



공원녹지 조성이 가구의 전기 및 가스에너지 소비에 미치는 영향

: 부산시민공원 사례를 중심으로

The Development of An Urban Park and Its Impact on The Energy Consumption of Adjacent Households

: The Case of Busan Citizens Park*

전지호** · 김지환*** · 허자연****

Jeon, Ji-Ho · Kim, Ji-Hwan · Heo, Ja-Yun

Abstract

This study aims to analyze the impacts of urban park development on the energy consumption of adjacent households. We employ a difference-in-differences method to scrutinize these dynamics near the Busan Citizen Park that provides a reliable setting for observing the effects before and after the establishment of the park, given its previous use as a U.S. military site. The temporal scope of the study spans from 2011 to 2017, encompassing three years before and after the park's opening in 2014. With the chosen temporal and spatial settings, we construct monthly panel data on electricity and gas energy consumption for residential complexes, along with relevant independent variables. To address the heteroscedasticity and autocorrelation inherent in the panel data, we specifically utilize a Feasible Generalized Least Squares approach in our difference-in-differences estimation. The empirical results revealed that the urban park led to a reduction of 8.8% and 47% in electricity and gas energy consumption, respectively, in the neighboring residential complexes within its sphere of influence. We postulate that this decrease in energy consumption can be attributed to the ability of the park to lower ambient temperatures, increase humidity, and promote air circulation. These findings suggest that urban parks can play a significant role in achieving carbon neutrality and promoting sustainable urban development.

주제어 도시공원, 에너지소비량, 탄소중립, 지속가능한 도시

Keywords Urban Park, Household's Energy Consumption, Carbon Neutrality, Sustainable Urban Development

1. 서론

정부는 2022년 10월 1일부로 민간주택 및 영업용 도시가스 요금을 인상했다. 러시아-우크라이나 전쟁이 천연가스 가격 및 환

율을 급격히 상승시켰기 때문이다. 이 때문에 2022년 겨울 현재 포털사이트의 뉴스란은 난방비 폭탄 기사들이 장식하고 있고, 에너지 문제가 범국가적 차원의 탄소중립 문제를 넘어 가계소비와 한층 가까워졌다. 난방비 절감을 위해 사용자들이 에너지를 효율

* 이 논문은 전지호의 한양대학교 석사학위 논문을 수정·보완하여 작성하였음.

** Researcher, Urban Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements (First Author: jhjeon95@krihs.re.kr)

*** Assistant Professor, College of Business and Economics, Hanyang University (Co-Author: cities@hanyang.ac.kr)

**** Research Fellow, Division of Urban Planning and Transportation, The Seoul Institute (Corresponding Author: nature@si.re.kr)

적으로 사용하는 방법, 건축물 차원에서 단열기능을 강화하는 방법 등이 논의되고 있으나, 도시계획적 차원에서 에너지 사용과 관련한 연구는 상당히 미흡한 수준이다.

탄소중립 정책은 기후재앙에 대비하기 위해 전지구적 차원에서 도입되고 있다. UN 산하 IPCC가 작성한 '지구온난화 1.5도씨 특별보고서'에 의하면, 지구의 평균온도는 지난 120년 동안 약 1.2도 상승했고 2100년에는 약 3도가량 상승할 것으로 예측되어 폭염, 해수면 상승 등의 기후위기가 닥칠 것으로 우려된다. 이에 UN은 기후변화 협약, 교토의정서 체결, 파리협정 체결 및 탄소중립을 실천하기 위해 적극적인 노력을 기울이고 있다. 우리나라 정부도 2020년 탄소중립을 공식 선언하고 2021년 9월에 탄소중립·녹색성장 기본법(이하 탄소중립기본법)¹⁾을 제정하는 등 다방면으로 탄소중립을 위해 노력 중이다.

탄소중립은 도시계획에서도 새로운 개념은 아니다. 도시계획에서는 대표적으로 '지속가능한 도시'가 탄소중립 개념을 담고 있다. 지속가능한 도시란 미래세대가 현재와 동일한 경험을 할 수 있는 능력을 손상하지 않는 범위 내에서, 기존에 거주하고 있는 인구가 누리고 있는 경제적, 사회적, 환경적인 영향을 이어갈 수 있는 도시를 의미한다.

지속가능한 도시는 압축도시, 공원녹지 조성 등으로 실현할 수 있다(정민선 외, 2015). 압축도시는 도시의 확장을 억제하고 주거, 산업 등의 일상적인 도시의 기능을 공간적으로 집중시켜 토지의 고밀·혼합이용을 유도한다. 압축개발은 공공시설 및 교통시설 접근성을 높이고 도심지역 쇠퇴를 방지할 수 있으며, 에너지 사용을 줄이고 대기오염물질 배출을 감축할 수 있다. 다만, 교통혼잡으로 인한 에너지소비 증가, 높은 밀도로 인한 대기 중 오염물질 농도 증가, 공원 및 녹지의 감소 등에 의해 거주민의 생활편익이 낮아질 수 있다는 평가도 있어(김리영, 2010; 김리영·문태훈, 2010), 압축도시를 탄소중립의 실현수단으로 채택하기 위해서는 추가적인 논의가 필요하다.

반면 공원녹지는 인근 지표온도를 약 2~3도 감소시킬 수 있어(박종화·조기혁, 2016; 김기중 외, 2018), 냉방기기 사용량을 줄여 전기에너지 소비량을 낮출 수 있다. 게다가 공원녹지는 공기순환을 개선하고 습도를 유지하거나 상승시켜 난방 목적의 가스 에너지 소비량을 감소시킬 수 있다. 그러나 현재 국내 1인당 도시공원 면적은 약 11.51m²에 불과하여²⁾ WHO의 최소권장기준인 9m²를 다소 넘는다. 특히 서울의 경우 6.87m²으로 독일의 베를린 27.9m², 영국의 런던 26.9m², 미국 뉴욕의 18.6m² 등 타 국가 주요도시에 비해 현저히 적은 수준이다.

따라서 본 연구에서는 대규모 공원녹지의 공급이 인근 주택의 전기 및 가스에너지 소비에 미치는 영향에 대해 분석하고자 한다. 이를 통해, 최근 n분 도시정책을 통해 탄소중립도시 개념이 주요 도시들에 도입되고 있는 시점에서, 지속가능한 도시에서 공원녹지의 역할에 관한 논의를 확대하는 데에 연구의 목적이 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 선행연구 검토를 통한 기존에 도출된 에너지 사용에 미치는 공원의 영향에 대해 살펴본다. 제3장에서는 본 연구에 활용될 분석자료 및 방법론에 대해 설명하고 제4장에서는 실증분석 결과에 대해 해석한다. 마지막으로 제5장에서는 도출된 결과에 따른 결론 및 시사점을 도출한다.

II. 이론적 배경

1. 도시계획에서 공원녹지의 역할

도시계획에서의 공원녹지는 자연경관을 보호하고 거주민들의 건강과 정서생활을 향상시키기 위해 조성되는 도시계획시설이다. 특히 도시 내 공원녹지의 경우 도시가 내포한 다양한 사회적·환경적 문제를 해소하기 위한 목적으로 공급되어 왔다. Crazn과 Boland(2004)가 제시한 바에 따르면, 1800년대 후반에는 공중보건과 사회개혁을 목표로 유원지(Pleasure Ground) 형태의 대규모 공원이 조성되었고, 1900년대 초반에는 사회개혁과 더불어 어린이들의 놀이공간을 위한 소규모 공원이 공급되었다. 1930년-1965년경에는 교외지역에 여가서비스 목적의 계획공원(Recreation Facility)이, 1965년 이후에서 1900년대 초반까지는 예술적 목적과 환경운동, 도시재생 등을 목적으로 공원(Open Space System)이 조성되었다. 1900년대 이후에 이르러서야 다섯 번째 유형인 생태적 공원(Sustainable Park)이 공급되기 시작했다. 조성 목표에 따라 공원녹지의 공급형태와 규모가 꾸준히 변해왔고, 현재는 이런 다양한 유형의 공원녹지가 여러 목적으로 대도시 내에 공급되어 있다.

따라서 공원녹지는 도시 내에서 다양한 기능을 수행한다. 공원은 거주민들에게 자연환경 제공 및 휴양을 통해 신체적 건강과 정서적 안정에 도움을 주고, 녹지로 인한 공기정화, 인근 지역의 기후변화 완화 등 기후환경적으로도 큰 영향을 미친다. 이에 국내에서도 지방자치단체 등의 공원녹지 공급자는 이용자들의 건강 증진뿐만 아니라 공원이 제공하는 기후환경적인 효과를 고려하여 공급계획을 수립하고 있다.

일례로 부산시의 경우 15분 도시 정책을 통해 도심 내 36곳에 '초록숲'을 조성한다는 계획을 발표했다.³⁾ '초록숲'은 산림청 국비 보조 사업으로 시행된 '미세먼지 차단숲'을 확대한 사업이며, 시민의 공원 이용편의 증대와 기후대응을 주목적으로 한다. 부산시는 이를 기반으로 하여 탄소중립 이행 및 녹색성장을 위해 도시숲 조성사업을 확대하여 실시할 예정이다.

2. 공원녹지의 기후환경적 영향에 관한 연구

공원녹지의 기후환경적 영향에 대한 연구들은 공원녹지 내 기온저감 효과와 공원녹지 주변의 기온저감 효과에 대한 연구들이

대부분이다.

윤용한·배병호(2002)는 크기가 다른 녹지들이 여름의 기온저감 효과에 미치는 영향을 회귀분석으로 살펴본 결과 녹지의 규모가 클수록 녹지 내 기온저감 효과가 커지는 것으로 나타났다. 녹지의 주변지역에 미치는 영향 역시 유의함을 확인하였다.

윤민호·안동만(2009)은 위성영상을 사용하여 서울시에 위치한 녹지의 규모에 따른 영향과 영향거리에 대해 분석했다. 분석결과 대규모 녹지가 소규모 및 중규모에 비해 기온저감 효과가 크다는 결과를 도출하였다. 녹지의 영향권 범위를 500m와 1km로 설정하여 분석한 결과 녹지를 거주지 주위 500m 내지 1km 위치에 조성할 경우 도시민 주거환경의 쾌적성이 증대되고 열섬완화 측면에서 이점이 존재함을 확인하였다.

박종화·조기혁(2016)은 다중회귀모형으로 일산신도시의 공원면적에 따른 온도저감 효과를 분석하였다. 지표온도에 영향을 미치는 요인으로 공원에서부터의 거리, 공원규모를 사용하였고, 37개 공원을 선정 후 공원규모를 10가지로 구분하여 분석에 활용했다. 지표온도에 영향을 주는 변수로 정규식생지수(NDVI), 반사도(Albedo) 외 2가지를 독립변수로 추가했다. 분석결과 6,000~100,000m²의 공원에서 약 2℃, 100,000m² 이상 규모의 공원에선 약 3℃의 기온 감소효과가 나타났다. 6,000m² 이하 공원은 공원 내부와 주변지역에 유의미한 온도저감 효과가 나타나지 않아 기존 선행연구와 같이 공원규모에 따라 온도저감에 미치는 영향이 다르다는 결과를 도출하였다. 더불어 공원에서 거리가 멀어질수록 표면온도가 증가함을 밝혔다.

김기중 외(2018)는 도시공원의 규모와 형태에 따른 주변지역 표면온도 감소효과를 연구하였다. 2015년 7월 서울시의 지표온도 및 에너지소비량을 공원규모, 공원부터의 거리변수로 살펴본 3차함수가 최적함수로 도출되었다. 분석결과 공원의 영향이 일정 거리까지 유의미하고, 규모가 커질수록 공원 내외의 평균기온 냉각효과에 양의 영향을 미침을 확인하였다. 선형공원보다 면형공원이 에너지 효율적이며 건물유형에 따라 건물 에너지소비 감축 효과가 서로 다르게 나타났다. 건물 에너지소비량은 공원에서 멀어질수록 공동주택에서는 감소 후 증가세를, 상업용 건물에서는 증가하다 감소함을 보였다.

Yan et al.(2018)의 연구는 베이징의 올림픽 공원을 통해 대규모 녹지공원의 조성이 미치는 도시열섬 완화 영향에 대해 분석하였다. 분석결과 공원지역은 인근 건물들이 위치한 지역에 비해 주·야간 모두 기온이 0.4℃에서 최대 2.8℃까지 낮으며 이러한 차이는 자정시간대에 가장 크게 나타났다. 또한 이러한 온도저감 효과의 경우 통상적으로 공원 경계에서 1.4km까지 영향을 미친다는 결과가 도출되었다.

공원녹지가 주변 건물의 에너지소비량 혹은 온도에 미치는 영향에 관한 선행연구들은 공원 및 녹지의 거리 및 근접성이 에너지 소비량 감소와 온도저감에 유의미한 정(+)의 영향을 미치며, 건

축물 용도별 영향이 상이하다는 결과를 도출했다. 그러나 대부분의 연구가 특정 계절이나 시점에 한정된 분석이며, 공원조성의 효과가 아닌 기조성된 공원이나 녹지의 영향을 횡단면 자료로만 살펴보았다는 한계가 있다.

3. 에너지소비량의 결정요인에 관한 연구

에너지소비와 관련한 연구들은 여름철 전기에너지 사용에 미치는 영향을 건물의 건폐율, 용적률, 건물의 층수, 대지면적 같은 물리적 환경과, 생활인구, 연령, 공시지가 같은 사회경제적 요인을 중심으로 살펴본 연구가 대부분이다.

임재빈 외(2019)는 서울 1122개 공동주택 단지의 전기에너지 소비량에 영향을 미치는 요인을 STIRPAT모형으로 살펴보았다. 분석결과 전기사용량은 인구수, 건축물 연식과 정비례하며, 건폐율과 건물의 최대층수와는 반비례하는 것으로 나타났다.

강남규 외(2020)는 주거용 건물을 대상으로 주택유형별 에너지사용이 상이하게 나타나는 것을 밝혔다. 통제변수로는 건물의 동수, 총면적과 같은 주택특성변수와 인구수, 남녀비율 등과 같은 사회경제적 변수를 활용했다. 분석결과 아파트에서 전체 주거 건물에너지 사용량의 58.6%를 사용하였고, 단독주택이 14.8%로 사용량 2위를 차지했다. 하지만 EUI(Energy Unit Intensity)⁴⁾는 아파트가 약 2~13, 단독주택이 3.6로 아파트 거주세대가 타 주택유형에 비해 효율적으로 전기에너지를 사용하는 것으로 나타났다.

최근에는 겨울철 난방 시에 주로 사용되는 가스에너지의 소비 특성과 결정요인에 관련된 연구들도 수행되고 있다.

조규민·손동욱(2019)은 서울시 공동주택의 전기 및 가스에너지의 월별 사용량 결정요인을 공간회귀분석을 통해 살펴보았다. 분석결과 계절, 에너지 유형에 상관없이 건폐율, 주택가격, 평균 높이 등이 에너지소비 증가에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 녹지공간 면적, 건물연면적, 건축물 평균높이와 같은 도시·환경적 요소는 에너지사용에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

도시공원 혹은 녹지와 주변건물의 에너지효율 간의 관계를 살펴본 연구도 있다. 김소연 외(2021)는 서울시 내 녹지의 영향권에 위치한 공동주택을 대상으로 2017년 여름철 전기에너지, 겨울철 가스에너지 소비량을 분석했다. 녹지의 영향권을 500m-1km로 설정하여 영향권 내 공동주택 490단지의 건물에너지 사용량을 분석한 결과 녹지에서 1km 멀어질수록 전기에너지 사용량은 증가하는 반면 가스에너지 사용량은 감소한다는 결과를 도출하였다.

조항훈 외(2022)는 행정동 단위로 서울특별시 전체 건물의 전기에너지 사용량 결정요인을 위계적 회귀분석을 활용해 살펴보았다. 분석결과 건물의 물리적 요인은 전기에너지 소비량에 유의미한 영향을 미치며 행정동의 생활인구수가 많을수록 전기에너

지 소비량이 늘어남이 확인되었다. 더불어 냉·난방기기 사용량 증가로 여름 및 겨울에 전기에너지 소비량이 늘어남이 확인되었다. 녹지면적이 넓을수록 에너지 사용량이 많다는 결과가 도출되었는데, 전기에너지 사용량이 많은 강서구, 송파구, 강남구 지역은 공향, 고층건물의 밀집 등에 따른 지역특성이 반영된 것으로 해석할 수 있다. 지표온도에 의한 에너지사용량 역시 선행연구들과 다르게 통계적으로 유의하지 않다는 결과가 도출되었다.

Wang et al.(2023)의 연구에서는 난징의 쉬안우구 지역을 대상으로 건물의 에너지소비량에 영향을 미치는 요인에 대해 분석을 실시하였다. 분석의 주요 변수로는 공원, 호수와 같은 자연환경과 건물 주위의 도로망, 인근 시설, 건물의 특성 등이 활용되었으며, 공간회귀분석 등의 방법론을 통해 분석을 실시하였다. 분석결과 본 연구와 가장 연관이 있다고 판단되는 공원과의 거리의 영향은 일정 거리까지는 건물의 에너지소비량을 감소시키지만, 그 이후에는 에너지소비량을 증가시키는 것으로 나타났다.

도시의 에너지소비량 특성과 에너지소비에 영향을 미치는 요인과 관련된 선행연구에서는 공통적으로 에너지가 소비되는 면적, 가격, 세대수와 같은 물리적 요인과 인구수나 소득수준과 같은 사회적 요인이 에너지소비량에 유의미한 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 하지만 대부분의 연구가 공원녹지의 기후환경적 영향을 살펴본 연구들과 마찬가지로, 연구의 시간적 범위를 특정 계절이나 시점에 한정했으며, 기존에 조성된 공원 혹은 녹지만을 대상으로 분석했다는 한계가 있다.

4. 선행연구 종합 및 본 연구의 차별성

공원녹지가 에너지소비량에 미치는 영향에 관한 선행연구들의 경우 대부분 녹지의 온도저감 효과를 중심으로 냉방에 활용되는 전기에너지 소비량에 초점을 맞춘 연구이며, 건물 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인들에 관한 선행연구들은 건물의 특성 및 인근 환경을 기반으로 한 연구가 대다수이다. 이러한 선행연구들에 대해 본 연구가 가지는 차별성은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 전기 및 가스에너지 사용량 모두를 활용했고, 정교한 분석을 위해 시계열자료로 계절성을 반영한 에너지 사용량을 살펴보았다. 분석자료는 2011년부터 2017년까지의 패널자료를 활용했고, 연구대상을 주거용 건물에 한정했으며, 거주 인구가 냉·난방 이외의 목적으로 사용하는 전자기기 사용특성까지 고려한 전반적인 가정의 에너지 사용에 주목했다.

둘째, 공원녹지의 조성효과를 분석했다는 점에서 차별성이 존재한다. 본 연구에서는 기존에 공원 또는 녹지가 공급되어 있는 지역을 대상으로 한 선행연구들과 차별화되도록, 부산진구를 대상으로 부산시민공원 조성 전·후의 전기 및 가스에너지 사용량 차이에 주목했다.

본 연구에서는 전기 및 가스에너지 사용량 패널자료를 활용한

이중차분모형을 구축해 공원의 존재가 인근 아파트 에너지 소비량에 미치는 영향에 대해 분석했다. 부산시민공원이 미치는 영향과 그 외의 에너지소비량에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 고려한 연구가설은 다음과 같다.

첫 번째로 공원의 조성인 인근 공동주택의 전기에너지 소비량 감소에 긍정적인 영향을 미친다는 가설을 설정하였다. 여름철 에어컨 등의 냉방기기뿐만 아니라 온도의 영향을 받는 타 전자기기에서 소비하는 에너지가 줄어들 것이라고 가정했다.

두 번째로 공원의 공급이 인근 공동주택 가스에너지 소비량 감소에 긍정적인 영향을 미친다는 가설을 설정하였다. 도시공원은 온도저감 효과뿐만 아니라 공기순환 및 습도를 상승시킬 수 있다. 습도가 높으면 공기 중의 수분으로 인해 온도변화의 민감성은 상대적으로 낮아진다. 따라서 도시공원에서는 온도가 높은 낮에 따뜻해진 공기가 밤이 되어도 도시공원이 없는 곳에 비해 높은 온도를 유지하기 쉬워 난방은 물론 온수 등에 사용되는 가스에너지 소비량이 감소할 것이라고 가정했다.

III. 분석자료 및 분석방법

1. 분석자료

연구의 공간적 범위는 부산광역시 부산진구 소재의 부산시민공원 인근 아파트 단지로 설정하였다. 부산진구에는 2014년 조성된 부산시민공원이 위치해 있는데, 해당 부지는 미군기지인 캠프 하야리아가 입지해 있다가 미국부대 이전 및 부지반환협정에 따라 2006년에 폐쇄된 이력이 있다. 따라서 부산진구는 도시공원의 조성 전·후 자료를 비교하여 도시공원조성의 영향을 보다 정확히 파악할 수 있는 지역이다.

연구의 시간적 범위는 공원개장 시점인 2014년 전·후 3년간인 2011년부터 2017년까지로 설정하였다. 종속변수로는 도시공원의 조성이 인근 아파트 주거에너지 소비량에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 필지별 전기에너지와 가스에너지 월별 패널자료를 활용했다. 독립변수로는 전용면적, 방 수, 욕실 수, 주택연령, 현관 구조와 같은 주택의 물리적 특성변수와 단지별 거주인구 추정치(이하 거주인구) 및 매매가격과 같은 사회적 특성변수를 사용하였다. 매매가격의 경우 거주민의 소득수준을 정확히 특정할 수 없어 이를 통제하기 위한 대체변수로서 본 분석에 활용하였다.

종속변수로 활용된 전기에너지와 가스에너지 자료는 아래의 식 (1)을 통해 아파트 단지 내 평형별 세대수에 따라 총사용량을 분배하여 분석에 활용하였다. 종속변수는 로그(Log)변환하여 사용했다.

$$y_{ia} = (e_i \times AREA_{ia}) \div x_{ia} \quad (1)$$

y_{ia} 는 단지 내 평형별 세대 가스에너지와 전기에너지 소비량, i 는 아파트 단지, a 는 평형을 의미한다. e_i 는 i 번째 단지의 총 에너지 소비량을 나타내며 $AREA_{ia}$ 는 단지의 전체 면적에서 a 번째 평형의 면적 비율을 의미하고, 마지막으로 x_{ia} 는 단지의 평형별 세대수를 의미한다.

본 연구에 활용된 독립변수 중 전용면적, 방 수, 욕실 수, 주택 연령, 현관구조와 같은 주택의 물리적 특성 변수는 네이버 부동산에서 제공하는 데이터를 파이썬(PYTHON)으로 추출하여 구축했고, 그 외 공원과 이격거리나 공원에서부터의 방위 등의 변수는 주소지를 지오코딩(geocoding)하여 측정하였다. 거주인구는 네이버 부동산에서 추출한 공급면적별 세대수에 인구통계 DB에서 제공하는 부산진구 평균 세대규모별 거주 인구수를 곱하여 변수를 생성하였고 매매가격은 국토교통부 실거래가 자료에서 연구기간의 매매실거래가 평균값을 백만원 단위로 변환 후 분석에 활용하였다.

도시공원과의 이격거리에 의한 영향권 터미변수(d)는 선행연구들에서 도출된 결과를 고려하여 400m를 기준으로 400m 이내는 1의 값을 400m에서 1200m는 0의 값을 부여했다.⁵⁾ 조성시점에 따른 시간터미(t)는 부산시민공원 개장시점인 2014년을 기준으로 전·후 3년씩으로 구분하여, 2011-2013까지는 처치 전으로 0의 값을, 2015-2017년은 처치 후로 1의 값을 부여하였다. 2014년의 경우 개장으로 인한 전·후 영향이 혼재되었을 것으로 판단하여 분석에서 제외하였다. 각 아파트 단지별 고정효과 및 계절성을 통제하기 위해 시간고정효과를 월별과 연도별로 적용하였고, 기타 통제되지 못한 공원의 영향요인을 고려하기 위해 공원을 기준으로 한 아파트 단지의 방위를 추가 변수로 구성했다. 핵심변수는 거리를 기준으로 한 영향권 터미(d)와 조성시점에 따른 시간터미(t)의 교차항인 $d*t$ 이다(Table 1).

2. 분석모형

공원녹지가 인근 아파트 에너지소비량에 미치는 영향을 분석한 연구들은 다중회귀모형, STIRPAT모형 등 다양한 모형을 활용하고 있다. 특히 STIRPAT모형의 경우 변수 사이의 연쇄작용이 에너지소비량에 미치는 영향을 분석할 수 있다는 장점 때문에 많은 연구에서 분석방법으로 채택하고 있으나, 기타 외부영향을 통제하기는 어려워 특정 요인으로 인한 영향을 파악하기 어렵다는 한계점이 있다.

반면, 이중차분법은 처치군과 대조군 두 집단이 공원이 조성되지 않았다면 전기 및 가스에너지의 소비량 추세가 동일했을 것이라는 가정하에 처치군의 전·후 차분, 대조군의 전·후 차분 값을 다시 차분하여 공원조성의 영향을 도출해낼 수 있다. 즉, 이중차분법은 종속변수에 영향을 미칠 수 있으나 분석에 포함되지 않은 요인의 영향을 통제하고 연구에서 살펴보고자 하는 요인이 미

Table 1. Variables employed in the study

Variable	Description	Unit	Source
Electric energy consumption	Household electrical energy consumption	kWh /month	MLIT ***
Gas energy consumption	Household gas energy consumption	kWh /month	MLIT ***
Park influence area	The sphere of influence in the park	Dummy	MLIT ***, Naver****
Park construction year	Before and after the time of construction of the park	Dummy	Naver****
Unit area	Exclusive private area to apartments	m ²	MLIT ***
Habitable room	The number of rooms	Number	Naver****
Bathroom	The number of bathrooms	Number	Naver****
Resident population	Estimates of the resident population by unit area in the complex	Person	KOSIS*****, Naver****
Building age	Base year minus construction year	Year	Naver****
Housing price	A house sale price	Million won	MLIT ***
Entrance type 1*	Entrance type	Dummy	Naver****
Entrance type 2**	Entrance type	Dummy	Naver****

*1=Corridor type, 0=EV-hall share type

**1=Mixed type, 0=EV-hall share type

*** MLIT: Ministry of Land, Infrastructure, and Transport

**** Naver: Naver Portal DB

***** KOSIS: Korean Statistical Information Service

치는 영향의 인과관계를 보다 명확히 밝혀낼 수 있다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이중차분법을 채택하여 부산시민공원의 조성 에너지 사용에 미치는 영향을 살펴보았으며, 분석자료가 패널자료이므로 패널회귀분석을 적용한 이중차분법을 활용했다.

패널회귀분석은 자료의 횡단면적 이분산성 및 시계열적 자기상관성 가정의 충족여부를 면밀히 확인해야 한다(서원석·노성록, 2022; Wursten, 2018; 김석 외, 2019; 김진영·성현곤, 2015). 따라서 본 연구에서는 Breusch-Pagan검정과 Wooldridge검정을 통해 각 가정들에 대한 검정을 실시하였고, 검정결과 이분산성 및 자기상관성이 존재함이 확인되어, 실현가능한 일반화 최소제곱모형(Feasible Generalized Least Square Model)을 활용하였다. FGLS모형을 적용한 이중차분모형은 다음의 식 (2)와 같다.

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 D_i + \beta_2 T_t + \beta_3 D_i T_t + \sum_{k=1}^K (\delta_k X_{ikt}) + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$\epsilon = \gamma_i + \theta_t + \nu \quad (3)$$

식 (2)의 Y 는 종속변수로 전기에너지 및 가스에너지 사용량을 의미한다. 이때 i 는 아파트단지의 구분자이며 t 는 에너지사용량이 관측된 시기를 의미한다. D_i 는 i 번째 아파트단지의 영향권 여부 더미변수이며 400m까지는 1의 값을 400m부터 1200m까지는 0의 값을 부여했다. T_t 는 공원조성시기 더미변수로 2011년부터 2013년까지는 0의 값을 2015년부터 2017년까지는 1의 값을 부여했다. X_{ikt} 로 각 관측치의 설명변수를 일괄적으로 표기해주었으며 X_{ikt} 에는 전용면적, 방 수, 욕실 수, 거주인구, 매매가격, 현관구조가 포함되어 있다.

본 식 (2)를 기반으로 분석을 실시하여 자료가 내포하고 있는 이분산성 및 자기상관성을 통제하였고, 전기에너지와 가스에너지의 소비량 모형을 각각 구축하여 분석했다. 이중차분법의 특성상 공원조성이 에너지소비량에 미치는 영향은 β_3 값을 해석하여 도출하였다.

IV. 연구결과

1. 기술통계량

〈Table 2〉는 전기에너지 분석에 활용된 변수들의 기초통계량이며, 총 29,723개 관측치가 활용되었다. 부산시민공원의 영향권 변수의 평균이 0.211로 나타나 처치군과 대조군이 약 2:8의 비율로 구성되어 있음을 알 수 있다. 부산시민공원의 시점더미 변수의 평균은 0.463으로, 조성시점 전·후의 표본분포는 유사한 수준이다. 평균 전용면적은 68.557m²으로 일부 대형평형과 국민주택 규모 이하의 주택이 주를 이룬다, 거주인구는 평균적으로 아파트 단지당 115.361명으로 구성되어 있다. 주택매매가격은 평균 2억 400만원으로 나타났고, 건축연한은 평균적으로 14년이며, 최대

Table 2. Statistics for electrical energy variables

Parameter	Unit	Avg.	Std.	Max.	Min.
Electric energy consumption	kWh /month	17587.26	42782.38	437607.70	0.0384615
Park influence area (d)	Dummy	0.211	0.408	1	0
Park construction year (t)	Dummy	0.463	0.498	1	0
Unit area	m ²	68.557	31.659	241.970	13.540
Habitable room	Number	2.502	0.966	6	1
Bathroom	Number	1.460	0.509	3	1
Resident population	Person	115.361	255.127	2022.500	2.500
Building age	Year	14.031	13.752	41	0
Housing price	Million won	204.572	89.535	745	46
Entrance type 1	Dummy	0.165	0.371	1	0
Entrance type 2	Dummy	0.155	0.362	1	0

41년의 노후주택과 준공 후 1년 미만인 신축주택이 포함되어 있다. 현관구조 변수는 복도식 여부와 혼합식 여부의 더미변수로 구분했으며, 각각 계단식 구조 대비 전기에너지 사용량에 얼마만큼의 영향을 미치는지 파악할 수 있다.

〈Table 3〉은 가스에너지 소비량 분석에 활용된 변수들의 기초 통계량이다. 관측치는 14,872개이며 영향권 더미변수의 평균값은 0.17로 전기에너지 소비량 분석자료에 비해 처치군 비율이 다소 적다. 반면 조성시점 더미변수 평균은 0.49로 조성 전·후의 관측치가 거의 같다. 통제변수인 전용면적 평균은 75.221m²로 나타나 전기에너지 소비량 모형의 주택규모보다 다소 크게 집계되었고, 아파트 거주인구가 평균 180.749명으로 산출되었다. 매매가격 평균이 2억 1600만원으로 도출되었고, 건축연한은 평균 17년이며 최대 40년, 최소 0년으로 이루어져 있다. 현관구조 변수는 전기에너지 소비량 모형의 변수와 동일한 더미변수로 구성했다.

2. 전기에너지 소비량 영향요인 분석

첫 번째 분석모형에서는 도시공원의 조성이 전기에너지 사용량 감소에 유의미한 도움을 주는지 여부를 실증했다. 〈Table 4〉는 전기에너지 소비량에 대한 부산시민공원 조성의 영향을 분석한 결과이다.

분석결과 주요 설명변수인 공원의 영향권 더미(d)와 조성시점에 따른 시간더미(t)의 교차항 d*t의 계수값은 -0.088으로 추정되어 부산시민공원의 조성이 약 8.8%의 전기에너지 사용량 감소에 영향을 미쳤음을 확인했다. 이는 약 27만m² 규모의 부산시민공원이 조성되면서 공원의 비영향권에 포함된 아파트단지에 비해 영향권에 포함된 아파트단지가 부산시민공원에 조성된 녹지

Table 3. Statistics for gas energy variables

Parameter	Unit	Avg.	Std.	Max.	Min.
Gas energy consumption	kWh /month	42874.74	107567.20	1636861	0.1362838
Park influence area (d)	Dummy	0.170	0.375	1	0
Park construction year (t)	Dummy	0.490	0.499	1	0
Unit area	m ²	75.221	33.459	241.970	16.590
Habitable room	Number	2.634	0.946	6	1
Bathroom	Number	1.556	0.519	3	1
Resident population	Person	180.749	340.980	2022.500	2.500
Building age	Year	17.186	12.428	40	0
Housing price	Million won	216.941	108.755	750	49.167
Entrance type 1	Dummy	0.201	0.401	1	0
Entrance type 2	Dummy	0.268	0.443	1	0

Table 4. An analysis of the impact of electric energy consumption in Busan Citizens' Park

Parameter	Coef. (S.E)
<i>d</i>	0.828(0.215)***
<i>t</i>	-0.556(0.026)***
<i>d*t</i>	-0.088(0.028)***
Unit area	0.014(0.000)***
Habitable room	-0.389(0.016)***
Bathroom	0.550(0.017)***
Resident population	0.005(0.000)***
Building age	0.061(0.002)***
Building age ²	-0.002(0.000)***
Housing price	0.008(0.000)***
Entrance type 1	0.723(0.020)***
Entrance type 2	1.792(0.000)***
Constants	3.961(0.036)***
Time fixed effect (month)	0
Time fixed effect (year)	0
Complex fixed effect	0
Cardinal points	0
Number of obs	25,142
Number of groups	533
Time periods	6
Wald <i>chi</i> ² (29)	123808.76
Prob> <i>chi</i> ²	0.000

Note: Standard errors in parentheses ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1, d=Adjacent to Busan Citizens' Park, t=Busan Citizens' Park construction time, d*t=In the case of houses adjacent to Busan Citizen Park after the construction of Busan Citizen Park (2015-2017)

의 온도저감효과 및 공기순환 등의 긍정적 영향을 크게 받아, 해당 주택의 에어컨 사용량은 물론 냉장고, 공기청정기를 비롯한 타 전자기기의 전기소모량을 감소시켜 전기에너지 사용량이 줄어드는 결과가 도출된 것으로 해석할 수 있다.

이외의 전용면적이나 거주인구, 매매가격은 한 단위 증가가 각각 1.4%, 0.5%, 0.8%의 사용량 증가를 유발하는 것으로 나타났다. 현관구조 특성의 경우 계단식 구조 대비 복도식 구조에서 약 72.3%의 사용량 상승을 유발하고 계단식 구조 대비 혼합식에서 약 179.2%의 사용량 상승을 유발하는 것으로 분석되었는데, 이는 현관구조가 복도식 구조 및 혼합식 구조인 아파트가 계단식 아파트에 비해 환기, 단열 등의 성능이 낮아 나타난 결과로 사료된다. 반면 방의 개수는 한 단위 늘어남에 따라 전기에너지 사용량이 55% 감소하는 것으로 분석되었다.

공원조성으로 인한 전기에너지 절감의 경제적 효과는 세대당 전기요금으로 환산하여 살펴볼 수 있다.

예를 들어, 기초통계량을 기준으로 전기에너지의 평균 소비량

은 17587.26kWh이다. 이를 평균 세대규모인 46세대로 나누면 세대당 전기에너지 평균 사용량은 382.33kWh로 산정된다. 전기에너지 사용량 382kWh의 전기요금은 약 65,700원으로 추정되는데,⁶⁾ 이때 공원이 조성되어 전기에너지 사용량을 약 8.8%의 감소시키면 사용량은 약 348kWh로 감소한다. 감소한 전기에너지 사용량에 대한 전기요금은 약 58,590원으로 추정되어 공원조성은 매월 약 7,110원의 경제적 편익을 거주세대에 제공할 수 있다. 본 연구를 통해 도출한 전기요금 절감 편익이 평균적인 세대단위의 예시임을 고려하면, 주민편익 증대, 조망권 및 통경축 확보, 환경보전효과 등을 포함하여 사회 전반적으로 더 높은 경제적 파급효과가 발생할 것으로 예상할 수 있다.

3. 가스에너지 소비량 영향요인 분석

두 번째 분석모형에서는 도시공원의 조성이 가스에너지 사용량 감소에 유의미한 도움을 주는지 여부를 실증했다. <Table 5>

Table 5. An analysis of the impact of gas energy consumption in Busan Citizens' Park

Parameter	Coef. (S.E)
<i>d</i>	2.126(0.029)***
<i>t</i>	0.349(0.029)***
<i>d*t</i>	-0.470(0.038)***
Area	-0.006(0.000)***
Room	0.118(0.021)***
Bath	0.462(0.026)***
Resident population	0.004(0.000)***
Building age	-0.026(0.003)***
Building age ²	-0.001(0.000)***
Housing price	0.012(0.000)***
Entrance type 1	1.279(0.038)***
Entrance type 2	0.921(0.028)***
Constants	5.860(0.048)***
Time fixed effect (month)	0
Time fixed effect (year)	0
Complex fixed effect	0
Cardinal points	0
Number of obs	12,536
Number of groups	261
Time periods	6
Wald <i>chi</i> ² (29)	104950.55
Prob> <i>chi</i> ²	0.000

Note: Standard errors in parentheses ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1, d=Adjacent to Busan Citizens' Park, t=Busan Citizens' Park construction time, d*t=In the case of houses adjacent to Busan Citizen Park after the construction of Busan Citizen Park (2015-2017)

는 부산시민공원의 조성이 인근 아파트의 가스에너지 소비량에 미치는 영향을 이분차분모형으로 추정한 결과이다. 분석결과 주요 설명변수인 거리를 기준으로 한 영향권 더미(d)와 조성시점에 따른 시간더미(t)의 교차항 d^*t 의 계수값은 -0.470으로 나타나, 부산시민공원의 조성이 영향권에 포함된 아파트의 가스에너지 사용량을 47% 감소시켰다고 해석할 수 있다. 공원의 조성은 온도 저감효과 이외에도 공기순환개선 및 습도를 상승시키는 효과가 존재하고 공기 중 습도가 높아지면 온도변화에 대한 민감성은 낮아진다. 이 때문에 공원은 여름철에는 시원한 밤공기를 유지하게 하는 반면, 겨울철에는 따뜻한 낮공기를 유지시켜 온도유지에 소모되는 가스에너지 사용량을 감소시킬 수 있다. 이는 주요 난방 에너지원을 도시가스로 활용하는 국내 에너지사용 환경에서 매우 의미 있는 결과이며, 난방목적 외에도 온수 및 기타 가스소비 수요가 줄어들어 이러한 결과가 도출된 것으로 사료된다.

기타 변수의 추정치는 전기에너지 사용량 모형의 분석결과와 유사하지만, 전용면적, 방수, 건축연한이 전기에너지와 달리 각각 한 단위 증가할수록 가스에너지 소비량이 감소하는 것으로 상반된 결과가 나타났다. 특히 건축연한의 경우 준공일자가 오래된 건물일수록 가을에는 에너지사용이 감소하는 것으로 분석한 김만수·정성원(2019)의 내용을 참고할 때, 상대적으로 가스사용량이 많은 가을·겨울철의 가스에너지 사용에는 건축연한보다 다른 요인들이 더 큰 영향을 미치는 것으로 이해할 수 있다.

공원조성으로 인한 가스에너지 절감의 경제적 효과 역시 세대별 가스요금으로 환산하여 살펴볼 수 있다.

기초통계량을 기준으로 가스에너지의 평균 소비량은 42874.74kWh이다. 이를 가스요금 부과단위인 m^3 으로 환산하면 $4063.96m^3$ 이 산출된다. 세대수 평균값인 72세대로 산출값을 나누면, 세대당 가스에너지 평균 사용량은 약 $56m^3$ 로 도출할 수 있다. 이를 토대로, 월 가스에너지 사용금액을 계산해보면 약 51,118원이 추정된다.⁷⁾ 이때 분석결과를 적용해 공원조성으로 가스에너지 사용량이 약 47% 감소하는 것으로 가정하면, 가스에너지 사용량은 $30m^3$ 으로 추정된다. 이를 가스요금으로 변환하면 월 사용금액은 27,384원이 되어 매월 약 23,734원의 가스요금이 절약되는 것으로 추정할 수 있다. 가스사용의 주요 에너지원은 주성분이 메탄인 액화천연가스(LNG)로, 온실가스 배출의 강력한 원인으로 지적되고 있어 가스에너지 사용량의 감소는 사회경제적인 부분에서의 편익뿐만 아니라 추가적인 기후환경적 파급 효과가 상당할 것으로 예측할 수 있다.

4. 강건성 분석

본 연구에서는 공원조성의 영향권을 0-400m까지를 처치군, 400-1,200m를 대조군으로 구분하여 설정했는데, 거리설정에 의한 편이가 발생하는지 살펴보기 위해 추정모형의 강건성을 추가

Table 6. Robustness test of electric energy consumption

Parameter	Coef (S.E)		
	400m-600m	400m-800m	400m-1000m
<i>d</i>	0.261(0.025)***	0.662(0.024)***	0.7745(0.022)***
<i>t</i>	-0.553(0.035)***	-0.513(0.032)***	-0.555(0.029)***
<i>d*t</i>	-0.175(0.030)***	-0.011(0.030)	-0.055(0.028)*

Note: Standard errors in parentheses ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1, d=Adjacent to Busan Citizens' Park, t=Busan Citizens' Park construction time, d*t=In the case of houses adjacent to Busan Citizen Park after the construction of Busan Citizen Park (2015-2017)

Table 7. Robustness test of gas energy consumption

Parameter	Coef (S.E)		
	400m-600m	400m-800m	400m-1000m
<i>d</i>	2.224(0.047)***	2.316(0.039)***	2.197(0.030)***
<i>t</i>	1.939(0.044)***	0.457(0.041)***	0.319(0.030)***
<i>d*t</i>	-1.524(0.042)***	-0.457(0.044)***	-0.470(0.038)***

Note: Standard errors in parentheses ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1, d=Adjacent to Busan Citizens' Park, t=Busan Citizens' Park construction time, d*t=In the case of houses adjacent to Busan Citizen Park after the construction of Busan Citizen Park (2015-2017)

적으로 확인하였다. 비영향권 거리인 400m에서 1200m는 영향권으로 설정된 0m에서 400m에 비해 범위 반경이 넓게 설정이 되어있다. 이와 같은 넓은 거리로 비영향권 범위를 설정한 것 때문에 본 분석에 활용한 변수 이외의 요인이 분석결과에 영향을 미쳤을 가능성이 존재한다. 따라서 400m를 기준으로 200m 단위로 넓혀가며 대조군의 범위 설정을 달리하여 분석을 실시해 상기 분석결과와 비교하였다. 분석결과는 전기에너지 사용량 모형은 <Table 6>, 가스에너지 사용량 모형은 <Table 7>과 같이 도출되었다.

전기에너지 및 가스에너지 사용량에 대해 비영향권 거리를 달리하여 분석을 실시한 결과, 모두 기존 분석결과와 유사한 결과가 도출되었지만, 전기에너지 소비량 영향 결과의 400m-800m는 유의하지 않은 값이 도출되었다. 따라서 본 연구의 결과는 넓은 비영향권 범위 때문에 발생할 수 있는 타 요인의 영향력이 유의미하지 않은 것으로 판단할 수 있다.

V. 결론

본 연구는 기존 미군부지로 활용되던 지역에 2014년에 조성한 부산시민공원의 조성사례를 대상으로 도시공원 및 녹지의 공급이 인근 공동주택의 전기 및 가스에너지 사용량에 미치는 영향을 살펴보았다. 부산시민공원 조성 전·후의 영향을 살펴보기 용이한 부산진구를 대상으로 분석을 실시했다. 분석자료는 2011년부터 2013년까지 부산시민공원 조성 전과 2015년부터 2017년까지 부산시민공원 조성 후의 전기 및 가스에너지 사용량 자료를 활용

했다. 분석모형은 이중차분법을 채택하여 패널회귀분석을 실시하였다. 패널자료에 이분산성과 자기상관성이 존재하는 것으로 확인되어 이를 통제하기 위해 FGLS모형을 활용했다. 단지별 공간적 특성 및 에너지사용량의 계절성을 통제하기 위해 단지별 입지고정효과와 시간고정효과를 통제해주었고 통제가 되지 않은 공원의 영향을 고려하여 공원으로부터의 방위변수를 추가하여 분석을 실시하였다.

분석결과 부산시민공원의 조성은 영향권에 속해있는 아파트 단지들의 전기 및 가스에너지 사용량을 각각 약 8.8%, 47%씩 감소시키는 것으로 확인되었다. 전기에너지는 다수의 선행연구들과 같은 맥락에서 공원 인접지역에 나타난 온도저감 효과 때문에 공원의 영향권에 속한 아파트 단지의 온도 저하 및 공기순환, 대기질 개선효과가 존재하여 냉방에 활용되는 전기에너지는 물론 공기청정기 등 전자기기의 에너지소비량을 낮춘 것으로 해석할 수 있다. 가스에너지 소비량 모형에서는 공원녹지의 조성이 공기순환 및 대기질을 개선하고 주변지역 습도를 높여 난방 등에 사용되는 가스에너지 소비량을 47% 감소시킨 것으로 추정되었다.

이와 같은 분석결과는 지속가능한 도시를 구현하는 대안으로서 공원녹지의 역할을 실증했다는 의의가 있다. 공원녹지에 의한 에너지소비량의 감소는 가구의 가처분소득 증가로 이어져, 궁극적으로 사회적 편익증대로 귀결될 수 있다는 함의를 지니기도 한다. 더불어 도시 거주민의 에너지소비량 감소에 공원이 미치는 영향에 관한 분석결과를 추후 국내 도시개발, 계획 및 탄소중립 정책수립에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 분석결과는 전기 및 가스에너지 소비량에 관한 기존 선행연구와 대부분 유사하나 일부에서 차별점이 존재한다. 전기 및 가스에너지 사용량의 결정요인으로 녹지면적과 공간이 유의미하지 않다는 연구결과(조규민·손동욱(2019)), 공원녹지의 영향권에서 벗어나면 전기에너지 사용은 증가하지만 가스에너지 사용은 감소한다는 연구결과(김소연 외(2021)) 등과는 분석결과에서 다소 차이가 있다. 다만 선행연구들이 특정 계절을 중심으로 횡단면 분석을 실시했다는 점, 분석의 시점이나 관점, 연구의 공간적 범위가 다르다는 점 등을 고려할 때, 서로 상충되는 결과로만 볼 수 없어 단순한 비교는 어려워보인다.

본 연구는 약 27만²m²의 대규모 도시공원을 대상으로 인근 에너지 소비량에 미치는 영향에 관한 분석을 실시하였다. 그러나 공원의 면적에 따라 인근 지역이 받는 영향은 서로 상이하고 기후변화에 유의미한 영향을 미칠 수 있는 공원 내 식생과 녹지유형 및 규모에 따라서도 달라질 수 있다. 따라서 규모별 녹지의 신규 조성효과에 관한 연구, 실제 녹지면적에 따른 효과 등을 추가적으로 분석하여 도시 내 공원녹지 공급계획에 활용할 필요가 있다.

도시의 규모나 지역에 따라 생활방식, 에너지 사용요금 산정기준, 기후환경 등에 큰 차이가 존재한다. 본 연구의 공간적 범위는 부산광역시 부산진구로 한정하였으나 타 지역의 공원조성 효과

와 비교하여 정책적 시사점을 도출할 필요가 있다. 연구범위도 공동주택으로 한정했으나, 다양한 주택유형에 따른 생활방식의 차이가 크기 때문에 주택유형별 효과에도 주목하여 탄소중립 관련 정책에 다각적으로 활용할 필요가 있다.

- 주1. 탄소중립기본법은 정부에서 민간의 자율적인 감소협력만으로는 탄소중립의 실천의 어려움을 예상하여 마련된 제도적 기반으로, 2018년 대비 온실가스 감축 목표의 하한선을 35%로 규정하고 있다.
- 주2. 산림청, 2020 전국 도시림 현황 통계.
- 주3. 부산광역시 산림녹지과, 2023년 1월 12일 보도자료.
- 주4. Energy Unit Intensity(단위면적당 총에너지)는 건물의 에너지 사용 효율성을 나타내는 지표로, 총 에너지소비량을 건물 연면적으로 나눈 단위면적당 에너지 소비량을 의미함.
- 주5. 공원의 온도저감효과 및 에너지소비량과 관련된 선행연구에서 도출된 결과에서 180m-1000m까지 공원 및 녹지가 영향을 미친다는 결과가 도출됨에 따라 본 연구에서는 400m로 영향권 범위를 설정함(윤용환·배병호, 2002; 윤민호·안동만, 2009; 박종화·조기혁, 2016; 김소연 외, 2021).
- 주6. 한국전력공사(KEPCO)의 전기요금계산기 사용 월별 사용량 단순 계산을 통해 도출된 금액임(23.05.16 개정 후).
- 주7. 도시가스 요금 계산법은 {(사용량×보정계수)×평균열량×요금단가+기본료)+부가세(10%)으로 이루어져 있으나 본 연구에서는 보정계수 및 평균열량 등 정확한 계산이 어려워 경동도시가스에서 제공하는 단순요금계산기를 활용해 울산지역 사용요금을 산출함(www.kdgas.co.kr).

인용문헌 References

1. 강남규·김순호·강은혜·최정민, 2020. “주거용 건물의 에너지 소비량 특성에 관한 연구-2018년 데이터를 중심으로-”, 『대한건축학회 학술발표대회논문집』, 40(1): 282-285.
Kang, N.G., Kim, S.H., Kang, E.H., and Choi, J.M., 2020. “A Study on the Energy Consumption Characteristics of Residential Buildings -Focused on the Data of 2018-”, *Proceedings of the Korean Institute of Architects Conference*, 40(1): 282-285.
2. 김진영·성현곤, 2015. “우리나라 도로교통 온실가스 배출에 대한 환경쿠즈네츠 곡선 추정”, 『교통연구』, 22(2): 1-17.
Kim, G.Y. and Sung, H.G., 2015. “Estimation of Environmental Kuznets Curve of GHG Emissions on Road Transport in Korea”, *Journal of Transport Research*, 22(2): 1-17.
3. 김기중·김동준·이창효·이승일, 2018. “도시공원의 규모와 형태별 주변지역의 지표온도·건물에너지소비저감 영향범위 분석 연구”, 『한국지역개발학회지』, 30(2): 155-176.
Kim, K.J., Kim, D.J., Yi, C.H., and Lee, S.I., 2018. “An Analysis on Influence Range of Reducing the Surface Temperature and Building Energy Consumption by Urban Park Size and Shape”, *Journal of the Korean Regional Development Association*, 30(2): 155-176.
4. 김리영, 2010. “압축도시의 공간구조 특성과 지속가능성과의 관계에 대한 연구”, 중앙대학교 박사학위논문.

- Kim, L.Y., 2010. "A Study on the Relationship between Spatial Characteristics of Compact City and Urban Sustainability", Ph.D. Dissertation, Chung-ang University.
5. 김리영·문태훈, 2010. "압축도시 특성요인의 사회적 지속가능성에 대한 영향분석", 『주택연구』, 18(3): 51-72.
Kim, L.Y. and Moon, T.H., 2010. "The Effect of Compact City's Spatial Factors on Social Sustainability", *Housing Studies Review*, 18(3): 51-72.
6. 김만수·정성원, 2019. "주거용 건물에서 건축물의 물리적 요소와 세대특성이 에너지사용량에 미치는 영향요인 분석", 『한국주거학회논문집』, 30(1): 13-25.
Kim, M.S. and Jung, S.W., 2019. "Analysis of the Factors Affecting Energy Consumption by the Physical Elements and the Household Features in Residential Buildings", *Journal of the Korean Housing Association*, 30(1): 13-25.
7. 김석·박성훈·양태현·여기태, 2019. "패널회귀분석을 이용한 내항 화물운송사업체의 경영특성 분석에 관한 연구", 『디지털융복합연구』, 17(3): 79-92.
Kim, S., Park, S.H., Yang, T.H., and Yeo, G.T., 2019. "A Study on the Analysis of Management Characteristics of Coastal Port Freight Transportation Business Using Panel Regression Analysis", *Journal of Digital Convergence*, 17(3): 79-92.
8. 김소연·박초롱·손동욱, 2021. "공원 및 녹지배치에 따른 공동주거시설의 에너지 소비량 분석 -서울시를 중심으로-", 『대한건축학회 학술발표대회 논문집』, 41(2): 282-283.
Kim, S.Y., Park, C.R., and Shon, D.W., 2021. "Analysis of Energy Consumption of Multi-family Residential Buildings according to the Arrangement of Parks and Green Areas -Focusing in Seoul City-", *Proceedings of the Korean Institute of Architects Conference*, 41(2): 282-283.
9. 박종화·조기혁, 2016. "공원 크기에 따른 공원의 온도저감 효과 분석 -일산 신도시를 대상으로-", 『국토계획』, 51(5): 247-261.
Park, J.H. and Cho, G.H., 2016. "Influence of park size on the park cooling effect -Focused on Ilsan New Town in Korea-", *Journal of Korea Planning Association*, 51(5): 247-261.
10. 산림청, 2021. 『2020 전국 도시림 현황 통계』, 대전.
Korea Forest Service, 2021. *2020 National Urban Forest Status Statistics*, Daejeon.
11. 서원석·노성록, 2022. "패널FGLS를 이용한 테크노파크 조성 및 입지, 운영특성이 지역경제 성장에 미치는 효과 분석", 『부동산분석』, 8(2): 57-73.
Seo, W.S. and Ro, S.R., 2022. "The Effects of Technopark Development, Location, and Operation Features on Regional Economic Growth Using Panel FGLS", *Journal of Real Estate Analysis*, 8(2): 57-73.
12. 윤민호·안동만, 2009. "위성영상을 이용한 도시녹지의 기온저감 효과 분석", 『한국조경학회지』, 37(3): 46-53.
Yoon, M.H. and Ahn, T.M., 2009. "An Application of Satellite Image Analysis to Visualize the Effects of Urban Green Areas on Temperature", *Journal of The Korean Institute of Landscape Architecture*, 37(3): 46-53.
13. 윤용한·배병호, 2002. "녹지의 규모와 기온저감효과와의 관련성에 관한 연구", 『환경생물』, 20(1): 10-19.
Yoon, Y.H. and Bae, B.H., 2002. "A Study on the Relation between Scale of Green Spaces and Decreasing Air Temperature", *Korean Journal of Environmental Biology*, 20(1): 10-19.
14. 임재빈·허익수·강명규, 2019. "공동주택단지의 공간 특성이 단지 내 전기소비량에 미치는 영향: 서울시 1,122개 공동주택 단지를 대상으로", 『서울도시연구』, 20(3): 19-37.
Lim, J.B., Huh, I.S., and Kang, M.G., 2019. "A Study on Impact of Apartment Complex' Spatial Characteristics on Electricity Consumption: Evidence from Seoul, Korea", *Seoul Studies*, 20(3): 19-37.
15. 정민선·조희선·변병설, 2015. "도시특성요소가 온실가스 배출에 미치는 영향 -수도권 지역을 중심으로-", 『국토지리학회지』, 49(3): 297-306.
Jung, M.S., Cho, H.S., and Byun, B.S., 2015. "Effects of Urban Characteristics on Green House Gas Emissions from Seoul Metropolitan Area", *The Geographical Journal of Korea*, 49(3): 297-306.
16. 조규민·손동욱, 2019. "건축물 에너지 소비량에 영향을 미치는 건축물 특성 및 도시환경 요소 분석", 『대한건축학회 학술발표대회 논문집』, 39(2): 292-295.
Cho, G.M. and Sohn, D.W., 2019. "An Analysis of the Effects of Building characteristics and Urban Environmental Factors on Building Energy Consumption", *Proceedings of the Korean Institute of Architects Conference*, 39(2): 292-295.
17. 조항훈·오창호·박예진·신민경·안진영·김홍순, 2022. "계절적 요인을 고려한 건물 전기에너지 사용에 영향을 미치는 요인 분석 -서울특별시를 대상으로-", 『국토지리학회지』, 56(2): 113-124.
Jo, H.H., O, C.H., Park, Y.J., Shin, M.K., Ahn, J.Y., and Kim, H.S., 2022. "Analyzing Determinants of the Electricity Consumption of Buildings Considering Seasonal Factors -The Case of Seoul, Korea-", *The Geographical Journal of Korea*, 56(2): 113-124.
18. Cranz, G. and Boland, M., 2004. "Defining the Sustainable Park: A Fifth Model for Urban Parks", *Landscape Journal*, 23(2): 102-120.
19. Wang, P., Yang, Y., Ji, C., and Huang, L., 2023. "Influence of Built Environment on Building Energy Consumption: A Case Study in Nanjing, China", *Environment, Development and Sustainability*, 13:1-24.
20. Wursten, J., 2018. "Testing for Serial Correlation in Fixed-effects Panel Models", *The Stata Journal*, 18(1): 76-100.
21. Yan, H., Wu, F., and Dong, L., 2018. "Influence of a Large Urban Park on the Local Urban Thermal Environment", *Science of the Total Environment*, 622-623: 882-891.

Date Received 2023-03-28
Date Reviewed 2023-05-15
Date Accepted 2023-05-15
Date Revised 2023-06-19
Final Received 2023-06-19