

서울대학교 캠퍼스 마이크로그리드 사업 대상 건물의 전력 사용량 변화량 분석

정혜진*, 김진영**

서울대학교 AIEES*, 서울대학교 자유전공학부**

Analysis of Energy Consumption Fluctuation at SNU focused on M.G. Project Buildings

Jung, Hye-jin*, Kim, Jin-young**

AIEES, Seoul National University*, College of Liberal Studies, Seoul National University**

Abstract - 서울대학교를 대상으로 한 캠퍼스 마이크로그리드 사업 대상 건물 중 Premium Cell, Normal Cell을 중심으로 에너지 절감 사업의 표면적 성과를 가늠하기 위하여 2015년~2017년의 전력에너지 사용량을 분석하였다. 그 결과 Premium Cell 3개동의 전력 사용량은 2016년에는 전년대비 1% 증가, 2017년에는 전년대비 9% 증가하는 결과를 보이고 있다. Premium Cell 3개 동의 경우 태양광 발전 설비 등의 설치가 지연되어 2017년 말에 완료된 사용량의 직접 비교를 통한 감축실적을 나타내고 있지는 않다. 반면 Normal Cell 5개 동의 경우에는 2016년에는 전년대비 6% 증가하였던 전력 소비량이 2017년에는 7% 감축되는 실적으로 반전되는 결과를 보였다. 이는 2016년 중반과 2017년 중반에 설치된 태양광 설비 등의 영향과 이의 운용의 성과가 어느 정도 나타난 것이라 할 수 있다. 하지만 이 같은 방식의 절대량 비교는 외기 및 프로그램 변경 등에 영향을 주는 인자들을 고려하지 않은 것으로 신뢰도에는 한계가 있다. 따라서 학교 전체 사용량의 증감률을 계수로 본 대상 건물들의 베이스라인(예상소비량)을 산정하고 이에 대비하여 어느 정도의 증감 실적이 있는지를 산정한 결과는 다음과 같다. Premium Cell 3개 동의 경우 2016년 예상되는 소비량 대비하여 약 5% 감축하였고, 2017년에는 예상 소비량 대비 3.3% 증가한 결과를 보이고 있어 절대량 비교와 유사하게 감축 실적으로 확보하지는 못하고 있다. 반면 Normal Cell 5개 동의 경우에는 2016년에는 예상소비량 대비 0.1% 증가한 반면 2017년에는 예상소비량 대비 12% 절감이라는 괄목할 만한 성과를 보이고 있다.

1. 서 론

지난 2015년에 시작된 본 사업은 2019년 사업 종료를 앞두고 사업의 목표 달성에 대한 실증을 앞두고 있다. 실증의 과정은 주로 본 사업의 계획에서 제시한 마이크로 그리드 운영 시설의 설치 여부와 이에 따른 에너지 절감 목표의 달성 여부이다. 본 연구에서는 서울대학교 내에서 운영하고 있는 전력 감시 시스템의 기초 자료를 분석하여 마이크로그리드 구축 대상 건물의 전력 사용량 절감 목표 달성 여부를 1차적으로 확인하고자 한다.

한편, 서울대학교를 대상으로 한 캠퍼스 마이크로그리드 구축 및 실증 사업은 크게 프리미엄셀(Premium Cell), 노멀셀(Normal Cell), 버추얼셀(Virtual Cell)로 사업단위를 구분하고 있다. 본 연구에서는 Premium Cell 3개동(25동, 27동, 129동)과 Normal Cell 5개동(1동, 3동, 5동, 8동, 130동)의 2015년부터 2017년까지의 전력 사용량 변화를 분석하였다.

전력 사용량 분석의 공간적 단위는 건물 전체의 사용량이고 시간적 단위는 월단위 사용량 변화를 기본으로 하였다. 감축량에 대한 분석은 시계열적 변화와 벤치마킹

대상과의 비교를 통한 변화를 분석하였다.

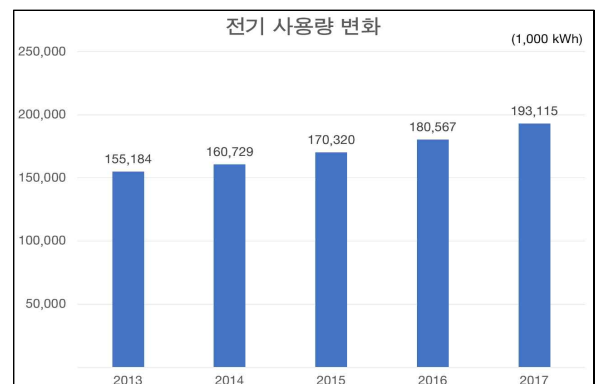
2. 본 론

2.1 서울대학교 전력 사용변화

서울대학교 관악캠퍼스는 크게 3개의 수전반을 통해 캠퍼스 내 전력을 공급하고 있으며, 주요 수배전반 이외에도 기숙사, 연구공원, 심야전기 등에 한전 계량기가 설치되어 있다. 이 같은 상거래용 한전 계량기는 교육 시설 이외에도 캠퍼스 내 상업 시설에 자체계량기가 설치되어 있다. 따라서, 서울대학교 캠퍼스 전력 사용량은 서울대학교와 관련된 교육용 전력과 대학 내 입주해 있는 상업 시설에서 사용하는 상업용 전력의 합산이라고 할 수 있다.

이 같은 한전과의 계약 주체에 고지되는 전력 사용량 이외에도 서울대학교에서는 건물별 메인 분전반에 디지털 계전기(전력량계)를 설치하여 건물별 사용량을 수집하고 있다. 두 가지 체계에 의하여 수집되는 전력량은 약간의 차이를 보이고 있지만 그 수준은 1~2% 이내라고 할 수 있으며 이는 일부 건물에 자체계량기가 설치되지 않은 이유에서 비롯된다.

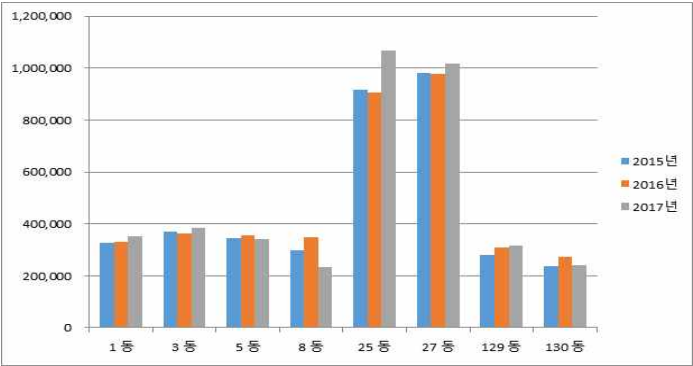
본 연구에서는 건물을 대상으로 한 에너지 변동량을 파악하는 관계로 서울대에서 자체 설치한 계량기에서 계측된 전력 사용량을 기준으로 분석 내용을 정리하고자 한다. 서울대학교 관악캠퍼스의 사용량은 지난 5년 동안 매년 6%의 꾸준한 증가율을 보이고 있었지만 2017년에는 증가율이 약 7%를 기록하여 다른 연도에 비하여 1% 정도 추가로 증가하는 경향을 보였는데 이는 2017년 난방기의 혹한 때문이다. 이 같은 전력 사용량 증가율은 Premium Cell과 Normal Cell 대상 건물의 증가 수준을 추정하는 베이스라인으로 활용된다.



2.2. 대상 건물 전체의 전력 사용량 변화

본 연구의 분석 대상인 Premium Cell, Normal Cell 8개 동의 전력 사용량 값은 2016년에 전년대비 2.85% 증가하였으며, 2017년에는 전년대비 2.35% 증

가하여 매년 증가하였지만 증가폭이 둔화된 결과를 보이고 있다.



Premium Cell은 2016년에 전년대비 0.6% 증가, 2017년에는 9.4% 증가를 하였으며 25동의 증가율이 17.9%로 가장 눈에 띄는 증가율을 기록하였다. Normal Cell은 2016년에 전년대비 6% 증가하였지만 2017년에는 전년대비 7% 감소하는 결과를 보여주고 있어 Premium Cell과는 다른 양상을 보이는데 이는 5동과 130동에 설치된 태양광 패널의 준공 시기가 각각 2017년 중반, 2016년 중반인 것에서 원인을 유추할 수 있다.

가장 특징적인 2개 동의 전력 사용량의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 25동은 2016년에는 전년대비 감소량을 보였지만 2017년에는 17.9%라는 가장 큰 증가율을 보이고 있다. 특히 하절기, 동절기 때 냉난방 부하의 급속한 증가를 보이고 있다. 또한, 2016년 사용량이 감소하면서 2017년에는 상대적으로 높은 증가율을 보인 것으로 유추할 수 있다. 130동은 25동과는 정반대의 양상을 보이고 있다. 2016년 사용량이 전년대비 14% 이상 증가하는 바람에 2017년은 전년대비 10% 이상 감소한 실적을 보이고 있다. 이 같은 특징을 고려할 때 캠퍼스 마이크로 그리드 사업의 목표 달성을 검증하는 목표 년도(Target Year) 설정에 관한 원칙과 기준 설정이 필요해 보인다.

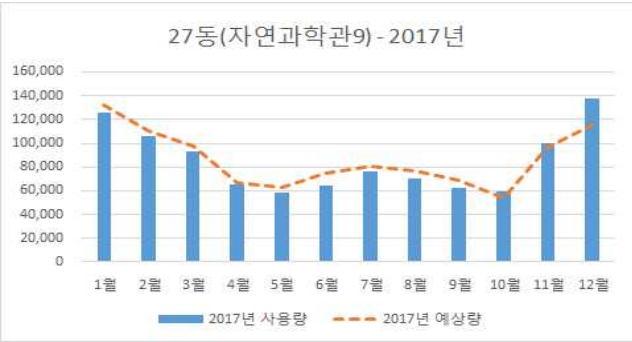
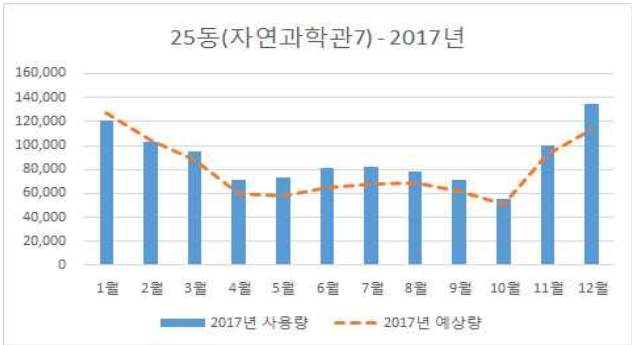
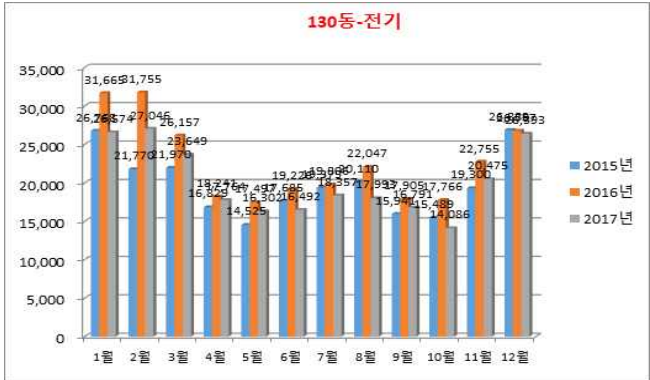
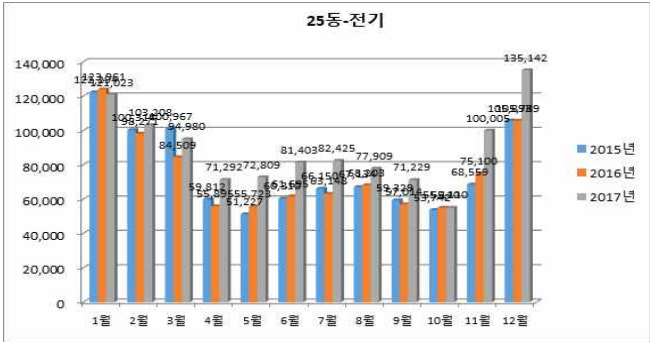
사용량을 분석한 결과 절대사용량은 2016년에는 전년대비 0.57% 증가하였으며, 2017년에는 전년대비 9.4% 증가하는 등 모두 증가의 추세를 보이고 있으며 증가의 폭도 늘어나고 있다. Premium Cell 중 27동에서만 유일하게 2017년 말에 태양광 발전 설비를 설치 한 것으로 고려할 때 마이크로그리드 운용에 의한 절감 실적은 현재까지 나타나고 있지 않은 것으로 파악되었다.

Premium Cell 조성에 의한 감축 실적이 나타났을 것으로 기대할 수 있는 2017년 변동량을 살펴보면 25동의 경우에는 전년대비 약 162,000kWh가 증가하였으며 증가 비율로는 약 18%를 기록하여 가장 높은 증가율을 기록하였다. 27동은 약 4% 증가, 129동은 약 2% 증가율을 기록하였다. 따라서 사용량을 직접 비교한 값은 Premium Cell 모든 대상 건물에서 전년대비 증가했음을 확인 할 수 있어 아직은 절감량 20% 달성이 라는 사업의 목표 달성의 효과는 나타나고 있지 않음을 알 수 있다.

사용량 직접 비교에 의한 절감 효과 이외에 베이스라인(예상 값)대비하여 전년대비 증가율을 분석한 결과 25동은 11% 증가, 27동은 2% 감소, 129동은 4% 감소를 확인할 수 있다. 다시 말해 학교 전체의 연간 평균 증가량에 비하여 27동과 129동은 비교적 낮은 증가율을 보였다고 할 수 있다. Premium Cell 관련 설비 공사가 완료되고 본격적인 운영이 진행되는 2018년에는 본격적인 감축 실적이 발생할 것으로 기대된다. 베이스라인 대비한 증가율을 확인해볼 수 있는 차트를 살펴보면 다음과 같다.

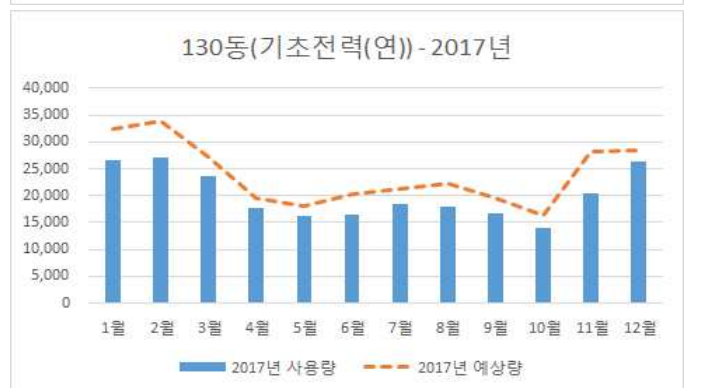
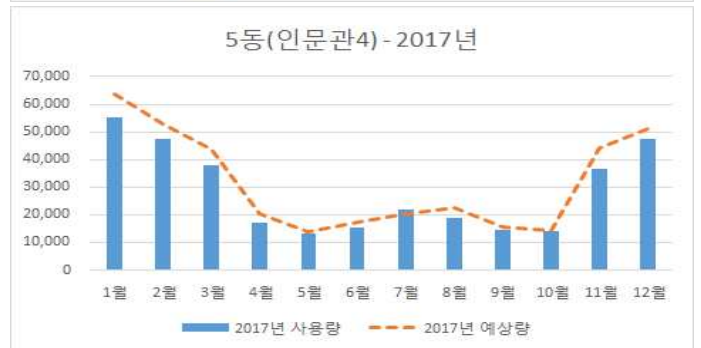
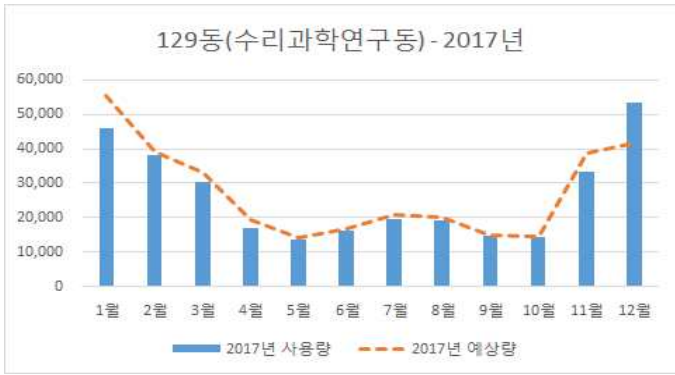
25동의 경우에는 가장 증가율이 높았던 건물로 냉방기와 난방기에 모두 대학 전체 평균 증가율을 넘어서는 증가율을 기록한 것이 가장 큰 증가요인인 것으로 확인된다. 5월의 증가율이 베이스라인을 넘어선 것 또한 더위에 의한 건물의 에너지 사용민감도가 높았음을 확인할 수 있으며 1월과 10월을 제외하고는 전체적인 사용량이 증가한 것으로 미루어 볼 때 건축물의 에너지 집약도가 전반적으로 높아지게 된 원인을 확인하고 이를 베이스라인에 반영하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

27동과 129동의 경우에는 모든 월에서 대학 전체 평균값을 넘어서지 않은 증가율을 보였지만 12월 한파 시점에 전체 평균 증가율을 넘어선 결과를 보이고 있다. 따라서, 본 건물은 혹한에 대한 에너지 사용량 민감도가 높아지는 경향을 보이고 있고 이것이 주요한 에너지 증가요인으로 작용하였다.



2.3. Premium Cell의 전력 사용량 변화

Premium Cell 대상 건물은 모두 3개 동으로 25동 27동, 129동이 이에 해당 된다 본 3개 동의 연간 전력



2.4. Normal Cell의 전력 사용량 변화

Normal Cell 대상 건물은 모두 4개 동으로 1동, 3동, 5동, 130동이 이에 해당 된다 본 4개 동의 연간 전력 사용량을 분석한 결과 절대사용량은 2016년에는 전년대비 0.1% 증가하였으며, 2017년에는 전년대비 12.3% 감소하는 등 일정 수준을 유지한 후 2017년에는 본격적으로 감소한 결과를 보이고 있다. Normal Cell의 경우 중 130동에서 2016년 6월, 5동에서는 2017년 4월에 준공을 설치해 마친 태양광 발전 설비 운영의 영향을 유추할 수 있다.

Normal Cell 조성에 의한 감축 실적이 나타났을 것으로 기대할 수 있는 2017년 변동량을 살펴보면 1동의 경우에는 전년대비 약 23,000kWh가 증가하였으며 증가 비율로는 약 7%를 기록하여 Normal Cell 건물 중 가장 높은 증가율을 기록하였다. 3동은 약 6% 증가를 보이고 있지만 반면에 5동은 5% 감소, 8동은 33% 감소(8동은 2016년 1월과 2월의 사용량이 통상적이지 않은 결과를 보이고 있어 정밀 검증이 필요하다.) 130동은 10% 감소를 보이고 있어 Premium Cell에 비해서는 감소 효과가 나타나고 있는 것으로 확인되었다.

사용량 직접 비교에 의한 절감 효과 이외에 베이스라인(예상 값)대비하여 전년대비 증가율을 분석해보면 감소 효과를 두드러지게 확인할 수 있다. 5동은 베이스라인을 기준으로 한 예상량 대비 10% 감소, 8동은 37% 감소, 130동은 16% 감소의 성과를 보이고 있어 목표 감축률에 근접해 있음을 확인할 수 있다. 반면에 1동과 3동은 베이스라인 증가율과 거의 동일한 증가율을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 베이스라인 대비한 증가율을 확인해볼 수 있는 차트를 살펴보면 다음과 같다.

1동의 경우에는 Normal Cell 건물 중에서는 가장 감소 실적이 낮은 건물로서 대부분의 월에서 대학 전체 평균 증가율과 비슷한 증가율을 보였다. 다만, 2017년 12월 혹한기 때 증가율이 치솟아 베이스라인 대비해서 약간 증가 한 것을 확인할 수 있다. 3동 역시 비슷한 패턴을 보였지만 1월과 2월 난방기 때 베이스라인 대비 감소율을 보여서 전체적인 증가율이 0에 가까운 결과가 도출되었다. 5동의 경우에는 동절기 난방부하의 관리가 매우 잘 이루어진 것으로 추정된다. 전체 월 중 난방 시즌에 에너지 사용량이 베이스라인 대비 감소함이 두드러지고 있고 결과적으로 약 10% 감소 효과를 보이고 있다. 8동과 130동의 경우에는 전년대비 모두 큰 감축 실적을 보이고 있기는 하지만 이는 전년의 사용량이 전전년 대비 증가한 영향도 있는 관계로 베이스라인에 대비한 감소 실적으로 확인하는 것이 바람직한 케이스이다. 8동은 1월과 2월의 사용량이 매우 감소한 것을 확인할 수 있는데 이는 2016년의 에너지 집약도가 급격하게 높았던 이유에서 비롯된다. 결과적으로는 약 37%의 감소를 보이고 있지만 보다 정밀한 검증이 필요한 1,2월 사용량 데이터를 제외하면 약 18%의 감소율을 보이고 있다. 마지막으로 130동의 경우 2017년 전체 월에서 베이스라인 대비하여 일정한 감소를 보이고 있다. 특히, 냉난방기의 감소율이 두드러짐을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 연구의 본래 취지는 서울대학교 캠퍼스 마이크로그리드 사업 대상 건물의 전력 사용량 변화량 분석하되 전력 사용량에 영향을 줄 수 있는 사업의 이행 사항과의 정합

성을 중심으로 분석의 결과를 제시하고자 하였다. 본 과정에서 대학 사정으로 인해 사업 추진 일정이 늦춰진 관계로 사업 시행과 에너지 사용량 변동이 예상보다는 적극적으로 발생하지는 않았음을 알 수 있었다. 또한 설비 이외에도 감축 프로그램 및 운용 결과에 대한 추가적인 조사가 필요함을 확인 할 수 있었다.

2016년 2017년의 전력 사용량을 전년도와 비교하여 분석한 결과 대부분의 케이스에서 증가하고 있는 전력 사용량을 확인할 수 있었지만 Premium Cell보다는 Normal Cell에서 증가율이 낮음을 확인하였다.

이 같은 사용량 값의 직접 비교 분석과 함께 베이스라인 대비한 증감률 분석을 위하여 학교 전체의 평균증가율을 계수로 한 대상 건물의 2017년 예상 사용량을 산정하여 관측값과 비교한 결과 Premium Cell은 약 3% 증가하였고, Normal Cell은 약 12% 감축율이 도출되었다. 사업의 감축 목표에 이르지지는 않았지만 향후 운영 시스템에 대한 완성도가 마련될 경우 보다 높은 감축 실적을 기대할 수 있다.

다만, 본문에서 제시한 것과 같이 전년도 사용량의 증가 수준이 건물별로 상이하여 감축 실적 평가에 영향을 주는 것을 고려할 때 기준년도(Base Year)의 산정, 그리고 외기 환경 등의 변화를 고려한 베이스라인(Base Line) 설정을 위한 BAU 결정 등의 방법론은 향후 이슈 사항으로 등장할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20151210200080)

[참 고 문 헌]

[1] 서울대학교, “2017 에너지 레포트”, 2018
[2] 서울대학교, “2017 그린레포트”, 2018
[3] 조성철 외, “서울대 캠퍼스 마이크로그리드 구축 및 실증 연구”, 대한전기학회 하계학술대회(46회), 2016
[4] 정혜진 외, “에너지 다소비 대학의 온실가스 배출 변화와 특성”, 한국건설관리학회 논문집, Vol.18 No.1, 2017.0