

Working Paper
2012-PR-33

서울시 주거용건물의 에너지소비량 추정모델

김민경 · 조향문

2012

Working Paper

2012-PR-33

서울시 주거용건물의 에너지소비량 추정모델

2012

연구책임 김민경 • 안전환경연구실 부연구위원
연구원 조항문 • 안전환경연구실 연구위원
신동홍 • 안전환경연구실 초빙부연구위원
박 한 • 안전환경연구실 위촉연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요 약

1. 연구의 개요

서울시 건물부문의 에너지소비량은 총 에너지소비량의 60%에 달하며 그 비율은 매년 소폭 상승함에 따라 건물에너지에 대한 관심이 그 어느 때보다 높은 상황이라 할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 최근자료인 2010년 에너지소비량 통계 DB를 바탕으로 서울시 전체 건물에너지의 약 30%를 차지하고 있는 주거부문의 용도별 에너지소비량을 분석하고 평가하고자 한다. 또한 에너지소비량에 대한 추정모델을 설정하여 다소비가구에 소비절감 노력을 촉구할 수 있는 정량적 수단으로 활용하고, 향후 에너지 절감형 주택 모델 개발을 위한 건물에너지 소비구조의 기본적 정보를 제공하고자 한다.

2. 주거용건물의 에너지소비 현황

「서울시 2010에너지백서」에 의하면 2010년 서울의 에너지소비량은 15,717천 TOE로 전국 에너지소비량의 8.1%를 차지하고 있다. 경기부진과 고유가 상황이 지속되는 등 소비 둔화요인이 존재하였음에도 불구하고 최근 5년간 에너지소비량은 전국 11.7%, 서울 0.8% 증가율을 보이며 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

서울의 에너지 사용량은 가정·상업부문이 58%, 수송부문이 31%를 차지하며, 에너지원별로는 석유가 37%, 도시가스가 33%, 전기가 26% 순으로 나타난다. 또한 서울의 에너지소비량은 최근 5년간 가정·상업(56.8%→58.2%)부문이 증가하고, 산업(9.7%→6.5%)부문은 감소하는 추세를 보이고 있다. 에너지원별 소비량 역시 도시가스와 전기 소비량이 전국 대비 높은 비중을 차지하는데, 최근 5년간 서울시의 전기 소비량은 23.1%에서 25.9%로 증가하는 추세에 있다.

서울시의 도시가스 소비량은 가정용과 산업용의 비중이 줄어든 반면, 영업용, 공공기타, 열병합, 수송용의 비중은 증가하고 있는 추세이다. 도시가스 소비량도 전기와 마찬가지로

가지로 모든 부문에서 수요가 증가할 전망이나 특히 수송부문에서 천연가스버스가 도입됨에 따라 도시가스 수요가 크게 증가할 것으로 예상되며, 향후 경기 회복 및 이상기후 등의 원인으로 가정·상업부문의 난방연료 소비량 역시 증가할 것이다.

3. 에너지소비량 추정모델

주거용건물의 에너지소비량 추정모델의 개발을 위해서는 서울시정개발연구원의 필지별 에너지데이터 소비량이 담겨 있는 2010년 기후에너지지도, 각 건물의 특성이 기록되어 있는 2010년 과세대장 데이터 자료가 사용되었다.

서울시 기후에너지지도에는 전기·가스·난방(지역난방)·수도로 나누어 에너지원별로 월간 및 연간 에너지소비량이 기록되어 있으며, 지도의 범위는 서울특별시이고 속성 값의 기준은 필지별로 기록되어 있다. 2010년 과세대장 자료를 주 용도가 주거인 데이터 값을 보존하고, 나머지 데이터 값을 삭제한 후 이를 필지 기준으로 서울시 기후에너지지도와 연결하였으며 주거용건물의 에너지소비 추정모델은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 284.41 \\
 &-9.22(\text{다세대/연립_D}) - 68.53(\text{아파트_D}) \\
 &+ 22.15(1991\sim 2000_D) + 27.85(1981\sim 1990_D) + 19.41(1971\sim 1980_D) \\
 &+ 44.64(1961\sim 1970_D) + 74.27(1951\sim 1960_D) \\
 &- 23.76(5\sim 10\text{층_D}) - 36.88(11\sim 15\text{층_D}) - 54.69(16\text{층 이상_D}) \\
 &- 44.41(\text{철근콘크리트_D}) + 8.62(\text{시멘트블록/시멘트벽돌_D}) + 73.07(\text{목조_D}) \\
 &- 21.76(\text{슬래브지붕_D}) \\
 &+ 9.58(\text{도심권_D}) + 8.42(\text{동북권_D}) + 9.86(\text{서남권_D}) + 10.61(\text{동남권_D})
 \end{aligned}$$

4. 추정모델의 활용과 검증

주거용건물의 에너지소비량 추정모델을 이용하여 주택의 물리적 특성에 따른 에너지

소비량의 추정치를 계산하고, 각 주택모델의 추정값의 검증을 위하여 ‘2010 기후에너지 지도’의 데이터를 기초로 각 모델주택과 동일한 조건을 가지는 모든 주택의 에너지소비량을 조사하여 실측 평균값을 계산하여 비교하였다. 추정값과 실측 평균값의 비교에서는 동일조건인 주택모델의 수가 많은 경우에는 10% 이내의 오차를 보여주고 있으나 동일조건인 모델이 소수일 경우 오차의 폭이 크게 나타나고 있다. 이는 현재 실측 데이터의 확대, 보완, 그리고 이에 따른 추정모델의 계수의 조정을 통해 추정모델의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

5. 결론

이 연구는 건물이 지니고 있는 물리적 특성에 따른 에너지원별 소비량의 변화를 분석하고, 주택유형별 물리적 특성에 의한 에너지소비 증가의 원인과 현재의 에너지소비 수준을 파악함으로써 건물에너지 소비구조에 따라 차별적인 건물에너지 절감의 목표를 설정하고 대책을 수립하기 위한 정량적 평가기준을 제시하는 것에 그 목적이 있다.

건물의 에너지소비에 영향을 주는 다양한 물리적 특징을 고려하여 에너지사용량의 증가 원인을 분석하였으며, 건물유형별로 영향인자들과 에너지사용량의 관계를 분석함으로써 에너지 다소비형 건물을 분류를 위한 가이드라인을 제시하였다.

서울시 건물에너지 소비의 유형을 다각도로 분석한 주거용건물의 에너지소비량 추정모델을 사용하여 건물에너지 소비현황의 파악이 가능하고 향후 건물에너지 감소를 위한 영향인자별 목표의 설정과 소비구조의 데이터를 구축할 수 있을 것이다. 또한 유사한 물리적 특성을 지닌 건축물의 에너지소비량을 건물의 사용자가 직접 간단한 과정을 통해 확인할 수 있게 함으로써 건물에너지 절감에 대한 인식을 높이고 에너지 절약을 유도할 수 있도록 하였다.

주거용건물의 에너지소비량 추정모델에서 도출한 에너지소비 추정값을 에너지원별 소비량 고지서에 첨부함으로써 주택의 사용자들의 건물에너지 절감에 대한 인식을 높이고 자신의 에너지 소비구조를 파악할 수 있게 하여 에너지 절약에 대한 자발적인 참여를 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 추정모델을 통하여 같은 조건의 적정량에 대한

정보를 제공하여 에너지 이용의 효율화 방안, 노후 시설 교체 기준을 제시할 수 있을 것이다.

주거용건물의 에너지소비량 추정모델은 현재 주거용 건물의 부문으로만 한정되어 있으나, 향후 건물 용도별 추정모델과 표준모델이 구축되면 서울시 전체 건물에 대한 객관적인 데이터 분석을 통해 에너지 효율개선이 필요한 에너지 다소비형 건물을 분류하고 사업대상의 우선순위를 결정하게 함으로써 효과적인 사업시행을 위한 평가와 판단의 기준을 제시할 수 있을 것이다.

목 차

I. 연구의 개요	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위 및 방법	2
II. 주거용 건물의 에너지소비 현황	5
1. 에너지소비량	5
2. 영향인자별 에너지 소비 현황	10
III. 에너지소비량 추정모델	15
1. 에너지 DB의 구성	15
2. 변수별 기초통계량	19
3. 주거용 건물의 에너지 소비 추정 모델	29
IV. 추정모델의 활용과 검증	33
1. 추정모델의 활용	33
2. 추정모델 에너지소비량의 검증	38
V. 결 론	41
1. 연구 성과물	41
2. 정책 제안	43
참고문헌	45
부록	47
영문요약	49

I

연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

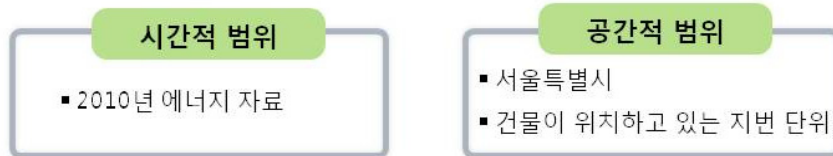
서울시 건물부문의 에너지소비량은 총 에너지소비량의 60%에 달하며 그 비율은 매년 소폭 상승함에 따라 건물에너지에 대한 관심이 그 어느 때보다 높은 상황이라 할 수 있다. 이에 따라 서울시는 2014년까지 에너지 200만 TOE(원전 1기 수요 대체량)를 절감하기 위해 햇빛도시 건설과 수소연료전지발전소 건립, 신축건물 에너지총량제 도입 등을 담은 ‘원전 하나 줄이기 종합대책’을 마련하였다. 건물부문에서는 2014년부터 중·소형 건물을 포함하는 모든 신축건물에 대한 대폭적으로 강화된 “에너지소비총량제”, “에너지절약 설계기준”의 적용과 기존 건물의 에너지효율을 높이는 개선사업(BRP)을 통해 건물에너지 절감 대책을 제시하고 있다.

그러나 다양한 정책의 시행에도 불구하고 대부분의 주거용 건물이 규제 대상에 포함되어 있지 않으며, 단지 전체 건물에너지의 20% 절감이라는 목표만 설정하였기 때문에 각 건물의 특성에 따라 큰 차이를 보이는 에너지소비량의 구체적인 분석과 이에 따른 차별화된 대안을 제시하지 못하고 있다.

따라서 이 연구에서는 최근자료인 2010년 에너지소비량 통계 DB를 바탕으로 서울시 전체 건물에너지의 약 30%를 차지하고 있는 주거부문의 용도별 에너지소비량을 분석하고 평가하고자 한다. 또한 에너지소비량에 대한 추정모델을 설정하여 다소비가구에 소비절감 노력을 촉구할 수 있는 정량적 수단으로 활용하고, 향후 에너지 절감형 주택 모델 개발을 위한 건물에너지 소비구조의 기본적 정보를 제공하고자 한다.

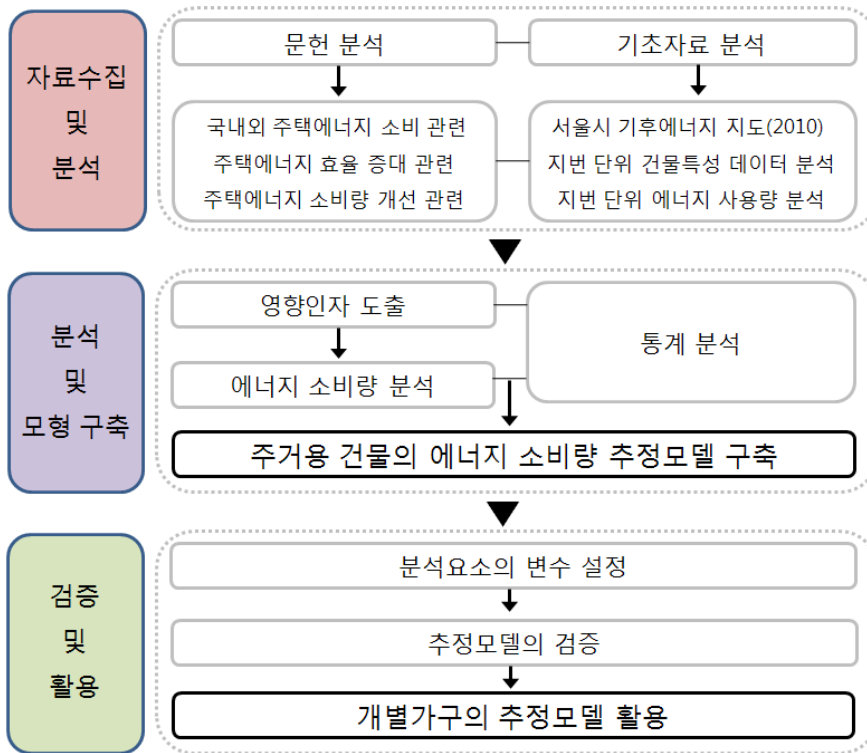
2. 연구의 범위 및 방법

이 연구에서는 서울시 주거용 건물의 에너지소비량 추정모델을 개발하고 활용하기 위한 방안으로 모델 구축을 위한 영향인자별 주택 에너지소비량을 분석하여 추정모델을 구축하였으며 연구의 범위와 내용은 다음과 같다.



〈그림 1〉 연구의 범위

- 주택 에너지소비량 추정에 관한 방법론 중심의 선행연구 분석
 - 서울시 최근 주거용 건물의 에너지소비량에 대한 문헌 연구
 - 주거용 건물의 에너지 사용 감축과 효율 증대 방안에 관한 문헌 연구
- 서울시 주택 에너지 분석 요소의 범위 설정
 - 주거용 건물의 에너지소비량 자료 분석
 - 과세대장을 이용하여 건물 특성 분류
- 영향인자별 에너지 소비 현황 분석
 - 서울특별시 2010에너지백서 데이터 활용
 - 서울시 기후·에너지 지도 데이터 활용
 - 영향인자별 에너지소비량 분석
- 회귀분석을 통한 주거용 건물의 에너지소비량 추정모델
 - 주거용 건물의 에너지별 소비량과 영향인자와의 영향력 분석
 - 주거용 건물의 전체 에너지소비량과 영향인자의 영향력 분석
- 추정모델의 검증 및 활용
 - 서울시 실제 가구별 에너지소비량을 이용하여 추정모델 검증
 - 개별 가구의 특성을 이용하여 가구별 예상 에너지소비량 도출



〈그림 2〉 연구의 흐름 및 연구방법



주거용 건물의 에너지소비 현황

1. 에너지소비량

1)

『서울시 2010에너지백서』에 의하면 2010년 서울의 에너지소비량은 15,717천 TOE로 전국 에너지소비량의 8.1%를 차지하고 있다. 이는 전년 대비 전국 11,765천 TOE(6.5%), 서울 690천 TOE(4.6%)가 증가한 것이다. 이렇듯 경기부진과 고유가 상황이 지속되는 등 소비 둔화요인이 존재하였음에도 불구하고 최근 5년간 에너지소비량은 전국 11.7%, 서울 0.8% 증가율을 보이며 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

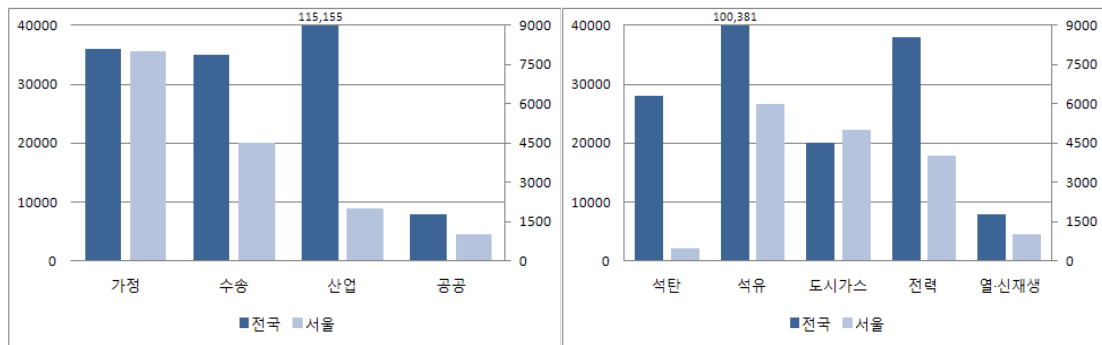
〈표 1〉 연도별 에너지 소비현황

(단위 : 천 TOE)

구 분	'06	'07	'08	'09	'10
서울	15,586 (8.9%)	16,008 (8.8%)	15,482 (8.5%)	15,027 (8.3%)	15,717 (8.1%)
전국	173,584	181,455	182,576	182,066	193,831

※ ()는 전국대비 서울의 사용비율

서울의 에너지 사용량은 가정·상업부문이 58%, 수송부문이 31%를 차지하며, 에너지 원별로는 석유가 37%, 도시가스가 33%, 전기가 26% 순으로 나타난다. 또한 서울의 에너지소비량은 최근 5년간 가정·상업(56.8%→58.2%)부문이 증가하고, 산업(9.7%→6.5%) 부문은 감소하는 추세를 보이고 있다.



〈그림 3〉 전국 대비 서울시 에너지 사용 추세(단위 : 천 TOE)

에너지원별 소비량 역시 도시가스와 전기 소비량이 전국 대비 높은 비중을 차지하는데, 최근 5년간 서울시의 전기 소비량은 23.1%에서 25.9%로 증가하는 추세에 있다. 서울시의 월별 전기 소비량은 동절기와 하절기가 나머지 월보다 많게 나타나고 있다. 앞으로 서울시의 전기 소비량은 생활수준 향상으로 인한 냉방, 사무기기, 동력 등의 수요 증가로 전기 수요가 계속 증가할 것이다.

서울시의 도시가스 소비량은 가정용과 산업용의 비중이 줄어든 반면, 영업용, 공공기타, 열병합, 수송용의 비중은 증가하고 있는 추세이다. 도시가스 소비량도 전기와 마찬가지로 모든 부문에서 수요가 증가할 전망이나 특히 수송부문에서 천연가스버스가 도입됨에 따라 도시가스 수요가 크게 증가할 것으로 전망된다.

서울시 석유 소비량은 40.6%에서 36.9%로 감소하는 추세를 보이고 있다. 하지만 향후 경기 회복 및 이상기후로 가정·상업부문의 난방연료 소비량이 크게 증가할 것으로 판단된다.

〈표 2〉 서울시 에너지원별 소비량

(단위 : 천 TOE)

합 계	석 유	도시가스	전 력	열·신재생	석 탄
15,717	5,801 (36.9%)	5,127 (32.6%)	4,067 (25.9%)	607 (3.9%)	117 (0.7%)

2)

서울시가 소비하는 부문별 에너지소비량을 살펴보면 가정·상업(건물) 부문에서 58.2%의 가장 많은 에너지를 소비하고 있다. 증가율로 보았을 때 건물(가정·상업)과 수송 부문은 11%가 증가했으며, 산업부문의 경우 27% 감소한 것을 확인할 수 있다.

〈표 3〉 최근 5년간 부문별 에너지소비량

(단위 : 천 TOE)

구분	2006	2007	2008	2009	2010	증가율 (’06~’10)
계	15,586 (100%)	16,008 (100%)	15,482 (100%)	15,027 (100%)	15,717 (100%)	8.8%
가정·상업	8,847 (56.8%)	8,829 (55.2%)	8,493 (54.9%)	8,380 (55.8%)	9,153 (58.2%)	11.6%
수송	4,674 (30.0%)	4,870 (30.4%)	4,942 (30.9%)	4,857 (32.3%)	4,846 (30.8%)	11.8%
산업	1,512 (9.7%)	1,551 (9.7%)	1,380 (8.9%)	1,044 (6.9%)	1,023 (6.5%)	(-)27.0%
공공·기타	553 (3.5%)	758 (4.7%)	667 (4.3%)	746 (5.0%)	695 (4.5%)	35.8%

서울시의 부문별 에너지소비량을 더욱 세분화하면 다음과 같다. 가정·상업 부문은 전체 에너지소비량의 58.2%를 차지하며, 그 중 도시가스 소비량이 51.5%로 가장 높은 것으로 나타났다.

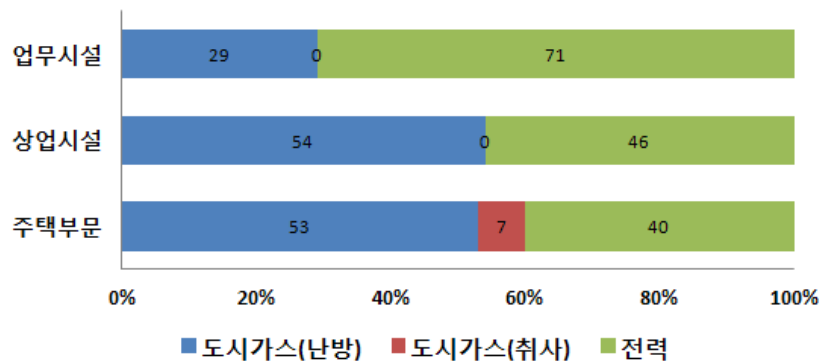
〈표 4〉 가정·상업(건물) 부문 에너지소비량

(단위 : 천 TOE)

합계	도시가스	전력	열·신재생	석유	석탄
9,153	4,714 (51.5%)	3,379 (36.9%)	506 (5.5%)	436 (4.8%)	117 (1.3%)

3)

건물 용도별 에너지소비 구조 현황을 주택, 상업시설(숙박, 음식 등), 업무시설(금융, 공공 등)로 구분하면 다음 <그림 4>와 같다. 주택은 난방·급탕·취사로 도시가스 60%, 전기 40%의 소비량을 보였다. 상업시설은 난방 수요로 인해 도시가스 54%, 전기 46%의 소비량이 나타났으며, 업무시설은 전기 71%, 도시가스 29%의 소비량을 기록하고 있다.



<그림 4> 건물 용도별 에너지 소비구조

건물 용도별 에너지소비 구조는 백화점, 주택, 학교, 업무시설, 호텔, 공동주택 순으로 조사되었으며, 냉방, 난방, 취사, 급탕, 전기 등 조사 항목을 바탕으로 분석하였다. 조사 결과, 백화점과 업무시설은 냉방에너지 이용량과 조명 등 전기에너지의 소비가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 주택은 난방에너지 소비가 가장 높은 것으로 조사되었다. 또한 학교와 호텔의 경우에는 냉·난방에너지의 소비가 높게 나타나고 있다. 공동주택의 경우는 단독주택과 동일하게 난방에너지의 소비가 큰 비중을 차지하고 있으며, 냉방과 급탕에 사용되는 에너지의 비율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다.¹⁾

따라서 실질적인 건물에너지 절감을 위해서는 건물의 용도에 따른 에너지소비 구조를 분석이 필수적이며, 이러한 분석결과를 바탕으로 단열효율의 향상, 설비기기의 고효율화, 대체에너지의 사용 등 건물에 에너지소비 구조에 따른 차별적인 에너지 절감방안의 제시가 이루어져야 한다.

1) 조항문 외, ‘저탄소 사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략’, 2009 내용을 바탕으로 제작됨.

〈표 5〉 업종별 에너지소비량

(단위 : kWh/(㎡·a))

구 분	백화점	단독주택	학 교	업무시설	호 텔	공동주택
합 계	378	338	318	297	256	253
냉 방	130 (34.4%)	32 (9.5%)	70 (22%)	97 (32.7%)	83 (32.5%)	55 (21.8%)
난 방	73 (19.4%)	191 (56.7%)	126 (39.6%)	61 (20.5)	75 (29.2%)	78 (30.8%)
취 사	-	14 (4%)	-	-	-	10 (4%)
급 탕	8.5 (2.2%)	25 (7.2%)	8 (2.4%)	8 (2.8%)	44 (17.3%)	39 (15.4%)
전 력	166 (44%)	76 (22.6%)	114 (36%)	131 (44%)	54 (21%)	71 (28%)

2. 영향인자별 에너지 소비 현황

영향인자별 에너지소비량은 서울연구원에서 2010년에 작성된 ‘서울시 기후·에너지 지도 제작’에서 조사된 약 50만개의 데이터를 기초로 주거형태별, 건축연도별, 건물구조별, 층 층수별로 구분하여 가스사용량과 전력사용량을 종합하여 단위면적당 총에너지사용량을 계산하였다. 총 418,436개의 필지를 기준으로 분석되었으며 분석내용은 다음 <표 6>과 같다.

<표 6> 서울시 영향인자별 필지 및 연면적

구 분		필 지 수	연면적 (㎡, 주차장 제외)
건 물 용 도	전 체	418,436	276,066,621.0
	단독주택	124,002	13,578,033.1
	다가구주택	213,758	52,153,666.9
	다세대주택	66,527	34,402,910.7
	연립주택	7,432	8,604,980.2
	아파트	6,717	167,327,030.1
건 물 연 도	전 체	418,436	276,066,621.0
	1950 이전	5,941	286,549.3
	1951~1960	7,928	419,522.6
	1961~1970	35,978	2,863,107.4
	1971~1980	65,062	14,735,200.5
	1981~1990	108,442	49,381,154.7
	1991~2000	132,113	104,616,589.9
	2001~2010	62,972	103,764,496.9
건물 총 층수	전 체	418,436	276,066,621.0
	1~4층	398,104	120,977,231.4
	5~10층	17,636	21,649,218.4
	11~15층	1,525.0	58,567,149.6
	16~69층	1,171	74,873,021.7
건 물 구 조	전 체	418,436	276,066,621.0
	철근콘크리트조	92,719	195,643,259.3
	시멘트벽돌조/블록조	34,724	5,908,543.0
	연와조	261,790	57,668,044.6
	목조	18,539	1,771,581.5
	기타	10,664	15,075,192.6

1)

주거유형별 단위면적당 에너지소비량은 단독주택이 373.8kWh/(m²·a)로 가장 많은 반면, 아파트는 175.5kWh/(m²·a)로 가장 적은 것으로 분석되었다. 각 단위면적당 에너지소비 변화량은 ‘2010 서울시 기후에너지 지도 제작’ 보고서 중 TOE를 이용한 단위 변환 부분을 참고하였다. 1kWh=860kcal를 이용하면, 가스는 1m³=10,550kcal=12.27kWh이며, 난방은 1Gcal=1,163kWh로 변환된다.

〈표 7〉 주거형태별 단위면적당 평균 에너지소비량

[단위 : kWh/(m²·a)]

구 분	도시가스 평균	전력 평균	합 계
단독주택	287.5	86.3	373.8
다가구주택	226.5	69.4	295.9
다세대주택	198.2	57.3	255.5
연립주택	201.3	53.4	254.7
아파트	127.4	48.1	175.5

2)

건물 연도별 단위면적당 평균 에너지소비량은 10년 단위로 나누어 분석하였다. 예상 대로 오래된 건물일수록 에너지소비량은 높았으며, ‘건축물에너지절약설계기준’이 발표된 2001년 이후부터 에너지소비량이 대폭 감소한 것을 확인할 수 있다.

〈표 8〉 건물 연도별 단위면적당 에너지소비량

[단위 : kWh/(m²·a)]

구 분	도시가스 평균	전력 평균	합 계
1950년 이전	423.9	120.8	544.7
1951~1960	404.8	121.7	526.5
1961~1970	329.0	96.1	425.1
1971~1980	253.2	72.2	325.4
1981~1990	236.5	70.5	307.0
1991~2000	221.2	66.3	287.5
2001~2010	174.1	61.9	236.0

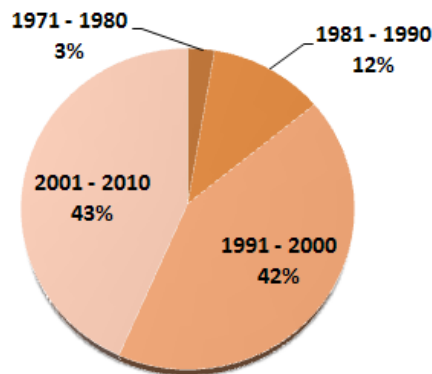
3)

총 층수별 단위면적당 에너지소비량은 1~4층까지의 저층 건물이 많은 것으로 나타났으며 고층 건물일수록 적어지는 것으로 분석되었다.

〈표 9〉 총 층수별 단위면적당 에너지소비량

[단위 : kWh/(㎡·a)]

구 분	도시가스 평균	전력 평균	합 계
1~4층	243.6	73.3	317.9
5~10층	143.5	58.5	207.0
11~15층	123.6	49.8	184.4
16~69층	116.9	49.2	182.1



11층 이상 아파트의 건축연도 (필지수 기준)

〈그림 5〉 11층 이상 아파트의 건축연도별 분포

이러한 원인은 첫 번째, 건물의 면적과 표면적의 비율에 따른 에너지 효율의 변화이다. 건물의 표면적이 작을수록 건물 외피를 통한 열손실이 줄어들게 된다. 일반적으로 건물 면적에 대한 건축물의 부피의 비율을 A/V_v 비로 표현하는데, 단독주택의 경우 약 0.7 m^{-1} 정도의 값을 가지게 되며 고층 아파트의 경우는 최저 0.2 m^{-1} 값을 가지게 된다. 따라서 아파트와 같은 형태의 건물은 단독주택에 비해 열효율 측면에서 유리함을 가지게 되고 이는 난방에너지의 소비량을 줄이게 된다.

두 번째 원인은 중간층의 수에 따른 에너지소비량의 증감에 있다. 아파트의 경우에는

최상층과 최하층 난방에너지 소비가 많으며 중간층은 적게 나타나게 된다. 최상·최하층에 비해 외기에 직접 면하는 건물 외피의 면적이 줄어들기 때문이다. 따라서 고층 건물일수록 중간층의 수가 증가하기 때문에 건물전체의 평균 난방에너지는 줄어들게 된다.

마지막으로 고층 아파트의 건축연도의 영향이다. 대부분의 11층 이상의 아파트는 1991년에서 2010년 사이에 지어졌으며, 건축물 에너지절약 설계기준의 강화 이후 지어진 경우도 전체의 43%에 달하고 있다.<그림 5>

4)

건물 구조별 단위면적당 에너지소비량은 목조가 가장 많은 것으로 나타났다. 원인은 목구조 자체의 물리적 특성으로 인한 열효율 저하의 영향도 있으나, 건축년도에 따른 영향이 가장 크게 작용한 것으로 분석되었다. 이러한 현상은 시멘트벽돌조/블록조에서도 동일하게 나타나고 있다. 목조의 경우 전체의 88%가 1970년 이전에 건축되었으며 이들 대부분은 저층형 단독, 다가구주택인 특징을 지니고 있다. 따라서 모든 영향인자에서 에너지 다소비형 건물로 분석되었다.<그림 6>

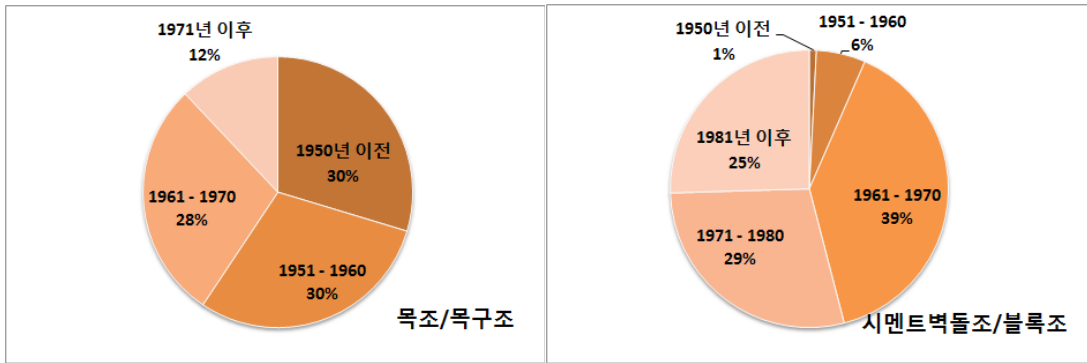
시멘트벽돌조/블록조도 목조와 동일한 특징을 나타내고 있다. 시멘트벽돌조/블록조의 75%가 1980년 이전에 지어졌으며, 이 시기의 시멘트벽돌은 낮은 품질 수준으로 인해 높은 열손실의 주요 원인이 되고 있다.<그림 6>

<표 10> 건물 구조별 단위면적당 에너지소비량

[단위 : kWh/(㎡·a)]

구 분	도시가스 평균	전력 평균	합 계
철근콘크리트조	177.3	59.6	236.9
시멘트벽돌조/블록조	303.8	96.6	400.4
연와조 ²⁾	239.8	69.3	309.1
목조	410.6	121.9	532.5
기타	220.1	77.3	297.4

2) 불에 구운 벽돌로 쌓아 축조한 구조를 말함. 단독주택이나 연립주택에 많이 이용하며 외벽치장에 사용됨. 과거에는 벽돌조라 하면 연와조를 말했으나, 시멘트 벽돌이 생산되면서 벽돌조는 연와조와 시멘트벽돌조로 구분하게 됨



〈그림 6〉 목조, 시멘트벽돌조/블록조의 연도별 분포



에너지소비량 추정모델

1. 에너지 DB의 구성

1) .

이 분석에 사용된 주요 데이터는 서울연구원의 각 필지별 에너지데이터 소비량이 담겨 있는 2010년 기후에너지지도, 각 건물의 특성이 기록 되어 있는 2010년 과세대장 데이터 자료를 각각 필지 단위로 구축한 것이다.

서울시 기후에너지지도에는 전기·가스·난방(지역난방)·수도로 나누어 에너지원별로 월간 및 연간 에너지소비량이 기록되어 있으며, 지도의 범위는 서울특별시이고 속성 값의 기준은 필지별로 기록되어 있다. 다음 <표 11>은 이 모델에서 사용된 총 사용필지를 전체와 에너지별로 구분하여 표현한 것이다. 2010년 과세대장 자료를 주 용도가 주거인 데이터 값을 보존하고, 나머지 데이터 값을 삭제한 후 이를 필지 기준으로 서울시 기후에너지지도와 연결하였다.

<표 11> 데이터 총 사용 필지 및 주택

(단위 : 개수)

연구명	전 체	전 기	가 스	난 방	수 도
사용 필지	261,143	276,242	288,472	513	231,443
사용 주택	2,112,001	2,303,220	2,127,367	378,885	2,179,241

과세대장 자료에는 주거형태·건물연도·총 층수·건물구조·건물지붕·자치구명 등의 속성 값들이 있으며 이 속성값들을 이용하여 에너지소비량의 특성요인을 분석하였다. 과세대장에 기록되어 있는 원자료는 <표 12>와 같이 구분되어 있으며, 이 변수들을 추정모델 분석에 필요한 형태로 변환하여 사용하였다.

<표 12> 과세대장 데이터 구성

구분	특징
면적	주차장을 제외한 건물의 전체연상면적(m ²)
건물용도	단독주택, 다가구주택, 연립주택, 다세대주택, 아파트, 기숙사, 사원아파트, 오피스텔(주거용) 등 총 8개로 구분
신축연도	건축연도
총 층수	가구가 위치한 건물의 총 층수
건물구조	P.C.조, 경량철골조, 돌담및토담조, 목조, 보강콘크리트조, 석조, 석회 및 흙혼합조, 스틸하우스조, 시멘트벽돌조, 시멘트블록조, 연와조, 조립식판넬조, 철골조, 철근콘크리트조, 철파이프조, 컨테이너건물, 통나무조, 황토조, 흙벽돌조 등 총 20개로 구분
건물지붕	슬래브, 구리, 토기와, 시멘트기와, 유리, 슬레이트, 함석, 자연석, 기타 등 총 9개로 구분
자치구	25개 구

2)

에너지원별 모델은 다음과 같이 구성된다.

$$Y_E = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \dots + a_n \cdot x_n$$

$$Y_G = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \dots + a_n \cdot x_n$$

$$Y_H = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \dots + a_n \cdot x_n$$

$$Y_W = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \dots + a_n \cdot x_n$$

이 모델에서는 각 건물특성 관측치들의 해당 값들을 독립변수(x_k)에 넣고, 기후에너지 자료 관측치들의 해당 값들을 종속변수(Y_i)에 넣어 다중선형회귀 분석을 이용하여 각각의 계수(a_k)들과 상수항(a_0)값을 찾게 된다. 종속변수인 각 에너지값과 독립변수가 모두 존재할 때 추정모델의 완전한 관측치가 형성 되며, 이 관측치들의 값에 기반을 둔 각 계수와 상수항이 도출된다.

전체 연간에너지소비량에 대한 추정모델은 수도를 제외한 전기, 가스, 난방의 각 단위면적당 에너지소비 변화량을 이용하여 총 에너지소비량을 구한 후, 각 주택별 독립변수들을 이용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \dots + a_n \cdot x_n$$

모델 구축시 사용된 수식

- 에너지 DB의 구축 -

- 이 연구에서는 에너지별 소비량 요인을 살펴보기 위하여 회귀분석을 사용하였다. 회귀분석은 알아보고자 하는 변수(Y)와 예상되는 인자별 요인변수들(x_k)을 이용하여 관계식을 구성하며, 알아보고자 하는 변수와 요인변수들에 해당하는 값들이 온전하게 이루어져 있는 관측치(i)들을 이용하여 모델을 구성한다. 모델을 통해 예상값(\hat{Y}_i)과 실제값(Y_i) 간 차의 제곱 합들을 최소화하는 최소자승법을 이용하여 추정식을 구할 수 있다.

〈표 13〉 각 단위면적당 에너지 소비 변화량

구분	관측값	에너지 변환값
전기	1kWh	1kWh
가스	1m ³	12,27kWh
난방	1Gcal	1,163kWh
수도	1m ³	1m ³

독립변수는 변수의 특성을 구분하여 표현할 수 있고, 통계적 의미를 부여하기 위해 1과 0으로 표현하는 더미변수로 구성하였다. 같은 특성을 갖는 변수 그룹 중에서 기본이

되는 변수를 선정하고, 기본변수를 기준으로 하여 알아보고자 하는 변수들의 상대적 영향력을 파악할 수 있다. 구체적으로 특정더미변수에 그 특성값이 해당할 경우 관측값에 1의 값을 주고, 그 특성값이 해당하지 않을 경우 관측값에는 0의 값을 부여하였다.

〈표 14〉 추정모델 변수설명

설 명		값	비 고	
종속변수	연간 단위면적당 에너지소비량	Y	kWh/($m^2 \cdot a$)	
	연간 단위면적당 전기 소비량	Y_E	kWh/($m^2 \cdot a$)	
	연간 단위면적당 가스 소비량	Y_G	$m^3/(m^2 \cdot a)$	
	연간 단위면적당 난방 소비량	Y_H	Gcal/($m^2 \cdot a$)	
	연간 단위면적당 수도 소비량	Y_W	$m^3/(m^2 \cdot a)$	
독립변수	주거형태	다세대/연립주택	x_1	단독주택=0, 다세대/연립주택=1
		아파트	x_2	단독주택=0 아파트=1
	건물연도	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
	총 층수	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, 16층-69층=1
	건물구조	콘크리트조	x_{11}	기타구조=0, 콘크리트조=1
		시멘트블록/ 시멘트벽돌조	x_{12}	기타구조=0, 시멘트 블록/벽돌조=1
		목조	x_{13}	기타구조=0, 목조=1
	건물지붕	슬래브	x_{14}	기타지붕=0, 슬래브지붕=1
	지역유형	도심권	x_{15}	서북권=0, 도심권=1
		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	-	

예를 들어 주거형태의 경우 같은 특성을 갖는 변수는 “단독주택”, “다세대/연립주택”, “아파트”이며, 이 추정모델에서는 “단독주택”을 기본변수로 설정하였다. “다세대/연립 더미변수”의 경우 관측값은 1과 0으로 구성되고 다세대/연립은 1의 값을, 그 외는 0의 값을 갖는다. “아파트 더미변수”의 경우 관측값은 1과 0으로 구성되며, 아파트는 1의 값을, 그 외는 0의 값을 갖는다. 주거형태와 관련된 더미변수는 “다세대/연립”과 “아파트” 등 두 변수이며 전체 회귀분석에 사용되는 주거형태는 “단독”, “다세대/연립”, “아파트” 등 세 변수이므로, “다세대/연립 더미변수”와 “아파트 더미변수” 등 두 변수는 단독주택을 기준으로 한 상대적 에너지소비량의 크기차이 값을 나타내며, 최종모델에서 두 더미변수값에 0을 부여하면 기본변수가 단독주택이기 때문에 단독주택의 에너지소비량 값을 표현할 수 있게 된다.

같은 방법으로 건물연령은 “2001~2010”이 기본변수가 되고, 총 층수는 “1~4층”, 건물 구조는 “콘크리트조”, “시멘트블록조/시멘트벽돌조”, “목조”를 제외한 “기타구조”가 기본변수가 되며, 건물지붕은 “슬래브지붕”을 제외한 “기타지붕”, 지역유형은 서울 5대생활권역 중 “서북권”이 기본변수가 된다. 이렇게 각각의 그룹 중에서 기본변수를 기준으로 하여 그룹 내 더미변수들의 상대적 영향력을 측정할 수 있게 된다.

2. 변수별 기초통계량

1)

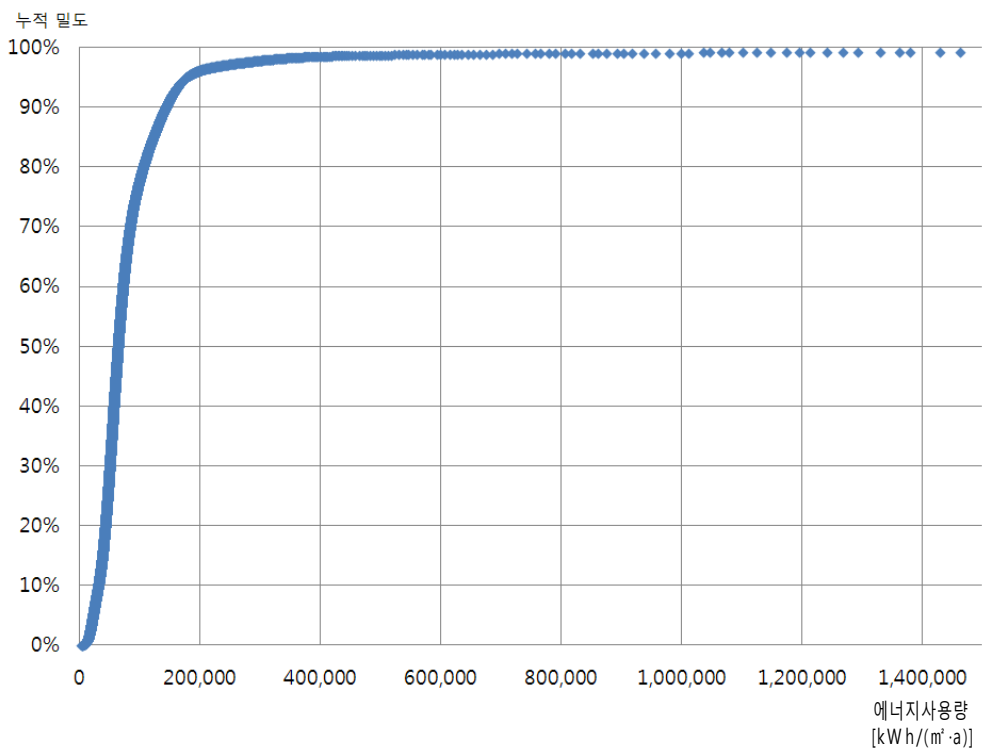
(1) 에너지 사용 누적 그래프

다음 <그림 7>은 서울시 기후에너지지도에 나타난 에너지소비량을 누적하여 나타낸 밀도 그래프이다. 전체에너지를 오름차순으로 정리한 후 관측되는 관측치의 누적밀도를 Y축에, 각 관측치들의 에너지소비량을 X축에 표현하였다.

상위 10%의 에너지사용필지(143,720kWh 이상 사용필지)가 전체 에너지소비량의 약 59%를 사용하고, 상위 20%의 에너지사용필지(106,163kWh 이상 사용필지)가 전체 에너지소비량의 약 68%를 이용하는 것으로 나타났다. 필지 평균 에너지소비량은 142,485kWh, 중간값은 64,186kWh로 나타났다.

〈표 15〉 에너지소비량 분포

동남권	소비량(kWh)	할당량
상위10%	143,720	58.95%
상위20%	106,163	67.61%
평균값	142,485	-
중간값	64,186	-



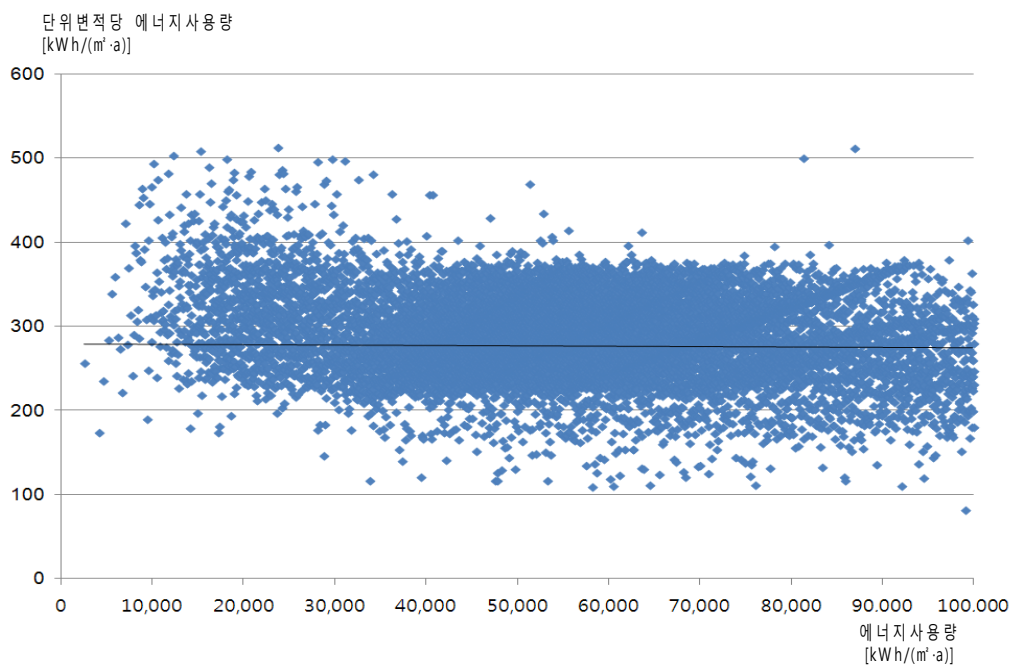
〈그림 7〉 에너지 사용 누적 밀도 함수

(2) 에너지소비량과 단위면적당 에너지소비량 그래프

다음 <그림 8>은 각 필지당 사용되는 연간 에너지소비량을 추정함수에서 사용되는 연간 단위면적당 에너지소비량과 비교해 보기 위해 그 관계를 나타내었다. 두 에너지소비량 간의 관계식은 다음과 같다.

$$(\text{단위면적당 에너지 사용량}) = -6.626 \times 10^{-6}(\text{에너지 사용량}) + 278$$

이 관계식은 그 기울기 값이 매우 적어 에너지소비량이 많아질수록 단위면적당 에너지소비량이 미세하게 줄어들고 있음을 보여주고 있다. 또한 실제 단위면적당 에너지소비량과 이 관계식을 이용하여 도출한 예상 단위면적당 에너지소비량(그림 내 선으로 표기된 예상 단위면적당 에너지소비량들의 집합점들)을 비교해 보면, 총 261,143개의 관측치 중 130,504개의 관측치(약 49.97%)가 기준선보다 더 높아 에너지를 상대적으로 더 많이 소비하는 것으로 나타나고 있으며, 130,639개의 관측치가 (약 50.03%) 기준선보다 더 낮아 에너지를 상대적으로 덜 소비하는 것으로 조사되었다.



〈그림 8〉 연간 에너지소비량과 단위면적당 에너지소비량과의 관계

〈표 16〉 에너지소비량과 단위면적당 에너지소비량과의 관계

총 필지 관측치	단위면적당 에너지소비량이 많은 필지	단위면적당 에너지소비량이 적은 필지
261,143	130,504	130,639
100%	49.97%	50.03%

(3) 단위면적당 에너지 소비 기초통계량

종속변수로 사용되는 에너지원별 전기, 가스, 난방, 수도의 연간 단위면적당 에너지 소비 기초통계량은 다음 <표 17>과 같다. 각 필지의 전기, 가스, 난방 소비량을 합산한 전체 에너지소비량의 평균은 277.55kWh/(m²·a)이며, 연간 단위면적당 평균 에너지소비량은 전기가 약 64kWh/(m²·a), 가스가 약 18m³/(m²·a), 난방이 약 0.09Gcal/(m²·a), 수도가 약 3.73m³/(m²·a)로 계산되었다.

<표 17> 각 에너지원별 기초통계량

(단위는 모두 연간 소비량을 m³로 나눔)

구 분	전 체	전 기	가 스		난 방		수 도
	kWh	kWh	kWh	m ³	kWh	Gcal	m ³
평 균	277.55	64.32	221.20	18.03	100.14	0.09	3.73
표준편차	56.11	15.47	56.84	4.63	33.45	0.03	0.98
최소값	23.17	14.40	0.00	0.00	0.87	0.00	0.07
최대값	520.93	153.68	506.99	41.33	263.32	0.23	8.41

* 0으로 표기된 값들은 소수점 셋째자리에서 반올림하면서 표기되지 않은 결과 값임.

2)

(1) 주거형태별 기초통계량

독립변수 중 첫 번째 그룹인 주거형태의 기초통계량을 구하면 다음과 같다. 전체 에너지 추정모델에 사용된 주거형태 중 단독/다가구가 차지하는 필지수는 전체의 77%나, 주택수는 전체의 33%로 상대적으로 아주 많은 관측치가 분석대상에 포함되었다. 다세대/연립이 차지하는 필지수는 전체의 21%, 가구수는 22 %로, 두 기준 모두 약 20%가 조금 넘는 관측치가 분석대상이 되었다. 아파트는 필지수 기준으로는 약 2%에 해당하는 필지가, 주택수 기준으로는 절반에 조금 못 미치는 45%에 해당하는 주택이 분석대상으로 나타났다.

〈표 18〉 주택형태별 기초통계량

구 분	전 체		전 기		가 스		난 방		수 도	
	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택
전 체	261,143	2,112,001	276,242	2,303,220	288,472	2,127,367	513	378,885	231,443	2,179,241
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
단독/ 다가구	200,548	700,641	207,210	713,489	222,786	770,306			168,164	582,606
	77%	33%	75%	31%	77%	36%			73%	27%
다세대/ 연립	55,515	457,799	63,393	522,688	60,634	496,916			57,499	478,267
	21%	22%	23%	23%	21%	23%			25%	22%
아파트	5,080	953,561	5,639	1,067,043	5,052	860,145	513	378,885	5,780	1,118,368
	2%	45%	2%	46%	2%	40%	100%	100%	2%	51%

* 난방으로 표기된 지역난방은 단독 및 다가구/연립주택의 관측치가 매우 적어 아파트의 경우로 제한하였으며 아파트의 관측치는 총 513개임.

(2) 건물연도별 기초통계량

독립변수 중 두 번째 그룹인 건물연도별 기초통계량을 구하면 다음과 같다.

전체에너지 추정모델에 사용된 필지수를 기준으로 1950년대와 1960년대에 지어진 건축물이 있는 필지는 각각 1%, 4%로 상대적으로 아주 적은 관측치가 분석대상에 포함되었다. 1970년대 이후에 지어진 건축물이 있는 필지는 12%, 1980년대와 1990년대 지어진 건축물이 있는 필지는 각각 28%와 38%로 1981년부터 2000년까지 건축된 건축물이 있는 필지가 분석대상의 약 66%에 달했다. 2001년 이후 건축된 건축물이 있는 필지는 18%가 분석대상으로 나타났다.

〈표 19〉 건물연도별 기초통계량

구 분	전 체		전 기		가 스		난 방		수 도	
	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택
전 체	261,143	2,112,001	276,242	2,303,220	288,472	2,127,367	513	378,885	231,443	2,179,241
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1951~ 1960년	1,797	2,229	1,792	2,132	1,820	2,204	-	-	1,508	1,859
	1%	0%	1%	0%	1%	0%	-	-	1%	0%
1961~ 1970년	10,613	14,944	12,056	16,826	11,620	16,222	-	-	10,121	14,812
	4%	1%	4%	1%	4%	1%	-	-	4%	1%
1971~ 1980년	30,765	84,886	31,980	90,030	35,596	111,412	41	21,461	29,935	105,078
	12%	4%	12%	4%	12%	5%	8%	6%	13%	5%
1981~ 1990년	72,030	414,995	75,791	461,080	80,717	415,778	107	94,648	60,818	435,364
	28%	20%	27%	20%	28%	20%	21%	25%	26%	20%
1991~ 2000년	98,847	892,970	104,861	1,006,873	108,253	941,270	203	151,831	81,854	904,636
	38%	42%	38%	44%	38%	44%	40%	40%	35%	42%
2001~ 2010년	47,091	701,977	49,762	726,279	50,466	640,481	162	110,945	47,207	717,492
	18%	33%	18%	32%	17%	30%	32%	29%	20%	33%

* 난방은 관측치의 수가 적어 아파트의 경우로 제한하였으며, 1970년 이전에 지어진 건물은 없었음. 따라서 난방은 1971년 이후 10년 단위 더미변수그룹에서만 관측치가 사용되었음.

(3) 총 층수별 기초통계량

독립변수 중 세 번째 그룹인 건물지붕별 기초통계량을 구하면 다음과 같다. 전체에너지 추정모델에 사용된 필지수를 기준으로 하면 1층~4층의 건축물이 있는 필지의 전체의 약 94%였다. 하지만 주택수를 기준으로 하면 4층 이하의 건축물은 단독/다가구/연립/다세대에 해당하는 저밀도의 주택들이므로 필지수 기준보다 상당히 낮은 56%에 해당하는 주택이 분석대상에 포함됨을 알 수 있다. 분석대상에 포함된 필지수를 기준으로 5~10층, 11~15층, 16~69층의 건축물이 있는 필지는 각각 5%, 1% 미만, 1% 미만으로 나타났다.

〈표 20〉 총 층수별 기초통계량

구 분	전 체		전 기		가 스		난 방		수 도	
	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택
전 체	261,143	2,112,001	276,242	2,303,220	288,472	2,127,367	513	378,885	231,443	2,179,241
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1~4층	246,738	1,187,378	260,485	1,281,825	272,936	1,274,439	36	13,546	215,383	1,096,026
	94%	56%	94%	56%	95%	60%	7%	4%	93%	50%
5~10층	12,419	138,317	13,660	178,010	13,691	145,465	35	9,384	13,785	180,373
	5%	7%	5%	8%	5%	7%	7%	2%	6%	8%
11~15층	1,096	373,915	1,207	426,900	1,116	379,063	295	243,619	1,299	459,426
	0%	18%	0%	19%	0%	18%	58%	64%	1%	21%
16~69층	890	412,391	890	416,485	729	328,400	147	112,336	976	443,416
	0%	20%	0%	18%	0%	15%	29%	30%	0%	20%

(4) 건물구조별 기초통계량

독립변수 중 네 번째 그룹인 건물구조별 기초통계량을 구하면 다음과 같다. 철근콘크리트 구조가 필지수 기준 27%, 주택수 기준 64%로 전체 에너지 추정모델에 포함되었으며, 이는 고층으로 지어진 주택이 대부분 철근콘크리트 구조로 되어 있음을 보여준다.

〈표 21〉 건물구조별 기초통계량

구분	전체		전기		가스		난방		수도	
	필지	주택	필지	주택	필지	주택	필지	주택	필지	주택
전체	261,143	2,112,001	276,242	2,303,220	288,472	2,127,367	513	378,885	231,443	2,179,241
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
철근 콘크리트 구조	71,115	1,358,794	74,680	1,495,797	76,247	1,344,907	458	325,086	70,465	1,494,262
	27%	64%	27%	65%	26%	63%	89%	86%	30%	69%
시멘트 벽돌조/ 블록조	11,503	38,371	10,581	26,121	12,147	35,665	3	2,856	10,712	32,219
	4%	2%	4%	1%	4%	2%	1%	1%	5%	1%
목조	2,869	6,479	2,844	3,676	2,955	7,105	2	1,144	2,444	6,530
	1%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%
기타	175,656	708,357	188,137	777,626	197,123	739,690	50	49,799	147,822	646,230
	67%	34%	68%	34%	68%	35%	10%	13%	64%	30%

(5) 건물지붕별 기초통계량

독립변수 중 다섯 번째 그룹인 건물지붕별 기초통계량을 구하면 다음과 같다. 가장 대표적인 건물지붕형태인 슬래브지붕을 추정모델에 포함시켰으며 전체 추정모델 구성 시에 사용된 슬래브지붕은 필지수 기준 91%, 주택수 기준 98%인 것으로 나타났다.

〈표 22〉 건물지붕별 기초통계량

구 분	전 체		전 기		가 스		난 방		수 도	
	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택
전 체	261,143	2,112,001	276,242	2,303,220	288,472	2,127,367	513	378,885	231,443	2,179,241
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
슬래브	238,208	2,075,005	249,312	2,258,625	263,013	2,089,271	509	376,799	208,899	2,141,022
	91%	98%	90%	98%	91%	98%	99%	99%	90%	98%
기타지붕	22,935	36,996	26,930	44,595	25,459	38,096	4	2,086	22,544	38,219
	9%	2%	10%	2%	9%	2%	1%	1%	10%	2%

(6) 생활권별 기초통계량

독립변수 중 여섯 번째 그룹인 생활권별 기초통계량을 구하면 다음과 같다. 생활권역은 서울시에서 정하고 있는 5대 생활권역을 기준으로 하였으며, 필지수 기준으로 전체 추정모델에 사용된 관측치는 도심 6%, 서북권 15%, 동북권 33%, 서남권 31%, 동남권 15%가 사용되었다. 이는 주택수를 기준으로 하였을 때도 비슷하여, 도심 5%, 서북권 12%, 동북권 31%, 서남권 31%, 동남권 21%의 관측치가 사용된 것으로 나타났다.

〈표 23〉 생활권별 기초통계량

구 분	전 체		전 기		가 스		난 방		수 도	
	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택	필 지	주 택
전 체	261,143	2,112,001	276,242	2,303,220	288,472	2,127,367	513	378,885	231,443	2,179,241
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
도 심	16,640	98,488	16,405	100,434	18,540	99,910	27	7,187	14,858	95,675
	6%	5%	6%	4%	6%	5%	5%	2%	6%	4%
서북권	39,661	259,294	42,205	267,057	44,150	264,483	38	16,373	35,184	233,530
	15%	12%	15%	12%	15%	12%	7%	4%	15%	11%
동북권	86,635	654,340	92,940	741,762	95,672	664,099	88	104,984	75,943	685,773
	33%	31%	34%	32%	33%	31%	17%	28%	33%	31%
서남권	80,193	649,650	85,303	688,979	88,661	660,604	145	99,650	71,077	651,224
	31%	31%	31%	30%	31%	31%	28%	26%	31%	30%
동남권	38,014	450,229	39,389	504,988	41,449	438,271	215	150,691	34,381	513,039
	15%	21%	14%	22%	14%	21%	42%	40%	15%	24%

3. 주거용 건물의 에너지 소비 추정 모델

에너지원별 추정모델의 결과값은 다음과 같다. 전기, 가스, 난방, 수도로 나누어 계산된 각각의 계수들은 연간 단위면적당 에너지소비량이 각 독립변수 그룹의 기본변수에 비해 상대적으로 많고 적음을 나타낸다. 또한 계수 옆에 표기되어 있는 *는 그 계수의 통계적 유의수준을 의미하며, *의 개수가 증가함에 따라 통계적 유의수준이 그만큼 증가하여 통계적 해석상의 정확도가 높아진다고 할 수 있다.

〈표 24〉 각 에너지원별 추정모델 결과값

값		Y_E (전기, kWh)	Y_G (가스, m ³)	Y_H (난방, Gcal)	Y_W (수도, m ³)
상수항		60.64 ***	19.56 ***	0.0676 ***	3.79 ***
주거 형태	다세대/연립주택	-6.84 ***	0.13 ***		-0.17 ***
	아파트	-16.64 ***	-3.56 ***		-0.93 ***
건물 연도	1991~2000	2.82 ***	1.65 ***	0.0193 ***	0.57 ***
	1981~1990	5.31 ***	2.14 ***	0.0365 ***	0.35 ***
	1971~1980	1.19 ***	1.70 ***	0.0627 ***	-0.39 ***
	1961~1970	15.05 ***	5.31 ***		0.47 ***
	1951~1960	23.17 ***	7.43 ***		1.19 ***
총 층수	5~10층	1.96 ***	-2.40 ***	0.0023	-0.26 ***
	11~15층	1.72 ***	-5.89 ***	0.0016	-0.39 ***
	16~69층	0.12	-4.60 ***	-0.0122 ***	-0.73 ***
건물 구조	철근콘크리트조	-6.07 ***	-3.10 ***	-0.0042	-0.71 ***
	시멘트블록조/ 시멘트벽돌조	21.35 ***	1.85 ***	-0.0392 ***	0.56 ***
	목조	40.57 ***	6.53 ***	-0.0075	1.70 ***
지붕	슬래브	-2.02 ***	-3.25 ***	-0.0038	-0.35 ***
지역 유형	도심권	4.25 ***	0.64 ***	-0.0082	-0.09 ***
	동북권	5.73 ***	0.80 ***	0.0100 **	0.32 ***
	서남권	4.74 ***	0.63 ***	0.0094 **	0.37 ***
	동남권	4.22 ***	0.66 ***	0.0108 ***	0.19 ***
r^2		0.5176	0.5209	0.5187	0.5132
N		276,242	288,472	513	231,443

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

각 에너지원 중 전기, 가스, 난방을 kWh로 변환하여 전체에너지로 합산한 후 최종적으로 얻은 주거용 건물의 에너지소비 추정모델 결과값은 다음과 같다.

〈표 25〉 주거용 건물의 에너지 소비 추정모델

값		Y(전체에너지)		
		계수 (실제영향값)		표준화계수 (상대적 크기 및 중요도)
상수항		284.41	***	0.00
주거 형태	다세대/연립주택	-9.22	***	-0.07
	아파트	-68.53	***	-0.17
건물 연도	1991-2000	22.15	***	0.19
	1981-1990	27.85	***	0.22
	1971-1980	19.41	***	0.11
	1961-1970	44.64	***	0.16
	1951-1960	74.27	***	0.11
총 층수	5-10층	-23.76	***	-0.09
	11-15층	-36.88	***	-0.04
	16-69층	-54.69	***	-0.06
건물 구조	철근콘크리트조	-44.41	***	-0.35
	시멘트블록조/ 시멘트벽돌조	8.62	***	0.03
	목조	73.07	***	0.14
지붕	슬래브	-21.76	***	-0.11
지역 유형	도심권	9.58	***	0.04
	동북권	8.42	***	0.07
	서남권	9.86	***	0.08
	동남권	10.61	***	0.07
r^2		0.524		
N		261,143		

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

참고) 표준화계수는 이 모델을 이루는데 상대적인 영향력의 크기를 나타내는 값으로 절대적인 수치를 확인하는 일반 계수와 달리 각 변수의 모델 내 영향력을 알아볼 수 있는 상대적인 수치임. 계수의 단위와 상관없이 종속변수에 미치는 영향력의 크기를 알아보고자 나타내는 것이 표준화 계수이며 -1.0에서 1.0사이의 값을 갖고, -1.0이나 1.0에 가까운 값을 갖을수록 종속변수에 미치는 영향력이 더 크고, 0에 가까울수록 종속변수에 미치는 영향력이 줄어들어, 즉, 각각의 변수 규모(scale)에 관계없이 종속변수에 대한 계수의 영향력을 상대적으로 비교하기 위해 나타낸 계수를 의미함.

모든 독립변수가 1% 이내에서 통계적으로 유의한 값을 갖기 때문에 각각의 변수들은 상당히 높은 수준의 의미를 갖는다고 할 수 있다. 모든 변수는 연간 단위면적당 에너지

소비량이 각 독립변수 그룹별 기본변수에 비해 상대적으로 많고 적음을 나타내며 단위는 kWh/(m²·a)이다.

변수별로 살펴보면, 다세대/연립주택이라는 주거형태 특성은 단독주택이라는 특성에 비해 약 9.22kWh의 에너지를 덜 사용하게 하며, 아파트라는 주거형태 특성은 단독주택이라는 특성에 비해 약 68.53kWh의 에너지를 덜 사용하는 데 기여한다. 건물연도의 경우 2001~2010년에 지어진 건물에 비해 1990년대 건물은 22.15kWh, 1980년대 건물은 27.85kWh, 1970년대 건물은 19.41kWh, 1960년대 건물은 44.64kWh, 1950년대 건물은 74.27kWh의 에너지를 더 사용하는 것으로 나타났다.

총 층수의 경우 1~4층 건물에 비해, 5~10층 건물은 23.76kWh, 11~15층 건물은 36.88kWh, 16~69층 건물은 54.69kWh의 에너지를 덜 사용하는 것으로 조사되었다. 건물 구조의 경우 기타구조에 비해 철근콘크리트조는 44.41kWh의 에너지를 덜 사용하는 반면, 시멘트블록조/시멘트벽돌조는 8.62kWh, 목조는 73.07 kWh의 에너지를 더 사용하는 것으로 나타났다.

건물지붕의 경우 슬래브지붕이 비슬래브지붕에 비해 21.76kWh의 에너지는 덜 사용하였다. 지역유형이 건물에너지 사용에 미치는 영향을 살펴보면, 기준지역인 서북권에 비해 도심권은 9.58kWh, 동북권은 8.42kWh, 서남권은 9.86 kWh, 동남권은 10.61kWh의 에너지를 더 사용하는 것을 알 수 있다.

주거용 건물의 에너지 소비 추정모델은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Y = & 284.41 \\
 & -9.22(\text{다세대/연립_D}) - 68.53(\text{아파트_D}) \\
 & + 22.15(1991\sim 2000_D) + 27.85(1981\sim 1990_D) + 19.41(1971\sim 1980_D) \\
 & + 44.64(1961\sim 1970_D) + 74.27(1951\sim 1960_D) \\
 & - 23.76(5\sim 10\text{층_D}) - 36.88(11\sim 15\text{층_D}) - 54.69(16\text{층 이상_D}) \\
 & - 44.41(\text{철근콘크리트_D}) + 8.62(\text{시멘트블록/시멘트벽돌_D}) + 73.07(\text{목조_D}) \\
 & - 21.76(\text{슬래브지붕_D}) \\
 & + 9.58(\text{도심권_D}) + 8.42(\text{동북권_D}) + 9.86(\text{서남권_D}) + 10.61(\text{동남권_D})
 \end{aligned}$$

IV

추정모델의 활용과 검증

1. 추정모델의 활용

1)

(1) 주택 특성 예시

다음 <표 26>은 실생활에서 확인할 수 있는 주택별 특성 예시를 보여준다. 예상되는 단위면적당 에너지소비량을 구하기 위하여 주택별 물리적 특성을 이용하여 다음과 같이 예시로 정리하였다.

<표 26> 주택 특성 예시

활용 예	주택모델1	주택모델2	주택모델3	주택모델4	주택모델5
주거형태	다세대주택	아파트	단독	단독	아파트
건물연도	1993년	1985년	1972년	2000년	2000년
총층수	4층	15층	2층	2층	15층
건물구조	철근콘크리트조	철근콘크리트조	시멘트벽돌조	시멘트벽돌조	철근콘크리트조
건물지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	기타	슬래브지붕	슬래브지붕
지역	강남구	양천구	종로구	강남구	노원구

(2) 모델 활용 방법

실제 추정모델에서 사용되는 값들을 다음과 같이 <표 27>에서 정리하였다.

<표 27> 추정모델에 사용되는 값 정리

구 분		주택모델1	주택모델2	주택모델3	주택모델4	주택모델5
상수항		1	1	1	1	1
주거형태	다세대/연립주택	1	0	0	0	0
	아파트	0	1	0	0	1
건물연도	1991~2000	1	0	0	1	1
	1981~1990	0	1	0	0	0
	1971~1980	0	0	1	0	0
	1961~1970	0	0	0	0	0
	1951~1960	0	0	0	0	0
총 층 수	5층~10층	0	0	0	0	0
	11층~15층	0	1	0	0	1
	16층~69층	0	0	0	0	0
건물구조	철근콘크리트조	1	1	0	0	1
	시멘트블록조/벽돌조	0	0	1	1	0
	목조	0	0	0	0	0
건물지붕	슬래브	1	1	0	1	1
지역유형	도심권	0	0	1	0	0
	동북권	0	0	0	0	1
	서남권	0	1	0	0	0
	동남권	1	0	0	1	0

총 6가지 독립변수 특성 그룹 내에서 해당하는 특성값에 1을 대입하고, 해당 사항이 없는 변수에는 0을 대입한다. 기본변수는 모든 특성값에 해당사항이 없는 경우이므로 해당 독립변수 특성 그룹의 모든 변수에 0을 대입한다. 일례로 가구1은 다세대주택이므로 “주거형태”라는 첫 번째 독립변수 특성 그룹 중 “다세대/연립주택”에 해당하는 값에 1을 대입하고 다른 “주거형태”에는 0을 대입한다. 1993년에 지어진 “건물연도”라는 두

번째 독립변수 특성 그룹에서는 “1991~2000”에 1을 대입하고 다른 “건물연도”에는 0을 대입한다. 총층수는 4층이므로 “총층수”라는 세 번째 독립변수 특성 그룹에서는 “5~10층”·“11~15층”·“16층 이상” 중 어느 곳에도 해당하지 않는 기본변수이므로, “총층수” 독립변수 그룹의 모든 변수에 0을 대입한다. 철근콘크리트 구조인 “건물구조”라는 네 번째 독립변수 특성 그룹에서는 “철근콘크리트조”에 1을 대입하고 나머지 “건물구조”에는 0을 대입한다. 슬래브지붕인 “건물지붕”에 해당하는 다섯 번째 독립변수 특성 그룹에서는 “슬래브지붕”에 1을 대입한다. 마지막으로 강남구라는 “지역유형”에 해당하는 여섯 번째 독립변수 특성 그룹에서는 “동남권”에 1을 대입하고 나머지 “지역유형”에는 0을 대입한다.

2)

(1) 전기 모델 활용

주택별로 각각의 계수 및 1 혹은 0으로 대입된 변수별 특성값을 각각 곱한 후 상수항 값을 더하면 예상되는 연간 단위면적당 에너지소비량을 도출할 수 있다. 이러한 방식으로 주택모델1의 전력소비량을 계산하면 연간 단위면적당 52.75kWh를 사용할 것으로 예상된다.

<표 28> 각 주택모델별 연간 단위면적당 전기 소비량

구 분		주택모델1	주택모델2	주택모델3	주택모델4	주택모델5
상수항		60.64	60.64	60.64	60.64	60.64
주거형태	다세대/연립주택	-6.84	-6.84	0.00	0.00	0.00
	아파트	-16.64	0.00	-16.64	0.00	0.00
건물연도	1991~2000	2.82	2.82	0.00	0.00	2.82
	1981~1990	5.31	0.00	5.31	0.00	0.00
	1971~1980	1.19	0.00	0.00	1.19	0.00
	1961~1970	15.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	1951~1960	23.17	0.00	0.00	0.00	0.00
총층수	5층~10층	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00
	11층~15층	1.72	0.00	1.72	0.00	0.00
	16층~69층	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
건물구조	철근콘크리트조	-6.07	-6.07	-6.07	0.00	0.00
	시멘트블록조/벽돌조	21.35	0.00	0.00	21.35	21.35
	목조	40.57	0.00	0.00	0.00	0.00
건물지붕	슬래브	-2.02	-2.02	-2.02	0.00	-2.22
지역유형	도심권	4.25	0.00	0.00	4.25	0.00
	동북권	5.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	서남권	4.74	0.00	4.74	0.00	0.00
	동남권	4.22	4.22	0.00	0.00	4.22
연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡ · a)]		52.75	47.68	87.43	86.81	46.18

(2) 가스 모델 활용

전기 예상값을 구하는 방법과 같이 주택별 예상 가스 소비량을 구하였다. 앞선 예와 같이 주택모델1은 연간 단위면적당 15.65m³, 즉 연간 단위면적당 192.03kWh 가스를 사용할 것으로 예상된다.

〈표 29〉 각 주택모델별 연간단위면적당 가스 소비량

구 분		주택모델1	주택모델2	주택모델3	주택모델4	주택모델5
상수항		19.56	19.56	19.56	19.56	19.56
주거형태	다세대/연립주택	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00
	아파트	-3.56	0.00	-3.56	0.00	0.00
건물연도	1991~2000	1.65	1.65	0.00	0.00	1.65
	1981~1990	2.14	0.00	2.14	0.00	0.00
	1971~1980	1.70	0.00	0.00	1.70	0.00
	1961~1970	5.31	0.00	0.00	0.00	0.00
	1951~1960	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00
층 층수	5층~10층	-2.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	11층~15층	-5.89	0.00	-5.89	0.00	0.00
	16층~69층	-4.60	0.00	0.00	0.00	0.00
건물구조	철근콘크리트조	-3.10	-3.10	-3.10	0.00	0.00
	시멘트블록조/벽돌조	1.85	0.00	0.00	1.85	1.85
	목조	6.53	0.00	0.00	0.00	0.00
건물지붕	슬래브	-3.25	-3.25	-3.25	0.00	-3.25
지역유형	도심권	0.64	0.00	0.00	0.64	0.00
	동북권	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	서남권	0.63	0.00	0.63	0.00	0.00
	동남권	0.66	0.66	0.00	0.00	0.66
연간 단위면적당 가스 소비량[m ³ /(m ² · a)]		15.65	6.53	23.75	20.47	6.21
연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(m ² · a)]		192.03	80.12	291.41	251.17	76.20

2. 추정모델 에너지소비량의 검증

각 주택모델의 에너지소비량 추정값의 검증을 위하여 '2010 기후에너지지도'의 데이터를 기초로 각 모델주택과 동일한 조건을 가지는 모든 주택의 에너지소비량을 조사하여 실측 평균값을 계산하였다.

〈표 30〉 각 주택모델의 에너지소비량 추정값

구 분	주택모델1	주택모델2	주택모델3	주택모델4	주택모델5
연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡·a)]	52.75	47.68	87.43	86.81	46.18
연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(㎡·a)]	192.03	80.12	291.41	251.17	76.20
연간 단위면적당 총에너지 소비량[kWh/(㎡·a)]	244.78	127.8	378.84	337.98	122.38

주택모델1의 경우에는 동일조건인 주택이 총 1295개로 조사되었으며 추정값과 실측 평균값은 다음 <표 31>과 같다.

〈표 31〉 주택모델1의 에너지소비량 추정값과 실측 평균값의 비교

주택모델1	연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 총에너지 소비량[kWh/(㎡·a)]	오차율
추정값	52.75	192.03	244.78	-6%
실측 평균값	56.80	203.38	260.13	

주택모델2의 경우에는 동일조건인 주택이 총 4개로 조사되었으며 추정값과 실측 평균값은 다음 <표 32>와 같다.

〈표 32〉 주택모델2의 에너지소비량 추정값과 실측 평균값의 비교

주택모델2	연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 총에너지 소비량[kWh/(㎡·a)]	오차율
추정값	47.68	80.12	127.8	-22%
실측 평균값	46.50	117.07	163.62	

주택모델3의 경우에는 동일조건의 주택이 총 36개로 조사되었으며 추정값과 실측 평균값은 다음 <표 33>과 같다.

<표 33> 주택모델3의 에너지소비량 추정값과 실측 평균값의 비교

주택모델3	연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 총에너지 소비량[kWh/(㎡·a)]	오차율
추정값	87.43	291.41	378.84	+10%
실측 평균값	76.30	265.55	341.80	

주택모델4의 경우에는 동일조건의 주택이 총 27개로 조사되었으며 추정값과 실측 평균값은 다음 <표 34>와 같다.

<표 34> 주택모델4의 에너지소비량 추정값과 실측 평균값의 비교

주택모델4	연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 총에너지 소비량[kWh/(㎡·a)]	오차율
추정값	86.81	251.17	337.98	+9%
실측 평균값	73.60	235.89	309.50	

주택모델5의 경우에는 동일조건의 주택이 총 36개로 조사되었으며 추정값과 실측 평균값은 다음 <표 35>와 같다.

<표 35> 주택모델5의 에너지소비량 추정값과 실측 평균값의 비교

주택모델5	연간 단위면적당 전기 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 가스 소비량[kWh/(㎡·a)]	연간 단위면적당 총에너지 소비량[kWh/(㎡·a)]	오차율
추정값	46.18	76.20	122.38	-17%
실측 평균값	46.70	100.78	147.44	

이상과 같이 주거용건물의 에너지사용량 추정모델을 이용하여 계산한 추정값을 실측 평균값과 비교하면, 동일조건의 주택모델의 수가 많은 경우에는 10% 이내의 오차를 보

여주고 있으나 주택모델2, 주택모델5와 같이 동일조건인 모델이 소수일 경우 오차의 폭이 크게 나타나고 있다. 이는 현재 데이터의 보완을 통해 실측값의 수를 늘리고 추정모델의 계수를 조정한다면 좀 더 신뢰도가 높은 추정값을 계산할 수 있을 것이다.



결론

1. 연구 성과물

이 연구는 건물이 지니고 있는 물리적 특성에 따른 에너지원별 소비량의 변화를 분석하고, 각 주택유형별 물리적 특성에 의한 에너지소비 증가의 원인과 현재의 에너지소비 수준을 파악하여 건물에너지 소비구조에 따라 차별적인 건물에너지 절감의 목표를 설정하고 대책을 수립하기위한 정량적 평가기준을 제시하는 것에 그 목적이 있다. 이 연구의 성과를 요약하면 다음과 같다.

1)

이 연구는 건물의 물리적 특성과 에너지소비량과의 관계를 분석하였으며, 향후 에너지 분석·평가 지표로의 활용과 서울시의 에너지 절약정책의 기초적 자료로서의 활용을 위해 객관성이 확보되어 있는 서울시 정책 자료를 사용하였다.

건물의 에너지소비에 영향을 주는 다양한 물리적 특징을 고려하여 에너지사용량의 증가 원인을 분석하였으며, 건물유형별로 영향인자들과 에너지사용량의 관계를 분석함으로써 에너지 다소비형 건물 분류를 위한 가이드라인을 제시하고 있다. 따라서 이러한 건물들의 에너지 소비구조를 파악하여 집중적으로 관리하고 건물 현황에 따른 다양한 에너지 절감 방법을 적용하여 실질적인 건물에너지 절감이 가능할 것이다.

2)

이 연구는 필지단위로 조사된 에너지소비량과 필지에 위치하고 있는 건물의 특성을 고려하여 건물에너지 사용량 증가의 원인을 분석하였다. 이는 서울시 건물에너지 소비의 유형을 다각도로 분석하여 현황의 파악이 가능하게 하였으며, 향후 건물에너지 저감을 위한 영향인자별 목표의 설정과 소비구조의 데이터를 구축할 수 있도록 하였다. 또한 유사한 물리적 특성을 지닌 건축물의 에너지소비량을 건물의 사용자가 직접 간단한 과정을 통해 확인할 수 있게 하여 건물에너지 절감에 대한 인식을 높이고 에너지 절약을 유도할 수 있도록 하였다.

다만, 건물자료의 부족과 제한된 자료 접근성으로 인해 현재의 추정모델은 일부 건물에 대해서는 적지 않은 오차를 보이고 있으므로, 정확한 에너지소비량의 영향인자를 분석하기 위해서는 개별 주택을 기반으로 하는 난방·취사·급탕 등 세분화된 에너지사용량의 정보와 구체적인 건물 기초 데이터의 확보가 필요하다.

2. 정책 제언

1)

이 연구는 주거용건물 에너지소비에 영향을 미치는 인자들을 이용하여 표준모델을 구축할 수 있는 기초를 제공하고 있다. 추정모델의 에너지사용량 분석에 사용된 주거형태·건물연도·총층수·건물구조·건물지붕·지역유형 등 인자의 영향력에 따라 건물유형별 에너지 소비의 표준모델을 구축하여 각 건물에 따른 에너지 절감율을 차별적으로 적용함으로써 실질적인 건물에너지 절감을 유도해야 한다. 또한 건물의 에너지소비량 표준모델을 발전시켜 건물용도별 모델을 구축하고 단지, 지역, 도시의 단위로 확대시켜 현실적으로 실현가능한 에너지절감 목표를 설정하여 지속적인 건물에너지 관리를 위한 기반을 조성하여야 한다.

2) ·가

주거용건물의 에너지소비량 추정모델에서 도출한 에너지소비 추정값을 에너지원별 소비량 고지서에 각 주택이 해당하는 그룹의 에너지소비량의 평균값·중간값과 함께 최소값을 첨부하여 주택의 사용자들이 직접 비교할 수 있도록 해야 한다. 이를 통해 주택의 사용자들의 건물에너지 절감에 대한 인식을 높이고 자신의 에너지 소비구조를 파악할 수 있게 하여 에너지 절약에 대한 자발적인 참여를 유도할 수 있다.

또한 지속적인 자료의 축적을 통해 현재의 가스와 전력으로만 분리된 에너지사용량을 난방, 냉방, 취사, 급탕, 조명 등 세부적으로 구분하여 제공할 수 있다면, 건물 사용자가 고지서에 첨부한 정보만으로도 자신의 건물 현황을 정확히 판단할 수 있을 것이다. 이에 따라 건물의 개보수를 통한 열효율의 개선, 고효율기기의 설치, 또는 에너지 소비행태의 변화 등 문제점에 따라 적절한 대처가 가능해질 것으로 예상되며, 추정모델을 통하여 같은 조건의 적정량에 대한 정보를 제공하여 에너지 이용의 효율화 방안, 노후 시설 교체 기준을 제시할 수 있을 것이다.

3)

주거용건물의 에너지소비량 추정모델은 현재 주거용으로만 한정되어 있으나, 향후 여러 건물용도별 추정모델과 표준모델이 구축되면 건물에너지합리화사업과 연계하여 에너지 다소비형 건물을 분류하고 사업대상을 선정하는 기준을 제시할 수 있을 것이다. 서울시 전체 건물에 대한 객관적인 데이터 분석을 통해 에너지 효율개선이 필요한 에너지 다소비형 건물을 분류하고 사업대상의 우선순위를 결정하게 하여 효과적인 사업시행을 위한 사전 분석도구로서의 역할을 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김민경·조항문·진상현, 2010, 『서울시 건물에너지 소비저감사업의 평가방안』, 서울연구원.
- 김진관·문종욱·이병호, 2006, “공동주택 도시가스 사용실태 조사·분석을 통한 에너지 소비특성에 관한 연구”, 『대한건축학회 학술발표대회논문집』 제1권1호 : 705-710, 대한건축학회지회연합회.
- 심윤희, 2005, 『서울지역 공동주택의 난방에너지 표준사용량 산정에 관한 연구』, 광운대학교.
- 서울연구원, 2010, 『서울시 기후·에너지 지도 제작(3차년도)』, 서울특별시.
- 서울특별시, 2010, 『에너지백서』, 서울특별시.
- 에너지경제연구원, 2010, 『에너지총조사 보고서』, 지식경제부.
- 이성근, 2006, 『주택·건물부분의 에너지소비실태와 증가요인 분석』, 에너지경제연구원.
- 이종일·윤대원·손원득·신지웅·박찬석·조종선, 2011, 『공동주택 에너지정량화 평가를 위한 기준주택 선정에 관한 연구』, 대한설비공학회.
- 조항문·진상현·김민경·김윤희·김성은, 2009, 『저탄소사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략』, 서울연구원.
- Laustsen, Jens, 2008, “Energy Efficiency Requirements in Building Codes Energy Efficiency Policies for New Buildings”, International Energy Agency.
- Gonzalez, Ana Belen Rodriguez, Diaz, Juan Jose Vinagre, Caamano, Antonio J., Wilby, Mark Richard, 2006, “Towards a Universal Energy Efficiency Index for Buildings”, *Energy and Building*, 43 : 980 - 987.
- <http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees.html>(미국표준기술연구소, BEES)
- <http://ecomileage.seoul.go.kr/>(서울시 에코마일리지 홈페이지)

<http://www.eere.energy.gov/>(미국 에너지부, DOE)

<http://www.energystar.gov/>(EnergyStar)

<http://www.epa.gov/>(미국 환경보호청, EPA)

<http://www.homeenergy.org/archive/hem.dis.anl.gov/eehem/95/950709.html>(홈에너지 매거진, PRISM관련)

<http://www.usgbc.org/>(미국 그린빌딩 협의회, USGBC)

<http://www.whitehouse.gov/omb/expectmore/detail/10000084.2003.html>(PART관련)

부 록

주거용건물의 에너지소비량 추정모델 활용예시

〈표 1〉 주택 특성 예시 1

활용 예	주택모델6	주택모델7	주택모델8	주택모델9	주택모델10
주거형태	단독	단독	단독	단독	연립주택
건물연도	2000년	2000년	2000년	2000년	2000년
총층수	2층	2층	2층	2층	3층
건물구조	시멘트벽돌	시멘트벽돌	시멘트벽돌	시멘트벽돌	철근콘트리트
건물지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕
지역	은평구	양천구	종로구	노원구	강남구

〈표 2〉 모델주택별 연간 단위면적당 총에너지/전기/가스 소비량 1

구 분		주택모델6	주택모델7	주택모델8	주택모델9	주택모델10
연간 단위면적당 소비량	전체 에너지[kWh/(m ² · a)]	293	303	303	302	242
	전기[kWh/(m ² · a)]	83	88	87	89	53
	가스[m ³ /(m ² · a)]	20	20	20	21	16

〈표 3〉 주택 특성 예시 2

활용 예	주택모델11	주택모델12	주택모델13	주택모델14	주택모델15
주거형태	연립주택	연립주택	연립주택	연립주택	연립주택
건물연도	2000년	2000년	2000년	2000년	2000년
총층수	4층	4층	4층	4층	4층
건물구조	시멘트벽돌	시멘트벽돌	시멘트벽돌	시멘트벽돌	시멘트벽돌
건물지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	기타	슬래브지붕
지역	강남구	은평구	양천구	종로구	노원구

〈표 4〉 주택모델별 연간 단위면적당 총에너지/전기/가스 소비량 2

구 분		주택모델11	주택모델12	주택모델13	주택모델14	주택모델15
연간 단위면적당 소비량	총에너지[kWh/(m ² · a)]	295	284	294	294	293
	전기[kWh/(m ² · a)]	80	76	81	80	82
	가스[m ³ /(m ² · a)]	21	20	21	21	21

〈표 5〉 주택 특성 예시 3

활용 예	주택모델16	주택모델17	주택모델18	주택모델19	주택모델20
주거형태	아파트	아파트	아파트	아파트	아파트
건물연도	2000년	2000년	2000년	2000년	2008년
총층수	15층	15층	15층	15층	25층
건물구조	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
건물지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕	슬래브지붕
지역	강남구	은평구	양천구	종로구	노원구

〈표 6〉 주택모델별 연간 단위면적당 총에너지/전기/가스 소비량 3

구 분		주택모델16	주택모델17	주택모델18	주택모델19	주택모델20
연간 단위면적당 소비량	전체 에너지[kWh/(m ² · a)]	146	135	145	145	103
	전기[kWh/(m ² · a)]	45	40	45	45	42
	가스[m ³ /(m ² · a)]	6	5	6	6	6

An Estimation Model of Residential Building Energy Consumption in Seoul

Min-Kyeong Kim · Hang-Moon Cho · Dong-Hong Shin · Han Park

- I. Introduction
- II. The current status of the energy consumption in residential buildings
- III. An estimation model of the energy consumption
- IV. Application and evaluation of the estimation model
- V. Conclusion

As Seoul's government tries to reduce the city's energy consumption and implement the "A Nuclear Power Plant Decrease Plan" policy, it has become necessary to make energy-saving a prime topic of study. Buildings account for approximately 60% of the city's energy usage. Taking this statistic into account, an estimation model has been developed to examine different characteristics of energy consumption in Seoul's residential building sector. The intent of the model is to educate Seoul's citizens on energy use in their own homes and compare those results to those of other homes with similar characteristics.

Six residential building characteristics were analyzed in this report : types of housing, age of buildings, number of floors, structure of buildings, types of roofing, and location within Seoul's five urban zones. Energy unit intensity per year(kWh/m²y) was used as the dependent variable in this model.

The result of the model with six different variable groups is as follows :

Energy Unit Intensity

$$\begin{aligned} &=284.41 \\ &-9.22(\text{Multiplex/Row House_D})-68.53(\text{Apartment_D}) \\ &+22.15(1991\sim2000_D)+27.85(1981\sim1990_D)+19.41(1971\sim1980_D) \\ &+44.64(1961\sim1970_D)+74.27(1951\sim1960_D) \\ &-23.76(5\sim10 \text{ Story Building_D})-36.88(11\sim15 \text{ Story Building_D})-54.69(16\sim69 \\ &\text{Story Building_D}) \\ &-44.41(\text{Ferroconcrete_D})+8.62(\text{Cement Block/Brick_D})+73.07(\text{Wood_D}) \\ &-21.76(\text{Slab Roof_D}) \\ &+9.58(\text{CBD_D})+8.42(\text{North-East_D})+9.86(\text{South-West_D})+10.61(\text{South-East_D}) \end{aligned}$$

This model allows each household the ability to calculate the amount of energy used in his or her home. The model suggests an optimal range for the maximum and minimum figures. Each household can then determine their estimated energy consumption by inputting their specific home characteristics. 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 : maximum and minimum energy consumption.

This report will serve as benchmark and educate people on their own energy 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 energy consumption data based on each household be gathered and analyzed

Working Paper
2012-PR-33

서울시 주거용건물의 에너지소비량 추정모델

발행인 이창현

발행일 2012년 6월 30일

발행처 서울시정개발연구원

137-071 서울시 서초구 남부순환로 340길 57

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1025

비매품 ISBN 978-89-8052-893-6 93530

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.