

# 정부지원정책에 의한 수소차·전기차 보급 확산을 변화 연구

임동순<sup>1)</sup> · 한택환<sup>2)</sup>

## I. 서론

2000년대 이후 하이브리드차(PHEVs: plug-in hybrid electric vehicles)와 수소차(FCEVs: fuel-cell electric vehicles)·전기차(BEVs: battery electric vehicles)를 중심으로 친환경자동차의 확산이 점진적으로 시작되면서 기존의 내연기관 중심의 자동차 구조가 근본적으로 변화하고 있다. IEA(2018)에 따르면, 전 세계적으로 2017년 전기차의 판매량은 2016년 대비 54% 증가한 1백만 대를 기록하였다. 이 가운데 중국에서의 판매량은 50%를 상회하고, 세계 전체 보급 대수에서 차지하는 비중은 약 40%로 나타나 세계 전기차 시장을 주도하고 있다. 세계 전체의 전기차 보급대수는 2015년 1백만 대를 기록한 이후 2017년 기준 3백만 대를 상회하고 있다.<sup>3)</sup> 노르웨이는 신차 판매량의 약 39%를 전기차가 차지하고 있고, 아이슬란드와 스웨덴이 각각 11.7%, 6.3%로 높은 비중을 차지하고 있다.

우리나라의 전기차 보급 대수는 2010년 60대, 2016년 10,770대, 2017년 20,070대로 빠르게 증가하고 있는 추세이지만 전체 등록차량의 약 1.3% 수준으로 지속적인 보급의 여지가 있다. 우리나라는 친환경자동차 보급 확산을 위해 5년 단위로 수립하여 시행하는 「환경 친화적 자동차의 개발 및 보급기본계획」이 있다. 2015년 발표된 제3차 계획은 미세먼지 특별대책을 포함하면서 당초 목표보다 상향조정되어 2020년까지 25만대의 보급 목표를 하고 있다.

그러나 전기차 보급에는 다양한 제약 요인이 존재한다. 우선 기존 내연기관 자동차에 비하여 상대적으로 높은 전기차 가격이다. 둘째, 전기차 충전 인프라를 단기간에 확충하는데 따른 어려움이 존재한다. 셋째, 전기차 연료인 전력공급에 있어서 환경규제를 고려한 전원믹스, 발전 및 송배전 비용 등 전력 공급 측면의 요인이 존재한다. 넷째, 현재 세계 전체에서 통용되는 수준의 충전 방식이 아직 표준화되지 못하고 있는 점이다. 따라서 전기차 보급 확대를 위한 정책 지원은 이러한 제약요인을 완화하는데 중점을 두어야 한다.

친환경차의 보급은 공급 측면에서는 배터리 저장 성능, 충전 속도 등 배터리 관련 기술 발전과 대량 생산을 통한 규모의 경제 등에 의하여 영향을 받는다. 현재와 같은 초기 단계에서는 수요 진작을 위한 정부의 적극적인 친환경 정책의 진전에 크게 영향을 받는다. 이산화탄소나 대기오염의 저감을 위한 연비 규제의 강화는 전기차의 상대적 가격 경쟁력을 기본적으로 강화시키는 한편 자동차 산업의 미래 신규투자를 친환경

1) 동의대학교 경제학과 교수

2) 서경대학교 경제금융학부 교수

3) IEA, *Global EV Outlook 2018*, 2018.

경차로 유도하는 신호 역할을 수행한다. 친환경차 보급의 확산을 위한 정책 수단으로는 정부 조달 및 구매 의무 비율 설정, 친환경차 구매에 대한 보조금, 세제 감면, 주차장 요금 면제 등 재정지원정책, 충전소 등 기초 인프라 설비의 확장 등을 들 수 있다.

본 연구는 전기차, 수소차 등 친환경차의 보급 확산을 위한 국내외 정책을 살펴보고, 친환경차 가운데 보급 관련 역사적 자료가 상대적으로 풍부한 전기차의 보급 확산률의 변화 요인을 정책을 중심으로 분석한다. 특정 기술이나 제품의 보급 확산은 경제경영분야에서 다양한 방법론을 적용하여 분석되고 있다. 이 연구에서는 BASS 모형과 계량경제적 분석방식에 따른 결과를 소개하고 시사점을 논의한다.

## II. 국내외 수소차·전기차 보급 정책

### 2.1. 해외정책

전기차는 대부분의 국가에서 현재의 연료가격체계에서는 상대적으로 높은 효율성으로 인하여 운행비용이 내연기관 차량보다 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 현행의 전기 및 연료세제 하에서 100kW 운행비용은 유럽의 경우 전기차가 내연기관차의 25% 수준이며, 미국의 경우 대략 50% 수준이다. 그러나 지난 수년간 전기차 보급 증대의 주요 장애요인으로는 운행범위의 제한과 높은 차량가격이었으며, 두 가지 요인 모두 에너지 저장 기술의 비용이 매우 높은 데 기인한다. 또한 충전시설에 대한 접근의 문제점, 이들 시설의 설치와 관련한 비용, 그리고 전기차 기술에 대한 인식부족과 확산의 부족 등이 보급 증대의 장애요인으로 작용한다.

그러나 환경오염저감 편익, 에너지 전환과 구조 다변화, 기후변화 대응, 그리고 최근 들어 배터리를 중심으로 한 생산 비용 및 기술적 성능의 향상 추세 등 긍정적 요인이 부각되면서 전기차의 시장 확산의 여건이 마련되고 있다. 특히 주요국에서는 이러한 보급 확대 장애요인을 극복하기 위하여 다양한 정책지원을 시행하고 있다.

정책 수단은 기술 주도형(Technology push) 정책과 수요 견인형(Demand pull) 정책으로 구분된다. 공급 측면 요인인 기술 주도의 접근으로는 지난 10년간 관련 분야 기술 진보를 바탕으로 R&D 및 대량생산에 따른 비용하락과 배터리를 중심으로 한 성능 개선이 진전되었다. 향후에도 기술적 측면에서 전기차의 비용이 크게 하락할 것으로 전망된다. 미국 에너지부(DOE, 2016)의 PHEV 배터리의 비용추정 분석에 따르면 전기차 도입 초기 연도인 2008년 kWh 당 1000 달러 수준을 기록하였던 비용은 2015년에는 kWh당 268달러로 크게 하락한 것으로 나타났다.<sup>4)</sup> 동 보고서에 따르면 2022년까지는 kWh당 125달러 수준으로 비용이 하락하여 전기차의 가격경쟁력이 상대적으로 증가할 전망이다.

---

4) US DOE, 2016

본 연구의 주요 분석 대상이 되는 수요견인정책은 크게 수요 여건을 개선하는 다양한 규제정책과 가격 경쟁력에 직접적인 영향을 미치는 금융지원으로 구분된다. 규제정책으로는 자동차 대기오염물질 배출규제, 연비기준, 전기차에 유리한 가점제도인 CAFE (Corporate Average Fuel Economy, 기업평균연비규제) 등이 있다. 금융적 유인 조치로는 전기차 구입에 따른 보조금 지급, 연비나 거리 당 온실가스 배출량에 근거하거나 혹은 전기차에 특정한 차량세율 차등부과, 세제 감면 조치 등과 함께 주차비 및 통행료 면제와 대형차량 전용차선 진입허용 등도 포함된다.

각국의 전기차 관련 수요 측면 정책과 관련 논의는 다음과 같다. 연비기준 및 EV 구입에 대한 유인 등과 같은 규제수단들은 전국적 수준에서 중앙정부에 의하여 결정되고 있지만 유통관련 정책과 도로 이용 관련 면제조치 등은 주로 지방정부 차원에서 시행되고 있다. 이는 각국 별로 조세 및 재정 정책수단 관련된 권한의 분포와 관련이 있으며, 지방정부에 도로이용 관련 조치의 사용은 역시 지방 수준에서의 정책의 조화와 유관하기 때문이다.

Jin, Searle and Lutsey (2014)의 미국을 대상으로 한 정책지원제도 비교연구에 따르면 구매인센티브 제도는 비재정적 측면, 지역 고유의 환경 및 교통 정책 체계, 그리고 인프라 측면 등을 논외로 한다면 구매에 대한 금전적 지원이라는 측면에서는 최선의 제도 중 하나이며 전기차 판매촉진에 가장 효과적인 수단으로 나타났다.<sup>5)</sup> 주요국의 전기차 구입 관련 인센티브 정책은 다음과 같다. 중국은 2010년 5개 대도시를 대상으로 시범 사업으로 전기차 구입에 따른 소비세 면제 등 세제혜택 제공하여 USD 9,281 수준의 지원을 시작하였다. 2013년 이후 인센티브를 확대하여 전기차에 대하여 최대 USD 9,800, 전기버스에 대하여 USD 80,000 수준의 지원을 시행하고 있다. 2018년 들어 중국의 지원제도는 전기차의 1회 충전 후 운행 거리별로 차등화하여 인센티브를 적용하는 한편 전반적으로 지원 금액도 소폭 하향 조정하는 것으로 나타났다. 프랑스는 2013년부터 전기차에 대하여 USD 7,100, PHEVs에 대하여 USD 1,100 지원을 하는 한편 경유 차량을 폐기하거나 교체하는 경우 경우 추가적으로 전기차에 대하여 USD 11,000, PHEVs에 대하여 USD 4,000을 제공한다. 전기차 보급 정책을 가장 적극적으로 추진하는 노르웨이는 전기차 구입에 따른 소비세 면제 수준이 USD 12,000에 달하며, 영국은 BEVs 구입시 USD 6,300, 상용차(상업용)의 경우 USD 11,200의 인센티브가 지원되고 있다. 미국의 경우 연방정부 차원에서 EVs 구입시 USD 7,500의 세금이 공제되며, PHEVs는 USD 2,500-4,000의 세금이 공제된다. 또한 지방정부 차원에서도 전기차 구입에 대하여 다양한 재정적 인센티브가 제공된다.

---

5) IEA, 2016.

표 1. 미국 주 차원에서 전기차 구매 인센티브

캘리포니아	BVs : USD 2,500 FCEVs : USD 5,000
콜로라도	USD 6,000 한도로 소득공제
Connecticut	USD 3,000 리베이트
Delaware	USD 2,200 리베이트

자료: Jin, Searle and Lutsey(2014)

주요국의 EV(BEVs and PHEVs) 이용 및 운행에 대한 인센티브는 유통세(circulation tax)/보유세(재산세)의 면제로 요약된다. 중국은 EV에 대한 유통세/보유세(재산세)를 일부 면제하고 있다. 덴마크는 중량 2톤 이하의 BEV는 매년 유통세를 면제,하고 프랑스의 경우 회사차량 중 BEV와 특정 PHEVs는 매년 유통세를 면제하고 있다. 독일은 BEV와 PHEVs차량 등록일로부터 10년간 유통세를 면제하고 네덜란드에서는 2015년 50g CO<sub>2</sub>/km보다 적게 CO<sub>2</sub>를 배출하는 PHEVs에 대해 도로세 면제하는 한편 2016년 현재 유통세를 일반 자동차의 50% 수준으로 부과한다. 일본에서는 매년 EV에 대한 운행세(Tonnage tax) 면제와 자동차세 감면을 시행하고 있다. 영국에서는 구입 다음 연도부터 km당 CO<sub>2</sub> 배출을 기준으로 한 소비세가 부과되는데 BEV와 PHEVs는 면제되고 기업 차량 가운데 BEV는 관련 세금이 면제된다. 미국은 EV에 대해 각 주별로 도로 이용료 등 다양한 세금이나 비용을 연간 기준으로 적용하며 면제하고 있다.

IEA(2016)에 따르면 주요국에서 전기차에 대한 재정적 지원 규모와 전기차의 시장 점유율 사이의 관계는 구체적인 면세, 보조금, 기타 재정 지원의 특성에 따라 차별적인 결과를 나타내고 있으나, 전기차 보급에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 노르웨이의 경우 대부분의 전기차는 BEV이며 이는 노르웨이의 인센티브 구조와 관련 있다. BEV에 대하여서는 등록세와 부가가치세가 면제되며 PHEV에 대하여서는 훨씬 더 낮은 면제율이 적용되고 있다.<sup>6)</sup> 네덜란드의 경우는 이와 크게 상이하게 나타났다. 네덜란드는 2015년 기준으로 EV의 점유율이 2위였는데 신규로 등록된 전기차는 대부분 PHEV인 것으로 제시되었다. 네덜란드에서는 차량의 주행거리 당 CO<sub>2</sub> 배출량 기준으로 등록, 유통 및 보유세가 결정되며 km당 82gCO<sub>2</sub> 이하이면 세금 면제가 대폭 커지는 구조이다. 2015년까지 BEV와 PHEV는 등록 및 유통세에서 유사한 세금 감면 혜택이 적용되었지만 실제 감면액의 규모는 BEV가 훨씬 컸던 것으로 제시되었다.<sup>7)</sup> 소비자들의 선호도는 노르웨이와 비교하면 BEV와 PHEV에 대한 인센티브 차이에 크게 영향 받지 않았으며 이는 PHEV의 판매조건이 유연하여 실제

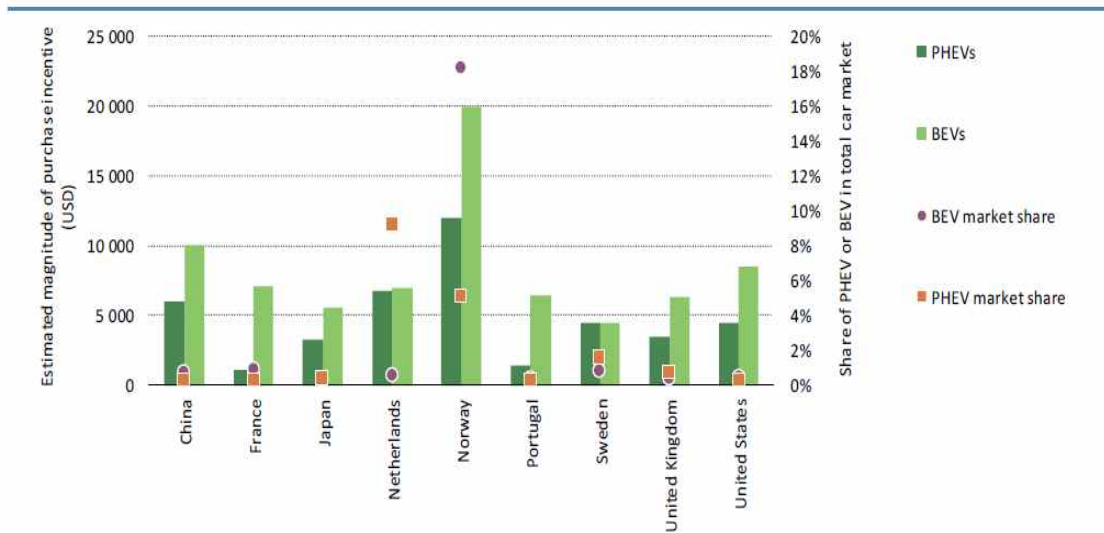
6) Mock and Yang, 2014. (IEA, 2016에서 재인용)

7) Mock and Yang,2014; Munnix, 2015. (IEA, 2016에서 재인용)

인수비용을 낮추기 때문이라고 분석된다.

2015년 EV 점유율 3위인 스웨덴은 조세감면제도상 PHEV의 판매를 촉진하는 구조이다.<sup>8)</sup> 스웨덴의 제도는 노르웨이보다 네덜란드와 유사하여 PHEV 주도의 시장을 형성하였으며 2015년 BEV의 비중이 EV의 1/3 수준에 그치고 있다. 프랑스와 포르투갈은 PHEV보다 BEV에 훨씬 유리한 정책구조이며 BEV의 점유율이 상대적으로 높으며, 영국은 상대적으로 PHEV의 점유율이 높는데 이는 프랑스와 포르투갈에 비하여 상대적으로 높은 PHEV 구매 인센티브로 기인한 것으로 분석된다.

그림 1. 재정 지원 제도와 주요국의 전기차 점유율

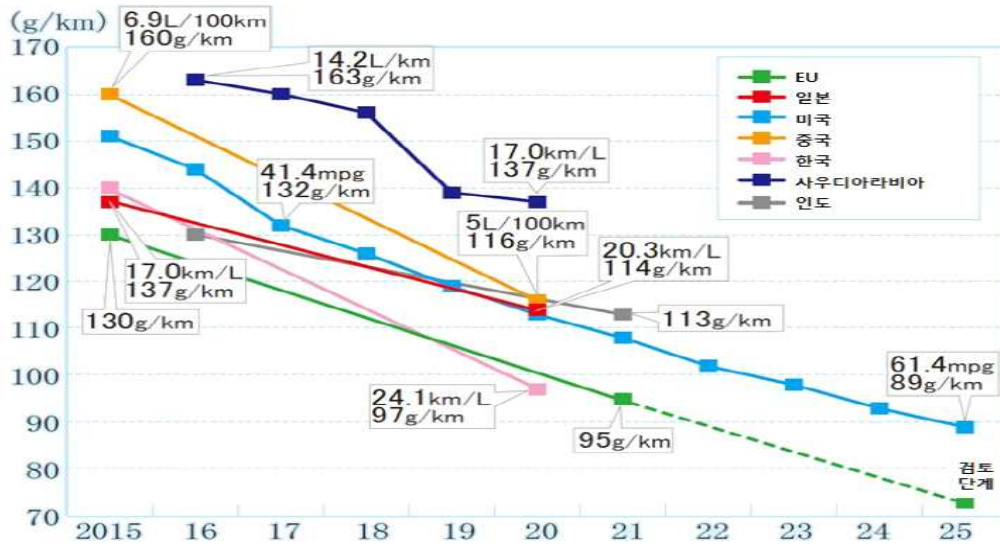


자료: IEA, Global EV Outlook 2016, 2016

수요 여건 측면의 정책 수단으로 각국은 연비규제를 강화하고 있으며 이는 친환경 경차에 대한 구매유인으로 작용한다. 각국은 연비 기준을 매년 4-5%씩 강화하고 있는 추세이다. 연비 규제 강화 내역과 전망, 정책별 규제 수준은 그림 2와 표 2에 제시된 것과 같다.

8) Mock and Yang, 2014. (IEA, 2016에서 재인용)

그림 2. 주요국의 연비규제 현황 및 전망 (주행거리, 온실가스 기준)



자료: 산업통상자원부(2015), 전기자동차 신산업 육성을 위한 생태계 기반구축 연구.

표 2. 2020 연비 및 배기가스 규제

종류	개념	대상차량	위반시 규제내용
Tier	배출가스(PM, NOx, CO, NMOG)제한	승용차, 경트럭, 중형승용차량 및 대형자동차	판매 불가
ZEV	저공해, 무공해자동차 의무 판매	연도별로 ZEV를 달리 정하고 있으며 '18년부터 전기차, 수소차 플러그인차만 해당	1 크레딧당 5,000달러 벌금 부과
CAFE	기업평균연비	승용차, 경트럭(픽업 트럭, 미니 벤, SUV)	1MPG(0.43km/L)당 50달러의 벌금 (차량 1대당)
EURO	배출가스(PM, NOx, NMOG, CO)제한	가솔린, 디젤 연료를 사용하는 중량 2,610kg을 넘지 않는 자동차	판매 불가
LEZ	오염물질(PM, NOx 등) 배출이 높은 차량의 통행제한	EURO 3 또는 4이하 차량(지역마다 다름)	LEZ 지역 운행시 과태료 부과

자료: 산업통상자원부(2015), 전기자동차 신산업 육성을 위한 생태계 기반구축 연구.

전기차 보급은 충전 인프라가 구비되지 못할 경우 기본적으로 제약된다. 주요국에서 충전사업은 직접 정책수단으로 활용하는 것보다 소규모/전문화된 기업 또는 최근 들어 대기업 등 전문사업자들과 협력관계를 구축하여 추진하는 정책이다. 미국은 스마트그리드와 전기차 충전 인프라 사업을 연계하여 추진 중이며, 정부 주도로 2개의 전기차 충전 인프라 사업을 추진 중이다. 공공 급속 및 완속기 설비는

2011년 4,392개에서, 2017년 45,868개로 크게 증가하였다. 일본은 2009년부터 전기차 충전 실증사업을 추진 중이며 전기차 충전시스템 협회인 차데모(CHAdeMO)를 설립하고 급속 충전 표준을 개발하였다. 차데모는 토요타, 닛산, 미쓰비시 등 자동차 기업과 도요전력 등 일본 기업이 주축으로 독일 보쉬, 프랑스 푸조 등 해외 기업들도 참여하고 있고, 2010년 12월 이후 동 표준을 미국에서도 사용한다. 일본의 공공 급속 및 완속기 설비는 2011년 801개에서, 2017년 28,834개로 크게 증가하였다. 중국은 국가전력망공사와 중국남방전력망공사 주도로 전기차 충전 사업 추진 중이며, 국가전력망공사 주도로 공공부분의 충전 설비는 2014년 30,000개에서, 2017년 213,903개로 크게 증가하였다.

## 2.2. 국내 정책

국내에서는 미래 자동차 산업을 선도할 에너지효율이 높고 환경오염물질이 적게 발생하거나 발생하지 아니하는 환경친화적 자동차에 관련된 기술을 개발하고, 이용 및 보급을 촉진하기 위하여 2004년 친환경자동차법을 제정하였다. 현재 전기차 보급 활성화를 담당하고 있는 관계부서로 산업부, 환경부, 국토부 3개 부처 7개과에 분산되어 있다. 환경부(교통환경과)에서는 보조금, 충전인프라, 산업통상자원부(에너지 신산업 진흥과, 전력진흥과, 자동차 항공과)에서는 충전사업, 요금, R&D 등을 담당하고 있으며 국토교통부(자동차정책과, 첨단자동차기술과, 자동차운영보험과)에서는 사후관리, 번호판, 안전기준, 등록, 검사 등을 담당하고 있다.

그동안 국내 수소차, 전기차 보급 및 충전 인프라 구축은 주요국에 비하여 목표 대비 달성이 상대적으로 미흡한 상태이나, 최근 들어 보급 정책이 강화되고 있다. 보급이 미흡한 이유로는 전기차의 경우 긴 충전시간 및 짧은 주행거리 등 기술적 한계와 비싼 차량 가격 및 배터리 교체비용 부담으로 내연기관 대비 경쟁력이 부족하며 수소차의 경우 세계최초 양산에 성공하였으나 비싼 차량가격, 가용충전소 부족 등으로 지자체, 공공기관 위주로만 보급되었기 때문으로 평가된다. 아래의 표 3은 지난 2011년 이후 친환경차 보급목표 현황과 향후 목표가 제시되어 있다.

표 3. 국내 친환경차 보급 현황 및 목표

	2011	2017	2018	2019	2020	2021	2022
전기차	338	25593	56500	98500	156500	236500	35000
급속충전소	33	993	3700	5200	6700	8200	10000
수소차	10	177	899	5000	9000	15000	41000
충전소	3	10	39	80	130	200	310

자료: 혁신장관회의, 전기수소차 보급 확산을 위한 정책방향, 2018; 산업통상자원부, 수소차 보급 확산을 위한 정책방향, 2019

공급 측면에서는 전기자동차 성능 향상 핵심부품 기술 개발이 필수적이다. 정부는 전기자동차의 핵심인 배터리 밀도, 전기구동·냉난방 시스템 등 효율향상을 통해 동일 차종 기준으로 차량 성능을 2.5배 강화하는 목표를 설정했다. 정부는 산업자원부 등을 중심으로 전기자동차의 성능향상을 위하여 다음과 같은 계획을 수립하여 추진 중이다. 특히 배터리 및 전기구동시스템 등 핵심적인 요소들의 성능 향상에 주력하고 있다.

표 4. 2020년 전기자동차 성능향상 정책 목표

핵심부품	개발 내용	개발목표	성능향상
배터리	배터리용량	27 → 54 kWh (2배 향상)	107%
	배터리 균일성 향상	흑한·흑서기 편차 15% 이내	-
전기구동시스템	EV 모터 효율	출력밀도 10% 향상	10%
	회생제동 효율 향상	회생제동 효율 10% 향상	7%
냉난방시스템	흑한기 난방 에너지	5 → 1 kWh	7%
	흑서기 냉방 에너지	5 → 3.5 kWh	3%
전력변환장치	고전압부품 일체화	효율 10%, 경량화 25%	3%
	고전압부품 열관리 효율	0.1kWh 이하	3%
차체경량화	전기자동차 경량화	10% 경량화	10%
전기자동차 성능 향상 비율			150%

주: '15년 현재 운행 중인 차량 기준 주행거리 2배 이상 증가

자료: 산업통상자원부, 제3차 친환경자동차 보급 계획, 2015.

한편 수요 유인 효과가 큰 정책인 보조금 정책은 중장기적인 계획에 의거하여 운영하고 있다. 보조금 사업 수행기관은 전기차 및 충전시설 보급 대상지역의 지방자치단체의 장(17개 시·도)이다. 보조금 지원 차량은 법령에서 정한 사항을 충족하는 전기자동차로서 「자동차관리법」, 「대기환경보전법」, 「소음·진동관리법」 등 관계법령에 따라 자동차와 관련된 각종 인증을 모두 완료하고, 「전기자동차 보급대상 평가에 관한 규정」에 따른 전기차의 평가항목 및 기준에 부합하는 차량이다. 해당 전기차에 대해서는 중앙정부에서 지원하는 국고 보조금과 지자체 구매보조금이 지급된다. 지자체별로 차이는 있으나 구매보조금의 경우 전기차는 2016년 1400만 원을 지급하였으나 이후 1500만 원으로 인상하였다. 그러나 전기차 차량 가격의 하락과 정책의 중장기적 형평성 등을 이유로 향후에는 보조금 수준이 점진적으로 하향 조정될 것으로 예상된다. 2022년까지는 보조금 제도를 운영한 이후 내연기관차와의 가격차이, 핵심부품의 발전 속도, 보급 여건 등을 고려하여 지원단가 조정하는 정책을 시행할 예정이다. 한편 기타 재정적 지원으로 개별소비세, 교육세, 취득



세 등에 대한 세금감면, 고속도로 통행료(50%) 및 공영주차장(50%) 요금 감면 등이 동시에 시행되고 있다.

수요 증대의 기본 여건인 충전시설의 확대는 한국 정부가 가장 중점적으로 시행하는 정책 수단이다. 우리나라 정부의 충전인프라 구축을 위한 정책은 우선 설치비에 대한 보조로 급속충전기의 경우 5천만 원, 완속충전기의 경우 1.5~4백만 원이 지원된다. 2019년부터 2022년까지 급속충전기는 매년 1,500~1,800기를 보급하고, 완속충전기는 매년 12,000기를 보급할 계획이다. 또한 전기차 보급률 등을 감안하여 지역별 적정 충전기수, 급속 및 완속 비중 등 전국 단위 충전소 구축 체계를 효과적으로 수행하기 위하여 로드맵을 마련하였다. 특히 매년 사용자의 충전기 이용패턴 등을 분석하여 실제 이용 수요가 높은 지역에 최적 용량의 충전소 우선 설치하는 정책을 추진 중이다.

수소차 충전소의 경우 주요 거점 지역을 중심으로 정부와 지자체, 민간 공동으로 충전 인프라 구축을 강화하는 한편 설치비 보조금을 총 설치비의 50% 수준까지 지원할 계획이다.<sup>9)</sup> 민간 수요를 견인하기 위해 고속도로 국도 주요휴게소(160개소, 국토부)와 도심 거점 지역(150개소, 환경부)에 집중 설치할 예정이다. 승용차용 수소 연료는 부생수소를 원칙으로 하고 있으나, 부생수소의 공급이 어려운 지역에는 LPG 개질 형태의 융복합 충전소 구축할 계획이다. 수소 충전기기의 경우 제작사, 공공기관, 가스업체 등 수소 관련 기업이 참여하는 수소충전소 설치 및 운영을 담당하는 민간 SPC 설립하고, 산업은행, 기업은행 등의 정책 자금을 활용하여 민간 SPC에 금융투자나 장기 저리 융자 지원할 예정이다.

### Ⅲ. 보급확산률 추정방법론과 추정결과

#### 3.1. 방법론 개요

수소 및 전기차 등 신기술 제품의 보급 및 확산에 대한 예측방법은 정성적 예측 방법과 정량적 예측 방법으로 구분하여 적용될 수 있다. 정성적 수요예측 방법은 과거 시장자료가 존재하지 않거나, 존재하더라도 이에 대한 수리적 모형화가 불가능한 경우 일반 소비자의 선호도 혹은 전문가의 지식과 의견을 바탕으로 미래 수요를 예측하는 방법이다. 주요 접근 방법으로는 델파이 방법반복 설문조사법, 집단토의법, 시장조사법, 패널조사법 등이 활용 가능하다.

정량적 수요예측방법은 과거시장자료에 대한 통계적 분석을 통하여 미래의 보급 확산 패턴을 예측하는 방법으로 시계열 모형, 계량경제 모형 또는 BASS모형과 같은 성장곡선 모형 등을 이용하여 미래 수요를 예측하는 접근 방법이다. 이러한 분석을 수행하기 위한 계량경제 또는 통계적 접근 방법으로는 시계열, 횡단면 또는 패널 자료를 이용하는 회귀분석모형, 구매의도실사모형, 산업연관분석 등 구조적 연관모

9) 1기당 최대 15억 원으로 제한한다. (산업자원부, 2019)

형, 다양한 지표를 이용하는 확산모형 등이 활용 가능하다.

확산모형은 전기수소자동차 등 신제품의 도입시점부터 성숙기까지 판매량의 변화를 나타내기 위해 가장 적절한 확산형태로 예측하는 접근 방법이다. 확산모형에 의거하여 분석되는 미래 추정 결과는 보통 S자 형태의 곡선을 나타내며 도입시점에서는 수요가 서서히 증가하다가 성장기에서는 수요가 급증하고 다시 성숙기에는 수요가 줄어들며 해당제품 수요의 안정화 상태에 이르는 형태이다.

본 절에서는 확산모형의 추정결과를 통하여 보급 수준 전망 결과를 소개하고, 정부정책지원의 효과를 계량분석모형을 통하여 추정하고 결과를 논의한다. 분석방법론 측면에서 두 분석방식은 서로 수평적으로 비교가능한 모형이 아니지만 확산모형에서 보급 확산률의 속도를 결정하는 모방계수와 혁신계수를 일반화하는 경우 계량모형에서 파악되는 보급률에 미치는 정책변수의 효과를 고려하여 모형을 확장하는 접근이 가능하다.

### 3.2. 확산 모형 추정 결과

본 항에서는 획득 가능한 자료, 정책 수단의 적용 등 모형의 현실 부합성을 제고하기 위하여 대표적인 확산모형인 BASS 모형을 활용하여 미래 수요 예측한다. 전기차와 같이 새로운 제품의 보급에 대해서는 도입시점부터 성숙기까지 판매량의 변화를 나타내기 위해 가장 적절한 확산모형은 보통 S자 형태의 곡선을 나타낸다. 즉, 도입시점에서는 수요가 서서히 증가하다가 성장기에서는 수요가 급증하고 다시 성숙기에는 수요가 줄어들며 해당제품 수요의 포화상태에 이르는 형태를 나타낸다. 이러한 성장곡선모형(Growth curve model)을 이용한 분석에 있어서 성장곡선의 전형적인 모양은 S자 형태의 곡선을 나타내며, 새롭게 도입되어 보급되는 제품의 수요예측 및 수요확산 경로를 시간에 대한 신제품의 누적 수요량 형태로 파악된다.

BASS 확산모형은 이전의 성장곡선 및 확산모형을 일반화하여 특정 품목의 시장 확산과정을 시장외적요인에 의한 확산과 시장내적요인에 의한 확산의 합계로 고려하는 포괄적 모형으로 구축하는 접근 방식이다. 이 모형은 일반적인 기술혁신 제품의 누적 보급 수준을 S 곡선으로 나타내는 예측 분석 방식으로, 소비자의 신제품 채택율이 초기 단계에서는 보수적 접근, 제품에 대한 신뢰 구축 등으로 낮은 수준을 유지하게 된다. 이후 개인적 경험의 축적과 교환, 광고, 미디어의 정보 확산 노력 증대 등으로 빠른 속도로 보급률이 증대되는 상황을 반영한다. 보급률의 최대 성숙지점은 제품이나 서비스의 속성에 따라 수개월에서 수십 년 간 다양한 기간을 나타낼 수 있다.

BASS 확산모형을 전기수소차에 적용하는 경우 기술 진보, 생산 증대에 따른 규모의 경제, 보조금 등 정책 적용여부에 의하여 결정되는 가격, 소득 수준 향상, 환경의식 제고 등 소비자의 선호에 의하여 결정되는 구매 의사 결정, 그리고 인프라, 차량 자체의 기술 혁신의 속도 등에 따라 수십 년의 장기적인 성숙 지점 도달 기간이

소요될 것으로 예상된다.

Bass(1969) 확산모형에서  $t$  연도의 전기 및 수소차 숫자  $X(t)$ 는 다음과 같은 관계식이 설정된다.  $f(t)/[1-F(t)] = x(t)[p+qF(t)]$  여기서  $f(t)$ 는  $t$  시점에서의 확률밀도 함수,  $F(t)$ 는 누적확률밀도함수,  $p$ 는 혁신계수,  $q$ 는 모방 파라미터, 그리고  $x(t)$ 는  $t$ 와 가격, 광고, 정부정책 등 다른 변수의 함수이다. 여기서 혁신계수  $p$ 는 소비자가 기존의 내연기관자동차로부터 전기 및 수소차로 얼마나 빨리 전환되는가를 나타내며  $q$ 는 모방자(late follower)들의 전기 및 수소차 채택 행태를 묘사하는 파라미터이다. BASS 확산모형의 추정과 해의 유도는 다음 방정식에 의한다.

$$S(t) = mf(t) = m[p + qF(t)][1 - F(t)] = m \frac{(p+q)^2}{p} \frac{e^{-(p+q)t}}{(1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t})^2}, \quad t^* = \frac{\ln q - \ln p}{p+q}$$

여기서  $S$  =전기 및 수소차의 확산율,  $m$  =전기 및 수소차의 최대 확산율,  $t^*$ =최대 확산율 도달 시점이다.

우리나라 정부의 로드맵에 따르면 2020년에 전기자동차의 판매대수는 64,000대에 이르고 누적 보유대수는 200,000대에 이를 것으로 전망되고 있다. 2025년에는 580,000대의 전기차가 보유될 것으로 전망되고 있다. 수소차는 2020년에 3,900대가 판매되고 누적 보유대수는 9,000대에 이를 것으로 전망된다. 2025년에 수소차의 누적 보유대수는 100,000대에 달할 것으로 계획되고 있다. 이 로드맵은 정부의 지원 프로그램들이 계획대로 수행되는 것으로 가정하고 있다.<sup>10)</sup>

자동차의 확산과 같은 기존 산업/제품의 다른 기술로의 전환을 예측하는 모형에는 Bass 확산모형 등 몇 가지 기법이 사용된다.<sup>11)</sup> 여기서는 자료의 제약으로 인하여 Bass 확산모형을 사용하여 별도로 우리나라의 자동차 산업내의 전기 및 수소차의 확산을 직접 추정하지는 않았다. 대안적으로 세계전체에 대하여 추정을 해놓은 결과를 활용하여 시나리오를 작성하고, 최적의 계수를 적용한다.

확산모형을 이용한 전기차 보급 대수와 보급률의 전망은 다음과 같은 과정을 통하여 도출하였다. 우선 2035년까지 채현석(2013)과 김종달 외(2016)의 결과를 적용하여 국내 자동차의 전체 보급 전망 대수를 2020년 1863.6만 대, 2030년 2367.4만 대, 2035년 2,619.3만 대로 설정한다. 전체 보급 전망 대수는 모형에 의거하여 추정된 미래 수소차전기차 보급률에 곱하여 미래 전기수소차 보급대수를 시산하는 기초 전망치로 활용된다.

둘째 IEA(2010, 2012)에 제시된 미래 온실가스 저감을 위한 전망 시나리오인 Blue map 시나리오의 전기차 보급 전망에 따르면, 2050년 기준 세계 자동차 시장에서 수소차의 비중은 20%, 전기차와 플러그인 하이브리드 자동차의 비중은 50%로

10) 한택환 외 (2018); 관계부처 합동 (2015).

11) Park, et al.(2011), Massiani, et al.(2015), Jensen, et al.(2014), McCoyd와 Lyons(2014), Brown(2013), 채현석(2013), 김종달 외(2016).

가정하고 있다. 본 연구에서는 우리나라가 대도시를 중심으로 국토가 좁고 공동주택 밀집하여 전기자동차 충전소 등 인프라 조성에 유리하고, 보조금 등 정책 노력이 당분간 지속되는 한편 신기술에 친화적인 소비자들의 선호를 감안하였다. 이에 따라 Blue map 시나리오의 미래 기준연도인 2050년에는 전기차와 수소차의 합계 점유율이 90%에 달할 것으로 가정하였다. 이 점유율은 Bass 모형의 계수 가운데  $m$ (최대 확산율)으로 가정하였다. 셋째, 2035년의 기준안 전기차-수소차 보급대수를 추정하기 위하여 앞서 설명한  $m$ 계수를 2050년 90% 점유율 가정과 기존의 전기차 관련 Bass 모형 추정 선행연구결과에서 제시된 혁신계수와 모방계수 분포 범위를 검토하여<sup>12)</sup> 혁신계수( $p$ )와 모방계수( $q$ )를 각각 0.002, 0.3을 적용하여 2035년의 보급률은 14.6%로 추정하였다. 전기차 보급대수는 전체 자동차 전망 대수인 2619.3만 대에 보급률을 곱하여 291.5만 대로 추정하였다.

표 5. 주요 선행연구 전기차 보급관련 BASS 계수 추정결과 비교

저자	모형	전기차 종류	p	q
Massiani and Gohs(2015)	Bass model	EV	0.0019	1.2513
Massiani and Gohs(2015)	Bass model	LPG	0.0779	0.3718
Massiani and Gohs(2015)	Bass model	CNG	0.1187	0.0349
Jensen et al.(2014)	Bass model	EV	0.002	0.23
Cordill(2012)	Regression model	EV Prius	0.0016	1.4451
Cordill(2012)	Regression model	EV Hybrid Civic	0.0034	0.0631
Cordill(2012)	Regression model	EV Ford Escape	0.0367	0.4322
Park et al.(2011)	Generalized Bass Model	HCFV	0.0037	0.3454

자료: Mohammad Lavasani, Market Penetration Model for Autonomous Vehicles Based on Previous Technology 1 Adoption Experiences, WP No. 1, Florida International University, 2016.

본 연구에서 추정한 기준안 전망 결과에 따르면 표 6에서와 같이, 기준안 2035년 전기수소차는 총 291만 대 가량이 보급될 전망이다. 이는 2035년 기준 총판매량 177.2만 대 가운데 61.4만 대, 총 차량대수 2,002만 대 가운데 291.5만 대에 해당한다. 초기 연도에는 생산 설비부족, 소비자 인지도 미흡 등의 사유로 2026년도 기준 7만 대의 신규 전기수소차가 판매되다가, 2035년 연간 판매량 61.4만 대, 총 보급대수 291.5만 대로 전체 운행 자동차의 약

12) 모형추정에 사용된 혁신계수와 모방계수는 한국가스공사 보고서 (2017) 전망 모형 부분에 자세하게 서술되어 있으며, Massiani and Gohs(2015), Jensen et al.(2016), Cordill(2012)에서 제시된 전기차 관련 혁신계수 0.0019~0.002과 모방계수 0.23~1.25 범위 내에서 사용하였다.

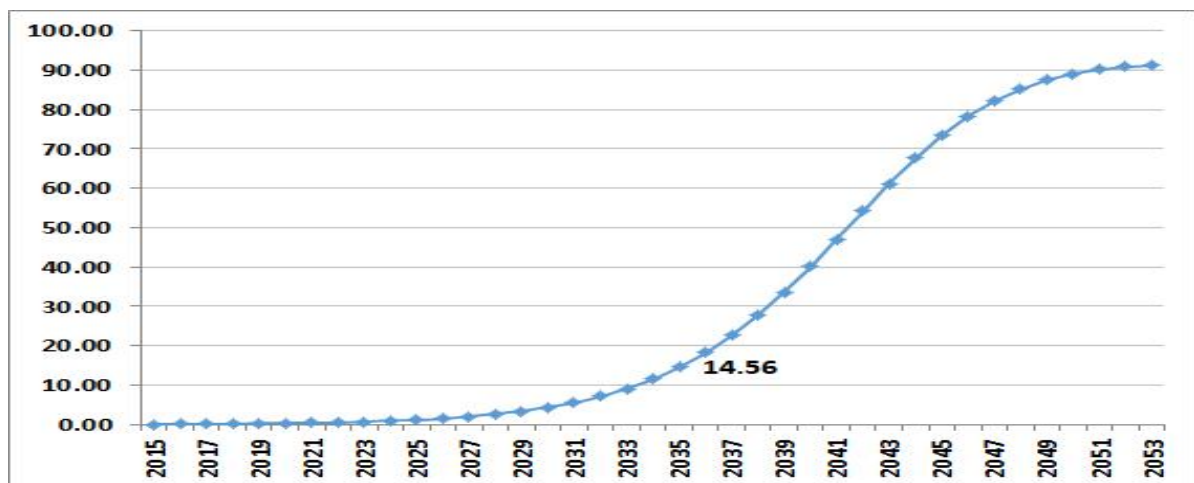
14.6%를 차지할 것으로 전망된다.

표 6. 수소 및 전기차 판매 및 보유대수 확산 전망 (기준안, 단위: 천대, %)

Year	수소 및 전기차 판매량	총판매량	판매대수 비중	수소 및 전기차 보유대수	총 차량 대수	보유대수 비중
2015	4	1,539	0.26	4	16,562	0.02
2020	15	1,673	0.90	51	18,402	0.28
2025	54	1,737	3.11	224	19,103	1.17
2030	194	1,770	10.96	847	19,624	4.32
2035	614	1,772	34.65	2,915	20,020	14.56

한편 강도 높은 정책 지원의 지속, 자동차 생산기업의 적극적 마케팅, 국내외 환경규제의 강화 등을 가정한 상위안에 따르면, 2035년 연간 판매량 139.7만 대, 총 보급대수 687.9만 대로 전체 운행 자동차의 약 34.4%를 차지할 것으로 전망된다. 수소 및 전기차에 대한 정책 지원, 마케팅, 국내외 환경규제 등이 미흡할 것으로 가정한 하위안에 따르면, 2035년 연간 판매량 23.8만 대, 총 보급대수 128.8만 대로 전체 운행 자동차의 약 6.1%를 차지할 것으로 전망된

그림 3. 기준안 시나리오에 따른 수소 및 전기차 연도별 누적 보급률 (단위: %)



### 3.3. 정책 지원 효과

앞 절에서 논의한 정부의 정책지원이 전기차 보급 확산에 미치는 영향에 대한 실

증분분석은 우선 다양한 정책 수단을 분석하여 실증모형을 구축하여 수행한다. 여기서는 앞서 논의한 보조금 등 재정지원, 환경정책, 환경인식, 인프라 구축 정도, 정부 구매 등 직접 시장 간여 정책 등을 검토하였다. 또한 전기차 보급이 기본적으로 확산되는 효과를 갖는데 착안하여 도입 이후의 기간을 별도로 분석하였다. 이 연구에서는 2005년~2017년 기간 동안 IEA에서 파악되는 21개국을 대상으로 다양한 정책수단을 분류하여 통계적 자료로 활용 가능한 도입기간(*pyear*), 보조금 지급여부(*pubsub*), 인프라 구축정도(*sifra*), 환경관련지표(*nordic*)를 대표적인 정책 수단 또는 정책 여건 변수로 활용하여, 설명하고자 하는 변수인 전기자 보급률(*Share*)에 대한 추정 모형을 구축하였다. 우선 도입기간은 각 국별로 전기차 도입 시점이 상이한 점을 고려하여 최초 연도를 1로 하고 순차적으로 연도의 수를 증가시켜 기간 변수 형태로 설정하였다. 보조금 지급여부는 직접적인 보조금, 면세 및 조세 감면 등이 시작되어 시행되는 경우를 대상으로 더미변수로 설정하였다. 환경관련지표는 대기 환경 및 수송용 대기 환경 규제 내역 등 다양한 요인을 고려하였으나 일관성 있는 변수의 채택에 어려움이 있어, 온실가스, 대기환경 등에 전통적으로 강한 환경규제를 수행하는 북구 유럽 3개국(노르웨이, 스웨덴, 핀란드)을 대리변수로 활용하였다. 이러한 설명변수의 선택은 환경성과지표(EPI), 대기질규제수준지수(AQI) 등 보다 다양한 변수를 검토하여 지속적으로 개선해야 할 사항이다. 인프라 변수는 충전소의 개수를 기준으로 한다. 그러나 각 국의 경제규모, 인구규모 등이 상이한 점을 표준화하여 인구 백만 명 단위당 충전소 개수를 변수로 설정하였다.

$$Share = \alpha + \beta_1 pyear + \beta_2 nord + \beta_3 pubsub + \beta_4 sifra + \epsilon_t,$$

여기서 *Share* = 전기 및 수소차의 보급률, *pyear* = 도입기간(연도 단위), *nord* = 환경규제강도, *pubsub* = 보조금 지급여부, *sifra* = 인구 백만명 당 전기 및 수소차 충전소 개수이다.

추정 모형은 일반적인 회귀모형(OLS)과 앞서 제시된 확산모형의 성격을 감안하여 초기에 낮은 수준의 보급 확산률을 보이다가 점차 빠른 속도로 진전되는 편로그함수식(Semi-log) 모형을 추정하여 결과를 비교하고자 한다. 실증 분석결과에 따르면, OLS의 경우 모든 변수의 계수가 일반적인 예상과 부합하는 결과를 나타냈다. 보조금의 경우 양의 계수를 나타내고 있으나, 통계량이 낮은 것으로 나타나 선형모형의 경우 보급률과 정책 변수를 판별하는데 적합하지 않은 것으로 판단된다. 설명력은 비교적 높은 것으로 제시되고 있다.

편로그 모형의 추정결과에 따르면 비교적 높은 설명력이 유지되는 한편 주요 정책변수의 계수도 이론적으로나 정책 효과에 관한 일반적인 기대와 부합하는 것으로 나타났다. 우선 도입연도는 양의 계수를 나타내어, 전기차의 보급률은 도입 이후 시간이 경과할 수로 증가한다. 이는 공급 측면에서 규모의 경제 효과와 기술 진보에

따른 생산비용하락, 수요 측면에서는 소비자의 인식 변화, 신뢰감 증대에 따른 것으로 분석된다. 특히 앞서 제시된 BASS 모형에서 나타난 모방계수(q)가 시간에 걸쳐서 증가하는 내용과 부합한다. 환경정책변수로 사용된 북구3개국 더미변수도 양의 계수로 나타나 일반적으로 환경규제 특히 온실가스, 대기환경 규제여건이 구비된 국가의 경우 전기차의 보급이 보다 빠른 속도로 진전된다고 해석된다. 보조금 변수의 경우도 양의 계수를 나타내고 있다. 보조금의 상대적인 가격변수의 역할을 하는 것으로 나타나고 있으며, 일반적으로 시행 초기 효과가 큰 것으로 추론된다. BASS모형과 비교하여 혁신계수(p)를 상대적으로 증가시키는 효과가 있는 것으로 분석된다. 선형모형이나 편로그모형 모두 충전소 등 인프라 구축의 효과는 전기차 보급률 확산에 결정적으로 작용하는 것으로 분석된다. 두 모형 모두 인프라 변수의 계수는 양의 값을 나타내고 있으며, 선형모형에서는 통계량이 절대적으로 크게 나타나고 있다. 이는 과거 초기 단계의 도시가스 추정에 있어서 배관망과 같이 기초 인프라가 사실상 도시가스의 소비량을 결정하는 경우와 유사하다. 물론 도시가스의 경우 기존 연료와 대체하려는 소비자 의도가 매우 높은 점이 있다. 또한 인프라 변수는 인구나 가계의 밀집도에 따라 보급률에 미치는 영향이 상이할 수 있다는 점도 해석에 있어서 유의해야 한다.

표 7. 정책지원효과 모형의 추정결과

Variable	OLS			Semi-log		
	Coefficient	t	P>t	Coefficient	t	P>t
Share						
pyear	0.0011	1.30	0.197	0.2843	7.32	0.000
nord	0.0103	1.79	0.075	1.1771	4.44	0.000
pubsub	-0.0036	-0.79	0.434	1.0701	5.04	0.000
sifra	0.0001	16.10	0.000	0.0023	6.99	0.000
_cons	-0.0067	-1.74	0.084	-8.9332	-50.21	0.000
R-squared	0.7297			0.7295		

주: Semi-log 추정식에서는 보급률 share는 로그를 취한 값이 적용됨.

## V. 결론 및 시사점과제

현재와 미래의 다양한 환경적 도전에 대한 대응, 보다 효율적이고 첨단 융합 기술을 활용하는 추세 등을 고려하여 주요국은 최근 들어 적극적으로 수소차와 전기차를 육성하고 있다. 자국 내 자동차 산업 기반의 유무와 상관없이 운행되는 자동차의 구조를 보다 친환경적으로 전환하려는 움직임은 보편적으로 진전되고 있다. 이 연구에서는 수소차와 전기차의 보급 현황과 관련 정책 요인들을 주요국별로 분석하였다. 보급 확대를 위한 정책 수단은 기술 개발, 관련 산업 지원 등 공급 측면

의 정책과 함께, 보조금, 조세감면, 기타 재정지원, 인프라 구축, 환경규제강화 등 다양한 직간접적인 수요 측면의 유인 정책을 통하여 추진된다. 본격적인 친환경차 보급에 관한 연구를 수행하는 데에는 대부분의 국가가 10년 이내의 단기간 경험과 자료가 축적된 상황을 고려하면, 다소간 어려움이 있다. 그러나 BASS 모형과 같이 경영학적 기반의 확산 모형을 통하여 선행 국가에 비하여 새로운 운송 수단의 보급 경로를 파악하는 것은 정책적으로나 산업 실무적 관점에서 매우 필요한 사안이다. 이 연구의 기준안 추정에 따르면 우리나라 수소차전기차는 초기 낮은 보급률을 나타낸 후 2020년대 초 빠른 보급률 확산 경로에 진입할 것으로 예상된다. 2035기준으로 전체 운행 차량 대비 14.6%에 달하는 것으로 전망된다.

이러한 확산 전망은 정책 변수에 의하여 경로가 충분히 변화할 수 있다. 이를 위해 시도한 정책지원변수의 효과를 판별하는 계량분석모형의 추정결과에 따르면 인프라의 구축이 가장 효과가 큰 변수로 예상된다. 또한 초기 단계에서는 보조금 등 가격에 영향을 미치는 재정지원변수의 역할이 부각된다. 한편 환경규제여건 등은 일반적으로 양의 효과를 미치지만 보다 수소차와 전기차의 보급에 영향을 미치는 미시적 규제 여건과 구조가 동시에 분석되어야 한다.

본 논문이 선기여한 점과 한계, 및 향후 연구과제 등을 기술하면 다음과 같다. 본 논문은 선행연구에서 전기차와 수소차의 보급 전망을 경영학적인 확산 모형에 기반한 것과 차별화하여 확산모형과 이를 보완적으로 해석하는 계량 모형을 구성하여 결과를 제시하였다. 이는 확산 모형의 결과를 보다 다양한 시나리오에 의하여 활용하기 위한 정책 변수의 선택과 기대 효과를 판별하는데 기여하는 것으로 판단된다.

그러나 분석을 위한 역사적 자료를 확보하는데 기간이 짧은 점은 기본적인 한계로 나타났다. 또한 향후 관련 분야의 연구를 진전시키기 위해서는, 수소차와 전기차 보급을 설명하는데 적합한 구체적인 정책변수를 구성하는 것이 필요하다. 모형의 선택과 관련하여서는 통계자료의 추가적인 확보를 통하여 시계열 분석 등 다양한 분석과 접근이 요청된다.

## 〈 참고문헌 〉

- 관계부처 합동, 「제3차 환경친화적자동차 개발 및 보급 기본계획」, 2015.
- 김종달 외 2인, “Bass 확산 모형을 이용한 전기자동차 수요 예측”, 「환경정책」 제24권 1호, 2016.
- 채현석, “Bass 확산 모형을 이용한 전기자동차 수요 예측”, 경북대학교 대학원 경영학과 석사학위 논문, 2013.
- 한국가스공사, 「수소 및 전기차 본격 도입이 국내 수송용 유류세 부과와 국내 탄소배출에 미치는 영향 분석」, 연구용역보고서, 2017
- 한택환 외 3인, “수소 및 전기차 보급 확산의 경제적 영향분석”, mimeo, 2019.
- Bass, F. M. A new product growth for model consumer durables. *Management science*,



15(5), 215-227, 1969.

Brown, Maxwell. "Catching the PHEVer: simulating electric vehicle diffusion with an agent-based mixed logit model of vehicle choice." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 16.2, 2013.

Cordill, Aaron. *Development of a diffusion model to study the greater PEV market*. Diss. University of Akron, 2012.

IEA, *Global EV Outlook 2016*, 2016.

IEA, *Global EV Outlook 2018*, 2018.

IEA, *Energy Technology Perspective 2012: Pathways to Clean Energy Systems*, 2012.

Jensen, Anders F., et al. "Predicting the potential market for electric vehicles." *Transportation Science* 51.2, 2016.

Massiani, Jérôme, and Andreas Gohs. "The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies." *Research in Transportation Economics* 50, 2015.

Park, Sang Yong, Jong Wook Kim, and Duk Hee Lee. "Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects." *Energy Policy* 39.6, 2011.

〈 부표 〉 판매대수 비중 15%일 때의 자동차 산업의 투입계수 및 투입계수 변화율  
(기준안(15%) 전기-수소 비중 8:2 가정)