GM의 전기자동차인 EV1 보급을 위해 미국 내에 충전인프라를 많이 구축하였으나 여러 가지 이유로 GM이 전기자동차 사업을 포기하면서 최근에는 개조차량 중심으로 시장이 형성되고 있

다. 그러나 캘리포니아 지역의 무공해 차량 보급정책과 최근 GM이 전기자동차 Volt를 발표하고, 오바마 정부의 강력한 지원정책에 따라 충전인프라가 캘리포니아지역에 집중적으로 설치되고 있고, 미국 전역으로 보급이 확산되고 있다.

Columb Technologies는 미국 캘리포니아 소재 벤처기업으로서 Smartlet System을 개발하여 산호세 지역에 설치하고, 유럽 및 아프리카지역으로 영업지역을 확장하고 있다. 휴대폰 방식으로 통신하는 개념을 제시하고 있으며, 다양한 요금제도를 도입하여 시험, 운영 중에 있다.

구분	구분
Level 1	120VAC, Single Phase, 15 or 20A, 8~15시간
Level 2	240VAC, Single Phase, 40A, 3~6시간
Level 3	480VAC, Three Phase, 6~150kW, 10~20분

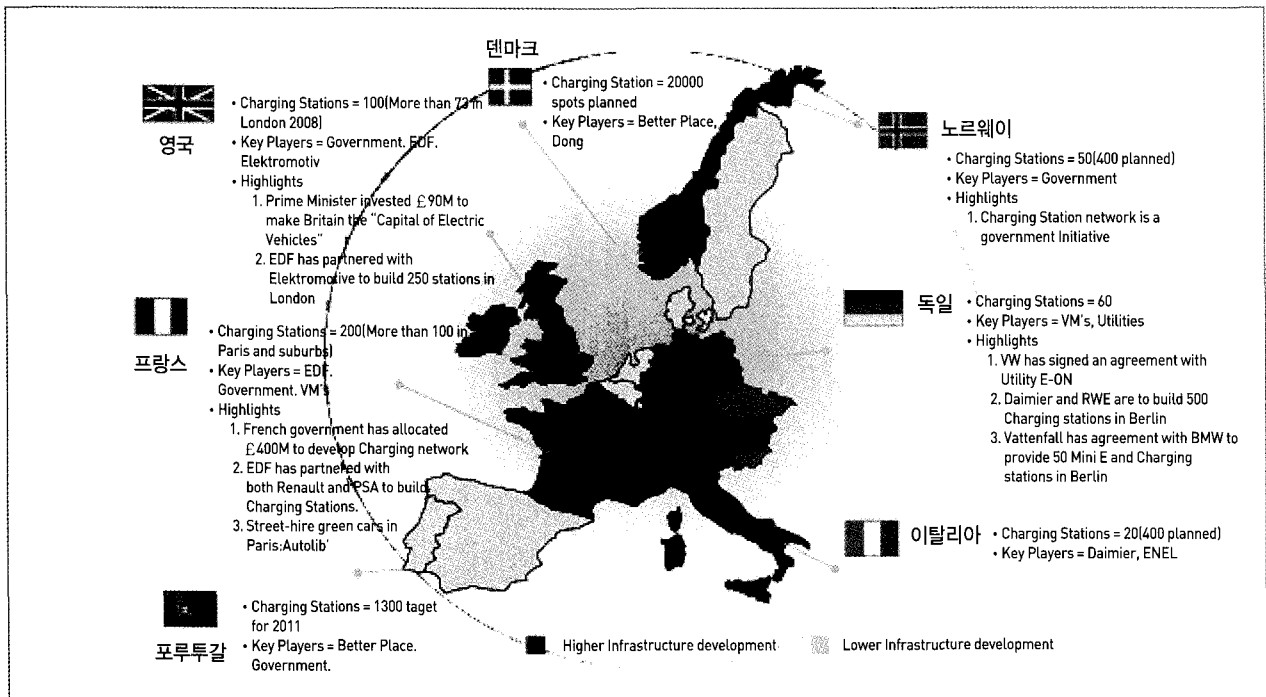
[표 1] NEC의 전기자동차 충전규정



[그림 2] 미국의 충전설비 설치 현황 예

유럽은 충전인프라를 공공 인프라로 인식하여 확대 보급하고 있으며, 주로 공공부문에 설치하여 무료로 이용할 수 있는 보급시스템에 중점을 두고 진행되고 있다. 영국은 전체 CO₂ 배출량의 22%가 도로

수송시스템에서 발생됨으로써 이의 감축을 위한 전기수송 시스템을 강력히 추진하고 있다. 이 외에도 프랑스, 독일, 이탈리아, 덴마크, 노르웨이 등도 공공인프라로서의 전기자동차 충전인프라를 보급하



[그림 3] 유럽의 국가별 충전인프라 현황

기 위해 인센티브 등을 제시하고 있다.

일본은 최대 전력회사인 도쿄전력이 전기자동차의 보급 확대에 대비, 수도권 지역에 급속 충전망을 정비하기로 하고, 이를 위해 쇼핑몰센터와 대학 등 공공 시설의 협력을 얻어 급속 충전이 가능한 전용시설을 갖추는 계획을 진행 중이다. 우선 2009년 최대 200곳을 설치한 뒤 2년 내에 1000개로 확대하겠다는 계획을 추진하고 있다. 도쿄전력은 5분 충전에 40km, 10분 충전에 60km를 달릴 수 있는 급속충전기를 개발 완료하고, 미쓰비시 자동차 및 후지 중공업과 실증 시험을 실시하고 있다. 충전기 보급을 위해 충전기 제조회사와 함께 주차장과 전원 설비를 갖춘 대형 슈퍼마켓이나 편의점, 은행, 우체국 등을 중심으로 확대 보급하는 계획을 진행하고 있다. 한편 큐슈전력은 약 20분 만에 80% 충전이 가능한 급속 충전장치를 개발해 현재 실증시험을 실시하고 있다.

중국은 향후 세계 전기자동차 시장을 주도할 것으로 많은 전문가들이 예상하고 있으며, 현재에도 많은 개조 차량들이 운행되고 있는 상황이다. 중국 정부는 제10차/제11차 5개년 계획(2000~2005년, 2006~2010년)에 의거 '에너지 절약과 신에너지 자동차 중대 프로젝트' 추진과 함께, '10개 도시 1,000대 차량' 전기자동차 시범 프로젝트 (3년을 기한으로 매년마다 10개 도시에서 1,000대의 신에너지 자동차를 교통수단으로 이용)를 추진하고 있다. 2009년 1월부터 후베이성 우한시에서는 HEV 버스가 대중교통 수단으로 공식 운행되고 있고, 지난 5년간 28개 전기자동차 충전소가 구축되어 운영되고 있으며, 2008년 9월 기준 319대의 각종 전기자동차가 시범운행을 시작했다.

국내에서도 전기자동차에 대한 연구는 미국, 일본 등과 마찬가지로 1990년대 말까지 많은 연구가 있었으나 실용화에 실패하면서 대부분의 연구가 중단되었다. 그러나 최근에 환경문제 및 배터리기술



[그림 4] 한국전기연구원이 개발한 전기자동차 충전스탠드

의 발달로 인해 다시 연구가 진행되고 있으며, 현 정부에서 강력한 녹색성장정책을 추진하면서 연구 개발에 탄력을 받고 있는 상황이다. 제주도에 전기자동차 실증시험단지를 지정하고, 사업자 선정을 완료한 단계에 있다.

한국전기연구원은 2008년 10월부터 3개월간 수행한 “전기자동차 R&D 기획연구”를 바탕으로 2009년 1월부터 3년간 “그린에너지 기반 EV 충전인프라 개발” 연구가 진행 중에 있으며, 2009년 6월부터는 지식경제부와 환경부의 지원으로 추가적인 연구가 진행되고 있다. 한국전기연구원에서 수행하고 있는 이 분야의 주요 연구내용으로는 주차장용 충전스탠드의 개발, 충전소용 급속 충전장치의 개발, 충전인프라의 표준화 방안, 전력계통 측면의 기술적인 영향검토, 전기자동차의 배터리를 분산전원으로 활용하는 방안, 전기자동차 충전인프라의 테스트베드 구축 등을 목표로 하고 있다. 현재는 충전스탠드 및 운영시스템을 개발하여 연구원 내에 Testbed를 구축하고, 전기자동차를 모든 직원들이 공유하여 운행할 수 있도록 허용하여 원내에서 실증시험을 실시하고 있는 상태이다.

3. 국내 전기자동차 충전인프라의 구축 및 보급 전망

현재 전기자동차와 배터리기술의 발전 추세로 볼 때 전기자동차용 배터리의 용량은 약 30kWh 미만에서 적용될 가능성이 높다. 이 경우 배터리 잔량과 충전시의 포화 영역 등을 고려할 때 220V, 15A 충전시의 충전시간은 약 5~6시간, 220V, 30A 충전시의 충전시간은 2~3시간 이내에 충전이 가능하고, 이를 50kW 또는 60kW 용량의 급속충전설비

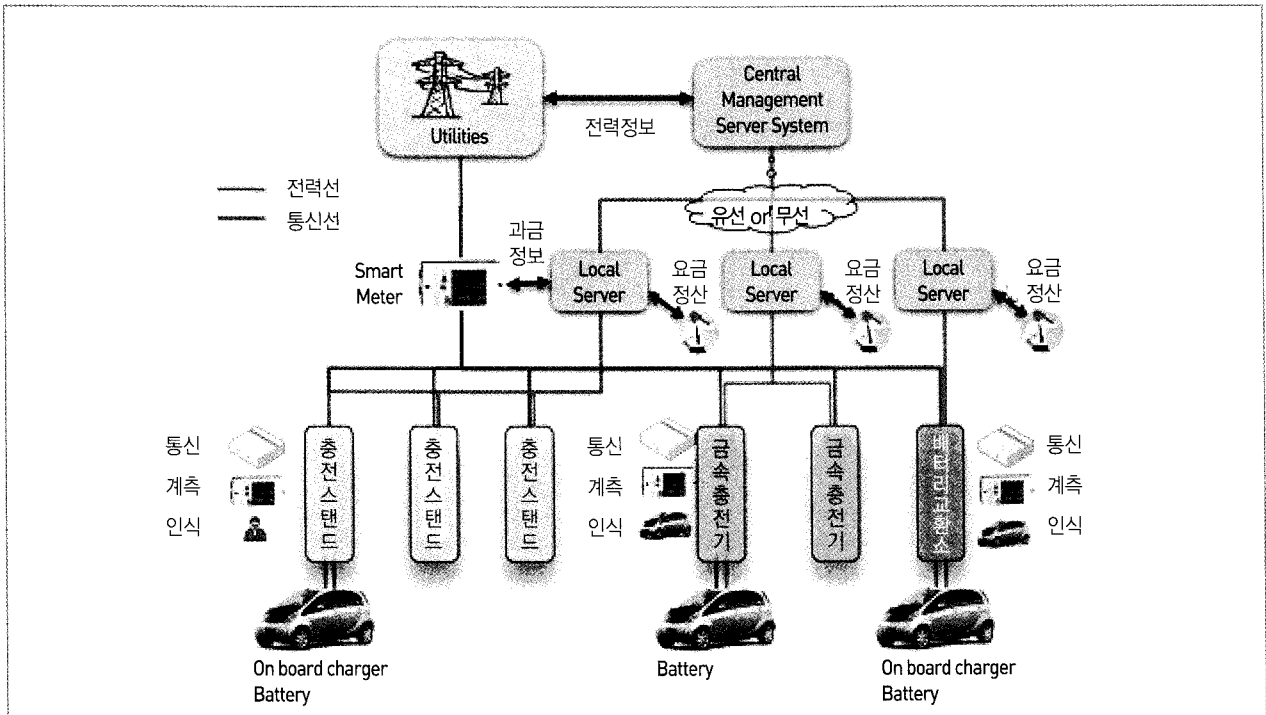
로 충전하면 15~30분 이내에 충전이 가능한 수준이다. 따라서 주택용 충전설비는 220V, 30A 이상의 전력선을 추가로 공급 및 배선하고 전용 계량기를 설치할 필요가 있으며, 주차장용 충전스탠드는 1대의 충전스탠드에서 여러 대의 전기자동차에 동시에 전력을 공급할 수 있는 다채널방식으로 구축함으로써 설비투자비를 최소화할 필요가 있다.

충전시스템의 관점에서 충전설비는 독립적인 시스템이 아니며, 통신을 통해서 사업자영역을 관리 및 제어할 수 있는 관리시스템(Local Server System)이 존재해야 한다. 각 사업자의 관리시스템은 스마트그리드의 측면에서 실시간 요금정보, 전력공급 정보 및 서비스 정보 등을 제공하고 제어하는 중앙관리시스템(Central Management Server System)과의 연결을 상시 유지하고 있어야 한다.

국내 전기자동차의 보급방향과 정책은 충전인프라의 구축방향 및 범위를 예측할 수 있는 중요한 기준이 되는데, 다음의 단계로 보급될 것으로 예상되고 있다.

- 1단계 : 공공기관 업무용 차량을 전기자동차로 의무 보급
- 2단계 : 일반소비자에 대한 지원정책으로 보급 활성화

1단계의 경우, 아파트 문화가 발달한 우리나라에서는 가정용 충전인프라의 보급에 많은 제약이 따르기 때문에 공공기관 업무용, 예를 들면 우체국의 우편배달 차량, 공공기관의 업무용 차량 등에 대해 전기자동차를 의무적으로 구매하도록 하고, 구입비용을 일부 정부에서 지원하는 정책을 펼 가능성이 많다. 이 경우 업무용 차량은 야간에 충전하고 주간에 업무용으로 활용한 후 야간에 재충전함으로써



[그림 5] 전기자동차 충전인프라 운영시스템의 구성

써 주택용 및 주차장용 충전인프라 구축에 대한 비용부담을 최소화할 수 있다.

2단계로는 일반 소비자의 전기자동차 구입비용이 높아야 전기자동차의 보급이 활성화되기 때문에 적절한 지원정책과 인센티브를 제공함으로써 점진적인 충전인프라의 보급이 가능하다고 판단된다. 단독주택 소유자에게는 전기자동차 충전용 전원 및 계량기를 추가 설치하고 한전이 전기자동차 충전요금 체계에 따라 직접 요금을 청구하며, 소요되는 비용에 대해서는 정부에서 일부 지원하는 형태가 바람직하다고 판단된다. 공동주택의 경우에는 신규로 건설되는 공동주택에 일정비율의 전기자동차 충전인프라를 설치하도록 법규를 개정하여 보급을 촉진시키고, 기존 공동주택의 경우에는 설비용량을 고려하여 점진적으로 인프라를 확충하도록 유도하되 일정비용을 지원하는 정책이 필요하다. 또한 쇼핑몰이나 호텔 등에는 법규 개정 또는 민간의 필요에

의해 인프라를 확충하도록 유도할 필요가 있으며, 충전사업자에게는 설비투자를 반영한 자율적인 요금체계를 허용하는 정책을 수립할 필요가 있다.

이를 위해서는 전기자동차 충전인프라와 관련하여 국내 표준을 조속히 제정하고, 시험평가기준 및 전기안전기준 등의 제도적인 검토와 장기적인 관점에서의 전력계통 연계방안을 고려할 필요가 있다. 또한 개발제품의 성능평가를 위한 Test-bed 구축 및 시범사업 시행과 함께 전기자동차의 보급 및 촉진정책으로서 정부 및 지방자치단체 차원의 적극적인 도입의지 표명과 인센티브제도를 조속히 가시화하고, 전기자동차 충전사업자에게도 각종 인센티브를 적용하여 많은 사업자가 참여하여 인프라를 구축할 수 있도록 로드맵을 제시할 필요가 있다. KEA