

## 서울시 주거용 건물의 전력 소비량 추정모델

김민경\*

### An Estimation Model of Residential Building Electricity Consumption in Seoul

Min-Kyeong Kim\*

**요약** : 서울시에서는 에너지 수요 절감과 신재생에너지 생산 확대 등 적극적인 기존에너지 감축을 위한 '원전하나줄이기 종합대책'을 발표하였지만, 실질적으로 전력 소비를 줄일 수 있도록 가이드라인을 제공하기 위해서는 정량적 모델이 필요하다. 본 연구에서는 2010년 서울시 기후·에너지 DB의 필지별 전력 소비량과 2010년 과세대장 자료를 이용하여 주거특성에 따른 건물의 전력 소비를 분석하여 주거용 건물의 전력 소비량 추정모델을 개발하고 검증하였다. 주거형태별에서는 단독주택, 다세대·연립, 아파트 순서로 에너지 소비가 많았으며, 건물연도는 오래된 건물일수록, 총 층수가 고층에서 저층의 순서로, 건물 구조는 목조, 시멘트블록/벽돌조, 기타구조, 철근콘크리트조의 순서로, 건물지붕은 슬래브지붕이 아닌 기타지붕일 경우에, 생활권의 경우 동북권, 서남권, 도심권, 동남권, 서북권 순서대로 전력 소비가 많은 것으로 나타났다. 검증을 위하여 전기 고지서를 수집하여 추정 소비량과 실제 소비량을 비교하였다. 이후 소비자들이 쉽게 판단할 수 있는 생활권역과 주거형태를 기반으로 나머지 추정모델에 사용된 기타 네 가지 유형의 변수그룹을 이용하여 전력 소비의 최대 및 최소 범위를 제안함으로써 본 모델을 검증하였다. 또한 가구별 전력 소비량의 영향요인과 그 영향력을 제시하고, 주거용 건물의 전력 소비량 추정모델 정립 방법론을 구축하였다.

**주제어** : 주거용 건물, 전력 소비, 추정모델

**ABSTRACT** : An estimation model has been developed to examine different characteristics of electricity consumption in Seoul's residential building sector. Five residential building characteristics were analyzed: types of housing, age of buildings, number of floors, structure of buildings, types of roofing, and location within Seoul's five urban zones. Electricity energy unit consumption per year (kWh/m<sup>2</sup>·a) was used as the dependent variable in the model. This model allows each household the ability to calculate the amount of electricity used in his or her home. Since the model suggests an optimal range for the maximum and minimum figures, the user can compare estimated consumption with actual consumption; thus allowing the user to determine whether his or her household's actual consumption falls between the range of the two estimated figures. This study will serve as benchmark and educate people on their own electricity consumption. For more advanced future models, it is suggested that more data such as the number, age, and gender of household members, incomes and assets of households, and monthly electricity consumption data based on each household be gathered.

**Key Words** : residential buildings, electricity consumption, estimation model

\* 서울연구원 안전환경연구실 부연구위원(Associate Researcher, Department of Safety and Environment Research, Seoul Institute), E-mail: min@si.re.kr, Tel: 02-2149-1046

## I. 서론

서울시 에너지 소비량의 약 60%는 건물에서 발생<sup>1)</sup>하고 있고, 그 비율은 매년 소폭 상승하고 있다. 이에 따라 시에서도 건물에너지 소비를 줄이기 위해 노력중이다. 2014년까지 에너지 200만 TOE<sup>2)</sup> 줄이기를 목표로 '원전하나줄이기 종합대책'을 발표하였다. 이 대책은 햇빛도시 건설, 수소 연료전지발전소 건립, 신축건물 에너지 총량제와 같은 적극적인 에너지 감축 정책을 담고 있으며 이를 통해 약 200만 TOE에 해당하는 원전 1기 수요 대체량을 감소시킬 계획이다. 에너지 수요 절감과 신재생 에너지 생산을 확대함으로써 2011년 2.8%의 시 전력 자급률을 2014년 8%, 2010년 20%까지 높인다는 것이다.

특히 주거용 건물의 경우 전체 건물에너지 소비량의 30%<sup>3)</sup>를 차지하고 있고, 전력 소비량은 지난 1998년과 2008년의 서울시 전력 소비량을 비교해보면 약 40%나 급증하였다. 이러한 문제 인식 하에 서울시를 대상으로 하는 주거용 건물의 전력소비를 분석하여 향후 시민의 에너지소비 절감을 장려할 수 있도록 에너지소비 추정모델을 제시하여 건물의 위치 및 유형에 따른 에너지소비 범위를 제안하고자 한다.

본 연구에서는 서울시의 실제 전력 소비량을 필지단위로 조사한 2010년의 서울시 기후·에너지 통계 DB와 전기 고지서를 사용하여 최근의 서울시 전력 소비 현황을 분석하였다. 그리고 2010년 과세대장 자료를 이용하여 건물의 특성을 다

룰 수 있는 변수를 추출하여 에너지 소비량을 다각도에서 분석하였다. 모델개발 후, 다소비 가구를 대상으로 전력소비를 줄일 수 있도록 적정수준의 에너지소비량을 제시하고자 한다. 이 연구는 향후 에너지 절감형 주택모델 개발을 위한 기반이 되는 연구로서 의미가 있다.

본 연구는 서울시 주거용 건물의 전력 소비량 추정모델을 개발하고 활용하기 위한 방안으로 2010년의 전력 소비량과 건물특성 자료를 사용하였다. 또한 이를 검증하기 위하여 2012년 가구별 전력 소비량을 사용하였다. 공간적 범위로는 서울시를 대상으로 하며, 주거용 건물이 위치하는 필지를 기준으로 한다.

본 연구의 주요 내용으로는 첫째, 주거용 에너지 소비량 추정 방법론에 관한 선행연구를 분석하였다. 전력소비에 대한 추정모델을 구성함에 있어, 선행연구에서 분석한 주거용 건물에너지 소비 감축 및 효율성 증대방안을 참고하여 향후 모델개발에 도움이 되고자 한다. 둘째, 서울시 전력 소비량에 대한 현황을 분석하였다. 추정모델에서 사용되는 영향인자를 이용하여 현황을 분석하였다. 셋째, 회귀분석으로 주거용 건물의 전력 소비량 추정모델을 개발하였다. 영향인자별 특성을 바탕으로 전력소비에 미치는 영향력과 방향성(양의 효과 및 음의 효과) 등을 판별하였다. 넷째, 추정된 모델과 서울시 가구별 전력소비데이터를 이용하여 모델을 검증하였다.

1) 서울특별시(2012).

2) TOE는 석유 1톤에서 얻을 수 있는 열량 ( $10^7\text{kcal}$ )을 1로 정의했을 때, 다른 에너지원으로부터 얻을 수 있는 열량의 상대적인 값을 의미하며, 각 에너지원의 상대적인 소비를 비교하기 위하여 사용

3) 서울시정개발연구원(2010).

## II. 선행연구 및 서울시 전력소비 현황

### 1. 선행연구

선행연구는 크게 세 가지로 분류할 수 있으며 <표 1>과 같다.

첫째, 공동주택 에너지 소비량 분석에 관한 연구이다. 심윤희(2005), 김진관 외(2006), 이종일 외(2011)는 공동주택의 에너지 소비량의 특성 및 정량화에 중점을 두고 연구를 진행하였다. 하지만 이들의 연구는 모두 공동주택에 한정하였고, 전체 에너지 소비를 대상으로 하였다는 점에서, 주거유형의 다양성과 전력 소비량의 구체적 현황을 분석한 본 연구와는 차이가 있다.

둘째, 건물에너지 소비 특성의 원인을 분석한 연구이다. 이성근(2006)은 우리나라 가정부분의 에너지 소비 특성을 분석하기 위해 다양한 변수를 사용하였고, 본 연구에서 사용한 회귀분석을 이용하였다. 실제 에너지 소비량의 원인을 분석하기 위한 방법론은 이 연구와 비슷하다. 그렇지만 사용된 변수가 각각의 개별 관측값이 아닌 거시적 경제지표들을 사용한 점에서 차별된다.

셋째, 건물에너지 소비저감사업과 관련된 연구이다. 김민경 외(2010)는 서울시 건물에너지 소비저감 사업의 과정을 연구하고, 사업평가를 위한 평가 항목을 선정하여 모형과 프로그램을 구축하였다. 이 모형과 프로그램 구축을 위하여 서울시의 건물에너지 소비량을 분석하였다는 점에서는 본 연구와 유사성을 가지고 있으나, 개별 에너지 사용 원인과 영향력을 측정한 점에서 본 연구는 차별성을 갖는다.

본 연구는 기존 연구와 달리 주거 건물의 전력 소비량에 영향을 주는 요소별 변수를 도출하여 모든 주거형태의 특성을 살펴보고 분석하여 정량화하였다.

<표 1> 선행연구의 주요 내용

저자	주요 내용
심윤희 (2005)	- 난방용 도시가스 사용량과 실내온도에 대한 실측을 바탕으로 표준 사용량을 제시 - 건물에너지 해석 프로그램인 eQuest를 이용하여 공동주택의 표준 에너지 소비량을 파악하고, 여러 변수에 따른 표준 사용량을 분석
김진관 외 (2006)	- 진주지역 도시가스를 사용하는 고층아파트 7개 단지 3,300세대와 중앙난방을 사용하는 아파트 2,506세대의 도시가스 사용량을 분석 - 가스사용량이 점차 줄어드는 결과에 대하여 건축적인 측면보다는 입주자들의 경제적인 요인과 에너지정책 및 에너지절약을 위한 의식의 영향으로 분석됨
이종일 외 (2011)	- 기준주택의 설정기준 및 평가방법 등에 대하여 분석, 보완 및 추가설정 사항을 도출함으로써 연구, 상품개발 등의 목적으로 활용이 가능한 기준주택 선정을 위한 필수설정 항목을 제시 - 일원화된 기준주택의 필요성을 제기하고, 시뮬레이션 분석에 적용이 가능한 기준주택을 선정하기 위한 필수 설정항목을 분석
이성근 (2006)	- 우리나라 가정부분 에너지 소비행태를 추정하기 위해 도시규모, 주택형태, 건축년도, 가구원수 등의 변수를 통하여 얻은 결과 값을 도출하여 에너지소비 실태를 분석 - 국외의 가정부분 에너지소비실태의 요인 분석을 위하여 캐나다와 미국을 대상으로 사례 분석 - 향후 보다 세부적인 요인분석이나 체계적인 전망을 위해서는 관련통계의 확충이 시급
김민경 외 (2010)	- 서울시 건물에너지 소비저감사업의 프로세스를 연구하고, 사업평가를 위한 평가항목을 선정하여 평가모형과 평가프로그램을 구축 - 평가항목의 평가결과를 평가논점에 의해 종합적으로 평가하는 단계적 평가구조를 제안하여 이 평가구조를 근간으로 서울시 건물에너지 소비저감사업의 평가모형과 평가프로그램을 구축

### 2. 서울시 전력소비 현황

서울시 기후·에너지 DB<sup>4)</sup>를 이용하여 영향인자별 전력소비 현황을 분석하였다. 전체 사용된 필지와 가구수 현황은 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 서울시 영향인자별 필지 및 가구수 현황

구 분		필지수	가구수
건물 용도	전 체	412,455	2,932,183
	단독주택	118,191	175,421
	다가구주택	213,593	834,836
	다세대주택	66,522	509,928
	연립주택	7,432	95,844
	아파트	6,717	1,316,154
건물 연도	전 체	412,455	2,932,183
	1951 ~ 1960	7,924	9,341
	1961 ~ 1970	35,963	49,928
	1971 ~ 1980	65,054	173,214
	1981 ~ 1990	108,437	626,665
	1991 ~ 2000	132,108	1,213,995
	2001 ~ 2010	62,969	859,040
건물 층수	전 체	412,455	2,932,183
	1 ~ 4층	392,125	1,652,045
	5 ~ 10층	17,634	227,559
	11 ~ 15층	1,525	535,541
	16 ~ 69층	1,171	517,038
건물 구조	전 체	412,455	2,932,183
	철근콘크리트	92,704	1,797,400
	시멘트벽돌/블록	34,426	89,605
	연화조	261,642	879,315
	목조	13,029	24,676
건물 지붕	기타	10,654	141,187
	전 체	412,455	2,932,183
	슬래브	344,122	2,828,171
	토기와	63,305	87,523
	기타	5,028	16,489
생 활 권	전 체	412,455	2,932,183
	도심권	33,087	154,731
	서북권	63,356	340,944
	동북권	144,420	950,090
	서남권	120,070	860,042
	동남권	51,522	626,376

## 1) 건물유형별 전력 소비 현황

서울시 단위면적당 전력소비 현황을 건물유형별로 구분하면 〈표 3〉과 같다. 소비량은 평균값, 중간값 모두 단독주택, 다가구주택, 다세대주택, 연립주택, 아파트 순으로 많다.

〈표 3〉 건물유형별 단위면적당 전력 소비 평균·중간값  
(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

구 분		평균값	중간값
건물 용도	단독주택	85.05	66.05
	다가구주택	69.31	64.12
	다세대주택	55.97	53.38
	연립주택	53.24	50.56
	아파트	44.21	41.10

## 2) 건물연도별 전력 소비 현황

건물연도를 10년 단위별로 구분하여 서울시 단위면적당 전력소비 현황을 분석한 〈표 4〉와 같이 전체적으로 오래된 건물일수록 전력 소비량이 많았고, 최근 건물일수록 전력 소비량이 감소하였다.

〈표 4〉 건물연도별 단위면적당 전력 소비 평균·중간값  
(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

구 분		평균값	중간값
건물 연도	1951 ~ 1960	123.33	95.18
	1961 ~ 1970	97.29	75.62
	1971 ~ 1980	72.15	60.03
	1981 ~ 1990	70.63	65.27
	1991 ~ 2000	66.25	61.31
	2001 ~ 2010	58.60	51.42

## 3) 총 층수별 전력 소비 현황

건물의 총 층수를 아파트가 아닌 1~4층(저층)과 아파트인 경우 10층과 15층을 기준으로 세 그룹으로 구분하여 각각 5~10층(중저층), 11~15층

4) 필지단위의 월별 전기, 도시가스, 지역난방 소비량을 바탕으로 환산한 월별 TOE 값을 도출하고 공간단위별(동, 자치구, 생활권) 에너지소비량 및 TOE 값을 재집계하여 엑셀 기반의 DB를 구축한 자료

(중고층), 16~69층(고층)으로 나타내었다. 건물 층 층수를 네 가지로 구분하여 각각의 전력소비 현황을 보면, <표 5>와 같이 총 층수가 높은 건물에서 단위면적당 전력소비가 적어지는 경향을 나타낸다.

<표 5> 총 층수별 단위면적당 전력 소비 평균·중간값  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>·a)

구 분	평균값	중간값
총 층수	1 ~ 4층	71.71
	5 ~ 10층	58.29
	11 ~ 15층	46.95
	16 ~ 69층	46.15

#### 4) 건물구조별 전력 소비 현황

건물구조별로는 목조에서 단위면적당 전력 소비가 가장 많은 것으로 나타났고, 철근콘크리트구조의 단위면적당 전력 소비가 가장 적게 나타났다. 건물구조별 단위면적당 전력 소비량은 <표 6>과 같다.

<표 6> 건물구조별 단위면적당 전력 소비 평균·중간값  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>·a)

구 분	평균값	중간값
건물 구조	철근콘크리트	57.64
	시멘트벽돌/블록	97.94
	연와조	69.30
	목조	123.92
	기타	76.06

#### 5) 건물지붕별 전력 소비 현황

건물지붕에 따른 단위면적당 전력 소비는 <표 7>과 같이 슬래브지붕인 경우 그렇지 않을 때에 비해 평균값과 중간값이 모두 낮게 나타났다.

<표 7> 건물지붕별 단위면적당 전력 소비 평균·중간값  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>·a)

구 분	평균값	중간값
지붕	슬래브	66.89
	토기와	90.84
	기타	99.79

#### 6) 생활권별 전력 소비 현황

서울시에서 제시하는 5대 생활권역별로 자치구를 구분하였다. 구분방법은 <표 8>과 같다.

<표 8> 서울시 생활권 구분

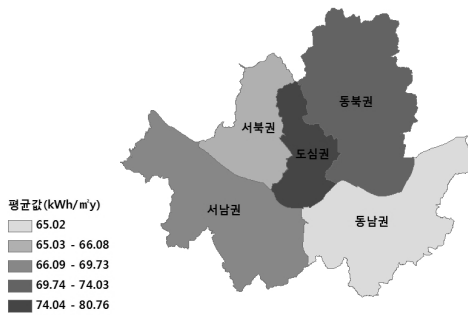
생활권	자치구
도심권	종로구, 중구, 용산구
서북권	은평구, 서대문구, 마포구
동북권	성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구
서남권	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구
동남권	강동구, 송파구, 강남구, 서초구

<표 9> 생활권별 단위면적당 전력 소비 평균값·중간값  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>·a)

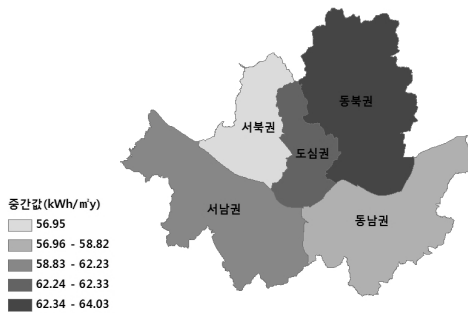
구 분	평균값	중간값
생활권	도심권	80.76
	서북권	66.08
	동북권	74.03
	서남권	69.73
	동남권	65.02

생활권별 전력 소비 현황 결과를 보면(<표 9>),도심권과 동북권의 전력소비 평균값이 다른 생활권역에 비해 높게 나타났고, 중간값 기준으로는 동북권과 도심권 순으로 전력 소비가 높은 것으로 나타났다. 서북권에서는 평균값, 중간값 기준 모두 전력 소비가 적은 것으로 나타났다.

생활권별 전력소비현황의 평균값과 중간값을 나타내면 각각 <그림 1>, <그림 2>와 같다.



〈그림 1〉 생활권별 단위면적당 전력 소비 평균값



〈그림 2〉 생활권별 단위면적당 전력 소비 중간값

### Ⅲ. 전력 소비 추정모델 변수 및 기초통계

#### 1. 모델 구성

본 연구에서는 다중선형회귀모델을 사용하여 전력 소비 결과값을 종속변수( $Y_E$ )에 넣고, 여섯 가지의 건물특성 변수값들을 독립변수( $x_k$ )에 넣어 각 변수별 계수( $a_k$ )와 모델의 상수항( $a_0$ )을 추정한다. 종속변수로 사용된 연간 단위면적당 전력 소비량과 독립변수에 사용된 모든 건물특성 값이 존재할 때 하나의 온전한 관측치를 이루며, 이 관측치들을 이용하여 각 계수와 상수항이 도출된다. 추정모델 식은 다음과 같다.

$$Y_E = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i$$

#### 2. 변수 설정

종속변수는 서울시에서 제작한 2010년 기후·에너지 DB를 사용하여 필지별 연간 단위면적당 전력소비량으로 입력하였다. 전력소비량의 최소 단위가 필지단위로 구성되어 있어, 필지당 전력 소비량을 2010년 과세대장에서 구득한 주차장을 제외한 전체면적으로 나누어 각 관측치의 값을 계산하였다.

독립변수는 앞의 현황에서 정리한 총 6가지 유형을 사용하였다. 첫째, 주거형태는 다가구를 포함한 단독주택, 다세대/연립, 아파트로 구분하였다. 둘째, 건물연도는 1951년 이후 건물을 대상으로 2010년까지 10년단위로 구분하여, 1951~1960년, 1961~1970년, 1971~1980년, 1981~1990년, 1991~2000년, 2001~2010년으로 구분하였다. 셋째, 건물 총 층수는 해당필지에 존재하는 건물의 총 층수를 의미하며, 구분은 아파트가 아닌 1~4층, 그리고 아파트의 경우 중저층아파트에 해당하는 5~10층, 중고층아파트에 해당하는 11~15층, 고층아파트로 볼 수 있는 16~69층으로 구분하였다. 넷째, 건물구조는 철근콘크리트구조, 시멘트블록과 시멘트벽돌을 포함하는 시멘트블록/시멘트벽돌조, 목조와 목구조를 포함하는 목조, 그리고 이 외 모든 건물구조를 포함하는 기타구조로 구분하였다. 다섯째, 건물지붕은 슬래브지붕과 그 외 기타지붕으로 구분하였다. 마지막으로 생활권 구분은 서울시에서 사용하는 다섯권역으로 구분하여 도심권, 서북권, 동북권, 서남권, 동남권으로 나누었다.

각 독립변수는 변수의 특성값을 구분하여 표현

〈표 10〉 추정모델 변수 설명

변수		값	비고	
종속변수	연간 단위면적당 전력 소비량		$Y_E$	$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$
독립변수	주거 형태	단독주택	-	(주거형태 기본변수)
		다세대/연립주택	$x_1$	단독주택=0, 다세대/연립주택=1
		아파트	$x_2$	단독주택=0 아파트=1
	건물 연도	2001~2010	-	(건물연도 기본변수)
		1991~2000	$x_3$	2001~2010=0, 1991~2000=1
		1981~1990	$x_4$	2001~2010=0, 1981~1990=1
		1971~1980	$x_5$	2001~2010=0, 1971~1980=1
		1961~1970	$x_6$	2001~2010=0, 1961~1970=1
		1951~1960	$x_7$	2001~2010=0, 1951~1960=1
	건물 층 층수	1층~4층	-	(건물 층 층수 기본변수)
		5층~10층	$x_8$	1층~4층=0, 5층~10층=1
		11층~15층	$x_9$	1층~4층=0, 11층~14층=1
		16층~69층	$x_{10}$	1층~4층=0, 15층 이상=1
	건물 구조	철근콘크리트조	$x_{11}$	기타구조=0, 철근콘크리트조=1
		시멘트블록/시멘트벽돌조	$x_{12}$	기타구조=0, 시멘트블록/벽돌조=1
		목조	$x_{13}$	기타구조=0, 목조=1
		기타구조	-	(건물구조 기본변수)
	건물 지붕	슬래브지붕	$x_{14}$	기타지붕=0, 슬래브지붕=1
		기타지붕	-	(건물지붕 기본변수)
	지역 유형	도심권	$x_{15}$	서북권=0, 도심권=1
		서북권	-	(지역유형 기본변수)
		동북권	$x_{16}$	서북권=0, 동북권=1
		서남권	$x_{17}$	서북권=0, 서남권=1
		동남권	$x_{18}$	서북권=0, 동남권=1
상수항		$a_0$	-	
계수		$a_k$	-	

할 수 있는 더미변수의 형태로 구성하였다. 즉, 여섯가지 독립변수 그룹 내에 기본이 되는 기본 변수를 설정하고, 그 기본변수를 갖는 관측치에

는 0을 대입하고, 그 외 같은 그룹 내 다른변수를 갖는 관측치가 해당할 때 그 변수의 관측치에 1을 대입한다. 이는 같은 그룹 내에서 기본변수를

기준으로 다른 변수들이 종속변수에 비해 갖는 상대적 영향력의 크기를 알 수 있도록 구성한 것이며, 특정한 변수가 기본변수에 비해 종속변수에 어느 정도의 상대적 영향력을 갖는지를 도출해냄을 의미한다. 구체적으로 주거형태의 경우 기본변수는 “단독주택”이고, 나머지는 “다세대/연립”과 “아파트”변수로 구성하였다. 예를 들어 관측치가 단독주택일 경우 “다세대/연립”과 “아파트”에 해당사항이 없으므로 두 변수에 모두 0을 대입한다. 관측치가 다세대 혹은 연립주택일 경우 “다세대/연립”에 1을 대입하고 “아파트”에는 0을 대입한다. 관측치가 아파트일 경우 “다세대/연립”에는 0을 대입하고 “아파트”에는 1을 대입한다. 즉 기본변수에는 같은 그룹에 해당하는 모든 변수에 0을 대입하고, 해당 특성값이 관측치가 나올 경우 해당하는 변수에 1을 나머지 변수에는 0을 대입한다. 모델결과값의 해석은 계수를 이용하여 해석하며 기본변수의 기본값인 0을 기준으로 해당 특정 변수가 기본변수에 비해 연간 단위면적당 해당 계수만큼 전력을 더 많이 혹은 덜 사용하는 것으로 해석할 수 있다.

같은 방법으로 각 독립변수 그룹의 기본변수를 살펴보면, 건물연령은 “2001~2010년”, 건물 층수는 “1층~4층”, 건물구조는 “기타구조”, 건물지붕은 “기타지붕”, 지역유형은 “서북권”으로 설정하였다. 즉 모든 독립변수 그룹에서 각 그룹 중 기본변수를 기준으로 해당하는 특정변수의 계수만큼 연간 단위면적당 전력 소비의 상대적 차이를 추정할 수 있게 설정하였다.

### 3. 기초통계

#### 1) 종속변수 기초통계

종속변수로 사용되는 연간 단위면적당 전력 소

비 기초통계량은 <표 11>과 같다. 평균 연간 단위면적당 전력 소비량은 약  $64\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ , 표준편차는 약  $15\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ , 최소값은 약  $14\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ , 최대값은 약  $153\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ 로 나타났다.

<표 11> 종속변수 기초통계량

(단위 :  $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ )

구분	단위면적당 전력 소비량
평균	64.32
표준편차	15.47
최소값	14.40
최대값	153.68

#### 2) 독립변수 기초통계

주거형태별 기초통계량은 <표 12>와 같다. 필지기준 단독/다가구가 75%, 다세대/연립이 23%, 아파트는 2%이나, 실제 각 필지에 위치하는 가구를 과세대장을 연결하여 계산해보면 단독/다가구가 31%, 다세대/연립이 23%, 아파트가 46%로 나타났다.

<표 12> 주거형태별 기초통계량

구분	필지	가구
전체	276,242	2,303,220
	100%	100%
단독/다가구	207,210	713,489
	75%	31%
다세대/연립	63,393	522,688
	23%	23%
아파트	5,639	1,067,043
	2%	46%

건물연도별 기초통계량은 <표 13>과 같다. 1981년 이후에 지어진 건물이 위치하는 필지가 83%이며, 필지를 기준으로 구체적으로 구분하면 1981~1990년은 27%, 1991~2000년은 38%, 2001~2010년은 18%에 해당하는 것으로 나타났다.



〈표 13〉 건물연도별 기초통계량

구분	필지	가구
전체	276,242	2,303,220
	100%	100%
1951~1960년	1,792	2,132
	1%	0%
1961~1970년	12,056	16,826
	4%	1%
1971~1980년	31,980	90,030
	12%	4%
1981~1990년	75,791	461,080
	27%	20%
1991~2000년	104,861	1,006,873
	38%	44%
2001~2010년	49,762	726,279
	18%	32%

총 층수별 기초통계량은 〈표 14〉와 같다. 필지 기준으로는 거의 대부분인 94%가 1~4층에 해당하는 것으로 나타났지만 실제 가구수를 계산하면 절반보다 약간 더 많은 56%였다. 이는 5층 미만으로 구성된 단독/다가구/다세대/연립이 아파트에 비해 상대적으로 많은 필지수를 차지하더라도 한 필지에 위치하고 있는 가구수가 적기 때문임을 보여준다.

〈표 14〉 총 층수별 기초통계량

구분	필지	가구
전체	276,242	2,303,220
	100%	100%
1~4층	260,485	1,281,825
	94%	56%
5~10층	13,660	178,010
	5%	8%
11~15층	1,207	426,900
	0%	19%
16~69층	890	416,485
	0%	18%

〈표 15〉 건물구조별 기초통계량

구분	필지	가구
전체	276,242	2,303,220
	100%	100%
철근콘크리트구조	74,680	1,495,797
	27%	65%
시멘트벽돌/블록조	10,581	26,121
	4%	1%
목조	2,844	3,676
	1%	0%
기타	188,137	777,626
	68%	34%

건물구조별 기초통계량은 〈표 15〉와 같다. 철근콘크리트구조가 필지 및 가구 기준 모두 각각 27%와 65%로 가장 많은 건물구조를 차지한다.

건물지붕별 기초통계량은 〈표 16〉과 같다. 슬래브지붕이 필지기준으로 90%, 가구기준으로 98%로 거의 대부분의 지붕형태를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 16〉 건물지붕별 기초통계량

구분	필지	가구
전체	276,242	2,303,220
	100%	100%
슬래브	249,312	2,258,625
	90%	98%
기타지붕	26,930	44,595
	10%	2%

생활권별 기초통계량은 〈표 17〉과 같다. 필지 기준으로 동북권이 34%로 가장 많았고, 도심권이 6%로 가장 적은 관측치를 나타냈다.

〈표 17〉 생활권별 기초통계량

구분	필지	가구
전체	276,242	2,303,220
	100%	100%
도심권	16,405	100,434
	6%	4%
서북권	42,205	267,057
	15%	12%
동북권	92,940	741,762
	34%	32%
서남권	85,303	688,979
	31%	30%
동남권	39,389	504,988
	14%	22%

#### IV. 추정모델 및 검증

##### 1. 추정모델

연간 단위면적당 전력소비량을 종속변수로 하는 전력 소비 추정모델 결과값은 〈표 18〉과 같다. 각각의 계수들은 해당 변수가 각 독립변수 그룹 내에 있는 기본변수에 비해 상대적으로 갖는 연간 단위면적당 전력 소비량의 차이를 나타낸다. 각 계수의 단위는  $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 이다. 또한 계수 옆에 표기되어 있는 \*는 각 계수의 통계적 유의수준을 의미하며, \*\*\*는 변수가 1% 이내 수준에서 통계적으로 유의함을 나타내고, \*가 없을 경우 10%를 벗어나는 통계적 유의수준을 나타내어 신뢰도가 낮음을 의미한다.

각 변수별 계수를 살펴보면, 주거형태 중 단독주택을 기준으로 다세대/연립주택은 약 -6.84kWh 전력을 덜 사용하고, 아파트는 -16.64kWh를 덜 사용하고 있다. 건물연도의 경우 2001~2010년 건물을 기준으로 보았을 때, 1991~2000년 건물은 2.82kWh,

〈표 18〉 각 에너지원별 추정모델

(단위 :  $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ )

구분		$Y_E$	
상수항		60.64	***
주거형태	다세대/연립주택	-6.84	***
	아파트	-16.64	***
건물연도	1991~2000	2.82	***
	1981~1990	5.31	***
	1971~1980	1.19	***
	1961~1970	15.05	***
	1951~1960	23.17	***
총 층수	5~10층	1.96	***
	11~15층	1.72	***
	16~69층	0.12	
건물구조	철근콘크리트조	-6.07	***
	시멘트블록/시멘트벽돌조	21.35	***
	목조	40.57	***
지붕	슬래브	-2.02	***
지역유형	도심권	4.25	***
	동북권	5.73	***
	서남권	4.74	***
	동남권	4.22	***
$r^2$		0.5176	
N		276,242	

\*\*\*, \*\*, \*: 각각 1%, 5%, 10% 이내 통계적 유의 수준을 의미함.

1981~1990년 건물은 5.31kWh, 1971~1980년 건물은 1.19kWh, 1961~1970년 건물은 15.05kWh, 1951~1960년 건물은 23.17kWh의 전력을 더 사용하고 있다.

총 층수의 경우 1~4층 건물을 기준으로 5~10층 사이의 건물은 1.96kWh, 11~15층 사이의 건물은 1.72kWh 더 사용하나, 16~69층의 건물의 경우는 샘플수의 한계로 인하여 10%이내에 통계적 유의수준을 벗어난 신뢰수준에서 0.12kWh만큼의 전력을 더 사용하는 것으로 나타났다. 이는 1~4층 건물의 전력사용량에 비해 총 층수의 영향으로 5층 이상의 건물에서 에너지를 더 많이 사용하나

층수가 더 높아지는 건물일수록 전력사용량의 증가분이 상대적으로 감소하고, 통계적 신뢰도도 떨어지는 것으로 나타났다. 건물에너지는 주로 냉·난방에너지를 다루는데, 고층의 경우 냉방이 취약하여 전력 소비량은 많아진다. 반면 가스의 사용량은 적어지므로 난방에는 유리하다.

건물구조의 경우, 기타구조를 기준으로 철근콘크리트조일 경우는 -6.07kWh 전력을 덜 사용하며, 시멘트블록/시멘트벽돌조는 21.35kWh, 목조는 40.57kWh 전력을 더 사용하는 것으로 나타났다. 건물지붕의 경우, 슬래브지붕이 아닌 기타지붕이 기준이 되고, 슬래브지붕일 경우 -2.02kWh 전력을 덜 사용하는 것으로 나타났다. 지역유형의 경우, 서북권을 기준으로 도심권은 4.25kWh, 동북권은 5.73kWh, 서남권은 4.74kWh, 동남권은 4.22kWh 만큼 에너지를 더 사용하는 것으로 나타났다.

## 2. 모델 검증

### 1) 검증방법

주거용 건물의 전력 소비량 추정모델은 검증절차를 거쳐 서울시민들의 실생활에 적용할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 본 검증을 위하여 전기 고지서를 수집하여 추정모델에서 나온 결과값에 적용하였다.

주거사용면적의 경우 정확한 면적을 기입하는 것이 아니라 카테고리별 선택하게 되어 있기 때문에, 단위면적당 전력 소비량을 계산하기 위하여 필요한 주거사용면적은 <표 19>와 같이 각 카테고리의 평균 면적을 이용하여 계산하였고, 132.2m<sup>2</sup> 이상인 경우 주거사용면적을 추정할 수 없어 제외하였다. 또한 전력 소비량이 0으로 기재되어 있는 경우 관측치의 오류를 방지하기 위하여 제외하였다.

<표 19> 사용자 주택면적 변환

분석시 사용면적	사용자 주택면적 기입 구분	계산과정
16.55m <sup>2</sup>	33.1m <sup>2</sup> 이하	33.1/2
47.95m <sup>2</sup>	33.1~62.8m <sup>2</sup>	(33.1+62.8)/2
79.35m <sup>2</sup>	62.8~95.9m <sup>2</sup>	(62.8+95.9)/2
112.4m <sup>2</sup>	99.2~128.9m <sup>2</sup>	(99.2+128.9)/2
제외	132.2m <sup>2</sup> 이상	제외

실제 에너지소비량과 추정모델의 공통변수인 지역유형과 주거형태를 이용하여, 두 변수의 모든 경우의 수를 찾아 에너지추정량을 계산하였다. <표 18>에 표현된 바와 같이, 각 변수에 대한 해당 계수를 곱하고 상수를 더하여 값을 계산하고, 최대/최소의 범위를 찾아냈다.

### 2) 모델을 이용한 에너지 소비량 추정

생활권역과 주거형태로 구분하여 두 변수 그룹에 해당하는 계수를 이용하여 소비량을 산출한 값과, 나머지 독립변수 네 그룹에서 나타날 수 있는 독립변수 그룹별 최대/최소 계수를 합하여 최종적으로 모델의 최대/최소 범위를 도출하였다.

다섯 가지의 지역유형과 세 가지의 주거형태를 모든 경우로 나타내면 15가지의 최종유형이 나타나고 나머지 네 변수의 최대/최소의 값을 이용하여 15가지 각각의 유형에 따른 추정범위를 도출하였다. 추정모델을 이용한 연간 전력소비량 최대 및 최소 범위는 <표 20>과 같다.

도심권역에 있는 주택을 예로 들어 살펴보면, 도심의 단독주택은 약 57~131kWh/m<sup>2</sup>·a를 사용가능한 것으로 추정되었다. 도심의 다세대/연립주택은 약 50~124kWh/m<sup>2</sup>·a를 사용가능한 것으로 추정되고, 도심 아파트의 경우는 그 범위가 다른 유형에 비해 상대적으로 낮아 약 40~114kWh/m<sup>2</sup>·a로 나타났다.

〈표 20〉 추정모델을 이용한 연간 전력소비량 최소·최대 값 범위

(단위 : kWh/m<sup>2</sup> · a)

생활권역	주거형태	최소값	최대값
도심	단독	56.8	130.6
	다세대/연립	50.0	123.8
	아파트	40.2	114.0
서북	단독	52.5	126.3
	다세대/연립	45.7	119.5
	아파트	35.9	109.7
동북	단독	58.3	132.1
	다세대/연립	51.4	125.2
	아파트	41.6	115.4
서남	단독	57.3	131.1
	다세대/연립	50.4	124.2
	아파트	40.6	114.4
동남	단독	56.8	130.6
	다세대/연립	49.9	123.7
	아파트	40.1	113.9

## 3) 검증결과

추정모델을 이용하여 구득한 최소·최대 범위를 전기 고지서의 소비량을 오름차순으로 정리한 후 해당하는 데이터의 범위를 찾아보았다. 각 유형별로 일정부분 차이는 있으나 31%~62% 사이의 범위에서 전기 고지서의 각 가구별 전력 소비량이 모델 추정 범위 안에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 전기 고지서의 입력시 오류와 2012년 데이터임을 고려하면 상당히 높은 수준으로 일치함을 알 수 있다. 도심의 각 유형별 일치율은 단독, 다세대/연립, 아파트의 순서로 각각 48~84%, 42~91%, 43~96%의 범주에 포함되며, 서북권의 경우 47~90%, 31~92%, 35~97%에 속하고, 동북권의 경우 39~70%, 40~90%, 58~97%, 서남

권의 경우 53~89%, 43~92%, 55~98%이고, 동남권의 경우는 40~71%, 41~93%, 55~96%에 해당한다.

## V. 결론

본 연구는 건물이 지니고 있는 물리적 특성과 전력 소비량과의 관계를 이용하여 각 변수 특성의 영향력과 크기를 분석하였다. 서울시에서 시행하는 원전하나 줄이기 정책에 부합하기 위하여 공공기관과 각 가정에서는 전력소비를 감소시키는 노력이 필요한데, 이 연구는 각 가정에서 자신의 전력 소비량과 다른 가구와의 전력소비를 비교 자각하여, 소비량을 감소시키는데 초점을 맞추고 있다. 이는 같은 건물의 물리적 특성이라는 조건하에서 각 가구가 지니는 다른 사회적, 행태적 특성으로 전력소비량이 달라짐을 의미하며, 에너지 절약습관이나 행동들에 의하여 각 가정의 전력 소비량을 줄일 수 있다는 가능성을 보여준다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

건물의 다양한 물리적 특성에 대한 분석이 가능하였다. 그동안 기존연구는 에너지의 소비량 추세나 에너지원별 소비량 분석 혹은 건물유형별 에너지 소비 분석을 하였으나, 본 연구와 같이 여섯가지 인자들에 대한 연구는 없었다. 객관성이 확보되어 있는 최신 자료를 이용하여 서울시민들의 전력사용에 미치는 영향인자들을 (+)와 (-)로 표기하고 또한 그 영향력을 나타낼 수 있었다.

구체적으로 건물유형은 단독주택>다세대/연립주택>아파트, 건물연도는 오래된 건물일수록, 건물 총 층수는 1~4층>5~10층>11~15층>16~69층, 건물구조는 목조>시멘트블록/벽돌조>기타구조>철근콘크리트조, 건물지붕은 기타지붕>슬래브지붕, 지역유형은 동북권>서남권>도심권>동

남권>서북권의 순서대로 전력 에너지를 많이 사용하는 것으로 나타났다.

에너지추정모델을 활용하여 가구별 적당한 에너지사용량에 대한 정보(평균값~최소값)를 전기 고지서에 기재할 수 있다. 정량화된 값을 소비자들에게 제공하여, 기본적이고 공통적인 특성을 갖는 가구들의 예상 전력 사용범위를 제공한다. 또한 표준사용량 미만을 사용하면 인센티브를 더 주는 등의 방법으로 정책에 활용 가능하다.

각 가구에서 사용하는 단위면적당 에너지소비량이 실제 에너지소비량을 이용한 서울시 가구의 몇 퍼센트(%) 정도에 해당하는지 가늠할 수 있다면, 에너지다소비가구에 소비절감 노력을 촉구할 수 있는 정량적 수단이 될 것이다.

본 모델에서는 과세대장에서 구득 가능한 대표적 건물 특성변수로 여섯가지의 변수그룹을 선택하였다. 특히 현재 건물의 직접적인 물리적 특성이외에 다른 간접적인 모든 요인을 충족시키기 위하여 추가한 생활권역으로 표기된 지역유형변수는 더욱 세분화하여 구체적이고 세분화된 사회적 요소를 고려할 필요가 있다. 따라서 향후 본 연구에서 채택된 여섯 가지의 변수 이외에 가구원수 및 연령, 성별 등과 같은 가구원 관련 변수와 그들의 사회적 행태와 관련된 변수 및 소득, 자산과 같은 경제적 변수를 추가하여 보다 정교한 추정모델 구성이 가능할 것이다.

또한 본 연구에서 구축한 전력 소비 추정 모델은 필지단위를 기반으로 전력사용량과 건물의 물리적 특성을 연결하였다. 이는 제한된 자료 접근성 때문에 보다 정확한 전력 소비량의 인자를 계산하기 위해서는 가구를 기반으로 하는 전력사용량과 건물특성 데이터가 필요하다.

이와 함께 지속적으로 전력 소비량 데이터를 축적할 필요가 있다. 추후 기후변동에 따라 더욱

많은 전력 사용이 예측된다. 따라서 기존의 전력 소비 자료를 축적하고 이를 통한 기후 팩터를 보정하여 계절에 따른 추정모델 혹은 시계열 전력 소비량을 이용한 추정모델 등으로 개발하여야 할 것이다.

## 참고문헌

- 김민경 · 조항문 · 진상현, 2010, 「서울시 건물에너지 소비 저감사업의 평가방안」, 서울시정개발연구원.
- 김진관 · 문종욱 · 이병호, 2006, “공동주택 도시가스 사용 실태 조사 · 분석을 통한 에너지 소비특성에 관한 연구”, 「대한건축학회 학술발표대회논문집」 1(1): 705~710, 대한건축학회지회연합회.
- 서울시정개발연구원, 2010, 「서울시 기후 · 에너지 지도 제작(3차년도)」, 서울특별시.
- 서울특별시, 2010, 「에너지백서」.
- 서울특별시, 2012, 「원전하나줄이기 종합대책」.
- 심윤희, 2005, 「서울지역 공동주택의 난방에너지 표준사용량 산정에 관한 연구」, 광운대학교.
- 에너지경제연구원, 2010, 「에너지총조사 보고서」, 지식경제부.
- 이성근, 2006, 「주택 · 건물부문의 에너지소비실태와 증가 요인 분석」, 에너지경제연구원.
- 이종일 · 윤대원 · 손원득 · 신지웅 · 박찬석 · 조종선, 2011, “공동주택 에너지정량화 평가를 위한 기준주택 선정에 관한 연구”, 대한설비공학회.
- Gonzalez, Ana Belen Rodriguez, Diaz, Juan Jose Vinagre, Caamano, Antonio J., and Wilby, Mark Richard, 2006, “Towards a Universal Energy Efficiency Index for Buildings”, *Energy and Building*, 43: 980~987.
- Laustsen, Jens, 2008, *Energy Efficiency Requirements in Building Codes Energy Efficiency Policies for New Buildings*, International Energy Agency.
- <http://www.bfrl.nist.gov/oea/software/bees.html>
- <http://ecomileage.seoul.go.kr/>

<http://www.eere.energy.gov/>

<http://www.energystar.gov/>

<http://www.epa.gov>

<http://www.homeenergy.org/archive/hem.dis.anl.gov/eehem/95/950709.html>

<http://www.usgbc.org/>

<http://www.whitehouse.gov/omb/expectmore/detail/100>

00084,2003.html

원 고 접 수 일 : 2012년 7월 20일

1 차 심 사 완 료 일 : 2012년 8월 8일

2 차 심 사 완 료 일 : 2012년 8월 21일

최 종 원 고 채 택 일 : 2013년 3월 13일