

보급특성 및 회피비용 분석을 통한 고효율펌프의 적정 장려금 산정 방안 연구

황성욱* 원종률** 이병하*** 김정훈*
 *홍익대학교 **안양대학교 ***인천대학교

A Study on the Reasonable Rebate Level by Diffusion Characteristics and Avoided Cost Analyses of High Efficient Pumps

Sungwook Hwang* Jongryul Won** Byungha Lee*** Junghoon Kim*
 *Hongik University**Anyang University ***Incheon University

Abstract - In this paper, a modified diffusion model integrated with the effects of rebate programs is developed. The greater part of motors is included to various systems such as pump systems, fan systems, ventilation systems, motor itself, and so on. Hence, the existing rebate program is not suitable for these systems and a generalized rebate model for these systems is necessary. In the pre-study, a new diffusion model for motor rebate program was proposed and the adequacy of this model was evaluated in the case of Korea. This paper shows that the motor rebate model could be applied to the case of pumps.

등의 방법이 있고, 운전비 지원의 경우에는 요금 제도를 통한 교차보조, 감가상각 등이 대표적이다.

우리나라 정부도 다른 나라와 같이 국가가 주도하여 에너지사용합리화법에 의한 다양한 고효율기기 보급 프로그램을 수립하여 추진해오고 있다. 우리나라의 대표적인 프로그램으로는 에너지소비효율등급표시제도, 에너지 절약마크제도, 고효율에너지기자재인증제도, 건물에너지효율등급인증제도 등이 있다. 또한, 1993년 조명기기를 시작으로 고효율기기 도입시 직접적인 금전적 지원을 하는 장려금 지원제도를 시행해왔다. 제도 시행 이후 몇 번에 걸쳐 장려금 수준과 지원 기준, 예산 문제 등에 따라 제도의 변화가 부분적으로 있었고, 현재는 대상 기기들의 계속적인 지원 여부, 장려금 지원 기간 및 수준, 최저효율제와 같은 다 제도와와의 연동 시행 등의 문제점을 고려하여 새롭게 개선해야 할 시점에 와 있다. 현재 시행 중인 우리나라 장려금 지원제도의 문제점을 일관성 있게 해결하기 위해서는 이론적인 배경을 갖고 있는 체계적인 모형의 개발이 필요하며, 이는 기존의 수요관리 분야에서 이용되어온 확산모형과 학습곡선을 활용하여 가능한데, 이들 모형에 장려금 지원을 반영하여 보급 특성을 분석할 수 있도록 개량할 필요가 있다. 이어서 장려금 지원을 반영한 모형에 장려금 수준, 지원 기간, 타 제도 연동 등의 내용으로 여러 가지 시나리오를 구성하여 가장 합리적인 개선 방안을 도출할 수 있게 된다. 또한, 이 결과는 기존의 장려금 산정을 위해 사용된 회피비용분석 결과와 비교함으로써 적정 수준의 장려금을 제안할 수 있다. 본 논문에서는 현재 지원 중인 고효율기기 가운데 펌프를 대상으로 그 문제점을 분석하고 보급모형 및 회피비용 분석을 통해 적정 장려금 수준을 제안하였다.

1. 서 론

고효율기기는 효율을 높여 전기 및/또는 가스 등의 전기 이외의 에너지의 사용은 줄이되 성능은 적어도 그대로 유지하도록 하는 기기를 말하며, 각 국가별로 산업 환경, 생활 패턴, 문화 등에 따라 고효율기기에 대한 정의 또는 범위 및 그 취급이 다양하다. 유럽, 일본 등의 경우에는 자발적 참여를 유도하는 라벨 중심의 에너지효율 정책을, 미국, 캐나다 등의 경우에는 라벨과 함께 규제 성격의 최저효율제와 같은 에너지효율 정책을 취하고 있는데, 우리나라는 캘리포니아와 호주의 예에서 정책의 성공한 바와 같이 효율 향상 방안의 하나인 고효율기기 보급 정책의 개선에 큰 관심을 갖고 있다. 이는 고효율기기 사용자 입장에서는 효율 향상에 따라 전기요금의 감소하고, 기기의 신뢰도 향상 및 수명 연장에 따라 설비비용 저감 효과가 있으며, 전력회사 입장에서는 장기적으로 전력설비 투자의 저감 및 지연 효과가 있고, 제조업자 입장에서는 고효율기기 개발을 통해 새로운 고부가가치 시장의 창출, 외국산 저가 기기 국내 유입에 대한 대처, 수출시 국제 경쟁력 향상 등의 효과가 있다. 이러한 이점을 최대화하기 위해서는 고효율기기 보급에 있어서 장애요인을 해결해야 하는데, 즉 고효율기기는 기존 기기에 새로운 기술을 적용하므로 초기 투자비가 기존기기에 비하여 높아서 시장에 보급되는데 시간이 많이 걸리고 이는 기술 개발자 입장에서 투자금을 적기에 회수하지 못해서 더 이상 기술 개발을 하지 못하는 악순환이 된다는 것이다. 또한, 설비기술자들은 고효율기기 설치비를 통한 전기요금 절감에는 관심이 없고 설비비 절감에만 관심이 있어서 에너지 절감 의식이 부족한 문제 또한 고효율기기의 보급에 장애요인이 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 선진 각국은 효율기준과 같은 규제 측면이나 장려금 지원과 같은 지원 측면에서, 여러 다양한 보급을 위한 프로그램들을 개발하여 시행하고 있다. 보급지원을 위한 방안은 크게 투자비 지원, 운전비 지원 및 폐기 시 고가 구매 등으로 나눌 수 있으며, 투자비 지원의 경우에는 장려금 지원, 금융지원, 세제지원

2. 고효율 펌프 지원제도의 문제점

“고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정”에서는 급수형 원심 펌프로서 토출관의 호칭 구경 200㎜ 이하, 규정 토출량이 15.0㎓/min 이하인 것을 말하며, 고효율펌프 장려금지원제도에서는 이 규정의 기술기준을 만족하는 기기를 대상으로 하고 있다(산업자원부 고시 제2005-29호). 이 기술기준은 또한 “펌프 인증기술기준을 따른다”라고 나와 있다. 전체 전력 소비량의 30%를 차지하는 펌프는 효율을 18% 향상 시에 소비를 5.4% 감소할 수 있으므로 전동기와 함께 중요한 효율 향상 대상이 된다. 그러나, 고효율 펌프는 일반 펌프보다 60% 이상 가격이 높고 전동기와 함께 시스템 차원에서 운용되기 때문에 전동기와 마찬가지로 설비 기술자들의 에너지 절감 의식이 낮은 관계로 보급이 미미한 실정이다. 현재 국내 고효율 펌프의 보급률은 4% 미만이다. 이는 설비종사자들 사이에서 고효율 펌프에 대한 인식이 자리 잡지 못하고 있기 때문이다. 또한, 외국산 제품이 국내 시장의 60%를 차지하고 있고 국산제품의 시장 점유율이 감소하고 있는

데, 국내 펌프 제조업체는 대기업이 없고 중소기업 위주의 형태여서 다른 고효율기기에 비하여 브랜드 가치가 떨어지는 경향을 보이고 있다. 그리고, 고효율 펌프는 일반 펌프에 비해 가격이 평균 60% 이상 높은 반면에 장려금 지원은 전동기의 절반인 절감전력 1kW당 12만원으로서 소비자의 구매 의향을 떨어뜨려 보급에 장애를 주고 있다. 전동기의 경우에는 고효율과 일반 제품의 가격 차이가 15-30% 정도이다.

우리나라의 고효율 펌프 지원 제도와 미국의 경우를 비교해보면, 지원 기준에 있어서 미국은 설치 대수당 장려금을 책정해놓은 반면에 우리나라는 절전용량 1kW당 장려금을 책정해두었다. 미국의 경우는 주로 수영장 펌프에 대한 지원을 하고 있는데, 수영장 펌프의 용량이 5HP 이하의 소용량으로 범위가 작기 때문에 대당 지원을 해도 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 또한, 우리나라는 펌프만을 대상으로 하고 있지만, 미국의 경우에는 기존 기기에서 신규 기기로 교체시 제어장치를 부착한 기기와 같이 시스템 차원에서도 고려하고 있음을 알 수 있다. 또한, 단순한 교체에 대한 설치가 아니라 검사(inspection)를 통하여 기기의 사용 실태를 전체 조건으로 하여 지원하고 있다. 즉, 총 사용시간에 제약을 두어 실제적으로 에너지 절감 효과가 가능하도록 하고 또한 하루 중 사용시간대에 대한 제약을 두어서(최대부하 시간대를 피하게 하여) 부하관리의 효과까지 가능하도록 하고 있는 것이 큰 특징이라 할 수 있다. 즉, 장려금 지원제도의 시행이 부하관리와 같은 제도와 연동이 가능한 성격을 갖도록 하고 있는 것이다. 이상의 국내 지원제도의 문제점을 미국의 경우와 비교하여 요약하면 다음 <표 1>과 같다.

표 1. 국내 지원제도의 문제점

국가	미국	한국	문제점
지원제도 주체	컨설팅 소비자단체 전력회사 공공기관	예관공	민간단체와 관 주도체제, 수익과 예산 문제
지원제도 대상	소비자 소매업자	소비자	지원제도의 계량 확인 어려움
지원 기기	단펌프 또는 자동제어기 부착 이단펌프 (지원 주체마다 범위 다양, 주로 5HP 이하)	규정 토출량 0.03 -15 m ³ /min의 원심펌프	확실적 지원 범위로 다양한 형태의 소비자를 정책으로 유인하지 못함
지원 조건	신규 설치 또는 교체 설치, 예산 한도내 선착순 지원, 사용 시간 제약	절전용량 0.5kW 이상 신규 설치 또는 교체 설치	교체 설치의 경우 추가적인 비용에 대한 지원이 고려되지 않음
지원제도 성격	기술개발 보급촉진	보급촉진	행정관리 인력부족으로 인한 지원제도 단순화
제도 실행평가	제도실행 전후 평가		평가방법 개발되었으나 적용시 오차 많아 활용되지 않음
대상 관리	3~5년 정기적	연중 1회 무작위	최근 2~3년 관리에 문제
제도 위반 시	건당 \$100 x 일수	벌금 2천만원 이하	실적 없음

3. 적정 장려금 산정 방안

3.1 장려금 지원을 반영한 보급모형

고효율기기의 합리적인 장려금 산정을 위해서는 모든 기기에 대하여 일관성을 갖고 해결할 수 있는 모형을 개발할 필요가 있는데, 기존 연구에서 기기의 보급 특성에

대하여는 확산모형, 가격 특성에 대하여는 학습모형이 활발히 이용되어왔다[1][2]. 이는 고효율기기가 시장에서 어떻게 보급되고 가격이 어떻게 변화하는지 분석함으로써 향후의 변화를 추정하여 제도의 시행 시점을 판단하는 것이다. 특히, 광고 및 장려금 효과를 반영한 수정 확산모형이 연구된 바 있으나, 기기마다 보급 특성이 다르므로 광고 또는 장려금에 의해 영향을 받는 특성 또한 달라서 일관성을 갖고 적용하기에는 문제점이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 기존 연구[1]에서 개발한 모형을 변형하여 세 가지로 제시하였다. 장려금 지원을 반영한 모형을 세 가지로 나누어 간단히 설명하면, 첫 번째 모형은 혁신계수와 모방계수의 효과에 동일하게 반응하는 모형으로 보급이 일정 기간 진행된 경우에 적용하는 것이 적합하다(가칭 보급증기모형). 두 번째 모형은 혁신계수의 효과에 민감하게 반응하는 모형으로서 보급 초기의 단계에 적용하기에 적합하고(가칭 보급초기모형), 세 번째 모형의 경우에는 보급 실적 자료가 매우 부족한 경우에(2-3개년도)에 적합한 모형이다(가칭 보급개시모형). 세 가지 모형 모두 확산모형에서 혁신계수(p)와 모방계수(q)를 어떻게 표현하는가에 의해 차이가 난다. 펌프의 경우에는 전동기가 포함되어 작동하게 되므로, 전동기에 사용한 모형을 이용하기로 한다. 즉, 보급증기모형에 해당된다. 선행 연구[3]에서 개발한 보급증기모형의 수식은 다음과 같다.

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

$$p = p_0 + af_1(A) \quad (2)$$

$$q = q_0 + bf_1(A) \quad (3)$$

$$f_1(A) = \ln A(t) \quad (4)$$

3.2 장려금 수준별 회피비용 분석

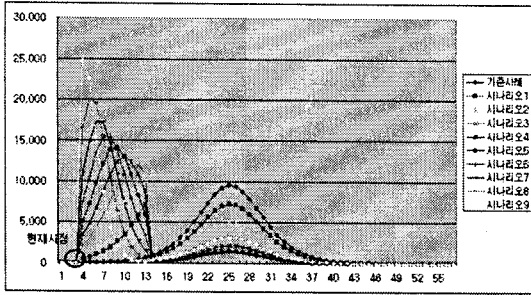
기존 연구[4]에서 제안한 회피비용분석을 포함한 수요 관리 효과의 정량적 심사 모형을 적용하기 위해서는 모든 관련 주체를 망라한 광범위한 자료가 필요한데, 이러한 자료의 확보는 본 연구의 범위에서 벗어나기 때문에 이와 유사하고 보다 적은 자료가 필요하며 이미 대중화되어 있는 캘리포니아 테스트를 활용하기로 한다. 캘리포니아 테스트는 1983년 미국에서 개발된 것으로서 총자원비용(TRC: Total Resource Test)와 수용가영향도(RIM: Ratepayer Impact Measure)가 비용최소화계획으로서 현재까지 널리 이용되어 왔다. 본 연구에서는 고효율기기 사용에 따라 전력소비가 감소하고 이는 전력회사의 회피비용을 발생시킨다는 것에 초점을 맞춰서 이 테스트를 적용하며, 고효율기기 프로그램 관련 주체별 의견을 분석하여 시행 여부를 판단하는데 활용한다.

4. 사례 연구

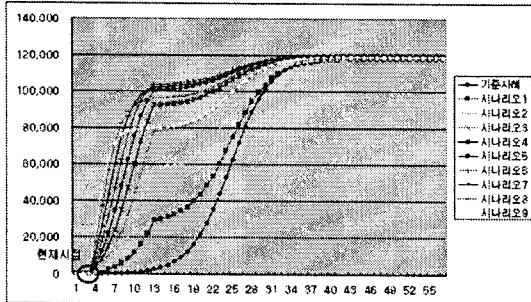
4.1 보급특성 분석

고효율펌프의 장려금 지원을 고려한 보급특성 분석에 관한 연구는 [5]에서 기초적인 연구를 수행하였으며, 본 논문에서는 [5]의 결과를 활용하였다. 이 선행 연구에서는 장려금의 수준에 따라 어떻게 기기 보급에 어떠한 영향을 미치는지 파악하기 위해 지원금 수준에 대한 9가지의 시나리오를 구성하였고 각 시나리오별로 보급모형을 적용하여 비교하였다. 각 시나리오 구성 시 다음과 같은 가정을 하였다. (1) 내수시장에서 포화될 때까지 고효율기기는 보급된다. (2) 장려금은 해당년도에 영향을 준다. (3) 고효율펌프의 연도별 보급량은 2003-2005년 자료로

부터 추정한다. 각 시나리오에 대한 수행 결과를 가져오면 다음 <그림 1>, <그림 2>와 같다.



<그림 1> 고효율펌프의 시나리오별 보급추이[5]



<그림 2> 고효율펌프의 시나리오별 누적보급추이[5]

이 결과가 시사하는 바를 분석하면 다음과 같다. 장려금 규모를 기기가격의 20% 이상 지원하였을 경우에는 장려금 지원 기간(10년 가정) 내에 최대 보급시점까지 도달하고, 90% 지원 시에는 최대보급시점이 1년, 20% 지원 시에는 10년, 10% 지원 시에는 20년에서 나타났다. 따라서, 고효율 펌프에 대하여는 향후 10년을 기준으로 하였을 때 기기가격의 최소 20% 이상을 지원하는 방안을 도입할 필요가 있다.

4.2 회피비용 분석

장려금 산정에 대한 방법으로 현재 사용되고 있는 방법이 캘리포니아테스트에 의한 회피비용 분석법이다. 4가지 테스트를 모의해 보았으며, 특히 RIM과 P 테스트를 모의하여 이익(B)/비용(C)가 1 이상이어야 한다. 과거와 달리 여러 변수가 변화하였으므로 이를 다시 조정하였다. LNG 발전설비(단가 103[원/kWh])를 회피하며, 수용률을 32%, 전기요금을 약 62[원/kWh]로 가정하였다. 또한 수명을 10년, 전력회사 할인율은 8%, 수용가 할인율은 10%로 가정하였다. 앞의 보급모형 평가를 위해 입수한 자료로부터 비용산정 시 펌프의 평균부하는 25.7 kW/대, 평균 절감량은 20%, 연간 절감량은 12,341 kWh/년,대, 첩두부하 시 수용률은 55%로 가정하였다. 이에 대한 결과는 다음과 같다.

표 2. 펌프 회피비용분석 결과(현재 수준)

구분	UC	P	RIM	TRC	
전력회사	회피비용	42,196	-	133,743	133,743
	기기비용	-	-	-	-
	관리비용	-	-	-	-
	장려금	4,853	4,853	4,853	-
	수입감소	-	-	55,348	-
참여자	기기비용	-	39,140	-	39,140
	요금감소	-	49,183	-	-
총이익(B)	42,196	54,037	133,743	133,743	

총비용(C)	4,853	39,140	60,202	39,140
B/C	8.69	1.38	2.12	3.42

현재의 장려금 수준(펌프 가격의 12.4% 지원)을 고려했을 때 RIM=2.22, P=1.38이며, UC=8.69로서 전력회사 입장에서 지나치게 높은 수준으로 되어 있다. 극단적으로 펌프 가격의 90%를 지원할 경우에도 UC=1.20으로서, 1보다 높은 수준인 것으로 나타났다.

<표 3> 펌프 회피비용분석 결과(장려금 수준별)

장려금 수준 (가격의 ~%)	UC	P	RIM	TRC	대당 장려금 (천원)	1kW 절감당 (천원)
90%	1.20	2.16	1.48	3.42	4,500	875
80%	1.35	2.06	1.54	3.42	4,000	778
70%	1.54	1.96	1.62	3.42	3,500	681
60%	1.80	1.86	1.70	3.42	3,000	584
50%	2.16	1.76	1.79	3.42	2,500	486
40%	2.70	1.66	1.88	3.42	2,000	389
30%	3.59	1.56	1.99	3.42	1,500	292
20%	5.39	1.46	2.12	3.42	1,000	195
12.4%	8.69	1.38	2.22	3.42	620	120

이상의 보급모형에 의한 결과와 회피비용분석에 의한 결과를 종합하면 다음과 같다. 보급모형 결과에서는 펌프 가격의 20-90%, 회피비용분석 결과에서는 펌프 가격의 0-100%로서 이들 결과의 조합은 펌프 가격의 20-90%에 해당된다. 이는 100만원-450만원에 해당하며, 절감전력 1kW당 지원금액으로 환산하면 19.5만원-87.5만원으로서, 현재 12만원의 최고 7.3배 정도이다.

4. 결 론

펌프의 경우에는 장려금 지원 유무에 관계 없이 참여자는 이익을 얻게 되나, 프로그램 시행 초기에 유인 차원에서 장려금 지원이 필요하며, 최대보급시점 및 최저효율제 시행 시점을 당기기 위해서 장려금 지원이 고려되어야 한다. 지원 수준은 절감전력 1kW당 19.5만원으로 했을 때 2017년에 최대보급시점에 도달하여 최저효율제를 시행할 수 있을 것으로 판단되며, 정밀한 장려금 산정을 위해서는 고효율펌프의 시장가격 변화 추이 조사 연구가 필요로 된다.

감사의 글

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

[참 고 문 헌]

- [1] 산업산업부, DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법 개발 및 활용방안 연구 최종보고서, 1998
- [2] 산업자원부, 전력산업 경쟁도입에 따른 요금변화에 대한 부하모델수립 및 DSM 프로그램 도입에 미치는 영향 평가에 관한 연구, 2002
- [3] 황성욱 외, "고효율기기의 보급시기별 특성을 고려한 새로운 보급모형의 제안 및 장려금 지원 방안 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007
- [4] 김정훈, 장승찬, "전력수요관리 프로그램의 비용효과 심사 모델: 국가점 관점에서의 접근", 홍익대학교 과학기술연구소 논문집, 제7권, pp. 97-111, 1996
- [5] 황성욱 외, "장려금 지원을 반영한 보급모형을 이용한 고효율전동기의 보급특성 분석", 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 175-177, 2007