

# Bass 확산모형을 이용한 가정용 냉장고의 보급추정 및 효율향상에 따른 경제성 분석 연구

論 文

57-11-8

## A study on the Distribution Estimation of Residential Refrigerators using Bass Diffusion Model and Economic Analysis Corresponding to Enhancement of Energy Efficiency

白正明<sup>†</sup> · 元鍾律<sup>\*</sup> · 李丙河<sup>\*\*</sup> · 金正勳<sup>\*\*\*</sup>

(Jung-Myoung Baek · Jong-Ryul Won · Byung-Ha Lee · Jung-Hoon Kim)

**Abstract** - Due to rapid economic growth, the usage of residential cooling electrical appliances such as air conditioners and refrigerators has increased dramatically for the last decades. In order to reduce its energy consumption, the authorities have applied energy efficiency standards for principal appliances, including refrigerator. This paper estimates the distribution of refrigerators using the Bass Diffusion Model and then performs economic analysis corresponding to enhancement of energy efficiency more correctly than existing methods.

**Key Words** : Bass Diffusion Model, Refrigerator, Efficiency Standards, Energy Saving, Avoidance Cost

### 1. 서 론

전 세계적으로 에너지 소비가 지속적으로 증가하고 BRICs 국가들의 경제 발전으로 인하여 빠르게 에너지 자원이 감소하고 있다. 또한 에너지기후협약에 따른 온실가스 감축에 대해 관심이 증가되고 있는 가운데 에너지효율을 높이기 위한 노력이 증가되고 있다. 이에 따라 정부에서는 에너지 소비를 감소시키기 위해 냉장고와 같은 주요 전기기기의 에너지 효율기준 및 라벨 제도를 시행하고 있다. 효율기준은 경우에 따라 최저 기준 이하의 에너지 효율을 갖는 제품 생산을 금지하는 등 제품의 에너지 성능을 규정하는 절차와 규제 내용을 담고 있다[1,4,7,11]. 에너지 효율기준은 강제적일 수도 있고 자발적일 수도 있는데, 강제적인 에너지 효율기준은 일반적으로 전기기기의 에너지 효율을 빠르게 향상시킬 수 있는 가장 효과적인 수단이다. 에너지 효율기준은 온실가스 배출과 에너지 사용을 감소시키는 한편 지속적으로 에너지를 절약시킬 수 있는 가장 중요한 정책 중 하나이다. 많은 국가들이 에너지 효율기준을 도입함으로써 매우 성공적인 결과를 나타내어 왔기 때문에 다른 국가들이 그 경험을 배울 수 있다[2,3,5,8,11].

일반적으로 최저효율기준을 수립하기 위하여 사용되는 방안으로는 크게 공학적접근법(Engineering Economic Approach)과 통계적접근법(Statistical Approach)의 두 가지

가 존재한다. 미국과 같은 선진국의 경우는 공학적접근법을 이용하며, 한국에서는 통계적접근법을 이용하고 있다. 공학적접근법은 비용효과분석이 가능하며 시장에 보급되지 않은 신기술의 도입 등을 고려할 수 있는 등 많은 장점이 존재하지만 많은 시간과 자료가 필요하며, 절감목표를 먼저 정한 후에 최저효율기준을 수립해야 하는 단점도 존재한다. 반면에 통계적접근법은 시장에서 유통되는 기기의 자료를 이용하므로 자료를 구하기가 쉽고 시간이 절약되는 장점이 있지만, 주어진 효율향상치에 대한 비용효과분석이 어려운 단점이 존재한다. 한편 보급정책의 관점에서 일반적으로 기기의 보급이 시작된 이후에 최대보급시점을 경과하게 되면 장려금 지원 정책보다는 최저효율제를 통해 규제하는 것이 적합하다.

본 논문에서는 보다 정확한 보급확산추이를 예측하고 통계적 접근법에서 구해진 자료에 기초하여, 강화된 효율기준에 대한 기기의 에너지 절감효과를 검토하는 방안에 대해 분석하고자 한다. 기존의 효율기준 제정 방법에 관한 자료에서는 효율기준을 향상시킴에 따라 에너지 절감효과가 얼마나 증가하는지 알기가 어려우며 기존의 논문이나 보고서에서는 추후 보급량을 단지 선형적으로 증가한다고만 분석하였으나 본 논문에서는 보다 정확한 방안으로서 보급데이터를 활용하여 추정된 Bass 확산모형에 기초한 보급모형을 기반으로 더욱 현실적인 보급대수를 추정하여 효과를 분석하는 체계적인 분석기법을 제안하고, 여기에서 제안된 방법을 가정용 냉장고에 적용하여 효율향상에 따른 에너지 절감효과와 그에 따른 경제성 분석을 수행하였다. 효율기준 강화에 의한 에너지 감소는 신규 발전소 건설 및 발전 비용과 이산화탄소의 배출을 감소시킬 수 있으며 회피비용 분석을 통하여 경제적 효과를 정량적으로 나타낼 수 있다.

<sup>†</sup> 교신저자, 學生會員 : 仁川大學校 電氣工學科 碩士課程

E-mail : baekguy96@nate.com

<sup>\*</sup> 正 會 員 : 安陽大學校 電氣工學科 副教授 · 工博

<sup>\*\*</sup> 正 會 員 : 仁川大學校 電氣工學科 教授 · 工博

<sup>\*\*\*</sup> 正 會 員 : 弘益大學校 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2008年 4月 15日

最終完了 : 2008年 8月 21日

## 2. Bass 확산모형을 활용한 효과분석 절차

### 2.1 효율기준 효과분석의 문제점

효율기준설정에서 우리나라의 경우 통계적인 방법으로 기존 효율기준 대상 기기들의 효율에 대한 자료를 수집하여 현재 판매되고 있는 기기들에 대해 효율기준과 기술적 수준을 고려하여 기준을 정하고 있다.

국내에서는 효율기준에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있지 않고 있다. 효율기준 강화시 효과분석에 있어서 체계적인 방법이 없으며 분석 방법 또한 미흡한 점이 발견되고 있다.

첫째, 보급대수 추정에 있어서 단순히 해년 마다 몇%씩 증가한다고 보거나 2차함수로 증가한다고 가정하였다.

T.M.I. Mahlia는 말레이시아를 대상으로 냉장고와 에어컨의 에너지 절감 잠재량을 분석하였다[6,7,9]. 이 논문에서는 기준년도에 대한 비용/에너지 절감을 계산하였다. 그리고 연간 냉장고의 보급대수는 추정된 2차함수로 나타내어서 보급대수가 무한히 증가해 보급의 포화과정을 설명하지 못한다.

둘째, 현재 에너지 절감량 산정시 신규 및 교체대수에 대한 절감량 산정을 하지 않고 현재 설치대수에 대해서 절감량을 산정하고 있다. 이것은 효율기준을 강화했을 경우 새로 판매되는 제품에 적용되는 것인데 현재 설치되어 있는 기기대수에 대해 절감량을 산정하였기 때문에 정확한 결과를 얻기 힘들다.

셋째, 효율기준 강화시 에너지 절감뿐만 아니라 전체적인 효과를 분석하지 못하고 있다. 효율기준 강화 하였을 경우 얻을 수 있는 효과에 대해 단순히 에너지 절감만 고려하는 것 보다 다양한 관점에서 효율기준 강화의 효과를 설명하는 것이 에너지 절감에 대한 경제적, 사회적인 영향을 분석하는데 있어 더 효과적이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 Bass확산모형을 이용하여 보급량을 추정하여 신규 및 교체대수를 추정하여 절감량을 산정하는 방식을 제시한다. 국내의 효율기준에 관한 기존 논문에서 Bass 확산모형을 이용하여 보급량 산정을 시행한 적은 없었다. Bass 확산모형은 제품의 자연적 보급 과정을 잘 나타내는 것으로 알려져 있으며 기존의 보급데이터에 근거하여 앞으로 보급추이를 보다 정확히 예측하게 된다. 또한 효율기준 강화시 에너지 절감효과 분석뿐만 아니라 경제성 분석을 통해 경제적 관점의 효율기준 강화정책의 합리성을 평가해 보았다.

### 2.2 Bass 확산모형

확산모형(Diffusion Model) 도입 목적은 주어진 잠재 고객들 사이에 새로 소개된 제품(혁신 제품)이 시간에 따라 어떻게 확산되어 가는가를 설명하기 위한 것이다. 확산모형은 1960년 Fourt와 Woodlock에 의해 처음 제시된 후, Mansfield(1961년), Bass(1969년) 등에 의해 발전되어 왔으며, 최근의 연구들은 대부분 Bass의 모형을 근간으로 하고 있다.

Bass모형에서는 아래 그림과 같이 신제품의 채택유형을 크게 두 가지, 즉 혁신자 (Innovator)와 모방자 (Immitator)로 나눈다. 혁신자란 광고 등을 통해 제품에 대한 정보를 획득한 후 과감히 신제품의 사용을 시도하는 그룹이며, 모방자는 모방자들이 제품을 사용한 결과를 보고 모방하여 신제품 사용을 시도하는 그룹이다. 이를 Bass는 외부적 영향에 의한 제품 구입과 내부적 영향에 의한 제품 구입이라고 분류하였다.

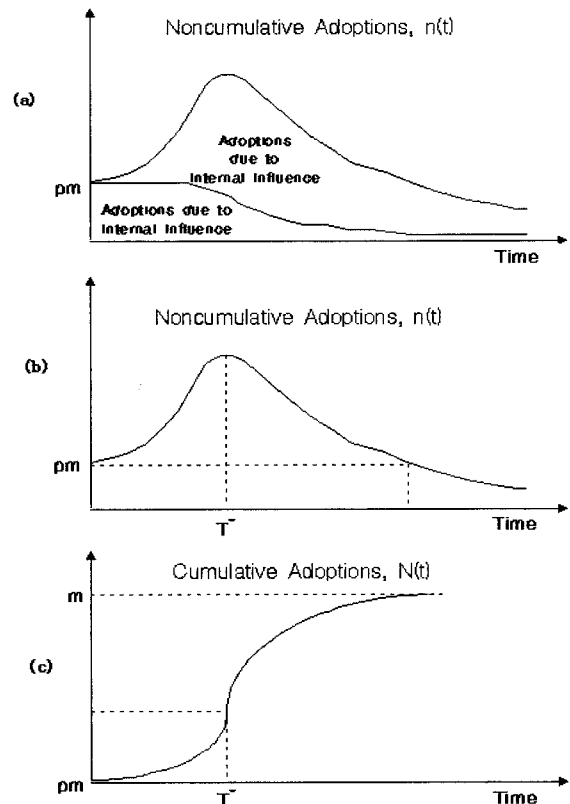


그림 1 Bass 확산모형  
Fig. 1 Bass Diffusion Model

Bass의 확산모형을 사용하기 위해서는  $m, p, q$  등 3개의 모수를 추정하여야 한다. 여기서,  $m$ 은 잠재시장의 크기를 나타내며,  $N(t)$ 는 매년도의 누적수요로서 그림 (c)와 같은 S-curve 형태를 갖게 된다. (1)식의  $p$ 를 혁신계수 (Coefficient of Innovation)라 부르며  $q$ 를 모방계수 (Coefficient of Imitation)라 한다.

Bass 확산모형을 사용하기 위해서는  $m, p, q$  등 3개의 모수를 추정하여야 한다.

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

$N(t)$  :  $i$  년도 냉장고의 총 누적보급대수

$m$  : 냉장고의 잠재량

$p$  : 혁신계수

$q$  : 모방계수

### 2.3 효과분석 절차

효율기준을 새로이 설정하면 함께 동반되는 것이 효율기준 강화에 대한 에너지 절감량 산정이다. 지금까지 효율기준 관련 자료에서는 단순 절감량 만을 계산하였을 뿐 체계적인 효과분석 절차가 없었다. 그리하여 본 논문은 Bass 확산모형을 이용하여 보급량을 추정하고 경제성 분석을 고려한 에너지 절감에 대한 체계적인 효율기준강화 효과분석 절차를 제시한다.

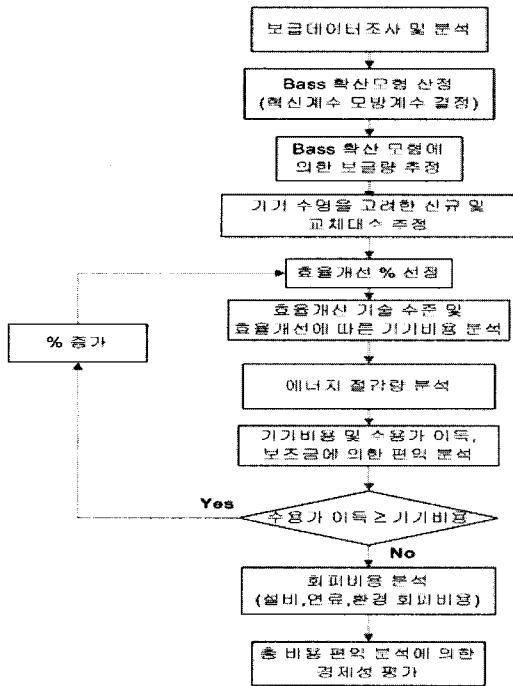


그림 2 효율기준 효과분석 절차  
Fig. 2 Diagram of effect analysis for efficiency standards

가장 먼저 대상기기의 보급데이터를 조사하여 Bass 확산 모형의 혁신계수  $p$ , 확산계수  $q$ 를 구하여 보급량을 추정하며 기기 수명을 고려하여 신규 및 교체 대수를 추정한다. 신규 및 교체대수를 추정하는 것은 새로운 효율기준이 새로 판매 되는 제품에 적용되기 때문에 신규 및 교체대수를 추정하는 것이다. 다음 절차로는 효율기준을 기존보다 몇% 개선할 것인지 선정하고 효율개선에 따른 기기비용을 분석하여 수용가 이득과 추가된 기기비용이 같아지는 효율개선 %를 선정한다. 여기서 절차상 기기비용을 결정해야 하는데 에너지효율만을 향상시키는데 실질적인 비용이 얼마나 추가되는지 정확히 알기 힘들다. 그리하여 이것은 추후 연구과제로 남기고 본 논문에서는 평균적인 절감률인 10% 향상된 것으로 가정하였다. 결정된 절감률과 사용시간, 신규 및 교체대수를 이용하여 에너지 절감량을 계산하고 경제성 분석을 행한다.

### 3. 냉장고의 보급추정 및 경제성 효과 분석

#### 3.1 Bass 확산모형을 이용한 가정용 냉장고 보급추정 및 에너지 절감량 산정

우리나라 냉장고 에너지 효율기준 강화에 따른 에너지 및

비용 절감 잠재량을 예측하였다. 이것을 추정하는 새로운 적용 기법으로 냉장고의 보급 데이터를 이용한 Bass의 확산모형을 적용한다. Bass확산모형은 제품의 자연적 보급 과정을 잘 나타내는 것으로 알려져 있으며, 기존의 보급데이터에 근거하여 앞으로 보급추이를 보다 정확히 예측하게 된다.

본 연구에서는 통계 및 경제성 분석을 통하여 에너지 및 비용 절감 분석 방안을 제안하였다. 먼저, 시계열 데이터를 기초로 하여 다음 식의 Bass의 확산모형을 이용하여 냉장고의 누적보급대수를 추정하였다.

제안된 방법을 국내의 가정용 냉장고에 적용하며 다음의 테스트 시스템에 적용하여 보았다. 통계 데이터에 기초한 Bass의 확산모형으로 냉장고의 보급을 예측하였다. 확산모형의 혁신계수와 모방계수는 최소자승법과 시행착오학습을 통하여 산정하여  $p = 0.014$ ,  $q = 0.082$  을 구했으며 최대 인구수를 약 60,000,000으로 가정하였고 가구당 냉장고의 보급률은 1.02로 가정하였다. 여기서 한 가구당 구성인원은 3인으로 하였다. 그러므로 냉장고의 최대 잠재량은  $20,400,000 = (60,000,000/3*1.02)$ 이다.

냉장고는 1970년부터 보급이 시작되었기 때문에 초기년을 1970년으로 하며 2040년까지 추정된 총 누적보급대수를 다음 그림에 보였다. 현재 보급량은 약 1,655만대 정도이다.

표 1 가정용 냉장고의 보급데이터  
Table 1 Distribution data of residential refrigerators

연도	보급대수
1993	12,300,000
1994	12,843,000
1995	13,387,000
1996	13,496,000
1997	13,606,000
1998	13,724,000
1999	13,942,000
2000	14,242,000
2001	15,033,000
2002	15,825,000
2003	16,067,000
2004	16,309,000
2005	16,432,000
2006	16,555,000

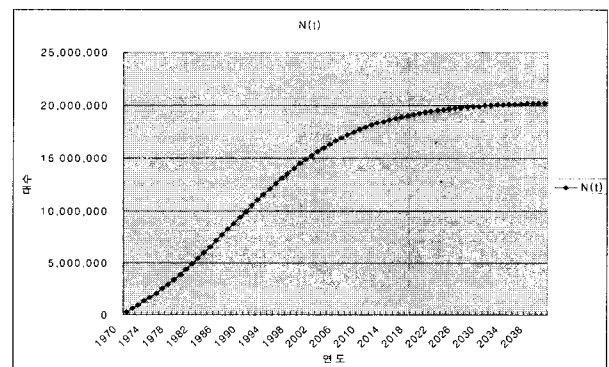


그림 3 Bass 모형에 의한 냉장고의 총 누적보급대수 추정  
Fig. 3 Total accumulated distribution estimation of the refrigerators

- 약 자 -

ND - New Distribution

RD - Replacement Distribution

NR - New, Replacement Distribution

i 년도 냉장고의 신규보급대수는 다음 식과 같이 직전년도의 누적보급대수를 빼줌으로써 계산할 수 있다.

$$ND_i = N(t_i) - N(t_{i-1}) \quad (2)$$

ND<sub>i</sub> : i 년도 냉장고의 신규 보급대수

그러나, 이 추정에서 냉장고의 수명이 고려되어야 하므로 i년도의 신규 및 교체 대수는 다음과 같다.

$$NR_i = ND_i + RD_i \quad (3)$$

RD<sub>i</sub> : i년도 냉장고의 교체대수

NR<sub>i</sub> : i년도 냉장고의 신규 및 교체 대수

위 식을 이용하여 각 연도별 누적 보급량과 신규 및 교체대수를 표 2에 나타내었다. 교체대수는 냉장고 수명 7년으로 계산하여 추정하였다.[12]

표 2 계산된 분석 결과(보급대수)

Table 2 Calculated analysis results

연도	N(t)	ND	RD	NR
2008	17,493,215	254,122	395,487	649,609
2009	17,729,539	236,324	374,326	610,650
2010	17,948,895	219,356	353,232	572,588
2011	18,152,143	203,247	332,382	535,629
2012	18,340,156	188,014	311,927	499,941
2013	18,513,815	173,659	291,998	465,657
2014	18,673,991	160,176	272,701	432,877
2015	18,821,541	147,550	254,122	401,672
2016	18,957,299	135,758	236,324	372,082
2017	19,082,071	124,772	219,356	344,128
2018	19,196,630	114,559	203,247	317,807
2019	19,301,716	105,086	188,014	293,100
2020	19,398,031	96,315	173,659	269,974

냉장고 효율기준을 강화했을 경우 제도시행 해에 생산된 제품은 효율이 높아진 제품이 출시됨으로 현재 설치되어 있는 냉장고는 고려하지 않고 신규 및 교체대수를 고려하여 에너지 절감량을 산정하는 것으로 하였다.

보급된 냉장고의 에너지 절감량(kWh)은 신규 및 교체대수, 평균 용량(W), 연간 사용시간, 절감율을 곱하여 계산할 수 있다. 연간 사용시간은 냉장고의 경우 1년 365일 대부분 가동됨으로 수용률을 96.6% 적용하는 것으로 하고[13], 절감률은 현재 효율기준을 10% 증가하였다고 본 것이다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{에너지 절감량} = NR \cdot W \cdot T \cdot S \cdot D \quad (4)$$

NR : I년도 냉장고 신규 및 교체대수

W : 평균용량

T : 연간 사용 시간 (24\*365 = 8760)

D : 96.6% (수용률)

S : 절감률 10%

냉장고의 평균용량은 67W로 추정되었고, 냉장고의 수명은 약 7년으로 하여 교체대수를 산정하여 절감량을 계산하였다. 계산된 분석 결과를 다음 표 3에 요약하였다.

표 3 효율기준 강화 시 에너지 절감량

Table 3 Energy saving while reinforcing efficiency standards

연도	신규 및 교체대수	사용전력량 (MWh/year)	절감량 (MWh/year)
2008	649,609	368,305	36,830
2009	610,650	346,217	34,621
2010	572,588	324,637	32,463
2011	535,629	303,682	30,368
2012	499,941	283,448	28,344
2013	465,657	264,011	26,401
2014	432,877	245,426	24,542
2015	401,672	227,733	22,773
2016	372,082	210,957	21,095
2017	344,128	195,108	19,510
2018	317,807	180,185	18,018
2019	293,100	166,177	16,617
2020	269,974	153,065	15,306

냉장고의 효율기준 강화정책 도입 시와 미 도입을 비교하여 신규 및 교체 제품에 대한 절약된 누적 소비 전력량을 다음 그림 4에 나타내었다. 효율기준 강화에 따라 에너지 소비가 차이가 있음을 알 수 있으며 효율향상이 에너지 절감에 효과가 있음을 알 수 있다.

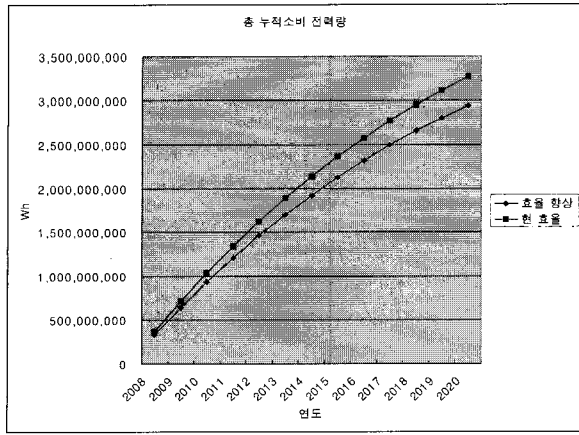


그림 4 총 누적 소비 전력량 비교  
Fig. 4 Comparison with accumulated total power consumption

3.2 경제성 분석

효율기준을 제정하는데 있어서 정확한 경제성 분석은 아주 중요한 검토사항이다. 이루어져야 하는 것은 중요한 과제이다. 효율기준 강화가 단순 에너지 절감뿐만 아니라 경제적 이익이 어느 정도 되는지 알아보는 것은 그 정책의 합리성을 여러 방면에서 검토를 한다는 중요한 의미가 있다.

Bass 확산곡선을 이용하여 2020년까지 보급대수를 추정하고 이에 근거하여 신규 및 교체대수를 이용하여 각 해의 전력 절감량과 절감액을 분석하였다. 전기 생산 절감액은 1kwh 만드는 금액(전력 단가)을 활용하여 절감 에너지에 전력단가를 곱하여 산정하였다. 이것은 실질적인 전기 절감에 의한 값이다.

- ▶ 전력 단가 : 76.43원/kwh (2006년 판매단가 평균가격)
  - ▶ 절전량 : 사용전력량 \* 절감률 (현 효율기준의 10% 강화)
  - ▶ 연간 전기 절감액 : 절전량kWh \* 76.43원/kwh(전력 단가)
- 각 연도별 전기 절감에 따른 전기 생산 절감액을 표 4에 나타내었다.

표 4 효율향상에 따른 전기 생산 절감액  
Table 4 Energy saving caused

연도	절전량 (MWh/year)	연간 전기절감액 (백만원)
2008	36,830	2,814
2009	34,621	2,646
2010	32,463	2,481
2011	30,368	2,321
2012	28,344	2,166
2013	26,401	2,017
2014	24,542	1,875
2015	22,773	1,740
2016	21,095	1,612
2017	19,510	1,491
2018	18,018	1,377
2019	16,617	1,270
2020	15,306	1,169

2007년부터 2020년까지 에너지 절감에 따른 총이익을 아래의 그림 5에 나타내었다. 2020년에는 누적 절감액이 249억 원으로 추정된다.

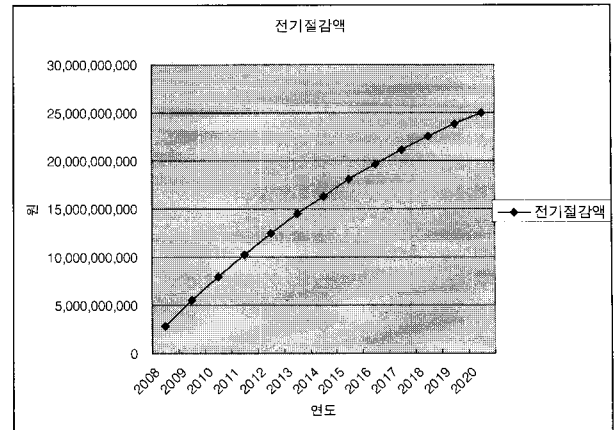


그림 5 효율기준 강화시 따른 누적 총 이익  
Fig. 5 accumulated total revenue caused reinforcing efficiency standards

가. 발전량 절감

본 연구에서는 발전량 절감, 계통부하 절감 또한 에너지 절감으로 인한 설비회피비용, 연료회피비용을 구함으로써 경제성 분석을 하였다. 효율기준 강화를 통한 에너지 절감은 냉장고의 경우 전시간대에 가동함으로 전체에너지사용을 줄이게 된다. 그럼으로 정확히 석유, LNG, 석탄 발전을 조금씩 회피한다고 볼 수 있다. 그러나 냉장고는 전 시간에 걸쳐 가동됨으로 각 시간대별로 절감량을 계산할 수 있으나 이는 매일 매일 변하는 부하곡선에 적용한다는 것은 현실적으로 어렵다고 보고 부하곡선의 피크 부분을 제거한다는 가정으로 LNG 발전을 회피한다고 가정하였다.

- ▶ 효율기준 강화정책 미도입시 평균부하 : 67 W
- ▶ 효율기준 강화정책 도입시 평균부하 : 60.3 W(평균부하 \* 절감률)
- ▶ 절감부하 : 6.7W
- ▶ 연간 전력절감량 : 58.69kWh(6.7W \* 8760h)
- ▶ 발전량절감 : 58.69kWh/(1-0.07014) = 63.12kWh/year

- 평균손실율 = [(송배전손실률+소내전력율(LNG)) - (송배전손실률 \* 소내전력율)] : 0.05 + 0.0212 - (0.05 \* 0.0212) = 0.07014

나. 피크치 계통부하 절감

= (6.7W/(1-0.07014))\*0.966 = 6.96 W/대

- 피크시수용율 : 96.6%

다. 회피비용

회피비용은 전력회사가 전력소비량을 감소시켰을 때 발생하는 비용감소분을 말하는데 회피대상기간의 크기에 따라 단기 및 장기회피비용으로 구분한다. 단기회피비용은 전력생산의 감소가 단기적으로 이루어져서 미래의 설비투자의 영향을 미치지 않는 경우이며, 장기회피비용의 경우에는 미래의 설비투자 감소를 고려한 발전비용 감소분을 의미한다.

(1) 설비회피 비용

전력회사가 새로운 발전설비를 건설해야 하는 것을 피함으로써 절약하는 모든 비용을 포함한다. 에너지를 절감함으로써 추가적인 발전소 건설 및 발전, 송변전, 배전 비용을 절감할 수 있다.

$$\text{kw당 회피비용} \times \text{절감전력} = 207,141 \text{원/kw} \times 0.00696 \text{kw/대} = 1441 \text{원/대}$$

-발전 : 115,221원/kw 송변전 : 77,810원/kw  
배전 : 14,110원/kw

\* 발전, 송변전, 배전의 회피비용 단가는 2006년 한전 자체회피비용 적용기준 입.

$$\text{연금현재가계수} : \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{(1+0.08)^7 - 1}{0.08(1+0.08)^7} = 5.206$$

할인율 : 8%

현재가치로 환산한 회피비용 :

$$1441 \text{원/대} \times 5.206 \times 649,609 \text{대} = 4,873 \text{ 백만원/year}$$

(2) 연료회피 비용

효율기준 강화로 인한 에너지 절감으로 추가적인 발전을 회피한다. 그러므로 발전에 필요한 연료도 절감함으로써 연료회피 비용을 산출하였다.

$$\text{연료회피 비용} : 81.70 \text{원/kWh} \times 63.12 \text{ kWh} \times 649,609 \text{대} = 3,349 \text{ 백만원/year}$$

81.70원/kWh (LNG연료비 단가 2008년 평균)

$$\text{현재가치로 환산한 회피비용} : 3,349 \text{백만원/year} \times 5.206 = 17,439 \text{ 백만원/year}$$

(3) 환경회피 비용

오염물질로는 일반적으로 CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, DUST 등 여러 있지만 본 연구에서는 환경오염과 관련하여 가장 많이 연구되고 있는 CO<sub>2</sub>와 NO<sub>x</sub>에 대한 환경회피비용을 한국전력공사, 전기연구소에서 조사한 자료를 토대로 제거비용만을 고려한 환경비용을 산출하였다.

표 5 LNG복합화력발전설비 가동시의 오염물질 배출량과 제거비용

Table 5 emission of pollutant and removal cost

오염물질의 종류	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
배출량(g/kWh)	181	0	1.13
제거비용(원/g)	0.012	1.8	2.4

출처-한국전력공사, 전기연구소[14]

▶ 환경회피비용

$$\begin{aligned} & \text{배출량(g/kWh)} \times \text{절감에너지(kWh)} \times \text{제거비용(원/g)} \\ & = 181 \text{g/kWh} \times 36,830,549 \text{kWh} \times 0.012 \text{원/g} \\ & \quad + 1.13 \text{g/kWh} \times 36,830,549 \text{kWh} \times 2.4 \text{원/g} \\ & = 179 \text{ 백만원/year} \end{aligned}$$

위 계산은 2008년 기준으로 한 것으로 각 연도별 설비회피, 연료회피, 환경회피 비용에 대해 아래 표 6에 정리하였다.

표 6 연도별 설비회피비용 및 연료회피비용

Table 6 Equipments avoidance cost and fuel avoidance cost by year

연도	설비회피비용 (백만원)	연료회피비용 (백만원)	환경회피비용 (만원)
2008	4,873	17,439	179,889
2009	4,581	16,394	169,092
2010	4,295	15,372	158,552
2011	4,018	14,379	148,318
2012	3,750	13,421	138,436
2013	3,493	12,501	128,943
2014	3,247	11,621	119,866
2015	3,013	10,783	111,225
2016	2,791	9,989	103,031
2017	2,581	9,238	95,290
2018	2,384	8,532	88,002
2019	2,198	7,868	81,160
2020	2,025	7,247	74,757

#### 4. 결 론

냉장고는 우리가 일상생활에서 지속적으로 사용하고 있는 백색가전이다. 그러므로 냉장고의 효율이 좋아지면 큰 에너지 절감을 유발할 수 있으며, 보급정책의 기본 방향은 고효율기기의 보급이 잘 이루어 지지 않은 초기에는 장려금을 주거나 라벨링 제도를 도입하여 고효율기기의 보급을 촉진시킬 수 있다. 그러나 냉장고의 경우는 고효율 제품이 매년 시장에 출시되고 있으므로 고효율이 아닌 제품은 최저효율제를 적용하여 기준에 미달되는 제품은 생산을 금하여 고효율제품만 시장에 나올 수 있게 하는 강제적인 제도를 도입하는 것이 더 효율적이기 때문에 최저효율제가 가장 알맞다고 판단된다. 기존의 효율기준 제정 방법에 관한 자료에서는 에너지 효율을 향상시킴에 따라 관련기기의 에너지 절감효과가 얼마나 증가 하는지를 알기가 어렵다. 또한 기존의 논문이나 보고서에서는 추후 보급량을 단지 선형적으로 증가한다고만 분석하였다. 그래서 현재 보급된 기기대수에 대하여 에너지 절감을 분석하고 효율기준 강화 이후에 정확한 에너지 절감량을 산정하는데 문제가 있었다.

본 논문에서는 보다 정확한 보급확산 추이를 구하기 위한 새로운 기법으로 Bass확산기법을 적용하고, 이 Bass 확산모형에 기초한 보급모형을 기반으로 보급대수를 추정하여 에너지 효율을 향상시켰을 경우의 경제적 효과를 분석하였다. Bass 확산곡선을 이용하여 냉장고 보급 곡선을 추정하여 효율기준 강화 시 절감된 에너지양과 절감된 에너지에 따른 절감액을 산출하였으며 효율기준 강화가 상당한 에너지와 비용 절감을 가져올 수 있음을 확인하였고 또한 경제성 분석을 통해 상당한 이득을 기대할 수 있음을 알 수 있었다. 이 분석 방법은 다른 고효율기기의 효율향상 효과분석에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

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

#### 참 고 문 헌

[1] Isaac Turiel, Terry Chap James E. McMahon, "theory and methodology of appliance standards", Energy and Buildings, Vol. 26, pp.35-44, 1997.  
 [2] hidetoshi Nakagami a, Barbara Litt, "Appliance standards in Japan", Energy standards in Europe", Energy and Buildings Vol. 26, pp.45-67, 1997.  
 [3] Paul Waide a, Benoift Lebot b, Mark Hinnells, "Appliance energy standards in Europe", Energy and Buildings Vol.26, pp.45-67, 1997.  
 [4] R. Michael Martin, "the process of setting appliance standards", Energy and Buildings, Vol.26, pp.95-100, 1997.  
 [5] Howard Geller, "National appliance efficiency standards in the USA: cost-effective Federal regulation", Energy and buildings, Vol. 26,

pp.101-109, 1997.

[6] T.M.I Mahlia, et al., "Potential electricity savings by implementing minimum energy efficiency standards for room air conditioners in Malaysia", Energy conversion and Management, Vol. 42,PP.439-450, 2001.  
 [7] T.M.I. Mahlia, et al., "theory of energy efficiency standards and labels", Energy Conversion and Management Vol.43, pp.743-761, 2002.  
 [8] P. Schiellerup, "An examination of the effectiveness of the EU minimum standard on cold appliances: the British case", Energy Policy, Vol.30 pp.327-332. 2002.  
 [9] T.M.I. Mahlia, et al., "Cost-benefit analysis of implementing minimum energy efficiency standards for household refrigerator-freezers in Malaysia", Energy Policy, Vol.32, pp.1819-1824, 2004.  
 [10] Jong-Ryul Won, Jung-Hoon Kim, et al., "Study on the Improvement of Energy Efficiency Policy and International Standardization for the H호 Energy Efficient Products", KEMCO Final Report, June 2005.  
 [11] Howard Geller, et al., "Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in Oecd countries", Energy Policy, Vol.34, pp.556-573, 2006  
 [12] 전력거래소, 가전기기 보급률 및 가정용전력 소비형태 조사, 2006  
 [13] 산업자원부, DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구에 관한 최종보고서, 1998  
 [14] 산업자원부, 절전형조명시스템(MH150W+안정기)시범 적용, 2003

#### 저 자 소 개



#### 백 정 명 (白 正 明)

1980년 5월 5일생. 2007년 인천대학교 전기공학과 졸업. 현재 동대학원 석사과정  
 Tel : 032-770-4325  
 E-mail : baekguy96@nate.com

#### 원 증 료 (元 鍾 律)

1969년 7월 21일생. 1993년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1995년 서울대학교 대학원 전기공학부 석사. 1998년 서울대학교 대학원 전기공학부 박사. 1998~2002년 한국전력공사 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원. 2002년~현재 안양대학교 전기전자공학과 부교수.  
 Tel : 031-467-0968  
 E-mail jrwon@anyang.ac.kr



**이 병 하 (李 丙 河)**

1954년 7월 12일생. 1978년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1980년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 The Pennsylvania State Univ. 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1994년 한국전력공사 기술연구원 선임연구원. 2007-2008년 University of Illinois. Visiting Professor. 1994년~현재 인천대학교 전기공학과 교수.  
Tel : 02-320-1621  
E-mail : kimjh@hongik.ac.kr



**김 정 훈 (金 正 勳)**

1955년 9월 13일생. 1978년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1985년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1981년 현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수.  
Tel : 02-320-1621  
Fax : 02-320-1110  
E-mail : kimjh@hongik.ac.kr