

## 고효율기기 프로그램의 지원금 변화에 따른 수용가 반응도 연구

김현웅\*, 박종진\*\*, 김진오\*  
한양대\*, 한국전기연구원\*\*

### A Study on End-User's Response depending on Rebate Change for High Efficiency Program

Hyun-Woong Kim\*, Jin-O Kim\*\*, Jin-O Kim\*  
Hanyang University\*, KERI\*\*

**Abstract** - 한국의 전력 산업은 현재 개발도상국들의 급속한 경제성장에 의해 연료가격이 상승하고 NIMBY현상으로 인해 발전설비의 확장에 필요한 입지선정에 어려움을 겪고 있다. 이러한 현상은 설비의 확장을 통한 공급측 수요관리(Supply-Side Management)에서 벗어나 전력사용의 효율성을 향상시킴으로써 안정적인 전력을 공급하는 수요측 관리(Demand-Side Management)의 중요성을 점차 크게 하고 있다. 수요측 관리는 지원금을 이용하여 전력수요를 조절하고 있으며, 수요관리의 중요성이 커짐에 따라 지원금 규모는 점점 커지고 있다. 하지만 현재 지원금 산정에 대한 구체적인 연구가 진행되고 있지 않은 실정이므로 이에 대한 연구를 통해 더욱 효율적인 지원금 산정을 통한 수요관리 효과를 극대화 할 필요가 있다. 본 논문에서는 07년도에 지원금변화에 대한 잠재참여자의 선호도를 조사한 “지원금에 대한 수용가 반응도 조사”를 이용하여, 지원금 변화에 따른 수요관리 프로그램의 잠재참여자의 참여도를 수식화 함으로써 지원금 변화에 대한 수요관리 프로그램의 영향도를 분석할 수 있게 하는데 목적을 두고 있다.

(M), 다른 제화의 가격(Pr) 등을 들 수 있는데 이러한 요인들과 계획된 구매량 간의 관계를 함수로 표현한 것을 가격함수라 한다.

$$Q_d = D(P, M, P_r, \dots) \quad (1)$$

경제학적인 측면에서 수요와 제화의 가격과의 관계는 지수함수형태를 띄게 되며 제화의 가격변동에 따른 수요의 변화를 다음과 같이 정의하고 있다.[1,2,3]

$$G(P_i) = \left( \frac{P_i(t)}{P(t)} \right)^\eta \quad (2)$$

여기서,  $G(P_i(t))$ : t 년도 i 제화의 가격함수  
 $P_i(t)$ : t 년도 i 제화의 가격  
 $P(t)$ : t 년도 제화의 평균 가격  
 $\eta$ : 제화의 가격탄력성

즉 동종 제화에서 i 제화의 가격변동에 따라 수요가 얼마나 변화할 것인지를 나타내는 함수이다.

### 1. 서 론

산업의 발전과 국민의 생활수준 향상으로 우리나라의 전력 소비는 경제 성장률보다 더 큰 폭의 소비 증가율을 보이고 있으며, 이러한 전력 수요를 감당하기 위해 수요를 예측하여 설비 확장을 진행하고 있다. 하지만 최근 지구온난화로 인한 전 세계적인 절감노력과 함께, 중국, 인도 등의 신흥공업국의 급속한 산업화로 인한 발전연료 단가의 상승은 국가적인 전력이용의 개선요구를 증대시키고 있다. 향후 에너지절감과 환경편익 등을 고려하여 지속적인 편익이 있는 수요관리 프로그램을 개발하고 사업화하려는 시도를 하고 있으나, 체계적인 평가기준과 운영계획이 마련되어 있지 않은 상황에서 수요관리 사업에 매년 막대한 재원이 투자되고 있는 실정이다. 그러므로 지원금에 대한 수용가의 반응을 연구함으로써 더욱 효율적인 지원금 산정과 예산편성이 이루어져야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 지원금에 대한 수용가의 반응을 수학적으로 모델링 함으로써 추후 수요관리 프로그램의 포트폴리오를 최적화 할 수 있는 초석을 다져놓는 것을 목표로 한다.

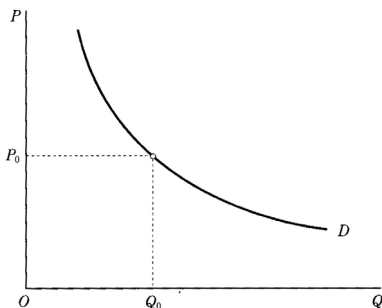
### 2.2 수용가 반응도 조사

<그림 2>는 고효율 인버터에 대한 지원금 수용정도를 조사한 것으로 “지원금이 높아 업체에서 많이 도입할 것 같다”라고 응답한 응답자를 지원금에 따라 누적하여 표현한 것이다. 즉 지원금에 대한 고효율인버터의 수요곡선이라 할 수 있다. 식(2)의 경우 <그림 1>과 같이 제화의 가격에 따른 소비자의 반응도를 적절히 나타낼 수 있지만 <그림 2>에서 볼수 있듯이 고효율기기의 지원금에 대한 수용가의 반응도를 나타내기에는 적절치 못하다는 것을 알 수 있다. 즉 지원금에 대한 고효율인버터의 수용정도는 지원금 증가에 따라 수렴하는 형태를 보이고 있다.

## 2. 지원금에 따른 수용가 반응도

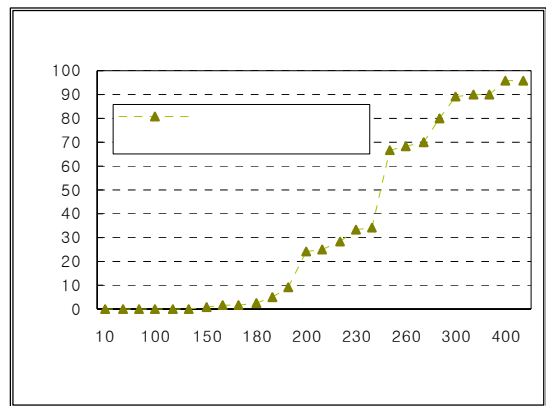
### 2.1 가격함수

가격함수란 제화의 가격에 대한 수요의 반응정도를 수학적으로 모델링 한 것이다. 일반적으로 제화의 가격하락에 따라 수요는 증가하게 되고 제화의 가격상승에 따라 수요는 감소하게 된다.



<그림 1> 수요곡선

이러한 수요에 영향을 주는 요인은 제화의 가격(P), 소비자의 소득

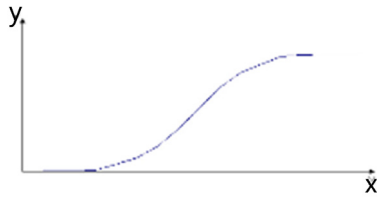


<그림 2> 지원금에 대한 기기 도입 가능응답자

### 2.3 수용가 반응도 조사를 이용한 가격함수

지원금 변화에 대한 수용가 반응을 정확히 나타내기 위해서 Verhulst 방정식을 이용한 지원금 변화에 대한 수용가 반응을 모델링 해야한다. Verhulst방정식은 1838년에 고안된 것으로 인구증가를 설명하는 모델로써 고안한 식이다. 식과 곡선은 다음과 같이 표현된다.

$$y = \frac{b_1}{1 + b_2 \exp(-b_3 \times x)} \quad (3)$$



<그림 3> Verhulst 곡선

<그림 3>과 같이 지원금에 대한 수용가의 반응도는 지원금이 낮을 때 0에서 시작해서 급격히 증가하다가 어느 수준을 넘어서면 포화되는 형태를 보이고 있다. 식(3)을 이용하여 가격함수를 유도하면 가로축을 지원금으로 세로축을 지원금에 대한 수용가의 참여도로 나타낼 수 있다.

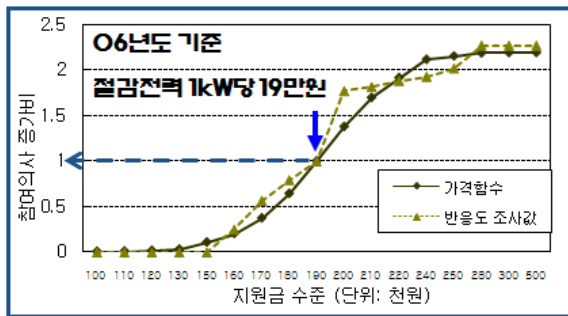
$$WBU_i(\Delta P_i(t)) = \frac{b_{1i}}{1 + b_{2i} \exp(-b_{3i} \times \Delta P_i(t))} \quad (4)$$

여기서,  $WBU_i(\Delta P_i(t))$  : 조사년도 t의 i 기기구매 의사 응답자  $b_{1i}, b_{2i}, b_{3i}$  : 회귀 추정계수,  $\Delta P_i(t)$  : 조사년도 t에서 i기에 대한 구매 반응 지원금 차이,  $\Delta P_i(t) = P_i(t) - P_i(t)$  즉, (변화된 지원금) - (변화하지 않은 지원금)

식(4)에서 조사년도 t의 i기에 대한 구매 반응 지원금 차이  $\Delta P_i(t)$  가 0 이라면, 조사년도 지원금액과 같은 지원금액에 대한 잠재참여자의 프로그램 참여 반응도를 알 수 있으며 다른 조사대상 지원금에 대한 반응도와 비율을 나타내면, 지원금 변화에 따른 잠재참여자의 반응률을 구할 수 있다. 이 과정은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta P_i(t) = 0 \text{ 일 때 } WBU_i(0) &= \frac{b_{1i}}{1 + b_{2i}} \\ G(\Delta P_i(t)) &= \frac{WBU_i(\Delta P_i(t))}{WBU_i(0)} \\ &= \frac{1 + b_{2i}}{1 + b_{2i} \exp(-b_{3i} \times \Delta P_i(t))} \end{aligned} \quad (5)$$

위 절차를 이용하여 지원금 변화에 대한 가격함수를 구하면 다음과 같은 지원금 변화에 대한 참여의사 증가비를 구할 수 있다.



<그림 5> 고효율인버터 지원금 대비 참여의사 증가비

그림 5에서 확인할 수 있듯이 06년을 기준으로 절감전력 1kW당 지원금 19만원을 참여의사 증가비를 1로 설정하였으며, 지원금 변화에 대한 참여의사 증가비를 구할 수 있었다. 조사값을 이용하여 식(5)을 회귀 추정하면 가격함수를 구할 수 있다. <그림 5>에 대한 고효율인버터의 회귀추정 계수는 표 3에서 확인할 수 있다.

### 3. 고효율기기의 가격함수 추정

본 논문에서 추정된 가격함수는 “고효율기기 프로그램에 대한 수용가 반응도 조사”를 이용하기 때문에 이 조사를 통해 고효율기기 프로그램에 대한 가격함수를 추정한다. 다음은 추정에 사용되는 데이터로써 식(5)를 이용한 회귀추정을 통해 각 계수를 구하여 가격함수를 결정한다.

다음은 회귀추정에 사용되는 데이터이다.

<표 2> 고효율인버터 잠재참여자 지원금 수용정도

지원금수준 (단위: 천원)	$\Delta P_i$ (단위: 천원)	참여의사 증가비
150	-40	0.00
160	-30	0.25
170	-20	0.57
180	-10	0.80
190	0	1.00
200	10	1.77
210	20	1.82
220	30	1.89
240	50	1.93
250	60	2.02
280	90	2.27
300	110	2.27
500	310	2.27

위 데이터와 식(5)를 이용하여 고효율기기별 가격함수의 계수를 추정하면 다음과 같다.

<표 3> 고효율 조명기기 지원금 수용정도 회귀추정계수

기기 종류	$\hat{b}_2$	$\hat{b}_3$	$R^2$
전구형형광등	0.1269	1.7025	0.9877
32W2등용안정기	0.1269	0.8512	0.9877
32W1등용안정기	0.1269	1.2769	0.9877
고효율 인버터	1.1967	0.0697	0.9779
고효율 자판기	0.0277	0.0221	0.9910
고효율 전동기	14.7670	0.0465	0.9755

## 3. 결 론

본 논문에서 추정된 가격함수는 수요관리 프로그램의 지원금 수준에 대한 수용가의 반응도를 수학적으로 모델링 했으며 실제 수용가 반응도 조사를 이용하여 지원금 수준에 대한 가격함수를 정확하게 추정하는 것에 목적을 두고 있다. 가격함수를 통해 각 수요관리 프로그램 별로 지원금 변화에 따른 수용가의 참여도를 예측 할 수 있으며, 이를 이용하여 향후 전력수급계획에서 지원금 변화에 대한 효과를 추정해 볼 수 있다. 마지막으로 각 프로그램에 대한 수학적 모델링을 통해 모든 프로그램을 아우를 수 있는 통합적인 최적화 도구로써도 사용 가능하다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2007-2-040) 주관으로 수행된 과제임.

### [참 고 문 헌]

- [1] Bass, F. M., The Relationship Between Diffusion Rates, Experience Curves, and Demand Elasticities for Consumer Durable Technological Innovations, Journal of Business 53(3,2), S51-S78 (1980)
- [2] Bass, F. M. and Bultez, A. V., A Note on Optimal Strategic Pricing of Technological Innovations, Marketing Science 1(4), 371-378 (1982)
- [3] Jeuland, A. P., and Dolan, R. J., An Aspect of New Product Planning: Dynamic Pricing, in Marketing Planning Models, A. A. Zoltners, (ed), (TIMS Studies in the Management Sciences 18.) Amsterdam: North-Holland Publishing Company, pp. 1-21, (1982)
- [4] Mark William Speece and Douglas L. MacLachlan : "Forecasting Fluid Milk Package Type", IEEE Transaction on Engineering Management, vol. 39, no. 2, pp. 169-175
- [5] 한국전기연구원, 고효율기기 프로그램에 대한 수용가 반응조사, 2007.5