



## 저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

碩士學位論文

실시간 전기요금제 기반의  
수요반응 효과 분석

濟州大學校 大學院

에너지응용시스템학부 電氣工學專攻

金 眞

2013 年 2 月

# 실시간 전기요금제 기반의 수요반응 효과 분석

指導教授 李 開 明

金 眞

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2013 年 2 月

金眞의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 \_\_\_\_\_ (印)

委 員 \_\_\_\_\_ (印)

委 員 \_\_\_\_\_ (印)

濟州大學校 大學院

2013 年 2 月

# Effect Analysis of Demand Response on the Real-Time Electricity Pricing System

Jin Kim

(Supervised by Professor Gae-Myoung Lee)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING

FACULTY OF APPLIED ENERGY SYSTEM  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

2013. 2.

## 목 차

그림 목차 .....	i
표 목차 .....	iii
SUMMARY .....	iv
I. 서 론 .....	1
II. 수요반응 .....	3
2.1 수요반응의 개념 .....	3
2.2 수요반응의 분류 .....	4
2.3 실시간요금 산정방법 .....	6
III. 부하패턴 분석과 수요반응에 의한 전기에너지 감축·이전량 산정 방법 .....	8
3.1 고객기준부하(CBL) .....	8
3.2 CBL과 상대표준편차 .....	8
3.3 수요반응에 의한 전기에너지 감축·이전량 산정 방법 .....	9
IV. AMI인프라 구성과 시범대상 수용가 .....	11
4.1 AMI 인프라 구성 .....	11
4.2 시범대상 수용가 현황 .....	11
V. 시범사업에 적용된 실시간요금제 분석 .....	14
5.1 시범사업에 적용된 실시간요금 패턴 분석 .....	14
5.2 실시간요금의 평균과 표준편차 분석 .....	19

VI. 수용가 부하특성 분석 및 수요반응에 의한 부하 감축·이전량 산정 .....	22
6.1 CBL을 통한 전력 사용 패턴 분석 .....	23
6.2 부하사용 곡선의 상대표준편차를 이용한 수용가 부하특성 분석 ..	31
6.3 수요반응에 의한 전기에너지 감축·이전량 산정 .....	33
6.4 결과고찰 .....	38
VII. 결론 .....	39
참 고 문 헌 .....	40

## 그림 목 차

그림 1 수요관리에 따른 수요곡선의 변화 .....	3
그림 2 인센티브 기반의 수요반응 .....	4
그림 3 가격 기반의 수요반응 .....	5
그림 4 CBL과 상대표준편차 .....	9
그림 5 AMI 통신 인프라의 정보전달체계 .....	12
그림 6 2012년 1월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	15
그림 7 2012년 2월 대표 1주간 실시간요금 유형 {(a),(b)} .....	15
그림 8 2012년 3월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	16
그림 9 2012년 4월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	16
그림 10 2012년 5월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	16
그림 11 2012년 6월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	17
그림 12 2012년 7월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	17
그림 13 2012년 8월 대표 1주간 실시간요금 유형 .....	17
그림 14 2012년 1월~8월 시간 기준 평균 실시간요금(RTP) {(a),(b)} .....	19
그림 15 2012년 1월~8월 월간 실시간요금(RTP)의 시간 기준 평균의 표준편차 .....	20
그림 16 2012년 1월~8월 월간 실시간요금(RTP)의 시간 기준 평균의 상대표준편차 .....	20
그림 17 H초등학교 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	23
그림 18 P빌딩 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	24
그림 19 J은행 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	25
그림 20 J식당 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	26
그림 21 J대학교 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	27
그림 22 L대형마트 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	28
그림 23 L호텔 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	29
그림 24 J복지관 10 Day-Baseline CBL(여름, 겨울) .....	30

그림 25 CBL과 상대표준편차 .....	32
그림 26 수요반응에 의한 감축량과 감축률-고압 교육용 .....	34
그림 27 수요반응에 의한 감축량과 감축률-고압 일반용 .....	34
그림 38 수요반응에 의한 감축량과 감축률-고압 전체 .....	35
그림 29 수요반응에 의한 감축량과 감축률-저압 주택용 .....	36
그림 30 수요반응에 의한 감축량과 감축률-저압 비주택용 .....	37
그림 31 수요반응에 의한 감축량과 감축률-저압전체 .....	37



## 표 목 차

표 1 실시간요금제의 기본요금 .....	6
표 2 시범사업 대상 수용가 현황 .....	12
표 3 고압수용가의 2010~2012년 동안의 월평균 전기에너지 사용량 .....	12
표 4 저압수용가의 2010~2012년 동안의 월평균 전기에너지 사용량 .....	13
표 5 2011년과 2012년 평균 기온 비교 .....	33
표 6 고압수용가의 수요반응에 의한 전기에너지 감축량 .....	33
표 7 저압수용가의 수요반응에 의한 전기에너지 감축량 .....	36

## SUMMARY

In this thesis, the effects of the demand response test project from March 2012 until August 2012 proceeded on the basis of a real-time electric price system through "DR Pilot Project based on AMI in Jeju Island" were analyzed. Analyses of load characteristics of the customers, applied real-time electric price system and the effects of the demand response test project were touched.

When measuring the magnitude of the aggregated demand response, the difference of the days of the week of the reference period and the evaluation period increases the error of the evaluation of the demand response. In this thesis was proposed the algorithm, calculating the effect of the demand response, that firstly the comparison period which are the same days of the week are chosen and then the magnitude of the aggregated demand response are measured during the period, and lastly it was expanded within the entire evaluation period.

The magnitude of the aggregated demand response was calculated by using the algorithm and was about 6% of the electrical energy usage during the same period.

# I. 서 론

급격한 산업화로 인한 폭발적인 전력수요와 그에 반비례하는 화석연료의 고갈로 인하여 전 세계에서는 에너지 부족 현상이 일어나고 있다. 국내에서도 동·하계 예비력 부족에 대비하기 위해 지식경제부 주관 절전 캠페인을 벌이고 있지만, 이 또한 단기적인 수요관리일 뿐 장기적인 방안이 부재하므로 선진수요관리 시스템이 필요하다. 현재 국내의 경우 직접 부하제어를 활용한 수요관리 체도를 시행하고 있으며, 제주 스마트그리드 실증단지에 구축된 AMI(Advanced metering infrastructure)인프라를 통해 실시간요금 기반의 수요반응에 대한 실증을 확대해 나가고 있다.

스마트그리드의 핵심은 전기소비자가 반응할 수 있는 경제적 시그널로서의 실시간요금제도이며 현행 전기요금제도는 실시간 전력수급 및 계통운영상황에 관계없이 고정된 요금체계로서 에너지소비 효율성 제고에 한계가 있다. 그러므로 스마트그리드에서는 전력수급상황에 따라 요금이 실시간으로 변하게 함으로써 에너지 효율을 최적화하여 합리적인 수요반응을 도출할 수 있다[1].

수요반응(Demand response)은 전력시장에서 가격 결정과 시장 수급균형에 고객 참여를 높이기 위해 사용되는 메커니즘을 말한다. 수요반응 제도를 도입하게 되면, 소비자의 소비패턴을 변화시켜 전력수요를 조절함으로써 피크부하를 억제하고 공급예비력 확보를 통하여 전력수급을 안정화 시킬 수 있다. 그리고 수요반응은 피크부하를 부하량이 적은 곳으로 이전함으로써 전력공급의 신뢰도를 증가시키는 동시에 경제적 공급계획과 시장지배력 완화 등의 효과를 가져다준다. 미국 연방에너지 규제위원회가 정의한 수요반응은 “전력에 대한 시간대별 가치 차등에 기초한 시변요금제 또한 시장가격의 급등이나 계통신뢰도 저하 시 전력사용량을 줄이기 위한 인센티브에 소비자가 반응하여, 평상시 전력 사용패턴을 변경하는 것”으로 정의하고 있다. 수요반응은 전력공급 상황, 피크부하 및 전력생산·공급가격에 따라 소비자가 반응하여 자발적으로 전력소비를 조정하도록 유도하므로 전력수급안정화로 계통 신뢰도를 높이는 동시에 경제적 운영을 통해 공급비용 절감효과를 기대할 수 있다[2].

한국전력(주) 주관으로 제주도 내 학교, 호텔 등 전기에너지 다소비 고압수용가와 비교적 평균보다 많은 전력을 사용하는 저압수용가를 대상으로 실시간요금에 따른 수요반응 효과를 검증하기 위해 “AMI기반 제주수요반응 실증연구” 사업이 실시되었다. 본 논문에서는 이 사업의 수요반응 효과를 분석하였다. 수요반응 효과를 분석하기 위해 수용가의 부하사용패턴을 분석하였고 적용된 실시간요금제를 공급전압과 용도별로 분석하였으며, 수요반응을 통한 전기에너지 감축·이전량을 구하는 알고리즘을 제안하였고, 이 알고리즘을 사용하여 감축·이전량을 산정하고 분석하였다.

## II. 수요반응

### 2.1 수요반응의 개념

전 세계적인 전력산업의 변화와 더불어, 최근 국내의 9.15 정전사태 발생으로 인해 기존의 수요자원에 대한 새로운 평가가 절실히 필요하게 되었으며, 전력가격 및 전력수급의 안정을 위해 수요반응 자원의 활용에 대한 중요성이 증대되고 있다. 국내의 경우 직접 부하 제어를 활용한 수요관리 제도를 시행하고 있으나, 구체적인 효과를 얻지 못하고 있는 실정이며, 국내 전력환경에 맞는 효과적인 수요반응 프로그램 개발의 필요성이 절실하다.

수요반응(Demand response)이란 특정 소비자(혹은 소비자 그룹)가 전기에너지의 가격과 공급자의 요청에 응답하여 그들의 전기에너지사용형태를 능동적으로 변화시키는 제반 행위를 말한다. 경쟁을 도입한 선진 전력시장에서는 소비자 요금과 수요반응자원의 도매시장 참여 허용 등으로 강력한 수요반응 인센티브를 제공한다. 수요반응 도입 시 여러 가지 혜택을 기대할 수 있는데, 그림 1에서처럼 소비패턴 변경을 유도하여 피크부하를 감소시켜 발전효율을 높일 수 있고, 전력소비패턴을 정보로 제공하여 고객의 에너지소비합리화를 유도하며, 실시간 요금제 및 지역 요금제 및 지역 요금제와 같은 변동 가격제 적용으로 피크부하를 감소시킬 수 있으며, 에너지 비용 절감 외에도 신규 발전소 건설 투자비 절감 및 발전 비용감소를 기대할 수 있다[3].

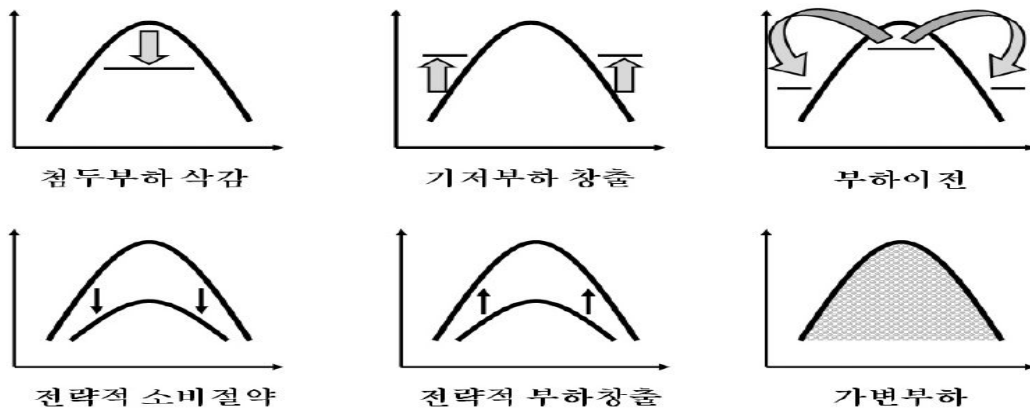


그림 1 수요관리에 따른 수요곡선 변화

## 2.2 수요반응의 분류

수요반응은 크게 인센티브 기반 프로그램과 가격 기반 프로그램으로 구분된다. 인센티브 기반 수요반응은 전력계통운영자에 의해 운영되는 제도로, 참여고객은 계통운영자로부터 수요반응 요청 시 전기소비 절감에 따른 인센티브를 받게 된다. 인센티브 기반의 수요반응 운영방식은 일반적으로 산업 및 상업고객인 대수용가를 주로 대상으로 하며, 계통운영자와 고객 간의 사전계약에 의해 이뤄진다. 계통운영자는 정해진 공지에 따라 급전신호(Dispatch signal)를 보내면, 참여고객은 일정 시간 또는 일정 전기소비량 수준을 변경한다. 참여고객은 계통운영자에 의한 부하감축 요청 시 감축한 부하에 대하여 인센티브를 받는다. 그림 2는 전력수요가 피크 치에 도달하게 되면 계통운영자의 요청에 의해 참여한 수용가의 부하감축 또는 부하이전을 시행하여 계통신뢰성이 향상되는 효과를 보여준다[4].

가격기반 수요반응은 참여고객이 전력시장에 개시된 가격정보에 따라 효율적인 소비를 유도하도록 한다. 운영방식은 이 프로그램에 참여하는 고객의 전기소비량 수준에 따라 분류하여 계약가격을 정하고, 전력시장의 시간대별 및 지역별 차등요금 등 변화되는 가격정보에 따라 참여고객은 소비를 줄이거나 가격이 저렴한 시간대로 소비를 이동하는 등 소비패턴을 변경하게 된다. 참여고객은 소비하지 않은 전기에너지에 대하여 도매시장 가격으로 보상을 받게 된다. 그림 3은 피크부하에 의한 가격 상승으로 참여고객이 자발적으로 소비를 줄임에 따라 피크부하와 가격이 저감되는 효과를 보여준다. 가격기반의 수요반응은 참여고객이 지불하는 전력가격을 시간대별로 차등화 하여 적용하고 이에 참여고객이 반응하여 전력소비패턴의 변동을 유도하며 일반적으로 다음과 같이 분류하고 있다[5][6].

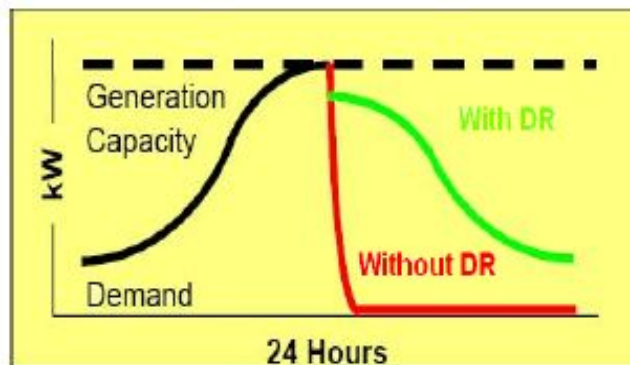


그림 2 인센티브기반 수요반응

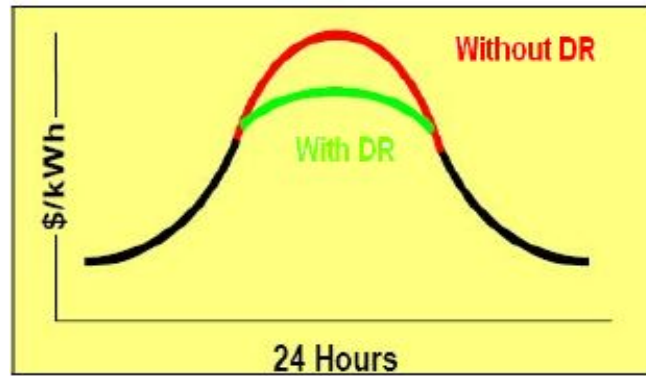


그림 3 가격기반수요반응

### 2.2.1 요금제 분류

수요반응을 요금제 기반으로 분류해보면 계시별요금제(TOU, Time-of use pricing), 피크 요금제(CPP, Critical peak pricing), 실시간요금제(RTP, Real-time pricing)으로 구분할 수 있다[7].

#### 1) 계시별요금제

계시별요금제는 시간대별 정해진 단위요금을 적용하는 방식으로 전력 시장의 상황을 실시간으로 반영하지는 않고 통계적인 접근 방식을 이용하며 인프라 투자에 다른 요금제에 비해 작고 소비자가 쉽게 알 수 있는 장점이 있으나 전력 시장 상황을 실시간으로 반영하지 못한다는 단점이 있다.

#### 2) 피크요금제

피크요금제는 전력수요가 높은 시간대에 대하여 계약수용가에게 전력회사가 피크수준의 전력가격을 사전에 공지하고 적용하는 제도이며 피크요금제는 계시별요금제 등과 병행하여 연중 제한된 시간에 한해 적용하며 주로 유럽과 미국의 전력회사에서 시행하고 있다.

#### 3) 실시간요금제

실시간요금제는 도매 혹은 소매가격을 기반으로 소비자 요금이 시간대별로 변동하며 실시간으로 소비자에게 제공하여 경제적인 전력소비를 유도한다. 고정요

금제에 비해 전력요금 변동성이 높아 위험할 수 있으나 소비자의 경제적인 사용 시 공급자와 소비자 양측이 편익이 증가하는 장점이 있다.

### 2.3 실시간요금 산정방법

지식경제부 연구를 통해 마련된 실시간요금제의 사용량요금 산정식과 기본요금을 간단히 소개하며, 이 실시간요금제가 본 연구에서 분석하고자 하는 AMI 기반 제주 수요반응 실증연구에 적용되었다[7].

#### 1) 사용량요금

용도별 전압별 RTP

$$= \{ \text{기준 RTP요금}(d,t) + \text{용도 및 전압별 단가차이} \times (7.17/16.84) \} \times \text{용도별 가중계수} \quad (1)$$

$$\text{기준 RTP금}(d,t) = ( (SMP_{d,t}) \times \text{조정계수}_r + CP_{d,t} ) / (1 - \text{송배전 손실계수}) \quad (2)$$

여기서  $SMP_{d,t}$ 는 계통한계비용,  $CP_{d,t}$ 는 용량요금이며 d와 t는 각각 요일과 시간변수를 나타낸다.

#### 2) 기본요금

기본요금 계산은 표 1에 따라 용도별, 전압별 결정되며 저압 일반용, 저압 산업용의 경우 기본요금 계산 시, 전압단가에 계약전력을 곱하며, 전압A, 전압B의 일반용, 교육용의 경우 한국전력에서 운영하는 피크전력 적용 기준에 따른 피크전력을 곱한다[8].

표 1 실시간요금제의 기본요금

구분	기본요금 적용 전압단가 (원/kWh)		
	저압	전압A	전압B
주택용	12.74원/kWh 수준의 기본요금		
일반용	2,100	2,100	1,650
교육용		1,460	1,300
산업용	3,050	3,050	2,580



### 3) 주택용 누진제 반영

현행 주택용 전기요금에 적용되는 누진제를 주택용 실시간요금에 반영하는 방법은 실시간요금제의 주택용 사용량 요금에 아래와 같은 누진조정계수를 곱하여 사용량 요금을 결정한다.

누진조정계수

$$= \frac{\text{해당수용가의 월간 사용량 기준의 한전적용 주택요금} / \text{월간사용량}}{\text{300kWh 사용의 한전적용 주택요금} / \text{300kWh}} \quad (3)$$

### Ⅲ. 부하패턴 분석 방법과 수요반응에 의한 전기에너지

#### 감축·이전량 산정 방법

##### 3.1 고객기준부하(CBL)

수요반응을 검증하고 수요반응량을 정산하기 위한 요소 중 가장 대표적인 것이 CBL(Customer baseline load)이다. CBL을 통해서 수요반응에 참여하는 고객들에게 수요반응 참여전과 후의 사용패턴을 분석하고 얼마나 절감했는지 제시할 수 있다. 일반적으로 수요반응은 부하조절이 필요한 시점을 미리 예측하고 이를 수용가에게 공지하며, 수요반응에 참여 의사를 묻고 이를 바탕으로 시스템을 운영하게 된다. 또한 일반적인 전력사용은 토, 일, 공휴일의 경우 전체적인 전력사용량이 평일에 비해 크지 않기 때문에 CBL계산은 토, 일, 공휴일 및 DR 프로그램 참여로 혜택을 받은 날을 제외한 이벤트(DR 프로그램 시행)일과 유사한 10일(10 Day-baseline load)을 대상으로 계산한다[9].

##### 3.2 CBL과 상대표준편차

CBL은 10일동안의 사용량을 평균화해서 참여고객의 부하패턴을 분석한다면 상대표준편차는 CBL과 비교하여 참여고객의 일별 부하 변동폭을 알 수 있다. 부하사용곡선의 상대표준편차는 표준편차를 평균값으로 나누고 퍼센테이지로 나타낸 것이다. 각 시간에서 상대표준편차가 크다고 하는 것은 해당 시간대에서 일별 전기에너지 사용량의 변동이 크다는 것을 의미한다. 계절 별 또는 수용가 별 전기에너지 사용량이 다르므로 표준편차로는 시간대별로 상호 비교가 곤란한데 상대표준편차로 부하변동을 나타내게 되면 상호비교가 가능하며 수요반응 참여 여력을 간접적으로 알 수 있다.

$$\text{표준편차}(\sigma) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - m)^2}{n}} \quad (4)$$

$$\text{상대표준편차}(\%RSD) = \frac{\text{표준편차}(\sigma)}{\text{평균값}} \times 100 \quad (5)$$

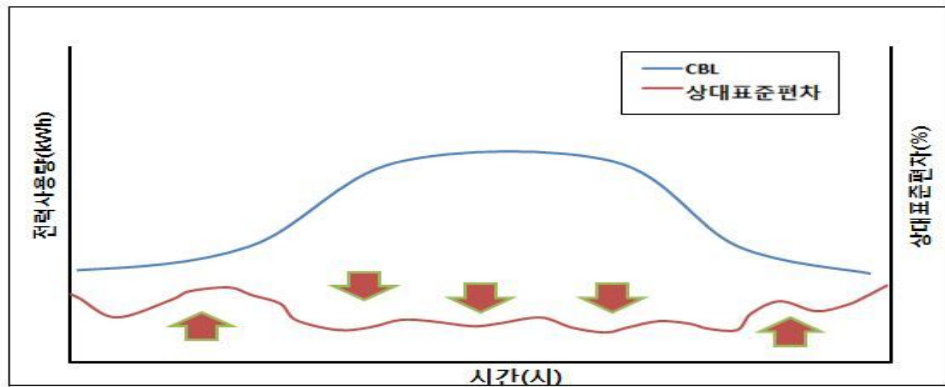


그림 4 CBL과 상대표준편차

### 3.3 수요반응에 의한 전기에너지 감축·이전량 산정 방법

수용가에서 수요반응을 통한 효과분석을 평가하기 위해선 전기에너지 사용 감축량을 산정할 필요가 있다. 먼저 전년도 기준 월을 잡고 실시간요금이 적용된 다음해의 동월을 평가월로 잡은 후 한 달간 시간대별 전기에너지 사용량 데이터를 활용해 다음과 같은 방법으로 감축량을 계산한다. 향후 이 방식으로 계산하는 방법을 수요반응에 의한 전기에너지 절감량을 계산하는 제주대 알고리즘이라 한다.

가) 1단계 : 기준월과 평가월을 비교하여 가능한 월요일부터 일요일까지 공휴일 포함 없이 온전한 4주를 평가기간으로 선정한다. 데이터의 누락 등으로 불가피할 경우 평가기간을 3주, 2주, 1주로 축소할 수 있으며, 공휴일의 포함, 사업장 휴무와 같은 사업장 별 특수한 날 등 동일한 조건이 될 경우 평가기간을 온전한 주로 선정하지 않을 수 있다. 이와 같이 기준기간을 가능한 비교월과 동일한 요일 조건으로 선정하는 이유는 대부분의 수용가가 요일별 부하 사용형태가 크게 다르기 때문이다.

나) 2단계 : 기준기간  $T_0$  동안의 감축한 량,  $ES_{ref}$

$$ES_{ref} = \frac{\int_{t_0}^{t_0+T_0} (L_{2011}(t) - L_{2012}(t)) \cdot rtp(t) dt}{rtp_{L_{2012}}} \quad (6)$$

여기서,  $L_{2011}(t)$ 와  $L_{2012}(t)$ 는 각각 2011년과 2012년 부하사용곡선이며,  $rtp(t)$ 는 해당 월의 실시간요금이다.  $\overline{rtp_{L_{2012}(t)}}$ 는 평가기간  $T_0$  동안  $L_{2012}(t)$ 에 대한  $rtp(t)$ 의 가중평균이다. 즉,

$$\int_{t_0}^{t_0+T_0} L_{2012}(t)dt \cdot \overline{rtp_{L_{2012}(t)}} = \int_{t_0}^{t_0+T_0} L_{2012}(t) \cdot rtp(t)dt \quad (7)$$

다) 3단계 : 기준기간 감축량,  $ES_{ref}$ 을 식 (8)과 같이 해당 월 전체 감축량,  $ES$ 로 환산한다.

$$ES = \frac{ES_{ref}}{\int_{t_0}^{t_0+T_0} L_{2012}(t)dt} \cdot \int_0^{1\text{month}} L_{2012}(t)dt \quad (8)$$

## IV. AMI 인프라 구성과 시범대상 수용가

제주 스마트그리드 실증단지에서 현재 진행되고 있는 스마트플레이스사업의 실증지역이 농어촌지역인 탓에 대상 수용가의 전기에너지 사용량이 전국 평균 이하이다. 이로 인해 사업의 검증결과를 전국으로 확대 적용하는 데에 무리가 있을 것으로 예상되어 제주지역에서 평균 이상의 전기에너지를 사용하는 수용가를 대상으로 2010년 4월부터 2012년 9월까지 “AMI기반 제주 수요반응 실증연구”라는 수요반응사업을 추가로 실시하게 되었다. 구성된 AMI인프라와 수용가의 현황은 다음과 같다[10].

### 4.1 AMI 인프라 구성

수요반응을 적용하기 위해선 공급자와 사용자 간에 양방향 통신인프라가 필요하다. 이번 시범사업에서 구축된 AMI의 정보전달체계는 아래 그림 5와 같다. 수용가 내 축적된 전력사용량 데이터를 수용가 외부의 DCU(Data concentration unit : 데이터 수집장치)로 PLC(Power line communication : 전력선통신)방식으로 보내고, 모인 DB를 한국전력 검침서버로 보낸다. 검침서버에서 수집된 데이터를 전력연구원 RTP서버가 제공한 실시간요금 정보와 결합하여 전력소비포털 서비스(i-SMART) 홈페이지로 업로드하고, 다시 TCP/IP통신으로 수용가 IHD(In home display : 세대 내 정보단말)로 보내져 Display 된다. AMI 인프라를 통해 수용가에서는 실시간으로 전력사용량, CBL 및 실시간요금을 모니터링이 가능하며, 자발적인 수요관리와 에너지 소비절약에 참여할 수 있다[11].

### 4.2 시범대상 수용가 현황

전기요금 현행요금과 실시간요금이 공급전압별, 용도별로 다른 점을 감안하여 시범사업 대상 수용가를 제주전역에 걸쳐 표 2에 나타나 있는 것처럼, 고압 일반용 7곳, 고압 교육용 2곳, 저압 일반용 42곳, 저압 산업용 1곳, 저압 주택용 42곳으로 선정하였다.

수용가의 최근 3년간 월평균 전기에너지 사용량을 표 3, 표 4에 나타내었다.

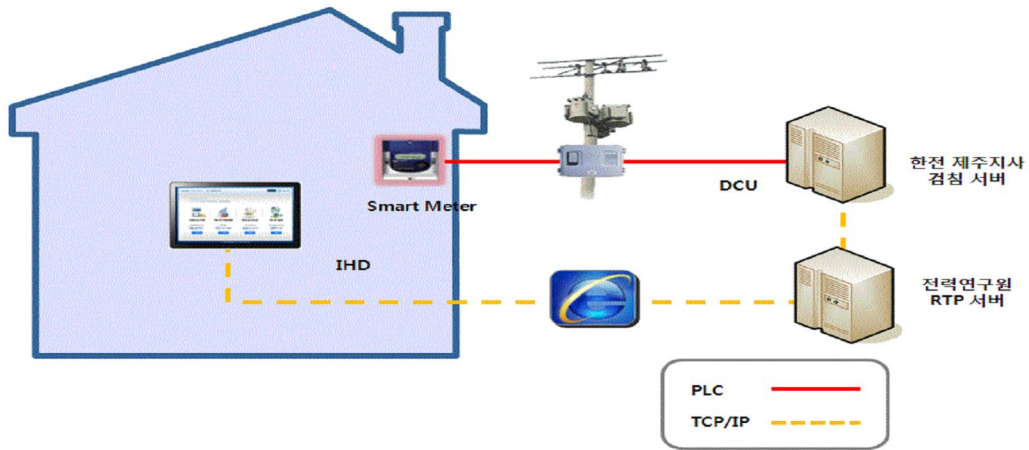


그림 5 AMI 인프라의 정보전달체계

표 2 시범사업 대상 수용가 현황

구 분	고압				저압			계
	일반용			교육용	일반용	산업용	주택용	
	호텔	마트	빌딩	학교	상가, 빌딩	공장	홈	
호 수	1	1	5	2	42	1	42	94

표 3 고압수용가의 2010~2012년 동안의 3월~8월 월평균 전기에너지 사용량

	상가명	전기에너지 사용량 (kWh)					
		3월	4월	5월	6월	7월	8월
일반용	L호텔	899,632	895,232	976,000	1,012,736	1,131,872	1,136,864
	L대형마트	416,173	422,313	529,222	606,937	792,865	822,083
	J교육센터	30,084	27,258	19,725	17,293	22,451	30,008
	J복지관	9,669	9,966	8,041	7,432	8,227	10,045
	J식당	14,259	11,887	10,900	12,268	18,977	24,305
	P빌딩	19,822	19,480	15,217	15,520	17,843	21,494
	J은행	34,018	31,516	24,940	25,048	35,112	44,203
교육용	J대학교	1,836,042	1,404,275	1,262,321	1,347,625	1,573,030	1,771,572
	H초등학교	22,323	28,624	18,424	17,940	23,608	26,591

표 4 저압수용가의 2010~2012년 동안의 3월~8월 월평균 전기에너지 사용량

구분1	구분2	전기에너지 사용량(kWh)					
		3월	4월	5월	6월	7월	8월
일반용	상가, 빌딩	1,709	1,740	1,587	1,668	1,771	2,143
산업용	공장	2,831	2,515	2,211	1,853	2,007	2,472
주택용	홈	403	386	328	300	309	443

## V. 시범사업에 적용된 실시간요금제 분석

### 5.1 시범사업에 적용된 실시간요금 패턴 분석

실시간요금 기반의 수요반응 시범적용 시기가 2012년 3월부터 8월까지 수행되었기 때문에, 2012년 1월부터 8월까지 적용된 실시간요금의 월간 변화를 조사 분석하였고 그림 6부터 그림 13까지 월별 대표 1주간의 실시간요금 그래프를 나타내었다.

각 그래프에서 월간의 실시간요금 변화패턴을 월간 상호 비교할 수 있도록 세로축 하한 값과 상한값을 각각 50원/kWh과 450원/kWh로 고정하였다. 2월의 경우 실시간요금이 이 상한값을 초과하여 2월의 경우에만 상한값이 상향된 그래프를 하나 더 추가하였다.



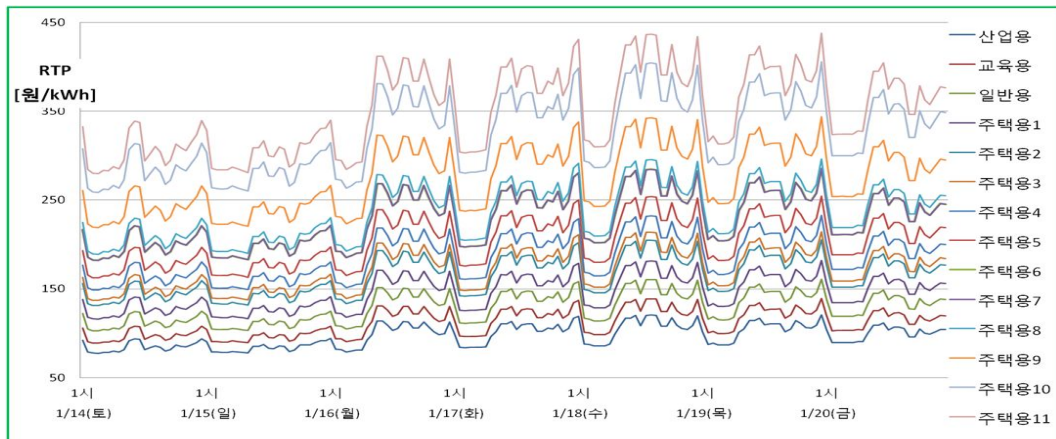
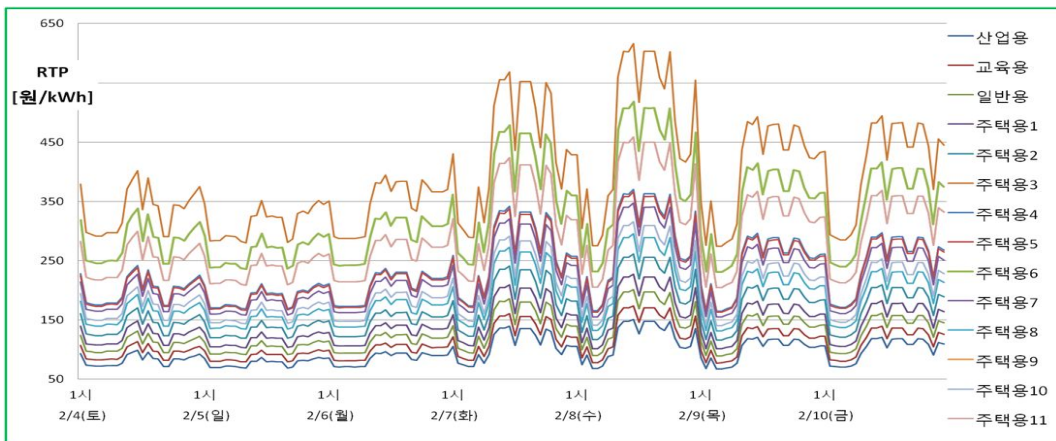
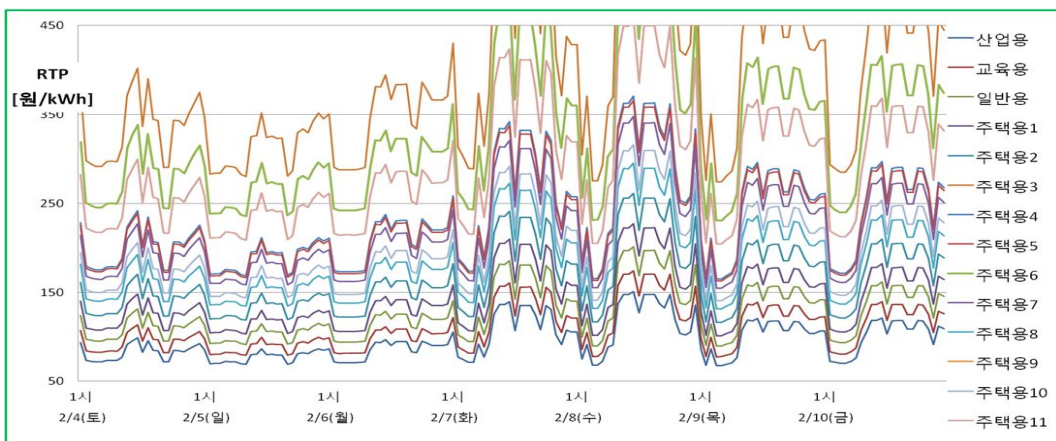


그림 6 2012년 1월 대표 1주간 실시간요금 유형



(a)



(b)

그림 7 2012년 2월 대표 1주간 실시간요금 유형 {(a) 상한값 650원/kWh, (b) 상한값 450원/kWh}

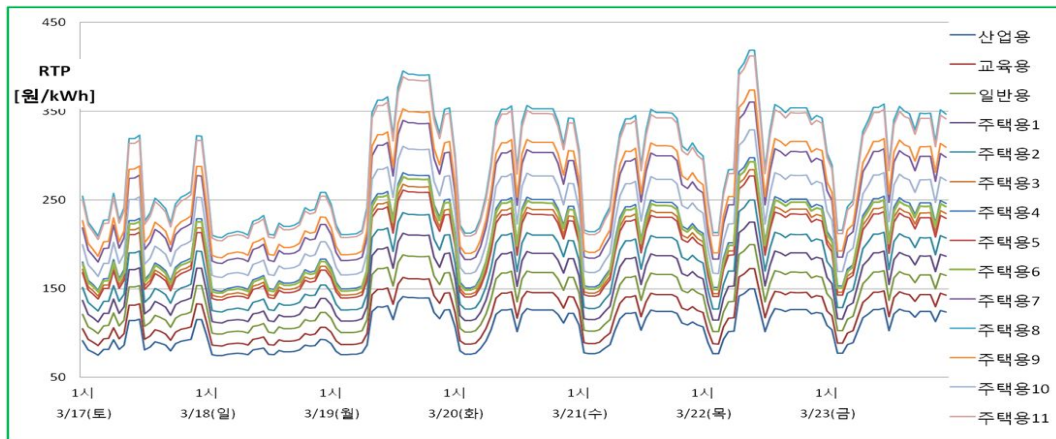


그림 8 2012년 3월 대표 1주간 실시간요금 유형

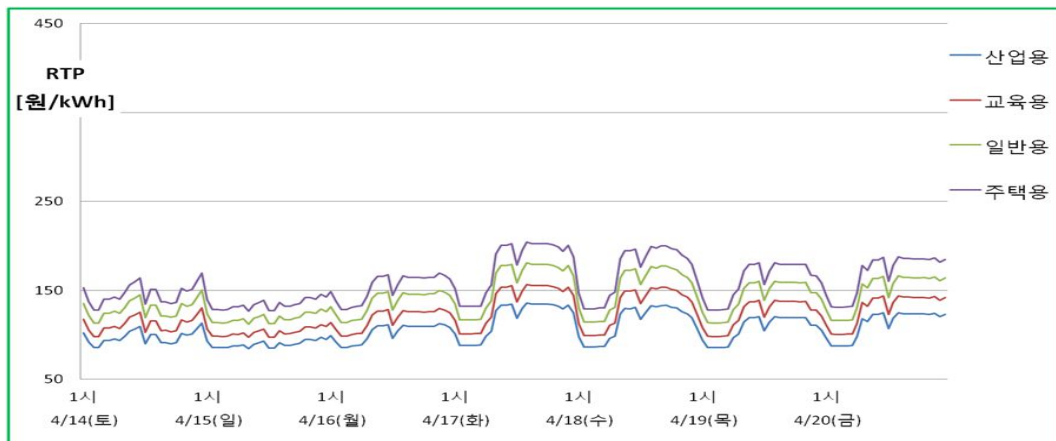


그림 9 2012년 4월 대표 1주간 실시간요금 유형

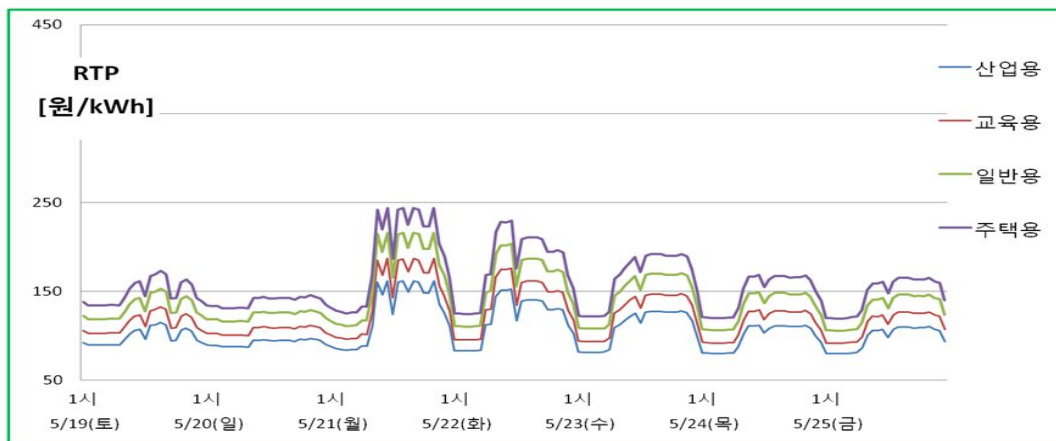


그림 10 2012년 5월 대표 1주간 실시간요금 유형

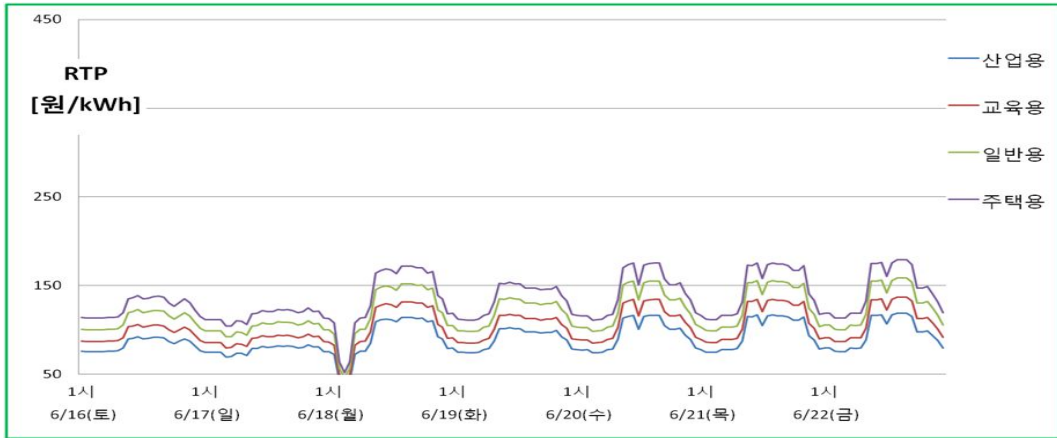


그림 11 2012년 6월 대표 1주간 실시간요금 유형

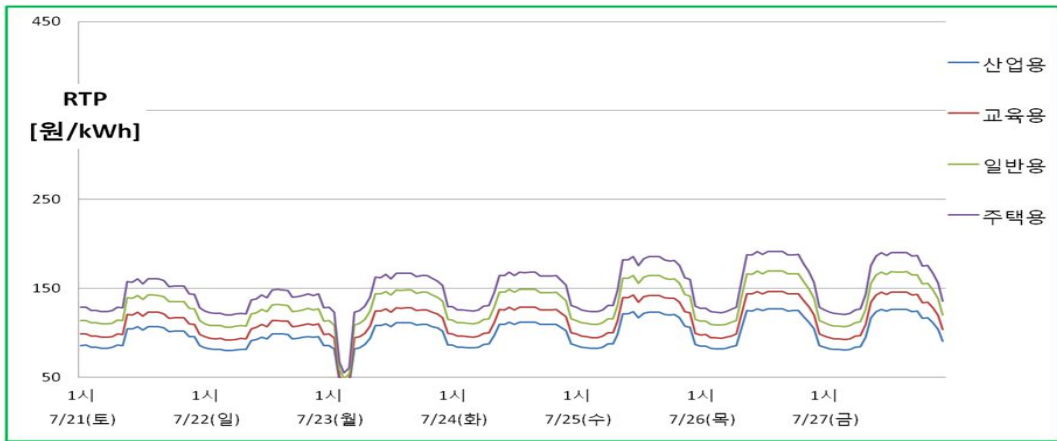


그림 12 2012년 7월 대표 1주간 실시간요금 유형

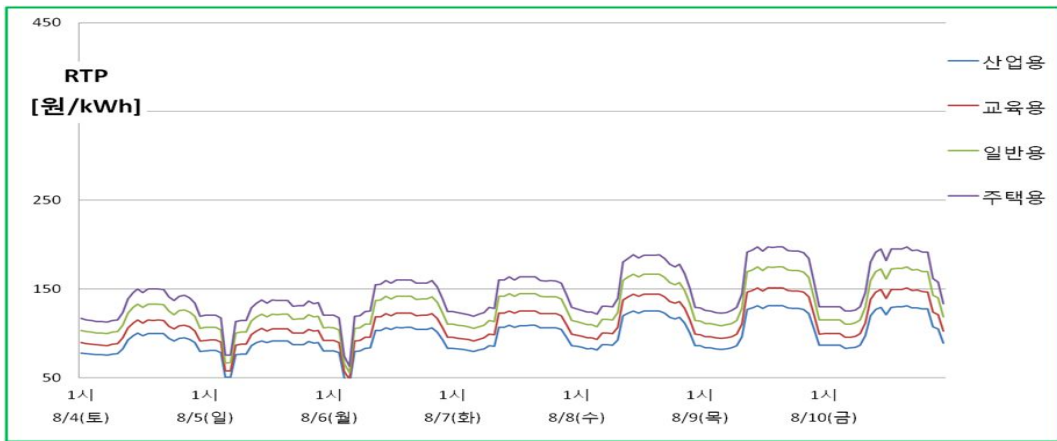
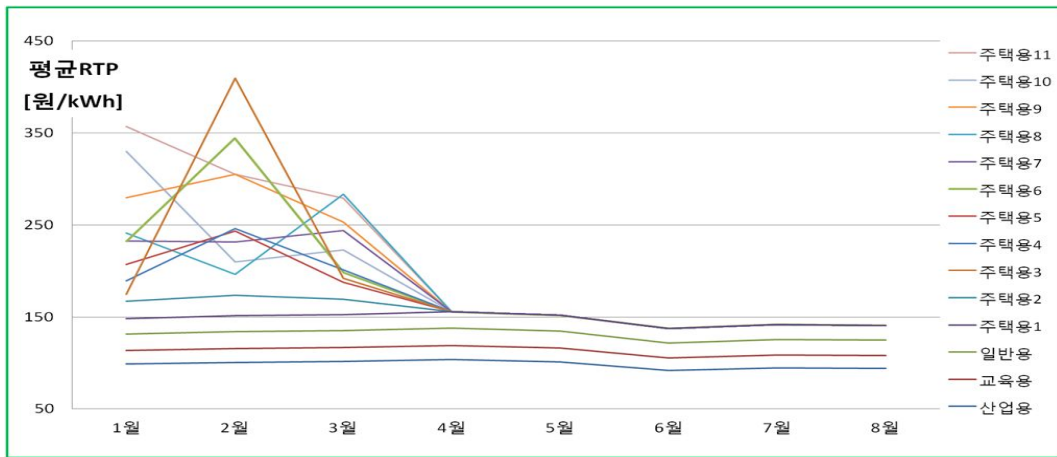


그림 13 2012년 8월 대표 1주간 실시간요금 유형

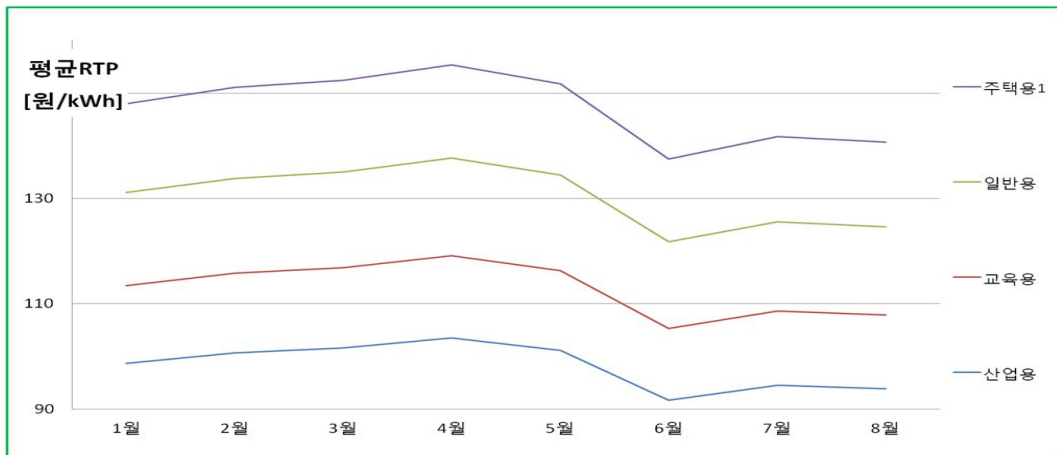
- 실시간요금제에서 주택용 누진제 적용 현황 : 1월부터 3월까지 실시간요금제를 적용함에 있어 주택용에 대해 현행 요금제의 누진제를 반영하는 주택용 실시간요금 누진제가 적용되었다. 전체 주택 수용가 42 가구 중 10가구에 대해 누진제가 적용되었다.
- 주택용 실시간요금 누진제가 적용되는 수용가의 전기요금이 1단계로 매월 수용가 실시간요금이 계산되고 여기에 2단계로 매월 수용가 별로 계산되는 누진조정계수 곱하여 누진요금이 정해진다. 이러한 연유로 그림 6부터 그림 14까지의 그래프로부터 각 수용가의 주택용 실시간 요금이 24시간에 걸쳐 일정한 비율로 벌어져 있음을 알 수 있다.
- 주 단위 실시간요금의 변동형태를 살펴보면 주말은 저렴하고 평일이 비싼 경향은 공급전압이나 용도에 따른 요금제 간의 차이가 없이 같다.
- 점심시간에 전형적인 부하사용감소와 이에 따른 가격 저하에 기인한 가격변동 형태에서 리플이 발생한다. 이러한 리플의 경향은 다른 시간대에서도 관측되는데, 1월, 2월 주간과 저녁 전기에너지 사용량이 많은 시간대에서도 다수 관측된다. 3월부터 이러한 리플은 감소하기 시작해 5월부터는 관측되지 않는다.
- 7월과 8월 하절기 전력피크 시기에 실시간요금의 패턴을 보면 전력이 하루 중 피크를 치는 예비력이 부족해지는 시점에도 실시간요금에는 큰 변동이 없다. 수요반응을 통해 전력피크타임에 전력 피크를 누그러뜨리려면 실시간요금이 이러한 전력피크시간에 급상승하도록 설계되어야 한다. 실시간요금이 이렇게 전력피크시간에도 변동이 없는 것은 SMP가 변동하지 않기 때문이며, 수요반응 관점에서 SMP 설정을 포함한 실시간요금제에 대한 검토가 필요한 것으로 보인다.

## 5.2 실시간요금의 평균과 표준편차 분석

그림 14부터 그림 16까지 2012년 1월부터 8월까지 수용가 용도별 실시간 요금제의 시간 기준 평균 실시간요금(RTP), 표준편차, 상대표준편차를 나타내었다. 그림 14의 (a)는 누진제가 적용된 월별 평균 실시간요금이고, (b)는 월별 평균 실시간요금의 차이를 분명히 하기 위하여 세로 구간 간격을 확대하여 세로 상한값을 150원/kWh로 정한 그래프이다.



(a)



(b)

그림 14 2012년 1월~8월 시간 기준 평균 실시간요금(RTP)

{(a) 상한값 450원/kWh, (b) 상한값 150원/kWh}

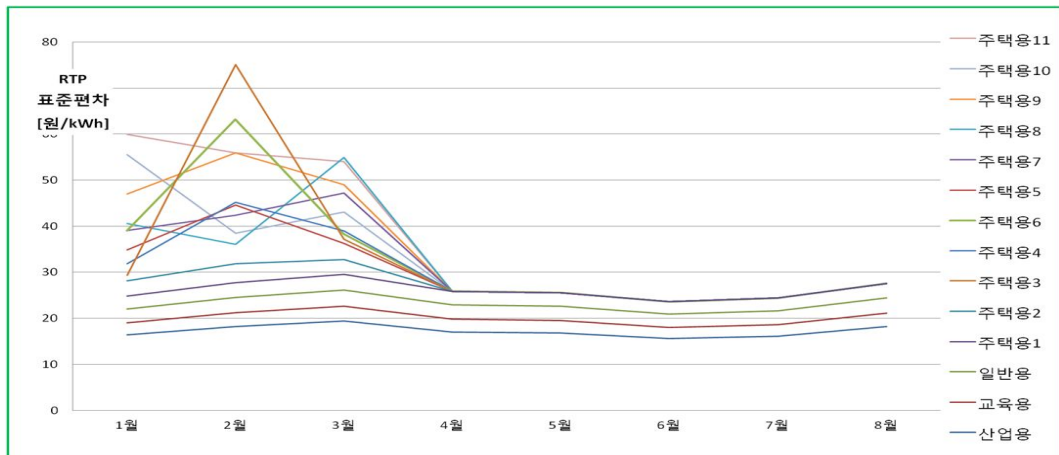


그림 15 2012년 1월~8월 월간 실시간요금(RTP)의 시간 기준 평균의 표준편차

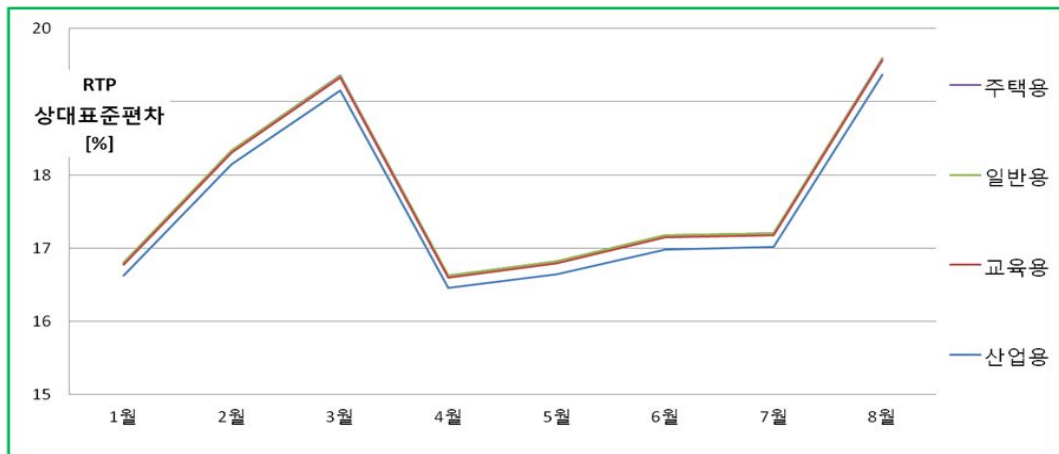


그림 16 2012년 1월~8월 월간 실시간요금(RTP)의 시간 기준 평균의 상대표준편차

- 주택용 실시간요금제에 누진제가 적용된 2012년 1월부터 3월까지 주택용 시간기준 평균 실시간요금과 표준편차를 분석해 보면, 동일 수용가에 적용되는 누진요금제의 평균단가가 월별로 급변동하며, 월별로 전체 수용가의 누진요금 평균단가의 변동폭이 크게 변하고 있다. 2월에 전체 수용가의 누진요금단가의 변동폭이 최대이며 3월이 최소이다.
- 평균요금의 표준편차는 평균요금이 증가함에 따라 비례하여 커졌다. 반면에 시간 기준 평균요금의 상대표준편차는 용도별, 주택용의 누진 등급 별 차이가 없이 거의 동일한 값을 갖는다. 이는 실시간요금의 시간변동분이 위 식 (3)에서 기준 RTP요금(d,t)에 의해 모든 용도별 요금제에 동일하게 적용되기 때문

이다.

- 주택용 수용가 주택 2에서 월 평균 실시간요금이 1월 174.70[원/kWh]에서 2월 409.53[원/kWh]로 변동하였다. 이러한 동일 주택용 수용가에서 실시간 요금이 월간 급변동하는 것은 문제가 될 수 있으므로, 실시간요금제의 주택용 요금제 누진조정계수 등에 대한 조정이나 재설계가 필요한 것으로 보인다.
- 그림 14 (b)으로부터 월별 평균 실시간요금의 변동 추이를 살펴보면 용도별 차이가 없이 1월부터 증가하여 4월에 최고치에 이르고 이후 감소하여 6월에 최저치에 도달한 후 7월에 증가한 후 8월 약간 감소하였음을 알 수 있다.
- 7월, 8월의 평균 실시간요금이 4월 대비 10%, 1월~3월 대비 5%이상 낮다. 이는 기존 요금체계와 전기요금에 대한 일반인의 인식과는 차이가 나는 부분으로 실시간요금 설계 차원에서 분석이 필요한 것으로 보인다.

## VI. 수용가 부하특성 분석 및 수요반응에 의한 부하 감축·이전량 산정

수요반응에 적용에 따른 효과분석 및 부하 감축량을 산정하기 위해서는 먼저 기준기간동안의 10일의 하루 24시간 동안의 부하량의 평균곡선을 나타내는 CBL을 측정해야만 한다. 그리고 각 수용가마다 사용패턴과 사용량이 다르므로 수요반응 효과분석을 할 때 각각 구분지어 분석해야한다. 본 장에서는 제주도내 고압 8가구(교육용 2, 일반용 6)의 여름과 겨울의 3월~8월 동안 실시간요금으로 적용된 CBL분석과 상대표준편차를 분석한다. 여름과 겨울을 선택한 이유는 공급예비력이 부족한 계절이니만큼 수요반응이 절실한 시기이기 때문이다. 그리고 동일한 실시간요금을 적용한 2011년과 2012년의 3월~8월까지의 동월 사용 감축량을 비교하였다.



## 6.1 CBL을 통한 전력 사용 패턴 분석

그림 17는 제주시내 H초등학교 주말을 제외한 2012년 여름, 겨울 10-Day baseline CBL을 나타낸 것이다. H초등학교는 일과시간과 그 외 시간 간에 전기 에너지 사용차가 크므로 전기에너지 사용형태의 밤낮 차이가 뚜렷하다. CBL을 구한 기간이 여름, 겨울 방학 중이며, 9시부터 특별수업이 시작하므로 이 시간부터 전력사용이 높아지다가 점심시간부터 낮아지기 시작해 특별수업이 끝난 오후 시간에는 전력사용량이 오전보다 떨어지고 6시 이후로는 거의 하루 중 가장 낮은 전력사용량을 유지한다. 그리고 주말에는 등교하지 않기 때문에 주중에는 비해 극히 적은 전기에너지를 사용한다.

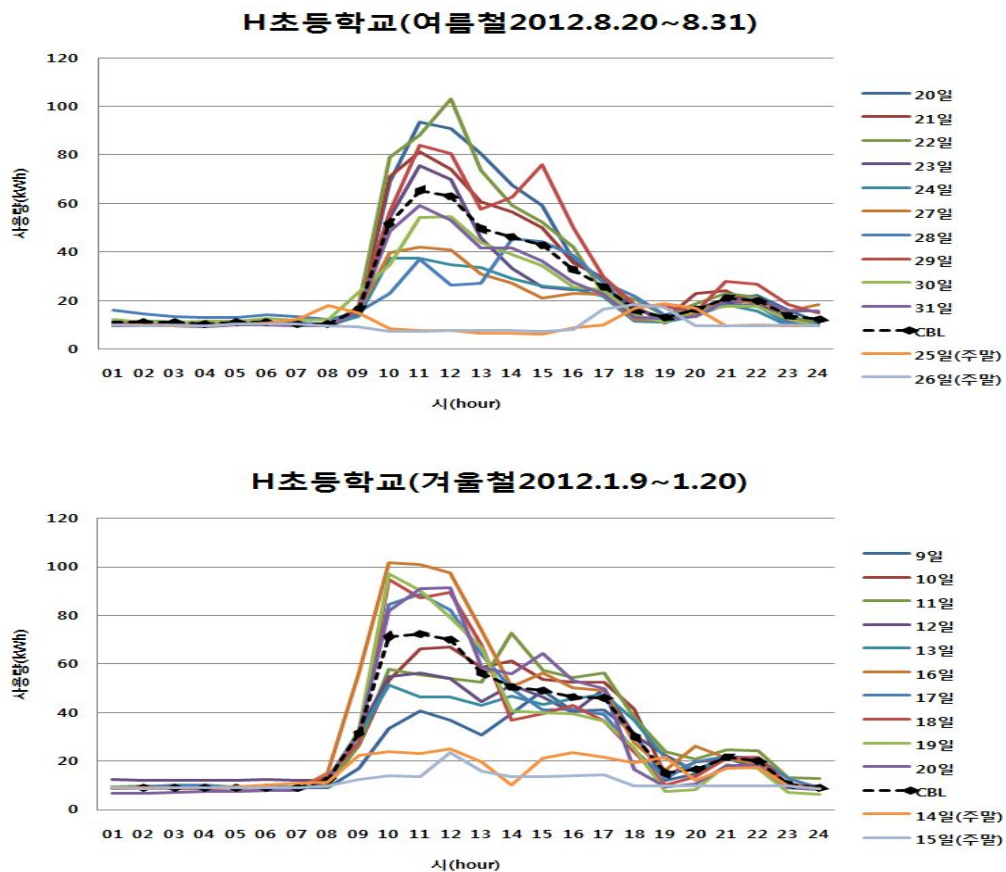


그림 17 H초등학교 10 Day-baseline CBL(여름, 겨울)

그림 18은 서귀포시의 다양한 업종의 상가가 입주해 있는 P빌딩의 CBL 그래프이다. 겨울철 우리나라에서 제일 따뜻한 지역인 서귀포시 빌딩에서 여름철 보다 겨울철 전력사용이 많은 것은 입주 상가가 난방용 전열기를 많이 사용하기 때문인 것으로 보인다. 토요일 오전까지 대부분의 상가가 문을 열고 오후부터는 일정 수의 상가가 문을 닫는 것으로 보인다.

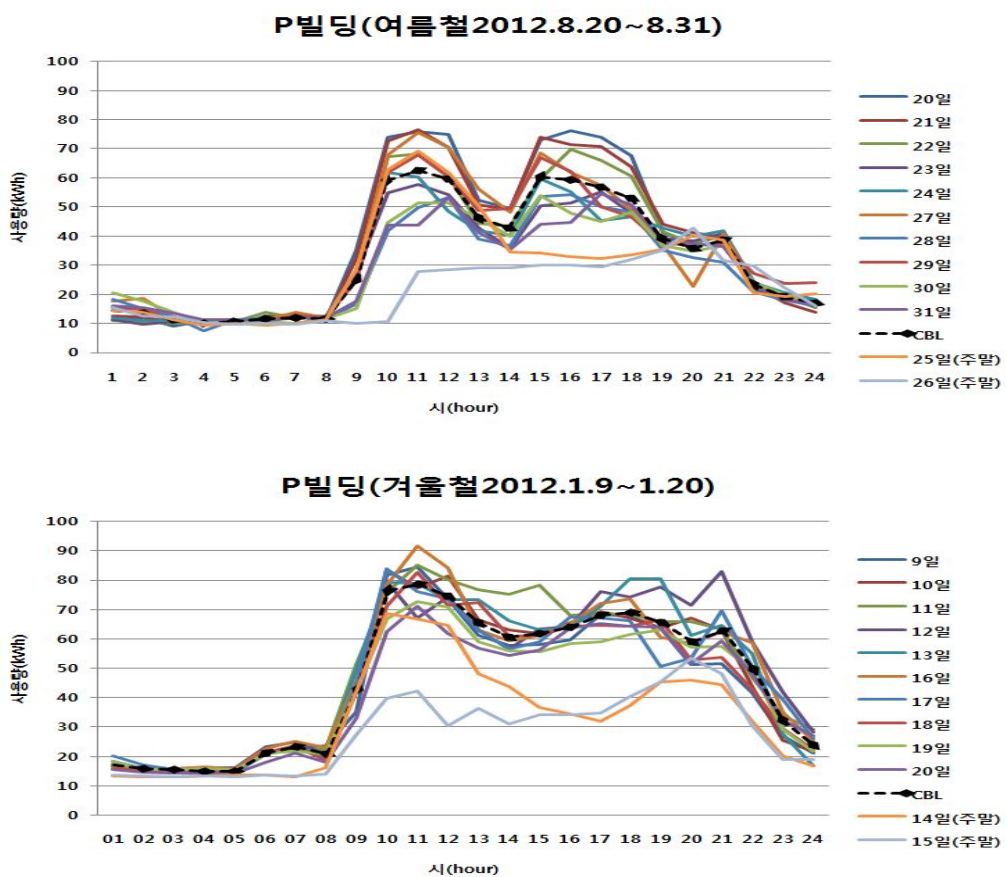


그림 18 P빌딩 10 Day-baseline CBL(여름, 겨울)

그림 19은 J은행의 CBL 그래프이다. J은행은 은행 업무의 특성상 주중과 주말의 차이가 뚜렷하고, 겨울철 오전에 전기에너지 사용량이 매우 높고 오후에는 기온 상승으로 전기에너지 사용량이 줄어들을 알 수 있다.

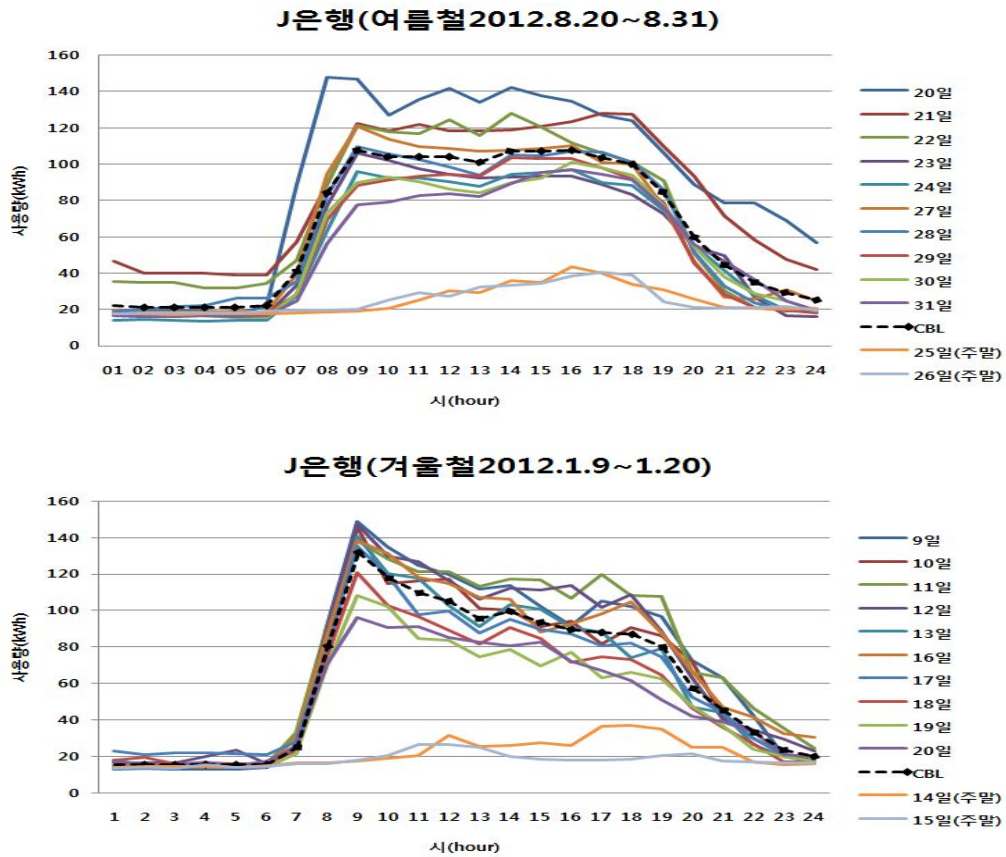


그림 19 J은행 10 Day-baseline CBL(여름, 겨울)

그림 20은 J식당의 CBL 그래프이다. J식당은 식당특성상 손님이 많은 점심시간에 사용량이 급등하고 점심시간 이후에 소강상태를 보이다 저녁시간에 또다시 급등하다가 영업을 끝나는 22시 이후에 사용량이 급격히 낮아진다. J식당은 주말에도 영업을 하기 때문에 주말 전기에너지 사용량이 주중과 비슷하다.

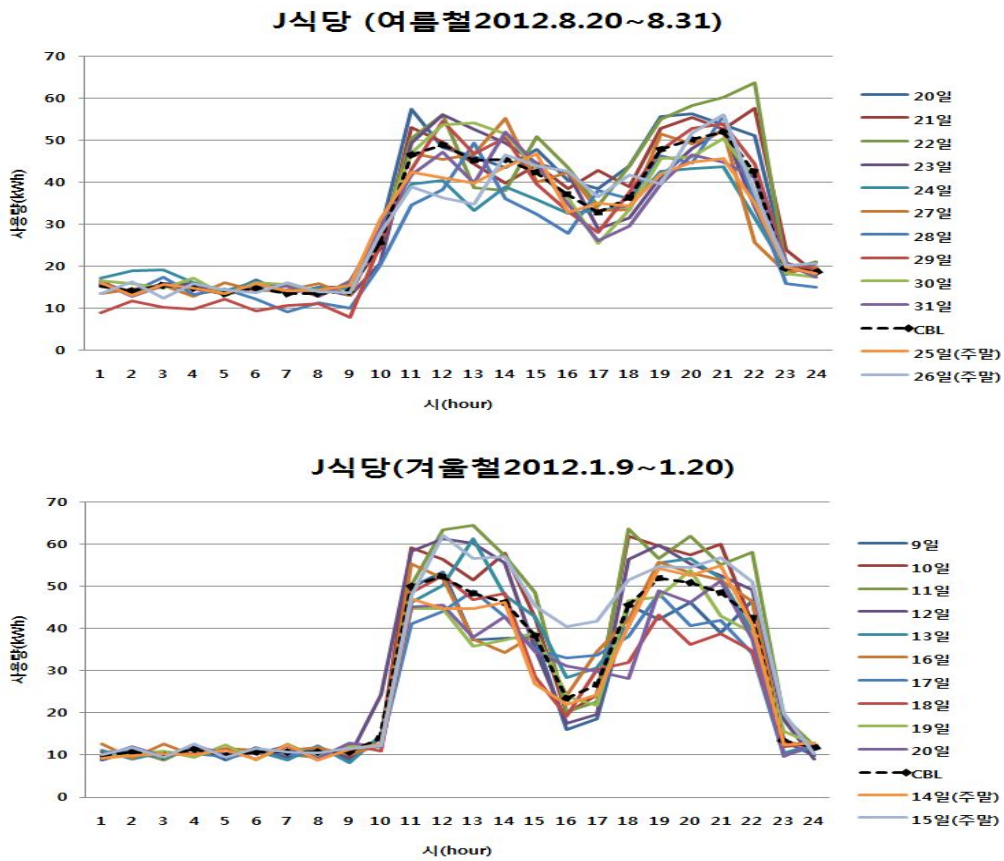


그림 20 J식당 10 Day-baseline CBL (여름, 겨울)

그림 21은 J대학교의 CBL 그래프이다. 방학 중이라 일과 시간 중에만 전기에너지 사용량이 많다. 특이한 점은 다른 수용가와는 달리 새벽시간을 포함해 야간에도 전기사용량이 일정 비율을 유지한다는 점이다. 이는 야간에도 실험실과 도서관 등에서 전기에너지 사용이 지속되기 때문이다.

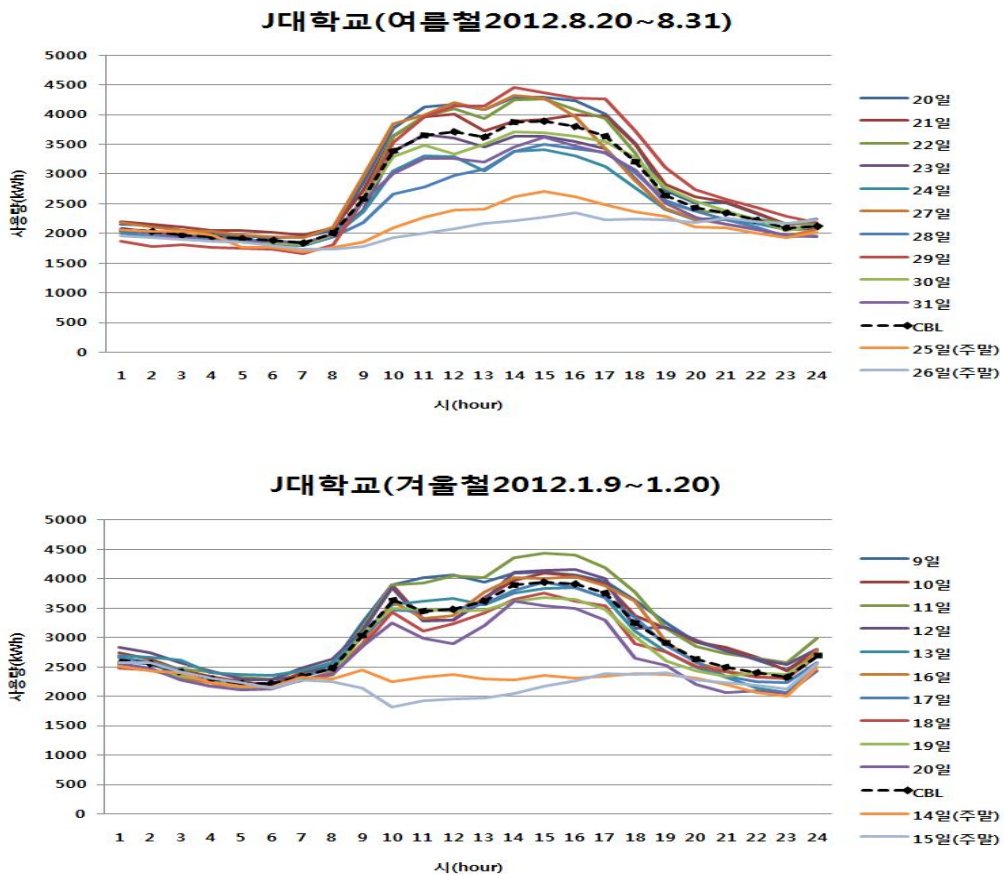


그림 21 J대학교 10 Day-baseline CBL (여름, 겨울)

그림 22는 L대형마트 CBL 그래프이다. 대형마트의 영업 특성상 전기에너지 사용에 있어서 주말과 평일의 차가 없다. 그러나 올해부터 의무휴일제가 적용되면서 올해 초 겨울에는 주말과 주중과 전력사용패턴이 같지만 여름에는 의무휴일제가 적용되어서 의무휴일인 25일 낮에 평소와 다르게 전력사용이 야간과 같은 수준으로 낮다는 것을 확인할 수 있다. 수요반응 시 기준월과 평가 월의 비교에서는 반드시 이러한 변동 사항을 고려하여야지만 수요반응 효과 평가에서 정확성을 기할 수 있다.

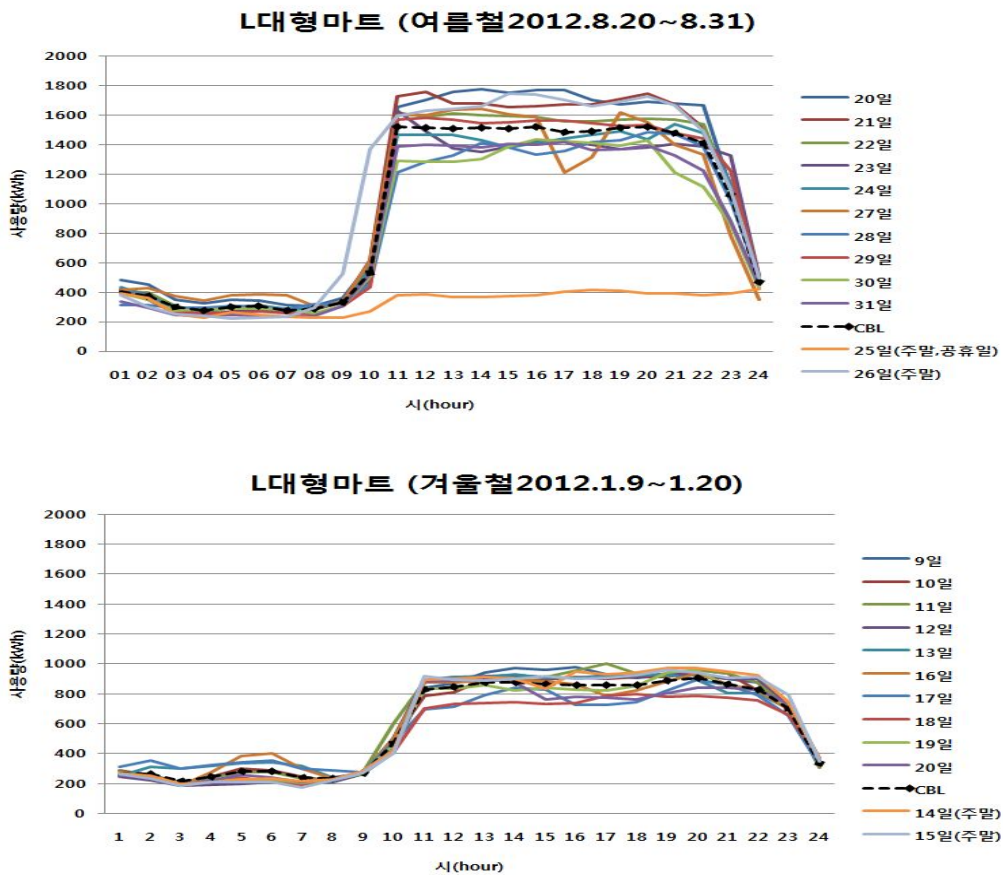


그림 22 L대형마트 10 Day-baseline CBL (여름,겨울)

그림 23은 L호텔의 CBL 그래프이다. 호텔은 투숙하러 오는 손님이 보통 밤에 입실하므로 낮보다 밤에 전력사용량이 높고 공휴일이 없으므로 주말도 주중과 같은 패턴을 유지한다. 특이한 사항은 겨울철 새벽 5시부터 전기에너지 사용이 증가해 지속적으로 늘다가 밤 9시 경에 피크에 도달한다. 또 일간 전기에너지 사용 형태에 큰 편차가 없다.

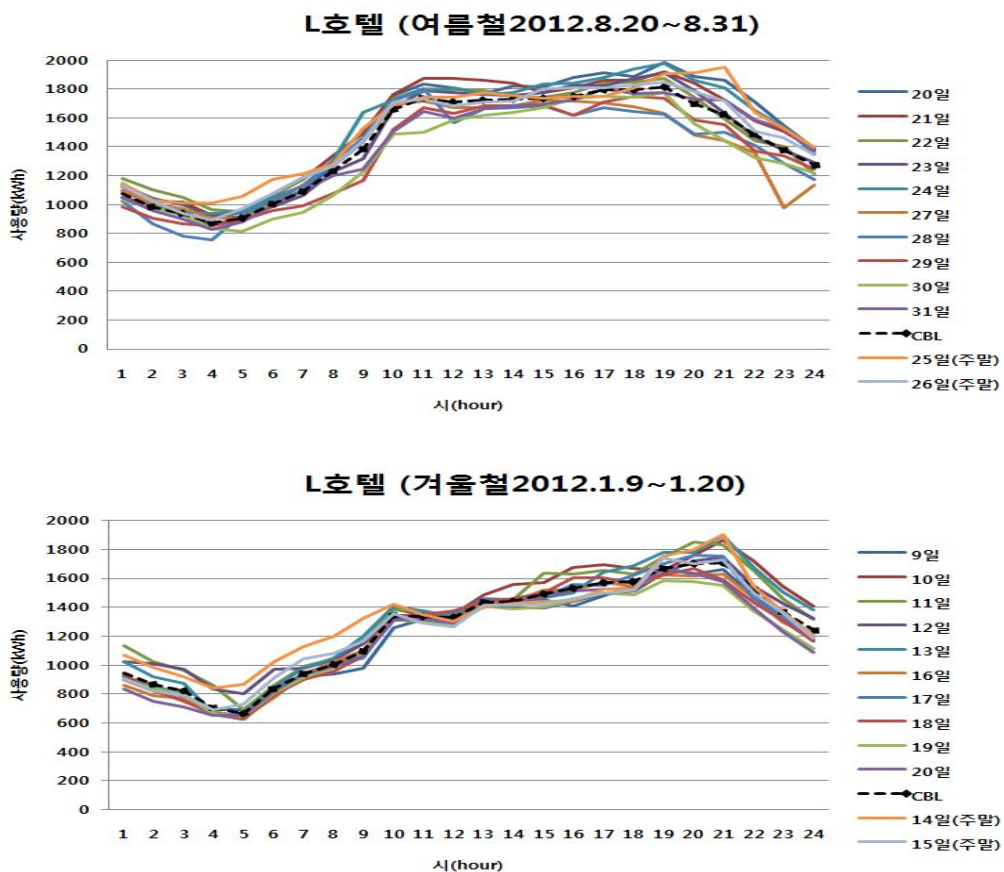


그림 23 L호텔 10 Day-baseline CBL (여름,겨울)

그림 24 은 제주시내 J복지관의 CBL 그래프이다. 복지관은 시각장애인의 교육 시설로 주중 아침에 많은 방문객이 있다. 이로 인해 주중과 주말에 전기에너지 사용량이 차이가 나며, 오전에 전기에너지 사용량이 오후보다 더 많다.

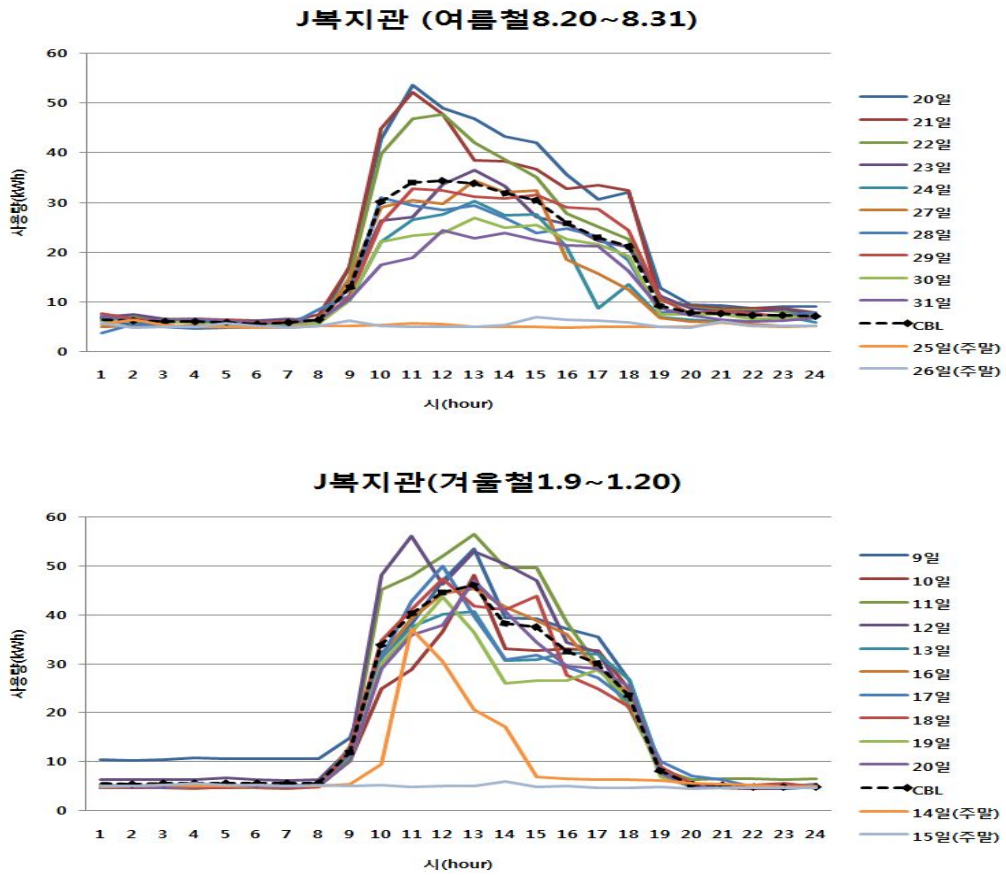


그림 24 J복지관 10 Day-baseline CBL (여름, 겨울)

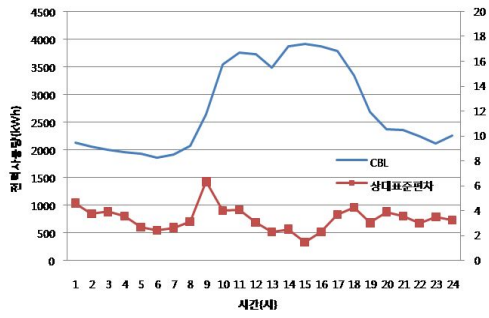


## 6.2 부하사용 곡선의 상대표준편차를 이용한 수용가 부하특성 분석

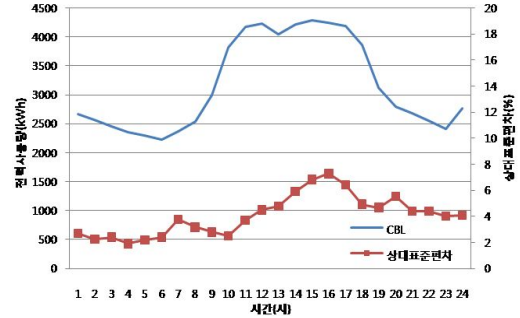
수용가가 수요반응 참여시 부하 감축량을 확인하고 더 나아가 인센티브 기반 수요반응으로 보상 평가를 할 경우 보상평가의 정확성을 예측하기 위해서는 평소 수용가의 일별 부하 변동폭을 알 필요가 있다. CBL과 상대표준편차곡선을 함께 표시함으로써 10일간의 부하곡선을 전부 비교하지 않아도 해당 수용가의 평소 일별 부하 변동폭을 알 수 있으며 경직된 부하 운영 특성을 갖는 수용가의 경우를 제외하고는 수요반응 참여여력을 간접적으로 알 수 있다. 부하사용곡선의 상대표준편차는 표준편차를 평균값으로 나누고 퍼센테이지를 나타낸 것으로 각 시간대에서 상대표준편차가 크다는 것은 해당 시간대에서 일별 전기에너지 사용량의 변동이 크다는 것을 의미한다. 계절 별 또는 수용가 별 전기 에너지 사용량이 다르므로 표준편차로는 각 경우 상호 비교가 곤란하므로 상대표준편차를 부하변동을 나타내게 되면 상호 비교가 가능하다.

제주도내 고압 수용가에서 대표적으로 대학교, 호텔, 대형마트, 공공기관(J교육센터)의 각각 여름철과 겨울철의 상대표준편차를 분석하였다.

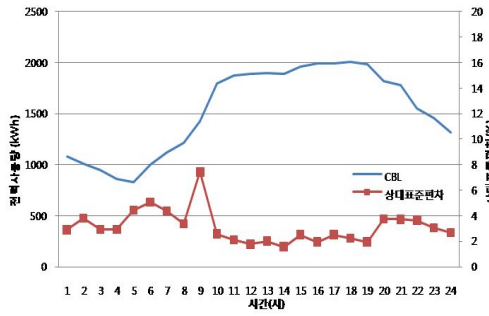
그림 25에서 J대학교는 여름철과 겨울철의 상대표준편차가 낮과 밤으로 거의 일정하여 일정한 부하 변동 폭을 보여준다. 이는 조사한 날짜가 방학인지라 학생들이 거의 없고 그러므로 냉난방장치를 작동하더라도 교직원들만 사용하는 장소만 사용하므로 거의 일정한 부하를 사용한다고 추측할 수 있다. L호텔의 경우 투숙객의 유무의 차에 의해 상대표준편차의 그래프가 변할 텐데 조사기간에 거의 일정한 비율로 봐선 투숙객 또한 일정한 비율로 방문했다고 추측할 수 있다. L대형마트는 마트영업시간동안 항상 일정한 부하를 사용하므로 상대표준편차가 굴곡이 없지만 영업 외 시간에는 다른 부하사용 변동량이 크다는 걸 알 수 있고 여름보다 겨울의 영업외 시간에 더욱 부하사용 변동량이 크다. J교육센터는 CBL 곡선이 J대학교와 유사하여 상대표준편차가 비슷할 것 같지만 의외로 상대표준편차 비율이 다른 수용가보다 크고 여름보다 겨울에 밤과 새벽시간대 급격하게 높아진 것으로 봐선 조사기간 동안 밤과 새벽시간의 야간 근무자가 부하가 큰 난방기를 비 주기적으로 사용한다는 것을 추측할 수 있다[12].



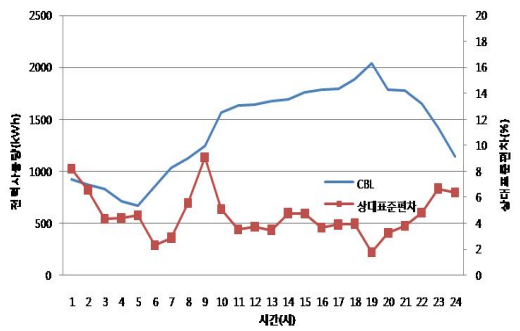
J 대학교 여름철



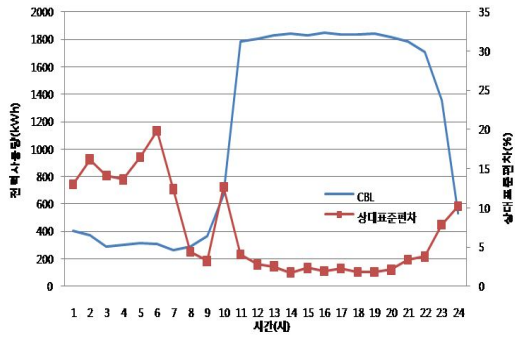
J 대학교 겨울철



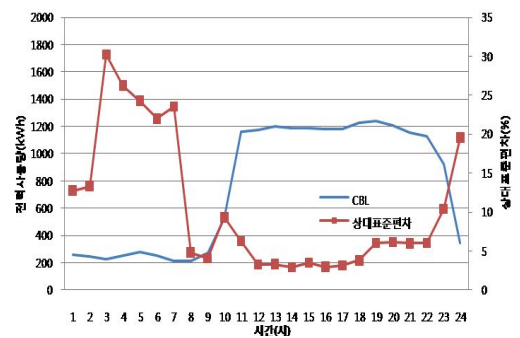
L 호텔 여름철



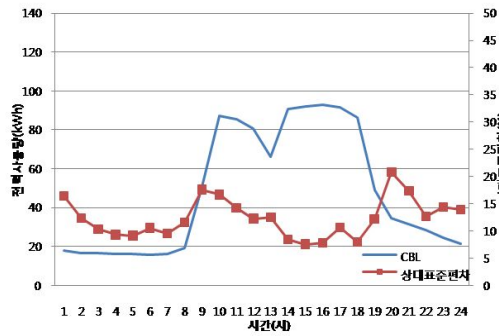
L 호텔 여름철



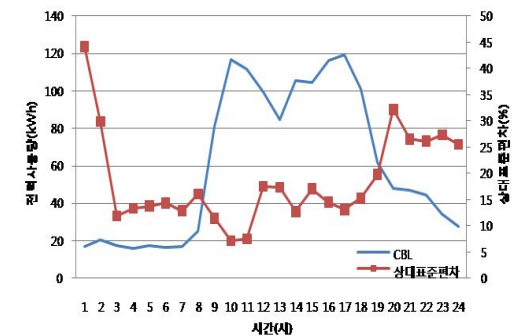
L 마트 여름철



L 마트 겨울철



J 교육센터 여름철



J 교육센터 겨울철

그림 25 CBL과 상대표준편차

### 6.3 수요반응에 의한 전기에너지 감축·이전량 산정

제주도 내 대표적인 고압수용가 9가구(교육용2,일반용7), 저압수용가 85가구(주택용42,일반용42,산업용1)의 2011년과 2012년의 3월부터 8월까지 동월의 부하사용 형태를 분석하여 제주대 알고리즘을 이용해 감축량을 계산하였다. 2011년과 2012년 동월에 동일한 실시간요금 적용하여 2011년 기준으로 2012년 부하감축 여력을 조사하였다.

표 5 2011년과 2012년 평균기온 비교[°C]

	3월	4월	5월	6월	7월	8월
2011년	7.8	13.2	18.2	21.7	27.3	26.0
2012년	9.0	14.5	19.0	22.3	26.6	27.8

#### (1)고압수용가

표 6 고압수용가의 수요반응에 의한 전기에너지 감축량

	평가기간 한 달 감축량(kWh)					
	교육용		일반용		전체	
	감축량(kWh)	감축비율(%)	감축량(kWh)	감축비율(%)	감축량(kWh)	감축비율(%)
3월	0	0.0	33,834	2.6	33,834	1.1
4월	0	0.0	27,518	2.1	27,518	1.0
5월	238	0.0	111,808	8.1	112,046	4.2
6월	2,458	0.2	132,395	8.7	134,853	4.6
7월	19,746	1.2	141,234	7.9	160,980	4.6
8월	5,339	0.3	110,566	6.1	115,905	3.2
전체	27,782	0.3	557,354	6.1	585,136	3.1

고압 일반용의 경우 전기에너지 사용 감축량이 5, 6, 7월에 두드러지는데 이는 이 기간 동안 제주지역의 양호한 날씨로 인해 전기에너지 사용 감축이 가능했던 것으로 보인다. 2012년은 표 6에서 나타나듯이 5, 6월 평균기온이 각각 0.8, 0.6[°C]가 높아 난방 에너지가 절감되었고, 2012년 7월은 평균기온이 0.7[°C] 낮아 냉방에너지가 절감되었다. 반면에 고압 교육용의 경우는 7월에만 약간의 감축효과, 대략 1% 정도로 감축 효과가 있었다.

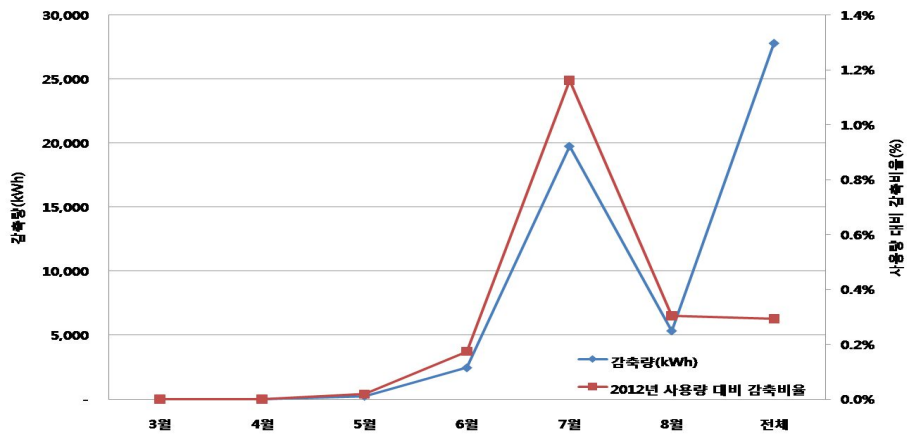


그림 26 수요반응에 의한 감축량과 감축률-고압 교육용

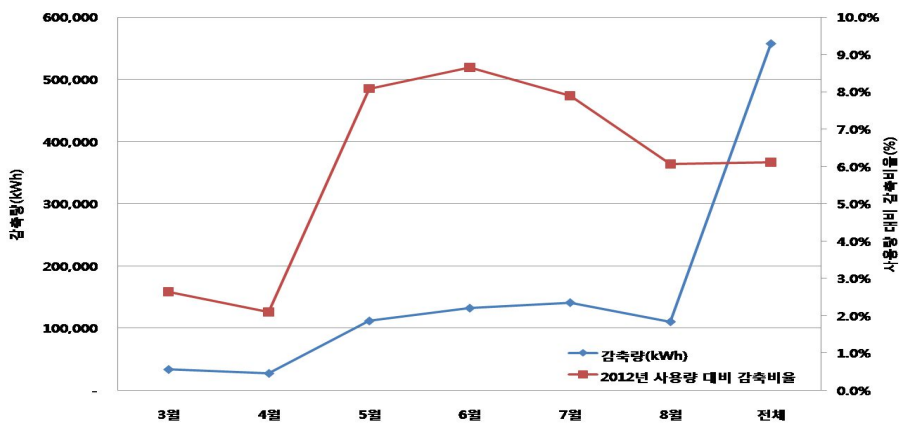


그림 27 수요반응에 의한 감축량과 감축률-고압 일반용

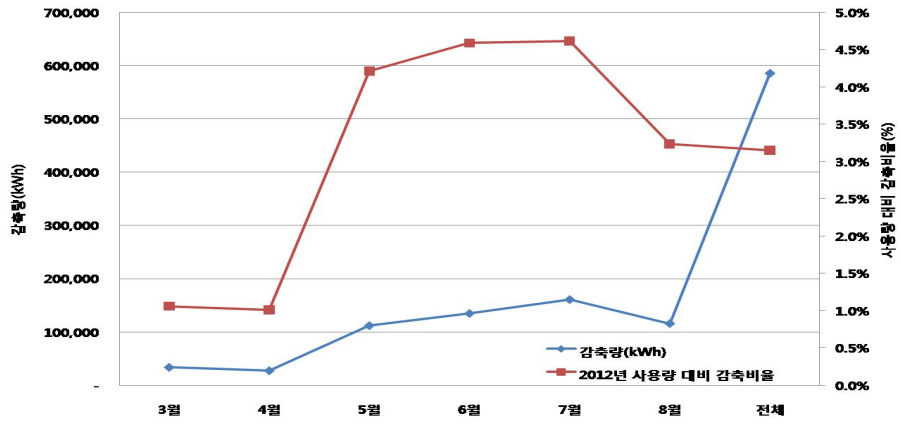


그림 28 수요반응에 의한 감축량과 감축률-고압전체

(2)저압수용가

표 7 저압 수용가의 수요반응에 의한 전기에너지 감축량 및 감축비율

	평가기간 한 달 감축량 및 감축비율					
	주택용		비주택용		전체	
	감축량 (kWh)	감축비율 (%)	감축량 (kWh)	감축비율 (%)	감축량 (kWh)	감축비율 (%)
3월	446	2.9	2,989	7.2	3,435	6.0
4월	654	4.2	1,977	3.5	2,631	3.6
5월	695	5.1	3,402	5.2	4,097	5.2
6월	1,317	13.1	3,329	4.8	4,646	5.9
7월	1,170	7.4	7,017	9.6	8,188	9.2
8월	932	5.8	6,313	7.9	7,246	7.6
전체	5,215	6.0	25,028	6.5	30,243	6.4

저압 주택용의 경우 평균 6% 정도의 전기에너지 감축효과가 있었으며 6월의 경우 약 13% 정도의 감축이 있었다. 저압 비주택용인 경우 평균적으로 6%를 넘는 감축이 있었으며 7월에는 약 10%의 감축이 있었다. 이는 위에서 기술한 바와 같이 제주의 양호한 날씨로 인해 에어컨 가동을 자제할 수 있었기 때문으로 사료된다.

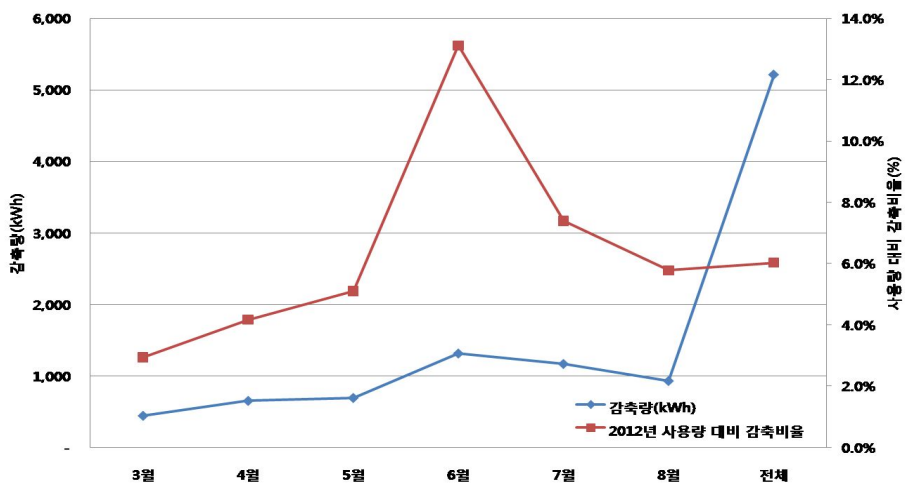


그림 29 수요반응에 의한 감축량과 감축률-저압 주택용

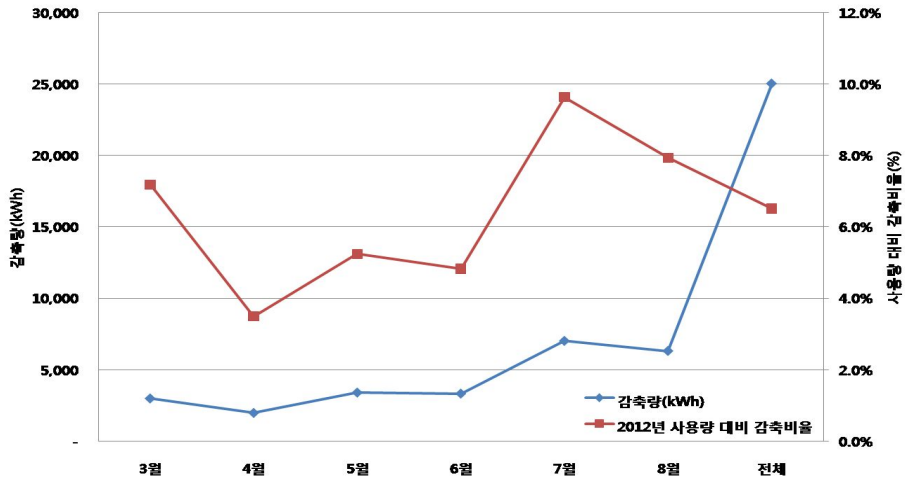


그림 30 수요반응에 의한 감축량과 감축률-저압 비주택용

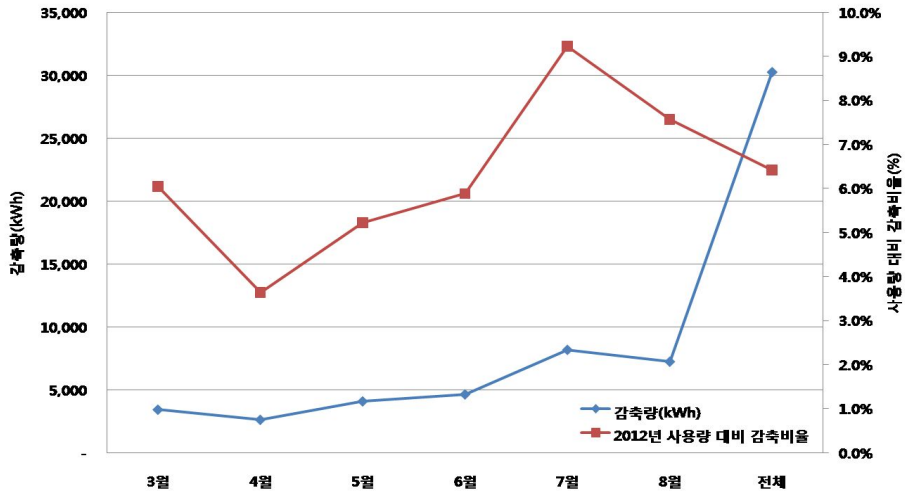


그림 31 수요반응에 의한 감축량과 감축률-저압전체

## 6.4 결과고찰

본 논문에서는 "AMI기반 제주수요반응 실증연구"를 통하여 수용가별 전력사용 패턴이 다른 고압수용가와 저압수용가에 수요반응 효과분석을 하였다.

수요반응 효과분석에 필요한 CBL과 상대표준편차를 제시함으로써 수용가 각각의 실시간부하패턴 분석 및 부하 변동폭을 알 수 있었으며 이를 통해 수요반응 참여 여력을 간접적으로 알 수 있었다. 그리고 공급전압이나 용도에 따라 다르게 적용된 실시간요금을 분석하였다. 7월, 8월의 평균 실시간요금이 4월 대비 10%, 1월, 2월, 3월 대비 5%이상 낮은 것으로 봐선 이는 기존 요금체계와 전기요금에 대한 일반인의 인식과는 차이가 나는 부분으로, 실시간요금 설계 차원에서 분석이 필요한 것으로 보인다.

또한 제시한 알고리즘을 적용하여 실시간요금하에 감축량과 감축비율을 검토하기 위해 동일한 요일 구성을 갖는 기준월과 평가월 간의 일정기간을 비교함으로써 수요반응 참여 기여도 평가에 정확성을 높였다.

2012년 3월부터 8월까지 본 수요반응 실증사업을 통해 얻어진 전기에너지 사용 감축 또는 이전량은 2011년 대비 저압 주택부분에서 5,215 kWh, 저압 비 주택 부분에서 25,028 kWh, 고압 교육용 부분에서 27,782 kWh, 고압 일반용 부분에서 557,354 kWh이었다. 총계 약 62만 kWh, 동일 기간 사용량 대비 약 6 %에 해당한다.



## Ⅶ. 결 론

본 논문에서는 “AMI 기반 제주수용반응 실증연구” 사업의 수행을 통해 2012년 3월부터 2012년 8월까지 실시된 실시간요금제 기반의 수요반응에 대한 효과를 분석하고 수용가에 대한 부하사용특성 분석, 적용된 실시간요금제에 대한 분석, 수요반응효과 검증 등의 연구내용이 포함되었다.

수용가의 부하특성을 나타내는 CBL 산정 시 상대표준편차곡선을 함께 구하면 부하사용량의 크기가 다른 수용가들의 평소 일별 부하사용 변동폭을 비교할 수 있으며, 이로부터 수용가들의 수요반응 참여 시 감축여력을 간접적으로 평가할 수 있는 이점이 있었다.

대부분의 수용가에서 전기에너지 사용이 요일에 따라 큰 차이가 있다. 수요반응 기여도 평가 시 기준기간과 평가기간의 요일 구성이나 비교 일 수가 다를 경우 평가의 부정확성이 증가한다. 본 논문에서는 동일한 요일 구성을 갖은 비교구간을 설정하고 비교구간에서 수요반응 효과를 검증하고 이를 평가기간 전체에 적용하는 알고리즘을 제안하였다.

실시간요금 하에서 수요반응 참여도를 분석하는 방안으로서 기준월과 평가월을 비교하여 동일한 요일 구성을 갖는 평가기간을 택함으로써 수용가의 수요반응 참여도 평가에 정확도를 높일 수 있었다.

제시된 알고리즘으로 계산된 수요반응 실증사업 기간의 전기에너지 사용 감축 또는 이전량은 2012년 동일 기간 사용량 대비 약 6%이었다.

향후 더 큰 규모의 수용가 집단을 대상으로 한 실시간요금제 기반의 수요반응 실증을 통해 제안된 수요반응 알고리즘을 검증하고 실제 전력시장 수요관리에 적용 가능성을 검토할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 지식경제부, “실시간 전기요금 시범사업 추진계획”, 2009.
- [2] 김수래, “수요반응”, KISTI, 2011.
- [3] U.S. Department of Energy, “Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them”, 2006.
- [4] 전력거래소, “수요자원시장 및 운영경험”, 2010.
- [5] FERC, “A National Assessment of Demand Response Potential”, 2009.
- [6] 전력거래소, “선진전력시장 DR프로그램의 변동비 반영시장 적용분석”. 2011.
- [7] 지식경제부, “지능형전력망 추진을 위한 실시간전기요금제 시범적용연구”, 2010.
- [8] 지식경제부, “스마트그리드 추진을 위한 실시간 전기요금 시범사업 추진계획”, 2009.
- [9] 강중철, 이현우, “사용량 패턴분석을 통한 패턴분석 DR 프로그램 운영방안에 대한 연구”, 한국데이터정보과학회지, vol.20 no.2 pp. 283-292, 2009.
- [10] 한국전력공사, “AMI 기반 제주 수요반응 실증연구 최종보고서”, 2012.
- [11] FERC, “Assessment of Demand Response and Advanced Metering”, 2011.
- [12] 김진, 이개명, “수요반응 보상을 위한 CBL연구”, 한국통신학회 동계종합학술 발표회논문집, vol.47 pp. 49-50 2012.

## 감사의 글

엣그제 대학원에 입학한 것 같은데 어느새 2년이란 세월이 흘러 제가 그동안 지도교수님의 밑에서 공부하고 연구해 온 것을 논문으로 엮어내게 되었습니다.

오늘 이 논문을 완성하기 까지 저에게 큰 도움을 주신 분들께 이 지면을 통해 감사의 말씀을 드립니다.

먼저 본 학위 논문이 완성되기까지 물심양면으로 많은 도움을 주시고 지도와 격려를 아끼지 않으셨던 이개명 지도교수님의 정성을 평생 잊지 않겠습니다.

또한 늘 옆에서 지도와 격려를 해주신 좌종근, 오성보, 김세호, 김일환 교수님, 그리고 제 논문이 좋은 논문이 되도록 성심성의껏 검토와 교정을 해주신 김호찬 교수님과 김호민 교수님께 감사를 드립니다.

아울러 대학원 생활동안 유익한 조언과 가르침을 주신 김도진 박사님, 부창진 박사님, 강형규 선배님께 감사드립니다. 그리고 2년 동안 동고동락하며 깊은 학우애를 나뉘은 호산, 지형, 승현, 경민, 사일, 동완, 동우, 지한, 성현, 도현이 서울에서 틈틈이 전화로 격려해준 봉언이와 정우회 친구들 또한 강지훈, 김윤희 조교선생님께 이 자리를 빌려 감사하다는 말씀을 전합니다.

끝으로 지금껏 저를 사랑과 희생으로 키우시고 아껴주시는 아버지 어머니, 멀리 텃밭에서 이 손자의 무궁한 성장을 염원하시는 외할아버지 외할머니 그리고 늘 격려와 지원을 아끼지 않았던 큰누나 작은누나 나의동생 민, 숙 씩씩하게 군생활하는 막내 신, 매형 그리고 내 첫 조카 민지까지 감사합니다.

저는 많은 분들의 격려와 관 심속에 대학원과정을 마치고 사회에 발을 디디려고 합니다.

이제 막 시작하는 길이 오늘이 지나면 다시 오지 않음을 자각하고 매사에 최선을 다하여 열심히 살아가는 사람이 될 것을 다짐하고 또한 약속드립니다.

마지막으로 이 논문을 손자의 오늘 모습을 하늘에서 늘 지켜봐 주시는 우리 할머니께 받칩니다.

2012 년 12 월

김 진 올림