

계절적 요인을 고려한 건물 전기에너지 사용에 영향을 미치는 요인 분석

- 서울특별시를 대상으로 -

조항훈* · 오창호** · 박예진*** · 신민경**** · 안진영***** · 김흥순*****

Analyzing Determinants of the Electricity Consumption of Buildings Considering Seasonal Factors

- The Case of Seoul, Korea -

Hanghun Jo*, Changho O**, Yejin Park***, Minkyung Shin****,
Jinyeong Ahn*****, and Heungsoon Kim*****

요약: 지구온난화로 인해 세계는 지금 심각한 기후변화를 겪고 있다. 지구온난화의 주요 원인인 온실가스 배출을 줄이기 위해서 에너지 사용량 감축을 위한 많은 연구와 정책 및 제도가 있어왔다. 그럼에도 불구하고 서울시의 전력 사용량은 감소 추세를 보이지 못하고 있으며, 이는 전기에너지 사용에 영향을 미치는 요인에 대한 실증적인 연구가 필요함을 의미한다. 본 연구에서는 서울시 전체 건물의 전기에너지 사용량에 대해서 행정동 단위의 분석을 진행하였고, 이를 바탕으로 도시 내 전기에너지 절감을 위한 정책의 방향성을 제시하였다. 다만, 한국의 경우 특성이 뚜렷한 4계절을 가지고 있기 때문에 이를 고려하여 영향요인을 물리적 요인, 사회적 요인, 계절적 요인 세 가지로 분류하였다. 각 변수의 특성을 반영하고 영향력을 파악하기 위해 위계적 회귀분석을 실시하였으며 다음과 같은 분석 결과를 도출하였다. 첫째, 도시의 물리적 요인은 건물의 전력 소비에 영향을 미친다. 둘째, 건물의 전력 사용량은 도시의 실질적인 경제 활동과 높은 연관성이 있다. 셋째, 전력 사용량은 계절별로 차이가 있으며, 각 계절은 전력 사용량에 상이한 영향을 미친다. 이러한 결과를 통해 전기에너지 절약을 위한 정책을 세울 때 계절별로 다른 기준이 적용되어야 하며, 영향력에 따른 우선순위가 반영되어야 함을 시사한다.

주요어: 전기에너지 소비, 건물에너지, 계절적 요인, 위계적 회귀분석

Abstract: There has been a variety of studies, policies, and systematic approaches to reducing the energy use to mitigate greenhouse gas emissions, one of the leading causes of global warming. Nevertheless, Seoul's electric power consumption has not decreased. In this study, the electric energy consumption of all buildings in Seoul was analyzed by the unit of administrative dong. Based on this, the implications for the policy to electric energy consumption in the city were suggested. Since Korea has four distinct seasons, the factors influencing electric energy consumption were classified into three categories: physical, social, and seasonal. Hierarchical regression analysis was performed to reflect each variable's characteristics and to determine the degree of influence, and the following analysis results were derived. First, the physical factors of the city affect the power consumption of buildings. Second, the electricity consumption of buildings is highly correlated with the actual economic activity of the city. Third, the power consumption varies by season, and each season has a different effect on power usage. These results imply that different criteria for each season should be applied when establishing a policy for saving electric energy, and the priorities of policies should be reflected according to the degree of impact.

Key words: Electric Energy Consumption, Building Energy, Seasonal Factors, Hierarchical Regression Analysis

* 한양대학교 도시공학과 박사수료(Ph.D Candidate, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University, hh0228@hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 도시공학과 졸업(Graduate, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University, zzangho1027@hanyang.ac.kr)

*** 한양대학교 도시공학과 졸업(Graduate, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University, yejin981001@hanyang.ac.kr)

**** 한양대학교 도시공학과 졸업(Graduate, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University, fooy@hanyang.ac.kr)

***** 한양대학교 도시공학과 졸업(Graduate, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University, ahnjy0122@hanyang.ac.kr)

***** 교신저자, 한양대학교 도시공학과 교수(Professor, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University, soon@hanyang.ac.kr)

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC)의 2021년 보고서는 지구의 기온이 산업화 이전 대비 1.5°C 상승하여 더 이상 자정작용이 가능하지 않은 시점이 2018년에 예측했던 2052년에서 12년 당겨진 2040년이 될 것으로 분석했다. IPCC의 5차 보고서 발표 이후 최근 10년간(2011~2020년) 지구의 평균 기온은 1.09°C 올라 한계수준까지 약 0.41°C가 남은 상황이다. 지구 온도가 1.5°C 상승하면 가뭄 발생 빈도는 2배로 늘어나고, 강수량은 1.5배 상승하며, 극한폭염 현상이 5.8년마다 발생하는 심각한 기후 변화가 나타날 것으로 예상된다(IPCC 제1 실무그룹, 2021). 이러한 지구온난화로 인한 기후변화는 에너지 사용이 늘어남에 따라 더 많은 에너지를 생산하는 과정에서 발생하는 온실가스 배출이 주요 원인이다. 따라서 에너지 소비 요인의 분석은 에너지 절감을 실현하고, 나아가 온실가스 배출을 줄이기 위한 필수적 과정이라 할 수 있다(유선철 등, 2009).

이러한 배경에서 서울시는 산출된 건축물의 에너지 사용량을 바탕으로 ‘건축물 에너지 효율등급 인증제도’를 시행함으로써 건물의 물리적 성능 개선을 통한 에너지 절약을 도모하고자 노력해 왔다. 그럼에도 불구하고 서울시의 전력에너지 사용량은 실질적으로 감소하고 있지 않다(한국전력공사, 2020). 이는 단순히 건축물의 물리적 성능에 집중하는 것에서 한 걸음 더 나아가 에너지 소비에 영향을 미치는 다른 요소들에 대한 추가적인 검토가 이루어져야 함을 의미한다.

현재까지의 선행연구들은 이러한 추가적인 다른 요소들로 가구, 인구, 경제, 계절 등에 대한 고려를 통해 상관관계를 밝히고자 노력해 왔다(이수진 등, 2019b). 하지만 지금까지 계절성을 고려한 연구는 그 수가 부족하며, 대부분의 연구는 여름철이라는 특정 시기에 집중하여 분석을 진행해 왔다(이건원 등, 2019). 또한 가구 에너지 또는 주거 에너지를 대상으로 한 연구가 많았고 도시 내 건축물 전체를 대상으로 이루어진 연구는 드문 실정이다(김만수·정성원, 2019).

사계절의 계절변화와 전기에너지 소비 변화의 관계를 규명하는 것은 특정 계절의 소비를 바탕으로 진행한

분석결과보다 정책적으로 효과적인 방향성을 제시할 수 있다. 따라서 본 연구는 사계절의 변화에 따라 어떤 요소들이 건물에너지 사용에 영향을 미치는지를 분석하고 이를 바탕으로 도시 내 전기에너지 절감을 위한 정책의 방향성을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 한국부동산원에서 제공하는 전기소비데이터를 이용하여 서울시 건물 전체를 대상으로 분석을 진행하였다. 해당 데이터는 월별로 각 건물의 용도에 따라 수집된 법정동 데이터로 구성되어 있다. 해당 데이터를 종속변수로 사용하기 위해 2020년 한 해 동안의 서울시 건축물 전기에너지 사용량을 월별, 단위면적당 전기에너지 사용량으로 변환하였다. 본 연구에서는 행정동 단위로 분석을 실시하였으며, 이를 위해 산출된 단위면적당 전기에너지 사용량을 행정동별로 합산하였다.

본 연구는 계절요소를 포함하였을 때 도시의 물리적, 사회경제적 요소가 건물의 전기에너지 사용에 미치는 영향을 설명하기 위해 위계적 회귀분석(hierarchical regression analysis)을 활용해 분석을 진행했다. 위계적 회귀분석은 독립변수들을 순차적으로 추가 투입하는 방법으로, 이를 통해 각 단계별 독립변수가 종속변수에 미치는 영향력의 상대적인 크기를 파악할 수 있다. 본 연구에서는 월별 전기에너지 사용량을 종속변수로 설정하고, 1단계 독립변수에는 환경·물리적 요인, 2단계 독립변수에는 사회·경제적 요인, 마지막 3단계 독립변수에는 계절적 요인을 포함시켜 분석을 진행하였다.

II. 선행연구 검토

1. 물리적 요인과 건물에너지 사용량의 연관성

2020년 기준 서울시 내 건물 에너지 중 전기에너지가 차지하는 양은 약 3,393,817 TOE로 이는 전체 건물에너지의 약 46%에 해당한다.¹⁾ 한편 건물에너지 사용량과 그 요인을 분석한 대부분의 선행연구들은 건물의 물리적 요인만을 고려하여 분석을 진행하였다(표 1). 선행연구들은 대부분 건축연한이 오래될수록 건물에너지 효율이 떨어짐에 따라 에너지 사용량

표 1. 선행연구 검토

구분	공간적범위	시간적범위	연구방법	종속변수	독립변수
노승철·이희연 (2013)	제주도 제외 15개 광역시·도	2001~2010년	패널 모형	1인당 주거에너지 소비량	소비습관, 가구특성, 물리적 환경, 에너지 가격
이수진 등 (2019a)	서울시	2016년	무제약모형	여름철 건물에너지 소비량	물리적 요인, 지역 요인
오희진 (2020)	서울시 내 400개 상설표본가구	2018년	다중회귀분석	가구 에너지 소비량을 열량으로 환산	사회적 요인, 주택 물리적 요인
조규민·손동욱 (2019)	서울시 내 300세대 이상의 공동 주거	2017 (겨울철과 여름철)	공간회귀분석	전기에너지·가스에너지 월별 사용량	물리적 요소, 사회적 요소, 도시 환경적 요소
이건원 등 (2019)	서울시	2017년 8월	위계적 회귀분석	건축물 에너지 사용량	물리적 요인, 도시 환경 요인, 기후 요인
임재빈 등 (2019)	서울시	2016년 1월~6월	STIRPAT모형	월별 전기에너지 사용량	사회경제적 요인, 물리적 요인, 기온
김기중 등 (2017)	서울시	2015년 8월	다중회귀모형	단위면적당 전기에너지 소비량	물리적 요소, 도시계획 요소
서병선·심상렬 (2012)	서울·경기	2007~2008년	상태구분모형	지역난방 수요예측모형	외기온도, 사회적 요인
이수진 등 (2019b)	서울시	2016년 8월	연립방정식 모형	전력소비량, 대기온도	물리적 요인, 도시환경요인
김만수·정성원 (2019)	전국 2,514세대 표본가구	2016년	다중회귀분석	월별 에너지 사용량	물리적 요인, 세대특성요인, 지역요인
정재원 등 (2015)	서울시	2012년	다중회귀분석	건물에너지 사용량	가구특성요인, 경제적요인, 물리적 요인, 도시환경요인

이 증가한다는 결론을 제시하고 있으며, 공동주택보다 단독주택의 단열효과가 낮다는 분석결과를 제시하고 있다(Aksoezen *et al.*, 2015; 이수진 등, 2019a; 강남규 등, 2020; 조호훈 등, 2021; Jo and Kim, 2022).

그러나 서울시 300세대 이상의 공동주거를 대상으로 여름, 겨울, 연간 에너지 사용량에 대한 분석을 진행한 또 다른 연구(조규민·손동욱, 2019)에서는 건물의 지상층수가 높을수록 에너지 소비량이 크다는 결과를 제시하고 있다. 이러한 결과는 지상 층수가 높은 건물은 그 높이가 높을수록 주변 건물이나 자연환경으로부터 보호받지 못하는 대기 노출 면적이 증가하여, 건물의 열효율이 떨어지기 때문에 나타난 것으로 해석된다.

서울시의 일부 필지를 대상으로 분석을 수행한 김기중 등(2017)의 연구에서는 도시의 건물에너지 사용량이 행정동별로 차이를 보이는 것으로 나타났다. 특히, 건물의 주변 환경에서 수계와 녹지 면적이 넓은 지역일수록 전기에너지 사용량이 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 하천과 공원이 도시 열섬현상을 완화시켜 나타난 현

상으로 해석된다(이수진 등, 2019b).

2. 사회경제적 요인과 건물에너지 사용량의 연관성

건물에너지 사용에 영향을 주는 요인으로 물리적 요인뿐만 아니라 사회, 경제적 요인도 함께 고려되어야 한다. 일반적으로 소득수준과 가구, 세대 구성의 변수는 건물에너지 소비에 영향을 미치는 대표적인 사회·경제적 요소이며 특히 소득수준의 증가가 건물에너지의 소비를 증진시키는 것으로 이해된다(Bhattacharjee and Reichard, 2011; 노승철·이희연, 2013; 이수진 등, 2019b; 김만수·정성원, 2019). 이와 함께 소득과 유사한 경제지표로 고려되는 지가 또한 건물에너지 사용량과 비례하는 것으로 알려져 있다(이수진 등, 2019b). 1인당 에너지 소비량을 기준으로 할 경우 가구원 수와 인구밀도는 에너지 사용량과 부의 영향관계를 가지는 것으로 나타났다. 특히 1인 가구보다는 다인(多人) 가구가, 고밀의 압축도시가 에너지 소비량을 더 많이 감축시키는 것으로 파악되었다(노승철·이희연, 2013). 반대로 고공과 기업밀도가 증

가하게 되면 도시공간에서 사용되는 에너지가 크게 증가하는 것으로 나타났다(정민선 등, 2015)

도시 전체의 사회, 경제적 특성을 왜곡 없이 반영하고자 할 경우 도시 내 전체 건물을 대상으로 한 행동동 단위 분석이 필요하다. 하지만 상기 연구들의 분석 대상이 주거용 건물에 국한됨에 따라, 타 용도의 건물까지를 포함할 경우 동일한 결과를 얻을 수 있을지에 대한 증거는 부족한 실정이다. 이에 대하여 김기중 등(2017)은 가구의 소득격차를 고려한 건물에너지 분석을 진행함에 있어서 건물용도 고려의 필요성을 언급한 바 있다. 따라서 본 연구는 이러한 기존 연구들의 한계점을 보완하여 변수를 구축하고 분석을 진행하였다.

3. 계절적 요인과 건물에너지 사용량의 연관성

건물의 전기에너지 사용량은 계절에 따라 상이하미에 영향을 미치는 가장 큰 계절적 요소는 온도로 알려져 있다(임재빈 등, 2019). 계절적 차이가 극명한 여름과 겨울을 비교했을 때, 온도가 높을수록 여름철 건물에너지 사용량은 증가하고(이건원 등, 2019), 겨울철 에너지 사용량은 감소하는 것으로 알려져 있다(서병선·심상렬, 2012). 특히 여름철의 도시온도 상승은 건물에너지 사용량을 증가시키고, 이는 또다시 도시의 온도를 상승시키는 악순환으로 이어지므로(이수진 등, 2019b), 보다 근본적인 해결책의 제시가 요구되고 있다.

계절별 에너지 소비량의 차이만큼이나 그에 영향을 주는 요소 또한 계절별로 상이하게 나타난다. 여름철에는 주택면적, 경제활동 가구원 수 그리고 총 가구원 수가, 겨울철에는 주택면적, 주택종류, 건축년도, 가구주 교육 수준이 가구에너지 소비량에 영향을 미치는 것으로 나타났다(오희진, 2020). 이와 유사하게 조규민·손동욱(2019)은 여름철 전기에너지 소비는 건폐율, 건축연면적, 용적률, 지상층수, 세대수, 주택가격과 정의 관계를 가지고 겨울철 가스에너지 소비는 지상층수, 주택가격, 평균 높이와 정의 관계를 가진다는 분석결과를 보고하고 있다. 하지만 이들 연구는 계절적 특성이 뚜렷한 두 계절만을 고려했다는 한계가 있다.

사계절을 모두 고려한 연구로는 김만수·정성원(2019)의 연구가 있으나, 분석 대상이 주거용 건물에만 국한되어 있으며, 일부 지역만을 대상으로 했다는 점에서 서울

시 전체 건축물의 에너지 소비 패턴을 파악하는 데에는 한계가 있다. 그러나 김만수·정성원(2019)은 여름에는 건축 연한이 오래될수록 에너지 사용량이 높은 반면, 가을에는 건축 연한이 오래될수록 에너지 사용량이 낮다는 분석 결과를 보고하여 계절요인에 대한 보다 상세한 검증이 필요함을 시사하고 있다

4. 선행연구와의 차별성 및 시사점

건물에너지 사용량에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구들은 건물의 물리적 요인, 사회·경제적 요인, 계절적 요인 등 여러 요인에 따라 다양한 분석 결과를 제시하였다. 다만 기존의 연구들에서는 이러한 요인들을 통합적으로 고려하지 않은 경우가 많았으며, 에너지 소비가 두드러지게 나타나는 여름 등 특정 계절만을 대상으로 월 단위 분석을 진행하였다. 또한 샘플링을 거친 데이터를 바탕으로 하여 상대적으로 협소한 공간적 범위에서 진행된 연구가 많았다.

따라서 본 연구의 차별성은 환경·물리적 요소, 사회·경제적 요소, 계절적 요소를 통합적으로 고려하고 이를 위해 위계적 회귀모형을 이용했다는 것이다.

또한 계절을 연속적인 사계절로 구분하여 에너지 사용에 미치는 영향요인을 분석했다는 점에서 기존 연구와의 차별성을 가진다. 계절적 분석을 위해 1월부터 12월까지의 연속적인 전기에너지 사용량 데이터를 구축한 후 사계절을 더미변수²⁾로 넣어 분석을 진행하였다. 따라서 계절에 따른 영향 요인 분석을 통해 특정 시점에만 적용되는 분석 결과가 아닌 모든 경우에 적용되는 분석 결과를 얻을 수 있다는 점에서 본 연구의 의미를 찾을 수 있다.

이와 더불어 기존의 연구는 표본 데이터를 사용했거나 제공되는 건물에너지 자료 자체의 한계로 인해 전수 데이터를 사용하지 않았지만 본 연구는 추가적인 자료 구축 및 구축을 통해 서울시 전체 건물에 대한 전기에너지 사용량을 사용했다는 점에서 기존 연구와 차별성을 갖는다고 볼 수 있다. 앞서 말한 환경·물리적 요소, 사회·경제적 요소, 계절적 요소를 통합적으로 고려하였더라도 한계적인 건물에너지 자료만을 바탕으로 분석한 선행연구들의 한계점을 보완해 낸 부분이다.

이러한 차별성을 바탕으로 본 연구는 서울시 건물에

너지에 영향을 주는 요인을 계절별로 통합적으로 분석해 건물에너지를 효율적으로 줄이는 방안을 마련하는데 기초자료로 활용될 수 있으며, 나아가 서울시 에너지 절감 정책에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

III. 분석

1. 분석 대상 지역 및 기간 설정

본 연구의 종속변수는 건물 전기에너지 사용량, 독립변수는 선행연구 결과를 반영하여 전기에너지 사용에 영향을 미치는 변수들을 환경·물리적 요인, 사회·경제적 요인, 계절적 요인의 3가지로 구분하여 구축했다. 각 변수의 정의 및 출처, 단위는 표 2와 같다.

종속변수인 행정동별 건물의 전기에너지 사용량 데이터는 한국부동산원에서 제공하는 건물의 전기에너지 사용량을 이용하였다. 해당 자료는 전국의 모든 건물에

대한 필지 단위의 전기에너지 사용량을 집계하고 있는데, 본 연구에서는 서울특별시 내의 법정동 단위의 월별, 용도별 전기에너지 사용량을 제공받았다. 본 연구에서는 서울특별시 행정동을 대상으로 분석을 진행하였기 때문에 제공받은 법정동 자료를 건물의 면적당 전기에너지 사용량으로 보간하여 행정동 단위로 재산출하였다. 또한, 계절별로 사용량을 이용하기 위해서 월별데이터를 계절별로 합산하였다. 합산된 건물 전기에너지 사용량은 그림 1과 같이 계절별로 상이하게 나타났는데, 여름, 겨울, 봄, 가을 순으로 사용량이 크게 나타났다. 특히 여름철의 경우 가을보다 약 24% 많은 에너지 소비를 보였는데, 이는 약 2,775,260kWh에 해당하는 양이다.

건축물의 물리적 요소뿐만 아니라 도시의 공간구조 또한 건물 전기에너지 사용량에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(이건원 등, 2019). 물리적 요인으로는 지상 층수, 건축연한, 건폐율, 용적률과 건축 연면적을 사용하였다. 또한 건물 용도가 전기에너지 사용에 미치는 영향을 확인하기 위해 주거, 상업시설, 그 외 모든 용도를 기

표 2. 변수의 정의 및 출처

구분	단계	변수	단위	설명	출처
종속 변수	-	건물에너지 사용량	log(kWh)	월별, 용도별로 구축된 건물의 전기에너지 사용량	부동산원 녹색건축처
독립 변수	1단계 (물리·환경적 요소)	층수	-	지상 층 수의 평균	건축데이터민간 개방서비스
		건축연한	년	행정동 별 건물의 평균 건축연한	
		대지면적	km ²	행정동 별 대지면적 합	
		건축면적	km ²	행정동 별 건축면적 합	
		건폐율	%	행정동별 평균 건폐율	
		용적률	%	행정동별 평균 용적률	
		주거 연면적	km ²	건물 용도 중 주거용도 연면적의 합	
		근린생활시설 연면적	km ²	건물 용도 중 근린생활시설 연면적의 합	
		기타 연면적	km ²	주거, 근린생활시설을 제외한 용도 건물 연면적의 합	
		녹지면적	km ²	토지피복 데이터 기반으로 GIS 이용하여 산출된 행정동별 녹지 면적	환경공간정보 서비스
		수계면적	km ²	토지피복 데이터 기반으로 GIS 이용하여 산출된 행정동별 수계 면적	
	2단계 (사회·경제적 요소)	1인가구 비율	%	행정동별 1인가구 비율	서울열린데이터 광장
		생활인구	천명	행정동별 월별 내국인 생활인구의 평균	
		공시지가	log(원/㎡)	행정동별 평균 공시지가	
	3단계 (계절적 요소)	지표온도	°C	랜셋 데이터를 기반으로 행정동별 월별 지표온도 산출	Landsat7, 8
		계절	더미	봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)	

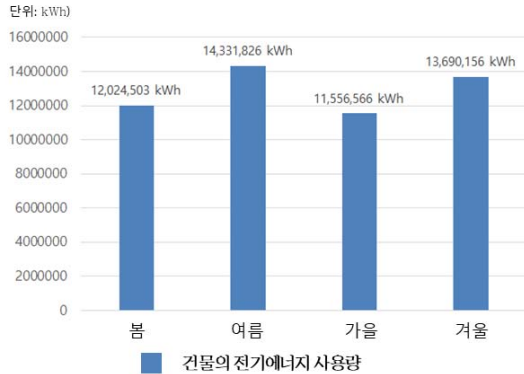


그림 1. 계절별 건물의 전기에너지 사용량

타로 분류하여 행정동별 연면적의 합으로 구축하였다. 추가로 도시 공간구조를 반영하기 위한 변수인 녹지면적과 수계면적은 토지 피복 데이터를 기반으로 데이터를 구축하였다.

다음 사회·경제요인으로 분류되는 변수들에 있어서 1인 가구는 구성원의 점유면적당 에너지 소비량이 상대적으로 많음(정재원 등, 2015)을 고려해 행정동별 1인가구 비율을 사용하였으며, 전력 사용량에 미치는 실질적인 영향을 고려해 행정동별 월별 내국인 생활인구의 평균을 계산하여 적용하였다. 또한 경제지표를 반영하기 위해 행정동별 평균 공시지가를 계산하여 사용하였다. 공시지가 또한 종속변수와 같은 이유로 log scale로 변환하여 자료를 구축했다.

건물의 전기에너지 사용량과 그에 미치는 요인은 계절별로 상이하다(조규민·손동욱, 2019). 따라서 계절적 요소 또한 연구에서 매우 중요한 지표로 활용될 수 있기에 이를 반영하기 위해 Landsat7, Landsat8 데이터를 기반으로 도출된 지표온도를 변수로 사용하였다. Landsat 위성영상³⁾을 활용하여 지표면 온도를 추출하기 위해 본 연구에서는 아래 단계별로 계산식⁴⁾을 이용하였다(식1~식6).

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

단, L_{λ} = 측정된 Radiance

M_L = band별 조정계수

Q_{cal} = band의 DN_{λ}

A_L = band별 조정상수

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

단, BT = 밝기온도

L_{λ} = 측정된 Radiance

$K_{1,2}$ = band별 열변환상수

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

단, $NDVI$ = 정규식생지수

RED = 적색광

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \right)^2 \quad (4)$$

단, Pv = 초목비율

$$e = 0.004 * Pv + 0.986 \quad (5)$$

단, e = 지표면복사율

$$\text{지표온도} = \frac{BT}{1 + (W * BT / p)} * \ln(e) \quad (6)$$

단, W = 방출률 radiance

$p = h * c / s$

h = 플랑크상수

s = 볼츠만상수, c = 광속

2. 분석 모형

본 연구는 위계적 회귀분석을 이용하여 건물의 전기 에너지 사용량에 영향을 미치는 요인을 실증 분석하였다. 위계적 회귀분석은 각 수준별 독립변수를 차례로 투입시켜 수준에 따른 상대적인 영향력의 크기를 파악하는 회귀분석 방법이다(유정진, 2006).

단일구조 모형의 경우 변수들이 각각 독립성을 가지며 잔차들도 독립적이라고 가정되지만, 위계적 회귀모형의 경우 변수들이 서로 동질적이며 위계성을 가진다는 특징이 있다. 이는 각 수준의 변수들 간 상호작용이 나타날 수 있으며, 변수 투입 단계에 따라 종속변수와 독립변수 간 관계가 다르게 나타날 수 있음을 의미한다. 이러한 이유로 각 단계별 변수 설정 시 변수 간의 수준과

상호작용을 고려해 동질적인 특성을 가진 변수끼리 분류를 하고, 각 단계별 변수를 순차적으로 투입해 그로 인한 변화를 확인함으로써 정확한 설명력을 얻는 것이 가능해진다(유정진, 2006).

따라서 본 연구에서는 보편적으로 건물 전기에너지 사용량에 영향을 미친다고 여겨지는 환경·물리적 요소에 사회·경제적, 계절적 요소를 순차적으로 투입해 결과의 변화를 확인하고자 한다. 이를 통해 건물 전기에너지에 영향을 미치는 각 요인들이 위계 구조를 가진다는 가설을 검정하고, 각각이 기존의 모델에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하고자 한다.

본 연구의 독립변수는 3가지 수준으로 구분되는데, 환경·물리 요소를 1수준의 변수로, 사회·경제적 요소를 2수준의 변수로 설정하고 3수준의 변수에는 계절 요소를 포함시켰다. 변수가 3수준으로 구분됨에 따라 기본 수식은 아래와 같이 3개의 식으로 설정된다.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_{\text{환경·물리요소}} + \epsilon \quad (7)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_{\text{환경·물리요소}} + \beta_2 X_{\text{사회·경제적요소}} + \epsilon \quad (8)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_{\text{환경·물리요소}} + \beta_2 X_{\text{사회·경제적요소}} + \beta_3 X_{\text{계절적요소}} + \epsilon \quad (9)$$

IV. 분석결과

1. 기술통계분석

본 연구의 분석에서 사용하게 될 변수들에 대한 기술 통계는 다음과 같다(표 3). 본 연구의 종속변수인 전기에너지 사용량이 타 변수들에 비해 행정동별로 큰 편차를 보이므로 수치를 정규화하기 위하여 log scale로 변환하여 본 분석에 적용하였다. 이에 대해 서울특별시의 행정동별로 살펴본 결과, 그림 2와 같이 행정동별 차이가 눈에 띄게 나타남을 확인할 수 있다. 또한, 주거지역이 밀집되어 있거나 전력수요가 큰 기반시설이 위치한 강서구, 강남구, 송파구, 영등포구, 구로구 등이 속한 행정동에서는 계절과 상관없이 전력사용량이 특히 높은 것으로 파악되었다. 행정동별 지표 온도에서는 계절별로 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 최솟값은 겨울철의 최저 평균 지표온도를 나타내며, 최댓값은 여름철의 최고 평균 지표온도를 나타낸다.

위계적 회귀분석에 앞서 OLS(Ordinary Least Squares)

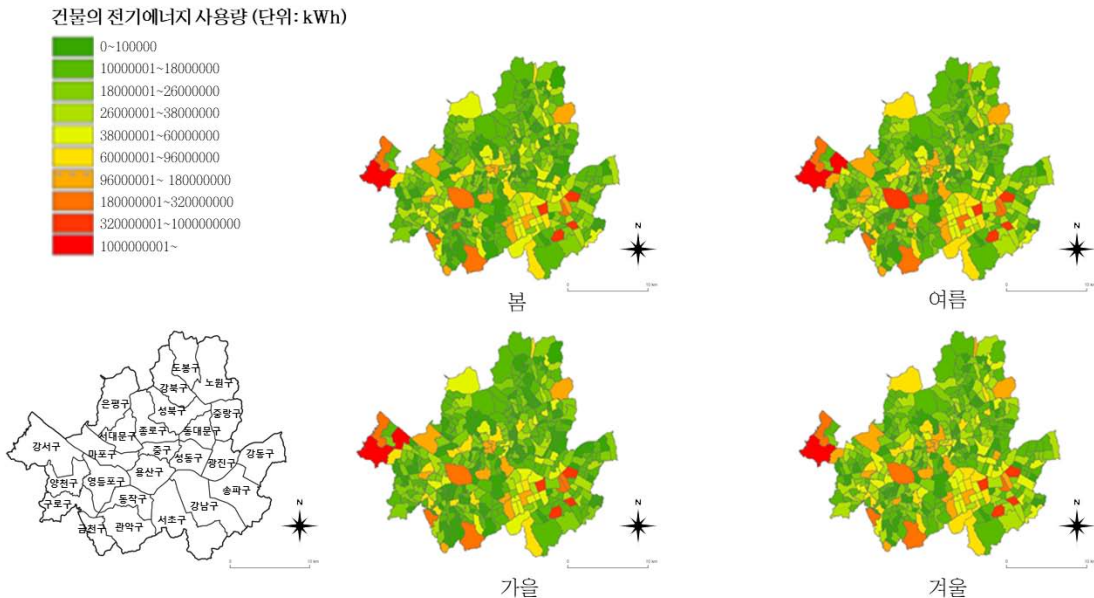


그림 2. 서울특별시의 행정동별 계절별 건물의 전기에너지 사용량

표 3. 기술통계분석의 요약

변수명	N	최솟값	최댓값	평균	표준편차	VIF
전기에너지 사용량(log(kWh))	5088	4.878	8.816	6.781	0.427	0.182
층수	5088	2	18	4.111	2.079	4.321
건축연한(년)	5088	5	55	28.078	6.194	38.372
건축면적(km ²)	5088	0.012	1.490	0.216	0.157	0.025
대지면적(km ²)	5088	0.032	272.409	1.929	13.849	191.807
건폐율(%)	5088	1	115	29.186	12.096	146.308
용적률(%)	5088	2	888	95.226	56.295	3169.076
녹지면적(km ²)	5088	0.005	9.473	0.513	1.097	1.202
수계면적(km ²)	5088	0.000	3.671	0.075	0.284	0.081
주거 연면적(km ²)	5088	0.002	28.554	0.942	1.701	2.892
근린생활시설 연면적(km ²)	5088	0.002	1.341	0.161	0.149	0.022
기타 연면적(km ²)	5088	0.009	6.017	0.397	0.664	0.441
생활인구(천명)	5088	4.025	113.741	24.912	11.959	143.024
공시지가(log(Won/m ²))	5088	5.387	7.452	6.524	0.238	0.057
1인가구 비율	5088	0.079	0.826	0.410	0.139	0.019
지표온도(°C)	5088	-4.371	33.665	15.108	9.870	97.420

회귀분석을 통해 다중공선성을 확인하였다. 독립변수들의 VIF 값이 모든 모델에서 5미만으로 나타나 다중공선성의 문제는 없다고 판단하였다.

2. 위계적 회귀분석

위계적 회귀분석을 이용하여 건물의 전기에너지 사용에 영향을 미치는 요인과 영향정도를 파악하였다. 표 4에서 볼 수 있듯이 단계별로 위계적 분석을 실시한 결과 각 모형의 설명력을 나타내는 Adjusted R²의 값이 0.545, 0.573, 0.584로 증가하였으며, 모든 변수를 투입한 모형 3번의 설명력이 가장 높게 나타났다. 또한, F변화량이 모든 모형에서 유의미하게 나타났기 때문에 세 모형 모두 적합한 모형이라는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 전기에너지 사용량에 영향을 미치는 요인의 분석에 있어 물리·환경적 요인, 사회경제적 요인, 계절적 요인이 모두 고려되어야 한다는 것과 본 연구가 초점을 맞춘 계절적 요인에 대한 고려가 적합함을 의미하는 결과로 볼 수 있다.

먼저, 유의미한 결과를 보인 독립변수 중 건축물 층수가 3개 모형에서 모두 유의미한 양의 영향관계를 갖는 것으로 나타났다. 모형 3에서 비표준화 계수 값이 0.021

로 나타났으며, 표준화 계수는 각 모형별로 0.177, 0.104, 0.104로 나타났다. 이는 건물의 층수가 1층 증가할 때 건물의 전기에너지는 2.1% 증가하는 관계를 나타내는 것으로, 건물이 고층화될수록 전기에너지 사용량이 증가하는 것을 의미한다. 이러한 결과는 조규민·손동욱(2019)의 선행연구와 동일한 결과로 나타났다.

건축면적과 대지면적 역시 모든 모형에서 유의미한 양의 영향관계를 갖는 것으로 나타났다. 건축면적은 각 모형에 따라 0.435, 0.409, 0.411의 영향력을 나타냈다. 모형 3에서의 건축면적이 1km² 증가함에 따라 건물의 전기에너지 사용량이 41% 증가하는 관계를 보이는 것으로 나타났다. 대지면적도 0.003의 영향력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 모형 3에서 대지면적 1km²당 전기에너지 사용량이 0.3% 증가하는 것을 의미한다. 이러한 결과는 대지면적보다 건물면적이 직접적으로 전기에너지 사용에 크게 영향을 미치는 것이라고 해석할 수 있다.

녹지면적의 경우에도 모든 모형에서 유의미한 양의 영향관계가 나타났다. 이러한 결과는 도시 내 녹지면적이 넓을수록 건물의 전기에너지 사용이 많았음을 의미한다. 녹지면적이 넓은 지역 중 전기에너지 사용이 유난히 높은 지역을 살펴본 결과 강서구와 송파구, 강남구 지

표 4. 위계적 회귀분석 결과

단계	변수명	모형 1		모형 2		모형 3	
		b	β	b	β	b	β
-	상수	6.334	0.039	5.438	0.135	5.408	0.135
1단계	층수	0.036***	0.177	0.021***	0.104	0.021***	0.104
	건축연한	-0.002	-0.028	0.001	0.017	0.001	0.017
	건축면적	0.435*	0.161	0.409***	0.151	0.411***	0.152
	대지면적	0.003***	0.086	0.003***	0.111	0.003***	0.111
	건폐율	0.001**	0.039	0.002***	0.043	0.002***	0.043
	용적률	0.0002	-0.025	0.0002*	-0.031	0.0002*	-0.031
	녹지 면적	0.029***	0.076	0.023***	0.060	0.023***	0.059
	수계 면적	-0.001	-0.001	-0.022	-0.015	-0.023	-0.015
	주거 연면적	0.042***	0.167	0.035***	0.138	0.035***	0.138
	근린생활시설 연면적	0.360***	0.125	-0.009	-0.003	-0.006	-0.002
	기타 연면적	0.296***	0.460	0.248***	0.386	0.248***	0.387
2단계	생활인구			0.009	0.255	0.009***	0.252
	공시지가			0.126	0.070	0.126***	0.070
	1인가구 비율			-0.211	-0.069	-0.210***	-0.068
3단계	봄더미					0.037***	0.037
	여름더미					0.111***	0.113
	겨울더미					0.079***	0.081
	지표온도					-0.001	-0.033
Durbin-Watson		1.803		1.835		1.884	
F		554.34***		488.98***		397.46***	
R ²		0.546		0.574		0.585	
Adjusted R ²		0.545		0.573		0.584	

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.005

역 순으로 확인되었다. 강서구의 경우 서울 외곽으로 녹지면적의 비율이 다른 지역에 비해 크게 높았으며, 해당 지역은 공항관련 시설에 의한 전기사용이 많아 전기에너지 사용량이 다른 지역에 비해 유독 높게 나타난 것으로 보인다. 강남과 송파구의 경우 상대적으로 많은 녹지면적을 가지고 있지만 고층건물의 비율도 다른 지역에 비해 높기 때문에 건물이 사용하는 전기에너지양이 많아 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다. 각 모형별로 녹지면적에 대한 비표준화 계수 값이 0.029, 0.023, 0.023으로 나타났는데, 이는 2수준과 3수준의 독립변수의 상관성이 개입될 경우, 녹지면적의 영향력이 상대적으로 감소함을 의미한다. 수계면적의 경우 녹지면적과 다르게 유의미한 영향관계가 존재하지 않는 것으로 나타났다.

건물용도 중 주거용도는 1, 2, 3단계 모형 모두에서 유의미한 양의 영향관계를 가지며, 각각 0.042, 0.035, 0.035의 계수 값을 갖는 것으로 나타났다. 분석결과는 모형 3에서 주거용도의 연면적이 1km² 증가할 때 건물 전기에너지 사용량이 3.5% 증가함을 보여준다. 다만 용도가 상업시설인 건물의 경우 1수준에서는 유의미하나 2수준과 3수준에서는 그렇지 않은 것으로 나타났다. 이는 물리적 요소만이 고려된 1수준에서는 상업시설의 연면적이 유의미한 영향을 가지나, 이후 수준에서는 그 값이 타 용도에 비해 매우 작아서 영향력을 잃은 것에 기인하는 결과로 해석된다. 반면에 건물용도가 기타용도인 경우 주거와 상업시설 용도에 비해 전기에너지 사용에 미치는 영향이 가장 크게 나타났다. 물리·환경적 요인만을 살펴본

모형 1에서의 영향력이 0.296로 가장 높았으며, 모형 2와 모형 3에서는 0.248로 동일한 계수값을 나타냈다. 모형 3에서 기타용도 건축물의 연면적이 1km^2 증가할 때 전기에너지가 24.8% 만큼 증가하는 것을 의미한다. 건물의 용도 중에서 기타용도의 건물이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 이유로는 기타용도에 교육과 업무, 공장 등의 용도를 가진 건물이 포함되기 때문으로 보인다. 해당 용도를 가진 건물에서 사용되는 전기에너지의 양이 많으며, 특히 대학교가 많은 지역에서 전기에너지 사용이 많아 이러한 결과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

모형 2, 3에 투입된 2수준에서의 독립변수 중 생활인구는 유의미한 양의 영향을 0.009만큼 나타냈는데, 이러한 결과는 해당 지역에서 활동하는 인구가 많을수록 많은 전기를 사용한다는 결과로 해석할 수 있다. 생활인구의 경우 인구 천 명 증가할 때 0.9%의 전기에너지 사용량이 증가하는 것으로 나타났다. 공시지가의 경우 선행연구와 같이 종속변수에 대해 유의미한 양의 영향을 미치며, 2단계와 3단계 모형에서의 비표준화 계수는 0.126, 0.126으로 나타났다. 이는 공시지가가 1% 증가할 때 건물의 전기에너지 사용량은 12.6% 증가하는 관계를 나타낸다. 본 연구에서 사용된 공시지가는 해당 지역의 소득수준 정도를 대변하기 위해 사용된 변수이며, 공시지가가 높은 지역일수록 건물의 임대료가 비싸기 때문에 이를 유지하기 위해서는 어느 정도의 소득 수준이 요구된다. 따라서 공시지가가 높은 지역일수록 전기에너지 사용이 많다는 것은 부유할수록 전기에너지를 많이 쓴다는 결과로 해석할 수 있다. 1인 가구 비율의 경우 양의 영향을 유의미하게 미치는 것으로 나타났으며 모형 2에서 -0.211, 모형 3에서 -0.210의 계수값을 나타냈으며, 모형 3에서만 유의미하게 나타났다. 이는 1인 가구의 비율이 낮을수록 전기에너지 사용량이 많음을 의미하며, 1인가구가 1% 증가할 때 전기에너지 사용량은 21% 감소하는 것으로 나타났다.

계절적 요인의 경우 터미변수를 통해 전력소비량이 가장 작은 가을을 기준(reference variable)으로 하여 분석을 진행한 결과 모두 유의미한 양의 영향력을 갖는 것으로 나타났으며, 가장 영향력이 높은 계절은 여름으로 나타났다. 각 계절별로 나타난 비표준화 계수 값은 봄이 0.037, 여름이 0.111, 겨울이 0.079로 나타났는데, 이는 참

조변수인 가을과 비교했을 때, 봄이 가을에 비하여 전기에너지 사용량이 1% 증가할 때 3.7%만큼, 여름이 11.7%만큼, 겨울이 8.2%만큼 건물 전기에너지 사용량의 증가에 더 많은 영향을 미치는 것을 의미한다. 지표온도의 경우 통계적으로 유의미하지 않게 나타났는데, 이러한 결과는 기존의 연구결과(이수진 등, 2019a; 이진원 등, 2019)와는 다른 것이다. 기존 연구에서는 일정 기간이나 연간 평균온도를 사용하였을 때 유의미한 결과가 나타났으나, 본 연구에서는 월별로 산출된 평균 지표온도를 사용하였기 때문에 다른 결과가 나타났을 가능성이 있으며, 대기온도가 아닌 지표온도를 사용했다는 점에서 상이한 결과가 나타났다고도 볼 수 있다. 또한 대부분의 건물에서는 월별 지표온도와 상관없이 일정량 이상의 전기에너지를 사용하기 때문에 월별 지표온도가 유의미하지 않게 나타난 것이라고도 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 서울시 전체 건물의 전기에너지 사용량에 대해 행정동별로 계절성을 고려하여 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 건물의 전력사용량은 물리적 특성, 사회경제적 특성, 계절적 특성에 따라 차이가 있기에 이를 단계별로 구분하여 행동동 단위로 위계적 회귀분석을 진행하였다. 본 연구의 발견 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 건물의 물리적 요인 중 건폐율, 용적률, 지상층수, 건축면적, 대지면적, 주거용도, 기타용도가 전기에너지 사용량과 관계가 있는 것으로 확인되었다. 특기할 만한 것은 건물의 전기에너지 소비량이 건축물의 용도에 따라 상당히 큰 정도로 다르게 나타났다는 점이다. 이는 에너지 절감 정책에서 건물용도에 대한 고려가 필요함을 의미한다. 본 연구의 분석 결과는 에너지 절감을 위해 고려해야 하는 건물의 물리적 요소에 대한 우선순위를 정하는 부분에서 일정한 방향성을 제시한다. 즉, 분석 결과 기타용도 건축면적, 건축연면적, 주거면적, 건물층수 등이 전기에너지 소비에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으므로 이들 변수에 대한 집중관리가 필요함을 알 수 있다.

둘째, 건물의 전력 사용량은 도시의 실질적인 경제활

동과 높은 연관성이 있다. 행정동의 생활인구가 많을수록 건물 전력사용량은 증가한다. 선행연구(이수진 등, 2019a)에서는 주민등록 인구를 바탕으로 분석을 진행했으나 건물의 용도에 따라 주·야간에 따른 사용자 수가 상이하기 때문에 보다 실질적인 분석을 위해서는 생활 인구가 고려되어야 한다. 따라서 전력에너지 절감에 있어서 활동인구를 중심으로 한 정책의 필요성을 확인할 수 있다.

마지막으로, 본 연구의 분석결과에 따르면 건물의 전력사용량은 계절별로 유의미한 차이를 보이며, 이는 계절성이 건물의 전력소비에 영향을 미침을 시사한다. 특히 냉방용 에너지, 난방용 에너지 수요가 급증하는 여름과 겨울철에 전기에너지 소비량이 증가하는 양상이 나타났다. 사계절 중 건물의 전기 소비에 가장 큰 영향을 미치는 계절은 여름철로 나타났으며 겨울, 봄, 가을 순으로 그 영향력이 높게 나타났다. 이는 도시의 물리·사회적 요소뿐만 아니라 계절에 따라서도 건물의 전력소비가 달라지며, 여름철에 집중된 현재의 에너지 절감 정책이 어느 정도 타당성을 지니고 있음을 보여준다.

지금까지 건물의 전기에너지 사용량에 영향을 주는 요인을 분석한 연구들은 꾸준히 진행되어 왔다. 하지만 기존의 선행연구는 전력 소비가 큰 계절이나 특정 시점을 기준으로 분석하거나 주거단지과 같은 제한된 건물 표본에 대해서 연구를 진행하였다. 이와 달리 본 연구는 서울시 전체 건물에 대하여 사계절을 모두 고려해 보다 실질적이고 폭 넓게 적용될 수 있는 결과를 제시하였다는 점에서 의의를 갖는다.

謝辭

이 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음(HY-202100000003470).

註

- 1) 녹색건축포털 그린투게더의 녹색건축 건물에너지통계의 내용을 참고하여 작성되었다(<https://www.greentogether.go.kr/sta/stat-data.do>, 방문일: 2021.12.02).

- 2) 계절더미는 봄(3,4,5월), 여름(6,7,8월), 가을(9,10,11월), 겨울(12,1,2월)의 4개 계절 더미로 구분하였다.
- 3) 본 연구에서 사용된 위성영상은 다음과 같다.

표 5. 월별 랜드셋 데이터

Date	Type	Used bands
2020-01-28	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-02-11	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-03-25	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-04-28	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-05-30	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-06-23	Landsat 7	B6
2020-07-22	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-08-23	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-09-19	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-10-06	Landsat 8	B4,B5,B10
2020-11-14	Landsat 7	B6
2020-12-08	Landsat 8	B4,B5,B10

- 4) 주4. Landsat8 위성영상의 4번, 5번, 10번 band를 이용한 계산식이며, Landsat7 위성영상의 6번 band를 이용한 계산식은 다음과 같다.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

文獻

- 김기중·안영수·이승일, 2017, “소득격차를 고려한 조건에서 건물과 도시계획 요소가 건물에너지 소비에 미치는 영향요인 분석 - 서울시 8월 전기사용량을 중심으로,” 국토계획 52(5): 253-267.
- 김만수·정성원, 2019, “주거용 건물에서 건축물의 물리적 요소와 세대특성이 에너지사용량에 미치는 영향요인 분석,” 한국주거학회논문집 30(1): 13-25.
- 강남규·김순호·강은혜·최정민, 2020, “주거용 건물의 에너지 소비량 특성에 관한 연구 - 2018년 데이터를 중심으로,” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 40(1): 282-285.
- 노승철·이희연, 2013, “가구 부문의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인 분석,” 국토계획 48(2): 295-312.
- 서병선·심상렬, 2012, “지역난방 열에너지 수요예측,” 에너지경제연구소, 11(2): 27-55.
- 오희진, 2020, “계절별 가구 에너지 소비량 영향요인 분석: 서

- 을시를 중심으로,” 한국환경정책학회 학술대회논문집 97-98.
- 유선철·권용우·왕광익, 2009, “저탄소 녹색국토 조성을 위한 도시정책 사례연구-일본과 영국을 사례로,” 국토지리학회지 43(3): 471-483.
- 유정진, 2006, “위계적 선형모형의 이해와 활용,” 아동학회지 7(3): 169-187.
- 이건원·정윤남·문윤덕, 2019, “도시, 건축형태 및 미기후로 인한 건축물군의 에너지 소비량의 관계,” 예술인문융합멀티미디어 논문지 9(10): 923-934.
- 이수진·김기중·이승일, 2019a, “건물과 지역요인을 고려한 서울시 건물에너지 소비 실증분석,” 국토계획 54(5): 129-138.
- 이수진·김기중·이승일, 2019b, “연립방정식을 이용한 도시 온도와 건물에너지 소비의 상호영향관계 실증 분석-서울시를 중심으로,” 서울도시연구 20(1): 33-44.
- 임재빈·허익수·강명규, 2019, “공동주택단지의 공간특성이 단지 내 전기소비량에 미치는 영향-서울시 1,122개 공동주택 단지를 대상으로 -,” 서울도시연구 20(3): 19-37.
- 정민선·조희선·변병설, 2015, “도시특성요소가 온실가스 배출에 미치는 영향-수도권 지역을 중심으로,” 국토지리학회지 49(3), 297-306.
- 정재원·이창호·이승일, 2015, “서울시 행정동별 가구의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인의 통합적 분석,” 국토계획 50(8): 75-94.
- 조규민·손동욱, 2019, “건축물 에너지 소비량에 영향을 미치는 건축물 특성 및 도시환경요소 분석,” 대한건축학회 학술발표대회 논문집 39(2): 292-295.
- 조항훈·오창호·박예진·신민경·안진영·김홍순, 2021, “계절적 요인을 고려한 건물 전기에너지 사용에 영향을 미치는 특성 도출-서울특별시를 대상으로,” 대한민국·도시계획학회 2021년 추계학술대회.
- 한국전력공사, 2020. 한국전력통계, 대한민국.
- IPCC 제1 실무그룹, 2021. 제6차 평가보고서 제1 실무그룹 보고서, The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Aksoezen, M., Daniel, M., Hassler, U., and N. Kohler, 2015, Building age as an indicator for energy consumption, *Energy and Buildings* 87: 74-86.
- Bhattacharjee, S. and G. Reichard, 2011, Socio-economic factors affecting individual household energy consumption: A systematic review, *Energy Sustainability* 54686: 891-901.
- Jo, H. and H. Kim, 2022, Analyzing electricity consumption factors of buildings in Seoul, *Korea Using Multiscale Geographically Weighted Regression. Buildings* 12(5): 678.

접 수 2022년 5월 20일
최종수정 2022년 6월 8일
게재확정 2022년 6월 10일