

# 캘리포니아 테스트를 이용한 전기에너지주택 LED조명의 경제성 분석에 관한 연구

(A Study on the Economic Analysis of LED Lightings in All-Electric Houses Using California Standard Practice Test)

황성욱\* · 이현주 · 나환선 · 김정훈

(Sung-Wook Hwang · Hyun-Ju Lee · Hwan-Seon Nah · Jung-Hoon Kim)

## Abstract

Recently, all-electric house technology became one of the green growth technologies and is integrated with various areas such as electricity, machinery, architecture, material, and etc. Fossil fuel energy is used for heating and hot water supply in the conventional houses but electricity is adopted in the new conceptual houses to maximize advantages of electricity such as amenity, safety, cleanness, and so on. In this paper, an economic analysis is carried out when LED lightings are adopted using the California Standard Practice Test which has been used to estimate the effects of existing DSM (Demand Side Management) programs. The results are able to contribute to the diffusion of all-electric houses and the establishment of basic data and planning for DSM policies.

Key Words : All-Electric House, LED Lighting, Economic Analysis, California Standard Practice Test

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

우리나라는 과거 1970년대 이후 급속한 경제발전과 더불어 전력수요의 증가 또한 매우 빠르게 증가해 왔으며, 1차 및 2차 석유파동과 IMF 국제금융위기 등의 과정을 거치면서 제한적인 에너지자원을 효율적으로

이용하려는 노력이 지속적으로 이루어져왔다. 그 일환으로 다양한 요금제도를 바탕으로 한 부하관리 프로그램이 도입되었고, 고효율기기의 도입을 통한 에너지 효율향상 프로그램도 다양하게 시행되어 큰 효과를 얻을 수 있었다. 또한 이러한 수요관리 프로그램은 기존의 단순한 침투부하 삭감 또는 이전과 에너지 소비량 감소 등에만 초점을 맞추던 것에서 수요관리기기의 시장전환 및 저효율 제품의 퇴출과 같은 보다 적극적인 성향의 정책과 프로그램 시행으로 진일보하고 있다. 예를 들어 최근 들어 일부 조명기기와 전동기에 대해서는 최저효율제(MEPS: Minimum Energy Performance Standard)와 같이 강제성이 있는 프로그램을 통하여 더 이상 생산 및 판매를 할 수 없도록 하

\* 주저자 : 한전 전력연구원 일반연구원  
Tel : 042-865-5266, Fax : 042-865-5202  
E-mail : outward@kepco.co.kr  
접수일자 : 2011년 6월 15일  
1차심사 : 2011년 6월 25일  
심사완료 : 2011년 8월 5일

고 있다.

한편 과거와 달리 전력수요의 증가가 둔화되어 가면서 장기적으로는 전력회사의 수익성에 문제가 될 수 있고, 이는 크게 보면 국가 재정과 국민의 가계에 부담을 줄 수 있어 전력수요의 적정 수준 유지 또는 증대에 대한 방안을 모색해야 한다. 또한 국가 전체의 효율적인 에너지 사용을 위하여 에너지 수급 구조상 가스 및 전력의 역할 분담에 대한 논의도 구체적으로 이루어져야 할 시점이다.

이러한 배경에서 본 연구는 전력수요의 창출과 에너지수급 구조의 새로운 논의를 가져올 수 있는 전기에너지주택에 초점을 맞추고 있으며, 특히 기존의 수요관리 프로그램과 결합되어 수요개발과 수요관리가 어떻게 조화를 이루어야 할지에 관심을 갖고 있다. 그 첫 번째 단계로 기존 수요관리 프로그램 중 LED 조명 보급지원 프로그램을 고려하여 전기에너지주택에 채택된 LED조명의 경제성을 분석하였다. 본 연구의 결과는 향후 수요관리 정책의 새로운 방향 전환을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1.2 연구의 목적 및 방법

고객 입장의 경제성 분석은 단순히 투자비, 운전비와 이익을 비교함으로써 가능하지만, 본 연구에서는 수요관리 프로그램 참여자와 비참여자, 그리고 전력회사의 입장을 모두 고려하여 모두에게 이익이 발생하는지 확인하는 것을 목적으로 하며, 이를 위하여 기존에 수요관리 프로그램의 평가에 널리 사용되어온 캘리포니아 테스트(California Standard Practice Test)를 이용하였다.

본 연구는 현재 연구 중인 213[m<sup>2</sup>] 단독주택형 및 163[m<sup>2</sup>] 공동주택형 전기에너지주택에 설치된 조명을 대상으로 하여 조명의 비중과 지원금 수준을 일정 비율 증감해가면서 캘리포니아 테스트의 결과를 비교하였다. 이는 현재의 LED조명 지원금 수준에서 경제성을 유지하면서 최대한 설치할 수 있는 LED조명의 용량과 더 많은 LED조명을 설치하기 위해 필요한 지원금 수준을 판단할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

## 2. 전기에너지주택의 LED조명 채택

### 2.1 전기에너지주택의 특징

본 논문이 대상으로 하는 전기에너지주택은 소요되는 모든 에너지를 전기로 충당하는 주택으로서, 현재 많은 관심을 불러일으키고 있는 제로에너지주택, 그린홈 등과 유사하기는 하지만 필요한 전기를 대부분 전력회사로부터 공급받는다라는 것이 가장 큰 차이점이다. 즉 제로에너지주택이나 그린홈과 같은 저에너지주택은 태양광, 풍력, 지열 등을 이용하여 연간 에너지 수급이 제로를 만족하도록 하는 것을 목표로 하지만, 전기에너지주택은 저에너지주택 이전의 과도기적 개념의 주택이라 할 수 있다. 통상적인 저에너지주택에서는 신재생에너지 설비를 구축해야 하며, 이는 주택 건설비를 상승시키는 요인으로 작용하여 단기적으로는 보급하는데 어려움이 따른다. 반면에 전기에너지주택은 전기를 그대로 사용하되 냉난방, 급탕 및 취사를 위하여 지열 또는 공기열 등의 자연에너지를 이용함으로써 에너지 이용 효율을 높이는 것을 목표로 한다. 즉 COP 3.0 이상의 히트펌프를 사용함으로써 가스를 이용한 냉난방, 급탕 및 취사의 환경보다 더 이익이 되도록 한다. 아울러, 전기에너지주택은 취사를 위하여 IH 조리기를 채택함으로써 100[%] 전기만을 사용하도록 하고 있다. 이러한 전기에너지주택의 개념을 그림 1에 보였다.

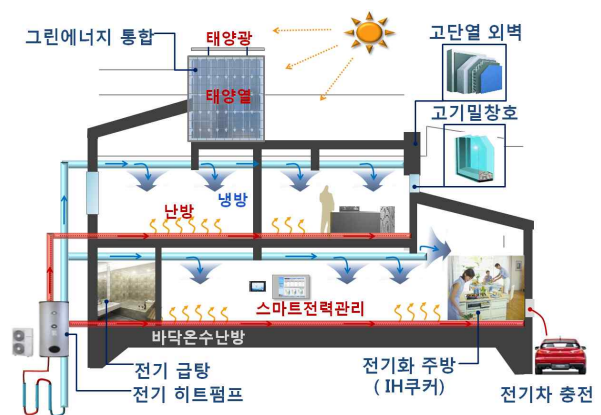


그림 1. 전기에너지주택의 개념[1]  
Fig. 1. Concept of all electric house[1]

## 2.2 LED조명 보급지원제도

최근 백열등과 같이 효율이 낮은 조명은 최저효율제를 통하여 생산 및 판매를 금지하고 있으며, LED조명과 같은 고효율기기에 대하여는 보급지원제도를 시행하고 있다. 향후 대부분의 고효율기기는 보급초기에는 지원제도를, 최대보급시점이 지난 이후에는 최저효율제를 시행함으로써 자연스런 시장전환을 통하여 보급을 유도하는 것으로 정책 방향이 잡혀 있다. LED조명은 보급 초기로서 시범사업을 통하여 그 유용성이 검증되고 있으며, 일부 모델에 대하여 보급지원제도를 시행중이다. 표 1은 현재 보급 지원중인 LED조명의 종류와 보급지원금 수준을 나타내고 있다. 컨버터 내장형은 기존의 백열등 대체용, 컨버터 외장형은 기존의 할로겐등 대체용을 의미한다. 본 논문에서는 주택을 대상으로 하기 때문에 이 두 가지 LED조명을 대상으로 하고 기타 유도등은 제외하였다.

표 1. LED 조명 지원제도(2011년) [2]  
Table 1. Subsidies for LED Lighting(2011) [2]

설치용량		절전용량 ([kW]/개)	최소설치 수량(개)	지급단가 (원/개)	
LED 조명	컨버터 내장형	5[W] 이하	0.025	40	11,100
		5[W] 초과 10[W] 이하	0.05	20	13,500
		10[W] 초과	0.09	12	17,200
	컨버터 외장형	5[W] 이하	0.025	40	6,500
		5[W] 초과	0.045	23	7,500
	LED 유도등	단면 (피난용)	소형	0.015	67
중형			0.023	44	12,000
대형			0.041	25	15,000
양면 (피난용)		소형	0.015	67	13,000
		중형	0.023	44	15,600
		대형	0.041	25	19,500
단면 (통로용)		소형	0.0144	70	10,000
		중형	0.023	44	12,000
		대형	0.041	25	15,000
양면 (통로용)		소형	0.0144	70	13,000
		중형	0.023	44	15,600
		대형	0.041	25	19,500

## 2.3 LED조명 채택 범위

LED 조명의 보급에 관한 관심이 높아지고 있기는 하나, 실제 현장에서 작업자나 고객이 느끼는 LED 조명의 효과는 조명의 종류나 설치 환경에 따라 다르다. 예를 들어 가로등과 같이 실외에 설치하는 경우에는 밝기나 효율에 대한 관심이 적어서 LED조명으로 교체하는 경우에 큰 장애가 없으나, 실내에 설치하는 경우에는 단순히 조도나 효율뿐만 아니라 주관적으로 느끼는 색감까지 까다롭게 고려하는 경우가 많아 보급 속도가 빠르다고 볼 수 없다. 또한 LED 조명의 효율은 높을지라도 조명기구와 설치 공간의 상황에 따라 기존 조명과 그 효율의 차이가 별로 없는 경우도 있다. 본 연구에서는 이와 같은 상황을 반영하여 타 저에너지주택이 전체 조명을 LED조명으로 설치하고 있는 것과 달리, 일부 공간에만 채택하였다. 거실의 주 조명과 간접등의 경우에는 T-5와 같은 고효율기기를 선택하였고, 복도등, 아트월등과 같이 기존에 백열등이나 할로겐등을 사용하는 경우에 LED조명을 설치하였다. 공동주택에 설치한 LED조명과 기존 조명의 구성 현황을 다음 표 2에 요약하였다. 이와 같은 조명의 선택은 아직까지 LED조명의 대중적인 신뢰도가 낮은 것을 반영한 것이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이를 기준 사례로 놓고 LED조명의 비중과 지원금 수준을 조정하면서 경제성을 분석하였다. 단 단독주택의 경우에는 LED조명의 비중을, 공동주택의 경우에는 지원금 수준을 각각 조정하였다.

표 2. 전기에너지주택의 조명 구성  
Table 2. Configuration of Lightings in all electric house

종 류	종 류	용 량([W])	합 계([W])
단독주택	백열등	120	2665
	형광등	2,326	
	LED등	29	
	할로겐등	190	
공동주택	백열등	240	1815
	형광등	1,500	
	LED등	25	
	할로겐등	50	

### 3. 경제성 분석

#### 3.1 캘리포니아 테스트 및 비용이익요소

캘리포니아 테스트는 수요관리 프로그램과 관련된 주요 경제주체들의 입장에서 경제성을 판단할 수 있는 유용한 도구로서, 주요 경제주체로는 프로그램의 운영자, 프로그램 참여자 및 비참여자가 있다. 또한 투입된 총자원의 입장에서 경제성을 판단할 수 있도록 되어 있다. 우리나라의 경우 프로그램 운영자는 주로 전력회사가 되며, 비참여자의 경우 수요관리 프로그램의 도입 및 시행에 따라 변화하는 전기요금의 영향을 제3자의 입장에서 바라보기 때문에 수용가 영향도 테스트라고 부르고 있다. 프로그램 운영자(PAC : Program Administrator Cost), 프로그램 참여자(P : Participant) 및 비참여자(RIM: Ratepayer Impact Measure)와 총자원(TRC: Total Resource Cost)에 대한 테스트의 수식을 다음과 같은 수식으로 간략하게 표현할 수 있다[3-4].

$$PAC=AC-OC-I-UH \quad (1)$$

$$P=I+LR-PH \quad (2)$$

$$RIM=AC-OC-I-UH-LR \quad (3)$$

$$TRC=AC-OC-(UH+PH)=RIM+P \quad (4)$$

- 여기서, AC : 회피비용
- OC : 프로그램 관리비용
- UH : 전력회사 기기비용
- PH : 참여자 기기비용
- I : 지원금
- LR : 판매수익 감소

#### 3.2 주요 데이터

캘리포니아 테스트를 위해서는 기본적으로 앞서 언급한 식 (1)~(4)의 각 요소가 필요하나, 이 경우에는 프로그램 관리비용과 전력회사 기기비용이 직접부하제어나 원격제어에어컨 등과는 달리 전력회사 입장에

서 큰 비중을 차지하지 않기 때문에 없는 것으로 가정하였다. 한편 분석의 편의상 백열등 대체용은 18[W], 할로겐등 대체용은 8[W]로 가정하였다. 이 두 가지는 보급지원 대상으로서 앞의 표 1에 따라 각각 개당 17,200원과 7,500원의 지원금을 받는다. 단 하나의 주택을 대상으로 하므로 최소보급수량 조건은 고려하지 않았다. 가격은 최근 물가정보를 분석하여 평균값을 적용하였다[6]. 조명의 가용수명은 LED조명은 40,000시간, 기존 조명은 2,000시간으로 가정하였고, 전기요금에 있어서는 단독주택의 경우에는 주택용전력(저압) 요금을, 공동주택의 경우에는 주택용전력(고압) 요금을 적용하였다. 전력회사 입장의 주요 데이터는 다음 표 3에 요약하였다.

표 3. 경제성 분석을 위한 주요 데이터  
Table 3. Data for the economic analysis

항 목	금액(원)	비 고
설비회피비용단가	237,222	[kW]/원
연료회피비용단가	82.10	[kWh]/원
할인율	7.5[%]	

#### 3.3 캘리포니아 테스트 결과

##### 3.3.1 단독주택의 LED조명 비중 조정

설치된 전체 조명의 설비용량은 약 2665[W]이며, LED 조명 100[%] 채택을 위한 비용을 872만원, 기존기 100[%] 사용 시 비용을 150만원으로 가정하였다. 실제 조명의 사용 패턴 및 기기 가격은 기기의 종류에 따라 다를 수 있으나, LED 조명의 비중에 따른 경제성을 검토하는데 있어서는 큰 무리가 없는 가정으로 판단된다. 캘리포니아 테스트의 수행은 LED 조명의 비중을 10[%]씩 증감하면서 편익비용비(Benefic Cost Ratio, 이하 B/C) 결과를 비교하는 방안을 고려하였다. 현재 지원금 수준에서 LED 조명을 100[%] 채택할 경우, 참여자의 B/C는 1.39, 투자회수기간은 5.7년으로서 세입자에게는 당장의 이익이 없을 수도 있으나, 주택 소유자의 경우라면 경제성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 현재 지원금 수준보다 지원금을 60[%] 증가시켰을 경우에는 B/C가 1.49, 50[%] 감소시켰을 경

우에는 1.29로 나타났는데, 이는 LED 조명을 100[%] 채택할 경우 기존 조명에 비하여 장기간 동안 교체비용이 추가로 발생하지 않기 때문인 것으로 분석되었다. 채택 비중이 50[%] 정도일 때는 현 지원금 수준에서는 B/C가 1.05인데 비하여 지원금 수준을 60[%] 증액 및 감액시킬 경우 각각 1.15와 0.95로 나타났다.

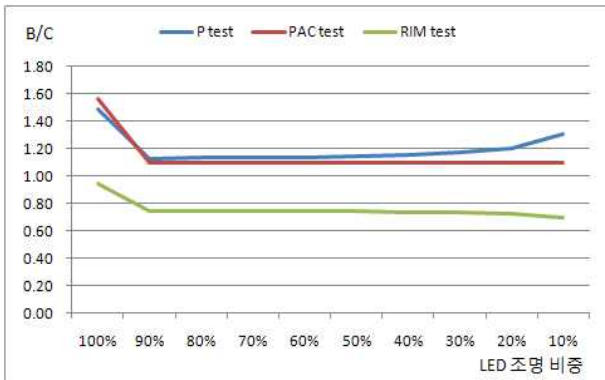


그림 2. LED 비중에 따른 각 주체별 B/C 비교  
Fig. 2. B/C Comparison by LED weight

그림 2는 지원금을 현재보다 60[%] 증액시켰을 때 LED 조명 비중에 따른 각 주체별 B/C 비교로서, 참여자 입장(P test)과 프로그램 관리자 입장(PAC test)의 B/C가 가장 근접한 결과이다. 그러나 이 경우에 비참여자 입장(RIM test)의 B/C가 낮아서 관련 주체가 모두 만족할 수 있는 결과는 아니다. 오히려 현재 지원금 수준에서 참여자와 비참여자 모두 1.0 이상의 B/C를 보이고 있어서, 현 지원금 제도가 적절하게 운영되고 있음을 확인할 수 있다. 표 4에 현재의 지원금 수준을 기준으로 하여 LED 조명의 비중에 따른 캘리포니아 테스트 결과를 요약하였다.

현재 단독형 전기에너지주택에 설치된 LED 조명의 비중은 약 1[%] 정도 수준으로서, 이 경우에 참여자의 B/C는 약 1.20에 해당된다. LED 비중을 90[%]까지 올릴 경우에는 B/C가 1.03으로 떨어지는데, 오히려 100[%]로 할 경우에는 B/C가 1.29로 올라간다. 이는 LED 조명 100[%] 미만의 경우에는 기존 기기의 교체비용이 수명이 다할 때마다 추가로 발생하기 때문이다. 즉 약 4만 시간의 LED 조명 수명과 그 10[%] 수준의 기존 조명의 수명 차이에서 오는 결과라 할 수 있

다. 따라서 제조업체가 공개하는 LED 조명의 수명 정도에 따라 경제성이 다르게 나타날 수 있기 때문에, 공신력 있는 기관의 LED 조명의 수명 평가가 요청되는 바이다.

표 4. LED 조명 비중에 따른 캘리포니아 테스트 결과  
Table 4. California test results by LED weight

LED 조명 비중	B/C		
	PAC	P	RIM
100[%]	2.51	1.39	1.22
90[%]	1.75	1.03	1.00
80[%]	1.75	1.03	1.00
70[%]	1.75	1.04	1.00
60[%]	1.75	1.04	1.00
50[%]	1.75	1.05	0.99
40[%]	1.75	1.06	0.99
30[%]	1.75	1.07	0.98
20[%]	1.75	1.11	0.96
10[%]	1.75	1.20	0.92

### 3.3.2 공동주택의 지원금 수준 조정

약 1,815[W]의 조명이 설치되어 있는 공동주택의 경우에는 지원금 수준에 따른 경제성을 평가하였으며, 주요 관심 대상인 전력회사(PAC), 참여자(P), 비참여자(RIM)의 캘리포니아 테스트 결과를 표 5와 같이 지원금 수준에 따라 나타내었다. 각 결과는 B/C를 나타내므로 최소한 1.0 이상인 경우에 경제성이 있다고 볼 수 있다.

지원금을 현재 수준으로부터 10[%]씩 증감하면서 B/C 결과를 비교하였는데, 현재 지원금 수준에서는 참여자의 B/C가 1.07로서 경제성이 있음을 확인할 수 있었다. 더 활발한 보급 촉진을 위해서는 지원금 수준을 높이는 방안도 필요한데, 이는 현재의 지원금에서 78.6[%]까지 올려도 RIM의 결과가 지원금 1.0으로서 모든 주체가 만족할 수 있는 범위에 들어간다. 즉 비참여자 입장에서도 만족할 수 있는 지원금의 수준이라면 적용 가능하다는 의미이다. PAC의 경우에는 172.7[%]까지 올려도 1.0이 나온다. 즉 현재 지원금의 약 1.7배까지 가능하다는 의미로서, 지원금 프로그램

의 운영자 입장에서는 현재보다 더 많은 비용을 투입 하더라도 원하는 이득을 얻을 수 있게 된다.

표 5. 공동주택의 캘리포니아 테스트 결과  
Table 5. California standard practice test results

지원금 조정 수준	B/C		
	PAC	P	RIM
-50[%]	5.46	0.62	1.89
-40[%]	4.55	0.69	1.77
-30[%]	3.90	0.77	1.66
-20[%]	3.41	0.86	1.57
-10[%]	3.03	0.96	1.48
0[%] (현재)	2.73	1.07	1.40
10[%]	2.48	1.19	1.34
20[%]	2.27	1.32	1.27
30[%]	2.10	1.48	1.22
40[%]	1.95	1.65	1.16
50[%]	1.82	1.85	1.12

그러나 이러한 지원금 조정은 세 개의 주체가 동시에 만족할 수 있는 범위는 아니다. 다음 그림 3에서 보는 바와 같이 세 가지 B/C 결과가 서로 교차하고 있는데, 수요관리 참여자(P)의 입장에서는 비참여자(RIM) 보다는 더 이익이 발생하는 것이 타당하고, 프로그램 운영자(PAC) 입장에서는 참여자보다 B/C가 높은 상태를 유지하는 것이 프로그램 운영의 차원에서 합당하다고 판단된다. 따라서 지원금 조정은 이 세 주체가 모두 만족할 수 있는 교집합의 범위 내에서 이루어져야 한다[7]. 이 경우에는 현재 지원금의 17.4[%] 이상 49.0[%] 이하에서 그 해를 찾을 수 있다. 이는 지원금의 조정이 아닌 기기의 시장 가격이 하락함으로써도 가능한데, 시장 가격의 자연스런 하락을 유도하기 위해서는 별도의 LED조명 제조업체, 기존조명 제조업체, 전력회사, 참여자, 비참여자, 정부 등 관련된 모든 경제주체의 관점을 종합적으로 고려한 시장전환 전략을 구상할 필요가 있다. 이와 관련하여 최적화 기법을 도입한 연구[8]가 최근에 진행된 바 있다.

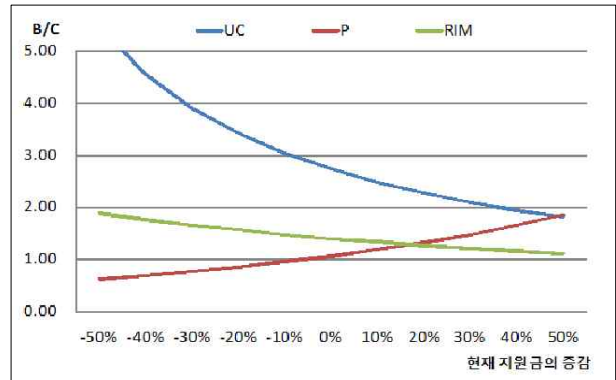


그림 3. 지원금 수준에 따른 각 주체별 B/C 비교  
Fig. 3. B/C Comparison by subsidy levels

#### 4. 결 론

본 논문에서는 전기에너지주택의 LED 조명 비중 및 지원금 수준에 따른 경제성 평가를 통하여 향후 LED 조명 설계 및 시공 시에 참고할 수 있는 가이드 라인을 제공하였다. LED 조명은 그 수명의 유리한 점으로 인하여 기존 조명의 일부만을 교체하는 것보다 전체를 교체하는 것이 더 이익이 된다는 것을 경제성 분석을 통하여 단독주택의 경우 B/C는 1.39, 투자회수 기간은 5.7년으로 확인하였으며, 지원금의 현재 수준은 각 주체가 모두 이익이 발생하는 수준이기는 하나, 지원금을 낮출 경우에는 참여자에게 불이익이기 때문에 향후 지원제도의 조정에 있어서 신중한 판단이 필요하다. 한편 시장 가격은 규모의 경제에 따라 생산이 늘어날수록 하락하는 것이 당연하지만, 과도한 지원금 지급은 가격 하락이 아닌 상승을 가져올 수도 있다. 향후에는 이러한 현상에 관한 분석과 대응 전략 마련에 관한 연구가 요청된다. 아울러 현재 LED 조명 채택이 1[%] 수준에 머물러 있는 전기에너지주택의 LED 조명 비중을 실제로 늘려가면서 소비전력량 감소 효과를 실측함으로써 본 논문의 결과를 현장에서 검증하는 한편 히트펌프 및 IH조리기 등의 사용을 고려하여 종합적인 전기에너지주택의 소비전력패턴을 분석하고 전력계통해석을 위한 부하모델을 개발할 계획이다.

이 논문은 한국조명·전기설비학회 2011년도 춘계학술대회에서 발표하고 우수추천논문으로 선정된 논문이며, 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 주관으로 수행된 연구과제와 KEPCO 지원에 의하여 전력연구원의 주관으로 수행된 연구과제의 결과를 반영하였음.

## References

- [1] 황성욱 외, “한국과 일본의 전기에너지주택 보급 환경 비교 분석”, 대한전기학회 스마트그리드연구회 학술대회 논문집, 2010. 5.
- [2] KEPCO 수요관리 고객포털, 고효율 조명기기 지원제도 안내, [www.kepcoco.kr/dsm](http://www.kepcoco.kr/dsm).
- [3] Gray Davis, California Standard Practice Manual: Economic Analysis of Demand-Side Programs & Projects, July 2002.
- [4] 산업자원부, 고효율기기 지원 실태조사 및 합리적 개선 방안 연구 최종보고서, 2007. 2.
- [5] 황성욱 외, “전력수요관리 예산의 최적 배분을 위한 관련 주제별 비용이익요소 및 이해관계 분석”, 대한전기학회 전력기술위원회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, 2009. 5.
- [6] 한국물가자료 홈페이지, [www.kpi.or.kr](http://www.kpi.or.kr)
- [7] 황성욱 외, “수요관리 관련 주제별 이익 추구를 다중 목적으로 하는 캘리포니아 테스트의 최적이용 방안 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007. 7.
- [8] 지식경제부, 비용효과 극대화를 위한 수요관리 프로그램의 최적 포트폴리오 배분방안 및 우선순위 도출에 관한 연구, 2010. 9.
- [9] 황성욱 외, “경제성 분석을 통한 단독형 전기에너지주택의 LED조명 설계”, 한국조명전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp. 110~111, 2011.

## ◆ 저자소개 ◆



### 황성욱(黃盛郁)

1974년 4월 20일생. 1997년 홍익대학교 전자전기제어공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기제어공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기정보제어공학과 박사과정 수료. 현재 한전 전력연구원 녹색성장연구소 일반연구원.



### 이현주(李鉉周)

1968년 1월 21일생. 1995년 한밭대학교 건축공학과 졸업. 2008년 공주대학교 대학원 건축학과 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 녹색성장연구소 선임연구원.



### 나환선(羅煥善)

1962년 1월 11일생. 1983년 경희대학교 건축공학과 졸업. 1985년 동 대학원 건축공학과 졸업(석사). 2009년 공주대학교 건축학부 졸업(박사). 현재 한전 전력연구원 녹색성장연구소 책임연구원.



### 김정훈(金正勳)

1955년 9월 13일생. 1978년 서울대 전기공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1981년~현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수. 현재 대한전기학회 전력기술위원회 부회장. 현재 기초전력연구원 전력IT중앙교육센터장.