

## 수소연료전지자동차 보급을 위한 정부의 역할: 한국과 일본의 사례를 중심으로

손민희<sup>1</sup> · 남석우<sup>1,2</sup> · 김경남<sup>†</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 그린스쿨대학원, <sup>2</sup>한국과학기술연구원 국가기반기술연구본부

## The Role of Government to Supply Fuel Cell Electric Vehicle in Korea and Japan

MINHEE SON<sup>1</sup>, SUKWOON NAM<sup>1,2</sup>, KYUNGNAM KIM<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Green School, Grad. school of Energy and Environment, Korea University. 145 Anam-ro,  
Seongbuk-gu, Seoul, 136-701, Korea

<sup>2</sup>National Agenda Research Division, Korea Institute of Science and Technology. Hwarangno 14-gil 5,  
Seongbuk-gu, Seoul, 136-791, Korea

**Abstract** >> A fuel cell electric vehicle (FCEV) could be an alternative solution to gasoline powered vehicles. The Korean and Japanese governments have played the midwifery role in the development of the FCEV industry. This study explores the difference in policy goals for FCEV between the two countries. Koreans recognized that FCEV was innovative technology and put forward the notion of technology pre-occupancy. Whereas, the Japanese government discovered that FCEV was one way to apply hydrogen mechanisms, so they identified the supply of hydrogen as one of the industries of interest, and have played the demiurge role. This study suggests that the role of government is to introduce eco-friendly vehicles, using the cases of Korean and Japanese governments, who introduced FCEV to the world first.

**Key words** : Fuel Cell Electric Vehicle(수소연료전지자동차), Hydrogen energy policy(수소에너지 정책), Hydrogen Station(수소충전소), Hydrogen economy(수소경제)

### Nomenclature

PHEV : plug-in hybrid electric vehicles

EV : electric vehicles

FCEV: fuel cell electric vehicle

HEV : hybrid electric vehicle

PAFC: phosphoric acid fuel cell

PEMFC : proton exchange membrane fuel cell

### 1. 서론

기후변화의 대응으로써 온실가스를 감축하고 친환경적인 에너지를 찾으려는 시도가 있었다. 그러한 추세 속에서 수소는 환경오염을 해결할 수 있는 꿈의 에너지원으로 평가되고 있다<sup>1)</sup>. 또한, 유가의 예측 불가능한 변동성에 따라 수소는 화석연료의 의존도를 낮추고 에너지 안보문제를 극복할 수 있는 해

<sup>†</sup>Corresponding author : i005034@korea.ac.kr

Received: 2016.1.30 in revised form: 2016.2.24 Accepted: 2016.2.28

Copyright © 2016 KHNES

결책이 될 수 있다. 수소는 연료전지를 통해 에너지를 공급할 수 있으며 국내 외 보급된 애플리케이션으로는 가정용 연료전지, FCEV, 발전용 연료전지 등이 있다.

수송 분야에서는 온실가스를 감축할 수 있는 친환경 자동차를 도입하고자 각국에서 다양한 프로그램이 시행되었다. 유럽에서는 2050년까지 1990년 탄소배출량 대비 80%까지 감축하겠다고 목표를 설정하였다<sup>2)</sup>. 그러한 변화로써 FCEV를 도입하기 위한 프로그램들도 마련되기 시작했다. 독일에서는 ‘청정에너지 파트너십 프로그램(CEP: Clean Energy Partnership)’을 도입하여 2004년부터 2016년까지 3단계에 걸쳐 수소충전소를 확충하고 있으며,<sup>3)</sup> 독일, 영국, 프랑스는 ‘H2 모빌리티’ 프로그램<sup>4)</sup>과 노르웨이, 스웨덴, 덴마크는 ‘H2 무브스’ 프로그램<sup>5)</sup>을 통해 FCEV 도입을 본격적으로 추진하고 있다. 무공해차(ZEV: Zero Emission Vehicle) 규제는 미국 캘리포니아주가 시행하고 있으며 전체 자동차판매량 중 일정 부분을 무공해차로 판매할 것을 규정으로 하고 있다<sup>6)</sup>.

한국에서는 2010년 12월 지식경제부, 환경부, 국토해양부, 녹색성장위원회에서 2015년까지 그린카 양산과 수출을 목표로 ‘그린카 산업 발전전략’을 발표하였다. 주요 목표는 “2010년까지 FCEV의 부품을 국산화 85% 달성”이다<sup>7)</sup>.

일본에서도 2011년 정부와 민간이 컨소시엄 하여 2015년 FCEV 도입과 4대 도시권을 중심으로 수소충전소를 정비하는 것에 대하여 공동 성명을 발표하였다<sup>8)</sup>. 그 이후, 2014년 6월 수소 사회의 실현으로써 ‘수소 연료전지 전략 로드맵’을 발표하였고 로드맵에서는 FCEV, 가정용 연료전지, 수소 발전 등의 도입과 함께 수소 수요의 확대와 필요에 대응하고자 수소 공급망 구축을 추진하고 있다.

연료전지 R&D는 먼저 일본에서 1981년 국가사업인 ‘Moonlight Program’를 통해 연료전지 개발이 시작되었다<sup>9)</sup>. 한국에서는 1988년에 대안 에너지촉진 법률이 제정되면서 연료전지 R&D 프로그램이 뒤이

어 시작되었다<sup>10)</sup>. 양국에서 수송용 연료전지 개발에 정책적으로 박차를 가하게 된 시기는 2002년 이후였다<sup>11,12)</sup>. 일본은 한국과 비교하여 연료전지 분야에서 특히 출원 수가 높고<sup>13)</sup> R&D 예산도 높았다<sup>14)</sup>. 하지만 FCEV를 세계 최초로 양산한 것은 한국이었다<sup>15)</sup>. 일본에서는 그로부터 1년 뒤 도요타사에서 FCEV를 출시하였다<sup>16)</sup>.

일본은 한국보다 높은 기술력과 예산규모를 보유하고 있었음에도 한국에게 세계 최초 FCEV 출시의 기회를 내주게 되었다. 한국은 일본보다 빨리 FCEV를 출시할 수 있었지만, 자국 내 누적 FCEV 판매량은 일본과 비교하여 현저히 적고, FCEV의 주요 인프라인 수소충전소 보급 이행을 또한 늦다.<sup>17)18)19)</sup> 이와 같이 한국은 FCEV 출시 이후의 후속조치에서는 추후한 것처럼 보인다.

본 연구에서는 FCEV를 생산해낸 한국과 일본의 사례를 중심으로 FCEV의 출시 전후 정부의 역할을 살펴보고 양국에서 어떤 결과를 초래하게 되었는지 살펴보고자 한다. 연구의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 연구의 배경과 목적을 제시하고 2장에서는 산업 발전에 있어 정부의 역할과 정책의 목표에 대한 선행연구를 검토한다. 3장에서는 FCEV 도입 전후 한국과 일본의 상황을 살펴본다. 4장에서는 FCEV 도입에 있어 양국 정부의 역할을 정의하고 정책 목표에 따른 양국의 차이점을 분석한다.

## 2. 국가정책시행의 핵심요소

### 2.1 정부의 역할

한국과 일본의 FCEV 사례를 살펴보기 위해서는 한국과 일본의 산업이 어떻게 성장해왔는지 살펴볼 필요가 있다. 한국과 일본은 경제성장을 목표로 공공과 민간이 함께 산업을 육성하였다. 한국경제는 1960년대에는 공업화의 기반조성 및 수출주도형 공업화

전략을 성공시키고자 노력하였으며, 1970년대에는 중화학공업육성, 1980년대 경제안정 기반구축으로 발전해왔다. 일본은 메이지유신 이후 서구자본주의의 공업화 과정을 도입하는 방식으로 공업화 초기 단계에 돌입하여 1870년부터 1990년에 걸쳐 경공업 및 화학 공업부문의 급속한 성장을 하게 되었다. 그 후 일본의 산업혁명은 거의 완성되어 산업자본 형성을 하게 되었다. 제2차 세계대전에 의해 일본경제는 폐허가 되었다가, 산업계와 정부가 조직적이고 체계적인 산업 및 정책을 전개하여 세계 제2위의 경제대국으로까지 부상할 수 있었다<sup>20)</sup>.

FCEV를 하나의 산업 분야로 분류하고 성공적인 산업으로 발전시키고자 정책적으로 어떤 역할이 필요할까? 이 질문에 답하기 위해서는 과거 국가가 한 분야의 산업을 성장시키고자 어떤 역할을 해왔는가에 대한 질문에 답해야 한다. 이에 대해서 지역중심으로 살펴보면 한국을 포함한 동아시아 지역은 산업 발전에 있어 국가주도의 성장을 이루어왔다는 것을 알 수 있다.<sup>21,22)</sup>

동아시아의 산업발전 사례를 다룬 연구로는 Evans의 'Embedded Autonomy'가 대표적이다. Evans 연구에 따르면, 국가에서 산업 발전을 위해 정부가 수행하는 역할로는 크게 4가지로 나눌 수 있다. 초국적 기업으로부터 로컬 기업을 보호하는 관리인(custodians), 국가가 주도하여 기업 활동을 하는 조물주(demiurge), 민간회사가 신사업에 진출하도록 유도하는 산파(midwifery), 신사업에 진출한 민간회사를 육성하는 경작자(husbandry)로 분류하였다<sup>23,24)</sup>.

먼저, 관리인은 규제자이자 보호라는 의미에서 규제를 가하기도 한다. 민간 자본이 부적절한 행동하는 것을 막고, 자본가가 새로운 리스크를 안도록 유인하지 않는다. 또한, 관리인 정부는 규제자 역할뿐만 아니라 생산자 역할도 수행하기도 한다. 상품을 전달하는 직접적인 책임을 지고 있기도 하며, 관리인은 주로 수송, 커뮤니케이션, 전력 그리고 물 공급을 포함

한 공공분야에서 역할을 수행한다<sup>23)</sup>.

조물주는 관리인 역할을 포함하여 민간투자를 가져오거나 민간 생산자를 대신하는 역할까지를 의미한다. 지역 자본이 하지 못하는 새로운 영역에 산업 발전으로 이끌기 위해서는 조물주처럼 모든 것을 창조해야 한다. 조물주 역할은 이상적인 비전으로 경제를 신장시키겠다는 논리를 가지고 있다<sup>23)</sup>.

산파는 신생기업이 설립되도록 돕거나 민간이 도전적인 시도를 하도록 독려하는 역할이다. 국가는 산업을 완전히 주도하는 형태가 아닌 보조일 뿐이며 민간의 반응에 의존한다. 다양한 기술과 정책은 리스크와 불확실성을 줄여준다. 국가는 민간을 통해 지역 기업의 활성화를 선호하여, 민간이 기업 역할을 잘 수행할 수 있도록 보조금을 지원하기도 한다. 유망 분야에서 새로운 기업이 자리 잡는 것은 좋은 시작이나 완전히 혁신적인 일이다. 기술과 시장에서 글로벌한 움직임에 응답해야만 한다. 새로운 참여자는 길에서 쉽게 떨어질 수 있어 격려가 필요하다. 또한, 국가의 지원이 없으면 결실이 사라질 수도 있다<sup>23)</sup>.

신규기업은 묘목처럼 약하기 때문에 현대식 기술을 필요로 한다. 특정 영역에 이미 존재하는 기업이 도전을 시도할 때 국가가 지원을 한다. 경작자는 촉진과 지원의 조합을 포함한다. 경작자 역할은 농사와 비슷하다. 하지만 산파의 역할과 다른 점은 특정 영역에 이미 민간이 존재하고 있어 산파 역할을 하는 정부에 대한 수요는 낮다<sup>23)</sup>.

노화준의 연구에서는 한국의 중화학 공업화 정책 사례에 Evans의 연구를 적용하여 정부가 포항제철의 건설에서는 조물주, 조선공업에서는 산파 역할, 자동차 공업에서는 경작자로서 해야 할 역할을 동시에 수행함을 알 수 있었다. 이러한 역할들은 수행하는 과정에서 막대한 투자자본을 필요하였다<sup>23,24)</sup>.

해외 사례에서는 브라질, 인도의 제철산업 발전에 있어 국가가 수행한 역할은 한국의 제철산업과 같은 조물주였으며<sup>23)</sup>, 중국의 IT산업은 산파 역할과 관리

인 역할이 혼합되어 있다고 보고 있다<sup>25)</sup>.

하지만 FCEV 보급에 있어 정부의 역할에 개발경제시대처럼 “만들면 된다.” 는 방식의 접근은 곤란하다<sup>26)</sup>. 소비자는 환경에 해를 미치지 않는 기술을 아무런 이익 없이 구매하려고 들지 않는다<sup>27)</sup>. 지속할 수 있는 기술이 공공의 이익을 증진하는 목표를 보유하고 있다 하더라도 성공적인 전환이 불가능할 수도 있다.

재임 기술뿐만 아니라 스마트한 기술 또한 국가주도의 투자가 혁신을 주도해왔다. Mazzucato의 연구에서 독일의 태양광산업, 덴마크의 풍력산업은 신재생에너지 산업에서 정부 역할의 중요성이 얼마나 중요한지 보여주고 있다. 혁신적인 녹색 기업, 에너지 시장형성을 위해 수요와 공급 양쪽을 움직일 정책이 필요하다<sup>28)</sup>.

## 2.2 정책의 목표모호성

국가의 정책 디자인은 집행의 효율성에 영향을 준다<sup>29,30)</sup>. 정책을 수행하는 상위집단 정부는 사전에 설정한 목표를 달성하는데 의무를 지고 실행한다. 여기에서 명확한 사명과 목표는 중요하다<sup>31)</sup>. 목표가 명확하지 않을 때 목표 모호성이 발생하기 때문에 효과를 증진하는 방안을 모색해야 한다<sup>31)</sup>.

권태욱과 전영한의 연구에서 정책 사업들에 목표 모호성을 영향을 미치는 요소로 (1) 정치적 요인, (2) 관리적 요인, (3) 사업특성 요인으로 보았다<sup>32)</sup>. 정치적 요인에서는 대통령, 총리 혹은 국회에서 정치적 주목도를 활용하였는지도 살펴볼 수 있다<sup>33)</sup>. 관리적 요인에서는 기획과 관리능력을 꼽는다. 정책 집행에서 하향식 접근에서 정책목표를 실현하기 위해서는 기획의 중요성이 있다<sup>32,34)</sup>. 일부 학자들은 정책적 모호성은 관리될 수 있으며 성과 측정 등을 활동을 통해 모호성의 수준이 줄어들 수 있다<sup>32)</sup>. 사업특성 요인에서는 정책사업의 직접성, 정책사업의 규모, 예산의 변화를 꼽는다.

## 3. 한국과 일본의 현황

### 3.1 연료전지 R&D

일본은 1981년 Moonlight Program을 통해 발전용 1MW 인산형 연료전지(PAFC)를 개발하였다. 1992년부터 2000년까지는 정부의 지원 아래 본격적으로 수송용 고분자전해질 연료전지(PEMFC) 개발에 착수하였다<sup>9)</sup>. 그 이후, 정부와 민간이 함께 FCEV 개발뿐만 아니라 수소 생산에서 저장까지 포함한 JHFC(The Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project) 프로젝트를 신설하였다<sup>11)</sup>.

JHFC 프로젝트는 일반적인 국가협력프로젝트보다 큰 규모의 프로그램이며 미국의 민간-공공 프로그램보다 규모가 크다<sup>35)</sup>. 본 프로그램은 총 3단계로 나뉘지며 1단계는 2002년부터 2005년까지 수소 인프라 개발과 소형 FCEV의 데이터를 구축하며 매년 200억 원이 투자되었다<sup>36)</sup>. 2단계는 2006년부터 2010년까지 FCEV와 수소 인프라 정책과 기준을 재고하였고, 매년 투자금액은 125억 원이었다<sup>37)</sup>. 3단계에서도 요타, 닛산, 혼다는 2015년까지 FCEV 출시를 계획하고 있다<sup>38)</sup>.

한국에서는 대안 에너지 촉진 법률제정으로 1988년부터 2003년까지 100억 원이 투자되어 연료전지 R&D 프로그램이 시작되었으나<sup>10,39)</sup> 그 이후 연료전지 R&D는 2003년에 들어서면서 국가주요기술로 채택되어 본격적인 투자가 시작되었다. 펀드는 민간과 공공으로부터 공급되었고 지식경제부, 교육과학기술부가 촉진하였다. 또한, 에너지기술연구원과 학교가 연계하여 기술을 개발하였다<sup>12)</sup>. 그 이후, 2012년에는 현대기아자동차사와 지식경제부는 FCEV 양산 계획을 발표하였다<sup>40)</sup>.

양국의 연료전지와 수소 R&D 투자 규모는 Fig. 1에 따르면 일본이 한국보다 최소 2배에서 최대 4배로 크다. 하지만 투자 양상은 2007년부터 2011년까지 비슷한 흐름을 보인다. FCEV가 양산되기 전 양국 모두

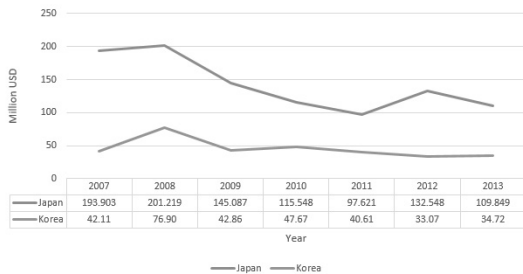


Fig. 1 The R&D budget of fuel cell and hydrogen energy in Korea<sup>41)</sup> and Japan<sup>16)</sup>

2008년에 R&D 예산이 집중되었다. 한국은 2010년을 거점으로 계속해서 하락세를 보이며, 일본은 2008년부터 감소하였으나 2012년에 소폭 상승하였다.

### 3.2 FCEV 출시

현대자동차는 한국에서 세계최초 FCEV모델 ‘투싼ix’를 2013년에 출시하였다<sup>16)</sup>. 현대자동차의 연료전지 엔진 100-kW Fuel Cell은 미국의 자동차 전문미디어 워즈오토(WardsAuto)로부터 2015년 세계 10대 엔진으로 선정되었다<sup>42)</sup>. 처음 FCEV가 출시되었을 때 가격은 1억5천만 원으로 책정, 타깃 고객은 유럽의 정부 지자체 및 공공기관, 미국에서는 리스를 활용한 일반 소비자로 설정하였다<sup>15)</sup>.

1년 뒤, 2014년 12월 일본의 도요타자동차에서 세단 타입의 ‘Mirai’를 출시하였다. 출시 가격은 약 7천2백만 원으로 현대자동차에 비해 판매단가가 낮았다<sup>16)</sup>. 그 여파로 Mirai가 출시된 지 3개월 만에 현대자동차는 내수시장을 확장하고자 투싼ix의 단가를 8천5백만 원으로 낮춘다고 발표하였다<sup>43)</sup>.

한국에서는 환경부가 FCEV 구매 보조금을 공공기관에 한정하여 지급하고 있다. 투싼ix의 첫 출시 때 국비 6천만 원, 지방세 6천만 원이 지급되어 구매 부담금은 3천만 원이었다<sup>44)</sup>. 2015년 2월 FCEV 가격이 하락하여 FCEV를 구매하는 공공기관에 대해서는 같은 급의 내연기관차와 FCEV의 가격 차이만큼 한대당 5천5백만 원을 지원하겠다고 발표하였다.

FCEV를 구매하는 구매자의 부담금은 가격 하락 전과 후 3천만 원으로 같다<sup>45)</sup>.

일본의 보조금은 공공기관뿐만 아니라 개인, 법인에게 지급하고 있다. 또한, 구매뿐만 아니라 대여에도 지원금을 적용하고 있다. 보조금액은 국가에서 2천만 원을 지급하고 있으며, 구매자의 거주지역에 따라 추가 보조금이 결정된다. 도쿄도의 경우 천만 원을 지원하고 있으며, 도쿄도의 거주자가 FCEV구매 시 부담금은 약 4천만 원으로 총 판매 단가의 40%를 지원을 받을 수 있다<sup>47)</sup>.

2015년 12월 파리협정 이후 한국에서는 제3차 환경친화적 자동차 개발 및 보급 기본계획을 발표하여 수소차 가격을 2018년까지 대당 6천만 원, 2020년까지는 5천만 원으로 인하하겠다고 했다<sup>17)</sup>.

한국과 일본은 FCEV 판매량은 한국은 출시된 지 약 2년이 지났지만 2015년까지 자국 내 판매 72대에 머물러 있으며<sup>17)</sup>, 일본은 출시 7개월 만에 259대를 판매했다<sup>48)</sup>.

### 3.3 수소인프라 보급

한국은 그린카발전로드맵에서 2020년까지 수소충전소 168기 설치계획을 발표했다<sup>7)</sup>. 제2차 친환경차 기본계획의 2015년 수소충전소 목표치는 43기였으나, 국내에 설치된 충전소는 2015년 9월 기준으로 10기로 달성률이 23.3%에 그쳤다. 수소충전소가 설치된 장소로는 수도권 지역에 서울 2기, 경기도 2기, 인천 1기에 밀집되어 있으며, 그 외 대구, 울산, 충남, 광주에 각각 1기가 설치되어 있다. 수소를 생산하는 방식으로 충전소를 구분하면 부생 수소로 수소생산이 7기, 수전해, 매립가스 개질, NG 개질이 각각 1기가 있다. 국내에 설치된 10기의 충전소는 환경부와 산업통상자원부가 운영하고 있다<sup>17)</sup>.

국내에는 환경부에서 수소충전소 설비 시 보조금을 지급하고 있다. 충전소 설비 보조금 신청방법은 먼저 지자체에서 충전소 설비 보조금을 신청한 뒤 환경부

**Table 1** The state of hydrogen station (January 2013)

	Germany	USA	Korea	Japan
H2 Station (January 2013) <sup>49)</sup>	22	62	12	23
Station per million population (2012) <sup>50)</sup>	0.27	0.20	0.24	0.18

에서 보조금 지급 허가가 난 뒤, 지자체가 충전소 설비 업체를 공고하는 방식으로 진행되고 있다. FCEV 출시 이후 2013년과 2014년에 각각 1기씩 보조금 지급이 이루어졌다<sup>17,45)</sup>. 2013년의 경우, 광주광역시와 충전소 설비를 위해 국비보조금 15억 원과 지방세 보조금 15억 원이 지급되었다<sup>45)</sup>.

일본에서는 FCEV 출시 전 13개 자동차에너지 회사가 발표한 공동성명에서 2015년부터 일반사용자에게 FCEV를 판매하고 이용할 수 있도록 4대 도시권을 중심으로 충전소 100기를 정비한다고 발표했다<sup>8)</sup>.

일본에서 충전소 설비 시 규모와 공급방식에 따라 보조금이 책정되며, 보조율은 50%로 최대 29억 원까지 지원된다. 2013년에 수소충전소 보조금을 확정 받은 곳은 16곳, 2014년에는 22곳으로 늘어났으며 수소충전소의 방식 또한 온사이트(On-site), 이동식, 오프사이트(Off-site)방식으로 다양해졌다. JX 닛코 일본 석유 에너지사(Nippon Oil)와 이와타니 산업사가 기간 내 충전소 설비보조금 신청 횟수가 첫 번째, 두 번째로 많았다<sup>18,19)</sup>.

한국의 수소충전소 수는 FCEV가 양산되기 전 적은 수는 아니었다. Table 1에 따르면 2013년 1월 인구 백만 명당 수소충전소 수는 일본보다 높았으며 독일과 비슷한 수치였다<sup>49)</sup>.

## 4. FCEV 도입을 위한 정부의 역할

### 4.1 FCEV 도입에 한국과 일본 정부의 역할 특성

FCEV 도입에 있어서 한국과 일본정부는 (1) 자국의 자동차회사가 새로운 영역에 진입할 수 있도록

FCEV 개발을 지원하였다. FCEV 출시 전후에 (2) 기술과 정책의 다양성을 추진하였으며 (3) FCEV 시장의 리스크를 줄이고자 보조금 제도를 도입하였다. 하지만 (4) FCEV 보급량은 자동차 시장에서 기존 내연기관 자동차를 대체할 수 있는 만큼 도달하지 못했다. 이를 통해 Evans의 연구를 적용하여 한국과 일본 정부는 FCEV 도입에 있어 산파 역할을 했음을 알 수 있다.

#### 4.1.1 민간의 도전

FCEV는 연료전지를 동력원으로 하는 자동차로써 일본에서 처음 연료전지 R&D가 시작되었을 때 발전용 연료전지 개발에 집중되었다<sup>9)</sup>. 1992년에 들어서면서 FCEV를 위한 연료전지 개발이 집중되기 시작했다<sup>11)</sup>. 한국은 2003년 이후 민간과 공공이 협력하여 FCEV 개발에 가속도가 붙기 시작했다<sup>51)</sup>. 그 이후 친환경 자동차에 대한 수요가 늘어남에 따라 양국의 정부가 자국의 자동차 회사와 함께 FCEV 양산 계획을 발표하였다.

양국에서 내연기관 자동차를 주로 생산해왔던 자동차회사들은 연료전지를 탑재한 FCEV를 생산을 위해 정부의 지원을 받게 되었다. 한편 유럽과 미국에서는 각각 HyWays<sup>52)</sup>, 캘리포니아주의 Hydrogen Highway<sup>53)</sup> 프로그램이 도입되었으며, 이러한 프로그램은 정부가 인프라 구축에 집중하고 FCEV 도입에 있어 자국의 제품 도입을 우선 고려하지 않았다. 그에 반해서 한국과 일본은 자국의 FCEV 도입을 고려하였고, 이러한 점은 유럽과 미국의 프로그램의 차이로 볼 수 있다.

모든 제조사가 정부에서 많은 지원을 받았다고 할 지라도 FCEV를 생산을 해낼 수 있었던 것은 아니었다. 2004년에 다임러 벤츠사가 FCEV 상업화에 실패했으며<sup>11)</sup> 1999년 액체 수소 자동차 모델 BMW 750HL의 출시와 함께 뮌헨공항 근처에 액체 수소 충전소가 설치되었지만, 경제성 문제로 양산까지 이어지지 못

했다<sup>54)</sup>.

또한, 독일과 미국의 자동차 제조사는 단독으로 FCEV 생산이 어려워 일본회사에 협력을 요청하여 현재 도요타-BMW, 닛산-다임러, 혼다-GM으로 협력하여 FCEV를 개발 중이다<sup>55)</sup>. FCEV는 아직 초기 단계로 많은 기술적 혁신이 요구되고 있으며, 많은 제조사가 단독으로는 FCEV를 출시하기에는 리스크가 존재하는 것으로 보인다.

#### 4.1.2 보조금과 인센티브 지급

국가가 지급하는 보조금은 수소 산업 성장에 있어 중요한 영향력을 발휘하였다. 자연에너지 분야의 선구자인 하워드 오덤(Howard T. Odum)은 “모든 진보는 동력에 대한 특별 보조금이 필요하고 보조금이 없다면 진보는 연기처럼 사라지고 만다.”고 주장했다<sup>56)</sup>. 그의 주장처럼 보조금은 FCEV 판매에 큰 영향력을 가하게 되었다.

양국의 FCEV 판매량은 보조금 지급범위에 따라 차이를 보였다. 한국에서는 FCEV 구매 시 공공기관에 한정하여 보조금을 지급하였다. 그에 반해, 일본에서는 공공기관을 포함하여 개인, 법인에게도 보조금이 적용되며 또한 대여 시에도 지원받을 수 있다. 일본 내 FCEV를 구매하는 사람의 비율은 공공기관 60%, 일반 소비자는 40%를 차지한다<sup>47)</sup>. 일본에서 FCEV 판매량은 7개월 만에 200대가 넘었으며, 한국에서는 국내 보급량이 아직 100대를 넘어서지 못했다. 또한, 한국 정부는 일반 소비자에게 FCEV 구매 보조금을 지급하지 않는다.

#### 4.1.3 FCEV의 경쟁력

450시나리오는 대기 중 “온실가스 농도를 450 ppm CO<sub>2</sub>eq로 제한함으로써 2°C 목표”를 달성하기 위한 에너지정책을 제안하고 있다. 450시나리오에 따르면 친환경 자동차 예상 보급량은 2035년에 70%에 도달한다고 전망하였다. 친환경 자동차는 EV, PHEV,

HEV, FCEV로 포함하고 있다. 하지만 FCEV의 예상 보급량은 전망치에서 3%에 불과하다. 친환경 자동차 중 FCEV의 점유율은 EV와 HEV보다도 현저히 낮다<sup>57)</sup>.

한국과 일본은 FCEV를 유일하게 생산한 국가이지만 양국 모두 자국 내 FCEV 보급률 계획은 EV에 비해 낮다. 한국은 2020년 이후 민간 보급을 목표로 두고 있으며, EV 보급목표인 6만4천 대와 비교하여 FCEV는 3천9백 대에 불과하다<sup>17)</sup>. 일본도 2020년에 차세대 자동차 보급을 20~50%로 목표치를 두고 EV는 15~20%를 FCEV는 1% 이하로 예측하고 있다<sup>58)</sup>. 이를 통해서 FCEV의 경쟁력은 타 친환경 자동차에 비해 경쟁력이 낮다는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 한국과 일본의 정책적 목표

양국정부가 같은 산파 역할을 했음에도 FCEV 도입 전후에서 다른 결과를 보여준 것은 각 국가가 설정한 목표에서 추론할 수 있다.

한국이 일본보다 R&D 규모가 작았으나 FCEV를 양산할 수 있었던 것은 정책 목표의 영향이 크다고 할 수 있다. 한국 정부는 FCEV 도입에 있어서 중점으로 둔 것은 기술 선점이었다. 정치적 요소로는 핵심기술로써 노무현 정부 때 연료전지가 채택되었고, 이명박 정부 때 그린카 로드맵에서 친환경 자동차 출시라는 분명한 목표로 설정되었다<sup>59)</sup>. 관리적 요소로는 지식경제부, 산업통상부와 학교가 협력하여 하향식으로 FCEV 양산을 향한 기술개발이 진행되었다.<sup>12)</sup> 사업특성 요인으로는 예산규모가 2008년 최고점을 도달하였다가, 2010년 이후부터는 계속해서 감소하였다. 현재 FCEV 자국 내 보급 속도가 더딘 것은 보급 이전에는 기술 선점이라는 목표가 있었지만, 보급 이후에는 정책적으로 분명한 목표가 설정되지 못했다.

일본에서는 정책 목표에서 정치적으로는 도요타의 ‘Mirai’가 출시되었을 때 아베 총리가 관저에서 직접 시승식을 하는 모습이 공개되었다<sup>60)</sup>. 이에 그치지 않고 이와타니 상용 수소스테이션이 개소식에도

참가하여 “수소 사회의 개막”을 알렸다<sup>61)</sup>. 관리적 요소로는 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO: New Energy and Industrial Technology Development)를 중심으로 수소 로드맵과 수소에너지백서가 배포되어 수소 이용에 대한 국민의 이해를 도왔다. 일본 정부에서 발행한 문서들은 FCEV에 한정하지 않고 수소 생산, 저장, 이용의 관점으로서 바라보았다. 수소 인프라 보급, 법 규정에 대해 담고 있다. 사업특성 요인에서는 일본의 연료전지 예산규모는 세계에서 GDP 당 연료전지 R&D 예산이 높은 국가라는 점에서 알 수 있다<sup>13)</sup>.

이를 통해 일본에서 FCEV의 판매량이 많았던 것은 후속조치에서 FCEV 보조금 지급과 인프라 도입을 위해 정책적으로 실현가능할 수 있도록 방안을 제시했다는 점이다. FCEV 출시 시기가 한국보다 늦었던 것은 도입 전 FCEV의 원활한 보급을 위해 준비 단계로써 충전 인프라 보급에 집중했기 때문이다.

### 4.3 충전 인프라 보급

연료전지와 FCEV는 수소경제체제가 성공하기 위한 Killer application으로써 필수요소이다<sup>62,63)</sup>. FCEV를 이용하는 데 있어 충전소 보급의 지리적 한계를 극복해야 함을 분명히 인지해야 한다. 하지만 수소에너지의 생산·운반·인프라에 집중하느냐 혹은 연료전지 연구에 박차를 가해야 하느냐의 우선순위 문제가 발생한다<sup>64)</sup>.

#### 4.3.1 일본의 충전 인프라 보급에서의 정부 역할

일본은 충전 인프라 보급을 FCEV 도입과 함께 체계적으로 준비되고 있었다. 첫 번째, 수소라는 물질의 특수성이 규제자로서 해야 할 역할과 생산자로서 해야 할 역할이 변형되도록 하였다. 수소는 폭발의 위험이 있기 때문에 체계적 관리가 필요하다<sup>64)</sup>. 두 번째, 수소충전소는 수소를 공급받을 수 있는 인프라

로 공공재적인 성격을 띠고 있다. 수소파이프라인은 수소를 공급하는 방법으로써 모색되고 있어 공공재적 성격을 가지고 있다. 세 번째, 민간의 자본은 한정되어 있으므로 민간회사에서 단독으로 수소충전소를 설비하는 데 어려움이 있어 국가의 지원이 필요하다. 보조금 지원으로 한정하지 않고, 보조금 지급시스템을 하위 정부(NeV)에게 분담하여 설치 보조금 체계를 기업에서 직접 신청할 수 있도록 만들었다. 이를 통해 일본의 수소충전소 보급에 있어 정부가 수행하는 역할은 Evans의 연구에 따라 조물주라는 알 수 있다<sup>23)</sup>.

#### 4.3.2 Egg-Chicken Dilemma

수소 인프라와 FCEV의 관계는 “닭이 먼저냐 달걀이 먼저냐”라는 Egg-Chicken Dilemma와 연관이 있다. Melaina의 연구에서 수소 인프라와 FCEV는 아래의 3가지 문제에 직면해 있다고 한다. (1) 고객은 충분한 연료를 채울 수 있는 시설이 충분하지 않으면 FCEV를 구매하지 않을 것이다. (2) 제조사는 사람들이 사지 않는 자동차를 생산하지 않을 것이다. (3) 연료공급자는 존재하지 않는 자동차를 위한 수소충전소를 설치하지 않을 것이다<sup>65)</sup>.

3가지 논의는 고객의 관점, 제조사의 관점, 연료공급자의 관점을 반영하고 있다. 한국은 자동차 생산을 위해 민간업체를 참여시켜 양산에 성공했지만, 구매자를 고려한 인프라 정비와 연료공급자를 위한 충분한 FCEV 공급이 이루어지지 않았다.

그에 반해, 일본은 구매자 관점에서 수소 이용에 관한 이해를 높이려 NEDO에서 ‘수소에너지 백서’를 발간하였다<sup>66)</sup>. 일본의 수소에너지백서는 수소에너지에 관해 국가에서 백서를 발간한 유일한 사례이다. 또한, 일본은 자동차회사를 연료공급자 관점에서 에너지 회사를 참여시킴으로써 제조사 관점의 딜레마를 해결하고자 하였다.



## 5. 결 론

본 연구를 통해 FCEV 출시 전후 한국과 일본 정부가 행한 역할과 정책을 살펴보았다. 먼저 Evans의 연구에 따라 한국과 일본은 공통적으로 FCEV 도입에 있어 산파 역할을 수행하였다.

그러나 양국 정부는 같은 역할로서 FCEV 양산을 지원했음에도 후속 조치는 현저하게 달랐다. 한국 정부의 정책 목표는 FCEV 초기 기술시장 석권과 FCEV 부품 국산화였다. FCEV를 국내에 도입하는 것보다 FCEV 기술력 향상이 고려되었다.

그에 반해, 일본은 Chicken-Egg dilemma를 극복하기 위해 FCEV와 수소 인프라 도입이 동시에 중요하다는 것을 인지하였다. 구매자·제조사·연료공급자의 관점을 고려하여 준비되고 있었다.

양국은 수소 인프라를 바라보는 관점도 달랐다. 한국의 모든 수소충전소는 정부 산하에 운영되고 있었지만, 일본은 수소사회 진입을 위한 수소 이용단계의 한 단계로써 FCEV를 인식하고 있었다. 그러한 결과로, 일본은 수소인프라 공급도 FCEV 도입과 함께 고려되었으며, 주요 민간이 참여할 수 있도록 정부는 컨소시엄을 구축했다.

본 연구에서는 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 양국의 자동차 회사가 생산한 FCEV의 기술적 부분은 고려되지 않았다. 또한, FCEV의 보조금을 국가의 공급 측면의 정책으로 바라보았고 소비자의 수요를 증대하기 위한 정책으로써 고려되지 못했다.

하지만 본 연구는 FCEV 사례에만 한정짓지 않는다. 차세대 자동차로 불리고 있는 EV도 FCEV처럼 충전 인프라 보급 문제가 해결되어야함을 알 수 있다. 국가는 친환경 자동차 보급에 있어 명확한 국가 역할을 설정하고 정책의 모호성을 줄인다면 정책시행의 효율성을 높일 수 있다.

## 후 기

이 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2015년, 특화전문대학원 연계 학연협력지원사업).

## References

1. S. A. Hong, "The hydrogen economy is coming," Science and Technology. No. 515, April. 2012, p. 12-15.
2. Climate Action, European Commission, "2050 low-carbon economy", [http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index_en.htm), (Search date: December 9th 2015).
3. CEP, "Clean Energy Partnership", <https://cleanenergypartnership.de/home/>, (Search date: December 9th 2015).
4. Deutschlandkarten Ausbau Wasserstoffstationen, "H2 Mobility", <http://h2-mobility.de/>, (Search date: December 8th 2015).
5. The Scandinavian Hydrogen Highway Partnership, "H2moves Scandinavian", <http://www.scandinavianhydrogen.org/h2moves> (Search date: January 5th 2016).
6. The California Environmental Protection Agency, Zero Emission Vehicle (ZEV) Program, <http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevprog.htm>, (Search date: December 9th 2015).
7. Ministry of knowledge economy, Ministry of Environment, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Green Car Development Strategies and Projects", December 2010.
8. Toyota Global Neswsroom, "A The Joint Statement on the domestic market introduction and the hydrogen supply infrastructure development of fuel cell vehicles", [http://www2.toyota.co.jp/jp/news/11/01/nt11\\_0106.html](http://www2.toyota.co.jp/jp/news/11/01/nt11_0106.html), January 13rd 2011, (Search date: 1st June 2015).
9. R. Anahara, S. Yokokawa, M. Sakurai, Present status and future prospects for fuel cell power

- systems, Proc IEEE, No. 81, 1993, p. 399-408.
10. J. Y. Yoo, "Hydrogen & Fuel Cell Activities in Korea.", IPHE Steering Committee Meeting, 2004.
  11. H. Ishitani, Y. Baba, "The Japanese strategy for R&D on fuel-cell technology and on-road verification test of fuel-cell vehicles.", Making choices about hydrogen: Transport issues for developing countries, United Nations University Press, 2008, p. 64-84.
  12. S. K. Lee, G. Mogi, J. W. Kim. "Energy technology roadmap for the next 10 years: The case of Korea.", Energy Policy, Vol. 37, No. 2, 2009, p. 588-596.
  13. New Energy and Industrial Technology Development Organization, "NEDO Hydrogen Energy White Paper", July 2014, p. 11.
  14. OECD, HYDROGEN AND FUEL CELLS of RD&D Budget in Korea and Japan", (Search date: June 1st 2015).
  15. Hyundai motors, "The first "Tucson ix hydrogen fuel cell vehicles delivered in Guangju", Press release, June 10th 2014.
  16. Toyota Global Neswsroom, "TOYOTA, sedan type of the new fuel cell vehicle "Mirai" released", <http://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/4197769/>, Nov. 18th 2014 (Search date: June 1st 2015).
  17. Ministry of Trade, Industry and Energy, "The 3rd National Eco-friendly Motor Vehicle Development and Distribution Plan", December 8th 2015.
  18. Next Generation Vehicle Promotion Center (NeV), "2014 fiscal year fuel cell vehicles for hydrogen supply equipment installation auxiliary business grant decision contents", [http://cev-pc.or.jp/hojo/suiso\\_ketteinaiyou\\_juyo.html](http://cev-pc.or.jp/hojo/suiso_ketteinaiyou_juyo.html), (Search date: June 1st 2015).
  19. Next Generation Vehicle Promotion Center (NeV), "2013 fiscal year fuel cell vehicles for hydrogen supply equipment installation auxiliary business grant decision contents", [http://www.cev-pc.or.jp/hojo/suiso\\_ketteinaiyou\\_h25.html](http://www.cev-pc.or.jp/hojo/suiso_ketteinaiyou_h25.html), (Search date: June 1st 2015).
  20. B.Y. Kim, "Industrial policy in South Korea and Japan in the age of globalization", Social Sciences Journal of Daejeon University, Vol. 17, No. 1, 1998, p. 359-376.
  21. World Bank, "The East Asian miracle : economic growth and public policy", 1993, Washington DC, World bank.
  22. J. E. Stiglitz, "Some lessons from the East Asian miracle." The world Bank research observer, Vol. 11 No. 2, 1996, p. 151-177.
  23. P. B. Evans, "Embedded Autonomy", 1995, New Jersey, Princeton University Press.
  24. W. J. Rho, "The Characteristics of Strategic Development Management of Korean Government : The Implementation Processes of the Heavy and Chemical Industry Drive as Strategic Moves", Korean Public Administration Review, Vol. 35, No. 2, 2001, p. 41-61.
  25. M. J. LEE, The role of government in the Chinese information technology industrialization process, National Strategy, Vol. 11, No. 1, April 2005.
  26. S. W. Park, "Fuel Cell Vehicle as the regime of new social-technology", Science and technology policy, No. 154, August 2005, p. 57-74.
  27. R. Hoogma, "Experimenting for sustainable transport: the approach of strategic niche management". Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 20, No. 5, September 2008, p. 537-554.
  28. M. Mazzucato, The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths. Vol. 1. Anthem Press, 2013, London.
  29. M. Goggin, A. Bowman. J. Lester, L. O'Toole jr, "Implementation theory and practice: Toward a third.", 1990, NY, Haper Collins.
  30. H. Y. Kim, "A study on Influences of Policy Goal Ambiguity on Policy Implementation", Public Policy Review, Vol. 20, No. 1, 2006, p. 73-96.
  31. H. G. Rainey, Understanding and Managing Public Organizations, 1991, San Francisco: Jossey-Bass.

32. T. W. Kwon, Y. H. Chun, "Antecedents of Policy Program Goal Ambiguity in Korean Government", *KOREAN POLICY STUDIES REVIEW*, Vol. 24, No. 1, 2015, p. 167-199.
33. J. W. Lee, H. G. Rainey, Y. H. Chun, "Of Politics and Purpose: Political Salience and Goal Ambiguity of US Federal Agencies, *Public Administration*, Vol.87, No. 3 p. 457-484.
34. R. Nakamura, F. Smallwood, *The politics of policy implementation*, 1980, New York, St. Martin's Press.
35. G. Vasudeva, "How national institutions influence technology policies and firms' knowledge-building strategies: A study of fuel cell innovation across industrialized countries.", *Research Policy*, Vol. 38, No. 8, 2009, p. 1248-1259.
36. T. Kamimoto, "Summary of JHFC Activities.", Report on 4th Seminar, Joint Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project, Japan, 2006.
37. J. Tomoru, "Current status of JHFC project." IPHE Infrastructure Workshop, USA, February 25-26th 2010.
38. Ministry of Economy, Trade and Industry, "Full launch of FCVs in the market slated for 2015.", [http://www.met.igo.jp/english/press/2011/0113\\_01html2011](http://www.met.igo.jp/english/press/2011/0113_01html2011), (Search date: June 1st 2015).
39. OECD, *Innovation in energy technology*, OECD Publishing, 2006, Paris.
40. M. Rechtin, "Future products: Hyundai's push will change the look of showrooms.", *Autoweek Crain Communications, Inc.* Detroit, MI, 2010.
41. Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning, "2013 Statistics", <http://www.etic.kr/main/selectMainStatChartInfs.do?sendMainCd=1>, (Search date: December 15th 2015)
42. D. Winter, "2015 Winner: Hyundai 100-kW Fuel Cell.", *WardsAuto*, December 31st 2014.
43. Hyundai motors, "Tucson ix Hydrogen Fuel Cell Vehicle prices slashed", Press release, February 2nd 2015.
44. Ministry of Environment, "Guidelines on Subsidy Process" December 2013, p. 1.
45. Ministry of Environment, "Eco-Friendly Car Purchases Support Greatly Expanded", Press release, February 5th 2015.
47. Bureau of Environment Tokyo Metropolitan Government, "Tokyo Fuel Cell Vehicles Subsidies", <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/energy/hydrogen/fcv.html>, (Search date: Jun 1st 2015).
48. Japan Automobile Dealers Association, "TOYOTA Mirai registration number (units) in 2014, 2015", July 1 2015.
49. J. Alazemi, J. Andrews, "Automotive hydrogen fuelling stations: An international review.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 48, No.201, 2015, p. 483-499.
50. OECD, *2012 Population in Germany and USA and Korea and Japan*, (Search date: June 1st 2015).
51. T. H. Lee, "Hydrogen and fuel cell activities in Korea.", *Northeast Asia Energy Outlook Seminar*, May 6th 2008, Washington, D.C
52. "HyWays", <http://www.hyways.de/>, (Search date: June 1st 2015)
53. The California Air Resources Board (ARB), "Hydrogen Vehicle Infrastructure", [http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/hydrogen/hydrogen\\_cah2net.htm](http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/hydrogen/hydrogen_cah2net.htm), (Search date: June 1st 2015).
54. CNN, "Could hydrogen be the fuel of the future?", <http://edition.cnn.com/2001/TECH/science/03/16/hydrogen.cars/>. March 16 2001, (Search date: 5th December 2015).
55. Agency for Natural Resources and Energy, the Japanese government 2014. "About the current state of efforts toward the realization of a hydrogen society", [https://www.jimin.jp/policy/policy\\_topics/pdf/pdf146\\_1.pdf](https://www.jimin.jp/policy/policy_topics/pdf/pdf146_1.pdf), February 3rd 2014 (Search date: June 1st 2015).
56. H. T. Odum, "Environment, power, and society", 1971, New York, Wiley-Interscience.
57. IEA, *World Energy Outlook 2010*, November 2010, p. 419-444.

58. Next Generation Vehicle Promotion Center (NeV), "Government efforts to next-generation automobiles spread", [http://cev-pc.or.jp/chosa/pdf/h27\\_meti\\_torikumi.pdf](http://cev-pc.or.jp/chosa/pdf/h27_meti_torikumi.pdf), (Search date: December 5th 2015).
59. K. M. Kim, Policy for the introduction of FCEV supporting and expanding plan, JOURNAL OF ELECTRICAL WORLD, Korea Electric Association, No. 419, 2010, p. 45-49.
60. Toyota Global Neswsroom,, "January 15 delivered a future in the Prime Minister's Office", <http://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/5258919/>, January 16th 2015, (Search date: December 5th 2015).
61. Prime Minister of Japan and His Cabinet, "Iwatani hydrogen station Shiba Park" opening ceremony", <http://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/5258919/>, Apr. 13th 2015, (Search date: December 5th 2015).
62. A. E. Farrell, D. W. Keith, Corbett, J. J, "A strategy for introducing hydrogen into transportation", Energy Policy, Vol. 31, 2003, p. 1357-1367.
63. S. W. Park, "Strategic Niche Management for Enhancing Feasibility of the Hydrogen Economy", Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 22, No. 2, 2011, p. 274-282.
64. D. C. Jun, "A Study on Safety Policies for a Transition to a Hydrogen Economy", Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 25, No.2, 2014, p.161-172.
65. M. W. Melaina, "Initiating hydrogen infrastructures: preliminary analysis of a sufficient number of initial hydrogen stations in the US.", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 28, No. 7, 2003, p. 743-755.
66. New Energy and Industrial Technology Development Organization, "NEDO Hydrogen Energy White Paper", July 2014, p. 11.