

## 미래 에너지 가격을 고려한 고효율 조명기기의 경제성 평가

안성용, 김진오  
한양대학교

### Economic Efficiency Estimation of High Efficiency Lighting Considering the Future Energy Price

Sung-Yong Ahn, Jin-O KIM  
Hanyang University

**Abstract** - 전 세계적으로 에너지 소비가 지속적으로 증가하고 있는 가운데 석유, LNG와 같은 에너지 가격 또한 꾸준히 증가하고 있다. 이에 따라 에너지 절약을 유도하고 전력생산원가를 절감하고 전력수급의 안정을 도모하기 위한 수요관리가 대두되고 있다. 본 논문에서는 기존의 자료를 토대로 선형, 비선형 회귀분석을 실시하여 2015까지의 에너지 회피비용과 고효율 조명기기의 보급량을 추정한다. 그 후 에너지 회피비용의 변화를 고려하지 않은 현행 방식과 에너지 회피비용의 변화를 고려한 수정된 방식을 비교하여 경제성 평가에 대한 에너지회피비용의 영향에 대해 분석한다. 그리고 경제성 평가 결과를 통하여 고효율 조명기기 정책의 방향을 제시한다.

#### 1. 서 론

최근 에너지 가격의 상승에 따라 수요관리 프로그램에 대한 관심을 불러일으키고 있다. 하지만 현행 수요관리 프로그램의 경제성 평가방식은 평가당시의 에너지가격에 의해 산정되고 있기 때문에 에너지 가격의 상승을 반영하지 못하고 있다. 이에 따라 장기전력수급계획의 예측 정확성에 대한 설득력을 약화시키고 있다. 그러므로 기존의 경제성평가방식에서 벗어나 연도별 에너지 가격을 추정함으로써 보다 정확한 장기전력수급계획을 수립할 필요가 있다.

본 논문에서는 고효율 기기 중 전자식 안정기 32W 1등급, 2등급, 전구형 형광등을 포함한 고효율 조명기기에 대한 경제성 평가를 실시하며, 기존 경제성평가방식과 미래 에너지 가격예측을 통한 경제성 평가를 실시함으로써 그 효과를 비교 분석한다. 미래 에너지 가격예측은 선형회귀분석을 통해 실시하며 조명기기의 미래보급량 예측은 Bass모형을 사용한 비선형회귀분석을 통해 추정한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 현행 에너지 회피비용 산정 방식

현재 중국, 인도를 비롯한 개발도상국들의 고도 성장과 전세계적인 에너지 소비 증가로 인해 에너지 가격은 지속적으로 상승하고 있다. 현행 전력수급기본계획에 따르면 수요관리가 차지하고 있는 비중을 점차 증가시켜나가고 있는 추세에 있으며 기존프로그램과 신규프로그램의 경제성분석을 통해 향후 수요관리 정책방향을 정하고 있다. 수요관리 경제성 평가에 있어서 회피 에너지 비용은 현재 다음과 같이 산정하고 있다[1].

- 1) 연간 연료비용 단가 = 연료비용 \* 열소비량
- 2) 연료비용 = 열량단가 \* 연료비 상승률
- 3) 열소비량 = 연료소요량 \* 송전단 전력
- 3-1) 송전단 전력 = 설비용량 \* (1 - 소내소비율) \* 8760 \* 이용율
- 3-2) 연료 소요량 = (송전단전력 / (1 - 소내소비율)) \* 0.86 / 열효율
- 4) 연간 균등화 KWh당 연료비 단가 = 연간 연료비용 현가의 합 \* 자본회수계수

$$= \sum_{n=1}^{30} NPV_n * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

- 5) KWh당 회피에너지 비용(원/KWh) = 연간 균등화 KWh당 연료비 단가 \* (1 + 소내소비율) \* (1 + (송변전손실율 + 배전손실율))

하지만 현재 에너지 회피비용 산정방식은 현재 연료비용을 반영할 뿐 점차 빠르게 증가하고 있는 미래 에너지 가격을 반영하고 있지 못한 실정이다.

##### 2.2 미래 에너지 가격 예측을 통한 회피비용 산정

미래 전력 수요관리의 경제적 효과를 더욱 정확히 분석하기 위해서 기존의 고정된 에너지 가격이 아닌 미래 에너지 가격을 추정하여 산정

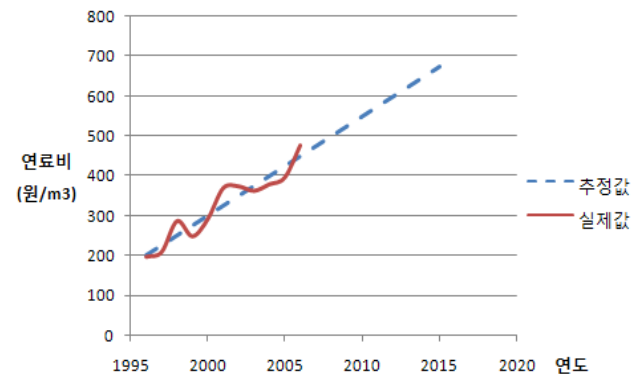
하여 그 효과를 분석할 필요가 있다. 수요관리계획의 현행 경제성 평가 방식은 에너지 회피비용의 변화를 고려하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 미래의 LNG 가격변화를 회귀분석을 통하여 예측하고 그 자료를 토대로 에너지 회피비용을 계산해 내어 그 결과를 캘리포니아 테스트에 반영하였다.

##### 2.2.1 회귀분석

회귀분석은 통계학에서 관찰된 연속형 변수들에 대해 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 수학적 모델인 관계식을 구하여 어떤 독립변수가 주어졌을 때 이에 따른 종속변수를 예측한다. 1개의 종속변수와 1개의 독립변수 사이의 관계를 분석할 경우 단순 회귀분석, 1개의 종속변수와 여러 개의 독립변수 사이의 관계를 규명하고자 할 경우를 다중 회귀분석이라고 한다. 참고로 회귀모형이 적합한지 확인하기 위해 결정계수 R<sup>2</sup> 을 사용한다. 결정계수는 0 < R<sup>2</sup> < 1 사이의 값을 가지며 R<sup>2</sup> 이 1에 가까우면 회귀선이 유의함을 의미한다. 그리고 통계적으로 유의확률은 0.05 이하일 때 유의미함을 나타낸다. 본 논문에서는 SPSS 프로그램을 이용하여 단순 선형, 비선형 회귀분석을 실시하였다.

##### 2.2.2 에너지 가격, 에너지 회피 비용의 예측

에너지 가격의 예측은 에너지 경제 연구원의 1996년부터 2006년까지의 LNG 가격을 참고하여 선형 회귀 분석을 실시하였다[6]. 함수의 형태는  $FP = AT + B$ 의 1차 함수 형태로 표현된다. 선형 회귀분석 결과는 다음과 같다.



〈그림 1〉 실제 연료비와 추정 연료비

현재 LNG가격은 1입방미터당 400원선을 상회하고 있으며 장기적으로 2015년에는 600원선을 돌파할 것으로 예상된다.

〈표 1〉 에너지 가격(LNG) 회귀분석 결과

	비표준화계수	t	유의확률
A	24.869	9.331	0.00
B	-49436.778	-9.269	0.00
F	87.060		0.00
R <sup>2</sup>		0.906	

$$FP = 24.869T - 49436.778 \quad (1)$$

여기서  $FP$  : LNG 가격  
 $T$  : 연도

표 1에서 비표준화 계수는 선형 1차 방정식의 기울기 A와 Y절편 B의 값을 나타낸다. 그리고 t의 값은 A와 B의 비표준화계수와 표준오차의 비를 나타낸다. 여기서 A와 B의 유의 확률이 0.05 이하이므로 기울기와 절편은 모두 유의하다고 볼 수 있다. 그리고 F 통계량에 대한 유의확률 또한 0.05 이하이므로 회귀식은 유의하다고 볼 수 있다.

### 2.3 전자식 안정기, 전구형 형광등의 보급량 예측

미래 보급량 예측을 통한 경제성 평가를 위해 전자식 안정기 32W 1등용, 2등용, 전구형 형광등의 과거보급데이터를 이용하여 Bass 확산 모델식을 사용하였다[2]. 데이터 추정에는 현재 확산모형의 추정에 가장 적합하다고 알려진 비선형회귀분석(Nonlinear Least Squared Method)을 이용한다[3]. 다음은 Bass확산모형 식이다.

$$K(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (2)$$

여기서,  $K(t)$  : 누적 보급량  
 $p$  : 혁신계수  
 $q$  : 모방계수  
 $m$  : 보급 잠재량  
 $t$  : 시간

〈표 2〉 전자식 안정기 32w, 전구형 형광등 회귀분석 결과

	m	p	q	R <sup>2</sup>
1등용	22,950,306	0.01465	0.33308	0.99784
2등용	11,031,045	0.02047	0.39048	0.99934
전구형	15,613,296	0.00971	0.07762	0.99545

SPSS 프로그램을 이용하여 각 계수를 구하였고, 위에서 구한 확산 모델 식을 바탕으로 조명기기의 보급량을 추정하였다.

### 2.4 고효율 조명기기의 경제성 평가(캘리포니아 테스트)

수요관리의 경제성분석은 캘리포니아 테스트를 범용적으로 많이 사용하며 테스트를 통해 다음의 4가지 측면에서 수요관리 프로그램에 대한 영향도를 분석할 수 있다[4]. 전자식 안정기, 전구형 형광등의 기기비용, 기술특성지표, 프로그램 관리비용, 전기요금, 지원금, 회피설비비용, 회피 환경 비용의 수치는 수요관리 데이터베이스를 참고하였다[7].

- ◆ 참여자 테스트(P : Participant Test)  
 프로그램에 참여하는 수용가의 관점에서 수요관리 프로그램 참가에 따른 정량적인 비용과 편익을 측정하는 것이다.
- ◆ 전력회사 비용 테스트(UC : Utility Cost Test)  
 수요관리 프로그램을 수행하는데 드는 전력회사의 총 비용의 변화를 측정하는 것이다.
- ◆ 수용가 영향도 테스트(RIM : Rate Impact Measure Test)  
 수요관리 프로그램의 요금에 대한 영향도를 측정하는 것으로서 수요관리 프로그램으로 인한 비참여자의 관점에서 평가한다.
- ◆ 총 자원 비용 테스트(TRC : Total Resource Cost Test)  
 전력회사와 전체 요금 납부자의 관점에서 수요관리 프로그램의 종합적인 효과로서 전체 순 자원 비용을 측정하는 것이다. 이 테스트는 참여자 테스트와 비참여자 테스트의 편익과 비용의 합으로 나타낼 수 있다.

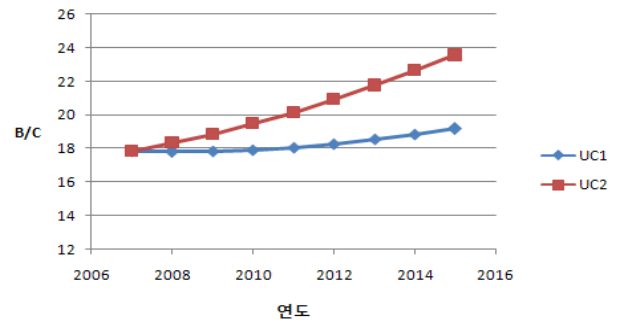
〈표 3〉 캘리포니아 테스트의 편익/비용 요소

구분	UC	P	RIM	TRC
전력회사	회피비용	+		+
	프로그램 관리비용	-		-
	지원금	-	+	-
	요금수입감소			-
참여자	기기비용		-	-
	요금지불액감소		+	

(+: 편익, -: 비용)

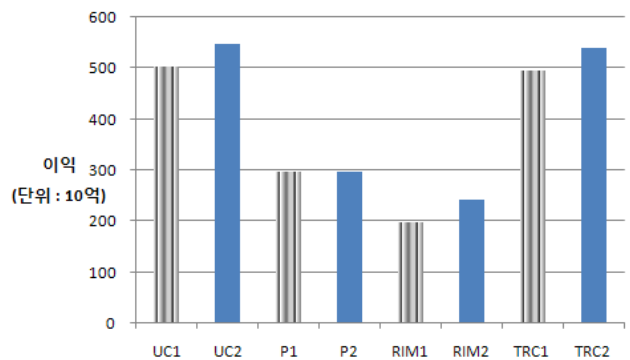
### 2.4.1 경제성 평가 결과 비교

CASE1은 에너지 회피비용을 고정시켰고(현행 방식) CASE2는 에너지 가격 상승에 의한 에너지 회피비용의 변화를 반영하였다. 그림 2는 에너지 회피비용 변화의 영향이 가장 큰 UC Test의 연도별 B/C변화를 나타낸다. 그래프에서 알 수 있듯이 시간이 갈수록 에너지 회피 비용은 높아지고 그 영향으로 B/C의 현행방식과의 차이도 증가함을 알 수 있다.



〈그림 2〉 2007년~2015년 연도별 UC Test

아래 그림 3은 2007년부터 2015년까지의 고효율 조명기기의 캘리포니아 테스트의 순 편익값의 합을 나타내고 있다. 참여자테스트를 제외한 나머지 테스트에서 모두 더 높은 순편익을 얻을 수 있음을 알 수 있다.



〈그림 3〉 2007년부터 2015년까지의 고효율 조명기기 B-C 분석

## 3. 결 론

에너지 가격의 급등과 미래 에너지 자원의 부족은 미래 전력수급에 대한 불확실성을 점차 가중시키고 있다. 이로 인해 차세대 에너지 자원에 대한 발굴이 주요 현안으로 떠오르고 있으며 풍력, 태양광등 신재생 에너지에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 하지만 이보다 더 중요한 것은 에너지 소비의 효율성향상을 통한 에너지 절약은 또 하나의 간과할 수 없는 미래 에너지 원이라 할 수 있다는 것이다. 그러므로 미래 고효율 프로그램에 대한 평가는 미래 에너지 가격을 충분히 고려하여 그 가치를 논해야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

[1] 한국전기연구원, "수요관리평가시스템(회피비용 산정방법)", 2006  
 [2] Bass F. M., "A New Product Growth Model for Consumer Durables," *Management Science*, vol. 15, pp. 215-227, 1969  
 [3] Srinivasan, V., Charlotte H. Mason, "Nonlinear Least Squares Estimation of New Product Diffusion Models", *Marketing Science*, 5(Spring), pp. 169-178, 1986  
 [4] 에너지관리공단, DSM 성과계량 및 비용효과분석 연구 최종 보고서, pp. 9-34, 2000  
 [5] Michel Gibbs and Jeanne C. Townend. "The Role of Rebates in Market Transformation: Friend or Foe?," *Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, pp. 6.121-6.132, 2000  
 [6] [www.keei.re.kr](http://www.keei.re.kr) 에너지 경제 연구원  
 [7] [www.dsmcenter.org](http://www.dsmcenter.org) 수요관리 평가 시스템