

대전지역 공동주택의 전력소비 실태 및 패턴 분석 연구

An Analysis of Electricity Consumption Profile based on Measurement Data in Apartment Complex in Daejeon

김 강 식*
Kim, Kang Sik

임 경 업**
Im, Kyung Up

윤 종 호***
Yoon, Jong Ho

신 우 철****
Shin, U Cheul

Abstract

This study is to analysis the characteristics of electric power consumption of apartments complex in Korea. This study shows the pattern of electric power consumption and correlation of each apartment complex's completion year monthly and timely. With this result, we are able to predict the demand pattern of electricity in a house and make the schedule by demand pattern. It is expected this data is used as reference of electric consumption of Daejeon area to operate the simulation tools to predict the building energy. The yearly data of 10 apartment complexes of 2010 are analyzed. The results of this study are followed. The averaged amount of electricity consumption in winter is higher as summer because of the high capacity of heating equipment. All of the house has electric base load from 0.26kWh to 0.5kWh. The average of the electricity consumption of month is shown as 310.2kWh. A week is seperated, as 4 part such as week, weekend, Saturday and Sunday. During week, the average of timely electricity consumption is shown as 0.426kWh. The Saturday consumption is 0.437kWh. The Sunday is 0.445kWh. The peak electricity consumption in summer and winter is measured. The peak consumption on summer season is 1.389kW on 22th August 64% higher than winter season 0.887kW on 3rd January.

키워드 : 전력사용량, 전력 최대수요, 공동주택단지, 수요패턴, 실측자료

Keywords : Electricity Consumption, Electricity Peak Consumption, Apartment Complex, Demand Pattern, Measurement Data

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

에너지 97%를 수입에 의존하는 국내의 에너지 자원부족을 해결하기 위해 정부에서는 건축분야에서 기술적, 산업적 전략 로드맵을 수립하여 탄소절감 및 친환경 저에너지 건축을 위한 주거건물의 제로에너지화와 신재생에너지 시스템 적용방안을 추진하고 있으며, 이러한 전략을 구현하기 위한 규제 또한 강화되고 있는 추세이다.

한편 이러한 주거건물의 에너지 절감을 위한 사전 평가 단계로써 건물에너지 평가 시뮬레이션 도구를 활용하여 정부에서 제시한 에너지 정책 로드맵에 대응하는 건

물의 성능을 구현할 수 있다. 기존 건물의 에너지 소비 패턴이나 성능, 이산화탄소 배출에 대한 분석은 건축물의 물리적 단위구성요소와 건물 운전 패턴, 에너지 소비 등과의 관계에 대한 모델화나 시뮬레이션 도구를 이용하여 분석, 활용할 수 있다. 시뮬레이션 도구를 통한 사전 평가 방법은 건축물의 자체적인 에너지 절감과 신재생에너지 적용을 위한 기본적인 데이터로 활용가능하다. 하지만 이러한 시뮬레이션 평가도구를 활용하는 과정에서 도구 사용자들의 불확실한 변수들에 대한 입력 값을 정의함에 있어 그 결과 값이 상이하게 나타나게 되는 문제점을 안고 있다. 건물 계획단계에서 계획건물의 성능을 예측하고 그에 따른 대안을 구축하기 위한 시뮬레이션 프로그램을 구동하기 위해서는 입력 자료에 대한 전문적인 지식이 요구되기 때문이다.[1] 현실적으로 수용 가능한 건물 에너지 해석 시뮬레이션을 위해 건물을 구성하는 환경 변수(제실자 패턴, 에너지 사용량, 제어조건 등)의 경우 표준 데이터가 구축되지 않아 해외 데이터 및 기타 검증되지 않은 데이터를 활용하는 경우가 많으며 특히 주거건물의 경우 사용자의 패턴에 따라 입력변수의 차이가 있기 때

* 한전전력연구녹색성장연구소전임연구원(kimks@kepri.re.kr)

** 한밭대학교 건축공학과 석사과정 (84coramdeo@hanmail.net)

*** 교신저자, 한밭대학교 건축공학과 교수

(jhyoon@hanbat.ac.kr)

**** 대전대학교 건축공학과 교수 (shinuc@dju.ac.kr)

본 연구는 한국전력연구원 녹색성장연구소에서 실시되는 과제 의 일환으로 수행되었음

문에 표준적인 입력변수의 수립이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시뮬레이션 도구 사용과정에 필요한 입력변수 중 전기에너지부분에 대하여 대전지역의 공동주택 10개 단지의 실측된 전력사용량을 통계, 분석하여 공동주택의 가구별 전력사용 패턴을 파악하고 시뮬레이션 도구 활용을 위한 표준적인 입력 데이터를 수립하는데 그 목적을 두었다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건물에서 사용되는 전기에너지 관련된 기존 연구 문헌에서는 건물에 대한 전기에너지 사용 및 패턴에 대하여 건물 용도에 따른 건축물별 분석이 이루어졌다.[2-5] 주거건물에 대한 전기에너지 사용 및 패턴에 대한 연구는 황[6]이 전국 공동주택 아파트단지를 통하여 소비실태를 분석하였고 홍[7]등은 공동주택의 에너지 원단위를 분석한바 있다. 최[8]등은 제주지역에 대하여 공동주택의 난방방식에 따른 전력소비패턴을 분석하여 제시한바 있다. 하지만 특정지역에 대한 표본단지수의 차이가 크게 나타나 특정지역에 대한 대표성이 부족하다 판단되며, 단위가구에 따른 전력소비패턴을 예측하기 어려운 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 공동주택의 전력 사용데이터를 이용하여 다양한 측면에서 비교 및 분석을 통하여 공동주택의 전력소비 패턴을 파악하고, 시뮬레이션 도구의 입력자료로 활용가능한 표준적인 데이터를 구축하고자 한다. 데이터는 대전지역의 공동주택 아파트 단지 중 실측 데이터를 제공받을 수 있는 10개 단지에 대하여 2010년 1년간의 데이터를 수집, 단지별 비교 및 분석을 수행하였으며, 대전지역 공동주택에 대한 표준적인 사용패턴을 도출하였다.

2. 단지별 분석개요 및 전력사용량 실측조사

대전지역의 공동주택 표준 전력소비데이터의 수집이 가능한 아파트단지 10곳에 대하여 자료를 수집하였다. PCCS(전력소비컨설팅시스템)[12]로 수집된 데이터의 구성은 그림 1과 같다.

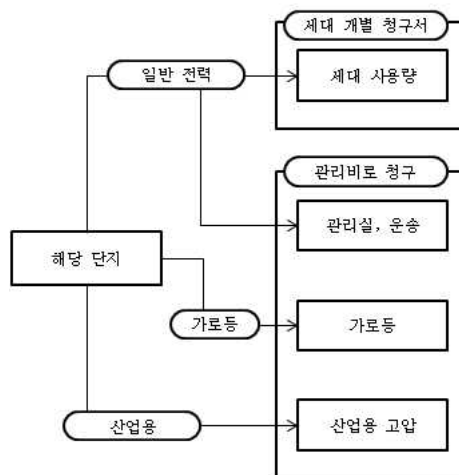


그림 1. PCCS의 전력데이터 구성

PCCS에서 수집된 공동주택단지의 전력 데이터는 가로등전력과 산업용전력의 고압부분, 그리고 일반용 전력으로 구분된다. 본 연구에서는 단지별 전력사용량 데이터 중 관리비로 청구되는 산업용 고압, 가로등, 관리실 및 운송에 대한 전력을 제외하고 순수 세대에서만 사용되는 전력사용량을 추출하여 통계 및 분석이 이루어졌다.

전기사용량 분석을 대상으로 선정된 10개 단지는 대전 중심부에 위치하고 있으며 준공연도는 1992년에서 2000년 사이이다. 총 10개 단지 13955세대에 대하여 2010년 1월부터 12월까지의 분별 전력사용 데이터를 수집하여 분석하였다. 표 1은 대상단지의 개요를 나타내었다.

표 1. 분석 대상 10개 단지 개요

단지	준공연도	공급면적(m ²)	총세대수	전용면적비율(%)	난방방식
A	1998	115.7/122.3/158.7	1251	82.56%	개별난방, 도시가스
B	1993	72.7/102.5/119.148.8/188.4	1980	83.84%	중앙난방, 도시가스
C	2000	76.0/79.3/89.3/109.1/122.3/158.7/208.3	2892	81.23%	중앙난방, 도시가스
D	1994	89.3/95.9/105.8/122.3/158.7/195.0	1632	81.90%	중앙난방, 도시가스
E	1992	102.4/119.0/135.5/155.4/188.4	1632	85.97%	중앙난방, 도시가스
F	1993	72.7/82.6/102.5/132.2/162.0	672	87.17%	개별난방, 도시가스
G	1997	105.5	2200	80.52%	개별난방, 도시가스
H	1993	89.3/102.5/128.9/142.2	840	82.60%	개별난방, 도시가스
I	1992	86.0/102.5	462	83.05%	중앙난방, 도시가스
J	1994	79.3/102.5	394	80.54%	개별난방, 도시가스

우선적으로 단지별 전력사용량에 대하여 월별, 시간별 사용패턴을 분석하였다. 월별 분석을 통한 계절별 패턴과, 시간별 분석을 통하여 하루 중 전력 사용패턴 및 주중/주말에 대한 사용패턴과 시뮬레이션 도구 활용에 필요한 입력 자료로써 활용 가능하도록 프로파일로 작성하였다. 그리고 단지 중 절기 및 시간별 최대 전력소비량을 파악하기 위하여 분석대상 10개 단지 중 연중 최대 전력소비 단지를 선정하여 하절기와 동절기의 단위시간별 최대전력사용량을 분석하였다. 이러한 전력소비패턴의 통계적 결과와 기존 문헌과의 비교 분석을 통하여 단지의 난방방식과 준공연도에 따른 전력사용패턴의 상관관계를 비교하였고, 이러한 단계를 통하여 대전지역에서 소비되는 공동주택의 평균 전력사용량 자료를 수립하였다.

3. 전력소비 유형 분석

3.1 단지별 전력사용량 분석

그림 2는 10개 단지의 가구단위 시간별 전력사용량은

단지별로 사용량패턴을 도식한 그래프이다. 본 데이터를 기반으로 통계·분석으로 사용된 그래프의 각 box 중앙 □기호는 각 사용량의 평균값을 나타내며 box는 표준편차 범위를 나타낸다. 그리고 box 외부의 I 기호는 최대 최소값의 범위를 나타낸다. 전체 10개 단지의 그래프 유형으로 봤을 때 모든 단지에서 연중 유사한 전력 소비패턴을 나타냈다. 최대 전력사용단지로는 E 단지인 것으로 나타났으며 하절기 시간별 평균 전력사용량이 약 700Wh/세대까지 상승하는 사용량을 나타내었다. 1년 전체 사용량을 볼 때 모든 단지에서 약 260Wh/세대 이상의 기저부하가 나타났으며 이것은 단지 가구 내에서 사용되는 최저부하로 실내 기기 외에 센서 및 플러그 등으로 소비되는 전력 사용량을 의미한다.

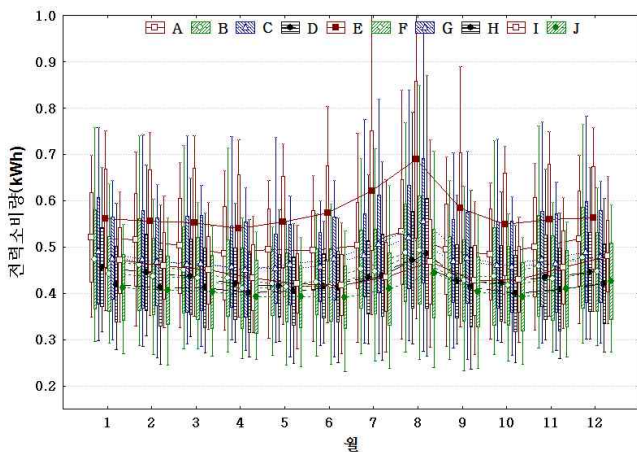


그림 2. 월별 전력사용량(kWh)

그림 3은 단지별 연간 누적 총에너지 전력 사용량 및 월간 평균 전력 사용량을 나타낸다. 분석결과 E 단지의 한 가구별 연간 누적 사용량이 5064.7kWh/세대 로 가장 많은 사용량을 나타냈으며 최소 전력 사용량을 나타낸 J 단지의 경우 세대단위 연간 누적 전력사용량은 3601.7 kWh/세대로 나타났다.

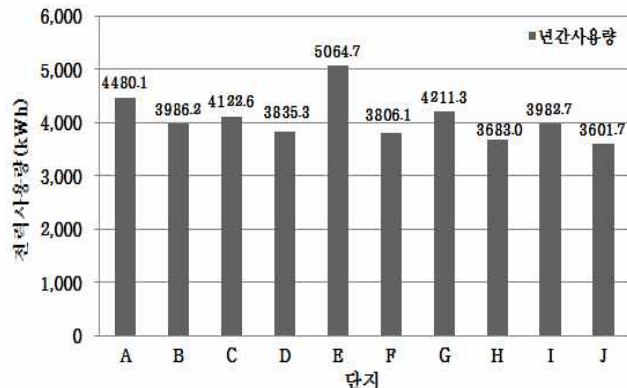


그림 3. 단지별 년 간 누적 사용량 (kWh)

3.2 월별 전력사용량 분석

표 2는 조사대상 10개 단지의 가구단위 월별 전력사용량을 나타낸다. 이는 일반전력 부분에서 공용전기사용량 부분을 제외한 순수 개별 가구 전력사용량으로 나타났다.

월평균 최저 사용량을 나타낸 J 단지의 경우 255.2 kWh/세대의 최저사용량을 나타냈으며 E 단지의 경우 490.8kWh/세대로 월 최대 평균 사용량을 나타냈다.

표 2. 단지별 가구단위 월별 전력사용량 (kWh/세대)

단지	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	평균
1월	379.0	340.3	357.6	327.7	406.4	320.0	343.7	304.8	344.7	299.8	338.3
2월	335.9	298.0	309.5	288.9	359.2	281.4	300.9	265.2	301.5	264.2	296.5
3월	352.1	311.5	325.3	301.3	384.0	298.8	323.6	285.0	316.4	281.2	314.1
4월	328.7	287.1	269.5	279.0	361.1	273.5	303.1	266.8	293.5	263.7	288.6
5월	330.1	284.1	266.0	276.0	366.3	270.5	305.2	266.6	285.6	261.6	286.9
6월	322.9	280.0	301.4	271.4	371.0	268.4	307.1	268.2	276.7	255.2	288.8
7월	354.1	317.4	338.6	304.7	429.9	309.0	350.4	305.2	307.5	286.8	327.7
8월	382.1	349.7	374.1	338.8	490.8	351.1	397.0	347.4	337.5	317.5	367.1
9월	323.9	286.5	307.4	276.3	374.8	272.8	305.7	265.4	281.8	262.0	292.5
10월	327.7	291.4	311.2	280.1	368.9	277.9	308.2	265.9	292.4	264.9	295.7
11월	335.6	301.7	305.3	285.3	371.8	279.6	310.3	269.9	302.6	271.7	299.8
12월	363.4	331.9	339.5	310.8	390.8	310.3	332.1	289.3	336.2	296.0	326.3
평균	344.6	306.6	317.1	295.0	389.6	292.8	323.9	283.3	306.4	277.1	310.2

단지별 시간단위 사용량을 비교해 볼 때 춘, 추분기의 각 5월의 286.9kWh/세대와 9월 292.5kWh/세대가 가장 낮은 소비 전력량을 나타냈다. 5월의 전력사용량은 연중 최저 전력사용월로 세대별 전력 최저부하 기준으로 수립할 수 있다고 판단된다.

연중 최저 전력소비 월인 5월 286.9kWh/세대를 기준으로 하절기의 경우 8월 367.1kWh/세대로 27.9%증가된 사용량을 보였으며, 동절기의 경우 1월 338.3kWh/세대로 17.9% 증가된 사용량을 나타냈다. 하절기와 동절기에 전력사용량이 증가하는 현상은 냉난방부하로 인한 냉난방기기의 사용으로 인한 것으로 판단된다. 동절기와 하절기의 전력사용량이 비슷하게 나타나는 현상은 전력거래소*에서 조사[9]된 바와 같이 하절기 냉방기기(선풍기, 에어컨)의 사용시간이 길게 나타나지만 동절기 난방기기(전기장판, 전기히터, 열풍기 등)의 정격용량이 상대적으로 크기 때문에 이러한 결과가 나타는 것으로 사료된다.

또한 황[6]은 공동주택에서 채택하여 사용하는 난방방

* 전력거래소에서 분석된 하절기 동절기의 냉난방기기 전력소비량을 시간과 정격용량을 분석하여 사용량 비교

식에 따라 전력사용량의 차이가 있다고 제시한 바 있다. 이는 중앙난방을 난방방식으로 채택하는 단지의 경우 온수공급량이 증가함에 따라 반송동력도 증가하게 되는데, 이것이 개별난방식 단지와 비교하였을 때 상대적으로 높은 사용량을 나타낸다고 제시하였다. 그림 4는 난방채택 방식에 따라 단지를 분류하여 월평균 전력사용량을 도식한 그래프이며, 중앙난방방식을 채택한 단지가 개별난방방식을 채택한 단지에 비해 6.1% 높은 에너지 사용량을 나타내었다.

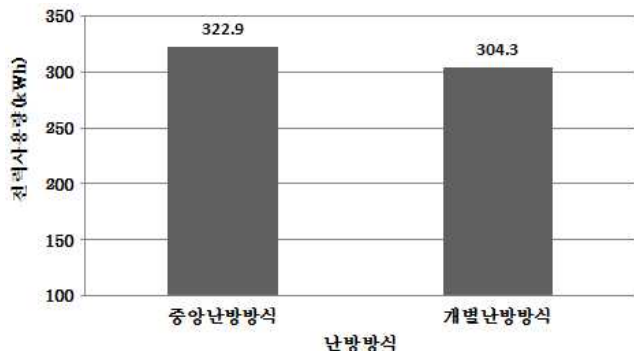


그림 4. 난방방식에 따른 평균 전력사용량 (kWh/세대)

그림 5는 10개 단지에 대한 월 전력사용량과 세대당 월 평균 사용량을 도식하였다. 각 단지별 월 평균 전력사용량을 기초로 연중 월평균 사용량을 평균할 경우 세대별 월 평균 310.2kWh/세대의 값을 얻을 수 있다. 이는 총 13,955세대의 월 평균 전력사용량을 평균한 값으로 대전지역에 대한 표준적인 월평균 전력사용량으로 수립할 수 있다고 판단된다.

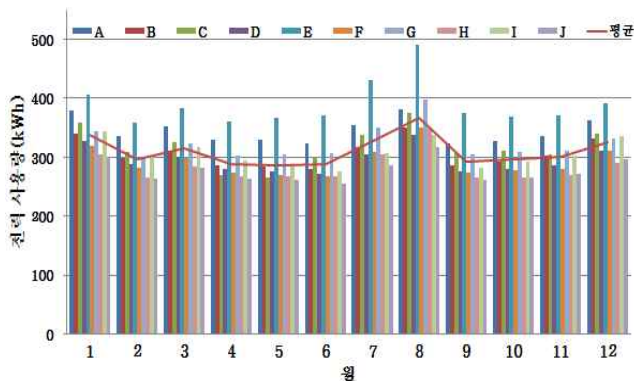


그림 5. 단지별 가구단위 월별 전력사용량(kWh)

3.3 시간별 전력 사용량 분석

그림 6은 10단지에 대한 시간별 평균 전력 사용량을 비교한 그래프이다. 하루 중 최저 전력 사용시간은 오전 5시에서 6시 사이인 것으로 나타났으며 J단지에서 0.2675kWh의 사용량을 나타내었다. 또한 최대 전력사용시간은 21시에서 22시 사이인 것으로 나타났으며 E 단지에서 0.7271kWh인 것으로 나타났다. 단지 전체 가구별 평균 최저 사용시간인 5시 0.3176kWh와 최대 사용시간대

인 오후 9시 0.5777kWh의 경우 81%까지 증가하는 전력 사용패턴을 나타냈다.

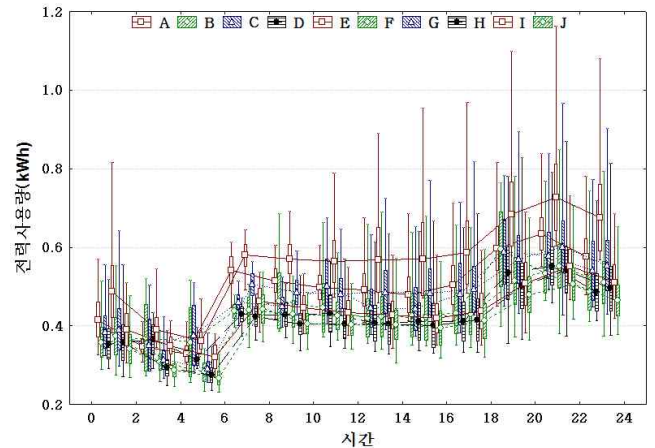


그림 6. 시간별 전력 사용량

그림 7과 그림 8은 단지별 세대 평균 일 중 전력소비 패턴을 주중과 주말로 구분하여 사용량을 나타낸 결과이며 오전 5시를 기점으로 최저 전력사용량을 나타내며 기상 후 아침활동 기간 및 외출준비로 인하여 9시까지 사용량이 급증하는 것으로 나타났다.

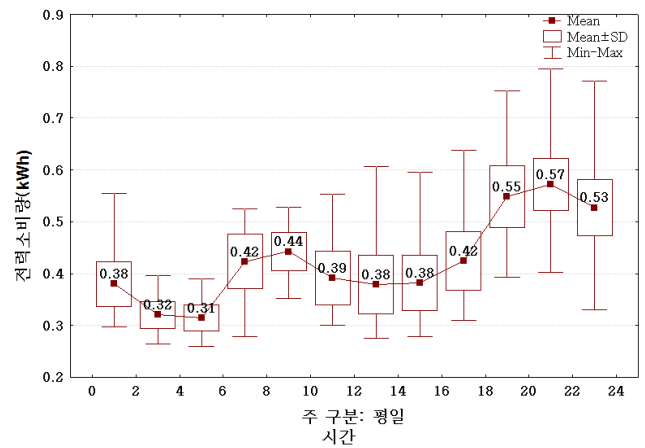


그림 7. 주중 세대평균 전력사용량

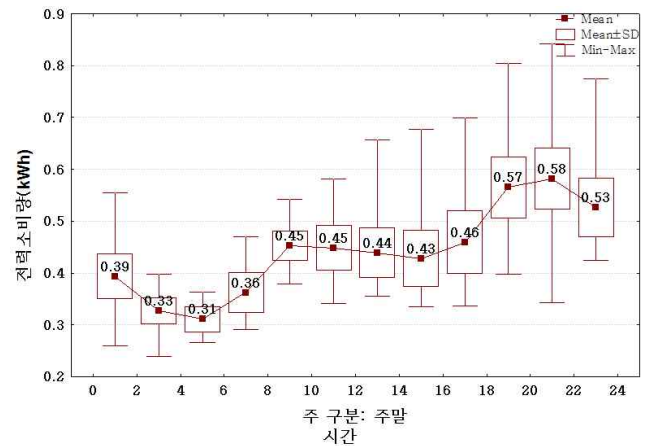


그림 8. 주말 세대평균 전력사용량

표 3. 단지 평균 시간단위 전력사용량 (kWh)

시간	주중	주말	토요일	일요일
1	0.380	0.394	0.393	0.394
3	0.320	0.327	0.327	0.327
5	0.315	0.311	0.314	0.308
7	0.424	0.363	0.379	0.346
9	0.443	0.453	0.457	0.449
11	0.392	0.448	0.441	0.455
13	0.379	0.439	0.437	0.440
15	0.383	0.428	0.422	0.434
17	0.424	0.460	0.447	0.472
19	0.549	0.565	0.547	0.583
21	0.572	0.582	0.564	0.600
23	0.527	0.526	0.522	0.531
평균	0.426	0.441	0.437	0.445

주중과 주말의 뚜렷한 차이는 낮 시간대에서 나타난다. 야외활동으로 재실인원이 적은 주중의 경우는 380Wh까지 감소하는 경향이 나타났지만 주말의 경우 지속적인 실내 활동으로 인하여 최소 430Wh 이상의 전력사용량이 지속되는 패턴을 보이고 있다. 또한 주중과 주말 모두 16시를 기점으로 전력 사용량이 증가하는 패턴을 나타냈으며 21시경 주중 570Wh, 일요일 600Wh의 사용량을 보이며 최고 전력사용 시간대로 나타났다.

표 2는 일별 전력 사용량 중 주말을 토요일, 일요일로 나누어 분석하여 주중과 주말에 대한 2시간 단위 프로파일을 작성하여 거주자의 재실패턴을 예측 하도록 하였다.

3.4 가구 피크 전력사용량 분석

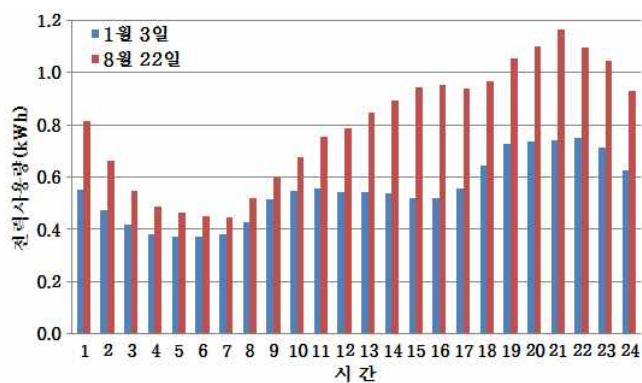


그림 9. 하/동절기 가구 피크사용량(kWh)

단지 가구별 연중 하절기와 동절기를 구분하여 최대 피크 전력사용량을 분석하였다. 먼저 조사대상 10개 단지 중 가장 많은 전력사용량을 나타낸 E 단지를 대상으로 하절기와 동절기에 최대 전력 사용일을 선정하였다. 단지 전체에 대한 사용량을 기준으로 선정하였으며 가구별 사

용량을 분석하기 위하여 세대수로 나누어 단지 내 가구의 평균적인 전력사용분포로 나타낼 수 있도록 하였다. 분석된 결과는 그림 9에 나타내었으며 그 결과는 표 3에 나타내었다.

표 4. 단지 평균 시간단위 전력사용량 (kWh)

시간	시간	사용량 (kWh)	최대수요 (kW)
동절기	1월 3일 22시	0.874	0.887
하절기	8월 22일 22시	1.274	1.389

가구별 최대 피크사용량은 해당시간의 최대수요(kW)로 나타내며, 최대수요는 단위시간을 15분 단위로 측정, 15분간 측정된 최대전력소비량에 '4'를 곱하여 시간당 최대수요로 산출하게 되고 이 값은 연중 전력 소비량에 대한 피크부하 값으로 수립할 수 있다. 연중 하절기와 동절기의 최대전력이 소비된 날은 동절기의 경우 1월 3일로 22시에 최고 사용량 0.874kWh, 최대수요 0.887kW인 것으로 나타났으며, 하절기의 경우 8월 22일로 동절기와 동일한 시간 22시에 최고 사용량 1.274kWh, 최대수요 1.389kW으로 나타났다. 하절기와 동절기를 비교할 때 하절기 피크사용량은 동절기에 비해 64%높은 사용량을 나타냈으며, 그림 6에서 보여주듯이 22시경이 실내 재실자빈도가 가장 높으며 가전기기 사용이 많은 시간대에 냉, 난방기기의 작동으로 인한 일중 최대 전력 소비 현상이 나타난 것으로 판단된다.

3.5 단위면적당 원단위 분석

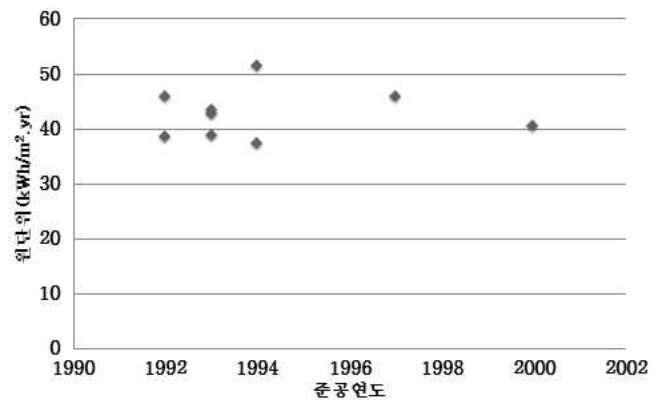


그림 10. 준공연도에 따른 원단위 분포

그림10은 단지 준공연도에 따른 원단위 분포를 나타내는 그래프이다. 측정대상 10개 단지에 대하여 년 간 전력 사용량을 전용면적에 대한 단위면적당 전기에너지 사용량 분포를 나타내었다. 최저 37.29kWh/m².yr에서 45.78kWh/m².yr까지 나타났으며 가시적으로도 확인할 수 있듯이 준공연도에 대한 원단위의 상관성은 크지 않다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 대전지역 공동주택에서 사용되는 전기 에너지 부분에 대하여 실측자료를 수집하여 분석, 비교하여 그 사용패턴을 분석하고 건물에너지 시뮬레이션의 전기부하부분의 표준 입력데이터로써 활용되기를 기대하며 대전지역의 10개 단지를 선정하여 연구하였다. 이를 바탕으로 공동주택의 가구의 월별, 시간별 전력소비패턴을 분석하였으며 난방방식과 준공연도에 따른 상호관계를 비교하였다. 그에 따른 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 세대별 전력사용량 분석 결과 단지별 최소 0.26kWh의 기저부하가 발생하는 것으로 나타났으며, 기저부하의 구성하상은 추가 연구과제로 계획 중에 있다.
- (2) 각 단지별 전체 가구의 월평균 전력사용량을 평균하여 분석한 결과 가구당 월평균 전력 사용량은 310.2kWh가 소비되는 것으로 나타났다. 또한 월별 분석결과 겨울철 난방기기의 사용으로 전력부하가 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 중앙난방방식을 채택한 공동주택이 개별난방보다 높은 전력사용량을 나타내는 사실을 입증하였다.
- (3) 시간에 따른 가구별 전력사용량을 분석한 결과 새벽 4~5시에서 최소 전력사용량, 21시에 최대 전력 소비량이 발생하는 것으로 나타났다.
- (4) 평일과 주말을 구분하여 전력소비량을 분석하였을 때, 평균 436Wh가 사용되는 평일보다 토요일은 11Wh, 일요일은 19Wh 증가된 사용량을 나타냈다.
- (5) 연중 전력 최대수요(kW)시점은 동절기의 경우 1월 3일 22시경 0.887kW, 하절기의 경우 8월 22일 22시경 1.274kW로 나타났으며, 하절기 최대수요는 최대 전력소비시간대에 추가적인 냉방기기 사용으로 인하여 동절기에 비하여 64% 높은 최대수요를 나타냈다.
- (6) 준공연도에 따른 전용면적의 원단위를 분석한 결과 최소 27.29kWh/m².yr에서 45.78kWh/m².yr로 나타났으며 이는 준공연도와 상관관계가 크지 않음을 입증하였다.

참고문헌

1. 건물에너지 평가 프로그램 소개 및 이를 이용한 사례분석. 홍구표. 2010.
2. 조두상, 홍원화, 학교건축물의 에너지소비 원단위화에 관한 연구, 대한건축학회 논문집. 2002. 8.
3. 홍성희, 정문석, 박효순, 양관섭. 사무소 건축물의 에너지소비 원단위 설정 연구, 대한건축학회논문집. 2002. 9.
4. 박민용, 호텔건물의 건축적 특성과 에너지소비량과의 상관성, 대한건축학회 학술발표논문집. 1996.
5. 강재식, 이승연, 안태경, 유호천. 병원건축물의 에너지소비실태에 관한 조사연구, 대한건축학회 학술발표논문집. 1993.
6. 황광일. 공동주택의 전력소비실태에 관한 연구. 대학건축학회

- 논문집. 2005.
7. 홍성희, 장문석, 박효순, 양관섭. 공동주택의 에너지소비원단위 설정 연구, 대한건축학회논문집, 계획계, 2001. 12.
8. 최동호, 현동수, 박효순, 제주지역 공동주택의 난방에너지 소비실태에 관한 연구. 대한건축학회논문집. 1999.
9. 2009 가전기기 보급률 및 가정용 전력 소비행태 조사, 전력거래소, 2009.
10. 이준규, 에너지소비 데이터를 이용한 전전화 주택 도입시 에너지 사용량 분석, 2010.
11. 임경업, 윤종호, 신우철, 실측자료 기반의 공동주택 시간별 전력소비 패턴 분석 연구, 태양에너지학회. 2010.
12. <http://pccs.kepco.co.kr>

투고(접수)일자: 2011년 8월 30일

수정일자: (1차) 2011년 9월 20일
(2차) 2011년 9월 22일

게재확정일자: 2011년 9월 26일