

수요관리 관련 주제별 이익 추구를 다중목적으로 하는 캘리포니아 테스트의 최적이용 방안 연구

황성욱*

이정인*

원종률**

이병하***

김정훈*

*홍익대학교

**안양대학교

***인천대학교

A Study on Optimal Utilization Methods of the California Test Having Multi-Objective of the DSM Concerned with Pursuing Benefits

Sungwook Hwang*

Jeongin Lee*

Jongryul Won**

Byungha Lee***

Junghoon Kim*

*Hongik University

**Anyang University

***Incheon University

Abstract - This paper shows that the California Test could be used optimally considering each concern part of DSM programs. Since participants, non-participants, and utilities want to pursue their own benefits, it is difficult to satisfy spontaneously. Thus, the test result should be reviewed in the view of each concern part. Additionally, a method for finding the point which is mutually agreed by these concern parts is proposed.

1. 서 론

전 세계적으로 에너지 소비가 증가하고 있는 가운데 유럽이나 일본과 같이 1인당 GDP가 증가해도 에너지 소비량의 변화가 매우 적은 형태와 미국이나 캐나다와 같이 에너지 소비가 지속적으로 증가하는 형태로 에너지 소비 현상이 구분되어 나타나고 있다. 이 가운데 우리나라는 현재 계속해서 에너지 소비가 증가하는 패턴을 나타내고 있으며, 향후 유럽과 같은 지속가능형으로 가느냐 혹은 미국과 같은 에너지 과소비형으로 가느냐 하는 갈림길에 있다. 한편, 미국의 경우에도 캘리포니아는 유럽과 마찬가지로 지속가능형의 에너지 소비 패턴을 보이고 있는데 이러한 현상은 캘리포니아에서 70년대 중반 이후 에너지 효율 향상 부문에 집중 투자하고 다양한 프로그램을 시행해 온 결과로 전문가들은 판단하고 있다. 호주의 경우에는 최근에는 미국과 같은 에너지 과소비형의 형태를 보이다가 집진적으로 에너지 소비 증가가 둔화되는 경향을 보이고 있는데, 이는 석탄을 주 연료로 사용하기 때문에 이에 따른 1인당 CO₂ 배출량이 많으므로 향후 기후변화협약에 대응하기 위하여 효율기준 등 강력한 수요관리 정책의 추진에 따른 결과이다. 우리나라는 유럽이나 일본과는 다른 가치 체계를 갖고 있고 경제발전의 단계에 있어서 미국의 시스템에 영향을 많이 받은 우리나라는 미국의 체계, 특히 캘리포니아의 사례와, 과도기적으로 에너지 과소비형에서 지속가능형으로 변화하고 있는 호주의 사례에 관심을 가질 필요가 있다.

이와 같은 에너지 소비 패턴과 가치 체계의 배경 하에 국가별로 그 특성에 맞게 정책을 시행하는데, 유럽, 일본 등은 라벨 중심으로, 미국은 장려금 지원과 효율기준 중심으로 시행하고 있다. 이는 각각 명예를 중시하는 유럽형 가치와 돈을 중시하는 미국형 가치에 따라 선진 국가들은 그 나라 국민의 성향에 적합한 정책을 마련하였다고 분석된다. 이중 호주의 경우에는 유럽 이민자들을 기반으로 하여 명예를 중시한 문화인데도 에너지 과소비 증가 추세를 보이자 주로 효율 등급과 최저효율기준을 중심으로 하되, 부분적으로 장려금 지원 정책을 도입하여 적극적인 이산화탄소 배출 절감 등과 같은 목적에 맞게 정책을 AGO (Australia Greenhouse Office)라는 기관을 통하여 취하고 있다. 우리나라는 유럽이나 일본처럼 정부의 정책 시행에 대하여 국민이 잘 순응하는 편이지만 규칙을 따르는 면이 아직 부족하고 오히려 미국과 같이 돈의 가치를 피부로 느낄 수 있는 장려금과 같은 지원 정책이 필요하며, 기술에 의한 정부 주도의 정책도 같이 시행되어야 효과를 볼 수 있다. 이외에도 지속가능형의 에너지 소비 패턴으로 가기 위해서는 우리나라에 적합한 정책을 도출하기 위해 일관성 있게 적용할 수 있는 모형의 개발과 이를 바탕으로 한 개선 방안이 필요한 시점이라 할 수 있다.

이에 따라 수요관리 프로그램의 효과를 평가하기 위해서 확산모형, 학습곡선 등을 이용한 모니터링 연구[1], 고효율기기 가격 변화 연구[2] 등이 수행되어 왔고, 수요관리 프로그램의 경제성 평가 측면에서는 캘리포니아 테스트가 가장 대중적으로 활용되어 왔다. 캘리포니아 테스트는 범용성이 높고 누구나 쉽게 접근할 수 있다는 장점이 있으나, 평가지표가 제한되어 있어 이를 보완할 수 있는 추가적인 연구가 필요한 실정이며, 본 논문에서는 캘리포니아 테스트를 그대로 이용하되 수요관리 프로그램에 관련된 주제별로 갖고 있는 이익 추구의 목적에 맞게 최적의 이용 방안을 제안한다.

2. 캘리포니아 테스트의 문제점 분석

수요관리 프로그램의 정량적 평가를 위해서는 수리적 모형이 불가피하며 이 모형의 목적함수로는 수요관리에 의한 사회적 비용 최소화 또는 사회적 가치창출 최대화 등을 들 수 있다. 이러한 정량적 평가방법은 비용최소화 방법으로부터 시작되었으며, 1983년 미국의 California Standard Practice에 명시된 총자원비용(Total Resource Cost; TRC) 테스트[3][4] 및 수요관리 프로그램에 의한 비참여자의 영향평가를 위한 수용가영향도(Ratepayer Impact Measure; RIM) 테스트[3][5]가 비용최소화계획으로서 현재까지 널리 이용되어 왔으나, 여기서는 프로그램 참여자와 비참여자가 전력수요에 대한 가격의 탄성치를 갖는다는 점을 고려하지 않았고 또한 부하창출 프로그램인 경우에는 적합하지 않은 단점을 가진다고 할 수 있다. 한편, 캘리포니아 테스트에서는 RIM 및 TRC 테스트가 정당화되기 위해서는 수용가는 프로그램 전이나 후 모두 같은 에너지량을 사용한다는 것, 수용가는 프로그램 전이나 후 모두 같은 품질의 에너지 서비스를 공급받는다라는 것, 소비자는 프로그램에 의한 요금 변화에 반응하지 않는다는 것, 소비자가 수요관리 기기를 설치하지 못하게 만드는 모든 시장장벽비용은 프로그램에 의해 0으로 줄어든다는 것 등의 가정이 필요하다. 이 가정들은 매우 엄격하고 비현실적인 것으로 수요관리 도입 초기에는 크게 문제시되지 않았으나 지금과 같이 수요관리 자원이 중요한 역할과 비중을 차지하고 있는 상황에서는 수요관리 수단선택에 심각한 왜곡을 가져올 수 있다[6].

또한, 수요관리 프로그램에 관련된 주체를 참여자, 비참여자, 전력회사, 총자원 등으로 국한하고 있으나 실제로는 편승자(또는 무임승차자), 수요관리 설비 제조업체, 독립발전사업자, 연료판매회사, 신재생에너지 사업자, 전력설비 제조업체, 기술 및 원자재 수출입 업자 등 다양한 주체들이 있으며 이들은 수요관리 프로그램에 직간접적으로 영향을 미치고 있다. 더 나아가 우리나라는 에너지 자원을 97% 이상 수입에 의존하는 나라로서 수요관리 프로그램에서 비용과 편익의 흐름이 국가 내부에서 뿐만 아니라 외국과의 관계에서까지 고려되어야 할 필요가 있다. 특히 캘리포니아 테스트에서는 수요관리 프로그램 참여자와 비참여자를 매우 단순화하여서 다양한 형태의 참여자와 비참여자를 고려하고 있지 못하다. 예를 들어, 고효율기기를 신규로 도입하는 사람, 기기 수명이 다 되어 교체하는 사람, 기기 수명과 상관없이 대체하는 사람, 어떠한 상황에서도 신규 기기를 사용하지 않는 사람, 현재는 참여하고 있지 않으나 프로그램의 성격에 따라 참여할 수 있는 잠재성이 있는 사람 등 다양한 형태의 참여자 및 비참여자가 있으나 이를 반영하고 있지 않다.

3. 캘리포니아 테스트의 최적 이용 방안

앞에서 언급한 바와 같이 다양한 형태의 수요관리 프로그램 참여자 및 비참여자에 관련된 연구는 현재 진행 중이며, 본 논문에서는 기존의 캘리포니아 테스트에서 관련된 주제별 이익 추구를 동시에 고려하여 최적적으로 이용하는 방안을 제안한다. 즉, 참여자 입장에서는 장려금을 최대한 많이 받으면서 전기요금과 기기 설치비용은 적게 내려고 하고, 전력회사 입장에서는 가급적 장려금 규모와 전기요금 수입 감소분은 줄이면서 회피비용을 늘리려고 한다. 여기에서 서로 상충하는 현상이 나타나고 이에 따라 모두가 win-win할 수 있는 점을 찾는 것이 쉽지 않다. 비참여자 입장에서 보면 참여자의 이득을 결국 비참여자가 담당하게 되기 때문에 참여자와 비참여자는 역시 상반된 입장에 서게 된다. 다만, 비참여자는 전력회사 입장과는 달리 손해를 보게 되지 않는다는 것이 다르다. 따라서 결국에는 프로그램 운영 시에 적절한 장려금 수준의 범위 내에서 각 주체들의 입장에서 가능한 최대값을 가이드라인으로 제시할 수 있게 된다. 이를 다음과 같이 고효율전동기 및 고효율펌프 장려금 지원 제도를 대상으로 분석한다.

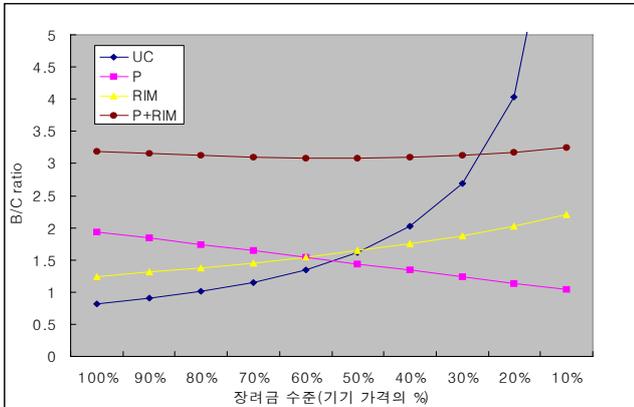
3.1 고효율전동기 프로그램의 관련 주체별 입장 고려

기존 연구[7]에 의하면 고효율전동기의 적정 장려금 수준은 기기 가격의 50~80% 범위인 것으로 나타났다. 따라서 다음 <그림 1>에서 보면 참여자(P) 입장에서는 UC가 약 1인 기기 가격의 80%에서 최대의 이익을 얻을 수 있다. 반면에 전력회사 입장에서는 장려금을 20%, 10% 또는 전혀 주지 않는 것이 이익이 되지만, 이 프로그램이 고효율기기를 보급하기 위한 목적이라는 전제 조건에서는 고려 범위가 될 수 없다. 따라서 장려금 수준 한계인 기기 가격의 50%가 전력회사 입장에서 최대 이익이 된다. 비참여자(RIM) 입장에서는 전력회사와 일치하는 기기 가격의 50%가 최대 이익이 된다.

여기서, 참여자, 비참여자, 전력회사가 모두 최대 이익을 만족하는 점을 찾을 수는 없으나 상호간의 조정에 의해 적합한 장려금 수준을 결정할 수 있다는 가정을 하면 세 곡선이 가장 가깝게 교차하는 지점으로 합의점을 찾을 수도 있다. 이를 다음 식(1)과 같이 최소자승법을 적용할 수 있는 수식으로 표현하였다. 즉, 곡선의 차이를 최소화 하는 지점을 찾는 방법이다.

$$\min (UC - P)^2 + (P - RIM)^2 + (RIM - UC)^2 \quad (1)$$

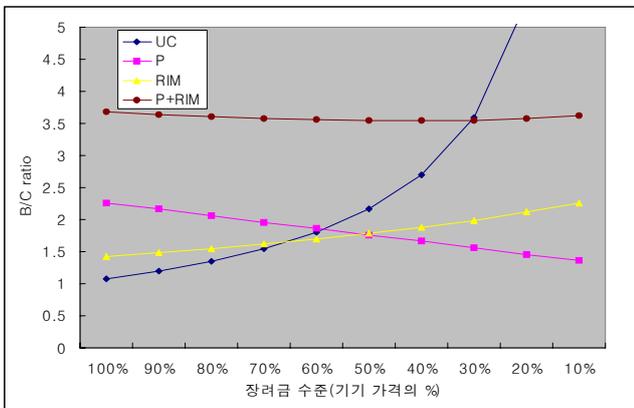
이에 따른 고효율전동기의 장려금 수준은 기기 가격의 약 55% 수준임을 확인할 수 있다.



<그림 1> 고효율전동기의 장려금 수준별 캘리포니아 테스트 결과

3.2 고효율펌프 프로그램의 관련 주체별 입장 고려

기존 연구[7]에 의하면 고효율전동기의 적정 장려금 수준은 기기 가격의 20~90% 범위인 것으로 나타났다. 따라서 다음 <그림 2>에서 보면 참여자(P) 입장에서는 UC가 약 1인 기기 가격의 100%에서 최대의 이익을 얻을 수 있다. 그러나 이 경우에는 기기를 무상으로 공급하는 것이기 때문에 현실적이지 않기 때문에 한계 범위인 90%가 최대 이익을 얻는 점으로 볼 수 있다. 반면에 전력회사 입장에서는 전동기와 마찬가지로 장려금을 20%, 10% 또는 전혀 주지 않는 것이 이익이 되지만, 이 프로그램이 고효율기기를 보급하기 위한 목적이라는 전제 조건에서는 고려 범위가 될 수 없다. 따라서 장려금 수준 한계인 기기 가격의 20%가 전력회사 입장에서 최대 이익이 된다. 비참여자(RIM) 입장에서는 전력회사와 마찬가지로 기기 가격의 20%가 최대 이익이 된다.



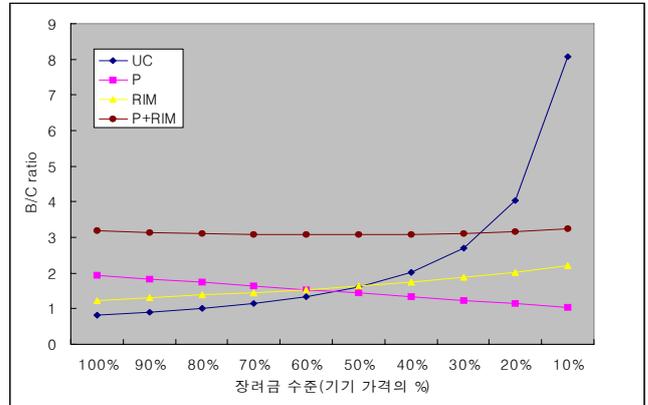
<그림 2> 고효율펌프의 장려금 수준별 캘리포니아 테스트 결과

여기서, 고효율펌프도 고효율전동기와 마찬가지로 참여자, 비참여자, 전력회사가 모두 최대 이익을 만족하는 점을 찾을 수는 없으나 상호간의 조정에 의해 적합한 장려금 수준을 결정할 수 있다는 가정을 하면 세 곡선이 가장 가깝게 교차하는 지점으로 합의점을 찾을 수도 있다. 위에서 정식화한 식(1)을 이용하여 고효율펌프의 장려금 수준을 찾으면 기기 가격의 약 60% 수준이 됨을 확인할 수 있다.

한편, 각 기기별로 참여자, 비참여자, 전력회사의 곡선이 서로 교차하여 만드는 삼각형이 나타난다. 이러한 경우에는 그 영역 안에 적정 수준의 장려금이 위치함을 쉽게 가시적으로 확인할 수 있다. 그러나, 상호 곡선이 평행한 형태를 띠거나 기울기가 비슷한 경우에는 앞서 제안한 식을 활용하는 것이 적합하다. 이렇게 곡선 상의 삼각형을 이용하거나 제안한 식을 활용하는 방법은 기존에 2차곡선 형태로 나타나는 TRC(P+RIM) 곡선의 꼭지점에서 적정 수준을 찾는 방법과 유사한 결과를 나타낼 수 <그림 1>과 <그림 2>로부터 현상적으로 확인할 수 있다.

3.3 고효율인버터 프로그램의 관련 주체별 입장 고려

기존 연구[7]에 의하면 고효율전동기의 적정 장려금 수준은 현재의 절감전력 1kW당 19만원보다 지수함수적으로 감소시켜야 하는 것으로 나타났다. 따라서 인버터의 경우에는 캘리포니아 테스트 결과가 의미를 가질 수 없다. 다만, 전동기 및 펌프에서와 마찬가지로 <그림 3>에서 삼각형 범위 내에서 또는 위에서 정식화한 식(1)을 이용하여 장려금 수준을 찾으면 기기 가격의 약 55% 수준이 됨을 확인할 수 있다.



<그림 3> 고효율인버터의 장려금 수준별 캘리포니아 테스트 결과

4. 결 론

본 논문에서는 기존에 수요관리 프로그램의 비용효과분석 도구로서 널리 사용되고 있는 캘리포니아 테스트를 참여자, 비참여자, 전력회사 각 주체들의 이익을 최대화하는 입장에서의 이들이 상호 합의한다고 가정했을 때의 경우로 나누어 최적으로 이용할 수 있는 방안을 제시하였다. 향후에는 이들 주체 외에 수요관리 프로그램과 관련된 더 다양한 주체들을 모두 고려할 수 있는 정밀한 평가 방안에 관한 연구가 요청된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-150) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 통상산업부, DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법 개발 및 활용방안 연구 최종보고서, 1998
- [2] 황성욱 외, "신기술 보급 및 DSM 정책이 부하기기 학습곡선에 미치는 영향", 대한전기학회 전력기술분회 추계학술대회 논문집, pp. 435-437, 2001
- [3] S. K. Nelson, B.F. Hobbs, "Screening Demand-Side Management Programs with a Value-Based Test", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 1031-1043, August, 1992
- [4] K. White, "The Economics of Conservation", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 100, No. 11, pp. 4546-4552, November, 1981
- [5] A. T. De Almeida, A. H. Rosenfeld, "Demand-Side Management and Electricity End-Use Efficiency", Proceedings of the NATO Advanced Study Institute, 1987
- [6] 한국전기연구원, 구조개편 이후의 수요관리 적정투자규모 및 정부차원의 평가방안에 관한 연구, 2001
- [7] 산업자원부, 고효율기기 지원 실태조사 및 합리적 개선 방안 연구, 2007