

# 대체연료 자동차에 대한 소비자 선호 분석을 통한 산업전략과 기술정책에 관한 연구

**Analysis on the business strategy and policy for the alternative fuel vehicle  
: Using stated preference data**

김연배\*, 정기철\*\*, 안지운\*\*\*, 이정동\*\*\*\*

## Abstract

In this paper, we attempt to analyze consumer preference for the alternative-fuel vehicles based on data from a stated preference using the conjoint analysis. Five possible fuel types (gasoline, diesel, CNG, LPG, Hybrid (electricity+gasoline)) are covered in conjoint cards. To estimate and analyze consumer preference, discrete choice model is used. Specifically, Bayesian mixed logit model is used. Based on estimating results, we discuss the business strategy and policy for the alternative fuel vehicle.

**Keywords:** Alternative fuel vehicle, Stated preference, Random utility, discrete choice

---

\* 서울대학교 공과대학 기술정책대학원 계약교수 e-mail: kimy1234@freechal.com

\*\* 서울대학교 공과대학 기술정책대학원 박사과정 e-mail: chul11@snu.ac.kr

\*\*\* 서울대학교 공과대학 기술정책대학원 박사과정 e-mail: indra713@hotmail.com

\*\*\*\* 서울대학교 공과대학 기술정책대학원 부교수 e-mail: leejd@snu.ac.kr

## I. 서론

최근 지속적인 석유 가격의 상승과 자동차 매연으로 인한 환경문제로 인해 기존의 휘발유와 경유 외의 연료를 쓰는 대체연료자동차와 고연비 자동차에 대한 관심이 높아지고 있다. 이미 많은 자동차 생산자들이 대체연료 자동차와 미래연료로 각광받는 수소연료전지 자동차의 개발에 힘을 쏟고 있으며, 현재 고연비, 친환경 자동차인 하이브리드 자동차는 해외 시장에서 이미 출시되고 있다. 더불어 각 국 정부는 자동차 생산 기업들의 대체연료 자동차 개발을 지원하는 동시에, 소비자들의 구매를 촉진하기 위한 정책 또한 펼치고 있다.

이렇게 여러 국가와 기업에서 친환경 자동차의 개발에 힘을 기울이는 것은 대체연료 자동차의 개발이 미래 자동차 산업의 생존조건인 동시에 핵심적 시장이 될 것이라는 공통적인 전망 때문이다. 특히 우리나라의 경우 자동차산업이 주요후자산업이며, 부품·판매·정비·서비스 등 관련 산업과의 다양한 연관과 그로 인한 고용효과가 매우 큰 상황 이기에 자동차 산업의 생존은 국가 경제와도 연관이 되어있다. 더불어 우리나라 자동차 시장도 2005년 처음 경유승용차가 출시 되면서 대체연료자동차의 시장 진입이 시작되었으며, 올해에는 외국 기업이 국내 시장에 하이브리드 자동차의 출시를 검토하는 등 대체연료 자동차의 진입으로 인한 자동차 시장의 새로운 경쟁이 시작될 전망이다.

이러한 상황에서 바람직한 기업의 전략과 정부 정책을 결정하기 위해서는 무엇보다 대체연료 자동차에 대한 소비자의 선호를 파악하고 분석하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 구체적으로 다음과 같은 문제들에 대해 살펴보고자 한다. (1) 자동차 선택 시 중요한 속성들에 대한 소비자의 선호가 어떠한가 이질성은 어느 정도인가? (2) 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차에 대한 소비자의 선호는 어떠한가? (3) 망외부효과(Network Effect)가 자동차 선택에 영향을 끼치는가? (4) 자동차 선택 시 환경에 대한 요인이 고려가 되는가? (5) 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 늘리기 위한 효과적인 정부의 정책과 비즈니스 전략은 어떻게 되어야 하는가?

본 연구의 정량적인 분석결과는 정책적 입장에서는 에너지 절감과 환경보호를 위해 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 확대시켜야 할 경우 어떤 정책수단이 필요한 지에 대해 유용한 정보를 제공하며, 자동차 생산자들에게는 소비자들이 자동차 구매 시 중요하게 생각하는 요인들에 대한 정보를 제공함과 동시에 연구개발 전략을 수립하거나 비즈니스 전략을 수립하는 데 유용한 자료가 될 것이다.

본 연구의 방법론은 가상적인 자동차 대안을 소비자에게 제시하여 소비자의 진술 선호 자료를 얻고, 이를 확률효용모형에 기반한 이산선택모형(Discrete choice model)을 이용하여 분석하는 것이다. 구체적으로 소비자 선호의 추정을 위해서 깃스(Gibbs) 샘플링을 이용하는 베이지안(Bayesian) 접근법에 기반한 혼합 로짓(Mixed logit) 모형이 사용되었다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 대상이 되는 자동차 산업의 변화하는 환경과 현황을 살펴보고, 기존연구들에 대한 개괄적 분석과 본 연구의 차별점이 제시된다. 3장에서는 방법론, 모형설정, 설문에 대한 세부사항들이 설명이 되고, 4장에서는 추정결과와 추정결과를 바탕으로 한 시사점들이 제시된다. 5장에서는 추정결과를 바탕으로 시장시뮬레이션 분석을 진행하고, 마지막 6장에서는 본 연구의 결론 및 요약이 제시된다.

## II. 연구배경

### II.1. 자동차 산업의 변화하는 환경과 현황

대체연료 자동차는 휘발유와 경유 이외의 연료를 사용하는 자동차로 전기, 에탄올, LPG(Liquefied Petroleum Gas, 액화 석유 가스), CNG(Compressed Natural Gas, 압축천연가스), 수소, 바이오디젤(biodiesel)과 같은 대체 연료로 운행이 되는 자동차를 의미한다.<sup>1</sup> 하이브리드 자동차는 내연 엔진과 전기자동차의 배터리 엔진을 동시에 장착하여 주행 상황에 따라 혼용해 구동하는 자동차로 휘발유 하이브리드 자동차가 일반적이다. 대체연료자동차는 연료의 특성상 연료가격이 낮고<sup>2</sup>, 오염물질의 배출이 적다는 점에서, 하이브리드 자동차는 높은 연비로 인해 연료 사용을 줄이고 이 때문에 오염물질의 배출을 줄인다는 점에서 고유가와 환경오염문제의 대안으로 주목 받게 되었다.

현재 자동차 업계는 만성적인 공급과잉 시장으로, 세계 자동차업체들의 경쟁이 심한 상태이다. 이러한 상황에서 고유가로 인해 연료 가격이 싼 대체연료 자동차나 연비가 뛰어난 자동차에 대한 소비자의 관심 증가와 각 국 정부의 배기가스 규제 등은 향후 대체연료 자동차, 하이브리드 자동차, 차세대 연료전지차 등 미래형 친환경차의 개발과 양산이 자동차 업계의 생존과 직결되며, 이러한 분야에서 경쟁이 더욱 치열해 질 것임을 시사한다. 이미 하이브리드 자동차의 개발과 관련해서는 현재 하이브리드 자동차 시장을 독점하고 있는 도요타와 혼다 등의 일본 업체들에 대항하기 위해 메이저 자동차 생산 기업들인 GM·다임러크라이슬러·BMW 그룹이 공동연구개발을 시작하였고, 아우디·폴크스바겐·포르쉐 그룹도 공동으로 연구개발을 진행하고 있는 등 경쟁이 더욱 치열해지고 있다.

그러나 국내의 상황은 아직까지는 이러한 세계 자동차 시장의 변화를 따라가기에는

<sup>1</sup> 미국 에너지부 (<http://www.eere.energy.gov/afdc/afv/afvehicles.html>)

<sup>2</sup> 한국석유공사 석유정보망(<http://www.petronet.co.kr>)에 따르면 2006년 2월 기준으로 주유소에서 판매되는 자동차의 연료가격은 휘발유는 1,477(원/리터), 경유는 1,167(원/리터), LPG는 789(원/리터)인 것으로 나타났다.

미흡한 것이 현실이다. 정부의 지원 측면에서 미국 에너지부가 2002년부터 2015년까지 연료전지차 개발을 위해 지원할 예산만 총 20억 달러에 달하고, 에너지부가 GM과 별도로 맺은 연료전지차 개발 프로젝트 지원예산만 4400만 달러에 달하며, 일본 또한 경제산업성에서 같은 분야에 투입한 자금이 2002년부터 2004년까지 3년 동안 약 6800억 원에 달했지만, 우리 정부의 미래형 자동차 개발을 위해 지원한 금액은 2004년 65억원, 2005년 90억 원으로 다른 선진국 지원 규모와 비교하면 매우 적은 규모만이 지원되고 있다.

특히 아래 [표 1]에서 알 수 있듯이 차세대 연료전지 자동차와 하이브리드 자동차의 핵심부품에 대한 국내 기술의 수준이 낮다는 점을 고려한다면 국내 미래형 자동차 개발 활동에 더 한층 분발이 요구된다.

#### [표 1]

국민 경제적으로 보았을 때 우리나라에서 자동차 산업이 차지하고 있는 위치가 매우 크다는 점에서도 미래형 자동차의 개발은 자동차 업계의 생존뿐 만이 아니라 국가 경제적 측면에서도 그 중요성이 크다고 할 수 있다.

#### [표 2]

## II.2. 기존연구 고찰

대체연료 자동차에 대한 소비자 선호 분석연구는 그 중요성으로 인해 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 대부분의 연구는 대체연료 자동차가 아직 시장에 도입되지 않은 상황이었기에 소비자의 진술선호자료를 이용하였다.

Brownstone and Train (1999)는 소비자의 진술선호자료와 소비자의 이질성을 반영한 혼합로짓 모형과 다항 프로빗(Multinomial probit) 모델을 이용하여 네 가지 연료(휘발유, CNG, 메탄올, 전기)자동차에 대한 선호를 분석하였다. 자동차 선택의 중요 속성으로 구입가격, 연료보급소 접근성, 연료비용, 최고속도, 오염물질 배출량, 차량형태, 크기 등이 포함되었다. 특히 전기 자동차가 분석 대상이 되었으므로, 충전시간과 1회 충전시 이동 가능 거리가 중요속성으로 포함되었다. Dagsvik et al. (2002)의 연구 역시 소비자의 진술선호 자료를 이용하였으며, 네 가지 연료(휘발유, 전기, 하이브리드, LPG)자동차에 대한 선호를 분석하였다. 중요속성으로는 구입가격, 1회 충전시 이동 가능 거리, 연비, 최고속도가 포함되었다.

앞의 두 연구가 추정에 비중을 둔 연구라면 Ewing and Sarigollu (2000)와 Horne et al. (2005)은 추정결과로부터 정부정책, 기업전략, 환경정책에 대한 시사점에 비중을 두고

분석을 진행하였다. Ewing and Sarigollu (2000)은 소비자의 진술선호자료를 이용하여 가솔린 자동차와 전기 자동차, 그리고 대체연료 자동차에 대한 선호를 분석하였으며, 중요 속성으로 구입가격, 유지비, 오염물질 배출량 등이 포함이 되었다. 추정결과로부터 중요 속성이 변하는 시나리오에 따라 각 연료 타입 자동차의 선택확률이 어떻게 변하는 지를 시장시뮬레이션(Market simulation) 통해 분석하고 이로부터 전기자동차와 대체연료 자동차의 보급 확대를 위한 정부의 정책과 기업전략에 대해 고찰하였다. Horne et al. (2005)은 소비자의 진술선호자료를 이용하여 휘발유, 대체연료, 하이브리드, 수소연료 자동차에 대한 선호를 분석하였다. 중요 속성으로 구입가격, 연료비용, 연료보급소 접근성, 오염물질 배출량이 포함이 되었다. Horne et al. (2005)은 추정결과로부터 환경정책의 효과가 오염물질 배출량을 얼마나 줄이는 지를 시뮬레이션을 통해 분석하고, 대체연료 자동차의 보급확대로 인한 오염물질 저하를 위한 적절한 환경정책에 대해 고찰하였다. Ewing and Sarigollu (2000)와 Horne et al. (2005)은 구체적으로 대체연료에 대한 형태를 정의하지는 않았다.<sup>3</sup>

본 연구는 기존 연구들의 장점을 모아 기존 연구들에서 포함이 된 중요 속성들을 반영하고 현재 가능성이 있는 대체연료 자동차를 분석대상에 포함시켰으며, 추정결과로부터 기업전략과 정부정책 등의 시사점을 얻고자 하였다. 특히 추정방법으로 소비자의 이질성을 반영한 혼합로짓 모형을 베이지안 접근방법으로 추정하였다는 점에서 차이가 있다.

### III. 분석방법론

본 연구에서 분석대상이 되는 일부 대체연료 자동차는 아직 국내 시장에 출시되지 않았기에 실제 선택에 기반한 현시선호(revealed preference) 자료로는 소비자의 선호를 파악할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 설문을 이용하여, 응답자에게 여러 속성 수준들로 구성된 가상의 자동차 대안 집합을 제시하고, 그 중에서 가장 선호하는 자동차 대안을 선택하게 함으로서 소비자의 진술선호(Stated preference)자료를 얻는 컨조인트(Conjoint) 방법을 이용하였다.

얻어진 소비자의 진술선호 자료는 확률효용이론(Random utility model)에 기반한 이산선택모형(Discrete choice model)을 이용하여 추정을 하였다. 이산선택모형은 (1) 대안에 대한 선택 자료가 가장 좋은 대안 하나를 선택한 자료인가, 아니면 대안들에 대한 선호 순위에 대한 자료인가 (2) 소비자 선호의 이질성을 반영하는가, 아니면 (3) 고전적(Classical)인 추정 방법을 사용하는가, 베이지안(Bayesian) 추정방법을 사용하는가 등에 의해 여러 다른 모형들이 개발되었다. 본 연구에서는 (1) 선택 집합의 대안들에 대해

<sup>3</sup> 즉, LPG, CNG, 메탄올 등 구체적인 대체연료 자동차의 형태를 분석에 포함하지는 않았다.

선호하는 순위를 매긴 진술선호자료를 (2) 소비자의 이질성을 반영한 혼합 로짓(Mixed logit) 모형을 통해 (3) 베이저안 추정방법을 이용하여 추정하고 분석하고자 한다.

선호순위 자료를 이용하는 이유는 하나의 선택만을 하는 경우에 비해 순위를 매기는 방법이 한 명의 응답자로부터 더 많은 정보를 얻어낼 수 있다는 장점이 있기 때문이다. (Calfee et al., 2001). 혼합 로짓 모형을 이용한 이유는 일반적인 다항 로짓(Multinomial logit) 모형의 단점인 모든 소비자들이 동일한 선호를 가지고 있다는 제약을 피하고 소비자 선호의 이질성을 반영하기 위해서이다. 혼합로짓 모형에서는 소비자 선호를 반영하는 각 추정 계수들이 그들 자신만의 분포를 가지게 되어 추정 계수들간 상관관계는 물론, 각 대안들간 상관관계도 현실적으로 반영할 수 있게 된다. 마지막으로 혼합 로짓 모형의 추정을 위해서 고전적인 방법(Brownstone and Train, 1999; Layton, 2000; Calfee et al., 2001; Carlsson, 2003) 대신에 깃스 샘플링(Gibbs sampling)을 이용한 베이저안 접근방법(Bayesian Approach)(Allenby and Rossi, 1999; Chiang et al., 1999; Huber and Train, 2001; Train, 2003)을 이용하였다. 그 이유는 베이저안 접근 방법을 이용하면 고전적 방법에서 요구되는 우도함수의 직접적인 계산을 피할 수 있으며, 훨씬 더 완화된 조건하에서 일관성(Consistency)과 효율성(Efficiency)을 보장받을 수 있고, 또한 베이저안 접근 방법의 결과들은 베이저안적인 측면과 고전적인 측면으로 동시에 해석이 가능할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문이다. (Train, 2003; Train and Sonnier, 2003).

### III.1. 모형 설정

설문에서 개인  $i$  가  $T$  개의 선택 대안 집합들 안에 제시된  $J$  개의 대안들에 대하여 순위를 매기는 상황에 직면해 있다고 가정하자. 이때 개인  $i$  가  $t$  번째 선택 대안 집합의  $j$  번째 대안으로부터 얻는 효용은 확률효용이론(Random utility model)에 의하여 다음의 식 (1)과 같이 제시가 된다.

$$U_{ijt} = \beta_i' X_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

여기서  $X_{ijt}$  는 대안  $j$  와 관련 있는 속성들의 벡터이며,  $\beta_i$  는 알려지지 않은 파라미터들(속성 벡터인  $X_{ijt}$  의 계수들)이며,  $\varepsilon_{ijt}$  는 확률적 교란항이다. 확률적 교란항  $\varepsilon_{ijt}$  는 독립이며 동일한 I형 극한값(iid. type I extreme value) 분포를 가짐을 가정한다. 계수 벡터인  $\beta_i$  는 모집단에 대해 평균  $b$ , 분산  $W$  를 가지는 정규분포를 가짐을 가정한다.

Train and Sonnier (2003)은 대안들에 대한 하나의 선택 자료를 이용한 혼합로짓 모형에서 베이저안 접근방법에 대한 추정방법을 제시하였다. 본 연구에서는 Train and Sonnier

(2003)의 연구를 확장하여 순위자료를 이용한 혼합로짓 모형을 분석하고자 한다. 이를 위해 추가적으로 Train and Sonnier (2003)에서와는 달리 메트로폴리스-헤이스팅 (Metropolis-Hasting, MH) 알고리즘에 사용되는 선택확률식이 변환되었다. Train and Sonnier (2003)에서는 가장 선호되는 대안에 대한 선택 자료가 이용되었지만, 본 연구에서는 순위 자료가 이용이 되었으므로 M-H 알고리즘에 사용되는 개인의 선택확률식이 변경된 것이다. 선택 대안 집합  $t$ 에서 개인  $i$ 의 대안에 대한 선호 순위를 반영한 선택 확률식은 아래와 같다.

$$L(r_i = \{r_{i1}, r_{i2}, K, r_{iT}\} | \beta) = \prod_{t=1}^T \prod_{j=1}^{J-1} \frac{e^{\beta' X_{ij}}}{\sum_{k=j}^J e^{\beta' X_{ik}}} \quad (2)$$

여기서  $r_{it} = \{r_{i1t}, r_{i2t}, K, r_{iIt}\}$ 는 선택 대안 집합  $t$ 에서 가장 선호하는 것으로부터 덜 선호하는 것의 순서로 해당 대안들에 대해 개인  $i$ 가 순위를 매긴 것을 나타내는 벡터가 된다.

한편, 제약되지 않은 정규분포는 모든 소비자들이 가치를 부여하는 바람직한 속성에는 적합하지 않기 때문에 이들 계수들을 위해 다른 분포들을 가정하는 것이 필요하다. 예를 들어 자동차 선택 시 고려될 수 있는 속성인 자동차 구입가격과 유지비의 경우, 모든 소비자들은 낮은 가격을 더 선호하는 것이 현실적이지만 정규분포를 가정할 때에는 이들 속성에 대해서 어느 정도의 비율의 사람들은 높은 가격과 높은 유지비를 선호한다는 현실적이지 않은 결과가 도출이 된다. 따라서 이와 같은 바람직한 속성들에 대해서는 양의 선호만을 가정하기 위해서 본 연구에서는 바람직한 속성들에 대한 계수의 분포를 로그정규분포(Log-normal)로 가정하고, 그 계수를 효용식에 반영하기 위해서 다음과 같은 변환식  $C = \exp(\beta)$ 을 사용하여 효용식에 반영하였다. 특정 계수들에 대해 제약된 분포들을 위한 변환이 사용되는 경우, 효용은 아래와 같이 변환이 된다.

$$U_{ijt} = C(\beta_i)' x_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

실제 추정에서는 이와 같은 변환된 효용식이 이용이 되고, M-H 알고리즘에 사용되는 각 개인의 순위 배열이 나타날 확률은 이러한 변환된 값에 근거하여 바뀌게 된다 (Train and Sonnier, 2003).

### III.2. 자료

실증분석을 위해 자동차의 중요 속성과 수준에 따라 대안 카드를 작성하여, 2005년 7

월 서울특별시에 거주하는 20세~59세 사이의 성인남녀를 대상으로 설문을 진행하였다. 각각의 대안카드에는 자동차 선택 시 중요한 속성들인 연료형태, 연료비용, 자동차 구입가격, 유지비, 연료형태에 따른 연료보급소 접근성, 정비인프라 구축율, 최고출력, 차량형태, 오염물질 배출량이 포함되었다.

개별속성들에 대하여 구체적으로 살펴보면, 자동차의 연료 형태로 휘발유, 경유, CNG, LPG, 하이브리드가 고려되었다. 현재 자동차의 연료로 쓰이는 전통적인 휘발유, 경유 이외에 대체연료인 CNG, LPG가 포함이 되었으며 기술적으로 발전된 하이브리드 자동차 또한 분석대상에 포함이 되었다. 일반적으로 자동차 선택 시 중요한 고려 요인이 되는 최고출력, 자동차 구입가격, 연료비용<sup>4</sup>, 유지비 등도 포함이 되었다. 간접적 망외부성(Indirect Network Externality)이 자동차 선택에서 존재하는 가를 살펴보기 위하여 연료형태에 따른 연료보급소 접근성과 정비인프라 구축율이 포함이 되었다. 또한 자동차 배기가스로 인한 환경에 대한 관심이 자동차 선택에 영향을 주는 가를 확인하기 위하여 오염물질 배출량의 수준도 속성으로 포함되었다. 사용목적에 따른 자동차 형태에 대한 선호를 포함하기 위하여 일반적인 형태의 자동차와 다목적 형(SUV)의 자동차를 나타내는 더미도 포함이 되었다. 설문에 포함된 속성들과 그 수준에 대한 설명은 [표 3]에 정리되었다.

[표 3]

그러나 위와 같은 속성들을 모두 포함하게 되면 너무 많은 선택 대안 카드가 만들어지고, 실제 설문자가 이들 모두에 대한 선호를 표현하기에는 어려움이 있기 때문에 본 연구에서는 직교분할설계법(Fractional factorial design)을 이용하여 총 16개의 대안카드를 작성하였다. 이 대안카드는 다시 4개의 카드로 이루어진 4개의 선택대안 집합으로 구성되었다. [표 4]는 실제 설문에 사용된 대안카드의 예를 보여주고 있다. 응답자는 [표 4]와 같은 질문세트 4가지에 대해 각각의 선호순위를 기재하였다.

[표 4]

<sup>4</sup> 본 연구에서는 연료비용(원/km)을 1km를 가기 위해 필요한 비용으로 정의하였다. 일반적으로 주유소에서 연료가격(원/L)이 1리터(L)당 가격으로 제시가 되고, 자동차의 연료효율성을 나타내는 연비(Km/L)는 1리터(L)로 갈 수 있는 거리(Km)로 정의되므로, 본 연구에서 정의되는 연료비용은 연료비용 = 연료가격/연비로 계산될 수 있다. 이하 내용에서는 연료비용, 연료가격, 연비를 위와 같이 구분하여 사용한다.



## IV. 결과분석

### IV.1. 추정결과

자동차 연료 타입과 다목적형 자동차 더미 변수의 계수 추정을 위해 연료에서는 휘발유가, 그리고 자동차 형태로는 일반형자동차가 기준 속성으로 선택되었다. 따라서 자동차의 연료더미의 계수는 휘발유에 대한 상대적인 소비자 선호를 나타내며, 다목적형 자동차의 계수는 일반형 자동차에 대한 상대적인 소비자 선호를 나타내게 된다.

자동차 선택 시 소비자들이 양(+)<sup>5</sup>의 가치를 부여하는 속성인 연료보급소 접근용이성, 정비인프라 구축율, 최고출력과 음(-)의 가치를 부여하는 속성인 연료비용, 자동차 구입가격, 유지비, 오염물질 배출량의 속성에 대해서는 계수의 분포를 로그정규분포로 가정하였으며, 그 계수의 값은 효용식에  $C = \exp(\beta)$  형태로 반영이 되었다.<sup>5</sup> 연료형태 더미와 차량형태 더미의 계수의 분포는 정규분포를 가정하였다.

추정을 위해서 본 연구에서는 20,000 번의 깃스 샘플링 추출이 이루어졌고, 처음의 10,000 번의 추출은 버려지고, 다음의 10,000 번의 추출 중 매 10 번 마다 1,000 개의 추출값이 추론에 사용되었다. 추정의 결과로 평균  $b$ , 분산  $W$ 의 대각 요소들을 위한 1,000 개 추출값들의 평균값이 [표 5]에 제시 되었다.

[표 5]

베이저안적인 관점에서는, 이 값들이 평균  $b$ , 분산  $W$ 의 대각 요소들의 사후적 평균값들이 된다. 반면, 고전적 접근에서는 이들은 모집단에서의 추정된 평균과 분산 값을 나타내게 된다. 본 연구에서는 이 결과들을 해석하는데 있어서 고전적인 관점을 채택하기로 한다. [표 5]의 결과를 통해 알 수 있듯이, 경유와 LPG에 대한 연료 더미의 추정계수를 제외하고, 추정 계수들이 모두 유의함을 확인할 수 있다. 또한, 모든 분산값들( $W$ )이 유의하게 큰 값을 가짐을 확인할 수 있는데, 이는 소비자 선호에 있어서 매우 큰 이질성이 존재함을 나타내는 것이다. 이것은 본 연구의 혼합로짓 모형 사용이 정당했음을 보여준다.

평균  $b$ 와 분산  $W$ 는 고전적 관점에 따르면  $\beta_i$ 의 모집단에서의 평균과 분산인데, 이들 속성에 대한 계수의 분포는  $b$ 와  $W$ 의 추정된 값들을 이용한 시뮬레이션으로부터 얻어진다.  $\beta_i$ 에 대해 2,000 개의 추출이 추정된  $b$ 와  $W$ 를 평균과 분산으로 하는 정규분포로부터 행해지며, 이들 추출된 2,000개의 값들이 실제의 각 계수들을 위한 추

<sup>5</sup> 음의 선호를 보장하기 위해서 연료비용, 자동차 구입가격, 유지비, 오염물질 배출량은 변수 입력 시 음의 값이 입력되었다.

출값들로 변환되었다. [표 6]은 이들 계수 값의 평균과 분산을 보여준다.

[표 6]

결과에서 알 수 있듯이, 연료더미와 다목적형 자동차 더미의 분산이 매우 크게 나타났는데, 이것은 자동차의 연료와 형태에 대한 소비자의 선호의 차이, 취향의 차이가 매우 큼을 보여준다. 일반형 자동차는 다목적형 자동차 보다 선호되었으며, 62% 정도의 소비자가 일반형 자동차를 더 선호하는 것으로 나타났다.

한편, 혼합 로짓 모형을 사용하는 추가적 장점은 각 계수들 간의 상관관계를 나타낼 수 있어, 훨씬 현실적인 대체 유형을 나타낼 수 있다는 점이다. [표 7]은 그러한 속성 수준들 간의 상관관계를 나타낸다.

[표 7]

## IV.2. 결과 토의 및 시사점

### [1] 최고출력, 구입가격, 연료비용, 유지비 등 전통적으로 자동차 선택 시 중요한 고려 요인에 대한 소비자의 선호와 선호의 이질성

추정결과 소비자들은 구입가격과 연료비용, 유지비에 대해서는 유의하게 음의 선호를 출력에 대해서는 양의 선호를 보였고, 또한 이들 속성의 분산이 연료더미나 자동차 형태 더미 보다 매우 작은 것으로 나타났다. 이것은 자동차의 연료와 형태의 경우 소비자의 다양한 취향이 반영되어 분산이 크게 나온 것과는 달리, 이들 속성에 대해서는 소비자들이 부여하는 가치가 대체로 동질적인 것을 의미한다. 더불어 비용속성들에 대해 유의하게 음의 선호를 보인 점과 최고출력에 양의 속성을 보인 점을 고려한다면, 이 결과는 구입가격, 최고출력, 연료비용, 유지비가 자동차 선택 시 중요한 고려요인임을 보여준다.

### [2] 자동차의 연료 타입에 대한 소비자의 선호

연료 더미에 대한 추정결과에서는 연료형태로 소비자가 가솔린에 비해 CNG는 더 선호하며, 하이브리드는 선호하지 않는 것으로 나타났다. 반면 경유와 LPG는 휘발유와 비교하여 좋아하지도 싫어하지도 않는 것으로 나타났다.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> 더미의 추정결과 유의하지 않은 것으로 나타났다.

모형에 포함된 속성들인 연료비용, 오염물질 배출량 등은 연료에 따라 달라지는 것들이므로, 연료더미는 모형에 포함된 속성들이 포괄하지 못하는 자동차 연료와 관계된 다양한 속성들에 대한 소비자의 선호를 나타낸다고 볼 수 있다. 이러한 점에서 CNG는 대체연료라는 점과 같은 가스 형태인 LPG에 비해 안전하다는 장점이 반영되어 휘발유보다 선호하는 결과가 나온 것으로 보인다. 이와 반대로 하이브리드 자동차는 현재의 기술수준에서는 기존의 자동차에 비해 무게가 무거워지고, 가속 시 소음과 충격 등의 단점이 반영되어 휘발유 자동차에 비해 선호하지 않는 결과나 나온 것으로 보인다.

### [3] 망외부효과(Network Effect)가 자동차의 선택 시 존재하는가?

망외부효과는 네트워크 재화에 대한 효용이 그 재화의 전체 사용 규모 (Size of network)의 영향을 받는 상황을 의미한다. 전화의 경우처럼 전체 전화 가입자가 늘어날수록 기존 가입자들은 더 많은 가입자들과 통화할 수 있게 되어 전체 가입자수의 증가가 전화 가입자의 효용에 양(+)의 영향을 끼치게 되는 것이 전형적인 외부성의 예인 것이다. (김연배 등, 2003) 이 경우처럼 동일한 재화를 사용하는 사람이 많을수록 효용이 증가하는 직접적 망외부성과는 달리 하드웨어/소프트웨어의 관계처럼 다른 제품의 사용자 기반이 많을수록 해당 제품의 효용이 증가하는 경우를 간접망외부효과(Indirect Network Effect)라고 하는데(Economides, 1996) 자동차 선택에서도 이와 같은 간접망외부효과가 존재한다고 생각할 수 있다. 왜냐하면 연료를 보충하는 주유소나 충전소가 많을수록, 즉 충전시설에 대한 접근성이 높을수록 연료공급이 편해지므로 자동차의 효용은 증가하기 때문이다. 특히 자동차의 경우 연료타입에 따라 충전시설의 비율이 다르기 때문에 대체연료 자동차의 선택에서 망외부효과가 차지하는 효과가 크다고 할 수 있다.

본 연구의 결과에서 연료보급소 접근용이성과 정비인프라 구축율의 추정결과는 유의하게 양의 값으로 나타났는데, 이는 실제로 자동차의 선택 시 간접망외부효과가 존재함을 보여준다. 따라서 각 연료 자동차의 선택에서 연료의 주유소 비율이 중요한 고려요인이 되는데, 분석대상의 연료 형태 중 휘발유와 경유, 하이브리드 자동차는 이런 점에서 다른 연료 자동차에 비해 이점이 있음을 알 수 있으며, CNG 와 LPG는 이런 점에서 불리하다는 사실을 알 수가 있다.<sup>7</sup> 더불어 소비자는 자동차 정비시설에 대한 접근성이 높은 것을 선호하는 것으로 나타났는데, 이는 소비자들이 자동차의 결함이나 고장에 대해 민감하고, 수리가 편한 것을 선호한다는 것을 보여준다.

<sup>7</sup> 한국주유소 협회(<http://www.kosanet.or.kr>)에 의하면 2005년 12월 기준 휘발유와 경유 주유소의 수는 11,752개 이며, 한국천연가스차량협회(<http://www.kangv.org>)에 의하면 2005년 12월 기준 CNG 충전소는 212개 이며, 대한LPG산업환경협회(<http://www.klpg.or.kr>)에 의하면 2005년 7월말 기준 LPG충전소는 1,300개인 것으로 나타났다.

#### [4] 자동차 선택 시 환경에 대한 요인이 고려가 되는가?

본 연구의 결과에서 오염물질 배출량의 계수는 유의하게 음의 값으로 나타났는데, 이는 소비자가 자동차 선택 시 오염물질 배출량이 적은 자동차를 선호한다는 것을 의미한다. 이 결과는 환경문제에 대한 소비자의 관심이 높아지는 것을 간접적으로 보여주는 결과이며, 자동차 선택에서도 이제는 비용과 성능뿐 만이 아니라 환경적인 부분 또한 고려요인이 됨을 보여준다.

#### [5] 정부정책에 대한 시사점

친환경 대체연료 자동차나 하이브리드 자동차의 보급을 늘리기 위해서는 보조금 지급, 각종 세제 혜택 등 소비자를 유인하는 정부의 정책이 필요함.

대체연료와 하이브리드 자동차는 현재 상태에서 휘발유나 경유 자동차와 비교하여 각 속성에 대해 장, 단점이 있다. CNG와 LPG 같은 대체연료 자동차의 경우 휘발유나 경유에 비교하여 연료비용이 낮으며, 오염물질 배출량이 적다는 장점이 있지만, 차량 구입가격이 비싸고, 특히 연료공급과 수리와 정비의 불편함 등의 단점이 있다. 하이브리드와 같은 미래형 자동차는 대체연료 자동차에 비하여 연료보급소 접근성은 뛰어나고, 휘발유나 경유 자동차에 비해서는 연료비용이 낮은 장점이 있지만 무엇보다 높은 구입가격이 단점이다.

본 연구의 추정결과 구입가격과 유지비용이 유의하게 음의 값으로 나온 결과는 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 높은 구입가격이 소비자가 이들 자동차의 선택을 망설이게 하는 제약이 될 수 있으며, 이들 자동차에 대한 세제혜택 등의 유지비용을 줄이는 정책이 수요를 늘리는데 필요함을 보여준다. 실제로 이런 점에서 이미 세계 각국은 하이브리드 자동차의 구매를 늘리기 위해 구매보조금 지급과 조세지원 등 소비자를 유인하기 위한 직, 간접적 지원 정책을 실시하고 있는 상태다.

#### [표 8]

따라서 본 연구의 추정결과는 한국의 경우에도 향후 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 구매를 늘리기 위해서는 구매보조와 세제 혜택 등 소비자를 유인하기 위한 다양한 지원이 필요함을 보여주며, 현재 정부에서 검토중인 하이브리드 자동차에 대한 구매보조금 지급정책과 각종 세제혜택 등의 유지비를 낮추는 정책<sup>8</sup>이 효과적인 정책이

<sup>8</sup> 2006년도 환경친화적자동차 보급 시행계획, 환경부 (2005)

될 수 있다는 사실을 보여준다.

직접적인 소비자 유인 정책 이외에도 관련 주유, 충전시설의 확대 지원, 정비 및 부품 개발 및 지원 등 간접적인 지원 정책이 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 위해 필요함.

본 연구에서 연료보급소에 대한 접근성과 정비 시설에 대한 접근성에 대해서 소비자들이 유의하게 양의 선호를 보이는 것을 나타냈다. 연료보급소 접근성의 경우 휘발유를 이용하는 하이브리드 자동차는 기존의 휘발유 주유시설을 그대로 이용하기 때문에 이 부분에서는 휘발유 자동차와 동일한 상황이며 다른 대체 연료 자동차에 비해 우월한 위치에 있다. 그러나 향후 미래형 자동차로 각광받는 수소자동차의 경우 아직까지 연료인 수소의 운송, 배송 등의 문제로 인해 연료 공급이 어려운 문제가 존재하며, 주유시설은 거의 없는 상황이다. 또한 하이브리드 승용차와 대체연료 자동차는 시장 출시 초기 단계로 오랜 기간 사용되면서 안정성이 검증된 개선된 휘발유 자동차에 비해 결함이나 고장이 나타날 가능성이 높은 상황이다. 이와 같은 측면에서 정부의 정책으로 대체연료 자동차에 대한 연료공급 인프라를 확대하기 위한 정책이 정당성을 가지며<sup>9</sup>, 자동차 업계와 더불어 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 부품개발을 장려하고, 힘을 기울이는 정책이 필요하겠다. 앞서 언급하였듯이 우리 정부의 미래형 자동차 개발을 위해 지원한 금액이 다른 선진국 지원 규모와 비교하면 매우 적으며, 차세대 연료전지 자동차와 하이브리드 자동차의 핵심부품에 대한 국내 기술의 수준이 낮다는 점을 고려한다면 연구개발 활동에 더 한층 분발이 요구된다.

## [6] 비즈니스 전략 수립을 위한 시사점

고연비, 친환경 등 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 장점을 발전시키며 기술개발로 가격을 낮추고 부품의 국산화율을 높이는 연구개발 전략이 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 위해 필요함.

대체연료 자동차나 하이브리드 자동차는 출시 초기에는 정부의 다양한 보조정책과 구입보조금과 각종 세제 혜택 등을 기대할 수 있지만, 장기적으로는 휘발유나 경유자동차와 경쟁이 되는 조건을 갖추어야만 시장에서 살아남을 수 있다. 이러한 측면에서 기업의 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 연구개발 전략으로 이들 자동차의 장점

<sup>9</sup> 2006년도 환경친화적자동차 보급 시행계획(환경부, 2005)에서 수소연료 공급시설 설치자, 수소연료 생산·공급·판매자에 대한 재정적 지원 방안이 제시되었다.

인 낮은 연료비용과 친환경성 등의 장점을 더욱 발전시키며, 가격은 낮추고 부품개발에 더욱 힘을 기울이는 전략을 고려할 수 있다.

기본적으로 휘발유에 비해 대체연료의 가격이 낮기 때문에 연료가격의 측면에서 대체연료 자동차는 우월한 위치에 있으며, 기술개발로 연비를 향상시키면 휘발유에 비해 훨씬 낮은 연료비용이 가능하다. 이것은 휘발유에 비해 대체연료가 1Km를 가는데 드는 비용이 낮음을 의미하며, 추정결과에서 제시되었듯이 낮은 연료비용을 선호하는 소비자의 태도와 고유가를 고려한다면 낮은 연료비용이 대체연료 자동차의 선택에 매우 중요한 유인요소가 될 수 있음을 보여준다. 또한 오염물질의 배출량이 휘발유 자동차에 비해 대체연료 자동차나 하이브리드가 작기 때문에 환경적인 측면에서도 이들 자동차가 장점이 있다는 것을 알 수 있다.

구체적으로 살펴보면, 경유승용차의 경우 연료비용의 측면에선 휘발유에 비해 장점이 있으나, 휘발유에 비해 CO(일산화탄소)와 CO<sub>2</sub>(이산화탄소)는 적지만 PM(미세분진)과 NO<sub>x</sub>(질소산화물)는 더 많이 배출한다는 점<sup>10</sup>에서 무엇보다 매연저감 기술의 향상이 필요하다. 특히 PM과 NO<sub>x</sub>로 인해 도시 대기오염 문제가 매우 심각하며, 세계 각국에서 경유승용차에 대한 배기가스 규제를 강화하고 있기 때문에 경유자동차의 경우 매연 및 배기가스 저감이 향후 시장에서 살아남는가 아닌가의 필수적 조건이 됨에 따라 매연저감 기술을 향상하는 것이 필요하다 하겠다. 하이브리드 자동차의 경우 연비의 측면에서 무엇보다 휘발유 자동차에 비해 장점이 있다는 점에서 연비의 지속적인 향상에 힘을 기울이는 것이 필요하다 하겠다. 특히 하이브리드 자동차의 고연비는 소비자들에게 연료가격의 부담을 줄일 수 있고 또한 환경오염을 줄이는 것에도 관련이 있으므로 그 중요성은 더욱 커진다.

앞서 언급되었지만, 추정결과 소비자는 자동차 정비시설에 대한 접근성이 높은 것을 좋아하는 것으로 나타났으며 이것은 소비자들이 자동차의 결함이나 고장에 민감함을 의미하며, 고장이 난다 하더라도 수리가 쉬운 자동차를 선호한다는 것으로 해석이 가능하다. 따라서 대체연료 자동차와 하이브리드의 출시 초기에 나타날 수 있는 결함과 고장은 이들 자동차에 대해서 소비자가 선택을 망설이게 하는 요인이 될 수 있다. 그러므로 초기에 나타날 수 있는 결함이나 고장에 대해 신속한 대처가 필요하며, 특히 초기에는 새 기술에 민감한 소비자들이 주로 구매를 하며 이들이 대체 연료 자동차를 이용한 경험과 평판이 이후 구매자들에게 큰 영향을 끼칠 것임을 감안한다면 결함이나 고장에 대해 신속한 대처의 중요성은 더욱 커지게 된다. 더불어 현재 대체연료 자동차나 하이브리드 자동차의 높은 가격을 낮추기 위해 꾸준한 기술개발을 통한 원가절감이 필요하고, 특히 하이브리드 자동차의 경우 부품 중 상당부분을 일본업체에 의존하고 있는 상황에서 향후 일본업체가 부품의 판매에 제한을 둘 경우 하이브리드 자동차의 생산과

<sup>10</sup> 경유차 대기오염 저감대책, 환경부(2003)

수리에 문제가 생길 수 있기에 관련 부품을 국산화하고 부품의 안정적인 공급을 위해 노력할 필요가 있겠다.

## V. 시장시뮬레이션(Market simulation) 분석

앞서 추정결과를 바탕으로 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 늘리기 위한 정부의 정책과 기업의 비즈니스 전략을 살펴보았다. 여기서는 2005년부터 출시되기 시작한 일반형 경유 승용차와 앞으로 국내 시장에 출시될 예정인 하이브리드 승용차에 초점을 맞추어 향후 이른 시간에 예상이 되는 정책적, 기술적 변화들이 이들 자동차의 보급에 끼치는 영향에 대해 분석을 하고자 한다. 이를 위해 정책적, 기술적 변화를 반영한 다양한 시나리오 하에서 각 연료 자동차의 선택확률이 어떻게 변하는지를 살펴보았다.

시장시뮬레이션은 표본계산법(sample enumeration method)을 이용하였는데, 표본계산법은 표본 안의 개별 사람들의 각 대안에 대한 선택확률을 더하고 이의 평균값을 집단 전체에서의 각 대안에 대한 선택확률로 계산하여 이용하는 것이다. (Train, 2003) 계수 추정을 위해 추출되었던 2,000개의  $\beta_i$ 와 각 시나리오의 대안들의 속성을 이용하여 각 시나리오에서 각 대안의 선택확률이 구해졌다. 본 연구의 시뮬레이션은 소비자들의 진술 선호에 의지하고, 실제 시장에 존재하는 많은 대안들 중 일부만이 시뮬레이션 대안에 포함이 된다는 점의 한계가 있지만, 정책과 기술진보의 효과를 대략적으로 살펴볼 수 있다는 점에 의의가 있다.

시나리오 분석은 (1) 소형차 그룹과 (2) 중대형과 다목적형 자동차를 합친 그룹의 두 그룹으로 나누어져 분석이 되었다. 그 이유는 소비자의 자동차 선택이 일차적으로 소형 중형, 대형, 다목적형 자동차로 나뉘어 지고 각 그룹에서는 비용 등의 속성 등에 의해 결정이 된다고 가정했기 때문이다.

소형차 그룹의 기본 시나리오(Base case)의 속성 수준은 현재 출시되고 있는 소형 자동차의 사양과 주유소 비율, 연료가격을 참고하여 [표 9]과 같이 설정했으며, 경유와 하이브리드 자동차를 중심으로 진행된 시나리오 분석의 결과가 [표 10]과 [표 11]에 제시가 되었다.

[표 9]

[표 10]

[표 11]

경유 자동차는 향후 정책적, 경영전략적 변화의 초점이 오염물질 배출량과 연료비용(연비와 낮은 연료가격이 동시에 반영이 됨), 정비인프라 구축율이라는 점에서 이들 속성

의 변화를 중심으로 분석을 진행하였고, 하이브리드 자동차는 여기에 구매보조와 유지비용의 변화를 더하여 분석을 진행하였다.

## [1] 경유 자동차의 시사점

**소형 자동차 분야에서 경유 자동차의 낮은 연료비용은 경유 자동차의 경쟁력의 원인이 됨.**

기본 시나리오 1의 결과를 살펴보면 경유자동차는 휘발유 자동차에 비해 구입가격도 비싸고, 정비인프라 구축률도 낮지만 그럼에도 불구하고 연료비용이 더 낮기 때문에 휘발유 자동차 보다 더 많이 선택되는 결과가 나왔다. 따라서 이 결과는 경유 자동차의 낮은 연료비용이 소형차에서 경쟁력의 원인이 됨을 보여주는 결과라 할 수 있다.

**소형 자동차 분야에서는 경유 자동차의 오염물질 수준 보다는 연료비용이 더 중요한 것으로 나타남.**

시나리오 2,3과 4,5를 비교해 보면 경유 자동차의 오염물질 배출량의 수준이 다른 연료의 자동차에 비해 크게 나빠지거나 좋아지는 경우보다, 연료비용이 더 좋아지거나 나빠지는 경우의 경유 자동차의 선택확률의 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 이는 경유자동차의 최대 문제인 오염물질의 배출이 많은 것에 대해 소비자가 자동차 선택 시 고려를 하기는 하나, 연료비용을 더욱 중요하게 생각한다는 것을 보여주는 결과라 할 수 있다. 그러나 비록 경유자동차에서 오염물질 방출수준이 연료비용보다는 그 중요성이 떨어지지만, 오염물질 배출에 대한 강화되는 정부의 규제를 고려할 시 경유 자동차의 배기가스 저감장치 개발은 경유자동차의 생존조건이 될 수 있으므로 그 중요성은 여전히 크다고 할 수 있다.

**간접망외부효과의 중요성이 매우 큰 것으로 나타남.**

시나리오 6,7과 8의 결과는 경유 자동차의 정비인프라 수준이 기존의 휘발유 자동차의 수준으로 높아질수록 경유 자동차의 선택확률이 크게 증가하는 것을 보여준다. 특히 시나리오 8처럼 경유의 연료비용이 오르더라도 정비인프라의 수준이 휘발유 자동차와 동일하다면, 연료비용이 상승으로 인한 경유자동차의 선택확률의 감소는 상쇄되는 것으로 나타났다. 정비인프라를 늘리기 위해서는 많은 비용이 필요하지만 이 결과는 자동차 선택에서 간접망외부효과의 영향이 매우 크다는 것을 보여주는 결과이며, 부품의 국산화, 기술개발 등 정비인프라를 늘리는 활동의 중요성을 강조하는 결과라고 할 수 있다.



## [2] 하이브리드 자동차의 시사점

소형 자동차 분야에서 하이브리드 자동차의 낮은 연료비용은 하이브리드 자동차의 경쟁력의 원인이 되며, 이로 인해 하이브리드 자동차의 높은 구입가격이 구매를 제약하는 요인이 되지 못함.

기본 시나리오 1의 분석결과를 살펴보면 하이브리드 자동차의 구입가격이 휘발유 자동차의 3배 이상임에도 불구하고, 하이브리드 자동차의 선택확률이 휘발유 자동차 보다 높은 것으로 나타났다. 이것은 하이브리드 자동차의 낮은 연료비용 때문에 발생한 결과라고 볼 수 있으며, 경유 자동차와 마찬가지로 낮은 연료비용이 하이브리드 자동차가 다른 연료의 자동차에 비해 경쟁력이 있게 하는 요인임을 알 수 있다.

**네트워크 효과의 중요성이 매우 큰 것으로 나타남.**

시나리오 6,7과 8의 결과는 경유 자동차의 경우처럼, 하이브리드 자동차에서도 정비인프라 수준이 매우 중요함을 보여준다. 특히 하이브리드 자동차의 경우 차세대 자동차이고 신기술이라는 점에서 향후 지속적인 기술개발의 중요성은 더욱 커진다.

**하이브리드 자동차의 보급을 늘리기 위한 변화로 구매보조의 효과만큼, 자동차 운행 시 계속적으로 영향을 받는 연료비용, 유지비용, 정비인프라에 대한 변화도 효과적인 것으로 나타남.**

시나리오 2,3,4,5,6,7은 연료비용, 구입가격, 유지비용, 정비인프라의 변화가 하이브리드 자동차의 선택확률에 주는 영향을 분석한다. 분석결과 하이브리드 자동차의 구매가격은 인하하였을 때 얻어지는 선택확률의 증가는 연료비용, 유지비용, 정비인프라의 변화를 통해서도 달성이 됨을 보여준다. 이 결과는 구매보조가 하이브리드 자동차의 보급을 촉진하는 효과적인 수단이 되기도 하지만, 자동차를 운행하면서 항시적으로 직면하는 연료비용과 유지비용의 감소나 정비인프라의 확충 또한 동일한 효과를 발휘한다는 사실을 보여준다. 따라서 정책적 측면에서 일회성의 구매보조 정책도 효과적이지만, 세금인하, 보험료 항시적인 정책으로 유지비를 감소시키는 정책 또한 효과적임을 보여준다. 동시에 기업의 전략적 관점에서도 높은 구매가격의 단점이 연료비용이 인하로 상쇄가 됨을 보여주므로, 고연비 기술의 지속적인 개발이 더욱 중요하다는 기술전략적 시사점을 제시해준다.

### [3] 중대형과 다목적형 자동차 그룹의 분석결과

중대형과 다목적형 자동차 그룹의 기본 시나리오의 속성 수준은 현재 출시되고 있는 자동차의 사양과, 주유소의 비율, 연료가격을 참고하여 [표 12]와 같이 설정했으며, 경유와 하이브리드 자동차를 중심으로 진행된 시나리오 분석의 결과가 [표 13]과 [표 14]에 제시가 되었다.

[표 12]

[표 13]

[표 14]

분석의 결과는 소형차와 동일하였는데, 중대형에서도 경유 자동차의 경우 (1) 오염물질 수준 보다는 연료비용이 더 중요한 것으로 나타났으며(시나리오 2,3,4,5) (2) 망외부효과의 중요성이 큰 것으로 나타났다. (시나리오 6,7) 하이브리드 자동차의 경우도 소형 자동차와 동일하게 (1) 망외부효과의 중요성이 큰 것으로 나타났고 (시나리오 8,9) (2) 구매보조의 효과만큼, 자동차 운행 시 계속적으로 영향을 받는 연료비용, 유지비용, 정비인프라에 대한 변화도 효과적인 것으로 나타났다.(시나리오, 2,3,4,5,6,7)

## VI. 결론

본 연구는 대체연료 자동차가 시장에 출시되는 국내의 자동차 시장의 변화 하에서 기업의 연구개발 전략과 정부의 정책을 결정하기 위한 유용한 정보를 제공하기 위해 대체연료 자동차에 대한 소비자의 선호를 파악하고 분석하였다. 분석결과 최고출력, 구입가격, 연료비용, 유지비용 등의 속성 등 일반적으로 자동차 선택 시 중요한 속성들이 여전히 중요한 것으로 나타났으며, 이들 속성에 대한 소비자가 부여하는 가치가 이질적인 것으로 나타났다. 또한 연료보급소 접근용이성과 정비인프라 구축율의 추정결과가 유의하게 양의 값으로 나타났다는 점에서 자동차의 선택 시 간접망외부효과가 존재하는 것으로 나타났다. 더불어 소비자가 자동차 선택 시 유해물질 배출량이 적은 자동차를 선호하는 것으로 나타났다는 점에서 환경적인 부분도 자동차 선택 시 중요한 요인임을 알 수 있었다.

본 연구결과로부터 친환경 대체연료 자동차나 하이브리드 자동차의 보급을 늘리기 위해서는 보조금 지급, 각종 세제 혜택 등 소비자를 유인하는 정부의 정책이 필요하며, 직접적인 소비자 유인 정책 이외에도 관련 주유, 충전시설의 확대 지원, 정비 및 부품 개발 및 지원 등 간접적인 정책이 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 위해 필요하다는 것을 알 수 있었다. 기업의 연구개발 측면에서 고연비, 친환경 등 대체

연료 자동차와 하이브리드 자동차의 장점을 발전시키며, 기술개발로 가격을 낮추고 부품의 국산화율을 높이는 연구개발 전략이 필요하다는 것이 제시되었다.

시뮬레이션 분석의 결과로부터 경유 자동차의 경우 소비자의 선택에서 오염물질 수준보다는 연료비용이 더 중요한 것으로 나타났으며, 하이브리드 자동차의 경우에는 구매보조의 효과만큼, 자동차 운행 시 계속적으로 영향을 받는 연료비용, 유지비용, 정비인프라에 대한 변화도 구매를 늘리는데 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 정책적 입장에서는 에너지 절감과 환경보호를 위해 대체연료 자동차와 하이브리드 자동차의 보급을 확대시켜야 할 경우 어떤 정책수단이 필요한 지에 대해 유용한 정보를 제공하며, 자동차 생산자들에게는 소비자들이 자동차 구매 시 중요하게 생각하는 요인들에 대한 정보를 제공함과 동시에 연구개발 전략을 수립하거나 비즈니스 전략을 수립하는 데 유용한 자료가 될 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- [1] 김연배, 임광선, “컨조인트 방법을 이용한 간접 네트워크 효과 분석 - DVD 플레이어에 대한 적용,” 산업경제연구, 2003, pp. 99-113
- [2] 산업연구원. “자동차산업의 중장기 비전 및 발전 방안,” 2004
- [3] Allenby, G. M. and P. E. Rossi, “Marketing models of consumer heterogeneity,” *Journal of Econometrics*, Vol. 89, 1999, pp. 57-78.
- [4] Brownstone, D. and K. Train, “Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns,” *Journal of Econometrics*, Vol. 89, 1999, pp. 109-129.
- [5] Bunch, D. S., M. Bradley, T.F. Golob, R. Kitamura, and G. Occhiuzzo, “Demand for clean fuel vehicles in California: A discrete-choice stated preference pilot project,” *Transportation Research Part A*, Vol. 27, 1993, pp 237-253
- [6] Calfee, J., C. Winston and R. Stempksi, “Econometric issues in estimating consumer preferences from stated preference data: A case study of the value of automobile travel time,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 83, 2001, pp. 699-707.
- [7] Carlsson, F., “The demand for intercity public transport: The case of business passengers,” *Applied Economics*, Vol. 35, 2003, pp. 41-50.
- [8] Chiang, J., S. Chib and C. Narasimhan, “Markov chain Monte Carlo and models of consideration set and parameter heterogeneity,” *Journal of Econometrics*, Vol. 89, 1999, pp. 223-248.
- [9] Dagsvik, J. K., T. Wennemo, D.G. Wetterwald and R. Aaberge, “Potential demand for alternative fuel vehicles,” *Transportation Research Part B*, Vol. 36, 2002, pp. 361-384
- [10] Economides, N., “The economics of networks,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 14, 1996, pp. 673-699
- [11] Ewing G. and E. Sarigollu, “Assessing consumer preferences for clean-fuel vehicles: A discrete choice experiment,” *Journal of Public Policy and Marketing*, Vol. 19, 2000, pp. 106-118
- [12] Horne M., M. Jaccard and K. Tiedemann, “Improving behavioral realism in hybrid energy-economy models using discrete choice studies of personal transportation decisions,” *Energy Economics*, Vol. 27, 2005, pp. 59-77
- [13] Huber, J. and K. Train, “On the similarity of classical and Bayesian estimates of individual mean partworths,” *Marketing Letters*, Vol. 12, 2001, pp. 257-267
- [14] Layton, D. F., “Random coefficient models for stated preference surveys,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 40, 2000, pp. 21-36.
- [15] Savage, S. J., and D. M. Waldman, "United states demand for internet access", *Review of Network Economics*, Vol.3, 2004, pp. 228-247
- [16] Train, K., *Discrete Choice Method with Simulation*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

- [17] Train, K. and G. Sonnier, "Mixed logit with bounded distribution of partworths", working paper  
University of California, Berkeley and Los Angeles, 2003.

[표 1] 국내 하이브리드 자동차 부품의 기술경쟁력 분석 (신진국=100)

부품명	부품 설계능력	생산 설비수준	생산 기술수준	종합
모터 / 진트roller	10	20	20	16
축전기	60	30	30	40
보조에너지저장장치	90	60	60	70
차량 제어기술	40	20	20	26
하이브리드 전체	50	32	32	38

자료: 산업은행, "글로벌 경쟁체제에 대응하기 위한 국내 자동차부품산업의 세계화 기술전략," 산업기술정보 26호, 2003

[표 2] 자동차 산업의 국민 경제적 위상

	금액 및 규모
생산액(2002)	70조원 (제조업의 11%)
고용(2002)	148만명 (전산업의 7%)
부가가치(2002)	27조원 (제조업의 11%)
조세 수입(2002)	21조원 (총세수의 17%)
수출(2004)	326억 달러 (부품 59.3억 달러)
무역수지(2004)	284억 달러 (총무역수지 298억 달러)

자료: 광대중, 신진국의 차세대 환경친화적 자동차 개발동향, 산업경제분석

[표 3] 설문에서 이용된 속성과 해당 속성의 수준

속성	수준	속성에 대한 설명
연료형태	휘발유, 경유, CNG, LPG, 하이브리드	연료형태
연료비용 (원/km)	50, 70, 100, 120	1Km 주행 시 드는 비용(원)을 의미함.
구입가격 (10만원)	150, 200, 250, 300	자동차 구입가격을 의미함(10만원)
유지비 (만원/6월)	10, 30, 50, 70	연료비용을 빼고, 세금을 포함하여 자동차의 유지를 위해 지출하는 금액을 의미함. (6개월 당)
연료보급소 접근용이성 (%)	20, 50, 80, 100	현재 자동차의 주유소 수를 100으로 하였을 때, 카드에서 제시된 특정 연료의 주유가 가능한 주유소의 수를 의미하는 것으로 설정하였음
정비인프라 구축율 (%)	20, 50, 80, 100	현재 자동차의 정비소 수를 100으로 하였을 때, 카드에서 제시된 특정 연료 자동차의 수리가 가능한 정비소의 수를 의미하는 것으로 설정하였음.
최고출력 (마력)	100, 150, 200	자동차의 최고출력을 의미함.
차량형태	승용 일반형, 승용 다목적형	승용차를 기준으로 RV, SUV 등의 자동차를 다목적형 자동차로 분류함
오염물질 배출량(%)	50, 75, 100	현재 휘발유 자동차의 오염물질 규제 수준을 100으로 하였을 때, 상대적인 오염물질 배출량의 수준을 의미하는 것으로 설정하였음.

[표 4] 대안 카드 예시

카드	자다-1	카드	자다-2	카드	자다-3	카드	자다-4
연료형태	LPG	연료형태	CNG	연료형태	하이브리드	연료형태	휘발유
연료비용(원/km)	70	연료비용(원/km)	100	연료비용(원/km)	50	연료비용(원/km)	100
구입가격(만원)	2500	구입가격(만원)	2500	구입가격(만원)	2500	구입가격(만원)	3000
유지비(만원/6월)	50	유지비(만원/6월)	10	유지비(만원/6월)	30	유지비(만원/6월)	50
연료보급소접근성 (%)	100	연료보급소접근성 (%)	100	연료보급소접근성 (%)	20	연료보급소접근성 (%)	50
정비인프라구축율 (%)	20	정비인프라구축율 (%)	50	정비인프라구축율 (%)	50	정비인프라구축율 (%)	50
최고출력(마력)	100	최고출력(마력)	150	최고출력(마력)	100	최고출력(마력)	100
차량형태	일반형	차량형태	다목적형	차량형태	일반형	차량형태	일반형
오염물질 배출량(%)	75	오염물질 배출량(%)	50	오염물질 배출량(%)	50	오염물질 배출량(%)	50
순위		순위		순위		순위	



[표 5]  $b$  와  $W$  의 추정결과

변수	$\beta$ 의 평균 ( $b$ )	Standard Deviation	$\beta$ 의 분산 ( $W$ )	Standard Deviation
경유	0.1592	0.1292	2.114*	0.4059
CNG	0.3174*	0.1076	1.6218*	0.3152
LPG	-0.0348	0.0905	0.7655*	0.1474
하이브리드(Hybrid)	-0.3025*	0.0827	0.785*	0.1414
연료비용	-4.4377*	0.1262	2.0314*	0.3438
구입가격	-6.0159*	0.2111	3.0198*	0.5097
유지비	-4.5776*	0.1572	3.5858*	0.5649
연료보급소 접근성	-5.3597*	0.1752	1.5245*	0.3462
정비인프라 구축율	-4.931*	0.1706	1.9497*	0.3605
최고출력	-7.1341*	0.3399	2.4564*	0.9575
차량형태-다목적형	-0.3522*	0.084	1.0851*	0.1671
오염물질 배출량	-6.7001*	0.4518	6.157*	1.2523

\*는 5% 수준에서 유의함을 의미한다.

\*\*연료비용, 자동차 구입가격, 유지비, 오염물질 배출량은 음의 선회를 나타내기 위해서 변수 입력 시 음의 값이 입력되었다.

[표 6] 변환된 계수  $C(\beta)$ 의 평균 및 분산, 소비자 선호비율

변수	$C(\beta)$ 의 평균	$C(\beta)$ 의 분산	선호하지 않는 소비자의 비율
경유	0.1306	2.134	0.4695
CNG	0.3165	1.6267	0.398
LPG	-0.0521	0.7761	0.5295
하이브리드(Hybrid)	-0.321	0.8322	0.6365
연료비용	-0.0301	0.0036	---
구입가격	-0.0102	0.0009	---
유지비	-0.0671	0.1438	---
연료보급소 접근성	0.0103	0.0003	---
정비인프라 구축율	0.0187	0.0022	---
최고출력	0.0027	0.0001	---
차량형태-다목적형	-0.3431	1.1018	0.62
오염물질 배출량	-0.0327	0.1536	---



[표 8] 각 국 정부의 하이브리드 자동차 지원정책

국가	지원내역
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드 자동차와 기존차와의 차액의 1/2 보조</li> <li>- 취득세 2.7% 감면</li> <li>- 자동차세 30% 감면</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드 자동차 구입비의 10%를 세액공제(상한 \$4,000)</li> <li>- 소비세 8% 송제</li> <li>- 州세 우대(등록세 저감, 매상세 공제 등)</li> </ul>
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로세 면제, 자동차 등록세 인하</li> </ul>

자료: 환경친화적 자동차의 개발, 보급 기본계획수립 및 보급 지원방안 연구, 산업연구 원 (2005)

[표 9] 소형차 그룹의 기본 시나리오 속성 수준

대안 자동차	연료비용	구입가격	유지비	연료보급소 접근성	정비인프라	구축을 최고출력	오염물질 배출량
휘발유	115	90	50	100	100	100	100
경유	70	110	50	100	80	100	100
CNG	90	110	50	1.7	80	90	60
LPG	90	110	50	11	80	90	60
하이브리드	60	300	50	100	80	100	50

[표 10] 소형차 그룹의 경유 자동차를 대상으로 한 분석

경유 자동차 시나리오	선택확률					
	휘발유	경유	CNG	LPG	하이브리드	
1. Base case (기본시나리오)	0.208	0.264	0.184	0.113	0.232	
경유 자동차의 오염물질 배출량 수준의 변화						
2. 오염물질 배출량 수준 100 → 120	0.210	0.255	0.186	0.114	0.234	
3. 오염물질 배출량 수준 100 → 80	0.205	0.277	0.180	0.110	0.228	
경유 자동차의 연료비용의 변화						
4. 연료비용 70→75	0.212	0.243	0.187	0.115	0.243	
5. 연료비용 70→65	0.204	0.288	0.180	0.110	0.218	
경유 자동차의 정비인프라의 변화						
6. 정비인프라 구축률 80→90	0.197	0.287	0.179	0.110	0.227	
7. 정비인프라 구축률 80→100	0.182	0.315	0.174	0.106	0.222	
경유 자동차의 연료비용과 정비인프라의 변화						
8. 연료비용 70→80 + 정비인프라구축률 80→100	0.191	0.271	0.182	0.111	0.244	

[표 11] 소형차 그룹의 하이브리드 자동차를 대상으로 한 분석

하이브리드 자동차 시나리오	선택확률				
	휘발유	경유	CNG	LPG	하이브리드
1. Base case (기본 시나리오)	0.208	0.264	0.184	0.113	0.232
하이브리드 자동차의 연료비용의 변화					
2. 연료비용 60 → 70	0.210	0.291	0.192	0.116	0.191
3. 연료비용 60 → 50	0.205	0.242	0.175	0.109	0.268
하이브리드 자동차에 대한 구매보조					
4. 하이브리드 구매보조 3,000 → 2,000	0.202	0.247	0.173	0.108	0.270
하이브리드 자동차의 유지비용의 변화					
5. 하이브리드 유지비용 50 → 40	0.188	0.246	0.175	0.103	0.287
하이브리드 자동차의 정비인프라의 변화					
6. 정비인프라 구축율 80 → 90	0.205	0.260	0.179	0.110	0.246
7. 정비인프라 구축율 80 → 100	0.200	0.255	0.174	0.108	0.262
연료비용과 네트워크효과					
8. 연료비용 60 → 65 + 정비인프라 80 → 100	0.202	0.269	0.178	0.110	0.242

[표 12] 중대형과 다목적형 자동차 그룹의 기본 시나리오 속성 수준

		대안 자동차	연료비용	구입가격	유지비	연료보급소	점검성	정비인프라	구축율	최고출력	오염물질	배출량
중대형 일반형	휘발유	136	230	100	100	100	100	100	100	190	190	100
	경유	118	260	100	100	100	100	70	70	190	190	100
	CNG	125	260	100	100	1.7	1.7	70	70	190	190	70
	LPG	125	260	100	100	11	11	70	70	190	190	70
	하이브리드	110	400	100	100	100	100	80	80	190	190	60
다목적형	휘발유	150	250	80	80	100	100	100	100	210	210	100
	경유	118	280	80	80	100	100	100	100	210	210	100
	CNG	125	280	80	80	1.7	1.7	80	80	210	210	70
	LPG	125	280	80	80	11	11	80	80	210	210	70
	하이브리드	110	400	80	80	100	100	80	80	210	210	60



[표 13] 중대형과 다목적형 자동차 그룹의 경유 자동차를 대상으로 한 분석

경유 자동차 시나리오	중대형 일반자동차				다목적형 자동차				
	휘발유	경유	CNG	LPG	Hybrid	휘발유	경유	CNG	LPG
1. Base case	0.130	0.091	0.094	0.045	0.098	0.117	0.152	0.091	0.066
오염물질 배출량 수준의 변화									
2. 100 → 110	0.131	0.089	0.094	0.045	0.099	0.118	0.148	0.092	0.067
3. 100 → 90	0.129	0.093	0.093	0.045	0.097	0.116	0.158	0.090	0.065
연료비용의 변화									
4. 118 → 125	0.135	0.078	0.096	0.047	0.104	0.120	0.136	0.093	0.068
5. 118 → 110	0.123	0.110	0.090	0.043	0.088	0.113	0.175	0.088	0.064
중대형 자동차의 정비인프라 변화									
6. 70 → 100	0.120	0.122	0.091	0.044	0.095	0.113	0.147	0.089	0.065
중대형 자동차의 정비인프라 변화와 연료비용의 변화									
7. 연료비용 118 → 125 정비인프라 구축율 70 → 100	0.126	0.105	0.094	0.045	0.102	0.117	0.132	0.092	0.067

[표 14] 중대형과 다목적형 자동차 그룹의 하이브리드 자동차를 대상으로 한 분석

하이브리드 자동차 시나리오	중대형 일반자동차				다목적형 자동차					
	휘발유 경유	CNG LPG	Hybrid	CNG LPG Hybrid	경유	CNG	LPG	Hybrid		
1. Base case (기본시나리오)	0.130	0.091	0.094	0.045	0.098	0.117	0.152	0.091	0.066	0.116
연료비용의 변화										
2. 연료비용 110 → 100	0.127	0.083	0.088	0.043	0.118	0.115	0.142	0.086	0.064	0.135
3. 연료비용 110 → 90	0.123	0.076	0.082	0.041	0.135	0.113	0.134	0.082	0.062	0.151
하이브리드 자동차에 대한 구매보조										
4. 구매보조 4000 → 3000	0.123	0.084	0.087	0.043	0.120	0.112	0.142	0.085	0.063	0.141
5. 구매보조 4000 → 3500	0.127	0.088	0.091	0.044	0.107	0.115	0.148	0.088	0.065	0.126
유지비용의 변화										
6. 다른 자동차에 비해 10 감소 중대형 100→90, 다목적형 80→70	0.127	0.089	0.092	0.044	0.106	0.101	0.133	0.085	0.059	0.165
7. 다른 자동차에 비해 20 감소 중대형 100→80, 다목적형 80→60	0.124	0.086	0.090	0.043	0.115	0.088	0.119	0.079	0.053	0.202
정비인프라의 변화										
8. 휘발유의 90% 80→90	0.128	0.090	0.092	0.044	0.105	0.115	0.149	0.088	0.065	0.124
9. 휘발유와 동일 80→100	0.126	0.088	0.089	0.044	0.112	0.113	0.145	0.086	0.064	0.134