

## 친환경차 확산전략에 대한 시스템다이내믹스 접근과 인과지도 분석\*

### System Dynamics Approaches on Green Car Diffusion Strategies and the Causal Diagram Analysis

박경배\*\*

Park, Kyungbae

#### Abstract

The research is to identify important diffusion factors and their effects on green car diffusion process using system dynamics perspectives and a causal-loop analysis. Through a deep review on previous research, we have found the important factors of green car diffusion process. Price, driving range, network effect, recharge system, fuel cost had important facilitation on consumer attraction and green car diffusion. Based on the review, we have constructed a causal loop diagram explaining hybrid car diffusion process. We have found 3 important reinforcing loops in the causal loop diagram. Loop for learning & economies of scale(supply side), loop for network effect(consumer side), and loop for battery development(technology side) had most significant roles in the whole diffusion process. Through a deliberate analysis on the 3 causal loops, we have found meaningful results. First, there seems to exist a critical mass in the diffusion. Second, of the 3 loops, the battery technology had most significant role. Third, not consumer installed base but sales must be a standard to decide whether the critical mass is achieved or not. Based on these findings, several meaningful implications are suggested for the government and corporations related to the green car industries.

**Keywords:** 하이브리드 차, 친환경차, 학습 효과, 네트워크 효과, 배터리 기술, 임계질량, 자기 지속, 시스템 다이내믹스  
(Hybrid Car, Green Car, Learning Effect, Network Effect, Battery Technology, Critical Mass, Self-Sustaining, System Dynamics)

\* 이 논문은 2011년도 정부재원(교육과학기술부 사회과학연구지원사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2011-330-B00094).

이 논문은 2010년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

\*\* 상지대학교 경영학과 교수(kbpark@sangji.ac.kr)

## I. 서론

전 세계적으로 자동차 선진국들의 친환경차 개발과 시장선점을 위한 치열한 경쟁이 고조되고 있다. 또한 많은 수의 자동차 관련 기업들도 각국 정부의 지원책에 힘입어 다양한 방식의 친환경차 개발과 시장 출시 및 안정적 확산에 사활을 걸고 있다. 그러나 친환경차의 수요 증가는 세계적으로 기대보다 낮은 수준이며, 배터리 분야에서의 더딘 기술개발과 높은 비용 등의 문제로 자동차 기업의 수익 측면에서 아직 친환경차 개발과 판매가 오히려 다소의 부정적인 영향을 미치고 있는 실정이다. 하지만 장기적으로는, 꾸준히 증가하고 있는 유가와 더불어 전 세계적으로 강화되고 있는 환경규제로 인해 현재의 전통적인 내연기관(ICE, internal combustion engine)으로부터 하이브리드차, 전기차, 수소연료전지차 등의 새로운 방식의 친환경차(GC, green car)로 자동차 산업과 관련 시장이 전환될 것이라고 예상되고 있다. 이러한 상반된 상황에서 각국 정부와 자동차 관련 기업들은 여러 가지 중요한 정책적 선택을 요구받고 있다. 이와 관련하여 비록 충분하지는 않지만 그간 국내에서도 자동차 수요예측, 미래에너지 예측, 전력시장 분석 등의 관련분야에서 시스템다이내믹스를 적용하여 폭 넓고도 깊이 있는 분석을 수행하려는 시도가 계속되었다(곽상만 외, 2002; 황병용 외, 2010; 장대철·박경배, 2011).

본 연구에서는 친환경차 개발과 보급에 대한 한국 정부의 정책과 기업의 대응을 살펴보고자 한다. 또한 친환경차와 관련된 선행 연구들을 광범위하게 살펴보고 이를 바탕으로 친환경차 보급과 관련하여 폭넓게 참고 및 사용될 수 있는 시스템 다이내믹스 인과지도 모형을 구축하고자 한다. 구축된 인과지도는 향후 친환경차 보급 및 정책 수립과 관련하여 좀 더 구체적인 정량적 분석을 위한 기본적 바탕이 될 수 있을 것이다.

먼저, 2장에서는 한국의 친환경차 보급 정책과 그 성과를 예산지원과 보급대수를 중심으로 살펴본다. 3장에서는 한국의 대표적 자동차 기업인 현대기아차가 그동안 친환경차 부분에서 기울인 노력과 전략적 변화들을 2차 자료를 바탕으로 개괄적으로 탐구한다. 4장에서는 친환경차 보급과 관련한 기존의 연구들을 광범위하게 살펴보고, 친환경차 확산과 관련해서 가장 중요한 요인들이 무엇인가 도출한다. 5장에서는 4장에서 도출된 친환경차 확산의 주요 요인들을 바탕으로, 하이브리드차를 대상으로 한 친환경차 확산에 대한 인과지도를 구축한다. 6장에서는 5장에서 구축된 인과지도를 깊이 있게 분석하여 유용한 결과를 도출하고 이에 따른 정책적 시사점을 도출하였다. 7장에서는 연구의 결과를 요약하고 친환경차와 관련한 정부와 관련기업에게 정책적, 전략적 제언을 제공하였으며, 연구의 한계와 향후 연구방향을 함께 제시하였다. 전반적으로 본 연구는 친환경차와 관련된 향후의 연구에 참고적 바탕으로 사용될 수 있는 일반화된 인과모형을 구축하는 것을 목표로 하고 있으며,

도출된 모형에 대한 깊이 있는 시스템 다이내믹스 인과 분석을 통해 친환경 자동차 관련 정부 정책과 기업 전략 부문에 의미 있는 정책적 참고 자료와 시사점을 제공하고자 한다.

## II. 한국의 친환경차 보급 현황

### 1. 예 산

한국의 친환경차는 크게 천연가스 자동차, 하이브리드 자동차, 저공해 경유차, 전기차로 분류된다. 정부는 2004년부터 본격적으로 친환경차에 대한 예산을 집행하기 시작하여 각각의 친환경차에 대하여 서로 다른 수준의 예산을 책정하였으며, 이에 따라 보급 대수 또한 차량 종류별, 연도별로 차이를 보인다.

먼저 시내버스, 청소차 등을 천연가스차로 교체하기 위하여 2000년부터 2011년까지 국고 4,252억원을 투입해 29,726대를 보급하였다. 또한 경유차와의 가격차 보조를 위해 국가와 지방이 50%씩 부담하여 대형버스는 1대당 1,850만원, 중형버스는 1,600만원, 청소차에는 2,700~4,200만원을 보조하였다.

다음으로 하이브리드 자동차에 대한 예산은 2005년부터 2011년까지 국고 432억원 및 세제감면 혜택으로 31,074대를 보급하였다. 주목하여야 할 점은 2009년 7월 세제 감면이 실시된 이후로 보급대수가 급증하였다는 것이다. 2005년부터 2006년까지는 2,800만원의 구매보조, 2007년부터 2008년은 1,400만원의 구매 보조가 있었으며, 2009년부터는 310만원까지 세제 감면혜택을 제공하였다. 세제감면 혜택은 개별소비세·교육세 130만원, 취득세 140만원, 도시철도채권 구입비 40만원을 포함한다.

또한 저공해 경유차의 경우 2004년부터 2009년까지 국고 146억원을 투입하여 Euro 5 기준을 만족하는 저공해 경유차를 4,872대 보급하였다. 일반 경유차와의 가격차 보조를 위해 천연가스 자동차와 마찬가지로 국가와 지방이 50%씩 부담하여 소형차에는 1대당 200만원, 대형·버스에는 780만원('08년부터는 650만원)을 지원하였다.

아울러, 전기차는 2011년 한해 동급 가솔린 자동차와의 가격차 보조를 위해 국고에서 91억 5천9백만원을 지원하였다. 버스에는 대당 1억 545만원, 저속 전기차에는 대당 578만원, 고속 전기차에는 대당 1,720만원을 보조하였다.

## 2. 대 수

연도별 친환경 자동차의 보급 대수를 살펴보면, 이전년도부터 2004년까지 하이브리드차는 50대, 천연가스 차는 6,162대로 총 6,212대가 누적 보급되었고, 2005년에는 하이브리드차 312대, 저공해 경유차 8대, 천연가스차 2,567대를 포함하여 총 2,887대를 보급하였다. 2006년은 하이브리드차 368대, 저공해 경유차 35대, 천연가스차 3,365대로 총 3,768대를 보급하였으며 2007년에는 하이브리드차 656대, 저공해경유차 489대, 천연가스차 3,292대로 총 4,437대를 보급하였다. 또한 2008년에는 하이브리드차 1,072대, 저공해 경유차 1,419대, 천연가스차 4,121대로 총 6,612대를 보급하였고, 2009년에 들어와 하이브리드차 6,312대, 저공해 경유차 2,912대, 천연가스차 4,113대를 보급하여 총 13,345대를 보급하였다. 이후 2010년에 하이브리드차는 6,186대, 천연가스차는 3,275대로 총 9,461대를 보급하였고 2011년에는 하이브리드차 16,118대, 천연가스차 2831대, 전기차 500대를 보급하였다.

## 3. 친환경차 관련 정부지원과 차량증가 변화

친환경차 보급에 있어 직접적인 보조금 지원을 위한 전반적인 국가 예산은 조금씩 감소하고 있는 추세이나, 대체적으로 친환경차의 보급률은 증가하는 추세이다. 이는 직접적인 정부보조금이 줄어드는 대신 2009년 7월부터 시행된 하이브리드차량 구매에 대한 취득등록세 감면과 같은 세제지원 혜택을 늘렸기 때문이며, 이러한 세제지원의 효과가 하이브리드차량 보급대수 증가에 상당부분 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있다. 하이브리드 차량 보급은 '08년 1,072대에서 세제지원 시작년도인 '09년에 6,312대로 급증하였다.

친환경차 전반의 차량 증가를 살펴보면 여러 가지 친환경차 중에 특히 하이브리드차의 보급률이 눈에 띄게 증가하고 있으며, 친환경차 중에서도 하이브리드차에 대한 소비자의 관심과 시장성을 확인할 수 있다. 하이브리드차 외에 눈에 띄는 것은 천연가스차(버스)에 대한 지원과 보급대수 증가로서, 한국은 천연가스버스 도입과 보급 부문에서 적극적인 정부지원과 인프라 구축으로 캐나다 등 기타 국가와는 달리 성공적인 정착을 이루었다. 전기차에 대한 예산지원이 2011년부터 시행된 것도 눈에 띄는 부분이다. 향후 전기차의 보급이 어떻게 진행될지에 귀추가 주목된다.

〈표 1〉 한국의 친환경차 관련 정부지원 예산과 보급 대수 현황 (단위: 백만 원 / 대수)

구 분		'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	11
총계	예산	112,374	48,792	49,821	44,316	78,131	67,553	41,733	49,515
	대수	6,212	2,887	3,768	4,437	6,612	13,346	9,461	19,449
하이브리드차	예산	1,374	8,736	10,276	8,298	14,525	-	-	-
	대수	50	312	368	656	1,072	6,312	6,186	16,118
저공해 경유차	예산	-	56	245	2,918	3,906	7,511	-	-
	대수	-	8	35	489	1,419	2,921	-	-
천연가스차	예산	111,000	40,000	39,300	33,100	59,700	60,042	41,733	40,356
	대수	6,162	2,567	3,365	3,292	4,121	4,113	3,275	2,831
전기자동차	예산	-	-	-	-	-	-	-	9,159
	대수	-	-	-	-	-	-	-	500
차 종		하이브리드차	저공해경유차	천연가스버스	전기자동차	총계			
누적보급수(~'11년)		31,074	4,872	29,726	500	66,172			

자료: 환경부 2012년 국정감사자료(환경부, 2012).

### Ⅲ. 현대기아차의 친환경차 개발전략

그 동안의 현대기아차의 친환경차 개발전략을 개략적으로 살펴보기 위하여 본 연구에서는 신문 기사를 이용한 2차 자료 분석을 사용하였다. 이는 신문 기사 등을 통해 공개된 자료가 현대기아차의 가장 공식적인 입장과 전략 방향을 나타낼 수 있다고 판단하였기 때문이다. 신문 기사를 바탕으로 현대기아차의 친환경차 관련 연대를 구분하고, 각 기간별 주요 사건을 파악하였다. 친환경차 부문에서의 현대기아차의 발전과정을 연대순으로 분석한 결과와 근거가 되는 2차 자료(신문 기사 발췌)는 〈부록표 1〉에 정리되어 있다.

현대기아차의 친환경차 개발연대에 있어서 1990년대 말은 의식적 도입기로 현대기아차는 1990년대 말부터 정부 주도정책에 따른 친환경 자동차 보급 계획을 수립하기 시작하였다. 2000년~2003년은 기술 도입기로 볼 수 있는데 현대차는 2000년대 들어서 본격적으로 친환경 자동차관련 R&D 투자를 확대하여, 하이브리드 자동차에 대해서는 대략적인 동력 시스템을 개발하였다. 친환경 자동차와 관련한 대체 연료 선택에 있어서는 확실한 방향을 잡지 못했으나 초기에는 수소 연료차에 가장 주력하였다. 이 시기에는 또한 국내 최초로 전기 버스 추진 장치를 수출하여 하이브리드차 개발을 가시화하였다. 점진적 시작기로 볼 수 있는 2004년에는 프리우스를 성공시킨 일본을 선두로 전 세계적으로 하이브리드차 상용화의

움직임이 보였으나 현대차는 소형차인 클릭(click) 하이브리드차를 정부에 50대 공급한 것에 그쳤다. 2005~2006년의 수소연료 중심의 기술개발이 두드러진 초기 발전기에는 꾸준한 수소 연료 투자 끝에 2005년에는 미국 에너지부 주관 연료전지차 시범사업을 위한 수소충전소를 완공하였고, 베르나와 프라이드 하이브리드를 내놓음으로써 친환경차와 관련한 기술적인 진보를 보였다. 그러나 중형차에 하이브리드를 탑재한 일본의 렉서스 하이브리드에 비해 여전히 기술적으로 부족한 모습을 보이는 한계를 가지고 있었다. 2006년 9월, 도요타는 국내에서 일반인 대상으로는 최초로 렉서스 SUV RX400h 하이브리드를 출시하였으며, 전세계적으로도 이미 프리우스 등을 통해 하이브리드 부문에서 상당한 시장성공을 거두고 있었다. 전략적 전환기인 2007년에는 드디어 수소 연료 전지차(FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle)인 ‘아이블루’를 개발해 소개함으로써 친환경차 개발에서 뚜렷한 진보를 보였으나, 2008년에 개발 방향을 기존의 소형(1400cc) 가솔린 하이브리드(베르나, 프라이드 등)에서 준중형(1600cc) LPI 하이브리드(아반떼, 포르테 하이브리드)로 급히 수정하였다. 이는 가솔린 하이브리드의 경쟁력이 일본차에 비해 여전히 뒤 떨어지는 데에다 하이브리드차의 연비도 소형 디젤차에 비해 오히려 나빠 연료가격이 싼 LPI 모델을 적용하지 않고서는 경쟁력이 없었기 때문이다. 특히 이 시기에는 하이브리드차에 대한 수익성(가격대비 연비 부족)과 환경성(배터리 폐기 문제 등) 문제가 함께 제기되었으므로 오직 한 가지 방향으로 개발 전략을 수립하는 것은 오히려 문제가 있어 보였다. 이러한 문제에 대해 고민을 하면서도 현대차는 친환경차와 연료 관련 인프라 구축 등 여러 분야에 지속적인 투자를 진행하였다. 전략적 관망기로 분류할 수 있는 2009년은 본격적으로 관용차 뿐 아니라 일반인을 대상으로 아반떼와 포르테 LPI 하이브리드 판매를 시작하면서 시장의 반응과 분위기를 살피고 기술적인 대안도 함께 고민하는 과정으로 판단된다. 지자체와의 협력을 통한 기업+지자체 보조금(시범도시인 과천, 원주 등과 협력)과 정부 보조금으로 국내 소비자를 유인하였지만 현대차는 국내에서 이렇다 할 성과를 내지 못하였다. 그 후 수출공략 준비중심의 적극적 대응기인 2010년에는 디트로이트에서 열린 2010 북미 오토쇼, 2010 시카고 오토쇼 등에서 싼타페 플러그인 하이브리드 콘셉트카 블루월(HND-4), 역시 플러그인 하이브리드 콘셉트카인 레이(Ray) 등을 선보이며 하이브리드차와 플러그인 하이브리드차에 대한 장기적이고도 적극적인 수출공략 의지를 표명하고 공격적인 마케팅 활동을 시작하였다. 본격적 경쟁기로 접어든 2011년부터는 마침내 하드타입(일정동안 순수 전기차 모드로만으로도 주행가능) 하이브리드 YF 쏘나타, K5 등을 출시하며, 프리미엄 하이브리드차로 글로벌 하이브리드 자동차 시장에서 본격적인 경쟁을 시작하였다. 그리고 투 트랙(two track) 전략(현대차: 플러그인 하이브리드, 기아차: 전기차)을 선언함으로써 향후 친환경차 부문에서의 장기적인 경쟁과 기술변화를 예상하고 이를 체계적으로 준비하는 모습을 보이고 있다.

## IV. 친환경차 관련 주요 선행연구

### 1. 주요 선행연구들

Struben & Sterman(2008)은 수소 연료차와 내연기관, 전기 하이브리드차의 확산에 대해 시스템 다이내믹스를 통해 연구하였는데, 범위와 규모의 경제(scope and scale economies), 연구개발(R&D), 학습(learning by doing), 소비자 경험(driver experience), 입소문(word of mouth), 연료 인프라와 같은 보완재(complementary resources)가 친환경 차량의 확산에 있어 긍정적인 피드백 역할을 하게 해준다고 하였다. 특히 이들은 소비자의 경험, 입소문, 마케팅으로부터의 피드백을 통한 친환경 차량에 대한 소비자 인식(consumer awareness)에 초점을 두어 연구를 진행했으며 소비자 인식이 네트워크 효과(network effects)와 함께 긍정적 피드백을 창출한다고 보았다. 이러한 피드백의 시작은 대체기술(즉, 친환경차량 기술)의 지속적 수용에 의해 이루어지며, 경제적(economic), 행태적(behavioral) 변수에 영향을 받는다고 하였다. 또한 활발한 확산을 위해서는 대체연료차(친환경차량)를 타는 사람뿐 아니라 타지 않는 사람의 입소문도 중요하다. 이것을 중심으로 학습, 기술 발달, 연료 인프라의 공진화(co-evolution)가 이 신기술의 확장 경계를 증가시킨다. 결론적으로 대체 연료차의 성공적인 확산을 위해서는 마케팅 프로그램과 보조금 등의 단기적 지원뿐만 아니라 자가지속(self-sustaining)할 수 있는 장기적인 전략과 방안이 필요하다고 하였다.

Jeong et al.(2009)은 한국의 사례를 바탕으로 디젤 승용차의 시판허용과 이의 확산과정, 그리고 이의 판매로부터 변화되는 CO<sub>2</sub> 오염변화를 소개하였다. 이는 결과적으로 디젤 자동차의 판매에 의한 환경 변화를 보여주는 것일 수도 있지만 디젤 승용차의 시판허용과 이의 확산과정을 추정하기 위해 적용된 시스템적 접근법이 하이브리드차 등 친환경차의 확산과 유사하다는 점에서 하이브리드차나 그 외 친환경 차량의 확산에서도 응용이 가능하다고 볼 수 있다. 이들의 연구에서는 각각의 연료 타입(가솔린, 디젤, LPG)의 차량 수요가 구조적으로 상호 영향을 주고 받으며 결과적으로 대체 자동차의 최종 수요를 도출하게 된다. 결과적으로 디젤 자동차의 판매로 오염을 조절하면 기후 변화 협약에 대한 좋은 대응책이 될 수 있다. 이들의 연구에서는 디젤차의 판매에 영향을 주는 주된 요인은 연료의 가격(가솔린, 디젤, LPG)이라고 보고 있다.

Walther et al.(2010)은 저공해차 확산에 대한 자동차 제조업자의 전략에 대해 언급하였다. 이들은 캘리포니아의 사례를 통해 온실가스 규제(greenhouse gas (GHG) regulations)와 탄소제로배출 규제(zero emission vehicles (ZEV) regulations)가 적용되는 동안 자동차 기술, 인프라 범위, 제공된 자동차 종류 등이 소비자의 행위에 미치는 영향을 조사하였다. 이들의

연구에서는 시스템적 사고를 이용하여 모델을 크게 4가지 모듈로 나누었는데, i) GHG와 ZEV규제, ii) 자동차 산업, iii) 고객(시장), iv) 인프라(충전소 등 연료체계)가 그것들로서, 각 모듈은 상호의존적이며 서로 영향을 주고 받도록 설정하였다. GHG와 ZEV 규제에는 캘리포니아에서 적용된 관련 패널티와 규제점수(credit)가 포함된다. 자동차 산업에는 생산량 증가에 따른 학습효과(learning by doing), 연구 개발(R&D), 구매 비용 등이 해당된다. 이들 영향요인들은 새 차에 대한 소비자 수요에 큰 영향을 미친다. 소비자 측의 모듈에서는 마케팅과 입소문(word of mouth)을 통해 소비자 인지(awareness)가 증가하며, 자동차에 대한 정보(information)는 이를 조절하는 역할을 하고 이를 통해 결국 최종적인 소비자 수요를 자극한다고 하였다. 사용자 기반(installed base)과 인프라(infrastructure)는 수요와 판매에 대한 네트워크 효과(network effect)를 통해 시간이 지남에 따라 누적되는 행태를 보인다.

## 2. 친환경차 확산에의 주요 요인들

이전 연구들을 바탕으로 본 연구에서는 친환경차 도입 및 확산에 반드시 필요한 몇 가지 공통적인 요인들을 발견하여 요약하였다. 다양한 기존연구들을 고찰 한 결과 가격(price), 주행거리(driving range), 네트워크 효과(network effect), 충전시스템(recharge system), 연료 가격(fuel cost)이 친환경차 도입 및 확산과정에서 주요하게 영향을 미치는 요인들로 파악되었다.

### 1) 가격(price)

고객에게 가장 민감하며, 쉽게 피부로 느낄 수 있는 부분이 하이브리드 차의 차량 가격이다. Choy & Prizzia(2010)는 하와이에서 소비자에게 대체 연료 자동차를 받아들이기 위해 필요한 요인들을 연구 하였다. 하와이 소비자들은 환경 문제에 대한 개선의 필요성을 인식하고 있으며, 환경 친화적 정책을 통해서 정부가 환경 문제에 개입해야 한다고 요구한다. 정부의 환경친화적 정책들은 오염에 대해 패널티를 부과하고, 하이브리드 차에 보조금과 세금을 지원하는 것을 통해 소비자의 하이브리드 차량 구매 의도와 연결된다. 이와 유사하게 Stave(2002)는 시스템 다이내믹스를 사용한 환경관련 의사결정에서의 대중 참여 향상을 연구하여, 교통 분야에서의 고려사항으로는 가격 최적화를 포함한 몇 가지 요소가 있는데 가격 최적화는 정책적인 추가적 비용을 수반한다고 하였다. 이들의 결과와는 다르게, Carlsson & Stenman(2003)은 전기차의 도입과 촉진에 정부 보조금이 영향을 미치는지 연구 하였는데, 결과적으로는 큰 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 그 대신 연료 가격이나 개인적 선호와 같은 것들에 영향을 받았는데 이러한 것들은 기술적 개발을 통하여 달성할 수 있다. 즉, 친환경 차량의 확산을 위해서는 단지 일시적인 보조금 보다는 궁극적인 사회적 지원이 뒷



받침 되어야하며, 이것에 필요한 기술적 투자는 자동차 기업들의 실제 이윤에서 파생되어 투자되는 사이클을 가지고 있다. 종합적으로 말하자면, 고객은 저가격과 고품질의 하이브리드 차량을 원하며, 기업은 이윤을 달성해야만 이러한 욕구를 충족시킬 수 있다.

## 2) 주행 거리(driving range)

전기(배터리의 경우) 등 친환경 연료 사용 주행 거리는 친환경차의 기술적인 부분과 관련 된다. Montazeri-GH & Asadi(2011)는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 하이브리드 전기차(HEV)의 성능은 희생시키지 않으면서, 연료비용 개선과 오염 감소를 효율적으로 달성하는 방법론적 모델을 제시하였다. 또 Kadirov & Varey(2010)는 자동차 제조업체가 자동차의 판매를 촉진하기 위해서는 전반적인 차량 효율성을 증대시켜야 하는데, 여기에는 천연 자원의 비용 증가나 지역적 갈등과 같은 환경적 문제가 함께 작용한다고 보았다. 연료 효율성을 향상시켜 주행거리를 늘리고 이를 통해 에너지와 자원을 절약함으로써 이와 같은 환경적 문제에 대응할 수 있다. 배터리 등 친환경 연료 주행거리는 또한 소비자의 편의성에 크게 영향을 주어 자동차 선택에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

## 3) 네트워크 효과(network effect)

네트워크 효과는 외부 효과로, 어떤 경제 주체의 행위가 수요-공급과 같은 가격 결정 과정을 거치지 않고 제 3자에게 긍정적 혹은 부정적 영향을 미치는 경우에 나타난다. Oliver & Lee(2010)는 하이브리드 차량에 대한 구매 의도에 대해 미국과 한국에서 연구 하였는데, 미국과 한국의 하이브리드차 시장 활성화를 위해서는 하이브리드 차에 대한 소비자들의 사회적 가치와 하이브리드 차량을 구매하여 소유할 때 고객의 자기 이미지가 긍정적으로 바뀔 수 있는 커뮤니케이션이 고려되어야 할 요소라고 지적했다. 여기서 중요한 점은 친환경 제품에 대한 고객들의 정보 수집활동이다. 이와 유사하게 Harich(2010)는 환경과 관련된 지속가능성 문제에 대한 저항력(수용력)의 변화를 연구하였는데, 환경에 대한 적절한 활동이 기술적 강화(즉, 기술적 해결책)와 함께 작용해 받아들여질 수 있으며, 이러한 것들이 호의적인 변화가 되어 결과적으로 선순환하는 사이클을 그린다고 보았다. 따라서 긍정적인 네트워크 효과가 한 번 구축되면 하이브리드 차의 확산을 촉진할 수 있으며, 이러한 작용은 일반적으로 마케팅과 구전효과(word of mouth)에 의해 달성될 수 있다.

## 4) 충전 시스템(recharge system)

충전 시스템은 사회적 인프라와 관련되는 전기 자동차 등 친환경 자동차의 연료 공급구

조 시스템이다. 노철우·김민우(2008)는 플러그인 하이브리드 전기자동차(PHEV, Plug-in Hybrid Vehicle)에서 휘발유 가격이 상승하면 전기 주행구간이 긴 PHEV가 선호되며 이것은 연간 연료비 절감액을 증가시킬 수 있다고 하였다. 또한 배터리 용량이 큰 PHEV가 주행거리와 판매가격 측면에서 긍정적으로 부각될 수 있어 충전과 관련한 경제성이 우수해야 한다는 것을 보여주었다. 그러나 전기 요금의 변동은 PHEV 클래스 간 경제성의 차이를 가장 현격하게 유발한다고 하였다. 또한 연료전지 시스템으로 충전할 경우, 가스와 전력요금이 같다면 경제성 변동이 전력 요금 쪽에서 더 큰 것으로 나타났다. Fiorello et al.(2010)은 GDP가 인프라 투자에 영향을 미치며, 이것이 스테이션 네트워크 구축에 영향을 준다고 하였다. 스테이션 네트워크는 다시 연료 가격과 마찬가지로 자동차 구매에 영향을 주게 된다.

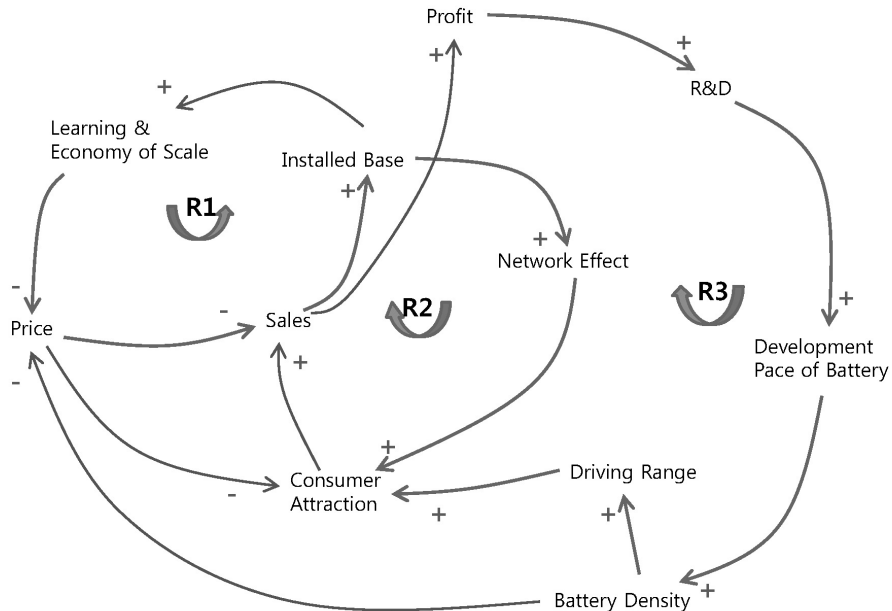
### 5) 연료 가격(fuel cost)

연료 가격은 자동차 제조업체뿐만 아니라, 소비자 선택에도 직접적인 영향을 미친다. Kadirov & Varey(2010)는 자동차 기업들의 목표와 소비자 입장 사이의 접점을 연구하였다. 이들이 조사한 바에 의하면, GE의 목표는 안전, 품질, 연료 경제성, 국제적 에너지, 오염 감소 등이고, Toyota의 목표는 절약, 재활용, 재사용이라고 하였다. 이러한 기업 목표는 미래 자동차 시장의 전망을 대변한다고 볼 수 있다. 또, 소비자에게 자동차 판매를 확산시키기 위해서는 연료 효율성을 개선한 새로운 자동차를 촉진해야 한다고 하였고 이러한 활동은 기업의 환경 프로그램과 사회적 이미지 관리에 부합하여야 한다. Mazraati & Shelbi(2011)는 연료 가격의 영향을 계량적으로 검증하였는데, 결과적으로 대체 연료 자동차(AFV, Alternative Fuel Vehicle)가 증가함에 따라 AFV에 의한 연료절감(oil saving)이 점진적으로 증가하는 것을 보여주었다.

## V. 인과 지도 모형

앞서의 선행연구 고찰을 통해 파악된 친환경차 확산의 주요요인을 바탕으로 친환경차 확산과 관련한 인과지도를 구축하였다. 인과지도 분석의 대상은 친환경차 중에서도 우선적으로 하이브리드 차에 집중하여 분석을 수행하였다. 이는 친환경 차량 중에서 가장 먼저 상용화되어 일반인에게 사용되고 있는 것이 하이브리드 자동차이며, 전기차나 수소연료 전지차 등은 아직 본격적 상용화 시기가 도래하지 않아 사실상 일반인이 사용할 수 있는 충전시스템이나 그 밖의 인프라가 부재하고, 관련자료 또한 상당부분 미진하기 때문이다. 하

이브리드차에 대한 인과지도 분석을 통해 얻은 정책적 시사점은 상당부분 타 형태의 친환경차 관련 정책에도 적용될 수 있을 것이다. [그림 1]은 친환경차(하이브리드차) 판매와 확산에 있어 주요한 요인을 전체적으로 포괄한 인과지도를 보여준다.



[그림 1] 친환경차(하이브리드차) 확산 인과지도

앞서 탐구한 주요 요인을 포괄한 인과지도 구축을 통해 본 연구에서는 세 가지 주요한 피드백 루프(Loop1, Loop2, Loop3)를 발견하였다. Loop1은 학습(learning)과 규모의 경제(economy of scale)의 효과가 나타나는 것에 대한 순환, Loop2는 네트워크 외부성(network effect)의 순환고리, Loop3은 기술적 발전에 의해 가능한 것으로 배터리 기술의 발전에 대한 순환고리이며 이는 배터리 관련 R&D 투자에 영향을 받는다. 각 Loop에 대한 분석은 아래에서 좀 더 자세하게 설명한다.

### 1. 소비자 매력도(consumer attraction)의 결정

인과지도에서는 매출(sales)이 소비자 매력도(consumer attraction)에 의해 결정되고, 소비자 매력도는 친환경차(하이브리드차)의 가격(price), 네트워크 효과(network effect), 그리고 주행거리(driving range)에 의해 결정되는 것으로 단순화 하였다. 이는 지나치게 많은 요인

들을 포괄할 경우 인과지도 분석이 복잡해져 중요한 피드백 루프를 발견하기 힘들 수 있기 때문이다. 앞서 선행연구에서 고찰한 충전시스템(recharge system)의 경우 분석대상을 하이브리드 차로 한정하였기 때문에 제외하였으며, 연료가격(fuel cost)의 경우 시스템 외부적 요인으로 단지 내부 효과로서만 분석하기는 힘들다는 점을 고려하여 배제하였다. 연료가격의 영향 효과의 경우는 향후 개별적 연구로 추가 진행하는 것이 바람직해 보인다.

## 2. Loop1: 생산 부문 → 학습 효과(learning)와 규모의 경제(economies of scale)

Loop1은 학습과 규모의 경제 효과에 대한 피드백 루프이다. 친환경 차량의 판매량이 증가하면 이윤의 일정 부분을 소비자 기반(installed base)을 늘리기 위해 투자하게 되고, 늘어난 소비자 기반으로 인해 최종 자동차 생산업체 뿐만 아니라 부품업체와 기타 관련된 산업의 업체들이 증가된 시장매력도를 바탕으로 친환경차 관련 부품과 산업에 진출하게 된다. 이를 통해 경쟁 또는 학습 효과에 의한 규모의 경제가 발생하게 되는데, 이는 친환경차의 원가를 감소시키며 소비자 접점으로 이전되어 판매 단가를 낮춤으로써 고객 매력도를 증가시킨다. 결과적으로 다시 판매량이 증가되는 순환을 그리게 되므로 ‘자동차 생산 부문’의 효율성 증가에 따른 ‘소비자 부문’의 활성화라는 인과 관계를 나타내게 된다. 결론적으로 Loop1은 학습(learning)과 규모의 경제(economies of scale)의 효과를 통해 자동차 생산부문과 소비자 부문 간에 나타나는 강화 고리(reinforcing loop)로서 이를 통해 일단 하이브리드 차량의 판매가 정상궤도에 올라가면 규모의 경제의 효과로 그 확산이 급격히 증가할 가능성이 있다는 것을 알 수 있다. 반면 일정궤도 이상으로 올라가지 못하면 생산부문의 비효율성과 비용증가로 소비자 매력도가 감소되어 하이브리드 차량 판매가 충분히 확산되지 못하고 쇠퇴할 가능성도 있다고 볼 수 있다.

## 3. Loop2: 소비자 부문 → 네트워크 효과(network effect)

Loop2는 소비자 부문에서 일어나는 네트워크 효과이다. 많은 수의 기존연구에서 소비자 간 구전(word of mouth) 등을 통한 소비자 인식(consumer awareness)의 확산과 이를 통한 네트워크 효과가 존재하고, 이러한 네트워크 효과가 구매결정에 큰 영향을 미치는 것으로 설명하고 있다. 친환경차의 판매량이 증가하면, 소비자 기반에 대한 투자 확대에 자동차 판매·유지·보조 시설 등의 기반이 확산되는데, 이는 소비자들 간의 구전을 유발하고 소비자 인식을 개선하여 잠재적 소비자 매력도를 증가시키거나 감소시킨다. 이 때 사용경험이나 인프라에 대한 호의적 구전은 선순환을 발생시키지만 부정적 구전은 소비자 매력을 감

소시킬 수 있다. 즉, 부정적 사건이나 사고 혹은 부정적 구매 경험에 의한 부정적 구전이 발생한 경우 Loop2 전반에 부정적 영향을 주어, 결국 Loop1(학습과 규모의 경제, 생산자 부문)에서 발생한 선순환을 상쇄시킬 수도 있다. 결과적으로, Loop2는 소비자들간의 사회적 네트워크 효과(network effect)의 인과 관계를 나타낸다.

#### 4. Loop3: 기술발전 부문 → 배터리 성능(battery density)과 주행거리(driving range)

Loop3은 배터리 성능에 관한 것으로, 배터리 성능에 직접적으로 영향을 주는 변수는 기술적 투자(R&D)와 발전이다. 현재의 배터리 성능은 이전의 판매량 및 그 수익에 영향을 받는 기술적 투자(R&D)와 이에 의한 기술발전 속도에 의해 결정된다. 배터리 성능에 관한 기존 연구를 살펴보면 배터리의 성능은 수명, 안전도, 원가 등에 의해 총체적으로 결정되며 소비자의 지각된 배터리 성능은 수명, 안전도, 배터리 주행거리 등에 의해 도출되게 된다. 본 연구의 인과지도에서는 배터리 성능을 나타내는 가장 대표적인 변수로 배터리 밀도(battery density)를 선정하였다(배터리 수명과 안전도는 일정하다고 가정). 배터리 밀도는 단위 배터리 무게 혹은 부피당 얼마의 전력을 저장할 수 있는가 하는 것으로 니켈(Ni) 기반의 배터리에서 리튬(Li) 기반의 배터리로 혁신되며 비약적인 발전을 이루었다. 배터리 밀도가 향상되면 주행 중 배터리를 사용하는 주행 거리(battery driving range)의 개선과 단위 전력당 배터리가격 하락이 동시에 진행되게 된다. 기술적 발전은 이와 같이 배터리 성능과 가격에 주요한 영향을 주어, 소비자 매력도를 변화시킨다. 소비자의 경우 사실상 배터리의 성능에 직접 영향을 받기 보다는 배터리 성능의 향상으로 이루어지는 배터리 주행거리 증가와 이를 통한 연비 향상, 그리고 배터리 가격 하락에 따른 전체 차량 가격 하락에 의해 구매 매력도가 증가한다고 보는 것이 더 타당하다. 소비자 매력도 향상은 다시 판매량의 증가를 가져와 기업이 더 많은 이윤을 얻게 되므로 이를 다시 배터리 기술개발에 투자할 수 있게 된다. 결과적으로 Loop3은 기술적 문제의 해결과 소비자 매력간의 인과관계를 보여주는 것이다.

## VI. 인과지도 분석과 정책적 시사점

### 1. 3가지 주요 강화고리와 특징

인과지도 분석결과 하이브리드차의 확산과정에는 주요한 3가지 강화고리가 존재하는 것

으로 파악되었다. 각기 Loop1(학습효과와 규모의 경제), Loop2(네트워크 효과), Loop3(기술 투자와 진보)가 이데인데, 이들 각각은 ‘생산자 부문(학습과 규모의 경제)’, ‘소비자 부문(네트워크 효과)’, ‘기술 부문(기술투자과 진보)’에서 일어나는 작용과 인과 관계에 의한 강화고리 효과를 나타낸다. 생산자 부문, 소비자 부문, 기술 부문(배터리 관련)의 3가지 순환고리 모두가 강화고리인 점은 친환경 차량의, 특히 하이브리드차의, 확산에서 일정수준의 임계질량(critical mass) 혹은 티핑 포인트(tipping point)가 존재할 것이라는 것을 예측할 수 있게 해준다. 김동환(2004)은 양의 피드백 루프에서는 급진적인 성장 혹은 급진적인 쇠퇴가 일어난다고 하였다. 문제는 양의 피드백 루프가 언제 성장하고 언제 쇠퇴할 것이냐는 점인데, 여기서의 핵심이 임계질량(critical mass)이다. 임계질량을 전후하여서는 시스템의 행태가 급격히 변화되는데, 임계질량을 돌파하면 스스로 성장 동력을 얻어 급속히 확산되지만, 임계질량에 도달하지 못하면 점차 쇠락하여 사라지게 된다.

## 2. 임계질량(critical mass)의 존재와 그 정책적 시사점

하이브리드 차량의 경우 대부분의 사람들이 언젠가는 전통적인 내연기관(ICE, internal combustion engine)을 대체할 것이라고 생각하지만, 본 연구의 인과지도 분석에 따르면 그러한 전망은 그다지 옳다고만은 볼 수 없다. 향후 친환경 차량이 내연기관을 완전히 대체할 수도 있지만, 반대로 임계질량에 도달하지 못할 경우 영원히 내연기관을 대체하지 못할 가능성도 있다. 일반인의 상식에는 반하지만 친환경 차량이 결국 내연기관을 대체하지 못할 수도 있다는 이러한 전망은 특히 향후 셰일가스(shale gas), 중질원유(heavy oil) 등 막대한 매장량을 가지고 있는 비재래식 석유류(unconventional oil)에 대한 시추 및 사용 기술이 더욱 발전되어 원유 가격이 일정수준 이하로 유지될 경우 실현될 가능성이 더욱 높아진다.

특히 하이브리드차의 경우는 더욱 그러해서 원유 가격이 일정 수준 이상으로 올라가 전통적 내연기관 차량에서 친환경 차량으로 시장의 중심이 이동하는 경우에도 그 전에 하이브리드차가 임계질량을 돌파하지 못한다면, 하이브리드 차의 대중적 확산없이 내연기관에서 바로 전기차나 수소연료전지차 등 차세대 친환경 차량으로의 전환이 일어날 가능성이 매우 농후하다. 이러한 전망은 상당수의 전문가들도 동의하는 것으로 이러한 전망 때문에 자동차 기업의 전략적 선택에는 상당한 어려움이 존재하게 된다.

즉, 전형적인 강화고리의 특성 상 하이브리드차의 확산이 비록 지금은 더디지만 임계질량을 돌파해 확산될 시에는 매우 급진적으로 전이(transfer)가 일어날 가능성이 크며, 그 반대로 임계질량을 돌파하지 못할 경우에는 조금씩 수그러들어 사라질 가능성도 크기 때문이다. 예로 천연가스버스의 경우 우리나라에서는 정부의 적극적 정책지원과 인프라 구축으로

성공적으로 확산되어 경유시내버스를 거의 완전히 대체하였지만, 캐나다에서는 비록 초기에는 정부의 지원과 보조금으로 성공적으로 확산이 일어나는 듯이 보였지만, 지원이 끊어진 후에는 쇠퇴하기 시작하여 시장에서 사라지고 말았다. 이러한 예는 태양광발전 산업에서도 발견되는데, 성장을 거듭하던 태양광발전 기업들은 최근 들어 발생한 유럽의 재정난으로 인한 전 세계적 경기침체와 재정문제로 정부지원금이 끊어지자 급격히 쇠퇴해 현재는 생사의 기로에 처해있다.

특히, 자동차 기업이 당면한 가장 큰 문제는 임계질량이 사전에 발견되기 어렵다는 데에 있다. 하지만 김동환(2004)에 따르면 경우에 따라 그리고 상황별로 달라지지만, 일반적으로 전문가들은 그 수준이 전체인구(population)의 20% 수준이라고 예상된다. 자동차 기업은 하이브리드차의 확산이 전체 시장의 20%에 도달하는지를 눈여겨 볼 필요가 있으며 이 수준을 돌파한 경우 급진적 확산이 일어날 수 있으므로 이에 대비한 기술 투자와 신차 개발을 지속적으로 전개할 필요가 있다.

### 3. 배터리 기술발전의 핵심적 역할: 가장 중요한 강화고리이자 한계요인

인과지도 분석을 통한 두 번째 주요 발견은 생산 부문(학습과 규모의 경제), 소비자 부문(네트워크 효과), 기술발전 부문(배터리 기술)의 3가지 강화고리 중에서도 기술부문의 영향력이 가장 클 것으로 예상된다는 점이다. 인과지도를 살펴보면 생산 부문과 소비자 부문의 다른 두 개의 강화고리와는 달리 배터리 기술의 발전은 ‘주행거리 증가로 인한 강화고리(R3-1: 배터리밀도→주행거리→소비자매력도→매출→수익→R&D→배터리기술발전속도→배터리밀도)’ 작용과 ‘가격 하락으로 인한 강화고리(R3-2: 배터리밀도→가격→매출→수익→이하 R3-1과 동일)’ 작용의 두 가지 강화고리 모두에 영향을 주게 된다. 때문에 전체 인과지도내의 영향력이 가장 큰 고리로 파악이 된다. 일반적으로 하이브리드차의 확산과정에서 가장 중요한 것이 소비자부문의 네트워크 효과라고 받아들여지는데, 사실상 그 기저에 숨어있는 가장 중요한 힘은 배터리 부문의 기술발전으로 파악된다. 배터리 기술의 발전은 하이브리드 차량 가격을 낮추고 동시에 주행거리를 늘림으로써 하이브리드차의 성능개선과 내연기관 자동차에 대비한 상대적 경쟁우위에 결정적 기여를 하게 되고, 결과적으로 네트워크 효과로 인한 강화고리가 폭발적으로 성장할 수 있는 임계질량(critical mass)을 달성하게 할 것으로 판단된다. 또한 배터리 기술은 전체적인 하이브리드차의 확산과정에서도 숨어있는 한계요인(limits to growth)으로 작용할 가능성이 크다. 이는 배터리 기술 발전의 경우 물리적 한계로 인해 그 발전 속도에 일정부분 한계가 존재하기 때문이다. 지금도 많은 전문가들 사이에서 전기차 개발과 성능 개선의 가장 큰 병목요인(bottle neck)은 배터리

인 것으로 받아들여지고 있다.

#### 4. 매출의 중요성: 모든 강화고리에 포함된 확산과정의 중심변수

마지막으로 인과지도 분석을 통해 매출(sales)의 중요성이 더욱 부각되었다. 3가지 강화고리 모두에 포함된 변수는 매출(sales)이 유일하다. 매출은 소비자 기반(installed base) 형성을 통해 생산부문의 학습과 규모의 경제 효과와 소비자 부문의 네트워크 효과 모두에 관여한다. 또한 수익(profit)에의 기여를 통해 기술발전 부문의 배터리 기술개발과 발전에도 기여하게 된다. 소비자 기반(installed base)은 학습 및 규모의 경제와 네트워크 효과에는 기여하지만 배터리 기술부문에 그 자체로는 직접 기여하지 못한다. 앞서 발견한 하이브리드차 확산과정에서 예상되는 임계질량 효과와 결합해 보면 이러한 점은 명백한 시사점을 가진다. 즉, 임계질량 혹은 자생동력(self sustaining power)을 결정하는 것은 사용자 기반(installed base)이 아니라 매출(sales)일 가능성이 크다는 것이다. 물론 매출과 소비자 기반은 동전의 양면이라는 측면이 있다. 하이브리드 차의 매출이 증가하면 그 누적효과로 사용자 기반(누적매출의 개념)이 증가하게 된다. 하지만 사용자 기반은 그 자체로는 수익을 창출하지 못하므로 정책판단에 있어 그 중요성이 매출보다 떨어진다. 즉, 임계질량을 돌파했느냐는 기준은 누적된 사용자 기반이 아니라 매출이 되어야 한다. 이러한 의미에서 최근 전 세계적으로 정체되고 있는 하이브리드차의 매출은 하이브리드차의 최종적 확산 성공에 큰 의구심을 가지게 하는 요소이다. 비록 하이브리드 차량의 매출이 정체되는 상황에서도 누적 사용자는 꾸준히 늘어나고 있지만, 누적사용자가 아니라 매출이 임계질량 돌파의 기준이 되어야 된다는 것을 유념한다면 최근 나타나고 있는 하이브리드차의 매출 정체는 자동차 기업이 심각히 고민내지는 고려해야 할 사항이다. 예를 들면 이러한 매출 정체가 향후 3~5년 이상 더 지속된다면 하이브리드차의 완전한 확산 없이 내연기관에서 차세대 친환경차인 수소 연료전지차 등으로 바로 이전될 가능성이 크다는 신호로 해석될 수 있다. 그 중간기간 동안은 연비 측면이 개선된 내연기관 자동차가 하이브리드 차와의 경쟁에서 승리한 승리자로 여전히 자동차 시장을 지배하게 될 것이다. 그러므로 향후 3~5년이 하이브리드차의 자생 여부를 결정짓는 가장 중요한 시기가 될 것이며, 하이브리드차의 생존여부를 결정짓는 가장 중요한 요소로는 배터리 기술의 발전이 될 가능성이 크다.



## VII. 결 론

본 연구에서는 먼저 친환경차에 대한 한국의 정부지원과 보급현황, 대표적 자동차 기업인 현대기아차의 친환경차 개발 전략과 노력을 전반적으로 살펴보았다. 또한 친환경차에 대한 기존의 연구들을 광범위하게 살펴보고, 친환경차 확산에 있어 영향력이 큰 주요한 요인들을 파악해 도출하였다. 이를 바탕으로 최종적으로 하이브리드차를 대상으로 친환경차 확산 인과 모형을 구축하고, 인과지도 분석을 통해 의미 있는 정책적 시사점들을 도출하였다. 인과지도 분석을 통하여 3가지 주요한 강화 고리가 파악되었다. 생산부문의 학습 및 규모의 경제 효과(learning and economies of scale), 소비자 부문의 네트워크 효과(network effect), 기술발전 부문의 배터리 기술(battery technology)이 이들로, 이들 주요 강화고리의 상호작용을 통하여 하이브리드 자동차가 확산과정을 거칠 것으로 예상된다.

분석결과로는 첫째, 하이브리드차의 확산과정에는 임계질량(critical mass)이 존재할 것으로 파악된다. 상황에 따라 큰 편차를 보일 수 있지만 일반적으로 전체수요의 약 20%선(김동환, 2004)으로 예상되는 임계질량을 돌파한다면 하이브리드 차량의 확산은 급진적으로 성장하여 성공적으로 정착될 가능성이 크다. 하지만, 이를 돌파하지 못했을 경우 서서히 쇠퇴하여 소멸될 가능성도 배제할 수 없다. 두 번째로, 확산과정의 가장 중요한 고리이자 한계 요인은 배터리 기술 발전(battery technology)인 것으로 판단된다. 배터리 기술 발전은 주행거리 증가와 하이브리드 차량 가격 하락에 동시에 영향을 미치고 결론적으로 내연기관 자동차에 대비한 하이브리드차의 상대적 경쟁우위를 결정짓게 된다. 배터리 기술발전을 통해 개선된 하이브리드차의 상대적 매력도는 소비자 부문의 네트워크 효과를 촉발해 임계질량을 넘어서게 만들고, 이를 통해 성공적 확산을 이끌어낼 수 있으므로 배터리 기술 발전은 하이브리드차의 성공을 위한 숨어있는 근본적 요인인 것으로 판단된다. 하지만, 반대로 배터리기술의 발전이 지연될 경우 어쩌면 하이브리드차의 확산과정 전체를 실패하게 만드는 한계요인으로 작용할 수도 있다. 셋째, 임계질량의 돌파는 누적 매출의 개념인 사용자 기반(installed base)이 아니라 매출(sales)로 판단되어야 한다. 이는 사용자 기반이 아니라 매출이 배터리 기술 발전에 필요한 수익을 창출하기 때문이며, 이를 통해 보면 최근에 전세계적으로 나타나고 있는 하이브리드 차의 매출 정체는 심각하게 받아들여져야 하는 고려사항이다. 만약 이러한 매출 정체가 3~5년이상 지속된다면 비록 사용자 기반이 꾸준히 증가하더라도 하이브리드차의 완전한 확산이 실패할 가능성을 배제할 수 없다. 꾸준한 연비개선으로 하이브리드차와의 경쟁에서 승리한 내연기관 자동차의 시장지배가 지속되고 하이브리드차로의 완전한 확산 없이 향후 더욱 혁신적인 차세대 친환경차로 곧바로 이전할 가능성이 크다.

정부와 자동차 관련 기업은 이러한 발견으로부터 몇 가지 시사점을 제공받을 수 있다. 정부와 자동차 기업은 소비자에 대해 직접적으로 보조금을 지급하는 것 보다 오히려 배터리 기술 개발에 한정된 자원을 효율적으로 집중 투자하는 것이 더욱 효과적일 수 있다. 보조금 지급의 경우에도 한국의 하이브리드차 보급과정을 보면 직접 보조금 보다는 세금감면을 해 줄 경우 효과가 더욱 크게 나타났으며 이러한 세금감면은 직접적 보조금 지급보다 정부예산 면에서 부담이 적다고 판단된다. 또한 기업은 하이브리드차의 확산과정에 임계질량이 존재한다는 것을 유념해야할 것이다. 임계질량 수준에 매출이 도달하는지 주의 깊게 관찰하여야 하며, 일단 임계질량 돌파 후에는 급진적으로 성장할 수 있으므로 평소에도 관련 기술투자와 신차개발에 게을리 하지 않아야 급변하는 시장 환경에서 낙오자가 되는 것을 피할 수 있다. 마지막으로 최근의 하이브리드차 매출의 정체는 하이브리드차의 완전한 확산이 실패할 위험성을 나타내므로 하이브리드차외의 다른 여러 방안(내연기관의 추가개선, 차세대 친환경차 개발 등)에 대한 병렬적 노력과 유연한 접근을 지속할 필요가 있다. 특히 향후 3~5년이상 하이브리드차의 매출이 정체될 시 이러한 주의가 더욱 요망된다. 현재 진행되고 있는 현대기아차의 두 트랙 전략(현대차: PHEV, 기아차: 전기차)은 이러한 면에서 바람직한 전략방향이라고 판단된다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제시된 인과지도 모형을 바탕으로 좀 더 진일보된 정량적 분석 모형을 만들어 분석을 수행할 수 있을 것이다. 정량적 분석 모형을 통해 더욱 정교한 분석 결과와 추가적으로 깊이 있는 정책적, 전략적 시사점을 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 또한 친환경차 확산에 관여할 수 있는 주요 요인 중에 충전시스템(recharge system)과 연료 가격(fuel cost)은 분석의 복잡성을 제한하기 위하여 하이브리드차에 집중한 현재의 인과모형에서는 다루지 않았다. 향후 순수 전기차(pure electric vehicle)나 수소연료전지차 등에 대해 연구할 경우 이들 요소를 포괄한 연구모형을 만든다면 더욱 바람직할 것이다. 특히 연료 가격(fuel) 변동의 효과에 대한 연구는 매우 흥미로운 주제로서 향후 개별적으로 수행될 수 있을 것으로 기대된다.

## 【참고문헌】

- 곽상만 · 김기찬 · 안수웅 · 장원혁 · 홍정석. (2002). “시스템다이내믹스 기법을 활용한 차급별 월간 자동차 수요 예측 모델 개발”. 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제3권 제1호: 79-109.
- 김동환. (2004). 『시스템사고: 시스템으로 생각하기』. 선학사.
- 노철우 · 김민우. (2008). “플러그인 하이브리드 전기자동차의 스마트 충전에 관한 연구”. 『신재생에너지학회 추계학술대회논문집』. 한국신재생에너지학회.
- 장대철 · 박경배. (2011). “전력시장의 용량 메커니즘이 전력시장 성과에 미치는 동태적 효과”. 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제12권 제4호: 93-124.
- 환경부. (2012). 『친환경 자동차 보급대수 · 보급현황』, 2012년 국정감사 제출자료.
- 황병용 · 최한림 · 안남성. (2010). “한국의 미래 에너지사회 전망에 관한 연구 : 계층분석법과 인과지도의 보완적 분석을 중심으로”. 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제11권 제3호: 61-86.
- Carlsson, Fredrik and Olof Johansson-Stenman. (2003). “Costs and benefits of electric vehicles: A 2010 Perspective”. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 37, No. 1: 1-28.
- Choy, Derrek and Ross Prizzia. (2010). “Consumer behavior and environmental quality in Hawaii”. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 21, No. 3: 290-298.
- Fiorello, David, Angelo Martino, and Martina Rinaldi. (2010). “The ASTRA model for strategic assessment of transport policies”. *System Dynamics Review*, Vol. 26, No. 3: 283~290.
- Harich, Jack. (2010). “Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem”. *System Dynamics Review*, Vol. 26, No. 1: 35-72.
- Jeong, Suk Jae, Kyung Sup Kim, and Jin-Won Park. (2009). “CO2 emissions change from the sales authorization of diesel passenger cars: Korean case study”. *Energy Policy*, Vol. 37, No. 7: 2630-2638.
- Kadirov, Djavlon and Richard Varey. (2010). “The companion community: How car producers promote hybrid car consumption”. *Journal of Research for Consumer*, Vol. 17: 1-6.
- Mazraati, Mohammad and Haithem Shelbi. (2011). “Impact of alternative fuels and advanced technology vehicles on oil demand in the U.S. up to 2030”. *OPEC Energy Review*, Vol. 35, No. 1: 70-89.
- Montazeri-GH, M. and M. Asadi. (2011). “Intelligent approach or parallel HEV control strategy

- based on driving cycles”. *International Journal of Systems Science*, Vol. 42, No. 2: 287-302.
- Oliver, Jason D. and Seung-Hee Lee. (2010). “Hybrid car purchase intentions : a cross-cultural analysis”. *Journal of Marketing*, Vol. 27, No. 2: 96-103.
- Stave, Krystyna A. (2002). “Using system dynamics to improve public participation in environmental decisions”. *System dynamics Review*, Vol. 18, No. 2: 139-167.
- Struben, Jeroen, and John D. Sterman. (2008). “Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation systems”. *Environment and Planing B: Planing and Design*, Vol. 35, No. 6: 1070-1097.
- Walther, Grit, Jorg Wansart, Karsten kiechhafer, Eckehard Schnieder, and Thomas S. Spengler. (2010). “Impact assessment in the automotive industry: mandatory market introduction of alternative powertrain technologies”. *System Dynamics Review*, Vol. 26, No. 3: 239-261.

**【부 록】**

〈부록표 1〉 현대기아차의 친환경차 개발 연대기

시 기	구 분	주요 내용(출 처)
90년대말	의식적 도입기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부주도의 하이브리드 카 보급 계획 (연합뉴스, 1999.05.13)</li> <li>- 기술력 부족에 따른 차 가격 부담 (연합뉴스, 1999.12.21)</li> <li>- “최후의 승부처는 연료전지?” (연합뉴스, 1999.12.21)</li> </ul>
2000년~ 2003년	기술 도입기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대체 연료 선택에서 갈피를 못 잡음(CNG, 하이브리드, 전기자동차, 퓨어셀, 압축수소 등) (매일경제, 2000.05.19)</li> <li>- R&amp;D투자 증대 (한국경제, 2000.10.05.)</li> <li>- 연료전지 자동차 개발의 합작 투자 (한국경제, 2000.10.05)</li> <li>- 하이브리드 전기차 공동 개발 착수 (머니투데이, 2001.12.5)</li> <li>- 정부지원으로 하이브리드 동력 시스템 개발 (머니투데이, 2001.12.5)</li> <li>- 국내 최초 전기버스 추진 장치 수출로 하이브리드 카 개발의 가시화 (한겨레, 2003.11.16)</li> <li>- 다방면에 투자 중이지만 수소 연료차에 가장 주력 (매일경제, 2003.10.13)</li> </ul>
2004년	점진적 시작기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본을 선두로 하이브리드 차 상용화의 움직임 (한국일보, 2004.04.12)</li> <li>- “뛰는 일본, 기는 한국” (매일경제, 2004.07.06)</li> <li>- 정부 추가 지원 (경향신문, 2004.07.19)</li> <li>- 하이브리드카 전동기 국내 첫 개발 (머니투데이, 2004.08.29)</li> <li>- 도요타 프리우스 대박 (서울신문, 2004.09.03)</li> <li>- 현대차 클릭 하이브리드카 50대 정부에 공급 (한국경제, 2004.10.01)</li> </ul>
2005년~ 2006년	(수소연료중심) 초기 발전기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교토의정서 발효 -EBN, 2005.02.14.-</li> <li>- 미국에 수소충전소 완공 -내일신문, 2005.02.21.-</li> <li>- 하이브리드카 특허 문제 -노컷뉴스, 2005.03.19.-</li> <li>- 현대차 독자개발 선언,-MBN, 2005.09.14.</li> <li>- 베르나, 프라이드 정부에 공급 (해럴드경제, 2005.10.06.; 문화일보, 2006.02.08)</li> <li>- 배터리 개발을 위해 국내기업(LS그룹, LG화학)과의 공조 (머니투데이, 2005.12.13)</li> <li>- 태양광 전기차 시범 운행 (연합뉴스, 2006.03.16)</li> <li>- 도요타의 렉서스 국내 첫 판매-이데일리, 2006.09.17.-</li> </ul>
2007년~ 2008년	전략적 전환기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량용 반도체 직접개발 (머니투데이, 2007.03.15)</li> <li>- 하이브리드카 민간에 공개 (뉴시스, 2007.04.26)</li> <li>- 2차전지(리튬, 니켈) 갈등 (디지털타임즈, 2007.06.12)</li> <li>- 아반떼에 리튬이온 장착 결정 (이데일리, 2007.09.18)</li> <li>- 친환경 디젤 추진 (동아일보, 2007.08.25)</li> <li>- 아이블루(수소연료 전지차) 공개 (한국일보, 2007.09.11)</li> <li>- 국제 시장 전기차 부활-플러그인 하이브리드 소개 (매일경제, 2007.10.24)</li> <li>- LPI 하이브리드 자동차 개발 검토 (문화일보, 2007.11.05)</li> </ul>

(계속)

시 기	구 분	주요 내용(출 처)
2007년~ 2008년	전략적 전환기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNG버스 도입 (파이낸셜뉴스, 2007.11.21)</li> <li>- LG화학 리튬전지 공급 (EBN, 2007.12.15),</li> <li>- 뉴인텍 하이브리드카 컨테너 공급 (아시아경제, 2008.02.25)</li> <li>- 하이브리드 방향을 LPI로 급 수정 (오토타임즈, 2008.03.31)</li> <li>- 하이브리드카 수익성과 환경성에 문제 제기 (오토타임즈, 2008.03.31; 뉴시스, 2008.7.21)</li> <li>- 소비자 매력 요인확인 (NSP통신, 2008.4.14; 매일경제, 2008.6.11)</li> <li>- 정부보조금 등의 주목 (디지털타임즈, 2008.8.24.; MBN, 2008.11.4)</li> </ul>
2009년	전략적 관망기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정유사들의 다른 대응 (아주경제, 2009.01.26)</li> <li>- 투자 증대, 정부지원 증대 (디지털타임즈, 2009.01.29; MK뉴스, 2009.06.30)</li> <li>- 포르테 LPI 하이브리드 (국민일보, 2009.03.24)</li> <li>- 플러그인하이브리드컨셉트카 ‘HND-4’ (아시아투데이, 2009.03.25)</li> <li>- 수소연료차에도 지속적투자 (스포츠조선, 2009.04.09.; 아크로팬, 2009.05.14)</li> <li>- 아반떼 어슈어런스 프로그램 (아시아경제, 2009.07.16)</li> <li>- 시범도시(과천, 원주 등)에 자체보조금+정부보조금 (뉴스핌, 2009.08.10)</li> <li>- 아반떼 LPI 하이브리드 고전 (디지털타임즈, 2009.08.30)</li> <li>- 아반떼 4665대, 포르테 1094대 판매 (이투뉴스, 2010.01.01)</li> </ul>
2010년	(수출공략준비) 적극적 대응기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HND-4(플러그인 하이브리드) 미국 공략의지 (아시아경제, 2010.01.12)</li> <li>- 사상최대 규모 수준의 투자 (뉴스웨이, 2010.01.15)</li> <li>- 친환경 브랜드 마케팅 강화 (파이낸셜뉴스, 2010.02.07; 연합뉴스, 2010.02.11)</li> <li>- 현대차 최초 플러그인 하이브리드카 첫 시장진입(레이) (파이낸셜뉴스, 2010.02.07)</li> <li>- 최초 디젤 하이브리드 엔진 적용(i-flow) (이데일리, 2010.02.25; 아시아 경제, 2010.04.01)</li> <li>- 유럽공략 - 7년 보증제 (한국경제, 2010.03.02)</li> <li>- 중국공략 - 신형 중국형 베르나 (뉴스핌, 2010.04.23)</li> <li>- 브라질공략 - 소나타 중심 (이투데이, 2010.10.27)</li> <li>- 수출공략 - 쏘나타 하이브리드 양산 (스포츠서울, 2010.08.21)</li> <li>- LG와 SK의 배터리 경쟁 (etnews, 2010.07.22)</li> <li>- 국산1호 전기차(블루온) (한국일보, 2010.09.10)</li> <li>- 전기차-하이브리드 별도 대응 추진 (경향신문, 2010.09.14)</li> <li>- CUV 하이브리드 컨셉트카 공개 (경향신문, 2010.09.14)</li> <li>- 아반떼 4133대, 포르테 2216대 판매-연합뉴스, 2011.01.18)</li> </ul>
2011년~ 2012년	본격적 경쟁기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리미엄 컨셉, 하이브리드카 전쟁 2라운드(쏘나타, K5) (동아일보, 2011.01.17; 한국일보, 2011.02.17)</li> <li>- 유럽공략 목표 - 모닝 저탄소(CO2)차, UB 저탄소(CO2)차 (CNB뉴스, 2011.02.27)</li> </ul>

(계속)

시 기	구 분	주요 내용(출 처)
2011년~ 2012년	본격적 경쟁기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도요타의 공격적 판매 의지 선포 (이데일리, 2011.03.10)</li> <li>- 아반떼 하이브리드 2071대 리콜 (이데일리, 2011.03.22)</li> <li>- 하드타입 하이브리드 쏘나타 YF하이브리드 공개 (뉴스엔, 2011.03.31)</li> <li>- 현대·기아 4월 미국 판매 각 40%, 57% ↑, 판매순위 2위 기록 (연합인포맥스, 2011.05.04; 헤럴드경제, 2011.07.05)</li> <li>- LPI 하이브리드는 외면 (아반떼, 포르테) (경제투데이, 2011.07.13)</li> <li>- 투 트랙 전략 (현대차: 플러그인 하이브리드, 기아차: 전기차 에 집중) (이데일리, 2011.09.18)</li> <li>- 프리미엄 보상서비스 (이투데이, 2011.10.03)</li> <li>- 하반기 판매량 급감, 클린디젤차 선전 (아시아투데이, 2011.10.12; 한겨레, 2011.10.28)</li> <li>- 서비스 확대(중고차 가격 보장, 전용부품 보증기간) (경제투데이, 2011.10.31; 연합뉴스, 2011.11.13)</li> <li>- 리튬이온 배터리 안전성 논란 (아주경제, 2011.11.16)</li> <li>- 하이브리드카 전체 판매량 감소 (아시아투데이, 2011.10.12)</li> <li>- 쏘나타 하이브리드 6510대, K5 하이브리드 4529대 판매 (아시아경제, 2011.12.27)</li> <li>- 현대차 ‘하이브리드 美전략 통할까 (아시아경제, 2012.01.25)</li> <li>- 현대차 가격 낮춘 ‘쏘나타 하이브리드 스마트’출시 (스포츠한국, 2012.02.01)</li> <li>- 하이브리드차 시장 선점하라… ‘가격 거품 빼기’ 경쟁 본격화 (경향신문, 2012.02.12)</li> <li>- 현대·기아차, 제네바모터쇼 출격 (아시아경제, 2012.03.06)</li> <li>- 현대차그룹, 2014년 준중형급 전기차 출시준비 ‘박차’ (이데일리, 2012.04.24)</li> <li>- 하이브리드카 연 35만대 생산, 현대차 정몽구 회장의 승부수 (조선일보, 2012.06.19)</li> <li>- 디젤 vs 하이브리드, 소비자는 반가운 가격싸움 (머니투데이, 2012.07.11)</li> <li>- 현대, 목표 초과 달성… 고급화 전략 강화 (뉴스핌, 2012.07.26)</li> <li>- 현대차 ‘플러그인 하이브리드’ 경계령 (매일경제 2012.08.16)</li> <li>- 가솔린보다 싼 하이브리드 토요타 ‘역발상’ 통할까? (아시아투데이, 2012.09.20)</li> <li>- 현대차, 유럽전략 모델 i30 3도어 첫 선 (경제투데이, 2012.09.27)</li> <li>- 현대차, 상파울로 모터쇼서 HB20X 세계최초 공개 (아시아경제, 2012.10.23)</li> <li>- 공격 프로모션 통했네, 차업체 10월 내수 ‘경충’ (아시아경제, 2012.11.01)</li> <li>- 연말 하이브리드 차 고객 잡아라! (아시아 경제, 2012.11.10)</li> </ul>

자료: 각 언론사 공표기사