3자원 · 환경경제연구 제21권 제3호
Environmental and Resource Economics Review
Volume 21, Number 3, September 2012 : pp. 595~625

선택 실험법을 이용한 친환경 보일러의 시장 점유율 예측*

김미정** · 배정환***

〈요 약〉

최근 온실가스 배출 규제와 에너지 안보에 대한 관심이 고조되면서 친환경연료인 목재 펠릿을 이용한 펠릿 보일러가 주목받고 있다. 그러나 친환경 기술인 펠릿 보일러는 아직 시장 초기단계로 정부에서 펠릿 보일러에 대한 지원정책을 통해 펠릿 보일러 보급사업을 실시하고 있다. 따라서 펠릿 보일러에 대한 미래 시장 점유율을 예측함으로써 정부와 기업이 보다 효과적인 보급정책과 시장전략을 추진할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 펠릿 보일러에 대한 소비자 선호를 분석해야 하며 본 연구는 신기술이 갖는 무형의 비용을 반영한 선택실험법을 적용하여 펠릿 보일러에 대한 시장 점유율을 추정하였다. 신기술의 시장 점유율이 확산되고, 기술 신뢰도가 향상됨에 따라 무형의 비용이 감소하게 된다. 상이한 무형의 비용을 가정한 시나리오별로 전기보일러, 가스보일러, 기름보일러, 펠릿 보일러의 선호를 선택 실험법에 의해 조사하였다. 다항로짓모형을 이용하여 속성별 파라메터를 추정하고, 시나리오별로 보일러별 시장 점유율을 예측하였다. 추정

주제어 : 무형의 비용, 선택실험법, 펠릿 보일러, 시장 점유율

---

* 본 논문은 2012년 경제학 공동학술대회 대학원생 부문 최우수 논문상을 수정 · 보완한 것임.

** 전남대학교 경영대학 경제학과 박사과정(제1저자).

*** 전남대학교 경영대학 경제학과 조교수(교신저자).

결과 무형의 비용이 감소함에 따라 펠릿 보일러의 시장점유율이 점차 증가함을 알 수 있었다. 또한 가스 보일러와 전기보일러에 대한 대체효과가 크게 나타났다. 한편 목재 펠릿 전용 사용자 집단과 일반 보일러 사용자 집단간의 속성별 지불용의액과 시장 점유율에 차이가 발생하고, 소득, 교육, 가족수, 신기술 인식 수준과 같은 개인별 속성에 대해 선호의 이질성이 부분적으로 존재함을 확인하였다.

❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖

Recently environment-friendly pellet boilers have interests as emissions of greenhouse gases are regulated internationally and energy security becomes more important to oil addicted countries including Republic of Korea. But the Korean market for pellet boilers is on the initial stage due to the high production costs relative to other conventional boilers. Hence the Korean government has supported financially and promoted the pellet boiler business. In this sense, it would contribute market stratergy and effective promotion policy for both of the government and private companies if we can forecast market shares of pellet boilers appropriately. For this purpose, this study surveyed potential consumers' preferences on pellet boilers among various alternatives using a choice experiment reflecting intangible costs. As the market share of new technology increases, intangible costs decline. According to different intangible cost scenarios, we experimented people's preferences on oil, gas, electric, and pellet boilers. A multinomial logit model was employed to estimate coefficient parameters of common attributes for various alternative boilers. Based on the estimates, we forecasted market shares of individual boilers. We found that as intangible costs decline, the market share of pellet boiler increase substantically while market shares of electric and gas boilers decrease dramatically. The

market share of oil boiler did not change significantly. Meanwhile, as people are more rich, more educated, and exposed to advertisement on pellet boilers, the likelihood of choosing the pellet boiler increases.

Keywords : Intangible costs, choice experiment, pellet boiler, market share

JEL 분류 : Q42, Q48, Q54

Ⅰ. 서 론

세계 10대 에너지 소비국이자 수입국인 우리나라는 국제 유가변동에 매우 취약하고 온실가스 배출량은 해마다 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 2008년부터 '저탄소 녹색성장' 정책을 통해 탈석유/에너지자립 강화, 효율적 온실가스 감축 등을 도모해오고 있다. 또한 정부는 화석연료에 비해 아직까지는 경제성이 확보되지 못한 신재생 에너지 산업화 촉진 및 청정에너지 보급 확대를 위한 지원 정책을 펴고 있다. 태양광, 풍력, 연료전지, 수력 등 다양한 종류의 신재생에너지가 있지만 이 가운데 난방용 연료의 대체재로서 바이오에너지에 속하는 목재 펠릿(wood pellet[1])이 최근 주목받고 있다.

펠릿 보일러는 목재 가공 과정에서 발생하는 톱밥이나 목분과 같은 부산물을 활용한 펠릿을 연료로 사용하고, 국산 펠릿을 사용할 수 있기 때문에 친환경 연

1) 목재 펠릿(wood pellet)이란 임목 부산물을 톱밥과 같은 작은 입자 형태로 분쇄후 건조·압축하여 원통형의 작은 알갱이 모양으로 성형한 바이오매스 연료이다. 목재 펠릿 연료의 크기는 4~10mm, 길이는 20~50mm이고, 발열량은 무연탄(4,800~5,000kcal/kg)과 유사한 4,500kcal 이상의 발열량을 지니고 있다(http://geozoonee.tistory.com/486).

료이며 에너지 안보에 기여할 수 있다. 또한 펠릿 보일러는 최근 유가 상승에 따라 경유, 보일러 등유, 면세경유에 비하여 연료비가 적게 든다. 한편 펠릿연료는 폭발위험이 있는 난방유와 가스에 비해 발화성이 낮고 안전성이 있어서 트럭과 같은 일반 운송차량에 이용할 수 있다. 또한 목재 펠릿 연소시 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx), 일산화탄소 또는 먼지 등의 유독가스의 배출량이 적고, 온실가스에 대해 탄소 중립이므로 저탄소 사회실현에 적합하다.

펠릿 보일러는 에너지원 다변화에 의한 국제유가 상승의 영향력 완화, 온실가스 감축, 대기오염 감소 등 다양한 비시장가치를 지니고 있지만 이러한 긍정적 외부효과가 시장가격에 반영되지 못하고 있다. 비록 펠릿 보일러가 연료비는 저렴하지만 보일러 가격이 기존 보일러에 비해 훨씬 더 비싸기 때문에 시장 확산이 쉽지 않다. 따라서 정부는 지원제도를 통해 펠릿 보일러 시장 확대를 위해 노력해왔다. 가정용 펠릿 보일러 보급 사업 주관을 하는 산림청은 보일러 설치비의 70%를 지원하고, 중장기적으로 4만대의 가정용 펠릿 보일러를 보급할 목표를 수립하였다. 또한 지식경제부는 난방용 펠릿 보일러 설치비의 50% 이내에서 일반보급사업 및 지방보급사업을 중심으로 보급하고 있으며, 농촌진흥청도 시설원예용 펠릿 보일러를 보급해왔다. 이러한 정부의 적정한 지원 계획 수립을 위해서는 펠릿 보일러에 대한 시장 수요의 규모에 대한 예측이 필요하다.

본 연구는 펠릿 보일러에 대한 시장 점유율 예측을 위해 선택실험법(choice experiment)을 이용하기로 한다. 선택 실험법은 속성가치평가법(Attribute-Based Method : ABM) 혹은 컨조인트 기법(conjoint analysis)이라고도 하며, 상품의 총가치가 부분 가치인 속성(multiple attribute) 가치로 분해 가능하고, 이들 속성가치의 합이 총가치가 된다고 가정한다. 속성가치법은 속성 하나하나에 소비자가 부여하는 가치를 추정함으로써 소비자 선호에 대한 보다 풍부한 정보를 제공한다는 장점이 있다. 또한 선택 가능한 대안들 가운데 다양한 속성을 고려하여 가장 선호하는 대안을 선택하도록 함으로써 소비자가 보다 실제 시장 선택 상황에 직면하도록 하며, 다양한 대안을 제시하여 대체가능성도 고려할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 기존의 선택실험법은 소비자의 선호가 고정되어 있다고 가정하고 있으나, 펠릿 보일러와 같은 신기술의 선택 상황에서 소비자의 선호는 상품에 내재된 속성에 영향을 미칠 수 있는 다양한 외부 조건의 변화에 민감할 수 있다. 소비자가 상품 선택시 상품의 속성과 더불어 고려하는 다양한 외생적 조건들을 '무형의 비용(intangible costs)'이라고 하며, 이러한 무형의 비용을 반영한 선택 실험법이 최근 연구에서 적용되기 시작했다(Mau et al., 2008; Axsen et al., 2009).

본 논문의 주요 목적은 무형의 비용을 반영한 선택 실험법을 이용하여 녹색 신기술인 펠릿 보일러에 내재한 다양한 속성들을 감안하여 경합하는 다른 보일러와 비교를 통해 펠릿 보일러의 전체 보일러 시장에서의 점유율을 예측하는 것이다. 두번째로는 개인별 특성인 소득, 교육, 가족수, 매체가 소비자 선호의 이질성(heterogeneity)에 영향을 미치는지를 연구하고자 한다. 그리고 펠릿 보일러 사용자 집단과 일반 보일러 사용자 집단간, 통합 사용자 집단(pooled user group) 비교를 통해 속성별 추정계수나 시장점유율별로 얼마나 차이가 있는지 알아보고자 한다. 이렇게 펠릿 보일러 선호 분석을 위해 사용자 집단과 일반 사용자 집단으로 구분하는 이유는 현재 펠릿 보일러 보급 대상이 주로 농어촌 지역에 국한되어 있어 향후 시장 확대를 위해서는 보다 다양한 집단의 선호를 분석하는 것이 필요하고, 신기술에 대한 경험 여부가 선택에 어떤 영향을 미치는지를 비교하기 위함이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 신기술의 가치추정에 관한 선행연구를 고찰하고, III장에서는 무형의 비용을 반영하여 선택실험법을 이용하여 신기술의 시장 점유율을 예측하는 이론적 배경에 대해 설명하고, IV장에서는 선택실험법을 이용한 설문 설계와 기술 통계량에 대해 서술한다. V장에는 분석 결과를 요약하고, 마지막으로 VI장에는 결론과 시사점을 요약한다.

II. 선행연구

신기술에 대한 선택실험법을 활용한 최근의 국내 연구로는 다음과 같다. 우선 원두환(2008)의 연구는 조건부가치평가법과 컨조인트 기법을 동시에 이용하여 국산 바이오디젤의 비시장가치를 환경, 에너지 자립, 국내 농업에 대한 애착심의 측면에서 추정하여 바이오디젤 활성화를 위한 정책제언을 하였다. 배정환, 안지운(2008)의 연구는 컨조인트 기법을 이용하여 풍력발전 단지가 전력을 생산하면서 발생시킬 수 있는 다양한 비시장가치를 속성별로 추정하였다.

한편 선택실험법을 사용하여 소비자의 근린효과가 무형의 비용에 영향을 미치도록 함으로써 신기술의 시장 점유율을 예측한 최근의 해외 연구는 다음과 같다. 우선 Mau et al.(2008)에서는 기존 기술(일반 휘발유 자동차)과 하이브리드차나 연료전지차와 같은 새로운 기술 간에 선택 문제에서 근린효과나 무형의 비용이 소비자 선호에 어떻게 영향을 미치는지를 분석하였다. 이들은 신기술 선택시 이웃이나 친구의 경험과 조언이 영향을 미친다는 근린효과(neighbor effect)가 영향을 미치는 것을 보여주었다. 즉 근린효과가 상승하면 무형의 비용이 감소되면서 신기술에 대한 선택 가능성을 높인다. 이들은 신기술의 시장 점유율이 0.03%, 5%, 10%, 20%로 상승함에 따라 소비자의 신기술 선택 가능성이 어떻게 달라지는지를 다항로짓모형을 이용하여 추정하였다. 한편 Axsen et al.(2009)은 근린효과가 하이브리드 자동차 선택에 미치는 영향을 현시선호접근법과 선택실험법을 보완적으로 적용하였다. 무형의 비용으로 시장 점유율 변화, 하이브리드 자동차에 대한 신문기사, 광고지의 하이브리드 자동차에 대한 평가, 이웃과 친구의 하이브리드 자동차에 대한 의견, 구매 가능 차종 등을 이용하였다.

한편 본 논문과 연구 대상이 가장 유사한 Scarpa. R. and Willis. K.(2010)는 혼합 로짓모형(Mixed logit model)을 이용하여 바이오매스 보일러를 포함한 다양한 신재생에너지 소형 발전기 및 보일러 기술에 대한 시장

점유율과 속성별 가치를 추정하였다. 이 논문에서는 표준로짓모형에서 고정된 것으로 가정하는 속성별 추정계수를 혼합로짓모형을 이용함으로써 확률적 요인을 갖는다고 가정하였다. 선택 집합에 포함된 속성으로는 자본비용, 에너지 요금, 유지비, 추천인, 계약기간, 시스템의 불편성 등이었다.

본 논문에서는 이상의 선행연구에 기초하여 선택 대안과 속성을 다음과 같이 조합하였다. 우선 선택 집합에 포함되는 대안으로는 4가지 유형의 보일러(전기, 기름, 가스, 펠릿 보일러)를 제시하였다. 또한 공통된 6가지의 속성으로 보일러 가격, 연료비, 연료의 저장공간, 안전도, 온실가스 배출, 사용원료의 국산원료 사용 비중을 포함하였다. 한편 무형의 비용을 반영하기 위해 시장 점유율에 대한 기대치와 소비자 신뢰도의 변화를 포함한 세 가지 시나리오를 설문에 제시하였다.

III. 분석 모형

1. 선택 실험법

선택실험법은 응답자들의 속성별 지불용의액을 추정하기 위해 확률효용모형(Random Utility Model: RUM)을 이용한다. 본 논문은 한 응답자가 다수의 선택집합을 갖는 패널데이터지만, 횡단면 데이터로 간주하여 각 선택 집합 간의 독립성을 가정하였다(Train, 2009). 응답자 n이 선택대안 집합 C_n 내의 한 선택대안 i로부터 얻은 간접효용함수는 다음과 같다.

$$U_{ni} = \beta x_{ni} + \epsilon_{ni} = V_{ni} + \epsilon_{ni} \quad (1)$$

여기서 x는 재화 i의 측정 가능한 속성벡터, β는 속성의 추정계수벡터를 의미한다. V_{nj}는 소비자 n에 대한 관측 가능한 효용(observable utility)이고, ϵ_{ni}는 관측 불가능한 확률적 효용(ubobservable utility)이다. 이렇게 효용을 관측 가능한 부분과 관측 불가능한 부분으로 구분하는 접근법을 확률효용모형(random utility model: RUM)이라고 하고 이는 Marschak(1960)에 의해 처음 규명되었다.

확률효용모형은 기본적으로 다항로짓모형을 이용하여 추정할 수 있다. 선택집합 내 선택 대안들은 대체재(substitutive goods)의 성격을 가지고 있으며, 종속변수로 이용되는 선택 대안이 등유, 가스, 전기, 펠릿 보일러처럼 순서나 위계가 없거나 종속변수가 3개 이상인 경우 다항로짓모형을 사용한다(Liao, 1994).

다항로짓모형은 ϵ_{ni}가 누적분포함수로서 $F(\epsilon_{ni} < \epsilon) = \exp(-e^{-e})$와 같은 독립적이고 동일한 제I형태 극한분포(Type I extreme value distribution)를 따른다고 가정한다(McFadden,1974). 그리하여 주어진 재화 i를 선택할 확률, 즉 재화 i의 시장 점유율은 식(2)과 같이 표현할 수 있다(Greene, 2000).

$$\Pr(i) = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{i \neq j} e^{V_{nj}}} \qquad (2)$$

각 설문 질문으로부터 얻어진 응답은 응답자의 효용극대화를 위한 선택결과로 해석될 수 있다. 본 논문에서는 응답자에게 등유, 전기, 가스, 펠릿 보일러 4개의 대안을 제시하고, 응답자가 주어진 대안에서의 속성들과 가격 사이의 상충관계를 고려하여 4개의 대안들 중 1개의 대안을 선택하도록 하고 있다. 이때, 개별 응답자 $n = 1,2,...,N$의 선택대안 i에 대한 선택결과는 "선호 한다." 또는 "선호하지 않는다"가 된다. 수식으로 표현하면, 각 응답자는 선택 가능한 i

개의 대안 집합 C_n에 대해서 자신의 효용을 극대화하는 대안을 선택하며, 상품 선택 결과는 Y_{ni}로 관찰된다. 즉 선호여부를 나타내는 관찰된 Y_{ni}은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Y_{n,i} = 1 \text{ if } U_{n,i} = \max(U_{n1}, U_{n2}, U_{n3}, U_{n4})$$
$$Y_{n,i} = 0 \; otherwise \tag{3}$$

효용 U_{ni}는 모든 대안 $i \in C_n$ 에서 정의되며 아무것도 선택하지 않는 $i=0$도 포함된다. 따라서 로그-우도함수는 다음과 같다.

$$\ln L = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i=1}^{4} Y_{ni} \cdot \ln[\Pr_n(i|C_n)] \tag{4}$$

계수 추정을 위해 식 (4)에 대해 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation : MLE)을 적용한다. 다항로짓모형에서 가장 기본적인 가정 중 하나는 어떤 하나의 대안의 다른 대안에 대한 상대적인 선택확률은 선택 가능한 다른 대안의 존재여부에 영향을 받지 않는다고 가정하는 것이다. 이러한 가정을 무관한 대안들로부터의 독립성(Independence from Irrelevant Alternatives : IIA)이라고 한다. 대안 간의 선택확률의 비율은 고려 중인 두 가지 대안의 효용에 의해서만 결정되고 다른 어떤 것에도 영향을 받지 않는다[2].

2. 무형의 비용과 시장 점유율 예측

본 연구는 선택실험법에 기초하여 신기술에 대한 신뢰도와 시장 점유율에 대

2) 이러한 IIA 가정을 완화하기 위해 nested logit 모형을 사용하며, 본 연구에서는 nested logit 모형 추정결과 통계적 유의성이 없어서 분석에서 제외하였다.

한 미래 기대와 같은 무형의 비용이 소비자의 선호에 영향을 주는지의 여부를 분석하였다. 이에 대한 이론적 모형은 Jaccard(2003)에 의해서 처음으로 고안된 CIMS(Capital Integrated Modeling System) 모형이다. CIMS 모형에는 구매 금액과 연료비 속성 이외에도 소비자 인식, 신뢰성, 가용성, 사회적 바람직성, 평판(popularity)과 같은 신기술에 대한 무형의 비용도 포함된다. 즉, CIMS 모형은 생애주기비용(LCC: life cycle cost) 속에 금전적 비용과 더불어 무형의 비용도 고려하며, 기술j의 시장점유율을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$MS_j = \frac{LCC_j^{-v}}{\sum_{k=1}^{K}(LCC_j^{-v})} \tag{5}$$

변수 v는 시장 이질성의 척도이다. 변수 v가 높은 것은 소비자들이 비교적 고르게 선호한다는 것을 나타낸다. 그러므로 변수 v는 비용 변화에 대한 모형의 민감도에 영향을 준다.

기술 j의 생애주기비용(Life Cycle Cost : LCC)은 다음과 같다.

$$LCC_j = CC_j \times \frac{r}{1-(1+r)^{-n_j}} + MC_j + EC_j + I_j \tag{6}$$

CC_j는 기술 j의 고정비용(예를 들어, 보일러의 판매 가격), I_j는 기술 j의 무형의 비용, MC_j는 기술 j의 유지비, 그리고 EC_j는 기술 j의 에너지 비용이다.

선택실험법에 의해 무형비용을 도출하면 다항로짓모형 식이 아래 식 (7)과 같이 CIMS모형 식과 같아진다(Mau et al, 2008; Axsen et al, 2009). 즉 신기술의 시장 점유율은 선택실험법의 추정모형인 다항로짓모형 의해서 도출

될 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 CIMS 모형에 의한 시장 점유율에는 무형의 비용이 영향을 미치고 있고, 시장 점유율 상승이나 기술 신뢰도 증가로 인해 무형의 비용이 감소하면 해당 기술에 대한 시장 점유율도 상승할 것으로 기대된다.

$$\frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^{J} e^{V_j}} = \frac{(LCC_j)^{-v}}{\sum_{k=1}^{K} (LCC_k)^{-v}} \quad (7)$$

IV. 설문 및 기초통계

1. 설문설계

선택실험법에서 가장 중요한 것은 소비자들이 중요시하는 속성을 파악하고 각 속성의 수준을 적절하게 결정하는 것이다. 따라서 본 논문은 폭넓은 문헌조사와 전문가 면담을 통해 지불수단인 가격 속성을 포함하여 6개의 속성을 선정하는 데 있어 응답자들에게 제공되는 선택대안들이 가능한 이해가 쉽고 간결하도록 하였다.

또한 보일러 선택과 관련한 최종속성을 결정하기 위해 다음과 같이 5가지의 기준을 세웠다. 첫째 속성은 서로 독립(independent)이거나 이에 근접해야 한다. 둘째, 가능하면 속성의 수는 적어야 하는데, 8개를 넘지 않는 것이 바람직하다(Phelps and Shanten, 1978). 셋째, 속성은 쉬운 설명과 사진, 도표, 삽화와 같은 시각적 도구로 묘사되어야 한다. 넷째, 속성은 과학적으로 의미가 있어야 한다. 즉 어떠한 중요한 사실도 누락되어서는 안 된다. 다섯째, 속

〈표 1〉 속성 및 속성 수준

속성	등유보일러	가스보일러	전기보일러	펠릿보일러
보일러 가격(만원)	40/60/80/100	40/60/80/100	150/250/350/450	150/250/350/450
월 연료비(만원)	10/20/30/40	10/20/30/40	10/20/30/40	10/20/30/40
보일러 안전도	낮음, 중간, 높음	낮음, 중간, 높음	낮음, 중간, 높음	낮음, 중간, 높음
연료 저장공간(평)	0.5/1/1.5	0.5/1/1.5	필요없음	0.5/1/1.5
온실가스 배출수준	낮음, 중간, 높음	낮음, 중간, 높음	낮음, 중간, 높음	낮음, 중간, 높음
국산원료 비중(%)	0/30/60/100	0/30/60/100	0/30/60/100	0/30/60/100

〈표 2〉 시나리오별 펠릿 보일러 선택에 대한 무형의 비용

	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
펠릿보일러의 시장 점유율	5%	20%	40%
펠릿 보일러 인식 수준	낮음	중간	높음

펠릿 보일러의 시장 점유율 : 국내 가정용 보일러 시장에서 펠릿 보일러가 차지하는 비중.
펠릿 보일러 인식 수준 : 소비자들이 펠릿 보일러 기술에 대해 갖는 신뢰정도로서 고장율이나 안전성의 정도.

성은 평가하는 사람들에게 의미가 있어야 하며 사람들의 이성과 관계가 있어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 목재 펠릿 전용 사용자 집단에 대해서 사전조사를 시행하였고 그 결과 보일러 가격, 월 연료비, 보일러 안전도, 연료 저장공간, 온실가스 배출 수준, 국산원료 사용비중을 최종적인 속성들로 채택하였으며 속성 수준은 〈표 1〉과 같다.

본 논문에서는 펠릿 보일러 기술발전을 진입, 확산, 성숙 단계별 3가지 시나리오로 구분해 설문 응답자들에게 펠릿 보일러의 시장 점유율과 기술에 대한 인식 수준과 같은 무형의 비용이 변함에 따라 자신이 선호하는 보일러를 선택하게 하였다. 시나리오별 무형의 비용은 〈표 2〉와 같다.

선택실험법을 위해서는 자료생성과정(data generating process)이 꼭 필요하다. 이 과정은 여러 속성변수 및 수준들로 이루어진 전기, 가스, 등유,

펠릿 보일러와 같은 대안들이 응답자의 선택확률에 영향을 주도록 선택대안집합(choice sets)을 설계하는 것이며, 실험계획법(experimental design)에 의존한다.[3] 본 논문에서는 한 계수의 추정치가 다른 요인들에 의해 서로 교란되지 않고 독립성이 유지되도록 하는 선택대안을 구성하기 위해서 사용되는 통계적 설계인 주효과 직교설계(orthogonal main effects design) 방법을 사용한다. 이러한 직교설계방법은 실제분석에서 속성들 간의 높은 상관관계가 문제가 되는 것으로 알려진 현시선호 확률효용모형의 단점을 개선하여 준다(Hanley et al., 1998). 본 논문에서는 6개의 속성변수들과 개별 속성 변수에 대해 각각 4개와 3개의 수준이 존재한다. 따라서 대안별 조합의 수가 1728(4×4×3×3×3×4)개가 되는데 이러한 모든 대안을 응답자에게 질문한다는 것은 현실적으로 불가능하므로 모형의 추정이 가능하도록 전체 대안집합으로부터 최소 선택대안집합을 도출하였다. 구체적으로는 SPSS Ver19 프로그램의 주효과 직교계획을 이용하여 각 시나리오별로 3개씩 총 9개의 프로파일(선택집합)을 선정하였다.[4] 이때 대안들 간의 대체효과와 현실성을 감안하여 우월한 대안이나 비현실적인 대안들은 소거하였다.[5]

2. 표본 및 설문조사

전문 설문기관에 의뢰하여 2011년 1월부터 2011년 3월까지 설문조사[6]를 실시하였다. 전국 시도 대상 유효 표본 총 320부를 목표로 하였으며, 산림청의 협조를 얻어 실제 펠릿 보일러를 사용한 경험이 있는 응답자 96명 중 80명을 설문조사하였고, 펠릿 보일러 미사용 상태이나 잠재적으로 사용 가능한 일반인(아파트에 거주하지 않는 일반 주택 거주자, 찜질방 및 목욕탕 사업자 같은 난

3) 곽승준 외7인. 2007. “환경·자원의 경제학적 접근”

4) 통상 응답자별로 적정한 선택 카드는 8~16개로 알려져 있다(Champ et al., 2003).

5) 구체적인 시나리오별 선택집합 예시는 부록을 참조 바람.

6) 본 설문은 지식경제부 과제(2010) “펠릿 보일러 보급방식의 개선에 관한 연구”의 지원을 받아 수행함.

방 연료 다소비 사업장 위주) 240명을 임의 추출하여 설문조사를 실시하였다. 이렇게 펠릿 보일러 사용 경험이 있는 표본을 선택한 이유는 다음과 같다.

펠릿 보일러의 경우 시장 진입 초기 단계에 있고, 기술 불확실성이 높기 때문에 일반적으로 펠릿 보일러에 대한 선택 확률이 매우 낮게 되고 이로 인해 추정이 어렵게 되거나 통계적 유의성이 낮게 나타날 수 있다. 따라서 펠릿 보일러 사용 경험이 있는 집단을 표본에 포함시킴으로써 이러한 문제를 회피할 수 있으며 이를 선택기반표본추출법(choice based sampling method)이라고 한다. Train (2009)에 따르면 이러한 선택기반표본추출집단과 일반표본집단을 혼합하여 추정할 수 있음을 제시하였다. 따라서 본 연구는 혼합표본추출방식을 적용하여 모형의 추정을 용이하도록 하였다.

한편 펠릿 보일러 사용자 집단의 경우 강원도, 경기도, 경상남북도, 전라남북도, 충청남북도 총 8개 지역을 선정하여 총 96개의 펠릿 보일러 사용자 대상 리스트 중 지역별로 10개씩을 할당하여 총 80개의 할당 샘플 중 64개를 확보하였다. 일반 보일러 사용자 집단은 펠릿 보일러 사용자와 동일하게 8개 지역을 선정하였으며 주 설문 대상은 일반단독주택가구주와 시설재배농가로 정하고 보조 설문 대상은 펜션, 여관, 찜질방, 목욕탕 및 청소년수련원, 노인복지원, 고아원 등을 포함하는 사회복지시설 등 에너지소비사업장이었다. 총 242개의 샘플을 확보하였다.

3. 기초통계분석

설문 대상은 펠릿 보일러 사용자 집단과 일반 보일러 사용자 집단으로 구별하였다. 먼저 연령대별로 살펴보면, 펠릿 보일러 사용자 집단에서는 30대가 1.56%, 40대 29.69%, 50대 이상은 67.19%로 50대 이상이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 일반 보일러 사용자 집단 응답자들의 연령대는 20대 응답자가 1.7%, 30대 응답자 13.2%, 40대 응답자 26.4%, 50대 이상 응답자 58.7%로 50대 이상이 절반 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 펠릿 보일러

〈표 3〉 설문 대상 일반사항

구 분		펠릿 보일러 사용자 집단		일반 보일러 사용자 집단	
		빈도(명)	백분율(%)	빈도(명)	백분율(%)
사전인지 여부	인지	60	93.8%	82	33.9%
	비 인지	4	6.3%	160	66.1%
연령	20대	0	0%	4	1.7%
	30대	1	1.56%	32	13.2%
	40대	19	29.69%	64	26.4%
	50대 이상	44	67.19%	142	58.7%
거주지	경기	7	10.9%	32	13.2%
	강원, 전북	7	10.9%	30	12.4%
	충북, 전남, 경북	8	12.5%	30	12.4%
	충남	9	14.1%	30	12.4%
	경남	10	15.6%	30	12.4%
학력	중졸 이하	17	26.6%	64	26.4%
	고졸	30	46.9%	111	45.9%
	대재 이상	17	26.6%	67	27.7%
가족 수	단독가구	1	1.6%	9	3.7%
	2~4명 가족 수	52	81.3%	205	84.7%
	5명 이상 가족 수	11	17.2%	28	11.6%
직업	사무직	3	4.7%	38	15.7%
	농・임・어업	45	70.3%	79	32.6%
	상업/자영업	9	14.1%	82	33.9%
	공무원/교직원	1	1.6%	5	2.1%
	전문직	2	3.1%	5	2.1%
	노무직			11	4.5%
	무직/기타	4	6.3%	22	9.1%
월 소득	99만원 이하	2	3.1%	15	6.2%
	100만원대	22	34.4%	60	24.8%
	200만원대	21	32.8%	59	24.4%
	300만원대	12	18.8%	44	18.2%
	400만원대	4	6.3%	45	18.6%
	500만원 이상	3	4.7%	19	7.6%

사용자 집단의 최종 학력에서는 중학교 졸업 이하가 26.6%, 고등학교 졸업자 46.9%, 대학교 재학 이상이 26.6%였다. 일반 보일러 사용자 집단의 최종학력은 중학교 졸업자가 26.4%, 고등학교 졸업자 45.9%, 대학교 재학 이상자는 27.7%로 나타났다. 주로 응답자 대부분의 연령층이 50대 이상이다 보니, 고등학교 졸업 응답자가 가장 많은 것으로 보인다. 가족 구성원 수는 펠릿 보일러 사용자 집단, 일반보일러 사용자 집단 모두 2~4명이 대부분인 것으로 나타났다. 월 소득 항목에서는 목재 펠릿 사용자 집단의 경우 99만원 이하는 3.1%, 100만원대 는 34.4%, 200만원 대는 32.8%, 300만원대는 18.8%, 400만원대는 6.3%, 500만원 이상은 4.7%이었다. 반면 일반사용자 집단에서는 월 소득이 99만원 이하는 6.2%, 100만원대는 24.8%, 200만원대는 24.4%, 300만원대는 18.2%, 400만원대는 18.6%, 500만원 이상은 7.6%로 조사되었다. 펠릿 보일러에 대해 방송매체나 주위에서 들어본 적이 있냐는 질문에 일반사용자 집단의 33.9%이 들어본 적이 있다는 답변을 했고, 66.1%이 들어본 적이 없다고 답변하였다. 반면 펠릿 보일러 집단에서는 93.8%가 들어본 적이 있다는 답변을 하였고, 6.3%만이 들어본 적이 없다고 답변하였다.

V. 추정결과

1. 집단간 속성별 추정계수 및 지불용의액 비교

본 논문에서는 펠릿 보일러 사용자 집단, 일반 보일러 사용자 집단, 전체 사용자 집단으로 나누어서 각 집단별 속성계수를 다항로짓을 이용하여 추정하였다. 우선 속성별 추정 결과에 앞서 우도비(loglikelihood ratio: LR)검정을 이용하여 계수 추정에 제약받는 모형과 제약받지 않는 모형 사이의 적합도를 알아보았다. 우도비 검정 결과 모든 집단에서 6개의 속성을 모두 포함한 모형

이 설명력이 있음을 보여주었다. 추정계수의 부호도 사전적인 예상과 모두 일치하게 나타났다. 보일러 가격, 월 연료비, 연료 저장공간, 온실가스배출수준의 추정계수는 모두 음(-)의 부호를 갖고, 국산원료비중의 추정계수는 양(+)의 부호를 갖는 것으로 나타났다.[7)]

다음으로 속성별 추정결과를 살펴보면, 우선 펠릿 보일러 사용자 집단의 경우 시나리오 1에서는 보일러 가격, 연료비, 온실가스 배출 속성, 상수항, 시나리오 2에서는 보일러 가격, 연료비, 연료 저장공간, 펠릿 보일러에 대한 특정대안 상수항(Alternative Specific Constant: ASC), 시나리오 3에서는 보일러 가격, 연료비, 상수항이 통계적으로 유의하였다. 이때 상수항은 현재 상태(status quo)를 의미하는 것으로 상수항의 부호가 양수(+)라는 것은 현재 사용중인 펠릿 보일러에 만족하고 있으며 보일러 교체를 원하지 않는다고 해석할 수 있다. 시나리오 1에서 온실가스 배출 수준이 높을수록 선택 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

한편 일반보일러 사용자 집단의 경우, 시나리오 1은 통계적 유의성이 낮아 분석에서 제외하였고, 시나리오 2를 살펴보면, 보일러 가격과 연료비, 연료 저장공간이 통계적으로 유의하였고, 시나리오 3에서는 보일러 가격, 연료비, 온실가스 배출 수준이 유의한 것으로 나타났다. 두 시나리오 모두 상수항은 통계적으로 유의하지 않았다.

펠릿보일러 사용자 집단과 일반 보일러 사용집단을 결합한 전체 사용자 집단의 경우 총 918개 선택 자료를 추정하였다. 모든 시나리오에서 보일러 가격과 연료비, 연료 저장공간이 유의하게 나타났고, 상수항의 경우 시나리오 1과 3이 유의하였으며, 온실가스 배출수준과 국산원료 비중의 경우 모두 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나 추정에서 제외하였다. 특히 국산원료 비중 속성의 경우 모든 시나리오와 집단에서 통계적 유의성이 낮아 추정에서 제외하였다. 전체 사용자 집단의 경우 시나리오 1에서 3으로 갈수록 보일러 가격과 연료 저장공간

7) 보일러의 안전도도 속성으로 포함하였으나 모형 추정 결과 통계적 유의도와 기대 부호가 다르게 나타나 분석에서는 제외하였다.

에 대한 추정계수값은 감소하고, 연료비 추정계수는 점차 증가하는 것으로 나타났다. 즉 펠릿 보일러에 대한 무형의 비용이 감소할수록 보일러 선택시 보일러 가격이나 연료 저장공간보다는 연료비에 더 민감해진다는 것을 알 수 있다. 무형의 비용에 영향을 미치는 요인으로 펠릿 보일러의 기대 시장 점유율과 기술 신뢰도가 포함되었기 때문에 이러한 결과는 무형의 비용을 저감함으로써 잠재적인 소비자의 관심은 보일러 설비보다는 연료비에 더 많은 관심을 갖는다는 것을 보여준다. 다만 펠릿 보일러의 친환경적 속성인 온실가스 배출수준이 무형의

〈표 4〉 집단간 속성별 계수 추정 결과

속성	펠릿 보일러 사용자 집단		일반 보일러 사용자 집단		전체 사용자 집단		
	다항로짓	다항로짓	다항로짓	다항로짓	다항로짓	다항로짓	다항로짓
	시나리오 1	시나리오 3	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)
보일러 가격	-0.002** (-2.229)	-0.003*** (-2.801)	-0.004*** (-9.823)	-0.003*** (-7.800)	-0.007*** (-16.344)	-0.004*** (-9.907)	-0.003*** (-8.475)
월 연료비	-0.110*** (-9.703)	-0.096*** (-6.013)	-0.009** (-2.306)	-0.012*** (-3.013)	-0.008** (-2.221)	-0.019*** (-5.135)	-0.022*** (-6.062)
연료 저장공간	-0.166 (-0.808)	-0.438 (-1.233)	-0.444*** (-4.697)		-0.813*** (-9.186)	-0.345*** (-4.172)	-0.226*** (-4.148)
온실가스 배출수준	-0.390** (-2.424)	-0.133 (-0.708)		-0.139** (-2.280)			
국산연료 비중		0.001 (0.364)		0.0001 (0.109)			
상수항(constant)	2.384*** (4.855)	1.571*** (3.683)	0.067 (0.430)	-0.078 (-0.540)	0.733*** (5.011)	0.185 (1.289)	0.240* (1.981)
log likelihood - full model	-347.248	-372.540	-1571.840	-1585.658	-1866.454	-1995.006	-1988.726
log likelihood - no coefficient	-532.337	-532.337	-2012.899	-2012.899	-2545.236	-2545.236	-2545.236
2*(L(F)-L(0))	370.178***	319.594***	882.118***	854.482***	1357.56***	1100.46***	1113.02***

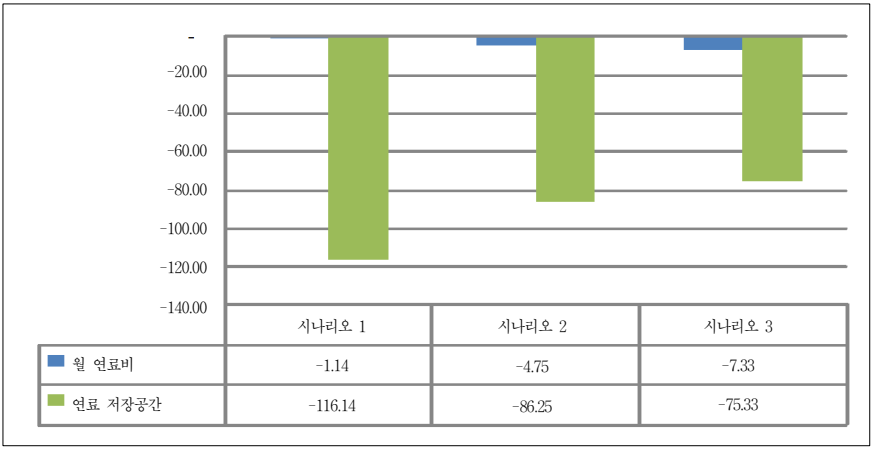
주 : * 10% 유의수준, ** 5% 유의수준, *** 1% 유의수준을 의미함

비용에 반응하지 않은 것은 시나리오 구성시 온실가스 배출 규제에 대한 설명이 포함되지 못했기 때문인 것으로 해석된다. 또한 국산원료 비중은 일부 추정이 되지만 통계적 유의도가 낮았다. 다만 추정 계수가 (+)이므로 국산 원료 비중이 높을수록 선택 확률을 증가시킨다는 것을 알 수 있다.

한편 전체 보일러 사용자 집단에 대해 연료비와 연료저장공간에 대한 지불용의액을 시나리오별로 비교해 보면 응답자는 시나리오 1에서는 116만원, 시나리오 2에서는 86만원, 시나리오 3에서는 75만원의 지불용의액이 있는 것으로 나타나고, 연료비에 대한 지불용의액은 시나리오별로 각각 1.14만원, 4.75만원, 7.33만원으로 증가하는 것으로 나타났다. 이때 지불용의액은 비금전적 속성(A)과 보일러 가격과 같은 금전적 속성(C)간의 한계대체율로 해석하며, 비용이 한단위 감소할 때 이에 대해 속성별 가치에 부여하는 효용이 얼마나 증가하는지를 나타낸다. 즉 비금전적 속성에 대한 한계효용과 금전적 속성의 한계효용간의 비율로 표시된다.[8)]

〈그림 1〉 시나리오별 전체 사용자 집단의 지불용의액 비교

(단위: 만원)



	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
월 연료비	-1.14	-4.75	-7.33
연료 저장공간	-116.14	-86.25	-75.33

8) 이 때 (-)의 부호를 붙이는 이유는 통상 금전적 속성은 가격에 해당되며 항상 (-)의 부호를 가지므로 (+)의 가치로 전환하기 위해서이다.

$$MRS_{A,C} = -\frac{\partial U/\partial A}{\partial U/\partial C} = -\frac{MU_A}{MU_C} = -\frac{\beta_A}{\beta_C} \quad (8)$$

엄밀히 말하자면 연료비에 대한 지불용의액은 보일러 가격이 1만원 감소할 경우 이전과 동일한 효용수준을 유지하는 데에 필요한 연료비 증가분이라고 볼 수 있다. 따라서 추정된 연료비에 대한 지불용의액이 과다 추정되었을 가능성이 있다. Berg et al.(2010)의 연구에 따르면, 효용이 이질성을 갖는 경우 다항 로짓에 기반한 지불용의액 추정결과는 편의(bias)를 가질 수 있고, 편의를 제거하기 위해서는 혼합로짓모형을 사용할 것을 권장하고 있다. 그러나 본 모형의 경우 혼합로짓모형에 의한 추정은 불가능하다. 왜냐하면 혼합로짓모형은 누적확률분포 계산시 시뮬레이션에 의해 적분이 가능한데 신기술과 같이 선택확률이 매우 낮은 경우에는 시뮬레이션이 0의 값을 갖는 경우가 많기 때문에 추정 자체가 불가능해진다.

2. 개인별 특성에 대한 이질성 검증

다음으로 응답자들의 사회 · 경제적 변수들이 선택확률에 어떠한 영향을 주는지를 파악하기 위해 교육수준, 소득, 가족수, 펠릿 보일러에 대한 인식 수준 등의 설명변수들을 추가적으로 모형에 포함하였다. 기대부호는 소득이 많아질수록 고가인 펠릿 보일러 구매에 대한 접근도가 높아질 것으로 예상하여 양수(+)로 예상하였고, 최종학력이 높아질수록 환경에 대한 관심 즉 온실가스 배출 수준에 대한 관심도가 높아져 펠릿 보일러 선택이 높아질 것으로 예상하여 기대부호를 양수(+)로 예상하였다. 또한 펠릿 보일러에 대해 매체를 통해 사전적으로 접해 본 개인일수록 펠릿 보일러 선택 가능성이 높을 것으로 기대하였다. 가족수의 경우에는 사전적 기대 부호를 예상하지 않았다.

개인별 특성에 대한 이질성 검증을 위해 응답자가 펠릿보일러 선택을 하였을 경우 1로 하고 등유, 가스, 전기보일러를 선택할 경우를 0으로 하여 각 설명변

수들과 곱을 통해 각 설명변수들의 더미변수(dummy variable)를 생성시켜 모형 추정에 포함하였다.

우선 펠릿 보일러 사용자 집단에서는 소득, 교육, 가족수를 모형에 추가하였을 때 시나리오 2의 경우에만 소득과 교육, 가족 수가 모두 통계적으로 유의하였다. 즉 소득이 높을수록, 교육수준이 높을수록, 가족수가 많을수록 펠릿 보일러 선택 확률이 상승하였다. 일반보일러 사용자 집단에서도 시나리오 2의 경우

〈표 5〉 개별특성변수를 추가한 모형추정 결과의 집단간 비교

구분	펠릿 보일러 사용자 집단			일반 보일러 사용자 집단		
시나리오	시나리오 2			시나리오 2		
속성	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)	계수 (t-value)
보일러 가격	-0.008 (-4.404)	-0.009 (-4.465)	-0.008 (-4.380)	-0.002 (-3.160)	-0.002 (-3.635)	-0.002 (-3.677)
월 연료비	-0.09 (-7.274)	-0.096 (-7.266)	-0.089 (-7.263)	-0.005 (-1.293)	-0.006 (-1.376)	-0.006 (-1.392)
연료 저장공간	-0.935 (-3.489)	-1.078 (-3.726)	-0.920 (-3.457)	-0.06 (-0.581)	-0.092 (-0.898)	-0.098 (-0.962)
온실가스 배출수준	-0.195 (-1.421)	-0.148 (-1.028)	-0.200 (-1.463)			
상수항(constant)	3.246 (4.750)	3.577 (4.908)	3.212 (4.725)	-0.447 (-2.701)	-0.402 (-2.446)	-0.394 (-2.394)
DI(income*pellet dummy)	0.318*** (2.645)				-0.414*** (-7.776)	
DE(education*pellet dummy)		0.121*** (2.954)				
DF(Family*pellet dummy)			0.281** (2.597)			-0.396*** (-7.634)
DM(Media*pellet dummy)				-0.898*** (-8.233)		

주 : * 10% 유의수준, ** 5% 유의수준, *** 1% 유의수준을 의미함

에만 소득, 가족 수가 통계적으로 유의하였으나, 가족수의 경우에는 가족수가

적을수록 펠릿 보일러 선택 확률이 더 높게 나타났다. 이는 상대적으로 농촌 거주 응답자가 펠릿 보일러 사용자 집단에 비해 일반 응답자 집단에서 더 적기 때문인 것으로도 해석될 수 있다. 한편 펠릿보일러에 대한 인식 수준도 통계적으로 유의하였고, 기대부호도 음수로 일치하게 나타났다[9]. 즉 펠릿 보일러를 일반 매체를 통해 알고 있는 응답자가 펠릿 보일러를 선택할 가능성이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 향후 정부에서 그린 보일러를 확대 보급하기 위해서는 다양한 매체를 통해 그린 보일러의 장점을 홍보해야 함을 보여준다.

3. 보일러의 시장 점유율 추정

각 대안 보일러를 선택할 확률을 추정함으로써 보일러의 시장 점유율을 예측할 수 있다. 따라서 위에서 추정된 로짓 모형을 이용하여 등유와 전기, 가스, 펠릿 보일러의 시장 점유율을 사용자 집단과 시나리오별로 추정[10]하면 다음과 같다.

우선 펠릿 보일러 사용자 집단에서 등유 보일러의 시장 점유율은 시나리오 1에서 20.31%에서 시나리오 3에서는 50.34%로 상승했다. 가스 보일러 시장 점유율은 시나리오 1에서 45.34%에서 점점 낮아져 시나리오 3에서 5.81%로 감소했다. 전기보일러 시장 점유율은 시나리오 1에서 26.9%에서 시나리오 3에서 15.72%로 소폭 하락했다. 펠릿 보일러 시장점유율은 시나리오1에서 7.44%였지만 시나리오 3의 경우 펠릿 보일러 시장 점유율은 28.13%로 크게 상승했다. 즉 펠릿 보일러에 대한 무형의 비용이 시나리오 1에서 3으로 갈수록 낮아져 펠릿 보일러에 대한 선택 확률이 증가했음을 보여준다. 또한 가스와 전기 보일러가 펠릿 보일러와 대체관계에 있음을 알 수 있고, 특히 펠릿 보일러의

9) 설문지에서 “펠릿보일러에 대해 방송매체나 주위에서 들어본 적이 있는가?”라는 질문에서 ① 있다 ② 없다로 코딩하였기 때문이다.

10) 각 보일러의 선택 확률 계산을 위해 SAS Ver. 12.0의 MDC(Multinomial Discrete Choice) 프로시저를 이용하였다.

가스 보일러에 대한 대체 효과가 큰 것을 알 수 있다.

다음으로 일반보일러 사용자 집단의 경우 등유 보일러 시장 점유율은 27.29%에서 39.46%로 소폭 상승했고, 가스보일러 시장 점유율은 44.79%에서 27.13%로 감소하고, 전기보일러 시장 점유율도 26.6%에서 12.11%로 감소했다. 펠릿보일러 시장점유율은 1.33%에서 21.31%로 큰 폭으로 상승했다. 즉 여기서도 무형의 비용이 감소함에 따라 펠릿 보일러에 대한 선택 확률이 크게 상승했고, 펠릿보일러 사용자 집단에 비해 훨씬 큰 폭으로 상승했음을 알 수 있다. 또한 등유 보일러에 대한 대체효과는 없고, 가스와 전기보일러에 대한 대체효과가 나타남을 알 수 있고, 시장 점유율 감소폭이 두 보일러가 비슷한 것으로 나타나 펠릿 보일러 사용자 집단과 대체효과의 패턴이 다름을 알 수 있다.

한편 전체 사용자 집단의 경우 등유 보일러 시장 점유율은 28.49%에서 40.33%로 증가하고, 가스 보일러는 42.47%에서 24.2%로 감소하고, 전기보일러는 26.06%에서 12.86%로 감소하며, 펠릿보일러는 2.98%에서 22.62%로 증가함을 알 수 있다. 전체 집단에서도 무형의 비용효과와 대체효과가 작용함을 알 수 있다.

〈표 6〉 보일러별 추정 시장 점유율

		시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
펠릿 보일러 사용자 집단	등유보일러	20.31	28.55	50.34
	가스보일러	45.34	31.75	5.81
	전기보일러	26.9	21.46	15.72
	펠릿보일러	7.44	18.24	28.13
일반 보일러 사용자 집단	등유보일러	27.29	32.18	39.46
	가스보일러	44.79	33.83	27.13
	전기보일러	26.6	26.19	12.11
	펠릿보일러	1.33	7.79	21.31
전체 사용자 집단	등유보일러	28.49	32.81	40.33
	가스보일러	42.47	31.93	24.2
	전기보일러	26.06	25.61	12.86
	펠릿보일러	2.98	9.66	22.62

〈표 7〉 보일러별 실제 선택 확률

		시나리오 1		시나리오 2		시나리오 3	
		빈도	확률	빈도	확률	빈도	확률
펠릿 보일러 사용자 집단	등유보일러	34	17.71	60	31.25	96	50
	가스보일러	94	48.96	50	26.04	10	5.21
	전기보일러	48	25	47	24.48	33	17.19
	펠릿보일러	16	8.33	35	18.23	53	27.6
	합계	192	100	192	100	192	100
일반 보일러 사용자 집단	등유보일러	107	14.74	226	31.13	423	58.26
	가스보일러	453	62.4	274	37.74	75	10.33
	전기보일러	160	22.03	176	24.24	80	11.02
	펠릿보일러	6	0.83	50	6.89	148	20.39
	합계	726	100	726	100	726	100
전체 사용자 집단	등유보일러	141	15.36	286	31.15	519	56.54
	가스보일러	547	59.59	324	35.29	85	9.25
	전기보일러	208	22.65	223	24.29	113	12.31
	펠릿보일러	22	2.40	85	9.27	201	21.90

〈표 8〉 예측 확률과 실제 선택 확률간 예측 오차

(단위: %P)

구 분		시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
펠릿 보일러 사용자 집단	등유보일러	-2.60	2.70	-0.34
	가스보일러	3.62	-5.71	-0.60
	전기보일러	-1.90	3.02	1.47
	펠릿보일러	0.89	-0.01	-0.53
일반 보일러 사용자 집단	등유보일러	-12.55	-1.05	18.80
	가스보일러	17.61	3.91	-16.80
	전기보일러	-4.57	-1.95	-1.09
	펠릿보일러	-0.50	-0.90	-0.92
전체 사용자 집단	등유보일러	-13.13	-1.66	16.21
	가스보일러	17.12	3.36	-14.95
	전기보일러	-3.41	-1.32	-0.55
	펠릿보일러	-0.58	-0.39	-0.72

한편 예측된 보일러 시장 점유율과 실제 보일러 선택확률을 비교해 보면 예측 오차가 어느 정도인지 알 수 있다. 〈표 8〉은 실제 응답자의 선택 확률을 시나리오와 보일러별로 계산하였고, 예측 오차 계산을 위해 〈표 7〉과 〈표 8〉의 각 확률의 차이를 구한 것이 〈표 9〉이다. 예측 오차가 적을수록 좋지만 그렇다고 해서 모형의 적합성이 더 뛰어나다고 할 수는 없다(Train, 2009).

우선 펠릿 보일러 사용자 집단의 경우 최소 0.01%P에서 최대 -5.71%P까지 나타났고, 일반 보일러 사용자 집단은 최소 -0.5%P에서 최대 18.8%P로 나타났으며, 전체 집단은 최소 -0.39%P에서 최대 17.12%P로 나타났다. 대체로 일반 보일러 사용자 집단에서 예측 오차가 크게 나타났고, 주로 등유와 가스 보일러에서 예측 오차가 큰 것으로 나타났다. 펠릿 보일러의 경우에는 모든 집단에 대해 예측 오차가 1% 이하로 가장 낮았다.

Ⅵ. 결 론

본 연구는 속성가치추정법을 이용하여 펠릿 보일러와 같은 신기술이면서 친환경적인 기술의 미래 시장 점유율을 추정하였다. 이를 위해 신기술 선택에 영향을 미치는 무형의 비용을 시나리오에 반영하여 시나리오별 펠릿 보일러의 선택 확률을 다항로짓모형을 이용하여 추정하였다. 또한 펠릿 보일러 사용자 집단과 일반 보일러 사용자 집단, 전체 사용자 집단간 선택 확률이 상이한 무형의 비용을 갖는 시나리오에 대해 어떤 차이를 갖는지도 검토하였다.

우선 보일러 가격, 월 연료비, 연료 저장공간, 온실가스 배출수준, 국산원료비중, 보일러 안전성의 6가지 속성을 선정하고, 등유, 가스, 전기, 펠릿 보일러의 4가지 유형을 보일러 선택 대안으로 설정하였다. 다항로짓모형 추정결과 보일러 가격, 월 연료비, 연료 저장공간, 온실가스 배출수준과 같은 속성들은 음수로 나타났고, 국산원료비중에 대한 부호는 양수로 나타났다. 보일러의 안전성

은 통계적으로도 유의하지 않고, 부호도 다르게 추정되어 분석에서 제외하였다. 추정 모형의 속성별 모수 추정치는 대부분 유의수준 10% 이내에서 유의하게 나타났다. 따라서 보일러 가격이 상승할수록, 연료비가 비싸질수록, 연료 저장 공간이 늘어날수록, 온실가스 배출 수준이 높아질수록 보일러 선택 확률이 감소하는 것으로 나타났다. 다만 선택 속성 설계시 펠릿보일러가 갖는 시스템 불편성과 같은 속성들이 반영되었더라면 보다 펠릿보일러 선택 확률 추정이 현실적일 수 있음은 본 연구의 한계로 지적할 수 있겠다.

한편 전체 사용자 집단 기준으로 지불의액을 비교했을 때 연료저장공간에 대한 속성 가치는 75~116만원으로 나타났다. Scarpa와 Willis(2010)는 연료저장 공간에 대한 가치를 446파운드로 추정하였고, 이를 환산하면 연료저장 공간의 감소에 대한 지불용의액은 816,225원으로 본 연구와 유사한 값을 가짐을 알 수 있다. 따라서 기업은 펠릿 보일러 판매 확대를 위해서는 연료저장공간을 축소하기 위해 노력해야 할 것이다.

다음으로 개인별 특성이 선택확률에 영향을 미치는지 알아보기 위해 이질성 검증도 실시하였다. 각 집단에 교육, 소득, 가족 수, 펠릿 보일러에 대한 인식 수준과 같은 개인별 특성 변수를 추가하여 분석을 하였다. 그 결과 교육 수준이 높을수록, 고소득계층일수록, 매체를 통해 펠릿 보일러를 사전에 인식할수록 펠릿 보일러 선택 확률이 상승함을 알 수 있었고, 가족 수는 펠릿보일러 사용집단과 일반 보일러 사용 집단간에 상이한 결과를 보였다. 따라서 기업은 소득 수준과 교육 수준이 높은 소비자층을 대상으로 마케팅 전략을 수립해야 할 것이고, 펠릿 보일러 보급에 대한 홍보에도 투자가 필요함을 알 수 있다.

끝으로 다항로짓모형을 이용하여 각 보일러별 시장점유율도 추정하였다. 추정결과 펠릿 보일러 사용자 집단이 일반 보일러 사용자 집단보다 펠릿 보일러의 시장 점유율이 높게 나타났다. 이는 펠릿 보일러 사용자 집단이 보다 펠릿 보일러 기술에 대해 더 잘 알고, 기술적인 신뢰도만 확보된다면 일반인보다는 펠릿 보일러를 사용할 가능성이 더 높음을 알 수 있다. 또 두 집단 모두 시나리오가 1에서 3으로 이동함에 따라 펠릿 보일러의 시장 점유율이 증가하는 것으로 나

타났다. 이는 펠릿 보일러 기술에 대한 추정시장 점유율이 증가하고, 기술 신뢰도가 증가함에 따라 무형의 비용이 감소하고, 이에 따라 펠릿 보일러의 선택 확률도 증가함을 나타낸다. 또한 펠릿 보일러가 가스 보일러나 전기 보일러와 대체관계에 있음을 알 수 있었다. 즉 전체 사용자 집단 기준으로 펠릿 보일러의 시장 점유율은 2.4%에서 최대 22%까지 상승하는 것으로 나타났고, 가스 보일러는 42%에서 24%로, 전기 보일러는 26%에서 13%로 감소하였다.

그러나 펠릿보일러가 고유가와 국산에너지 대체를 목적으로 보급되고 있다는 점에서 등유 보일러를 대체하지 못한 것으로 나타난 것은 표본 집단이 소도시 및 농산어촌에 국한되어 있기 때문인 것으로 추정된다. 이들 지역의 경우 대부분 등유 보일러 사용시 유류세 면세 혜택을 누리기 때문에 펠릿 보일러가 확대되더라도 유류세 면세가 지속되는 한 등유보일러에 대한 수요도 지속적일 수 있음을 암시한다. 설문 설계시 유류세 면세 혜택에 관한 속성을 포함시켰다면 이러한 편의 문제가 제거될 수 있었을 것이다.

〈부　　록〉 시나리오별 선택집합 예시

〈시나리오 #1〉

펠릿보일러의 시장 점유율	○ 국내 가정용 보일러 시장에서 펠릿 보일러가 차지하는 비중 ○ 펠릿 보일러의 시장 점유율은 5%로 낮은 수준임
펠릿 보일러 인식 수준	○ 소비자들이 펠릿 보일러 기술에 대해 갖는 신뢰 정도로서 고장율이나 안전성의 정도를 나타냄 ○ 아직까지 신뢰도는 낮은 수준임

B-5-1. 위의 시나리오 #1에서 제시된 상황을 가정하신 후, 다음 A, B, C, D 보일러 중 귀하가 선호하는 보일러 순서대로 순위를 매겨주시기 바랍니다.

제1선택형	A 등유보일러	B 가스보일러	C 전기보일러	D 펠릿보일러
보일러가격	60만원	40만원	250만원	450만원
월연료비	20만원	30만원	10만원	40만원
보일러 안전도	높음	높음	높음	낮음
연료저장공간	1평	0.5평	필요없음	1.5평
온실가스배출수준	높음	낮음	중간	낮음
사용연료의 국산원료 비중	0%	0%	0%	60%
순위				

〈시나리오 #2〉

펠릿보일러의 시장 점유율	○ 국내 가정용 보일러 시장에서 펠릿 보일러가 차지하는 비중 ○ 펠릿보일러의 시장 점유율이 5%에서 20%로 증가함
펠릿 보일러 인식 수준	○ 소비자들이 펠릿 보일러 기술에 대해 갖는 신뢰 정도로서 고장율이나 안전성의 정도를 나타냄 ○ 신뢰도가 낮은 수준에서 중간수준으로 상승함

B-5-4. 위의 시나리오 #2에서 제시된 상황을 가정하신 후, 다음 A, B, C, D 보일러 중 귀하가 선호하는 보일러 순서대로 순위를 매겨주시기 바랍니다.

제4선택형	A 등유보일러	B 가스보일러	C 전기보일러	D 펠릿보일러
보일러가격	40만원	60만원	150만원	250만원
월연료비	40만원	40만원	30만원	30만원
보일러 안전도	높음	높음	높음	중간
연료저장공간	0.5평	0.5평	필요없음	1평
온실가스배출수준	중간	낮음	높음	낮음
사용연료의 국산원료 비중	0%	0%	0%	60%
순위				

〈시나리오 #3〉

펠릿보일러의 시장 점유율	○ 국내 가정용 보일러 시장에서 펠릿 보일러가 차지하는 비중 ○ 펠릿 보일러의 시장 점유율이 5%에서 40%로 증가함
펠릿 보일러 인식 수준	○ 소비자들이 펠릿 보일러 기술에 대해 갖는 신뢰 정도로서 고장율이나 안전성의 정도를 나타냄 ○ 신뢰도가 낮은 수준에서 높은 수준으로 상승함

B-5-7. 위의 시나리오 #3에서 제시된 상황을 가정하신 후, 다음 A, B, C, D 보일러 중 귀하가 선호하는 보일러 순서대로 순위를 매겨주시기 바랍니다.

제7선택형	A 등유보일러	B 가스보일러	C 전기보일러	D 펠릿보일러
보일러가격	1백만원	40만원	150만원	250만원
월연료비	10만원	40만원	20만원	10만원
보일러 안전도	중간	중간	중간	높음
연료저장공간	0.5평	1평	필요없음	0.5평
온실가스배출수준	낮음	높음	낮음	낮음
사용연료의 국산원료 비중	0%	0%	0%	30%
순위				

◎ 참 고 문 헌 ◎

1. 곽승준 외7인, 2007. “환경 · 자원의 경제학적 접근”, 산문출판.
2. 권오상, 2007, “환경경제학” 제 2판, 박영사, pp. 414～415.
3. 김연배 등, 2003, “컨조인트 방법을 이용한 간접 네트워크 효과 분석 : DVD 플레이어에 대한 적용”, 산업경제 연구, 제 16권 1호, pp.99～114.
4. 배정환, 2010, “펠릿 보일러 보급방식의 개선에 관한 연구”, 지식경제부.
5. _____, 2007, “지역 신재생에너지 시설물이 지역사회에 미치는 영향 및 사회적 가치 추정 -풍력단지를 중심으로-”, 에너지 경제연구원.
6. 원두환, 2008, “바이오연료의 비시장가치 평가”, 에너지경제연구원.
7. 이주석 등, 2005. “잠재적 제주도 여행에 대한 소비자 진술 선호 분석 방법 연구”,

한국응용경제학회 제7권 제1호, pp.79～101.

8. Axsen, J., D. C. Moutain, M. Jaccard, et al., 2009, “Combining stated and revealed choice research to simulate the neighbor effect: The case of hybrid-electric vehicles,” *Resource and Energy Economics*, 31, pp. 221～238.
9. Ben-Akiva, M. and S. Lerman(1985), Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand, MIT Press, Cambridge, MA.
10. Berg, V., van den., E. Kroes, and Verhoef, E.(2010), Biases in Willingness-To-Pay Measures from Multinomial Logit Estimates due to Unobserved Heterogeneity, Tinbergen Institute Discussion Paper.
12. Bradley, M. and A. Daly(1994), ‘Use of the logit scaling approach to test for rank-order and fatigue effects in stated preference data,’ Transportation 21, 167～184.
13. Champ, P. A., K. J. Boyle, and T. C. Brown(2003), A primer on nonmarket valuation, Kluwer Academic Publishers.
14. Greene, W.(2000), Econometric Analysis, 4th edn, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
15. Green, H. William, and David Henser(2007), Heteroscedastic control for random Coefficients and error components in mixed logit, Transportation Research E43: 610～623.
16. Jaccard, M., J. Nyboer, C. Bataille, and B. Sadownik, 2003, “Modeling the cost of climate policy: Distinguishing between alternative cost definitions and long run cost dynamics,” The Energy Journal 24(1), 49～72.
17. Jaffe, A., R. Savins, 1994, Energy-efficiency investments and public policy. The Energy Journal 15(2), 43～65.
18. Liao, T. F. 1994, Interpreting Probability Models: Logit, Probit, and Other Generalized Linear Models, the Sage University Paper Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, California: Sage Publications.
19. Mansku, C. and S. Lerman(1977), “The estimation of choice probabilities from choice based samples,” Econometrica 45, 1977-1988.
20. Marschak, J.(1960), ‘Binary choice constraints on random utility indications,’ in K. Arrow, ed., Stanford Symposium on Mathematical Methods in the Social Sciences, Stanford University Press, Stanford, CA, pp. 312～329.

21. Mau paulus., J. Eyzaguirre, and M. Jaccard, 2008. “The neighbor effect: Simulating dynamics in consumer preferences for new vehicle technologies,” Ecological Economics 68(1), pp. 504～516.
22. McFadden, D., “Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior,” Zarembka, ed., Frontiers in Econometrics, New York: Academic Press, 1974.
23. _____, 2001, “Behavior Choices(the Nove Lecture),” American Economic Review, 91, pp. 351～378.
24. Phelps, R. H. and J. Shanteau, “Livestock judges: How much information can an expert use?,” Organizational Behavior and Human Performance, 21, 1978, pp. 209～219.
25. Scarpa, R. and K. Willis, 2010, “Willingness to pay for renewable energy: Primary and discretionary choice of British households’ for micro-generation technologies, Energy Economics vo. 32, pp. 129～136.
26. Scarpa, R., K. Willis, and M. Acutt, 2007, Valuing externalities from water supply: status-quo, choice complexity and individual random effects in panel kernel logit analysis of choice experiments. Journal of Environmental Planning and Management 50(4), 449～466.
27. Train, K., 1985. Discount rates in consumers’ energy-related decisions: a review of the literature. Energy 10(12), 1243～1253.
28. Train, K. E., 2009, Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press, Cambridge.
29. Train, K. E. and M. Weeks, 2005, Discrete choice models in preference space and willing-to-pay space. Chapter 1 In: Scarpa, R., Alberini, A. (Eds.), Applications of simulation methods in environmental and resource economics. Springer Publisher, pp. 1～16.
30. Wood Pellets Markets and International Trade, 2nd BIOMASS TRADE & POWER.

접수일(2012년 7월 16일), 수정일(2012년 9월 6일), 게재확정일(2012년 9월 7일)