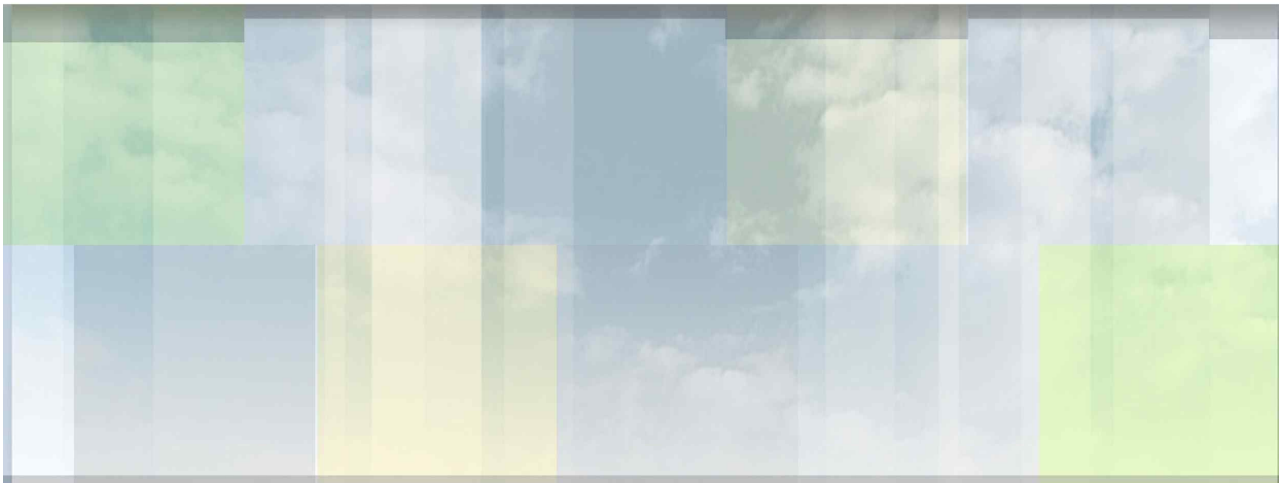


서울시 가정 · 상업부문 건물에너지 표준모델 개발



제 출 문

서울특별시장 귀하

본 보고서를 귀 시가 의뢰한 『서울시 가정·상업부문 건물에너지 표준모델 개발』의 최종보고서로 제출합니다.

2014년 4월

서울연구원
원장 이창현

* 연구진

연구책임

김민경 서울연구원 안전환경연구실 부연구위원

연구진

김범식 서울연구원 시민경제연구실 연구위원

김진아 서울연구원 안전환경연구실 위촉연구원

* 서울특별시

장혁재 기후환경본부장

김용복 기후변화정책관

권민 녹색에너지과 과장

박숙희 에너지정책팀 팀장

김보라 에너지정책팀 주무관

* 자문위원

정용훈 인하대 교수

이성훈 청주대 교수

※ 본 보고서의 내용은 연구진의 견해로서 서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

목 차

제1장 서론	1. 췌론	3
	1) 췌췌췌췌 췌 췌	3
	2) 연구대상	5
	3) 연구방법	9

제2장 서울시 건물에너지 소비현황과 정책	1. 췌췌췌 췌췌췌췌 췌 췌	13
	1) 췌췌췌	13
	2) 부문별	14
	3) 췌췌췌췌	16
	4) 췌췌췌췌	18
	2. 췌췌췌췌췌췌 췌	24
	1) 국내	24
	2) 국외	31
	3) 시사점	35

제3장 건물에너지 데이터의 구성	1. 췌췌췌 췌	39
	1) 췌췌 췌췌췌췌 췌췌췌췌췌 췌 DB	39
	2) 췌췌췌 췌췌췌	40
	3) 췌췌췌 췌	40
	2. 췌췌췌췌 췌	47
	1) 췌췌 췌	47
	2) 췌췌췌췌 췌	49
	3. 췌췌췌췌 췌 췌 췌	54
	1) 데이터클리닝	54
	2) 췌췌췌 췌(merge)	55
3) 이상치(outlier) 제거	56	

제4장
서울시 가정·상업부문
건물에너지 표준모델

1. 착착찰 기초통계량	61
1) 종속변수	61
2) 독립변수	62
2. 쥘쥘쥘쥘 쥘쥘모델	80
1) 분석모형	80
2) 가정부문	80
3) 상업부문	83
3. 탄쥘쥘쥘 쥘쥘	86
1) 쥘쥘찰 쥘쥘유형	86
2) 쥘쥘쥘쥘 탄쥘쥘쥘 오차	87

제5장
결론

1. 탄쥘쥘쥘 쥘쥘	91
1) 쥘쥘쥘쥘쥘 쥘쥘쥘쥘	91
2) Input	92
3) Output	94
2. 쥘쥘쥘쥘쥘	94
1) 쥘쥘쥘쥘쥘 쥘쥘쥘 쥘쥘	94
2) 쥘쥘쥘 쥘쥘쥘쥘쥘쥘쥘쥘 쥘쥘	95
3) 탄쥘쥘쥘 쥘쥘쥘 쥘쥘	96
4) 쥘쥘쥘 쥘쥘쥘 쥘쥘쥘 쥘쥘 쥘쥘	99
3. 쥘쥘 쥘 쥘쥘	100

참고문헌

참고문헌	101
------	-----

□ 표 목차

[표 1-1] 2011년 부문별 최종에너지소비량	3
[표 1-2] 2010년 서울시 건축물 용도별 온실가스 배출량	4
[표 1-3] 서울시 용도별 건물 현황(2012년 기준)	5
[표 1-4] 2012년 서울시 주거용 건물 현황	6
[표 1-5] 주거용 건물 분류	6
[표 1-6] 2012년 서울시 상업용 건물 현황	7
[표 1-7] 근린생활시설의 분류	7
[표 2-1] 전국과 서울의 연도별 에너지소비량 비교	13
[표 2-2] 2011년 부문별 최종에너지소비량	14
[표 2-3] 연도별 서울시 에너지소비량	15
[표 2-4] 2011년 전국과 서울시 에너지원별 소비량	16
[표 2-5] 서울시 에너지원별 소비량	17
[표 2-6] 2012년 서울시 용도별 현황 및 에너지소비량	18
[표 2-7] 2012년 서울시 건물용도별 단위면적당 에너지사용량	19
[표 2-8] 서울시 주거용건물 연도별 에너지소비량	19
[표 2-9] 2012년 서울시 주거건물 현황 및 에너지소비량	20
[표 2-10] 2012년 서울시 가정용 건물 세부용도별 단위면적당 에너지사용량	21
[표 2-11] 서울시 상업용건물 연도별 에너지소비량	21
[표 2-12] 2012년 서울시 상업용건물 이용현황	22
[표 2-13] 2012년 서울시 가정용 건물 세부용도별 단위면적당 에너지사용량	23
[표 2-14] 녹색건축물 인증등급별 점수기준	25
[표 2-15] 건축물에너지효율등급인증 등급기준	26
[표 2-16] 에너지효율등급평가서 발급대상 및 규모와 용도	27
[표 2-17] 서울시 녹색건축물 설계기준	29
[표 2-18] 신축 건물 취득세 감면 기준	30
[표 2-19] 건물 재산세 감면 기준	30
[표 2-20] 2012년도 친환경건축물 인증비용 지원계획	30
[표 2-21] 등급별 환경개선부담금 경감률	30
[표 2-22] 녹색건축물 활성화대상 완화기준	30
[표 3-1] 원자료의 구성	41
[표 3-2] 건축물대장의 구분	42
[표 3-3] 원자료 현황	46
[표 3-4] 건물에너지소비 선행연구의 적용변수	47
[표 3-5] 에너지 단위별 적용 환산계수	48
[표 3-6] 독립변수 중 더미변수의 구성	49
[표 3-7] 에너지관계 법령 주요 재개정 내용	52

[표 3-8] 분석자료의 건물구조별 비중	53
[표 3-9] 분석자료의 건물지붕별 비중	53
[표 3-10] 에너지 단위별 열량환산계수	55
[표 4-1] 부문별 종속변수 기초통계량	62
[표 4-2] 건물용도별 기초통계량	63
[표 4-3] 건물용도별 단위에너지소비량	64
[표 4-4] 지역유형별 자료 현황	65
[표 4-5] 가정부문 지역유형별 기초통계량	66
[표 4-6] 상업부문 지역유형별 기초통계량	67
[표 4-7] 건물연도별 기초통계량	68
[표 4-8] 건물연도별 단위에너지소비량	69
[표 4-9] 총 층수별 기초통계량	70
[표 4-10] 총 층수별 단위에너지소비량	71
[표 4-11] 건물구조별 기초통계량	71
[표 4-12] 건물구조별 단위에너지소비량	72
[표 4-13] 건물지붕별 기초통계량	73
[표 4-14] 건물지붕별 단위에너지소비량	73
[표 4-15] 월별 기초통계량	75
[표 4-16] 월별 단위에너지소비량	76
[표 4-17] 연면적별 기초통계량	78
[표 4-18] 연면적별 단위에너지소비량	79
[표 4-19] 가정부문 분석결과	81
[표 4-20] 상업부문 분석결과	83
[표 4-21] 가정부문 검증대상 건물유형	87
[표 4-22] 상업부문 검증대상 건물유형	87
[표 4-23] 가정부문 건물유형별 표준에너지 소비량과 실측 평균값의 비교	88
[표 4-24] 상업부문 건물유형별 표준에너지 소비량과 실측 평균값의 비교	88
[표 5-1] 부문별 건물속성 예시	92
[표 5-2] 예시 건물속성별 표준모델 입력값	93
[표 5-3] 서울시 건축물 에너지소비총량제 기준 및 연구대상 분석	96
[표 5-4] 연구대상 자료의 등급구분에 따른 구성비	97
[표 5-5] 에코마일리지 인센티브 개선안	99

□ 그림 목차

[그림 1-1] 2011년 전국과 서울의 부문별 에너지소비 비중	3
[그림 1-2] 서울시 건물용도별 온실가스 배출 비중	4
[그림 1-3] 연구 흐름도	9
[그림 2-1] 전국과 서울의 연도별 에너지소비 변화	13
[그림 2-2] 서울시 부문별 에너지소비 변화	15
[그림 2-3] 서울시 부문별 에너지소비 변화(누적형)	15
[그림 2-4] 2011년 에너지원별 소비 비중	16
[그림 2-5] 연도별 서울시 에너지원별 소비량 변화	17
[그림 2-6] 2012년 서울시 건물용도별 현황	18
[그림 2-7] 서울시 주거용건물 연도별 에너지소비량과 에너지원별 비중	19
[그림 2-8] 2012년 서울시 주거용건물 현황	20
[그림 2-9] 2012년 서울시 주거건물 에너지원별 소비비중	20
[그림 2-10] 2012년 서울시 상업용건물현황	22
[그림 2-11] 2012년 서울시 건물용도별 단위면적당 총에너지사용량	23
[그림 2-12] 녹색건축물 인증제도 평가분야 및 평가방법	24
[그림 2-13] 건축물 에너지효율등급 평가서	27
[그림 2-14] SAP 2012 rating example	31
[그림 2-15] 주거용 에너지성능 평가인증제도 HERS Index	32
[그림 2-16] 건물에너지 성능 인증서	32
[그림 2-17] LEED 평가제도 구성	34
[그림 3-1] 국가 건물에너지 통합관리시스템 DB 구축대상 및 구축절차	39
[그림 3-2] 건축물대장 표준화서식 구성	42
[그림 3-3] 일반건축물대장 서식	43
[그림 3-4] 건축물대장 총괄표제부 서식과 예시	43
[그림 3-5] 집합건축물대장(표제부) 서식	44
[그림 3-6] 집합건축물대장(전유부) 서식	44
[그림 3-7] 서울시 생활권의 구분	50
[그림 3-8] 부문별 원자료 분포 및 이상치 제거 대상	57
[그림 4-1] 가정과 상업부문 건물에너지소비 에너지원별 비중	61
[그림 4-2] 가정부문과 상업부문의 단위 에너지소비량 비교	62
[그림 4-3] 가정부문 건물용도별 비중과 단위에너지소비	64
[그림 4-4] 상업부문 건물용도별 비중과 단위에너지소비	64
[그림 4-5] 가정부문 지역유형별 비중과 단위에너지소비	65
[그림 4-6] 2012년 서울시 구별 세대당 평균 인구	66
[그림 4-7] 상업부문 지역유형별 비중과 단위에너지소비	67

[그림 4-8] 가정부문 연도별 비중과 단위에너지소비	68
[그림 4-9] 상업부문 연도별 비중과 단위에너지소비	69
[그림 4-10] 상업부문 총 층수별 비중과 단위에너지소비	71
[그림 4-11] 가정부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비	72
[그림 4-12] 상업부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비	72
[그림 4-13] 가정부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비	74
[그림 4-14] 상업부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비	74
[그림 4-15] 가정·상업부문 월별 자료 비중	74
[그림 4-16] 가정부문 월별 단위에너지소비량	77
[그림 4-17] 상업부문 월별 단위에너지소비량	77
[그림 4-18] 가정부문 연면적 규모별 비중과 단위에너지소비량	79
[그림 4-19] 상업부문 연면적 규모별 비중과 단위에너지소비량	79
[그림 5-1] 가정부문 실제소비량과 표준소비량의 오차비율 분포	91
[그림 5-2] 상업부문 실제소비량과 표준소비량의 오차비율 분포	92
[그림 5-3] 아파트 관리비고지서의 에너지사용량표시	94
[그림 5-4] 에너지사용량표시 기준 변경 예시	95
[그림 5-5] 등급개수별 분포 비교	97
[그림 5-6] 평균사용량과 표준사용량 기준 등급제 비교	98

제1장 서론

1. 서 론

1) 연구배경 및 목적

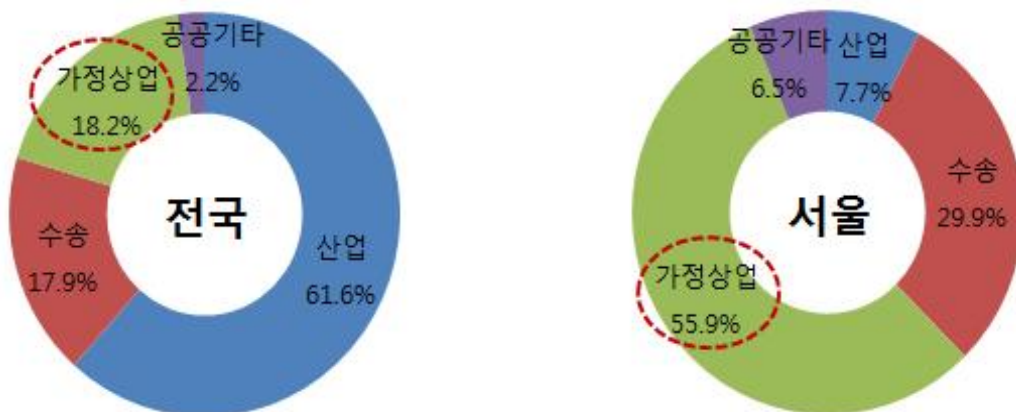
- 서울시는 2012년에 “원전하나줄이기” 종합대책을 발표하여, 시민과 함께 에너지 절감과 에너지 자급률을 높이기 위한 다양한 사업을 시행하고 있다. 이를 통해 단기적으로는 2014년까지 원전1기(1GW급)에서 생산되는 전력량에 해당하는 200만TOE에 해당하는 에너지를 절감하고, 장기적으로 2020년까지 전력자급률 20% 달성을 목표로 하고 있다.
- 국내 부문별 에너지소비에서는 산업부문이 전체 에너지소비의 61.6%로 가장 높은 비중을 차지하고 있고, 가정·상업부문은 18.2%를 차지하고 있다. 이와 달리 서울시에서는 가정·상업부문의 에너지소비량이 전체의 55.9%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다([그림 1-1], [표 1-1]). 또한 가정·상업부문의 에너지소비량은 매년 증가 추세이기 때문에 가정·상업부문의 에너지 소비 감축이 시급하다.

[표 1-1] 2011년 부문별 최종에너지소비량

(단위: 천TOE, %)

구분	산업	수송	가정·상업	공공기타	합계
전국	126,886	36,875	37,542	4,560	205,863
	61.6	17.9	18.2	2.2	100
서울	1,197	4,631	8,664	1,004	15,496
	7.7	29.9	55.9	6.5	100

출처: 국가에너지통계종합정보시스템(에너지경제연구원)



[그림 1-1] 2011년 전국과 서울의 부문별 에너지소비 비중

- 한편 서울시 건물부문 온실가스 총배출량(2010년 기준)에서 가장 많은 비중을 차지하는 건물 용도는 가정용이다. [그림 1-2]와 같이 가정용 건물에서 전체 배출량의 48.0%인 1,448만tCO₂이 배출된다. 상업용 건물의 온실가스 배출량은 전체의 28.5%로, 가정용과 상업용 건물을 합하면 전체 온실가스 총배출량의 76.5%에 달한다. 이와 같이 서울시 건물부문 온실가스 배출에 있어서도 가정·상업부문 건물에너지의 비중이 높기 때문에 이에 대한 분석이 더욱 필요하다. 따라서 서울시는 우선적으로 가정·상업부문 건물에너지 소비량 분석을 통해 서울시 전체 에너지 소비 절감을 위한 기반을 마련할 필요성이 있다.

[표 1-2] 2010년 서울시 건축물 용도별 온실가스 배출량

(단위: tCO₂/년)

가정	상업	업무	기타	합계
14,475,935	8,604,686	5,006,563	2,065,303	30,152,487
48.0%	28.5%	16.6%	6.8%	100%

출처: 온실가스 저감을 위한 도시계획 실천전략 연구(서울시)



[그림 1-2] 서울시 건물용도별 온실가스 배출 비중

- 이에 따라 본 연구에서는 서울시 가정·상업부문의 건물에너지 소비량을 분석하여 건물 유형별 에너지소비 표준모델을 개발하였다. 표준모델은 건물의 물리적 특성에 따른 에너지소비량의 추정치를 계산하는 함수식으로 정의하였다. 표준모델은 물리적, 인문·사회적으로 동일하거나 유사한 군집 간의 표준화된 에너지 소비량 정보를 제공하여 에너지 소비의 가이드라인 역할을 할 수 있다. 또한 표준모델 개발을 통해 건물에너지 소비 척도를 제시하고 에너지 다소비건물에 대한 소비절감 노력을 촉구할 수 있는 정량적 수단으로 활용할 수 있는 정보를 제공할 수 있다.

2) 연구대상

(1) 연구의 범위

- 공간적 범위: 서울특별시 소재 가정·상업부문 건물
- 시간적 범위: 2010년 1월 ~ 2012년 12월, 총 36개월의 월단위 에너지 소비량
- 에너지사용량 기준: 전기, 도시가스, 지역난방 공급업체에서 관리하고 있는 각 건물 계량기의 측정값
- 원자료: 국가 건물에너지 통합DB(DataBase)(국토교통부 국가 건물에너지 통합관리시스템)

(2) 연구대상 건물용도

- 건물용도의 분류는 관리주체에 따라 차이를 보이나 본 연구에서는 현행 건축법의 분류를 적용하여 가정·상업부문 건물의 연구대상을 선정하였다. 현행 건축법에서 건축물의 종류는 9개의 시설군과 28개의 용도군으로 구분된다. 국토교통부의 건축행정시스템에서는 건축법의 28개 용도군을 주거용, 상업용, 공업용, 문교사회용, 기타의 5개 용도로 구분하여 건축물통계를 제공하고 있다. 이 건축물통계는 건축물대장에 등재되어 있는 적법한 건축물의 현황 자료를 기초로 조사된 자료이며, 연구대상 건물용도를 설정하기 위해 검토하였다.
- 국토교통부의 건축물통계에서 서울시 용도별 건물현황은 아래 표와 같다. 서울시의 건물은 건물 수 기준으로는 주거용 건물(76.5%)과 상업용 건물(20.0%)이 전체의 96.5%를 차지하고, 연면적 기준으로는 주거용(45.8%)과 상업용(26.0%)이 전체의 71.8%를 차지하고 있다.

[표 1-3] 서울시 용도별 건물 현황(2012년 기준)

구분	합계	주거용	상업용	공업용	문교사회용 ^{주1}	기타 ^{주2}
건물수(동)	646,891	494,704	129,391	3,117	15,562	4,117
비중(%)	100	76.5	20.0	0.5	2.4	0.6
연면적(m ²)	605,444,189	277,017,527	157,170,562	9,457,290	51,180,728	110,618,082
비중(%)	100	45.8	26.0	1.6	8.5	18.3

주1: 문화및집회시설, 종교시설, 의료시설, 교육연구시설, 노유자시설, 수련시설, 운동시설, 묘지관련시설, 관광휴게시설

주2: 공장, 동식물관련시설, 교정및군사시설, 방송통신시설, 발전시설, 창고시설, 분뇨및쓰레기처리시설

출처: 건축행정정보시스템 세움터(국토교통부)

① 가정부문 건물용도

- 건축행정정보시스템의 주거용 건물통계에는 건축법의 건축물 용도인 단독주택과 공동주택이 포함되며, 세부용도는 단독주택, 다중주택, 다가구주택, 공관, 아파트, 연립주택, 다세대, 기숙사, 기타의 9개로 분류되어 있다. 기타는 주거용 건축물의 항목별 합계에서 8개 세부용도의 합을 제외하여 산정한 것이다. 2012년도 서울시 주거용 건물 현황은 아

래 표와 같다. 주거용 건물 수에서는 단독주택이 전체의 53.0%이고, 아파트는 4.5%였으며, 연면적에서는 단독주택이 전체의 13.5%, 아파트는 58.9%를 차지하고 있었다.

[표 1-4] 2012년 서울시 주거용 건물 현황

구분	단독주택	다중주택	다가구주택	공관	아파트	연립주택	다세대	기숙사	기타 ^{주1}
건물수(동)	262,132	2,452	122,360	47	22,105	10,712	74,650	234	12
비중(%)	53.0	0.5	24.7	0.0	4.5	2.2	15.1	0.0	0.0
연면적(천㎡)	37,455	720	30,944	49	163,028	11,062	33,215	540	4
비중(%)	13.5	0.3	11.2	0.0	58.9	4.0	12.0	0.2	0.0

주1: 주거용 기준 합계에서 세부용도의 합 제외

출처: 건축행정정보시스템 세움터(국토교통부)

- 아래 표와 같이 현행 건축법의 건축물 용도인 단독주택(중분류)에 포함되는 건물의 종류는 단독주택, 다중주택, 다가구주택, 공관이고, 공동주택(중분류)에 포함되는 건물의 종류는 아파트, 연립주택, 다세대 주택, 기숙사이다. 여기에는 건축행정정보시스템에서 분류한 8개의 주거용 세부용도 건물이 모두 포함된다. 따라서 가정부문 연구대상 건물 용도는 건축법상의 건물용도인 단독주택과 공동주택으로 설정하였다.

[표 1-5] 주거용 건물 분류

중분류	소분류
단독주택 ^{주1}	가. 단독주택 나. 다중주택 : 다음의 요건을 모두 갖춘 주택을 말한다. 1) 학생 또는 직장인 등 여러 사람이 장기간 거주할 수 있는 구조로 되어 있는 것 2) 독립된 주거의 형태를 갖추지 아니한 것 3) 연면적이 330㎡ 이하이고 층수가 3층 이하인 것 다. 다가구주택: 다음의 요건을 모두 갖춘 주택으로서 공동주택에 해당하지 아니하는 것을 말한다. 1) 주택으로 쓰는 층수가 3개 층 이하 2) 1개 동의 주택으로 쓰이는 바닥면적의 합계가 660㎡ 이하일 것 3) 19세대 이하가 거주할 수 있을 것 라. 공관(公館)
공동주택 ^{주2}	가. 아파트: 주택으로 쓰는 층수가 5개 층 이상인 주택 나. 연립주택: 주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적 합계가 660㎡를 초과하고, 층수가 4개 층 이하인 주택 다. 다세대주택: 주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적 합계가 660㎡ 이하이고, 층수가 4개층 이하인 주택 라. 기숙사: 학교 또는 공장 등의 학생 또는 종업원 등을 위하여 쓰는 것으로서 공동취사 등을 할 수 있는 구조를 갖추되, 독립된 주거의 형태를 갖추지 아니한 것

주1: 단독주택의 형태를 갖춘 가정어린이집·공동생활가정·지역아동센터 및 노인복지시설(노인복지주택은 제외한다)을 포함한다.

주2: 공동주택의 형태를 갖춘 가정어린이집·공동생활가정·지역아동센터·노인복지시설(노인복지주택은 제외한다) 및 「주택법 시행령」 제3조제1항에 따른 원룸형 주택을 포함한다.

자료: 건축법 시행령 재구성(국가법령정보센터)

② 상업부문 건물용도

- 건축행정정보시스템의 상업용 건물통계에는 건축법의 28개 건축물 용도 중 1종근린생활시설, 제2종근린생활시설, 판매시설, 업무시설, 위락시설, 숙박시설, 운수시설, 위험물 저장 및 처리시설, 자동차관련시설, 기타의 10가지 용도로 분류되어 있다. 기타는 상업용 건축물의 항목별 합계에서 9개 세부용도의 합을 제외하여 산정한 것이다.
- 서울시 상업용 건물현황에서 건물수와 연면적 기준으로 가장 높은 비중을 차지하고 있는 용도는 근린생활시설 용도이다. 근린생활시설은 제1종 근린생활시설과 제2종 근린생활시설로 구분이 된다. 근린생활시설 용도 건물은 아래 표와 같이 건물 수 기준으로는 상업용 건물 전체의 87.1%, 연면적 기준으로는 전체의 48.4%를 차지한다. 따라서 상업부문 연구대상 건물용도는 상업용 건물 중에서 가장 높은 비중을 차지하는 용도인 제1종 근린생활시설과 제2종 근린생활시설로 설정하였다.

[표 1-6] 2012년 서울시 상업용 건물 현황

구분	근린생활시설		판매	업무	위락	숙박	운수	위험물 저장/처리	자동차 관련	기타
	제1종	제2종								
건물수 (동)	60,853	51,897	1,144	7,917	253	2,240	225	809	1,767	2,286
비중 (%)	47.0	40.1	0.9	6.1	0.2	1.7	0.2	0.6	1.4	1.8
연면적 (천㎡)	37,990	38,080	16,484	46,659	690	4,151	1,414	320	7,488	3,894
비중 (%)	24.2	24.2	10.5	29.7	0.4	2.6	0.9	0.2	4.8	2.5

출처: 건축행정정보시스템 세움터(국토교통부)

- 건축법에는 정의하고 있는 근린생활시설 용도에 포함되는 건축물의 종류는 아래 표와 같다. 근린생활시설 용도는 제1종 근린생활시설과 제2종 근린생활시설로 구분된다.

[표 1-7] 근린생활시설의 분류

중분류	소분류
제1종	1) 식품·잡화·의류·완구·서적·건축자재·의약품·의료기기 등 일용품을 판매하는 소매점으로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 1천 제곱미터 미만인 것
	2) 휴게음식점, 제과점 등 음료·차·음식·빵·떡·과자 등을 조리하거나 제조하여 판매하는 시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 300제곱미터 미만인 것
	3) 이용원, 미용원, 목욕장, 세탁소 등 사람의 위생관리나 의류 등을 세탁·수선하는 시설
	4) 의원, 치과의원, 한의원, 침술원, 접골원, 조산원, 안마원, 산후조리원 등 주민의 진료·치료 등을 위한 시설
	5) 탁구장, 체육도장으로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것
	6) 지역자치센터, 파출소, 지구대, 소방서, 우체국, 방송국, 보건소, 공공도서관, 건강보험공단 사무소 등 공공업무시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 1천 제곱미터 미만인 것
	7) 마을회관, 마을공동작업소, 마을공동구관장, 공동화장실, 대피소, 지역아동센터(단독주택과 공동주택에 해당하는 것은 제외한다) 등 주민이 공동으로 이용하는 시설
	8) 변전소, 도시가스배관시설, 정수장, 양수장 등 주민의 생활에 필요한 에너지공급이나 급수·배수 관련 시설

중분류	소분류
제2종	1) 공연장으로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 2) 종교집회장, 기도원, 수도원, 수녀원, 제실(祭室), 사당, 그 밖에 이와 비슷한 것을 말한다. 이하 같다]으로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 3) 자동차영업소로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 1천제곱미터 미만인 것 4) 서점(제1종 근린생활시설에 해당하지 않는 것) 5) 총포판매소, 사진관, 표구점 6) 청소년게임제공업소, 복합유통게임제공업소, 인터넷컴퓨터게임시설제공업소, 그 밖에 이와 비슷한 게임 관련 시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 7) 휴게음식점, 제과점 등 음료·차·음식·빵·떡·과자 등을 조리하거나 제조하여 판매하는 시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 것 8) 일반음식점, 장의사, 동물병원, 동물미용실, 그 밖에 이와 유사한 것 9) 학원, 교습소직업훈련소로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 10) 독서실, 기원 11) 테니스장, 체력단련장, 에어로빅장, 볼링장, 당구장, 실내낚시터, 골프연습장, 놀이형시설 등 주민의 체육 활동을 위한 시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 12) 금융업소, 사무소, 부동산중개사무소, 결혼상담소 등 소개업소, 출판사 등 일반업무시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 13) 다중생활시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만인 것 14) 제조업소, 수리점 등 물품의 제조·가공·수리 등을 위한 시설로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 500제곱미터 미만이고, 다음요건 중 어느 하나에 해당하는 것 (1) 「대기환경보전법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 또는 「소음·진동관리법」에 따른 배출시설의 설치 허가 또는 신고의 대상이 아닌 것 (2) 「대기환경보전법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 또는 「소음·진동관리법」에 따른 배출시설의 설치 허가 또는 신고의 대상 시설이나 귀금속·장신구 및 관련 제품 제조시설로서 발생하는 폐수를 전량 위탁처리하는 것 15) 단란주점으로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 150제곱미터 미만인 것 16) 안마시술소, 노래연습장

출처: 건축법 시행령 재구성(국가법령정보센터)

- 상업용 건물 중 대형 오피스빌딩, 백화점, 호텔, 병원과 같은 에너지다소비건물은 일반적인 상업건물과는 다른 특성을 가지고 있어, 다수의 일반 상업건물과는 별도로 분석하는 것이 적합하다고 판단되어 연구대상에서 제외하였다. 건물의 표준 에너지소비량을 산출할 수 있는 표준모델의 개발은 통계분석을 기반으로 하기 때문에 소수의 대형 에너지다소비건물의 영향을 최소화 하는 것이 더 효과적이기 때문이다.

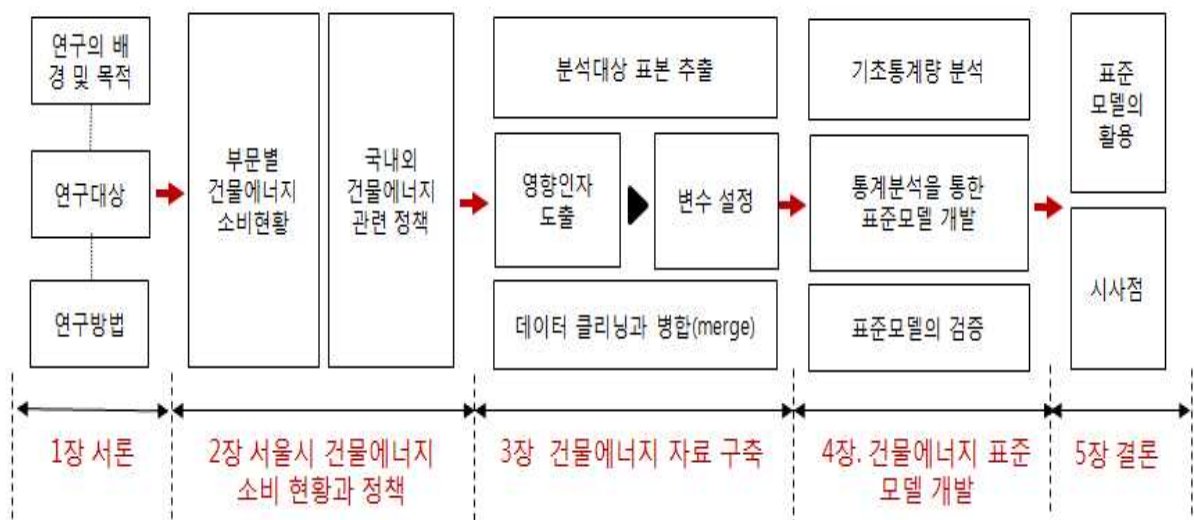
3) 연구방법

(1) 실증연구

- 실증연구는 수치화된 자료를 수집하고 계량화하여 변수와 변수간의 관계를 밝혀 인과관계를 도출하는 연구방법으로 객관적이고 정밀한 연구를 할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 서울시 건물에너지 표준모델의 적용가능성을 높이기 위해 표본성이 높은 기초데이터를 선택하여 자료를 구축하였다. 기존의 여러 건물에너지 소비관련 연구에서 사용한 자료는 실제 존재하는 건물의 일부만을 대상으로 하여 표본성이 약했기 때문에 본 연구에서는 국토교통부에서 구축한 국가 건물에너지 통합DB의 방대한 건물에너지 자료를 취득하여 표준모델을 개발하였다.

(2) 연구흐름도

- 본 연구는 아래 [그림 1-3]과 같은 과정으로 진행하였다. 1장은 연구의 서론으로 연구의 배경 및 연구대상, 연구방법을 정리하였고, 2장에서는 다양한 통계자료를 검토하여 건물에너지 소비현황과 정책현황을 분석하여 시사점을 도출하였다. 3장에서는 표준모델 개발을 위한 서울시 건물에너지 자료구축을 하였다. 자료구축에는 표본추출과 건물에너지소비 영향인자 도출, 변수설정, 데이터 클리닝과 병합하는 과정이 포함되었다. 4장에서는 앞에서 구축 완료된 자료를 기반으로 기초통계량과 통계분석을 통해 서울시 가정·상업부문 건물에너지 표준모델을 개발하였다. 마지막으로 5장에서는 개발된 표준모델을 활용하는 방안과 정책적 시사점을 제시하였다.



[그림 1-3] 연구 흐름도

(3) 연구의 한계

- 표준모델 개발은 국가 건물에너지 통합관리시스템의 DB자료(이하 통합DB)를 기반으로 하였다. 이 연구에서 활용한 통합DB에는 건물 세대나 호별 세대원 수, 연령, 소득 등의 주요 자료가 포함되지 않아 건물에너지소비에 큰 영향을 미치는 일부 변수가 표준모델에서 제외되었다는 점에서 한계점이 존재한다. 향후 통합DB가 주민등록전산정보시스템이나 관련 시스템과 연계가 되어 주요 변수를 추가한다면 보다 객관적이고 합리적인 표준모델을 개발할 수 있을 것이다.
- 또한 국토교통부에서 서울시 전수자료 제공은 불가능하다는 방침으로 서울시 가정·상업 부문의 건물 전체 자료를 제공받지 못하여 모든 건물의 특징을 반영하지 못했다는 한계점이 존재한다. 향후 관계부서와 원활한 업무협력이 개선된다면 전수자료를 활용할 수 있을 것이다.
- 통합DB의 기준이 되는 건축물대장의 항목에서 기인한 한계점도 존재한다. 건물의 에너지소비를 분석하기 위해서는 외단열, 내단열, 난방면적, 리모델링 유무, 방위 등의 정보가 무엇보다 중요한데, 현재 건축물대장의 건물 정보 속성에는 포함되지 않아 통합DB에도 관련 자료가 포함되어 있지 않다. 관련 정보가 건축물대장 또는 통합DB에 포함된다면 보다 의미있는 건물에너지 표준모델을 개발 할 수 있을 것이다.

제2장 서울시 건물에너지 소비현황과 정책

1. 서울시 건물에너지 소비현황
2. 건물에너지 관련 정책

1. 서울시 건물에너지 소비현황

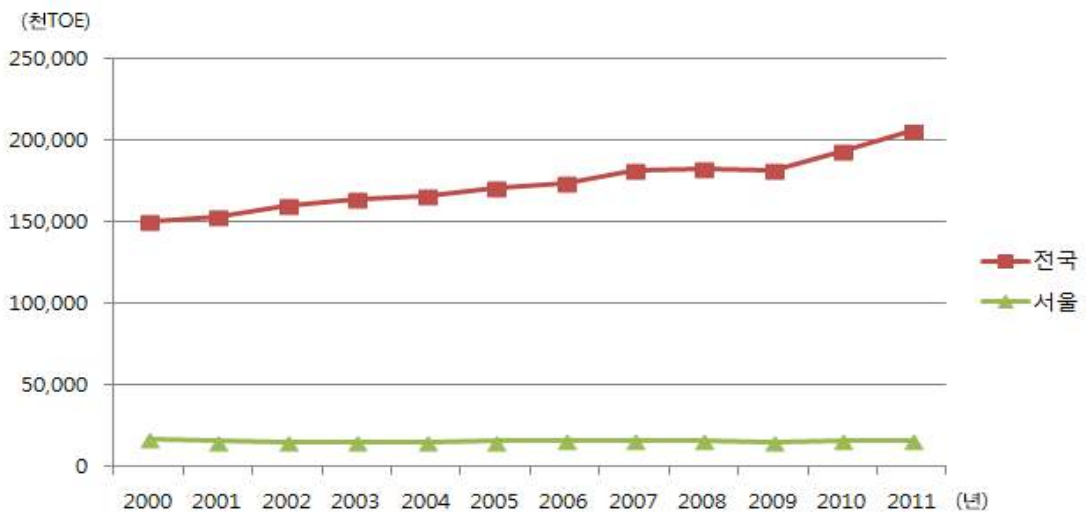
1) 연도별

- 서울시 에너지 소비량은 2011년 기준 15,496천TOE로 전국 전체 소비량의 7.5%를 차지하고 있으며, 이 비중은 해마다 감소하고 있다. 지난 2002년에서 2011년까지의 전국 에너지 소비 연평균 증가율은 3.0%로 매년 증가하는 추세인 반면에 서울시의 연평균 증가율은 0.1%로 큰 변화 없는 에너지소비를 보이고 있다.

[표 2-1] 전국과 서울의 연도별 에너지소비량 비교

연도	전국		서울		
	소비량 (천TOE)	전년대비 증가율(%)	소비량 (천TOE)	전국대비 비중(%)	전년대비 증가율(%)
2002	160,451	4.9	15,004	9.4	-2.6
2003	163,995	2.2	14,777	9.0	-1.5
2004	166,009	1.2	15,062	9.1	1.9
2005	170,854	2.9	15,182	8.9	0.8
2006	173,584	1.6	15,586	9.0	2.7
2007	181,455	4.5	16,008	8.8	2.7
2008	182,576	0.6	15,482	8.5	-3.3
2009	182,066	-0.3	15,027	8.3	-2.9
2010	193,832	6.5	15,717	8.1	4.6
2011	205,863	6.2	15,496	7.5	-1.4

주: 2007년 이후 열량은 개정 신열량 환산계수 적용
출처: 국가에너지통계종합정보시스템(에너지경제연구원)



[그림 2-1] 전국과 서울의 연도별 에너지소비 변화

2) 부문별

(1) 에너지소비 현황

- 서울시의 에너지소비량은 2011년 기준 15,496천TOE로 전국 소비량 205,863천TOE의 7.5%를 차지하고 있어, 인구(전국 인구¹⁾의 20.2%)나 경제(전국 지역내총생산²⁾의 22.8%) 집중도에 비하면 에너지 집중도는 낮은 편이다.
- 서울시 에너지소비는 전국과는 다른 특성을 나타낸다. [표 2-2]와 같이 부문별 최종에너지소비량에서 전국에너지 소비는 산업부문이 전체의 61.6%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 가정·상업부문과 수송부문이 각각 18.2%, 17.9%를 차지하고 있다. 반면에 서울시는 가정·상업부문이 전체의 55.9%로 가장 높은 비중을 차지하고, 수송부문이 29.9%, 산업이 7.7%, 공공기타가 6.5%를 차지하고 있다. 이것은 많은 에너지를 필요로 하는 대규모 산업시설이 서울시에 위치하지 않기 때문에 가정·상업부문의 에너지소비 비중이 산업의 에너지소비 비중보다 높게 나타난다.
- 서울시 가정·상업부문의 에너지소비량은 2011년 기준 총 8,664천TOE로 전국 가정·상업 부문 소비량(37,543천TOE)의 23.1%를 차지하고 있으며, 전국대비 서울시 총에너지소비 비중(7.5%)에 비해 높은 비중을 차지하고 있다. 이것은 서울시의 가정·상업부문 건물부문의 에너지소비 절감의 필요성이 특히 높다는 것을 의미한다.

[표 2-2] 2011년 부문별 최종에너지소비량

	산업		수송		가정·상업		공공기타		합계 (천TOE)
	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	
전국	126,886	61.6	36,875	17.9	37,542	18.2	4,560	2.2	205,863
서울	1,197	7.7	4,631	29.9	8,664	55.9	1,004	6.5	15,496
전국대비 서울시 비중	0.9%		12.6%		23.1%		22.0%		7.5%

출처: 국가에너지통계종합정보시스템(에너지경제연구원)

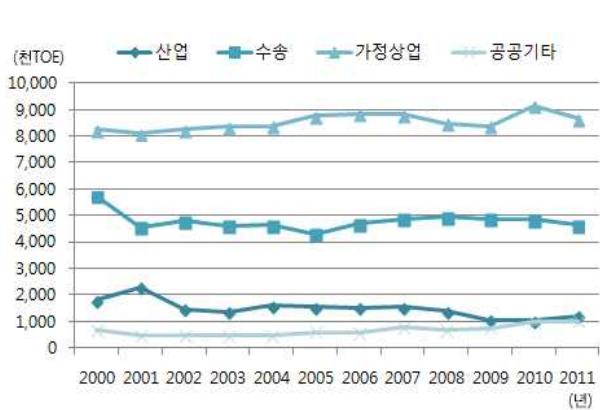
(2) 에너지소비 변화추이

- 서울시 부문별 에너지소비 추이를 보면, 산업부문의 에너지소비는 2000년에는 1,791천 TOE로 서울시 전체 에너지소비의 10.9%를 차지하였으나 2011년에는 전체의 7.7%인

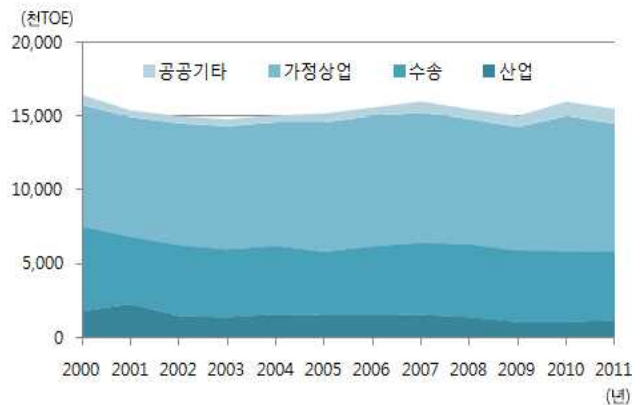
1) 2011년 주민등록인구-서울: 10,249,679명, 전국: 50,734,284명, 국가통계포털(<http://kosis.kr>)

2) 2011년 지역내총생산-서울: 282,944,907백만원, 전국: 1,241,582,125백만원, 국가통계포털(<http://kosis.kr>)

1,197천TOE로 줄어들었다. 수송부문은 2000년 서울시 전체소비의 34.9%인 5,734천TOE에서 2011년에 4,547천TOE로 감소한 이후에 큰 변화 없는 소비량을 나타냈으며, 2011년에는 서울시 전체 소비의 29.8%인 4,631천TOE이었다. 반면, 가정·상업부문의 에너지 소비는 2000년에 전체 소비량의 50.1%인 8,241천TOE이었으나 2011년에는 전체의 55.9%인 8,664천TOE로 증가하였다. 공공기타 부문도 꾸준히 소비가 증가하고 있는 것으로 나타났다. 산업부문은 서울시의 전반적인 제조업의 감소 추세³⁾에 따라 에너지소비량 역시 감소추세이다. 수송부문은 2000년대 초반 버스전용차로의 확대 등의 대중교통 인프라 확충으로 에너지소비가 급감 후 유지되는 추세인 것으로 분석된다. 가정·상업과 공공기타부문은 에너지소비가 꾸준히 증가하는 추세이기 때문에 에너지소비 절감에 대한 대책이 필요하다.



[그림 2-2] 서울시 부문별 에너지소비 변화



[그림 2-3] 서울시 부문별 에너지소비 변화(누적형)

3) 1994년 제조업 종사자수는 809천명이었으나 2004년에서 464천명으로 감소율은 43%에 이룸(서울특별시, 2006)

[표 2-3] 연도별 서울시 에너지소비량

연도	산업		수송		가정상업		공공기타		합계 (천TOE)
	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	
2000	1,791	10.9	5,734	34.9	8,241	50.1	684	4.2	16,450
2001	2,279	14.8	4,547	29.5	8,118	52.7	457	3.0	15,401
2002	1,467	9.8	4,802	32.0	8,263	55.1	472	3.1	15,004
2003	1,366	9.2	4,612	31.2	8,350	56.5	448	3.0	14,776
2004	1,586	10.5	4,625	30.7	8,385	55.7	466	3.1	15,062
2005	1,527	10.1	4,292	28.3	8,777	57.8	587	3.9	15,183
2006	1,512	9.7	4,674	30.0	8,847	56.8	552	3.5	15,585
2007	1,551	9.7	4,870	30.4	8,829	55.2	758	4.7	16,008
2008	1,380	8.9	4,942	31.9	8,493	54.9	666	4.3	15,481
2009	1,044	6.9	4,857	32.3	8,380	55.8	747	5.0	15,028
2010	1,023	6.4	4,846	30.3	9,153	57.2	969	6.1	15,991
2011	1,197	7.7	4,631	29.9	8,664	55.9	1,004	6.5	15,496

출처: 국가에너지통계종합정보시스템(에너지경제연구원)

3) 에너지원별

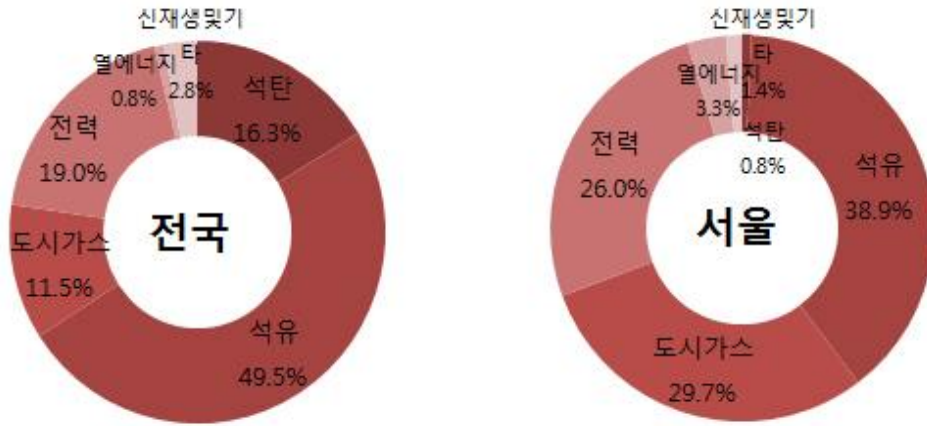
- 서울시의 에너지원별 에너지소비 패턴도 전국 전체에너지 소비와는 다른 특성을 보이고 있다. 2011년 에너지원별 에너지소비 비중은 전국에서는 석유가 49.5%로 가장 높은 비중을 차지하고 있고, 이어서 전력이 19.0%, 석탄 16.3%, 도시가스 11.5%, 신재생 및 기타 2.8%, 열에너지 0.8%의 비중을 나타내고 있다. 반면에 서울시에서는 석유가 38.9%로 가장 높은 비중을 차지하고 있고, 도시가스 비중이 29.7%로 전국에서의 비중보다 3배정도 높게 나타났다. 전력 또한 26.0%로 전국에서의 비중보다 높은 비중이며, 열에너지는 3.3%, 신재생 및 기타는 1.4%를 나타내고 있다. 석탄은 전국 비중이 16.3%임에 반해, 서울시는 0.8%로 매우 낮은 비중을 나타내고 있다.

[표 2-4] 2011년 전국과 서울시 에너지원별 소비량

(단위: 천TOE, %)

구분	석탄	석유	도시가스	전력	열에너지	신재생/기타	합계
전국	33,544	101,976	23,672	39,136	1,702	5,833	205,863
	16.3	49.5	11.5	19.0	0.8	2.8	100
서울	118	6,027	4,602	4,034	505	211	15,497
	0.8	38.9	29.7	26.0	3.3	1.4	100

출처: 국가에너지통계종합정보시스템(에너지경제연구원)



[그림 2-4] 2011년 에너지원별 소비 비중

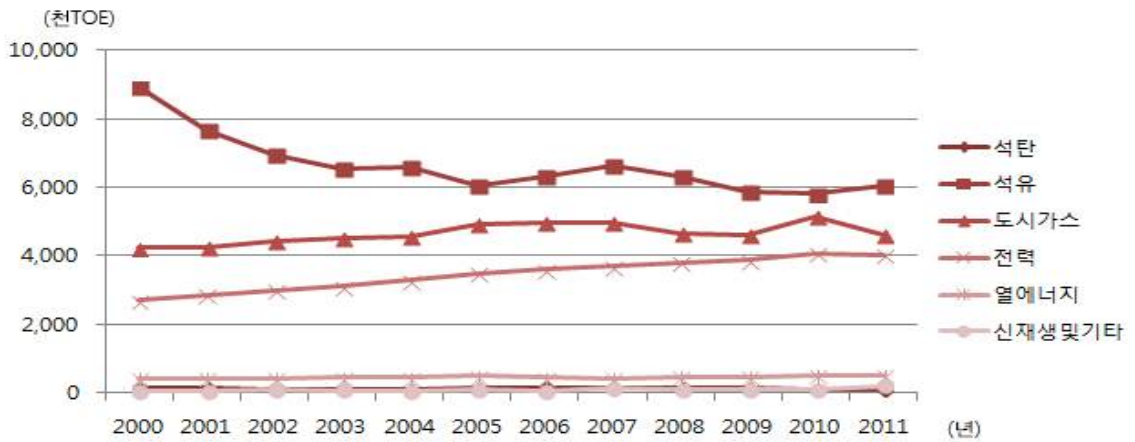
- 아래 그림과 같이 서울시의 에너지원별 에너지사용량에서 석유 소비량은 매년 줄어들고, 도시가스와 전력 사용량은 매년 상승하는 추세이다. 전체에너지 소비에서 낮은 비중을 차지하고 있는 열에너지, 신재생 및 기타 에너지원은 소폭 상승하여 일정한 비중을 유지하고 있다.

[표 2-5] 서울시 에너지원별 소비량

(단위: 천TOE, %)

연도	석탄		석유		도시가스		전력		열에너지		신재생 및 기타	
	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)	소비량 (천TOE)	비중 (%)
2000	136	1.1	8,910	54.2	4,226	25.7	2,699	16.4	437	2.7	39	0.2
2001	131	1.1	7,657	49.7	4,251	27.6	2,865	18.6	436	2.8	58	0.4
2002	114	0.9	6,937	46.2	4,428	29.5	2,999	20.0	434	2.9	88	0.6
2003	108	0.9	6,530	44.2	4,507	30.5	3,110	21.0	442	3.0	78	0.5
2004	117	1.0	6,577	43.7	4,566	30.3	3,286	21.8	440	2.9	74	0.5
2005	165	1.4	6,037	39.8	4,912	32.4	3,485	23.0	487	3.2	94	0.6
2006	168	1.4	6,329	40.6	4,977	31.9	3,596	23.1	442	2.8	70	0.4
2007	144	1.2	6,647	41.5	4,951	30.9	3,696	23.1	439	2.7	132	0.8
2008	144	1.2	6,321	40.8	4,667	30.1	3,792	24.5	462	3.0	95	0.6
2009	124	1.0	5,852	38.9	4,610	30.7	3,869	25.7	478	3.2	95	0.6
2010	117	1.0	5,800	36.9	5,127	32.6	4,067	25.9	510	3.2	97	0.6
2011	118	1.0	6,027	38.9	4,602	29.7	4,034	26.0	505	3.3	211	1.4

출처: 국가에너지통계종합정보시스템(에너지경제연구원)



[그림 2-5] 연도별 서울시 에너지원별 소비량 변화

- 서울시의 석유 소비량은 2000년 8,910천TOE로 전체 소비량의 54.2%였으나, 2011년에는 전체 소비량의 38.9%인 6,027천TOE로 감소하여 가장 큰 하락폭을 보였다. 반면, 전력 소비량은 2000년 2,699천TOE(전체의 16.4%)에서 2011년 4,034천TOE(전체의 26.0%)로 가장 큰 상승폭(9.6%)을 보였다. 도시가스 소비량은 2000년 기준 4,226천TOE(25.7%)에서 2011년에는 4,602천TOE(29.7%)로 4% 증가하였고, 열에너지 소비량은 2000년 437천TOE(2.7%)에서 2011년 505천TOE(3.3%)로, 신재생 및 기타에너지원은 2002년 39천TOE(0.2%)에서 2011년 211천TOE(1.4%)로 증가하였다.

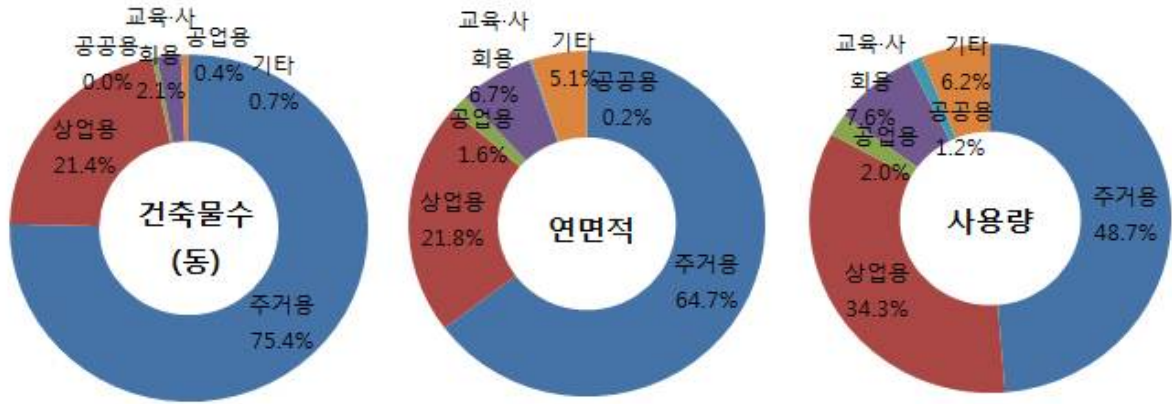
4) 건물용도별

- 국가 건물에너지 통합관리시스템에서는 서울시의 건물용도별 에너지소비 통계를 제공하고 있다. 건물용도는 주거용, 상업용, 공업용, 교육사회용, 공공용, 기타의 7가지로 구분되어있다. 2012년 서울시 건물용도별 에너지소비는 주거용이 전체 소비량의 48.7%인 4,290,270TOE로 가장 많은 소비량을 나타냈으며, 상업용 34.3%, 교육사회용 7.6%, 기타 6.2%, 공업용 2.0%, 공공용 1.2%의 비중을 차지하고 있었다.

[표 2-6] 2012년 서울시 용도별 현황 및 에너지소비량

구분	건축물 수(동)	연면적(m ²)	사용량(TOE)			
			전기	도시가스	지역난방	합계
주거용	438,506	396,432,724	1,219,829	2,672,760	397,681	4,290,270
상업용	124,228	133,453,367	1,626,425	1,366,003	26,290	3,018,718
공업용	2,562	9,738,860	144,264	33,764	2,154	180,182
교육·사회용	12,327	40,959,620	325,948	333,612	10,025	669,585
공공용	156	1,035,055	77,464	28,124	33	105,621
기타	4,021	31,085,188	114,487	366,612	66,521	547,619
총 합계	581,800	612,704,814	3,508,416	4,800,875	502,703	8,811,995

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템



[그림 2-6] 2012년 서울시 건물용도별 현황

- 건물수와 연면적에서도 주거용이 상업용보다 높은 비중을 차지하였다. 건물수는 주거용이 438,600동으로 전체 건물동수의 75.4%를 차지하여 상업용 건물 수(124,228동)보다 3.5배 많은 것으로 나타났다. 연면적에서는 주거용이 총 396,432,724㎡으로 전체의 64.7%를 차지하여, 상업용 건물의 연면적(133,453,367㎡)보다 2.9배 넓은 것으로 나타났다.
- 상업용 건물의 단위면적당 에너지소비량은 총에너지(전기+도시가스+지역난방)기준 0.023TOE/㎡로 주거용 건물 단위면적당 에너지소비량(0.011TOE/㎡)보다 2.1배 많은 것으로 나타났다.

[표 2-7] 2012년 서울시 건물용도별 단위면적당 에너지사용량

구분	단위면적당 에너지사용량(TOE/㎡)			
	전기	도시가스	지역난방	총에너지
상업용	0.012	0.010	0.000	0.023
주거용	0.003	0.007	0.001	0.011

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템

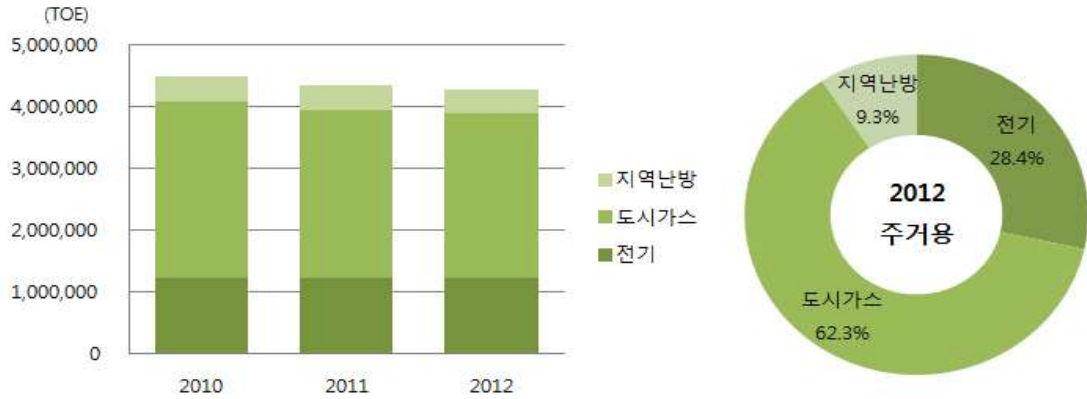
(1) 가정용

- 서울시 가정용 건물에너지 소비현황은 건물에너지 통합관리시스템의 주거용 건물에너지 통계를 통해 분석가능하다. 서울시의 2010년 기준 주거용 건물에너지 소비량은 4,498,469TOE로, 이후 매년 소폭으로 줄어들었다. 2011년은 전년도 대비 3.3%하락하여 4,351,329TOE, 2012년은 전년도 대비 1.4%하락하여 4,290,270TOE이었다. 주거용 에너지소비량에서 가장 높은 비중을 차지하고 있는 에너지원은 도시가스로 전체 소비량의 62.3%를 차지하고 있으며, 전기(28.4%)와 지역난방(9.3%)이 그 뒤를 잇고 있다(2012년 기준). [그림 2-7]과 같이 각 에너지원별 비율은 연도별 큰 차이 없이 유사한 비중을 보이고 있다. 지역난방은 난방공급관이 설치된 일부지역에만 공급되고 있기 때문에 소비 비중이 가장 낮은 것으로 분석된다.

[표 2-8] 서울시 주거용건물 연도별 에너지소비량

연도	전기		도시가스		지역난방		합계(TOE)
	소비량(TOE)	비중 (%)	소비량(TOE)	비중 (%)	소비량(TOE)	비중 (%)	
2010	1,232,250	27.4	2,865,526	63.7	400,693	8.9	4,498,469
2011	1,219,543	28.0	2,737,944	62.9	393,842	9.1	4,351,329
2012	1,219,829	28.4	2,672,760	62.3	397,681	9.3	4,290,270

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템



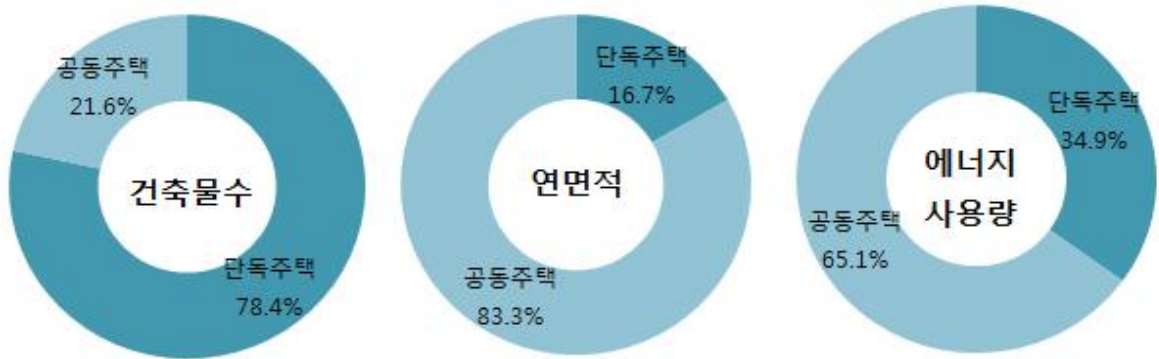
[그림 2-7] 서울시 주거용건물 연도별 에너지소비량과 에너지원별 비중

- 국가 건물에너지 통합관리시스템에서 주거용건물은 단독주택과 공동주택으로 분류되어 있다. 2012년 통계기준으로 주거용 건물동수는 단독주택(343,661동)이 공동주택(94,845동)보다 3.6배 많았으나, 연면적은 공동주택(330,414,674㎡)이 단독주택(66,018,050㎡)보다 5.0배 넓었다. 주거용 건물에너지 사용량 비중은 연면적의 비중과 유사하게 공동주택이 2,791,502TOE로 주거용 건물전체 에너지사용량의 65.1%를 차지하고, 단독주택은 1,498,768TOE로 전체의 34.9%를 차지하고 있었다.

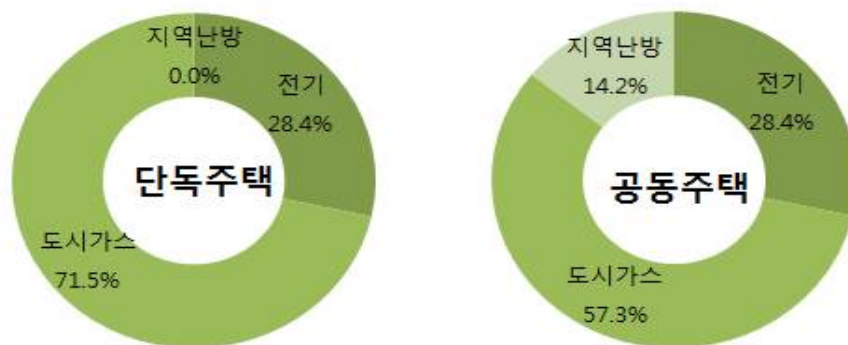
[표 2-9] 2012년 서울시 주거건물 현황 및 에너지소비량

구분	건축물 수 (동)	연면적(㎡)	에너지사용량(TOE)			
			전기	도시가스	지역난방	합계
단독주택	343,661	66,018,050	426,194	1,072,193	381	1,498,768
공동주택	94,845	330,414,674	793,635	1,600,567	397,300	2,791,502
합계	438,506	396,432,724	1,219,829	2,672,760	397,681	4,290,270

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템



[그림 2-8] 2012년 서울시 주거용건물 현황



[그림 2-9] 2012년 서울시 주거건물 에너지원별 소비비중

- 2012년 단독주택 총 에너지소비량의 71.5%가 도시가스 소비량으로 가장 높은 비중을 나타냈고, 그다음은 전기 소비량(28.4%)인 것으로 나타났다. 공동주택에서도 도시가스 소비량이 전체의 57.3%로 가장 높은 비중이었으며, 전기소비량은 전체의 28.4%, 지역난방 소비량은 전체의 14.2%인 것으로 나타났다. 공동주택에서는 지역난방이 공급되는 지역이 많아, 도시가스의 비중이 단독주택보다 낮게 나타난 것으로 분석된다.
- 가정용 건물 중 단독주택의 단위면적당 총에너지사용량은 0.023TOE/m²로 공동주택의 단위면적당 총에너지사용량(0.008TOE/m²)보다 2.7배 많은 것으로 나타났다. 단위면적당 전기 사용량은 단독주택이 공동주택보다 2.6배 많았고, 단위면적당 도시가스 사용량은 단독주택이 공동주택보다 3.4배 많은 것으로 나타났다.

[표 2-10] 2012년 서울시 가정용 건물 세부용도별 단위면적당 에너지사용량

구분	단위면적당 에너지사용량(TOE/m ²)			
	전기	도시가스	지역난방	총에너지
단독주택	0.006	0.016	0.000	0.023
공동주택	0.002	0.005	0.001	0.008

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템

(2) 상업용

- 2010년 상업용 건물에너지 소비량은 3,058,871TOE로, 이후 비슷하게 유지되고 있는 추세이다. 2011년은 전년도 대비 1.3%하락하여 3,017,965TOE를 나타냈고, 2012년에는 소폭 상승하여 3,018,718TOE를 나타냈다. 상업용 에너지소비량에서 가장 높은 비중을 차지하고 있는 에너지원은 전기(53.9%)이며, 도시가스(45.3%)와 지역난방(0.9%)은 그 뒤를 잇고 있다.

[표 2-11] 서울시 상업용건물 연도별 에너지소비량

연도	전기		도시가스		지역난방		합계(TOE)
	소비량(TOE)	비중(%)	소비량(TOE)	비중(%)	소비량(TOE)	비중(%)	
2010	1,628,609	53.2	1,402,976	45.9	27,287	0.9	3,058,872
2011	1,620,946	53.7	1,371,139	45.4	25,879	0.9	3,017,965
2012	1,626,425	53.9	1,366,003	45.3	26,290	0.9	3,018,718

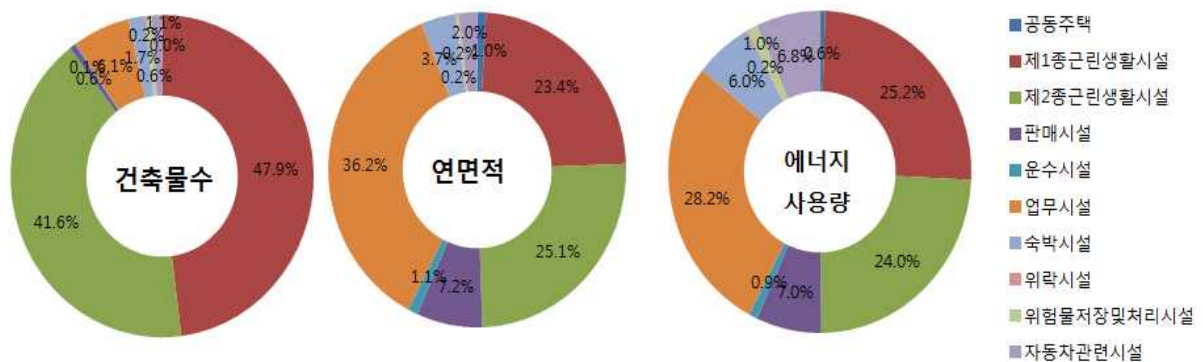
출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템

- 상업용 건물은 제1종 근린생활시설, 제2종 근린생활시설, 판매시설, 운수시설, 업무시설, 숙박시설, 위락시설, 위험물저장 및 처리시설, 자동차관련시설의 9가지 항목으로 분류되어 있다. 2012년 서울시 상업용 건물의 건물동수는 제1종 근린생활시설(59,565동)과 제2종 근린생활시설(51,709동)이 전체의 89.5%를 차지하며, 연면적은 48.5%(1종: 31,233,127m², 2종: 33,448,678m²)를 차지했다. 연면적에서는 업무시설이 36.2%(48,327,522m²)로 가장 높은 비중을 나타내고 있었다.
- 상업용 건물 에너지소비에서 가장 높은 비중을 차지하는 용도는 업무시설로 전체 상업용 건물에너지 소비의 28.2%인 850,078TOE를 소비하고 있는 것으로 나타났다. 그다음으로는 제1종 근린생활시설이 25.2%(761,406TOE), 제2종 근린생활시설이 24.0%(725,817TOE)를 차지하고 있었다. 이 3가지 용도의 건물에너지 소비량이 전체 상업용 건물에너지 소비량의 77.4%를 차지하고 있었다. 이외 용도로는 판매시설이 210,782TOE(7.0%), 자동차관련시설이 206,413TOE(6.8%), 숙박시설이 182,402TOE(6.0%)를 소비하는 것으로 나타났다.

[표 2-12] 2012년 서울시 상업용건물 이용현황

구분	건축물수 (동)	연면적 (㎡)	에너지사용량(TOE)			
			전기	도시가스	지역난방	합계
공동주택	37	1,300,148	6,048	6,748	4,481	17,277
근린생활시설	1종	59,565	421,360	336,521	3,525	761,406
	2종	51,709	33,448,678	424,442	300,060	1,316
판매시설	794	9,546,934	144,919	62,666	3,197	210,782
운수시설	178	1,464,301	19,045	8,416	0	27,461
업무시설	7,522	48,327,522	507,764	328,682	13,632	850,078
숙박시설	2,162	4,895,308	72,289	109,973	139	182,402
위락시설	203	238,495	3,856	2,212	0	6,068
위험물저장/처리시설	698	318,021	5,290	25,725	0	31,014
자동차관련시설	1,360	2,680,834	21,413	185,000	0	206,413
합계	124,228	133,453,368	1,626,425	1,366,003	26,290	3,018,718

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템



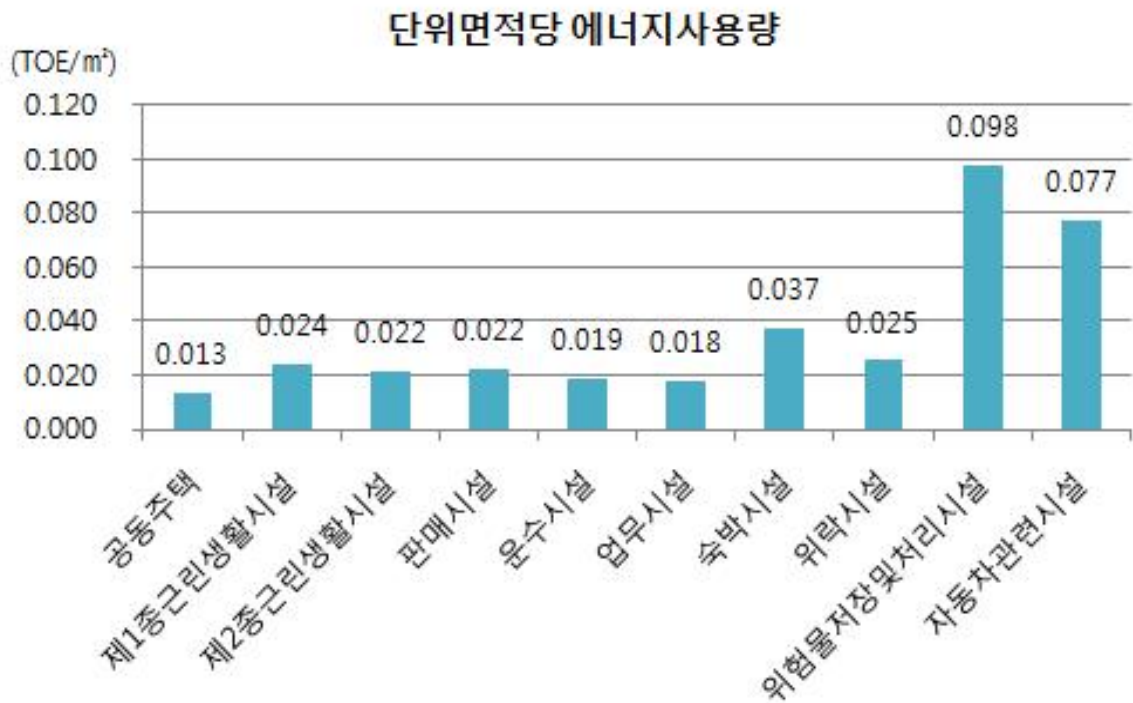
[그림 2-10] 2012년 서울시 상업용건물현황

- 상업용 건물 세부용도별 단위면적당 총에너지사용량은 위험물저장시설이 0.098TOE/㎡, 자동차관련시설이 0.077TOE/㎡의 소비량을 나타내어 상업용 건물 전체 단위면적당 총 에너지소비량(0.023TOE/㎡)보다 각각 4.2배, 3.3배 많은 것으로 나타났다. 에너지사용량 기준 상위 3개 용도인 업무시설, 제1종 근린생활시설, 제2종 근린생활시설의 단위면적당 소비량은 각각 0.018TOE/㎡, 0.024TOE/㎡, 0.022TOE/㎡으로 상업용 전체 평균 단위면적당 사용량과 유사한 값으로 나타났다.

[표 2-13] 2012년 서울시 가정용 건물 세부용도별 단위면적당 에너지사용량

구분		단위면적당 에너지사용량(TOE/m ²)			
		전기	도시가스	지역난방	총에너지
근린생활시설	제1종	0.013	0.011	0.000	0.024
	제2종	0.013	0.009	0.000	0.022
판매시설		0.015	0.007	0.000	0.022
운수시설		0.013	0.006	0.000	0.019
업무시설		0.011	0.007	0.000	0.018
숙박시설		0.015	0.022	0.000	0.037
위락시설		0.016	0.009	0.000	0.025
위험물저장/처리시설		0.017	0.081	0.000	0.098
자동차관련시설		0.008	0.069	0.000	0.077

출처 : 국가 건물에너지 통합관리시스템



[그림 2-11] 2012년 서울시 건물용도별 단위면적당 총에너지사용량

2. 건물에너지 관련 정책

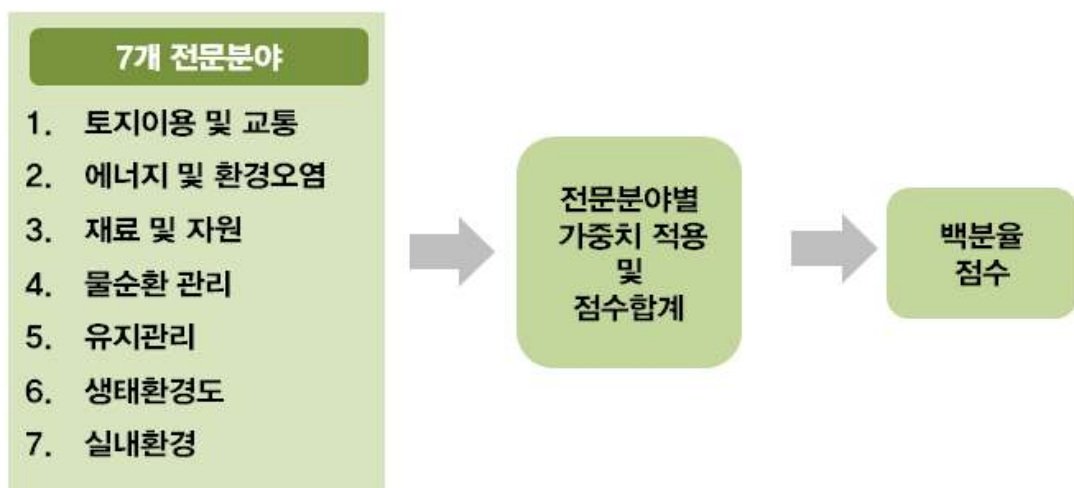
1) 국내

- 국내 중앙정부 차원의 건물에너지 관련 인증제도는 기존의 “친환경건축물인증제”와 “주택성능등급인정제”가 통합되어 시행된 “녹색건축물인증제”와 “건축물 에너지효율등급인증제”가 있다. 이 제도들은 지난 2013년 2월 “녹색건축물조성지원법”이 시행되면서 도입되었다.

(1) 중앙정부

① 국토교통부, 환경부의 녹색건축물 인증제도

- 녹색건축물 인증제이란 설계와 시공 유지, 관리 등 전 과정에 걸쳐 에너지 절약 및 환경오염 저감에 기여한 건물에 대한 친환경 건축물 인증을 부여하는 제도이다(녹색건축물조성지원법 제16조).
- 공동주택 50세대 이상은 인증 의무대상이며 그 외는 자율이다. 인증제도의 건물구분은 공동주택/업무용건물, 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건물, 복합건축물/소형주택으로 분류된다.
- 등급구분은 최우수(그린1등급), 우수(그린1등급), 우량(그린1등급), 일반(그린1등급)의 4개 등급으로 분류된다. 등급기준은 토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 재료 및 자원, 물순환 관리, 유지관리, 생태환경, 실내환경의 7개 전문분야의 평가항목별 점수 합산하여 부여한다(100점 만점).



[그림 2-12] 녹색건축물 인증제도 평가분야 및 평가방법

[표 2-14] 녹색건축물 인증등급별 점수기준

등급	공동주택		업무용건물, 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건물, 복합건축물		소형주택
	신축	기존	신축	기존	
최우수(그린1등급)	74	69	80	75	74
우수(그린2등급)	66	61	70	65	66
우량(그린3등급)	58	53	60	55	58
일반(그린4등급)	50	45	50	45	50

출처: 국가법령정보센터(법제처)

- 운영은 국토교통부와 환경부가 공동으로 총괄하며, 녹색건축 인증기준의 개정 및 관리를 위한 운영기관(한국건설기술연구원)과 녹색건축 인증기준을 심사하여 인증하는 인증기관(토지주택공사, 한국에너지기술연구원, 한국시설안전공단, 한국감정원, 한국환경공단, 한국환경산업기술원, 한국교육환경연구원, 크레비즈인증원, 한국그린빌딩협의회, 한국생산성본부인증원, 한국환경건축연구원)이 있다.
- 녹색건축 인증제(G-SEED: Green Standard for Energy and Environmental Design) 통합운영시스템이 2002년부터 시행되었으며, 혜택과 인센티브는 효율등급과 녹색건축인증을 동시에 받은 건물에 한하여 등급에 따라 받을 수 있다.

② 국토교통부, 산업통상자원부의 건축물 에너지효율등급 인증제도

- 건축물에너지효율등급 인증제도는 녹색건축물조성지원법 제17조에 따라 건축물의 에너지성능을 정량적이고 객관적인 정보로 제공함으로써 에너지성능이 높은 건축물에 대한 수요확대 및 효과적인 건축물에너지 관리에 대한 인식을 유도하기 위하여 건축물에 대한 에너지효율을 등급화(10개 등급)하는 제도이다.
- 연혁
 - 2001년 10월 산업자원부 고시로 건물에너지효율등급 인증제도 출범
 - 2009년 2월 6일 건축법 66조 2항으로 제정
 - 2009년 12월 31일 국토해양부/지식경제부 고시 개정
 - 2013년 2월 23일부터 녹색건축물조성 지원법에서 통합 시행
- 건축물 에너지효율등급 인증은 민간 건축물에 대해서는 자율적 인증이고, 2014년 9월 1일부터는 공공건축물(3,000㎡ 이상)의 신축과 별도 증축 시에는 인증취득이 의무가 될 예정이다. 인증기관은 한국건설기술연구원, 한국시설안전공단, LH토지주택연구원, 한국에너지기술연구원, 한국교육환경연구원, 한국환경건축연구원, 한국건물에너지기술원, 한국생산성본부인증원, 한국감정원의 9개 기관이다.

- 등급구분은 아래 [표 2-10]과 같이 10개 등급(1+++, 1++, 1+, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)으로 구분된다. 등급기준은 연간 단위면적당 1차에너지 소요량으로 산정식은 아래와 같다.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{단위면적당} & & \\
 \text{1차에너지 소요량} & = & \frac{\text{난방에너지소요량}}{\text{난방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 & + & \frac{\text{냉방에너지소요량}}{\text{냉방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 & + & \frac{\text{급탕에너지소요량}}{\text{급탕에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 & + & \frac{\text{조명에너지소요량}}{\text{조명에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 & + & \frac{\text{환기에너지소요량}}{\text{환기에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}
 \end{array}$$

[표 2-15] 건축물에너지효율등급인증 등급기준

단위: kWh/(m²·a)⁴⁾

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량	연간 단위면적당 1차에너지소요량
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

출처: 건축물 에너지효율등급 인증기준(국토교통부)

4) 현재 국내에서 단위면적당 에너지요구량 및 에너지소비량의 단위는 kWh/m²·y, kWh/m²·년 또는 kWh/m²·year 등으로 혼용되어 사용되고 있으나, 이 연구에서는 국제기준 ISO 13790에 따라 kWh/(m²·a)로 표기. a: annual

③ 국토교통부의 건축물 에너지 소비증명제도

- 녹색건축물조성지원법 제18조에 따라 건축물의 소유자 또는 관리자가 건축물을 매매하거나 임대하려는 경우에 거래계약서에 해당 건축물의 연간 에너지 소요량 또는 온실가스 배출량 등이 표시된 건축물 에너지효율등급평가서를 첨부해야하는 제도이다. 2013년 02월 23일부터 적용 되었으며, 에너지효율등급평가서 발급대상은 서울특별시를 시작으로 순차적으로 수도권과 전국으로 확대될 예정이다. 시기별 발급대상과 평가서 양식은 아래 표와 그림과 같다.

[표 2-16] 에너지효율등급평가서 발급대상 및 규모와 용도

구분	주거용 건물	주거용 이외의 건물
2013.02.23 부터	서울특별시에 위치한 500세대 이상의 공동주택 매매	서울특별시 소재 연면적 3,000㎡ 이상의 업무시설 매매
2014.01.01 부터	수도권 소재 500세대 이상의 공동주택 매매·임대	수도권 소재 연면적 3,000㎡ 이상의 업무시설 매매·임대
2016.01.01 부터	전국 500세대 이상의 공동주택 매매·임대	전국 연면적 3,000㎡ 이상의 업무시설 매매·임대

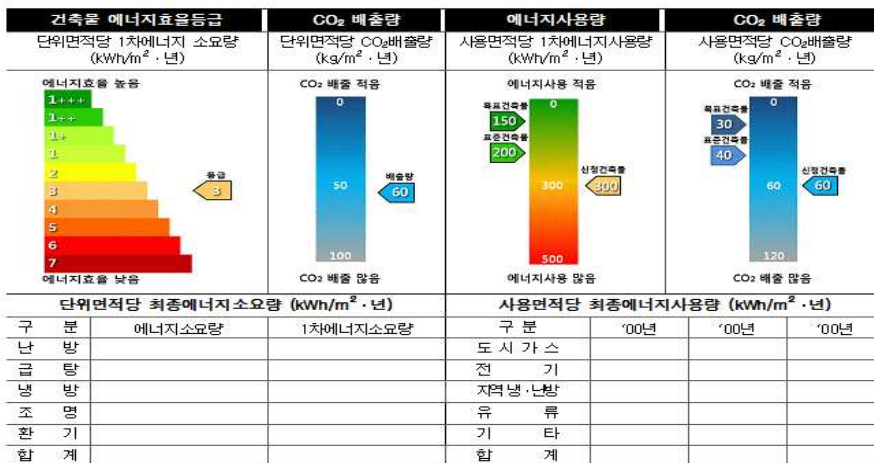
■ 녹색건축물 조성 지원법 시행규칙[별지 제8호서식]

건축물 에너지효율등급 평가서

[] 공동주택 [] 업무시설

* []에는 해당되는 곳에 √표를 합니다.

발급번호	발급일	처리기간	측시
건축물 현황	건축물명	준공연도	
	주소		
에너지효율등급 발급 개요	연면적/전용면적	㎡ / ㎡	주 용 도
	인증번호	거주 현황 [] 소유자 [] 전세 [] 월세 [] 기타	
	인증기관		
	인증일	발급 용도 [] 매매 [] 전세 [] 월세	
	인증등급		



「녹색건축물 조성 지원법」 제18조제3항과 같은 법 시행규칙 제8조제3항에 따라 건축물 에너지소비 증명을 위한 건축물 에너지효율등급 평가서([]공동주택 []업무시설)를 발급합니다.

년 월 일

특별자치시장
시장·군수·구청장
에너지관리공단의 장

직인

210mm×297mm[보편용지(1종) 120g/㎡]

[그림 2-13] 건축물 에너지효율등급 평가서

④ 에너지절약계획서 제출

- 녹색건축물조성지원법의 제14조에 따라 건축물의 건축허가를 신청하거나, 용도변경의 허가 신청 또는 신고, 건축물대장 기재내용의 변경을 신청하는 경우에 에너지 절약계획서를 제출하도록 한 제도이다.
- 에너지 절약계획서 제출대상은 연면적의 합계 500㎡ 이상인 건축물이며, 에너지 절약계획서의 양식은 녹색건축물 조성 지원법 시행규칙에 포함되어 있다. 또한 에너지절약계획서와 함께 국토교통부장관이 고시하는 건축물의 에너지 절약 설계기준에 따른 에너지 절약 설계 검토서와 설계도면, 설계설명서 및 계산서 등 건축물의 에너지 절약계획서의 내용을 증명할 수 있는 서류를 첨부해야 한다.

(2) 서울시

① 에코마일리지제도

- 서울에서 시행중인 에코마일리지제도는 가정, 학교, 기업에서 사용하는 전기, 수도, 도시가스, 지역난방을 절약한 만큼 마일리지 형태로 쌓아 인센티브를 지급하는 제도로 2009년 9월에 도입되었다.
- 시민들은 에코마일리지 홈페이지에 가입하면 매달 전기, 수도, 도시가스, 지역난방 사용량을 수집 및 관리 할 수 있으며, 관리부서에서 수집된 에너지 사용량을 6개월 주기로 체크하여 에너지 절감을 실천한 회원에게 인센티브가 제공되고 있다. 구체적인 인센티브 지급 기준과 지급방식은 아래와 같다.
 - 지급기준 : 가입 연월의 다음 달로부터 6개월 단위로 월평균 사용량이 이전 사용량(이전 2년간의 같은 기간 평균사용량)과 비교하여 탄소배출량 기준으로 10% 이상 절감 시 인센티브 지급
 - 탄소배출 감축량 산정 : 에너지 절감량과 에너지원별 탄소배출계수를 곱하여 산정
 - 지급방식 : 에코마일리지 카드를 발급받은 경우에는 에너지 절감 기준 달성 시 6개월마다 최대 5만 포인트 지급됨. 카드를 발급받지 않은 경우에는 멀티캡, LED전기스텐드 등의 고효율제품, 교통카드 충전권 등 다양한 상품을 제공함
- 에코마일리지제도 도입이 4년 이상 됨에 따라 인센티브제도 개선의 필요성이 커지고 있다. 기준사용량 대비 10% 이상 감축을 지속적으로 달성한 회원은 일정 수준이 되면 추가적으로 10% 이상 감축하는 것이 어렵기 때문에, 일정 기준 미만의 에너지소비를 유지하는 회원에게 인센티브가 지급되도록 하는 제도 개선이 필요하다.

② 건축물 에너지소비 총량제

- 녹색건축물조성지원법의 제11조에 따르면 시·도지사는 관할지역의 건축물에 대하여 에너지소비총량을 설정하고 관리할 수 있다. 이에 따라 서울시에서는 1년 동안 건물에서

소비하는 총에너지사용량을 건물 연면적으로 나누어 단위 면적당 에너지소비량이 일정 기준 이하가 되도록 대상건물의 건축심의, 인·허가 신청, 준공 또는 사용 승인시 건축물 에너지소비총량을 확인하고 있다.

- 서울시 건축물 에너지소비 총량제의 대상은 연면적 합계 3000㎡ 이상 신축 업무시설과 100세대 이상 신축 공동주택이다. 대상 건물의 에너지소비총량은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등 건물 에너지소비량을 종합적으로 평가하여 산정하고 있다. 에너지소비를 확인하기 위해 사용하는 프로그램은 BESS(Building Energy Simulation for Seoul)이다. 평가기준은 업무시설 280kwh/㎡·y 미만, 공동주택 190kwh/㎡·y 미만 이다.

③ 서울시 녹색건축물 설계 기준

- 2013년 2월 23일 “녹색건축물조성지원법”이 시행되면서 건축물 에너지관련 제도들이 강화됨에 따라, 이전의 서울시 녹색건축물 설계 가이드라인이 폐지되고 서울시 녹색건축물 설계 기준이 2013년 4월 1일부터 시행되었다. 이에 따라 서울시에서는 연면적 500㎡ 이상인 건축물로서 건축법 제11조 및 제19조에 따라 건축허가 및 용도변경을 신청하는 에너지절약계획서 제출 대상 건축물을 대상으로 아래 표와 같은 “서울시 녹색건축물 설계 기준”을 적용하고 있다.

[표 2-17] 서울시 녹색건축물 설계기준

분야	구 분		법적기준	서울시 녹색설계 기준	
건축물에너지 소비총량제	주거용(100세대이상 신축 공동주택)		없음	190kwh/(㎡·a) 미만	
	주거용이외건축물 (연면적 3000㎡이상 신축 업무시설)		자율	280kwh/(2등급 이상㎡·a) 미만	
성능 인증	건축물에너지효율등급 인증		자율	2등급 이상	
	녹색건축물 인증		자율	우수(그린2등급) 이상	
	에너지성능지표 평점 합계(EPI)		65점 이상	86점 이상(↑32%)	
절감 기술	단열성능 (평균 열관류율)	외벽 (창 및 문 포함)	주거 (공동주택 등)	0.66 W/㎡·K 미만	0.46W/㎡·K 미만(↑30%)
			비주거 (일반건축물 등)	1.18 W/㎡·K 미만	0.79W/㎡·K 미만(↑33%)
		지붕		0.18 W/㎡·K 미만	0.14W/㎡·K 미만(↑22%)
		바다		0.29 W/㎡·K 미만	0.20W/㎡·K 미만(↑45%)
	문 및 창호의 기밀성 확보		자율	2등급 이상	
	창 면적 비율제한		주거용 (공동주택 등)	없음	벽면율 50% 이상
			비주거용 (일반건축물)		벽면율 40% 이상
	LED 조명기기 전력량 비율		주거용 (공동주택 등)	자율	전체 조명설비 전력량의 5% 이상
			비주거용 (일반건축물)	자율	전체 조명설비 전력량의 10% 이상
	고효율 변압기 설치		자율	용도별 기준부하율 적용	
신재생에너지 설비	주거용(공동주택 등)		없음	신재생에너지공급율 1% 이상	
	비주거용(일반건축물)			신재생에너지공급율 5% 이상	

출처: 서울시 주택건축(<http://citybuild.seoul.go.kr>)

- 서울시는 2007년에서 2012년까지 녹색건축물 설계 가이드라인 시행으로 건축심의 기준 총 351건을 추진하였으며, 총 359,756TOE의 에너지를 절감한 것으로 조사되었다. 또한 서울시에서는 녹색건축인증 기준과 건물에너지효율 등급에 따라 인센티브를 지급하고 있다. 인센티브에는 신축 건축물의 취득세 감면(최고 15%), 건축물의 재산세 감면(최고 15%), 녹색건축(친환경건축물)인증 비용 지원(최고 100%), 환경개선부담금 경감(최고 50%), 녹색건축물 활성화대상 완화기준 적용(용적률, 높이, 조경면적)이 있다.

- 신축 건물의 취득세 감면

[표 2-18] 신축 건물 취득세 감면 기준

기준	최우수등급	우수등급
EPI ⁵⁾ 90점 이상이거나 건물에너지 효율 1등급	15%	10%
EPI 80점 이상 90점 미만이거나 건물에너지 효율 2등급	10%	5%

- 건물의 재산세 감면

[표 2-19] 건물 재산세 감면 기준

기준	최우수등급	우수등급	등급없음
건물에너지 효율 1등급	15%	10%	3%
건물에너지 효율 2등급	10%	3%	-
등급 없음	3%	-	-

- 녹색건축(친환경건축물) 인증 비용 지원

[표 2-20] 2012년도 친환경건축물 인증비용 지원계획

인증 등급	인증비용 지원내용
최우수(그린1등급)	100%
우수(그린2등급)	80%
우량(그린3등급)	70%
일반(그린4등급)	50%

※ 2013년도 인증비용 지원계획 변경시 변경기준에 따름

- 환경개선부담금 경감

[표 2-21] 등급별 환경개선부담금 경감률

녹색건축 인증 등급	부담금 경감률(%)
최우수(그린1등급)	50
우수(그린2등급)	40
우량(그린3등급)	30
일반(그린4등급)	20

- 녹색건축물 활성화대상 완화기준 적용(용적률, 높이, 조경면적)

[표 2-22] 녹색건축물 활성화대상 완화기준

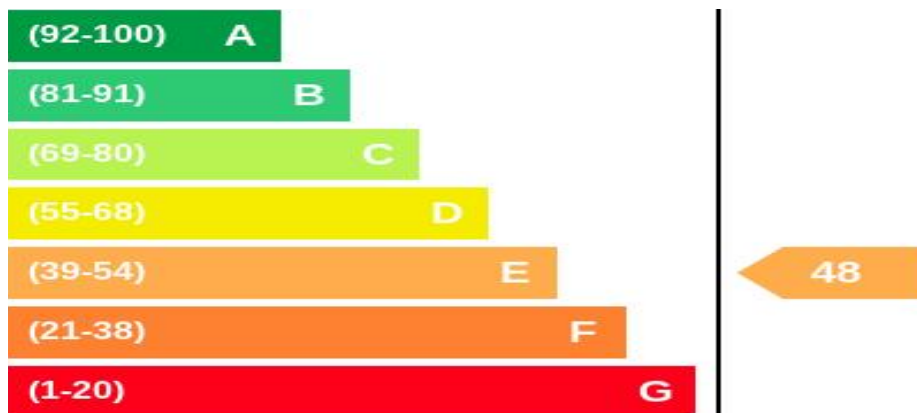
기준	최우수등급	우수등급
건물에너지 효율 1등급	12%이하	8%이하
건물에너지 효율 2등급	8%이하	4%이하

5) EPI(Energy Performance Index): 에너지성능지표

2) 국외

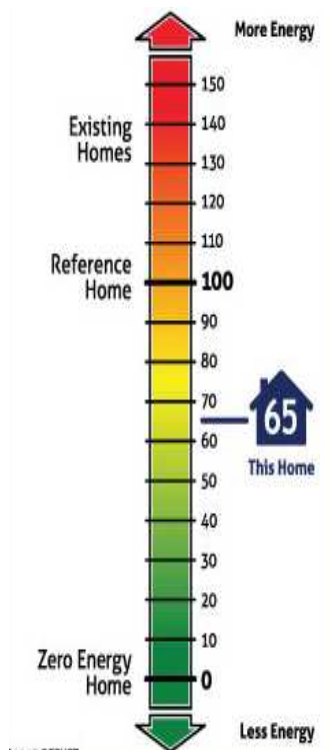
(1) 영국의 건물에너지성능 인증제도를 활용한 규제

- 영국은 건축법(Building Regulation) Part L에서 에너지절약기준을 규제하고 있다. 중앙정부의 지역사회·지방자치부(DCLG, Department for Communities and Local Government)에 의해서 발표된 최근 규정(Part L 2013)은 2014년 4월부터 법적 효력이 발효될 예정이다. 에너지성능은 NCM(National Calculation Methodology)를 사용하여 평가되며, 이는 SAP(주거용)과 SBEM(비주거용) 소프트웨어 툴에 적용한다.
- Part L 2013에서 사용하는 SAP(Standard Assessment Procedure) 2012은 신축 주거용 소프트웨어 툴로서 건물에너지 성능 평가(Appendix R)뿐만 아니라 에너지성능인증서(EPC, Energy Performance Certificates) 발급에도 사용될 예정이다. 이는 에너지 효율성(FEE, Fabric Energy Efficiency), 단위면적당 에너지 소비량, 신청주택의 에너지비용 평가지표(SAP rating), 건물 환경 성능지표(EI rating, Environmental Impact rating), 신청주택의 이산화탄소 배출률(DER, Dwelling CO2 Emission Rate), 표준건물의 이산화탄소 배출률(TER, Target CO2 Emission Rate)을 바탕으로 난방, 급탕, 환기, 조명에서 사용하는 연간 에너지비용과 이산화탄소 배출량을 산출한다.
- SAP rating은 난방, 급탕, 환기, 조명 에너지 소요량에 해당상수를 곱하여 에너지비용계수를 구하고, 이를 이용하여 값을 산출한다. 수치는 0부터 100까지의 값을 가지며, 숫자가 커질수록 적은 비용이 들어가는 것을 의미한다. 현재 주거용 건물의 평균 SAP rating은 약 45이고, 건축법에서 규정하고 있는 신축 주거용 건물의 SAP rating은 난방 연료 종류에 따라서 75-80을 요구하고 있다.
- EI rating은 연간 이산화탄소 배출량(kgCO₂/year)과 단위면적(m²)을 이용하여 값을 산출한다. DER은 시스템에 배출계수를 곱하여 산출하며, 이를 규제하기 위한 기준으로 동일한 산출방식의 TER가 있다. 수치는 0부터 100까지의 값을 가지며, 숫자가 커질수록 에너지성능이 우수하다.

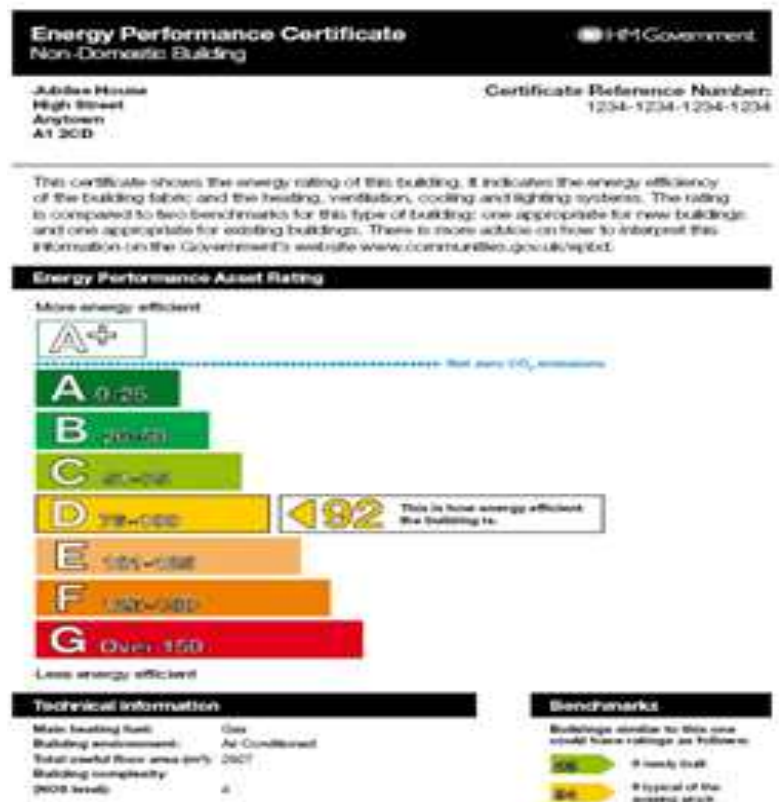


[그림 2-14] SAP 2012 rating example

- SBEM(Simplified Building Energy Model)⁶⁾은 비주거용 건물에 대한 에너지 소비량을 분석하는 소프트웨어 툴로서 월별 에너지 사용량과 이산화탄소 배출량을 계산한다. 이는 건축법 Part L2A 평가(2006년 이후)와 신축, 매매, 임대 등 부동산 거래를 위한 에너지성능 인증서 발급(2008년 이후)에 사용되고 있다.
- 이외에 규제 변화에 대응할 수 있도록 기존 소프트웨어 툴을 기반으로 cSAP(주거용)과 iSBEM_v5.2.a(비주거용)를 제작하고 무료로 배포하고 있다. 단, 위에서 언급한 건축법에 의한 에너지성능 평가와 인증서 발급에는 사용할 수 없다.
- 에너지성능인증서(EPCs, Energy Performance Certificates)는 에너지 평가사가 위에서 언급한 인증된 소프트웨어를 사용하여 설계도서에 의한 평가방법(Asset Rating)으로 작성한다. 에너지성능 등급은 A(most efficient)부터 G(least efficient)까지 표시되고, 유효기간은 최장 10년이다. 용도별로 주거용 건물은 2007년, 비주거용 건물은 2008년부터 의무화하였으며, 미첨부시 주거용 건물은 200파운드, 비주거용 건물은 최소 500파운드에서 최대 5,000파운드의 벌금이 부과된다.



[그림 2-15] 주거용 에너지성능 평가인증제도 HERS Index



[그림 2-16] 건물에너지 성능 인증서

6) 네덜란드 NEN 2916:1998 (Energy Performance of Non-Residential Buildings)을 기반으로 만들어졌으며, 최근 CEN 기준에 의해 수정

- 또한 2008년 10월 1일 이후부터 1000㎡ 이상 공공건물을 대상으로 에너지성능표시인증서(DEC, Display Energy Certificate)가 시행되었고, 2013년 1월 9일부터 500㎡ 이상(2015년 7월 9일부터 250㎡ 이상)으로 확대되었다. 단, 유효기간 1년은 1,000㎡ 이상 건물에만 적용된다(이외 건물은 10년). 에너지소비량 조사에 의한 평가방법(Operating Rating)으로 작성되는 에너지성능표시인증서 미첨부시 500파운드의 벌금이 부과된다. 이와 함께 기술적 개선 권고 사항을 기입한 보고서(Advisory Report)를 제시하지 않는 경우 1,000파운드의 벌금이 부과된다.
- 신축 및 기존 주거용 건물의 에너지성능을 평가하는 인증제도 HERS (Home Energy Rating system)는 미국 RESNET(Residential Energy Service Network)에 의해서 운영된다. 이는 Energy Star 인증에도 활용되고 있으며, 표준주택 및 단위세대 에너지소요량과 HERS Index를 산출하여 그 결과에 따라 등급이 결정된다. HERS Index는 0에서 150까지 나누어지고 숫자가 작을수록 건물의 에너지 효율이 높은 것을 의미한다. 표준주택은 HERS Index 100에 해당하는 건물로 HERS Index 70은 에너지절감 30% 이상, HERS Index 130(기존주택)은 에너지절감 30% 미만을 의미한다. 평가요소로는 외벽, 환기, HVAC⁷⁾ 시스템, 난방, 급탕, 냉방, 자동온도조절장치, 창문 및 문, 환기, 천장 및 지붕, 비공조 공간 위 바닥이 있다.

(2) 자발적 인증제도 : 영국의 BREEAM과 미국의 LEED

- 영국 BRE(Building Research Establishment)의 BREEAM(BRE Environmental Assessment Method)와 미국 USGBC(U.S. Green Building Council)의 LEED(Leadership in Energy and Environment)는 건물의 환경성능을 평가하기 위한 기준으로 자발적인 참여로 운영되고 있다.
- BREEAM는 건물의 유형에 따라 구분되며, 대표적인 평가도구로 EcoHomes 과 이를 모태로 하여 개발된 Code for Sustainable Homes이 있다. 평가항목은 유지관리, 건강과 웰빙, 에너지, 교통, 수자원, 재료, 토지이용 및 생태환경, 오염, 폐기물 부문으로 구성되고, 항목별로 취득한 점수를 백분율로 환산하여 등급을 부여한다. 등급은 Outstanding(85-100), Excellent(70-85), Very Good(55-70), Good(45-55), Pass(30-45) 등 총 5단계로 구분된다. 가장 최근 버전은 2011년에 개정되었으며, 2014년에 일부 기준이 업그레이드 될 예정이다.
- EcoHomes 첫 번째 버전이 2000년에 개발되었고, 세 번의 개정작업(Pre-2002, 2003, 2005)을 통하여 현재 2006년 버전이 시행중에 있다. 토지이용 및 생태환경, 교통, 에너지, 재료, 수자원, 오염, 유지관리, 건강과 웰빙 등 8개 항목으로 구성되고, 인증 등급은 4단계(Pass, Good, Very Good, Excellent)로 구분된다. 공공 지원 주거용 건물의 경우 2003년 Good 등급, 2005년 Very Good 등급을 의무화 하였다. 2007년 4월에 Code for Sustainable Homes이 개발되면서 신축 주거용 건물은 2012년 4월 8일부로 인증 기한이 만료되었고, 증·개축된 주거용 건물에 한해서만 시행되고 있다.

7) HVAC(Heating, Ventilation, Air Conditioning): 냉난방공조

- Code for Sustainable Homes은 2007년 자발적 참여로 운영되었고, 2008년 신축 주거용 건물을 대상으로 의무화되었다. EcoHome에 비해 최소 의무기준을 강화시키고 지표수, 폐기물에 대한 항목을 추가하였다. 인증 등급은 6단계(Level 1- Level 6)로 구분된다.
- LEED 첫 번째 버전이 1998년 8월에 개발되었고, 세 번의 개정작업(2000년 LEED 2.0버전, 2002년 LEED 2.1버전, 2005년 LEED 2.2버전)을 통하여 2009년 이후부터 LEED 3.0 버전이 현재 시행중에 있다. 주택, 신축건물, 기존건물, 상업(Commercial Interiors), 코어 및 외피(Core & Shell), 학교, 의료시설, 상점(Retail), 지역개발(Neighborhood Development) 등 9개 부문을 대상으로 운영되고 있으며, 각각 다른 검토항목과 평가방법을 적용하여 등급을 부여한다. 또한 친환경성능을 인증받기 위해 기본적으로 만족해야하는 기본요구조건(Prerequisites)도 제시하고 있다. 현재(2013년 8월 기준) 미국 전역의 7,000개 건물이 LEED 인증을 받았고, 오레곤 포트랜드시의 경우 모든 신축 및 주요 리노베이션 건물에 대하여 Gold 등급을 요구하고 있다.
- 신축건물, 기존건물, 학교, 상업 인테리어, 코어 및 외관은 지속가능한 부지계획, 효율적인 물 이용, 에너지 및 대기, 재료 및 자원, 실내 공기의 질, 혁신성과 디자인 프로세스, 지역특성 반영 등 7개 항목으로 구성되었으며, 총 배점은 110점이다. 등급은 Platinum(80-110), Gold(60-79), Silver(50-59), Certified(40-49)로 구분된다.
- 주택은 단독 및 다가구주택을 대상으로 2008년 1월부터 인증을 시작했다. 다른 유형의 건물에 비하여 대지위치와 연계성, 의식과 교육이 추가되어 총 9개 항목으로 구성되었으며, 총 배점은 디자인 혁신성의 보너스 포인트 11점을 포함하여 136점이다. 등급은 Platinum(90-136), Gold(75-89), Silver(60-74), Certified(45-59)로 구분된다.



[그림 2-17] LEED 평가제도 구성

- LEED 인증 시 연방, 주 및 지방 정부로부터 세금 공제(tax credits), 세금 우대 조치(tax breaks), 보너스(density bonuses), 수수료 할인(reduced fees), 우선 또는 빠른 처리(priority or expedited permitting), 무료 또는 저비용 기술 지원(free or reduced-cost technical assistance), 저리대출(low-interest loans) 등의 인센티브가 있다.
- 오하이오주 신시내티는 상업 및 주거용 건물이 Certified 등급 이상 취득할 경우 부동산에 부과되는 재산세를 100% 공제해 준다.
- 네바다주는 LEED 평가항목에 포함된 시공재료를 사용할 경우 지방세를 공제한다.
- 메릴랜드주는 2008년 고성능건물법(High Performance Building Act)하에 신축 공공건물과 7,500ft² 이상 건물 리모델링 시 최소 LEED Silver 등급 또는 친환경 인증 마크인 Green Globe 인증을 받아야 한다. 또한 공립학교 신축 및 리모델링 기준 충족을 위해 추가 되는 비용의 절반은 기금으로 지원한다.

3) 시사점

- 2013년 6월에 시행된 녹색건축물 인증제(건축법에 근거한 친환경건축물 인증제와 주택법에 근거한 주택성능등급 인정제 통합)는 기존에 지적되어 왔던 대상 및 인증 기준에 대한 중복 문제는 해소하였으나, 주거용 건물에 대한 에너지성능 기준은 오히려 완화시켰다. 이에 따라 주거용 건물에 대한 에너지 저감 방안을 지자체에서 별도로 마련할 필요가 있다.
- 평가 기준이 되는 표준건물(건축물 에너지소비증명제도)을 세분화하고 건물의 특징을 반영한 다양한 유형 및 기준을 제시하여 에너지 저감을 위한 기반을 마련해야 한다. 또한 에너지성능 평가를 위한 프로그램도 용도에 따라 구분하여 사용하여야 한다.
- 건물에너지관련 기존 정책과 신규정책 중에서 건축물에너지소비총량제의 대상 확대, 서울시의 에코마일리지제도 인센티브 개선안, 배출권거래제도의 기초자료로서 건물별 할당량 산정 등에 표준모델을 활용할 수 있을 것이다. 또한 녹색건축물 조성 지원법에 근거한 지자체 녹색건축 조성계획 수립을 위한 미래배출량 추정, 감축잠재량 평가, 감축아이템 평가 등의 기초자료로도 활용 가능하다.

제3장 건물에너지 데이터의 구성

1. 데이터 현황
2. 표준모델의 변수
3. 데이터셋 구축 프로세스

1. 데이터 현황

1) 국가 건물에너지 통합관리시스템 DB

- 본 연구에서는 국토교통부에서 수행중인 “국가 건물에너지 통합관리시스템 구축 사업”에서 구축한 서울시 건물에너지 통합DB 자료를 활용하였다.
- “국가 건물에너지 통합관리시스템 구축 사업”은 개별적으로 관리되던 건축물 정보와 에너지 정보를 매칭하여 통합DB를 마련하고 이를 활용할 수 있는 시스템을 구축하는 사업이다. 서울시 마포구 대상으로 1차 시범사업이 실시되었고, 2011년부터는 서울시 전체를 대상으로 건물에너지 통합DB를 구축 완료하였으며, 전국으로 확산해나가고 있다. 2011년 완료된 서울시의 구축물량은 건물 330만 건, 에너지 810만 건으로 총 1,140만 건의 자료가 건물에너지 통합DB로 구축되었다. 2012년에는 인천과 경기도의 자료 1,530만 건이 건물에너지 통합DB로 구축 완료되었으며, 2013년에는 부산, 대구, 대전, 광주, 울산을 대상으로 총 1,100만 건의 자료가 건물에너지 통합DB로 구축되었다. 또한 구축된 자료를 기반으로 녹색건축포털(‘그린투게더’)과 건축물 에너지소비증명제 시스템이 개발되었다. 따라서 건물에너지 통합DB의 서울시 자료는 표준모델의 기초자료로 활용가능성이 매우 높다고 사료되어 분석대상 자료로 선정하였다.



[그림 3-1] 국가 건물에너지 통합관리시스템 DB 구축대상 및 구축절차

2) 데이터 표본추출

- 국토교통부에 국가 건물에너지 통합관리시스템 DB의 서울시 전체 건물자료를 요청하였으나 전수자료 제공은 불가능하다는 방침으로 서울시 전체 건물자료를 제공받지 못했다. 대신에 전수가 아닌 연구대상의 범위를 설정하여 자료를 제공받기로 협의하여, 국가 건물에너지 통합관리시스템 구축사업단(이하 구축사업단)에 표본 추출한 건물 자료를 요청하였고, 해당하는 건축물자료를 제공받았다.
- 연구대상 건물은 2011년 과세대장의 세대별 전수 자료를 모집단으로 하여 무작위 추출법(random sampling)을 적용하여 표본을 추출하여 선정하였다. 무작위 추출의 경우, 모집단(parameter)의 특성을 반영할 수 있는 장점이 있으므로 내적 타당성과 외적 타당성을 모두 만족 시키는 우수한 표본추출 방법이다.

(1) 가정부문 표본 설정

- 가정용 건물자료는 건축물대장을 근간으로 작성되는 과세대장자료(2011년)을 기준으로 표본을 추출하였다. 과세대장에는 호별용도 및 면적이 포함되고 재산세 부과를 위해 매년 일부 자료가 갱신되어 현실과의 일치성이 높은 편이라는 점에서 현황분석에서 주요한 자료로 사용되기 때문에 대상 자료로 선정하였다.
- 가정부문 건물 표본은 2011년 과세대장 기준 서울시 전체 주거가구(총 6,477,280호)에서 주택유형, 5대 권역, 승인일자, 주 구조, 위치별, 층수에 따른 높이, 가구원수의 7가지 변수별 경우의 수를 적용하여 12,400개(가구 기준)의 표본수를 도출하였다. 추가적으로 동일하거나 유사한 구조의 데이터를 추출하기 위한 배율 설정은 국토교통부와의 협의를 통해 10배 배율로 설정하여, 총 124,000호의 표본을 추출하였다.

(2) 상업부문 표본 설정

- 상업부문 표본은 상업용 건물에서 건물 수에서 가장 큰 비중을 차지하는 근린생활시설(1종과 2종 모두 포함/2012년 건축행정정보시스템 자료 기준 상업용 건물의 87.1%)을 대상으로 표본을 설정하였다. 상업부문 건물은 호별 자료가 존재하지 않아 건물 동별 자료를 수집하였고, 기존에 구축되어 있는 근린생활시설 건물의 필지별 데이터상의 주소 정보 총 95,891개를 상업부문의 표본으로 설정하였다.

3) 원자료의 구성

- 앞에서 설정한 부문별 표본에서 주소 자료를 추출하고 구축사업단에 상세 자료를 요청하여 원자료를 제공받았다. 제공받은 원자료는 다음 표와 같이 PNU⁸⁾ 대상리스트, 건축

물정보, 에너지 수용가정보, 에너지 사용량정보, 건물에너지 매칭정보의 5가지 항목으로 구분되어 있었다. 5가지 항목 중 에너지 관련 정보(에너지 수용가정보, 에너지 사용량정보, 건물에너지 매칭정보)는 에너지공급기관과 공동주택관리업체에서 받은 자료로 구성되어 있었다.

[표 3-1] 원자료의 구성

No.	구분	내용	구성(레이아웃)
1	PNU 대상리스트	추출대상의 “대지위치 및 지번” 리스트	KEY_NO, PNU, 시군구코드, 법정동코드, 대지/산, 본번, 부번
2	건축물정보	모든 건축물대장 정보만을 추출	KEY_NO, PNU, 건축물_PK ⁹⁾ , 상위_건축물_PK, 일반/집합구분, 대장종류, 건축물명칭, 동명칭, 호명칭, 주/부속구분, 용도, 구조, 지붕, 연면적, 지상층, 지하층, 사용승인일, 일련번호
3	에너지 수용가정보	에너지 수용가(계량기)의 위치 정보	KEY_NO, PNU, 에너지_기관코드, 에너지_고유번호, 건축물명칭, 동명칭, 층명칭, 호명칭, 전체주소, 일련번호
4	에너지 사용량정보	에너지 수용가에 대한 월별 사용량정보	에너지_기관코드, 에너지_고유번호, 사용년월, 사용량, 단위
5	건물에너지 매칭정보	에너지 수용가 기준의 건축물대장 간의 매칭된 정보	UFID ¹⁰⁾ , 에너지_기관코드, 에너지_고유번호, 건축물_유형_구분, 건축물_PK, 매칭_유형_코드

자료 : 국가 건물에너지 통합관리시스템 구축사업단 자료 재구성

(1) PNU 대상리스트

- PNU 대상리스트는 추출 대상 건물의 대지위치 및 지번 목록이다. PNU는 건물이 위치한 주소를 나타내는 주소코드로 19자리의 숫자 코드로 구성되어 있다. 즉, PNU 대상리스트는 표본추출 자료의 주소목록을 대상으로 PNU항목의 중복이 없도록 정렬하여 순번을 매겨놓은 목록이며, 일련번호(KEY_NO)가 부여되어 있다.

(2) 건축물정보

- 건축물정보는 PNU 대상리스트에 해당하는 건물의 건축물대장 정보를 추출하여 구성되어 있다. 건축물대장에서는 아파트와 같이 부분소유가 가능한 건축물은 집합 건축물로 분류하고 그 외 건축물은 일반 건축물로 분류한다.
- 건축물대장의 종류는 총괄표제부, 일반건축물, 집합표제부, 집합전유부의 5가지이다. 건

8) 주소코드(PNU): 시군구코드, 법정동코드, 필지구분, 본번, 부번 으로 구성된 19자리 코드

9) PK(Primary Key): 데이터베이스에서 자료를 고유하게 식별하는데 사용되는 속성

10) 공간정보참조체계(UFID, Unique Feature Identifier)

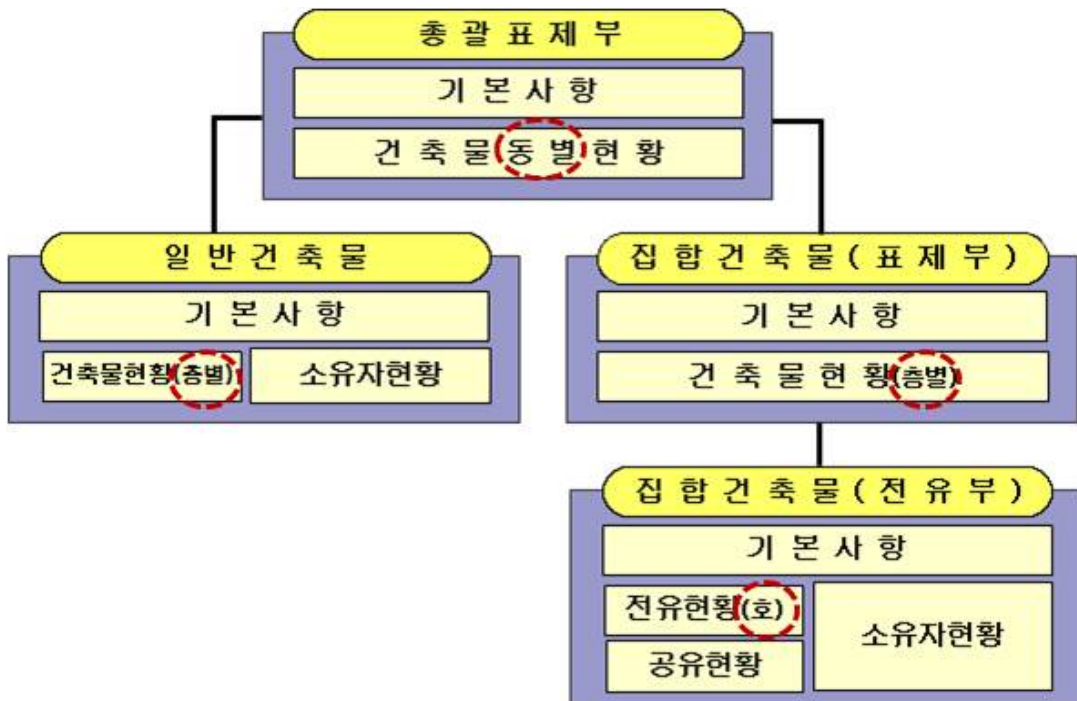
축물대장은 일반건물과 집합건물의 구분에 따라 아래 표와 같이 구분할 수 있다.

- 총괄표제부는 동일대지 내 2동 이상의 건물이 존재 시 기본사항과 건축물 동별현황을 표시하는 건축물대장이다.
 - 일반건축물대장과 집합건축물대장(표제부)은 건물 각 동의 층별 구조, 용도, 면적을 표시하는 건축물대장이다.
 - 집합건축물대장(전유부)은 건물 각 동의 층별 특정부분을 세분화하여 기본사항과 소유자 현황, 전유와 공유 부분이 기재된 건축물대장이다.
- 건축물정보의 ‘사용승인일’은 시장, 군수, 구청장이 사용승인을 하여 건축물대장이 생성되는 시점이다. 건축물대장에서 준공일자 는 기재되지 않는 경우가 많기 때문에 건물연도를 식별하는 정보로 ‘사용승인일’을 사용하였다.

[표 3-2] 건축물대장의 구분

건물구분	동일대지 내 2동이상의 건축물 존재시 동별현황 표시	건축물 각 동의 층별 정보를 표시	건축물 각 동의 층별 특정부분을 세분화
일반	총괄표제부	일반건축물	-
집합		집합건축물(표제부)	집합건축물(전유부)

자료 : 국가 건물에너지 통합관리시스템 구축사업단 자료 재구성



[그림 3-2] 건축물대장 표준화서식 구성

집합건축물대장(표제부, 갑)

고유번호		명칭	호수
대지위치		지번	도로명주소
※대지면적	㎡	업면적	㎡
건축면적	㎡	용적률 산정용 면적	㎡
※건축폐물	㎡	※용적률	㎡
※조경면적	㎡	※높이	㎡
		지용	지하: 층, 지상: 층
		건축선 후퇴면적	건축선 후퇴거리

건축물 현황					건축물 현황				
구분	종별	구조	용도	면적(㎡)	구분	종별	구조	용도	면적(㎡)

이 등(초)본은 건축물대장의 원본내용과 틀림없음을 증명합니다.

담당자
전화

발급일: 년 월 일

특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장 **직인**

* 표시 항목은 출납표제부가 있는 경우에는 기재하지 않습니다.

297㎡×210㎡[일반용지 60g/㎡(재활용용)]

[그림 3-5] 집합건축물대장(표제부) 서식

집합건축물대장(전유부, 갑)

고유번호		명칭	호수						
대지위치		지번	도로명주소						
전유부분					소유자 현황				
구분	종별	구조	용도	면적(㎡)	성명(영합)	주소	소유권 지분	반동일자	
					주민(법인)등록번호 (부동산등기용등록번호)				
공용부분					공용주택(아파트) 가격 (단위: 원)				
구분	종별	구조	용도	면적(㎡)	기 준 일		공용주택(아파트)가격		

이 등(초)본은 건축물대장의 원본내용과 틀림없음을 증명합니다.

담당자
전화

발급일자: 년 월 일

특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장 **직인**

* 공개력이 있는 구분외표지 경우에는 전유부분 구조란에 공개력이 있음을 기재합니다.

297㎡×210㎡[일반용지 60g/㎡(재활용용)]

[그림 3-6] 집합건축물대장(전유부) 서식

(3) 에너지 수용가정보

- 공동주택의 공급기관 자료는 세대별로 구축되지 않아, 공동주택관리업체(이지스엔터프라이즈, 주택전산, 한국전산기술)의 세대별 관리비데이터를 연계한 자료로 구성된다.
- 에너지 수용가정보는 PNU 대상리스트에 해당하는 에너지 수용가(계량기)의 위치(PNU)와 이에 해당하는 건축물정보(명칭)가 포함된다.
- 에너지수용가 자료는 공급기관과 공동주택의 두 가지 자료로 구분된다. 공급기관 자료는 전기, 도시가스, 지역난방 각각의 공급기관(한국전력, 예스코, 한국지역난방공사 등)에서 제공한 자료이고, 공동주택 자료는 공동주택관리업체(이지스엔터프라이즈, 주택전산, 한국전산기술)에서 제공한 자료이다.
- 공급기관에서 구축한 공동주택의 전기와 지역난방 자료에는 단지단위의 사용량만 포함되어 있기 때문에 공동주택의 세대별 사용량을 파악하기 위해서는 공동주택관리업체의 자료를 활용해야 했다. 공동주택의 세대별 전기와 지역난방 사용량은 아파트 관리실에서 세대별로 검침한 후에 공동주택관리업체에 송부되고, 이것을 바탕으로 고지서가 출력되어 세대별로 배포되고 있기 때문이다. 따라서 구축사업단에서는 공동주택관리업체의 시스템을 연계하여 공동주택의 세대별 자료를 구축하였고 이 자료를 제공받았다.

(4) 에너지 사용량정보

- 에너지 사용량정보는 PNU 대상리스트에 해당하는 에너지 수용가(계량기)에 대한 월별 사용량 정보이다. 사용량정보는 에너지 수용가 정보와 마찬가지로 공급기관과 공동주택의 두 가지 자료로 구분되어 있었다. 에너지 사용량 정보는 2010년 1월부터 2012년 12월까지의 36개월간의 정보였으며, 공급기관에 따라 사용하는 에너지사용량 단위가 다르기 때문에 에너지 사용량정보에는 사용량을 나타내는 숫자 값뿐만 아니라, 공급기관코드, 사용량 단위코드도 포함되어 있었다.

① 전기와 지역난방

- ‘공급기관’ 자료의 전기와 지역난방 사용량은 아파트의 경우 단지 전체의 사용량이며, ‘공동주택’ 자료의 전기와 지역난방 사용량은 세대별 사용량 자료다. 따라서 ‘공동주택’ 자료의 전기사용량과 지역난방 사용량을 분석대상 자료로 사용하였다. 구축사업단에서 제공받은 지역난방 자료는 온수용과 난방용으로 구분되지 않은 총사용량 자료였다.

② 도시가스

- 도시가스 자료는 공급기관에서 세대별로 직접 관리하기 때문에 공급기관과 연계하여 구축된 자료인 공급기관의 도시가스 자료는 세대단위의 자료였다. 따라서 본 연구에서는 공동주택자료의 도시가스 자료는 사용하지 않고 공급기관의 도시가스 자료만 사용하였다.

(5) 건물에너지 매칭정보

- 건물에너지 매칭정보는 PNU 대상리스트에 해당하는 에너지수용가(계량기)와 건축물정보를 매칭시킨 자료이다. UFID는 지번코드 19자리, 에너지자료 수집처 기관코드 10자리, 고유번호 20자리로 구성된 총 49자리의 지형지물 전자 식별자 코드이다.

(6) 데이터 현황

- 구축사업단으로부터는 가정부문과 상업부문의 2개의 데이터셋을 제공받았다. 각각의 데이터셋은 아래 표와 같이 PNU 대상리스트, 건축물정보와 전기, 도시가스, 난방으로 구분된 수용가정보, 사용량정보, 건물에너지매칭정보로 구성되어 각각 17개의 파일로 구성되어 있었다. 따라서 제공받은 파일은 총 34개 파일이었다.
- 가정부문 건물의 총 PNU 대상은 116,320개이며, 건물정보는 2,025,821개의 자료로 구성되어 있었다. 월별 에너지사용량 정보까지 모두 포함하면 총 152,886,103건의 자료를 가지고 있었다. 상업부문 건물의 총 PNU 대상은 95,891개이며, 건물정보는 212,826개의 자료로 구성되어 있었다. 상업부문의 월별 에너지사용량정보까지 모두 포함하면 총 32,420,362건의 자료를 가지고 있었다.

[표 3-3] 원자료 현황

대분류	소분류		가정부문(건)	상업부문(건)
	PNU 대상		116,320	95,891
	건물정보		2,025,821	212,826
공급기관 제공	수용가정보	전기(11)	994,999	592,609
		도시가스(12)	2,179,764	352,945
		난방(13)	742	56
	사용량정보	전기(11)	34,137,317	19,955,278
		도시가스(12)	66,896,717	10,032,569
		난방(13)	26,453	1,902
	건물에너지 매칭정보	전기(11)	1,190,640	567,185
		도시가스(12)	2,144,610	326,776
		난방(13)	721	51
공동주택관리 업체 제공	수용가정보	전기(11)	1,368,825	15,406
		난방(13)	488,061	738
	사용량정보	전기(11)	32,845,889	5,806
		난방(13)	7,076,684	240,705
	건물에너지 매칭정보	전기(11)	961,732	9,999
		난방(13)	430,808	9,620

2. 표준모델의 변수

1) 모델의 변수

- 선행연구 분석결과 건물에너지 소비량에 영향을 미치는 요소는 건물의 물리적 특성, 기후, 가구 특성으로 분류할 수 있었다. 이 중에서 원자료에 포함된 활용 가능한 데이터를 선정하여 표준모델의 변수로 설정하였다.

[표 3-4] 건물에너지소비 선행연구의 적용변수

학자	방법론	적용 변수
김동균 외 (2011)	energyplus 시뮬레이션	위치, 건물 용도, 건물 규모(e.g. 지하 1층 지상 5층), 연면적, 건물 면적, 방위, 적용시스템(중앙공조, 개별공조), 창호
박정규 외 (2013)	상관관계분석/도식화기법	준공년도, 건물의 배치(남서향, 남동향, 남향, 북서향, 북동향, 북향, 동향, 서향), 건물의 형태, 엘리베이터 대수, 지상층수, 기준층 층고, 기준층 천장고, 기준층 면적, 지하주차장면적, 연면적, 외피면적, 비전파트면적, 외피면적대비 비전파트면적, 코어유형(중심 코어, 편심 코어), 식당(식당운영, 식당미운영), 건물의 외피(외피재질(일반유리, Low-e), 이중외피유무(이중 유리창, 단 유리창), 펌프시스템(급탕방식(중앙식, 개별식), 급수방식(고가수조, 부스터, 고가수조/부스터)), 공조시스템(FCU(설치, 미설치), 공조방식(층별공조, 중앙공조)), 냉각탑유형(개방형, 밀폐형, 개방형/밀폐형), 냉동기 종류(전기식, 흡수식, 전기/흡수식), 공조기 가동시간, 조명 시스템(스케줄제어(적용, 미적용)), 조명가동시간, 수전용량
강연희 외 (2011)	상관관계분석, 회귀분석	사업용 건물 업종, 전력소비량
서병선 외 (2012)	다중회귀분석	기상요인(풍향, 일조량, 강수량), 소비자의 사회문화적인 요인(사회관습에 의한 열수요가 월별, 요일별, 시간대에 따라 달리 나타나는 점을 더미 변수로 설정)
Marianne F. Touchie et al.(2013)	다중회귀분석	전기에너지 소비량, 경과 년수, 재실자 수, 유리, 유리 면적, 에어컨의 냉방능력
Jun Chen et al.(2013)	다중회귀분석	에너지(연간 전력 소비량), 건물(바닥면적당 연간 전력 소비량), 가구(방의 수, 가구원 수, 연간 소득, 가구원의 연령, 가구 내 설치된 에어컨의 수), 재실자의 행태(응답자의 나이, 겨울 에어컨 온도 설정, 일일 열 소비 시간, 여름 에어컨 온도 설정, 일일 냉방 소비 시간, 겨울 응답온열감(Thermal sensation vote), 착의량)
X.Y. Xu et al.(2014)	메타분석	가구원수, 인구, 에너지 요금, 가구소득, 개인인식, 소비행태, 냉·난방온도, 에너지효율, 거주 규모(House size), 재실, 실소유자 여부, 지역/소득/연령에 따른 인구 세분화, 방 개수/거주 인원수에 따른 주거 형태

(1) 종속변수

- 표준모델의 종속변수는 건축물대장 건물단위의 연간 에너지소비량으로 설정하였다. 에너지소비량은 전기, 도시가스, 지역난방의 3가지 소비량으로 구분되며 단위가 다른 에너지사용량은 아래 표와 같은 환산계수를 적용하여 한 개의 단위(kWh)로 환산하였다.

(2) 독립변수

- 표준모델의 독립변수는 건물에너지 소비량에 영향을 미치는 변수들로 구성하였다. 건물의 물리적 특성을 반영하는 건물용도, 건물연도, 층층수, 건물구조, 건물지붕은 더미변수로 설정하였고, 인문사회적 특성을 반영하는 변수로는 지역유형을 설정하였다. 계절과 기온을 반영하는 대표변수로는 월변수를 설정하였다. 마지막으로 건물연면적을 주요 독립변수로 선정하였다. 건물연면적은 건축물대장에 기재된 항목으로 대상 건물의 바닥면적(전용면적+공용면적)의 합계를 말한다.

[표 3-5] 에너지 단위별 적용 환산계수

구분	설명	변수	세대별 사용계량기 단위	적용 환산계수(kWh)
종속변수	총에너지	Y_t	-	1
	전기	Y_e	kWh	1
	도시가스	Y_g	Nm ³	12.27(2011년 12월 이전) 12.13(2012년 01월 이후)
			ton	47.1
			MJ	0.278
	지역난방	Y_h	kWh	1
			MWh	1000
			m ³	13.67
			Gcal	1162.8

2) 더미변수의 구성

- 본 연구에서 선정한 8개의 독립변수 중 7개의 변수는 더미변수(dummy variable)이다. 더미변수는 수량으로 표현되지 않는 질적변수를 통계분석을 위하여 숫자로 변환한 변수로, 0 또는 1의 어느 한쪽 값만 취하는 인공변수이다. 각각의 더미변수는 아래 표와 같이 분류항목을 설정하였다. 각 더미변수의 구분설정에 대한 설명은 다음과 같다.

[표 3-6] 독립변수 중 더미변수의 구성

건물용도	지역유형	건물연도	총 층수	건물구조	건물지붕	월
(가정)단독주택	도심권	1976년 이전	1~5층	철근콘크리트	철근콘크리트	1월~ 12월
(가정)공동주택	서북권	1977~1986년	6~10층	벽돌	기와	
(상업) 1종근린생활시설	서남권	1987~2000년	11층 이상	일반목	기타 ^{주3}	
(상업) 2종근린생활시설	동북권	2001~2010년		기타 ^{주2}		
기타 ^{주1}	동남권	2011년 이후				

주1: 건물용도의 가정부문 기타에는 근린생활시설이 포함되며, 상업부문 기타에는 문화및집회시설, 판매시설 등의 용도가 포함됨

주2: 건물구조의 기타에는 블록구조, 석구조, 프리캐스트콘크리트, 일반철골구조, 강파이프구조 등이 포함됨

주3: 건물지붕의 기타에는 슬레이트와 기타지붕이 포함됨

(1) 건물용도

- 가정부문과 상업부문의 건물용도는 건축법에서 정의한 분류를 기초로 하며, 연구대상에서 설정한 용도로 각각 설정하였다. [표 3-6]과 같이 가정부문 건물용도는 단독주택, 공동주택, 기타로 구분하였고, 상업부문 건물용도는 제1종 근린생활시설, 제2종 근린생활시설, 기타로 구분하였다.
- 가정부문의 기타용도 건물은 가정부문 건축물로 표본추출된 PNU에는 포함되나 건축물대장에는 단독주택과 공동주택이 아닌 다른 용도(제1종 근린생활시설, 제2종 근린생활시설)로 기재된 건물 자료이다. 마찬가지로 상업부문의 기타용도 건물 또한 상업부문의 표본추출된 PNU에는 포함되나 건축물대장에는 근린생활시설이 아닌 다른 용도(문화 및 집회시설, 판매시설 등)로 기재된 건물자료이다.

(2) 지역유형

- 지역유형은 제공받은 원자료에 포함되지 않은 주간인구비율과 같은 지리, 경제, 환경적 특성을 반영할 수 있는 대표 변수로 설정하였다. 서울시 지역유형의 구분은 아래 그림과 같이 2020 서울도시기본계획에서 정의한 서울시의 5대 생활권 기준으로 한다.
- 서울시의 생활권은 지형, 지세, 하천, 도로 등의 자연적 물리적 환경뿐만 아니라 도시의 성장과정과 영향권, 중심지 기능과 토지이용 특성, 행정구역과 교육학권, 주거지와 거주인구의 특성 등을 고려하여 설정되었다. 이에 따라 서울시의 5대 생활권(대생활권)은 도심권(중구, 종로구, 용산구), 동북권(동대문, 성동구, 광진구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구), 서북권(은평구, 서대문구, 마포구), 서남권(강서구, 양천구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구), 동남권(서초구, 강남구, 송파구, 강동구)으로 설정되었다.



[그림 3-7] 서울시 생활권의 구분

출처: 2020 서울도시기본계획

① 도심권

- 도심권은 종로구, 중구, 용산구를 포함하는 권역으로 국가행정, 외교, 경제 등의 중추기능이 집중되어 있다. 도심부 거주인구는 지속적으로 감소하고 있으며, 물리적 환경의 노후화가 나타나고 있다. 또한 도심부는 소규모 필지와 좁은 가로망 등의 옛 도시구조로 건물신축이 어려운 상태여서 개발이 정체되어 있고, 도심재개발 미시행지구는 사업시행이 장기화되면서 건물 신축과 개보수가 이루어지지 않고 있다.
- 2010년 기준 상주인구¹¹⁾는 483,293명으로 서울시 전체의 5.1%를 차지하며, 주간인구는 1,034,067명에 달한다. 상주인구 대비 주간인구비율을 나타내는 주간인구비율이 214.0% (서울시 평균 108.6%)로 5개 권역 중 가장 높은 고용 중심지의 특징을 보이고 있다.

② 동북권

- 동북권은 도심과 동북부 시외지역을 연결하는 관문으로 수려한 자연경관을 보유하고 있다. 대규모 아파트단지와 기성시가지내 노후주거지가 혼재되어 있으며 교통기반시설 및 각종 생활편익시설이 부족한 상황이다. 대학 등 교육기관과 연구기관이 산재되어 있다.
- 동북권의 상주인구는 2010년 기준 3,065,867명으로 서울시 인구의 32.1%를 차지하고 있고, 주간인구는 2,796,535명, 주간인구비율이 91.2%로 대생활권 중에서 가장 낮은 비율

11) 서울통계 (<http://stat.seoul.go.kr>)-상주(야간), 주간인구(2010년)

을 보이고 있는 주거기능이 우세한 지역이다. 또한 건축된지 30년 이상 경과한 노후주택의 비율이 도심권 다음으로 높고, 기반시설이 취약하여 노후주택이 밀집한 기성시가지지를 중심으로 주거환경개선에 대한 요구가 높게 나타나고 있는 지역이다.

③ 서북권

- 서북권은 마포구, 서대문구, 은평구를 포함하는 권역으로 풍부한 자연녹지를 보유하고 있다. 저층위주의 노후한 기성시가지가 많으며 상업문화기능 및 대학이 집중되어 있다.
- 서북권은 2010년 기준으로 상주인구가 1,110,547명으로 서울시 인구의 11.6%를 차지하고 있다. 또한 서북권의 사업체수와 종사자수가 서울시에서 차지하는 비율은 5개 생활권 중에서 가장 낮게 나타나고 있어 상업, 업무 등 고용기반이 취약한 상황이다. 마포와 신촌 일대에 업무 및 상업기능이 밀집해 있으나 그 기능은 미약한 실정이다. 또한 주택 유형 중 아파트보다 단독주택 비율이 높고 건축한지 30년 이상 경과한 주택비율도 높게 나타나는 등 노후화가 진행되고 있어 주거지 정비가 필요하다.

④ 서남권

- 서남권은 도심과 외곽 남서부를 연결하는 교통요충지로 권역내 산업기반이 잠식되었고 소규모 공장 등이 산재되어 있다. 기반시설이 미비하며 노후불량주택이 밀집되어 있으며 주거, 상업, 공업기능이 혼재되어 있고 생활편익시설이 부족하다.
- 서남권은 2010년 기준으로 상주인구가 1,110,547명으로 서울시 인구의 약 11.6%를 차지하고 있고, 인구밀도¹²⁾는 km²당 19,774명(서울시 평균 17,473명)으로 대생활권 중에서 가장 높은 수준이다. 일부 택지개발사업을 통해 조성된 지역을 제외하면 대부분 자연발생적으로 형성된 시가지이고, 서남권내 개발제한구역 등으로 지정되어 있는 지역은 도시계획규제로 인해 기반시설이 부족하고, 개발이 정체되어 있는 등 상대적으로 낙후되어 있어 생활환경 개선노력이 필요한 실정이다.

⑤ 동남권

- 동남권은 도심과 서울 남부지역을 연결하는 요충지로 토지구획정리사업 등을 통해 계획적으로 개발된 시가지이다. 국제업무 및 IT, 벤처 기능이 급성장 하였으며 대규모 중저층 아파트의 재건축시기가 도래되었다. 상대적으로 높은 소득 및 생활수준을 보인다.
- 2010년 기준 동남권의 상주인구는 1,995,557명이며, 주야간인구 비율은 124.4%(서울시 평균 108.6%)로 주거기능보다 업무기능이 우세한 지역이다. 또한 1970년 이후 시행된 대규모 토지구획정리사업을 통해 계획적으로 개발된 시가지로 도시기반시설은 비교적 잘 갖추어져 있다. 전체 주택의 80%가 아파트 및 연립주택이며, 토지구획정리사업과 택지개발사업을 통해 단기간에 대량 공급되어 주택의 건축연도가 비슷한 특징이 있다.

12) 서울통계(<http://stat.seoul.go.kr>)-주민등록인구(구별)(2010년)

(3) 건물연도

- 건물연도 더미변수는 10년, 20년 단위와 같이 일정한 숫자간격으로 분류한 구분이 아닌, 단열기준이 강화된 시점의 구분에 따라 재구성 하였다. 아래 표는 연도별 에너지 관계 법규의 재개정 현황이다. 이를 근거로 단열기준이 강화된 중요한 시점으로 1976년, 1987년, 2001년, 2011년을 선택하여 건물연도 더미변수를 구분하였다.

[표 3-7] 에너지관계 법령 주요 재개정 내용

실시일자	주요 제·개정 내용
1975년	건축물에 있어서의 에너지절약 조항
1976년	건축물에 있어서의 열손실방지 조항
1979년	건축물의 열손실 방지를 위한 단열재두께 규정
1980년	열관류율 제한
1982년	세부적인 열손실방지 조항
1984년	전국을 기후대에 따라 2개 지역으로 재조정
1985년	건축물에 대한 에너지절약 계획서 제출조항
1986년	에너지의 합리적 이용기준, 공동주택에 대해서는 단위면적당 난방부하의 상한치규정
1987년	전국을 기후대에 따라 3개 지역으로 재조정 에너지절약계획서의 서식지정
1988년	연면적 합계가 3,000m ² 이상인 판매시설추가
1988년	사무소건물의 에너지절약 설계기준
1992년	건축물의 열손실방지 조항 에너지절약 계획서 제출 조항
1992년	사무소건축물의 에너지절약 및 그 합리적 이용을 위한 설계기준 개정
1994년	숙박시설의 에너지절약 기준 목욕장·수영장의 에너지절약 설계기준 병원건축물의 에너지절약 설계기준
1995년	판매시설의 에너지절약 설계기준 사무소건축물의 에너지절약 설계기준
1999년	공동주택의 에너지절약 설계기준
2001년	단열기준 20% 강화
2003년	단열등급 분류 및 단열재의 두께 기준 규정
2008년	단열기준 강화
2011년	건축물의 에너지 절약설계기준 강화

(4) 층 층수

- 층 층수 더미변수는 건물의 층별 분포를 검토하고 적용법규에 따라 구분하여 구성하였다. 연구대상 건물의 대부분은 5층 이하(90% 이상)에 집중되어 있었다. 또한 건물 승강기 설치기준은 6층 이상의 연면적 2,000m² 이상인 건물(층수가 6층인 건물로서 각층 거실의 바닥면적 300m² 이내마다 1개소 이상의 직통계단을 설치한 건물은 제외)이기 때문

에 6층 이상은 다른 그룹으로 설정하였다. 11층 이상의 건물은 피난안전구역 설치기준이 적용되는 등의 다른 법적규제가 적용되기 때문에 별도로 분류하였다.

(5) 건물구조

- 건물구조에는 16가지 종류의 구조가 존재하였으나 자료 수 상위 3개에 해당하는 구조인 철근콘크리트, 벽돌, 일반목 구조가 전체 건물의 97.9%(가정), 93.9%(상업)을 차지하였다. 다른 13가지 구조는 2.1%(가정), 6.1%(상업)에 불과했다. 따라서 가장 많이 관측되는 철근콘크리트, 벽돌, 일반목 구조를 더미변수의 개별 항목으로 구성하였고, 나머지 구조는 기타 건물구조로 통합하였다.

[표 3-8] 분석자료의 건물구조별 비중

구분	철근콘크리트 구조	벽돌구조	일반목구조	기타 구조 ^주
가정	82.3%	15.5%	0.1%	2.1%
상업	78.7%	13.0%	2.2%	6.1%

주: 블록, 석, 기타조적, 프리캐스트콘크리트, 기타콘크리트, 일반철골, 경량철골, 강파이프, 기타강, 철골콘트리트, 철골철근콘크리트, 기차틸골철근콘트리트, 기타 구조 포함

(6) 건물지붕

- 건물지붕에는 4가지 종류의 지붕이 존재하였으나 자료 수 상위 2개에 해당하는 지붕유형인 철근콘크리트, 기와 지붕이 전체 건물의 96.0%(가정), 94.5%(상업)을 차지하였다. 다른 2가지 지붕은 4.0%(가정), 5.5%(상업)에 불과했다. 따라서 가장 많이 관측되는 철근콘크리트와 기와 지붕을 더미변수의 개별 항목으로 구성하였고, 나머지 지붕유형은 기타 건물지붕 유형으로 통합하였다.

[표 3-9] 분석자료의 건물지붕별 비중

구분	철근콘크리트 지붕	기와 지붕	기타 지붕 ^주
가정	94.4%	1.6%	4.0%
상업	89.4%	5.1%	5.5%

주: 슬레이트, 기타 지붕 포함

(7) 월

- 건물에너지 소비는 기후 및 계절에 따른 냉난방수요 변화로 차이가 발생하기 때문에 기후와 계절을 대표하는 변수로 1월부터 12월까지의 변수를 선정하여 더미변수를 구성하였다.

3. 데이터셋 구축 프로세스

- 표준모델 개발을 위해 국가 건물에너지 통합관리시스템 구축사업단에서 제공받은 34개의 원자료 파일을 데이터클리닝과 데이터병합을 통해 가정과 상업부문의 2가지 표준모델 개발용 데이터셋으로 구성하였다.

1) 데이터클리닝

(1) PNU 대상리스트

- 독립변수 중 하나인 지역유형을 식별하기 위하여 PNU 대상리스트 자료의 행정코드를 활용하여 건물이 속한 행정구를 구분하는 속성을 추가하였다. 구분된 25개 구 정보는 지역유형에서 설정한 서울시 5대 생활권으로 분류하여 새로운 변수로 추가하였다.

(2) 건축물정보

- 건축물대장에서 건축물은 일반건축물과 집합건축물로 구분되며, 하나의 지번(동일 대지)위에 2개동 이상의 건물이 존재하는 경우 총괄표제부를 작성하게 되고 동별 정보는 일반건축물 대장과 집합건축물대장(표제부)으로 작성된다. 집합건축물은 층별 특정부분을 세분화하여 집합건축물대장(전유부)으로 작성한다. 이에 따라 원자료에 포함된 건축물대장 종류는 5가지이고, 한 개의 건물에 다수의 건축물대장 정보가 포함되는 경우가 존재하여 분석에 필요한 건축물대장 정보만 선별하는 작업을 수행하였다. 따라서 제공받은 총괄표제부 정보와 집합건축물(표제부) 정보는 제거하여 분석대상 자료를 구축하였다. 최종적으로 일반건축물은 일반건축물대장, 집합건축물은 집합건축물대장(전유부)의 정보만을 선택하여 연구대상 자료를 구축하였다.

(3) 에너지 수용가 및 사용량 정보

① 에너지사용량 단위

- 원자료의 전기, 도시가스, 지역난방 사용량 자료는 12개의 서로 다른 단위로 구축되어 있어 단위변환 작업이 필요하였다. 사용량 자료의 서로 다른 단위들을 아래 표와 같은 환산계수를 사용하여 하나의 동일한 단위(kWh)로 변환하였다. 일부 사용량 자료에는 단위정보가 누락되어 추가 자료를 취득하여 보완하였다.

[표 3-10] 에너지 단위별 열량환산계수

단위	코드	적용 환산계수		비고
kWh	01	-		-
MWh	04	1MWh = 1,000kWh		산출근거 : 에너지법 시행규칙 5조①항
kcal	07	1kcal = 1 / 860 = 0.0011628kWh		
Mcal	06	1Mcal = 1.1628kWh		
Gcal	03	1Gcal = 1162.8kWh		
MJ	08	1MJ = (1/4.1868x10 ⁶ x10 ⁻³)/860kWh = 0.278kWh		
Nm ³ (도시가스)	02	~2011/12	1Nm ³ = 10,550/860kWh = 12.27kWh	
		2012/01~	1Nm ³ = 10,430/860kWh = 12.13kWh	
m ³ (난방)	10	1m ³ =11,753kcal=49.2MJ = 11,753/860kWh = 13.67kWh		
m ³ (온수)		1m ³ = 47.1kWh		
ton(온수)	05	1ton = 47.1kWh		
L(온수)	09	1L = 0.0471kWh		

출처: 국가건물에너지 통합구축사업단

② 수용가정보와 건축물정보의 통합

- 에너지 공급기관에서 제공받은 사용량 정보는 공급기관에서 관리하고 있는 수용가(계량기) 단위로 구축된 자료이기 때문에 수용가의 PNU와 건축물 정보를 연결하는 작업이 필요하였다. 이 작업은 건물에너지 매칭정보 자료를 기반으로 수행하였다. 공급기관 자료와 공동주택자료는 세대별자료를 기준으로 통합하였다. 통합된 자료에서 여러 개의 수용가 정보가 존재하는 일부 건축물은 해당 건축물에 속하는 수용가 정보의 에너지 사용량을 합산하는 작업을 수행하였다.

2) 자료의 병합(merge)

- 상업부문 건물정보 자료에서 건축물대장정보가 “집합전유부”인 경우에는 연면적 값이 모두 0으로 표기(건물정보 212,826건 중 111,412건)되어 있어, 구축사업단에 추가 자료를 요청하였다. 따라서 추가로 받은 집합전유부대장 정보(111,396건)를 기존 건물정보 자료에 병합하는 작업을 하였다. 집합전유부대장의 면적정보는 전유면적¹³⁾(전용면적)과 합산면적(전유면적+공용면적) 두 가지로 구성되어 있었는데, 이 중에서 합산면적을 선택하여 데이터를 병합하였다. 즉 연구에서 사용한 연면적 변수는 전용면적과 공용면적이 합쳐진 연면적 값이 사용되었다.

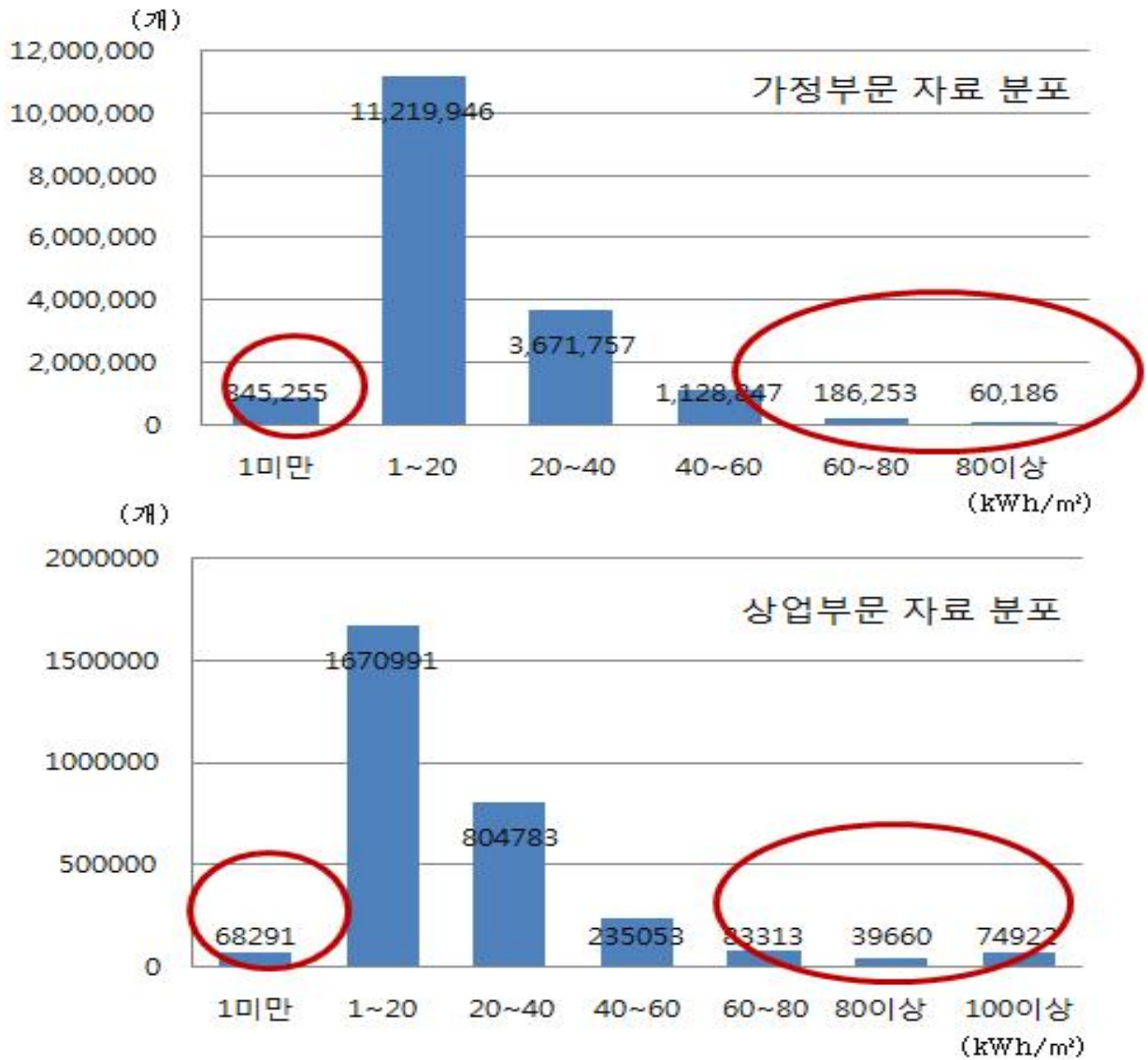
13) 집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률에서 나오는 개념으로, 구분소유권의 목적인 건물부분의 면적을 말한다. 건축물대장(전유부)에는 전유부분 면적과 공용부분 면적을 기재하도록 되어 있으며, 일반적으로 전유면적은 전용면적과 동일한 의미로 사용된다.

- 모델개발을 위해서는 사용량 자료와 건축물자료의 병합이 필요하였다. 우선 에너지 공급기관과 공동주택 관리기관에서 제공한 에너지사용량 정보를 각각 건축물대장 정보와 병합하여 하나의 자료로 구성하였다. 이 자료에서 에너지원별 단위면적당 에너지소비량을 산출하여 새로운 변수로 추가하였고, 설정한 더미변수의 구성 체계에 따라 35개의 변수를 추가하였다. 이러한 자료 병합과정을 거쳐 최종적으로 가정부문과 상업부문의 두 가지 데이터 셋이 완성되었다.

3) 이상치(outlier) 제거

- 병합된 자료의 단위에너지소비량 분포를 검토해보니 편차가 상당한 것으로 분석되었다. 일부 관측치¹⁴⁾는 평균값과 1000배 이상 차이가 났고, 이것은 이상치가 분석 자료에 상당수 존재한다는 것을 의미했다. 따라서 이상치를 제거하기 위한 자료구간을 재설정하였다. 각 관측치의 단위에너지소비량을 표준화하여 제거할 수도 있으나 이상치의 값의 크기가 매우 커서 표준화시 왜곡될 가능성이 있어, 기준 소비량의 상한값, 하한값을 정하고 관측수를 검토하여 이상치를 삭제하였다.
- 부문별 병합한 자료의 단위에너지사용량 구간별 분포는 아래 그림과 같다. 가정부문 원자료의 단위에너지사용량은 최소 0.0002kWh/m²에서 최대 22,262.80kWh/m²이었다. 이 중 상하위 5%의 값(상위5%값:45.78, 하위5%값:1.01)을 기준으로 이상치를 제거하였고, 제거 후의 단위에너지사용량 범위는 1.01kWh/m²이상 45.78kWh/m² 이하가 되었다. 상업부문 원자료의 단위에너지사용량은 최소 0.0002kWh/m²에서 최대 43,317.76kWh/m²이었다. 이 중 상하위 5%의 값(상위5%값:69.74, 하위5%값:2.45)을 기준으로 이상치를 제거하였고, 제거 후의 단위에너지사용량 구간은 2.45kWh/m² 이상 69.74kWh/m² 이하가 되었다.

14) 관측값(observed value): 관측에서 얻은 개개의 수치



[그림 3-8] 부문별 원자료 분포 및 이상치 제거 대상

- 이상치를 제거한 최종 연구대상 자료 중 가정부문은 82개의 변수를 가진 15,401,035건의 관측치로 구성되었고, 상업부문은 82개의 변수를 가진 2,679,312건의 관측치로 구성되었다. 따라서 연구대상 총 관측치는 18,080,347건이었다.

제4장 서울시 가정·상업부문 건물에너지 표준모델

1. 변수별 기초통계량
2. 건물에너지 표준모델
3. 표준모델의 검증

1. 변수별 기초통계량

1) 종속변수

(1) 에너지원별 비중

- 가정부문 자료의 에너지원별 비중은 도시가스가 전체(15,401,035건)의 92.2%(14,204,970건)로 가장 높은 비중을 차지하고, 전기는 79.6% (12,260,104건), 지역난방은 0.9%(136,979건)를 차지하고 있었다. 이것은 가정용 건물에서는 주로 도시가스를 사용하는 난방, 급탕, 취사 위주의 생활을 하기 때문에 나타난 현상으로 분석된다. 반면에 지역난방을 사용하는 건물자료는 상당히 낮은 비중을 차지하고 있었다.
- 상업부문 자료의 에너지원별 비중은 전기가 전체(2,679,312건)의 95.0%(2,545,539건)로 가장 높은 비중을 차지하고, 도시가스는 전체의 69.1%(1,852,203건), 지역난방은 0.03%(859건)을 차지하고 있었다. 상업용 건물은 주로 조명과 냉난방에 전기를 사용하고, 도시가스는 전기보다는 적게 사용되며, 지역난방은 가정부문보다 낮은 비중으로 사용된다.



[그림 4-1] 가정과 상업부문 건물에너지소비 에너지원별 비중

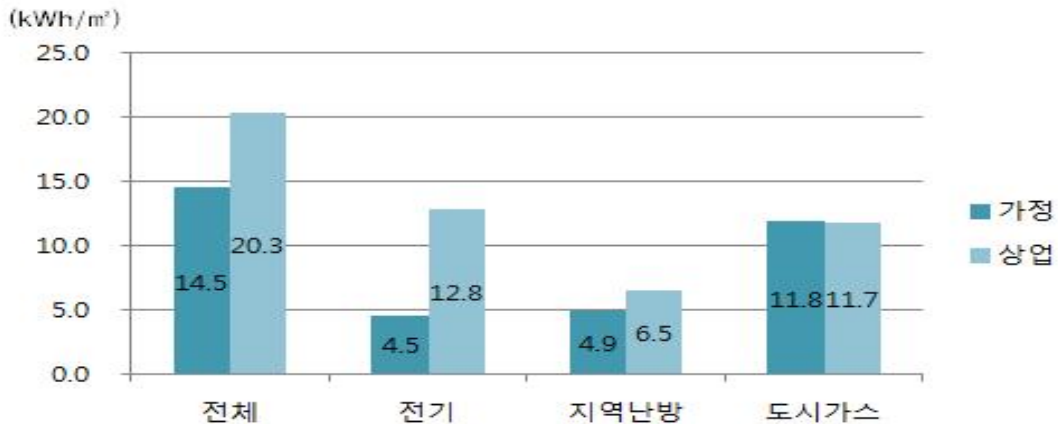
(2) 단위면적당 에너지소비량

- 부문별 종속변수의 기초통계량은 아래 표와 같다. 가정부문 에너지원별 단위면적당 에너지소비량은 도시가스가 11.8kWh/m²으로 가장 많았고, 지역난방이 4.9kWh/m², 전기는 4.5kWh/m²으로 나타났다. 상업부문은 전기가 12.8kWh/m²으로 가장 많았고, 도시가스가 11.7kWh/m², 지역난방은 6.51kWh/m²으로 나타났다.

[표 4-1] 부문별 종속변수 기초통계량

구분		자료 수 (관측치)	평균 소비량 (kWh)	표준편차 (kWh)	단위면적당 소비량(kWh/m ²)	표준편차 (kWh)
가정	총 에너지	15,401,035	1681.60	2699.24	14.51	11.18
	전기	12,260,104	545.71	1099.33	4.50	2.64
	지역난방	136,979	1021.79	2547.48	4.90	5.36
	도시가스	14,204,970	1342.34	2153.71	11.80	10.54
상업	총 에너지	2,679,312	10981.80	29387.41	20.27	14.14
	전기	2,545,539	7218.12	17671.62	12.83	10.29
	지역난방	859	29869.79	60034.00	6.51	7.91
	도시가스	1,852,203	5951.83	18283.61	11.69	11.57

- 가정과 상업부문의 에너지원별 단위면적당 에너지소비량을 비교해보면 전체 소비량은 상업부문이 20.3kWh/m²로 가정부문의 14.5kWh/m² 보다 많은 소비를 보이고 있다. 특히 전기는 상업부문이 12.8kWh/m²로 가정부문보다 약 3배정도 많은 소비량을 나타냈다. 지역난방도 상업부문이 가정보다 많은 소비를 나타냈고 도시가스는 가정부문이 상업보다 다소 높은 소비를 나타냈으나 큰 차이가 없었다.



[그림 4-2] 가정부문과 상업부문의 단위 에너지소비량 비교

2) 독립변수

① 건물용도

- 독립변수 중 첫 번째 더미변수인 건물용도의 기초통계량은 다음 표와 같다. 연구대상 건물용도는 가정부문에서는 단독주택과 공동주택으로, 상업부문에서는 제1종 근린생활시설과 제2종 근린생활시설로 설정하였으나 표본추출한 PNU를 건물에너지통합시스템 구축단에 제공하여 원자료를 받았기 때문에 동일 PNU에 속한 “기타” 용도의 건물도 포함되었다.

[표 4-2] 건물용도별 기초통계량

구분		전체		전기		지역난방		도시가스	
		관측치 (천 개)	비중 (%)	관측치 (천 개)	비중 (%)	관측치 (천 개)	비중 (%)	관측치 (천 개)	비중 (%)
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136	100	14,205	100
	단독주택	2,031	13.2	2,007	16.4	0	0.0	1,926	13.6
	공동주택	13,105	85.1	10,008	81.6	136	100	12,040	84.8
	기타	266	1.7	246	2.0	0	0.0	239	1.7
상업	전체	2,679	100	2,546	100	0.9	100	1,852	100
	제1종 근린생활시설	1,360	50.7	1,325	52.1	0.1	15.5	936	50.6
	제2종 근린생활시설	1,083	40.4	1,053	41.3	0.07	8.4	747	40.3
	기타	236	8.8	168	6.6	0.7	76.1	168	9.1

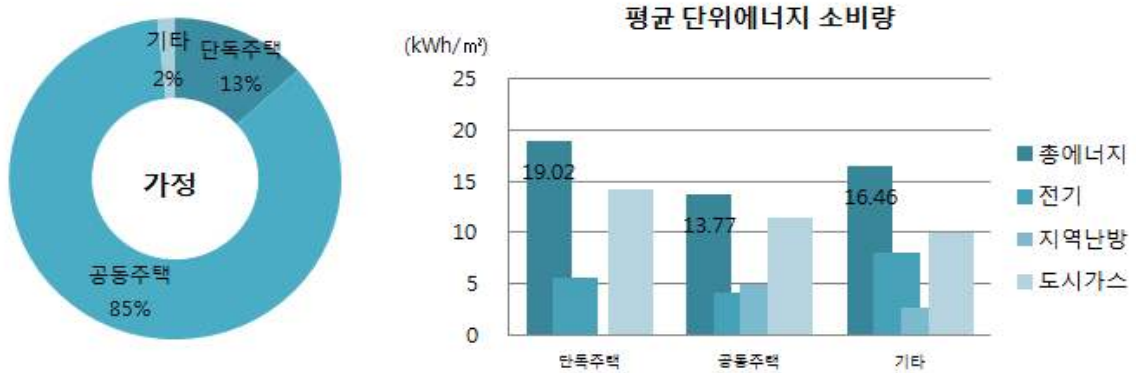
- 가정부문 자료 건수는 공동주택이 전체의 85%인 13,104,877개, 단독주택은 13%인 2,030,623개였다. 전기와 도시가스 사용량 자료는 전체 건물용도별 구성비와 유사하였고, 지역난방의 경우 모든 자료의 건물용도가 공동주택인 것으로 나타났다.
- 상업부문 자료 건수는 제1종 근린생활시설과 제2종 근린생활시설이 각각 50.7%, 40.4%로 구성되어 있었다. 전기와 도시가스 자료도 비슷한 구성비를 보이고 있으나, 지역난방의 경우에는 1종이 15.5%, 2종이 8.4%를 차지하였고 기타용도가 전체의 76.14%였다. 이것은 지역난방을 사용하는 건물의 대다수가 근린생활시설이 아닌 다른 용도임을 나타낸다.
- 가정부문 용도별 단위에너지소비량은 단독주택(19.02kWh/m²)이 공동주택(13.77kWh/m²)보다 많은 것으로 나타났다. 지역난방을 사용하는 단독주택 자료는 존재하지 않았기 때문에 유사한 용도로 사용되는 도시가스 단위에너지소비량이 공동주택보다 많은 것으로 분석된다. 기존연구¹⁵⁾에서도 단독주택의 연간 단위면적당 에너지소비량이 173.1~441.3kWh/(m²·a)¹⁶⁾으로 아파트의 소비량인 104.6~372.8kWh/(m²·a)보다 높은 것으로 분석되었다. 국가 건물에너지 통합관리시스템에서 제공하는 통계자료에서도 서울시의 단독주택의 단위면적당 사용량(0.023TOE/m²)이 공동주택의 단위면적당 사용량(0.008TOE/m²)보다 약 3배 정도 많은 것으로 나타났다(2012년 기준). 서울시 에코마일리지 가입자들의 에너지소비량 분석(2009년 12월~2012년 11월 사용량 기준)¹⁷⁾에서도 단독주택의 월평균 전기 사용량이 327.6kWh로, 공동주택에 포함되는 아파트의 사용량 319.8kWh, 연립주택의 사용량 305.0kWh, 다세대주택의 사용량 306.3kWh보다 많은 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 월평균 도시가스 사용량도 단독주택이 102.9m³으로 아파트(87.3m³), 연립주택(89.1m³), 다세대주택(90.0m³)보다 높은 사용량을 나타냈다. 이러한 현상은 주택

15) 김민경, 조항문 (2012) 서울시 주거용 건물의 에너지 소비량 추정모델

16) 국제기준 ISO 13790에 의한 표기. a는 annual을 의미함.

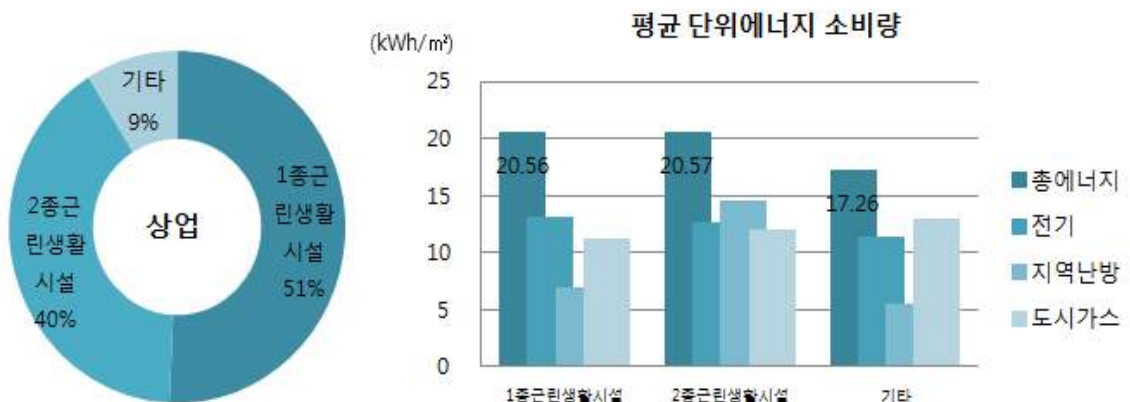
17) 조항문 외, (2013), 에코마일리지제 시행성과 평가 및 발전방안 연구

유형별 건물사용 패턴의 차이(세대 당 이용자수, 이용시간 등)와 건물연도의 차이로 발생하는 것으로 분석된다.



[그림 4-3] 가정부문 건물용도별 비중과 단위에너지소비

- 상업부문 근린생활시설의 용도별 단위에너지소비량은 20.6kWh/m²로 용도별 차이가 크지 않았다. 용도별 단위에너지소비량은 지역난방에서만 차이가 나타났고, 전기와 도시가스는 유사한 에너지소비를 나타냈다. 상업부문의 기타용도에서는 근린생활시설보다 적은 에너지소비를 보였다.



[그림 4-4] 상업부문 건물용도별 비중과 단위에너지소비

[표 4-3] 건물용도별 단위에너지소비량

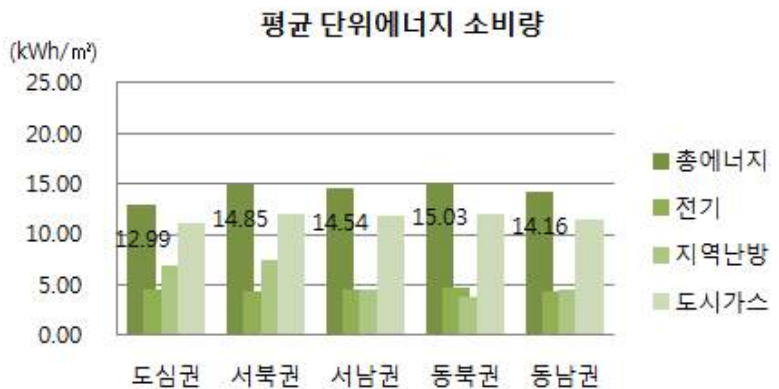
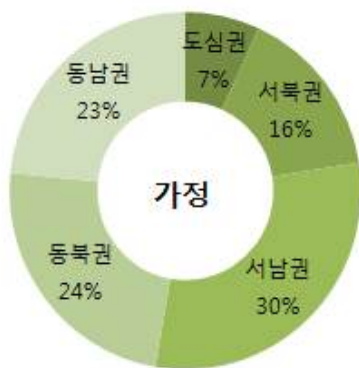
		(단위: kWh/m²)			
구분	구분	총에너지	전기	지역난방	도시가스
가정	단독주택	19.02	5.57	-	14.24
	공동주택	13.77	4.20	4.90	11.45
	기타	16.46	8.05	2.67	10.07
상업	제1층근린생활시설	20.56	13.14	6.91	11.26
	제2층근린생활시설	20.57	12.68	14.58	11.95
	기타	17.26	11.30	5.54	12.92

② 지역유형

- 지역유형별 가정부문 자료는 아래 표와 같이 서남권이 30%로 가장 높은 비중을 차지했고, 동북권 24%, 동남권 23%, 서북권 16%, 도심권 7%의 순서로 높은 비중을 나타냈다. 전기와 도시가스 비중도 이와 유사하였으나 지역난방 자료는 서남권의 자료가 전체의 58%를 차지하여 절반 이상의 높은 비중을 차지하였다.
- 상업부문 자료는 동북권이 31%로 가장 높은 비중을 차지하였고, 서남권 25%, 동남권 21%, 도심권 12%, 서북권 11% 순서의 비중을 나타냈다. 전기와 도시가스 비중도 이와 유사하였으나 지역난방 자료는 가정부문과 마찬가지로 서남권의 자료가 전체의 84.6%를 차지하였다. 반면에 도심권, 서북권에 해당하는 자료는 0건으로 나타났고 동북권의 자료는 2건으로 매우 낮은 비중을 차지하였다.

[표 4-4] 지역유형별 자료 현황

구분		전체		전기		지역난방		도시가스	
지역유형		관측치 (천 개)	비중 (%)	관측치 (천 개)	비중 (%)	관측치 (개)	비중 (%)	관측치 (천 개)	비중 (%)
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136,979	100	14,205	100
	도심권	1,056	6.9	711	5.8	10,014	7.3	947	6.7
	서북권	2,405	15.6	2,004	16.3	8,073	5.9	2,232	15.7
	서남권	4,663	30.3	3,750	30.6	79,544	58.1	4,264	30.0
	동북권	3,676	23.9	3,126	25.5	815	0.6	3,351	23.6
	동남권	3,601	23.4	2,669	21.8	38,533	28.1	3,412	24.0
상업	전체	2,679	100	2,546	100	859	100	1,852	100
	도심권	333	12.4	310	12.2	0	0.0	195	10.5
	서북권	294	11.0	285	11.2	0	0.0	225	12.1
	서남권	661	24.7	629	24.7	727	84.6	456	24.6
	동북권	824	30.8	792	31.1	2	0.2	586	31.6
	동남권	567	21.2	529	20.8	130	15.1	391	21.1



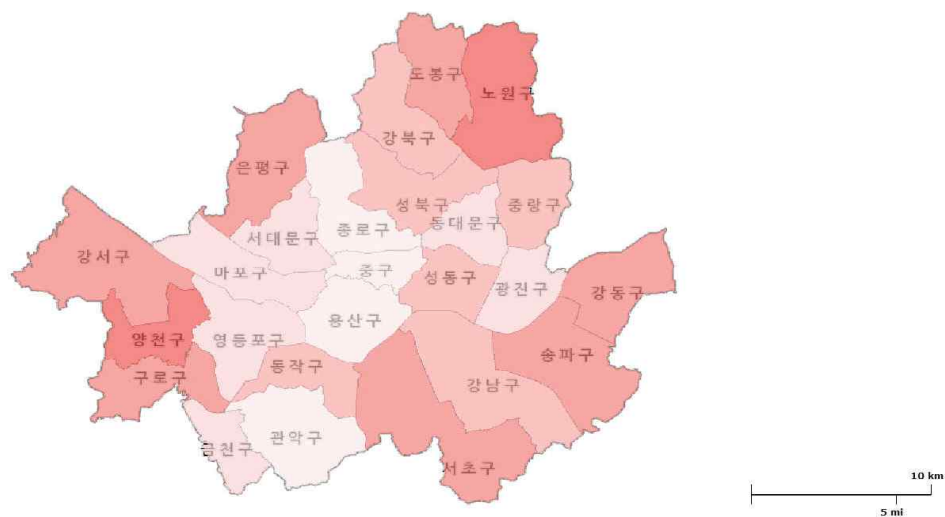
[그림 4-5] 가정부문 지역유형별 비중과 단위에너지소비

- 가정부문 5개 권역별 단위면적당 총에너지 소비량은 동북권이 가장 많았으며, 서북권, 서남권, 동남권, 도심권 순으로 에너지소비가 많았다. 전기 소비량도 동북권이 가장 높았으며, 다음으로는 도심권, 서남권, 서북권, 동남권의 순서의 소비량을 나타냈다. 지역난방과 도시가스 사용량은 지역난방 공급관이 설치된 지역의 차이로 소비량의 차이가 나타나는 것으로 분석된다. 전반적인 권역별 에너지소비량은 아래 그림과 같이 구별 세대당 평균인구와 유사한 분포를 보인다. 이를 통해 세대당 평균인구가 높은 지역일수록 단위에너지소비량이 많다는 것을 알 수 있다. 가정부문에서는 세대당 에너지를 사용하는 소비자 수가 많을수록 소비량도 높아지기 때문이다.

[표 4-5] 가정부문 지역유형별 기초통계량

(단위: kWh/m²)

구분		전체	도심권	서북권	서남권	동북권	동남권
총에너지	자료 수 (천 개)	15,401	1,056	2,405	4,663	3,676	3,601
	평균	14.51	12.99	14.85	14.54	15.03	14.16
	표준편차	11.18	10.98	11.19	11.20	11.36	10.99
전기	자료 수 (천 개)	12,260	711	2,004	3,750	3,126	2,669
	평균	4.50	4.54	4.37	4.51	4.75	4.29
	표준편차	2.64	3.87	2.43	2.42	2.76	2.53
지역난방	자료 수 (천 개)	137	10	2,004	79	0.8	39
	평균	4.90	6.83	4.37	4.55	3.72	4.60
	표준편차	5.36	6.46	2.43	4.87	4.02	5.48
도시가스	자료 수 (천 개)	14,205	947	2,232	4,264	3,351	3,412
	평균	11.80	11.01	12.06	11.85	12.07	11.54
	표준편차	10.54	10.32	10.68	10.59	10.68	10.28



[그림 4-6] 2012년 서울시 구별 세대당 평균 인구

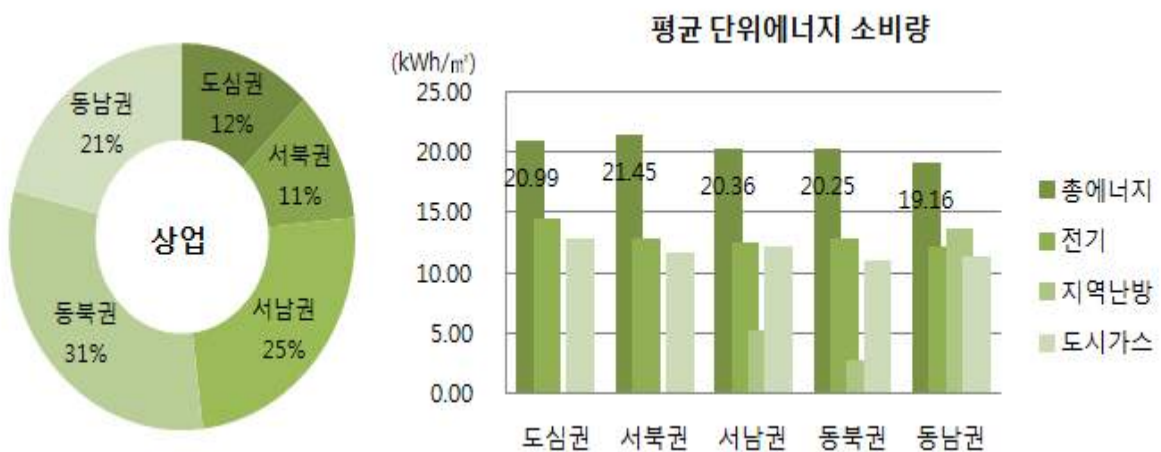
출처: 서울특별시 서울지도

- 상업부문 5개 권역별 단위면적당 총에너지 소비량은 서북권이 21.45 kWh/m²으로 가장 높았고 도심권, 서남권, 동북권, 동남권의 순서로 낮은 에너지소비를 나타냈다. 전기 소비량은 도심권에서 가장 높았으며, 다음으로는 동북권, 서북권, 서남권, 동남권의 순서로 높은 에너지 소비를 나타냈다. 도심권은 가정부문에서는 가장 적은 단위에너지소비를 보였으나 상업부문에서는 상대적으로 많은 소비를 나타냈다. 이는 도심권은 가정부문 건물보다 상업부문 건물의 비율이 높고, 상주인구 대비 주간인구비율이 5개 권역 중에서 가장 높은 비율을 나타내기 때문에 상업부문에서 높은 에너지 소비를 보이는 것으로 분석된다. 서북권은 저층위주의 노후한 기성시가지가 많으며 상업·문화기능 및 대학이 집중되어 있기 때문에, 다른 권역보다 높은 에너지 소비를 하는 것으로 분석된다.

[표 4-6] 상업부문 지역유형별 기초통계량

(단위: kWh/m²)

구분		전체	도심권	서북권	서남권	동북권	동남권
총에너지	자료 수 (건)	2,679,312	333,357	293,952	661,328	823,996	566,679
	평균	20.27	20.99	21.45	20.36	20.25	19.16
	표준편차	14.14	15.37	14.60	14.14	13.89	13.42
전기	자료 수 (건)	2,545,539	309,894	285,474	629,109	792,062	529,000
	평균	12.83	14.43	12.84	12.55	12.88	12.14
	표준편차	10.29	12.52	10.31	10.09	10.16	9.06
지역난방	자료 수 (건)	859	0	285,474	727	2	130
	평균	6.51	0.00	12.84	5.23	2.80	13.70
	표준편차	7.91	0.00	10.31	6.21	0.50	11.72
도시가스	자료 수 (건)	1,852,203	195,251	224,719	455,705	585,762	390,766
	평균	11.69	12.93	11.76	12.22	11.06	11.35
	표준편차	11.57	12.41	11.50	12.02	11.05	11.30



[그림 4-7] 상업부문 지역유형별 비중과 단위에너지소비

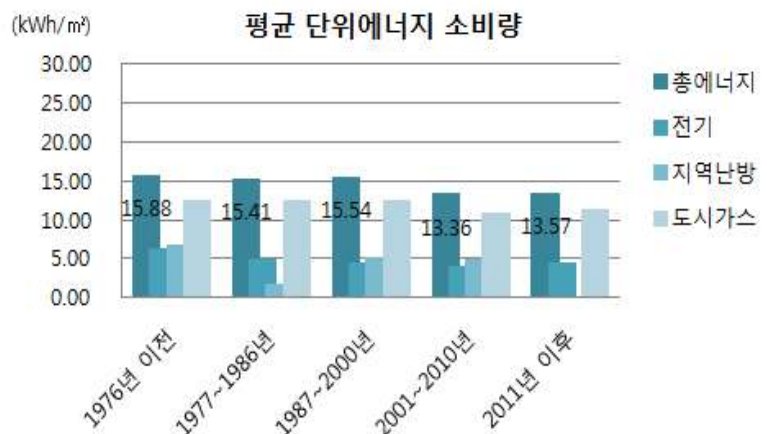
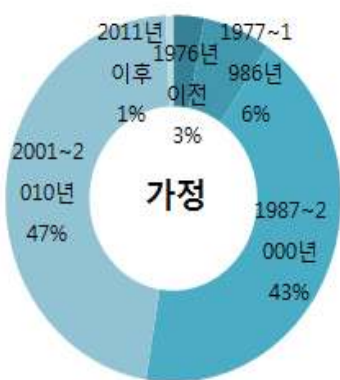
③ 건물연도

- 건물연도별 가정부문 자료는 아래 표와 같이 2001년~2010년이 전체의 46.7%로 가장 높은 비중을 차지하였고, 1987년~2000년이 43.1%, 1977년~1986년이 6.5%, 1976년 이전이 3%인 비중의 순서로 나타났다. 가정부문 자료는 약 90%이상이 1987년 이후에 건축된 건물이고, 47%가 2001년 이후 건축된 건물임을 알 수 있다. 전기와 도시가스의 비중도 이와 유사하였고 지역난방에서는 70%가 2001년~2010년에 건축된 건물의 자료였다.
- 가정부문의 건물연도별 단위에너지 소비량은 아래 그림과 같이 2001년 이전에는 15kWh/m² 이상의 소비량을 나타냈고 2001년 이후에는 약 13.6kWh/m² 이하의 소비량을 나타내어, 2001년을 기준으로 뚜렷한 차이를 나타냈다. 2001년은 에너지법령에서 단열기준이 20% 강화된 시점으로 단열기준 강화에 따라 단위에너지 소비량이 줄어든 것으로 분석된다. 또한 2000년 이전에는 벽돌주택이 유행이었기 때문에 중공층만 두고 단열재 설치가 미비하여 상대적으로 높은 단위에너지 소비량이 나타난 것으로 보인다.

[표 4-7] 건물연도별 기초통계량

[단위: 관측치(천 건), 비율(%)]

구분	건물연도	전체		전기		지역난방		도시가스	
		관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136	100	14,204	100
	1976년 이전	454	3.0	369	3.0	1	0.8	383	2.7
	1977~1986년	1,000	6.5	884	7.2	3	2.4	880	6.2
	1987~2000년	6,645	43.1	5,660	46.2	36	26.7	6,142	43.2
	2001~2010년	7,191	46.7	5,252	42.8	96	70.1	6,706	47.2
	2011년 이후	109	0.7	93	0.8	0	0.0	91	0.6
상업	전체	2,679	100	2,545	100	0.8	100	1,852	100
	1976년 이전	418	15.6	412	16.2	0.03	3.8	195	10.6
	1977~1986년	588	22.0	574	22.6	0.1	14.6	372	20.1
	1987~2000년	1,096	40.9	1,070	42.0	0.6	80.8	846	45.7
	2001~2010년	564	21.1	479	18.8	0.007	0.8	427	23.1
	2011년 이후	11	0.4	9	0.4	0	0.0	9	0.5



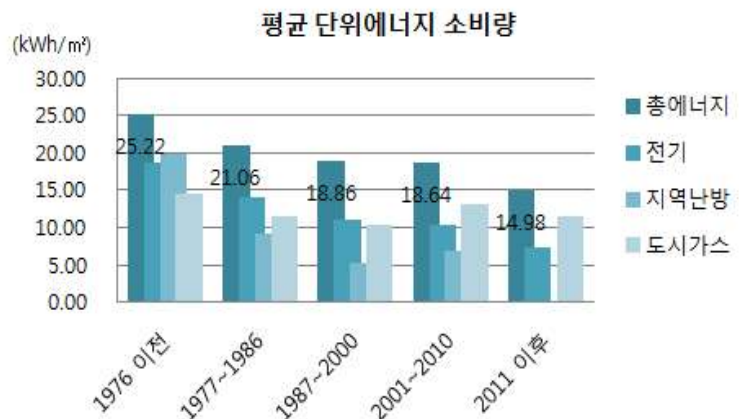
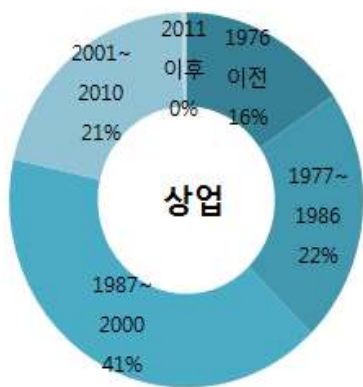
[그림 4-8] 가정부문 연도별 비중과 단위에너지소비

- 상업부문에서는 아래 그림과 같이 건물연도가 1987년~2000년인 자료가 전체의 40.9%로 가장 높은 비중을 차지하였고, 1977년~1986년 22%, 2001년~2010년 21.1%, 1976년 이전 건물이 15.6%인 비중을 나타냈다. 상업부문은 상대적으로 가정부문보다 오래된 건물연수를 보이고 있었다. 2001년 이후의 신축건물의 비중은 21.5%로 가정부문의 신축건물 비중인 47.4%보다 낮은 비중을 차지하였다. 이것은 상업부문의 단위에너지소비량이 가정부문보다 높은 원인 중 하나로 분석될 수 있다. 전기와 도시가스의 비중도 이와 유사하였고 지역난방에서는 81%가 1987년~2000년에 건축된 건물의 자료였다.
- 상업부문에서는 건물연도가 최근일수록 단위에너지 소비량이 적어지는 뚜렷한 경향을 보였다. 반대로 오래된 건물일수록 높은 단위에너지 소비를 나타냈다. 특히 1986년 이전 건물은 21kWh/m² 이상의 에너지 소비를 하고 있기 때문에 이 시기에 건축된 상업부문 건물에 대한 단열강화 등 리모델링이 시급한 것으로 보인다.

[표 4-8] 건물연도별 단위에너지소비량

(단위: kWh/m²)

구분		총에너지	전기	지역난방	도시가스
가정	1976년 이전	15.88	6.46	6.92	12.57
	1977~1986년	15.41	4.99	1.73	12.49
	1987~2000년	15.54	4.64	5.11	12.50
	2001~2010년	13.36	4.13	4.90	11.03
	2011년 이후	13.57	4.57	-	11.47
상업	1976년 이전	25.22	18.66	19.78	14.56
	1977~1986년	21.06	14.10	9.29	11.51
	1987~2000년	18.86	11.09	5.37	10.40
	2001~2010년	18.64	10.29	6.80	13.08
	2011년 이후	14.98	7.27	-	11.53



[그림 4-9] 상업부문 연도별 비중과 단위에너지소비

④ 총 층수

- 분석대상 자료의 건축물대장 종류가 집합건축물(전유부)인 경우에는 해당 세대 또는 호가 위치한 층수만 표기되어 있어 총 층수 정보는 0으로 입력되어 있었다. 따라서 총 층수 변수는 대상 건축물이 일반건축물일 경우에만 값이 존재하여 유효했다. 집합건축물이 대부분인 가정부문 자료에서는 전체의 85.5%가 총 층수 0으로 표기되었기 때문에, 가정부문 표준모델에서는 총 층수가 모델의 독립변수로 적합하지 않다고 판단되어 총 층수 더미변수를 제외하고 분석하였다.
- 상업부문에서 총 층수 정보가 존재하는 자료는 전체의 85.9%로, 이 중 대부분의 자료(78.6%)가 1~5층이었다. 6층~10층인 자료는 전체의 7.1%이고 11층 이상 자료는 전체의 0.2%에 불과했다. 이것은 연구대상 상업부문 건물 용도가 근린생활시설이기 때문에 고층 건물의 비중이 낮은 것으로 분석된다. 전기와 도시가스자료도 전체자료와 유사한 비중을 보였으나 지역난방자료는 전체의 39.7%가 총 층수가 0으로 입력된 집합건물이었으며, 1~5층이 22%, 6층~10층이 24%로 나타났다.

[표 4-9] 총 층수별 기초통계량

[단위: 관측치(천 건), 비율(%)]

구분	총 층수	전체		전기		지역난방		도시가스	
		관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136,979	100	14,204	100
	정보없음 ^주	13,166	85.5	10,051	82.0	136,895	99.9	12,090	85.1
	1-5층	2,217	14.4	2,191	17.9	48	0.0	2,098	14.8
	6~10층	17	0.1	17	0.1	0	0.0	16	0.1
	11층 이상	0.1	0.0	0.07	0.0	36	0.0	0.1	0.0
상업	전체	2,679	100	2,545	100	859	100	1,852	100
	정보없음 ^주	376	14.1	249	9.8	341	39.7	244	13.2
	1-5층	2,107	78.6	2,100	82.5	189	22.0	1,453	78.5
	6~10층	191	7.1	190	7.5	206	24.0	150	8.1
	11층 이상	4	0.2	4	0.2	123	14.3	3	0.2

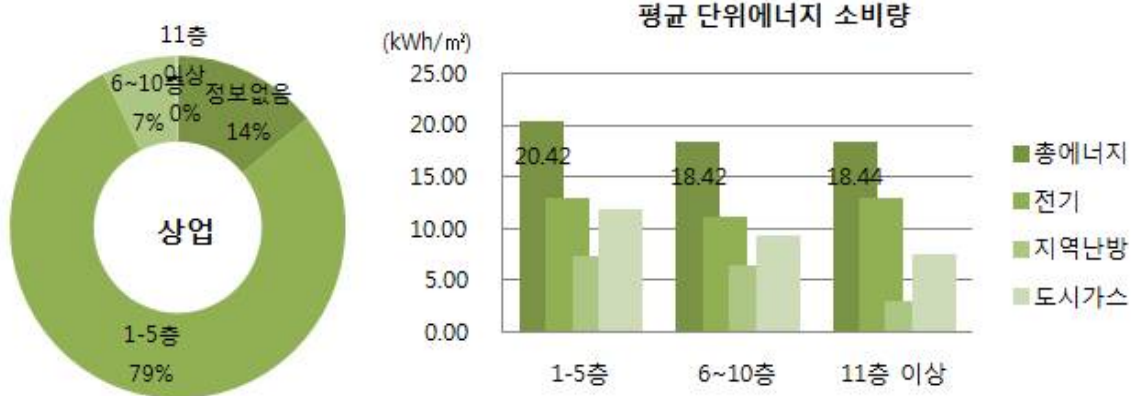
주: 건물층수 정보가 누락된 자료임-집합건축물대장(전유부)에는 건물 총 층수 정보가 포함되지 않았기 때문

- 상업부문의 총 층수별 단위에너지 소비량은 저층건물(1~5층)이 고층건물(6층 이상)보다 높은 단위에너지소비를 보였다. 상업건물의 특성상 저층건물인 경우 사람들의 이용빈도가 높아 에너지소비도 증가하기 때문에 높은 단위에너지소비량을 보이는 것으로 예상된다. 11층 이상의 고층건물은 지역난방과 도시가스에서는 가장 낮은 단위에너지소비량을 보이고 있으나, 전기에너지 소비에서는 12.98kWh/m²로 가장 많은 에너지소비를 나타냈다. 고층건물의 구조와 운영상 저층건물보다 많은 전기에너지를 필요로 한다는 것을 의미하기 때문에, 전력수요관리에 있어서 고층건물을 정책우선대상으로 고려할 수 있을 것이다.

[표 4-10] 총 층수별 단위에너지소비량

(단위: kWh/m²)

구분		총에너지	전기	지역난방	도시가스
상업	1-5층	20.42	12.97	7.37	11.90
	6~10층	18.42	11.05	6.44	9.36
	11층 이상	18.44	12.98	2.92	7.44



[그림 4-10] 상업부문 총 층수별 비중과 단위에너지소비

⑤ 건물구조

- 가정부문의 건물구조별 자료는 전체의 82.3%가 철근콘크리트 구조였다. 이밖에는 벽돌구조가 15.5%, 기타구조가 2.1%, 일반목구조가 0.1%를 차지하고 있었다. 전기와 도시가스 사용량 자료는 전체 건물구조별 구성비와 유사하였고, 지역난방은 철근콘크리트가 65.4%, 기타 자료가 34.6%로 나타났다.
- 상업부문의 건물구조별 자료 역시 대부분이 철근콘크리트 구조로 78.7%를 차지하고 있었다. 이밖에는 벽돌구조가 13.0% 기타구조가 6.1%, 일반목구조가 2.2%를 차지하고 있었다. 전기와 도시가스 사용량 자료는 전체 건물구조별 구성비와 유사하였고, 지역난방은 철근 콘크리트가 차지하는 비중이 93%로 다른 에너지원들보다 더 높은 비중을 나타냈다.

[표 4-11] 건물구조별 기초통계량

[단위: 관측치(천 건), 비율(%)]

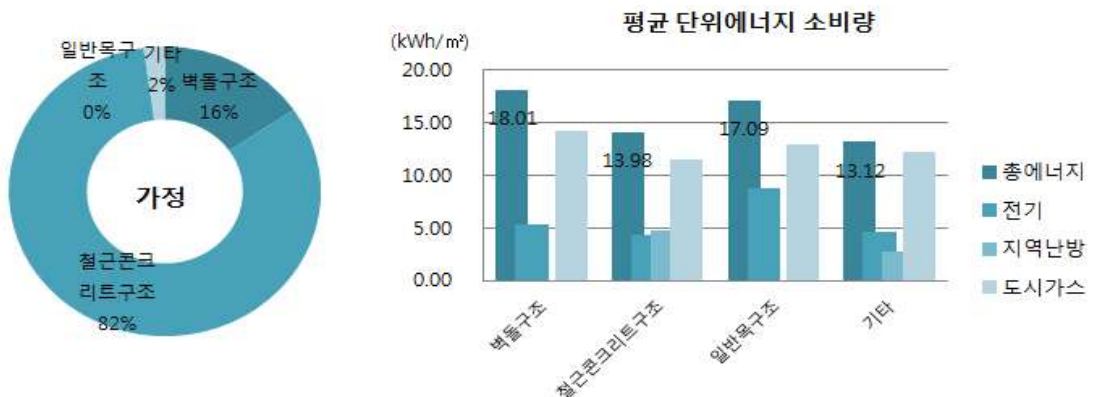
구분	건물구조	전체		전기		지역난방		도시가스	
		관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136	100	14,204	100
	벽돌구조	2,390	15.5	2,250	18.4	0	0.0	2,193	15.4
	철근콘크리트	12,671	82.3	9,911	80.8	89	65.4	11,718	82.5
	일반목구조	21	0.1	21	0.2	0	0.0	14	0.1
	기타	316	2.1	77	0.6	47	34.6	278	2.0
상업	전체	2,679	100	2,545	100	0.8	100	1,852	100
	벽돌구조	348	13.0	345	13.6	0	0.0	219	11.8
	철근콘크리트	2,107	78.7	1,997	78.5	0.7	93.0	1,549	83.7
	일반목구조	58	2.2	58	2.3	0	0.0	11	0.6
	기타	164	6.1	143	5.7	0.06	7.0	71	3.8

- 가정부문의 건물구조별 단위소비량은 벽돌구조에서 18.01kWh/m²로 가장 높게 나타났고 일반목구조가 17.09kWh/m², 철근콘크리트 구조가 13.98kWh/m², 기타 구조는 13.12kWh/m²로 나타났다.
- 상업부문의 건물구조별 단위소비량은 일반목구조에서 27.58kWh/m²로 가장 높게 나타났고 벽돌구조가 24.66kWh/m², 기타 구조는 22.97kWh/m², 철근콘크리트 구조는 19.21kWh/m²으로 나타났다.

[표 4-12] 건물구조별 단위에너지소비량

(단위: kWh/m²)

구분		총에너지	전기	지역난방	도시가스
가정	벽돌구조	18.01	5.36	-	14.12
	철근콘크리트	13.98	4.29	4.71	11.46
	일반목구조	17.09	8.79	-	12.91
	기타	13.12	4.53	2.71	12.19
상업	벽돌구조	24.66	15.49	-	14.74
	철근콘크리트	19.21	11.68	6.48	11.07
	일반목구조	27.58	23.92	-	18.68
	기타	22.97	14.96	1.62	10.67



[그림 4-11] 가정부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비



[그림 4-12] 상업부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비

⑥ 건물지붕

- 가정부문의 건물지붕 자료는 대부분이 철근콘크리트 지붕으로 94.4%를 차지하고 있었다. 이밖에는 기와지붕이 1.6%, 기타지붕이 4.0%를 차지하고 있었다. 전기, 지역난방, 도시가스 사용량 자료도 전체 건물지붕별 구성비와 유사하였고, 지역난방에서는 기와지붕인 자료가 존재하지 않았다.
- 상업부문의 건물지붕 자료 역시 대부분이 철근콘크리트 지붕으로 89.4%를 차지하고 있었다. 이밖에는 기와지붕이 5.1% 기타구조가 5.5%를 차지하고 있었다. 전기, 지역난방, 도시가스 사용량 자료도 전체 건물지붕별 구성비와 유사하였고, 지역난방에서는 기와지붕인 자료가 존재하지 않았다.

[표 4-13] 건물지붕별 기초통계량

[단위: 관측치(천 건), 비율(%)]

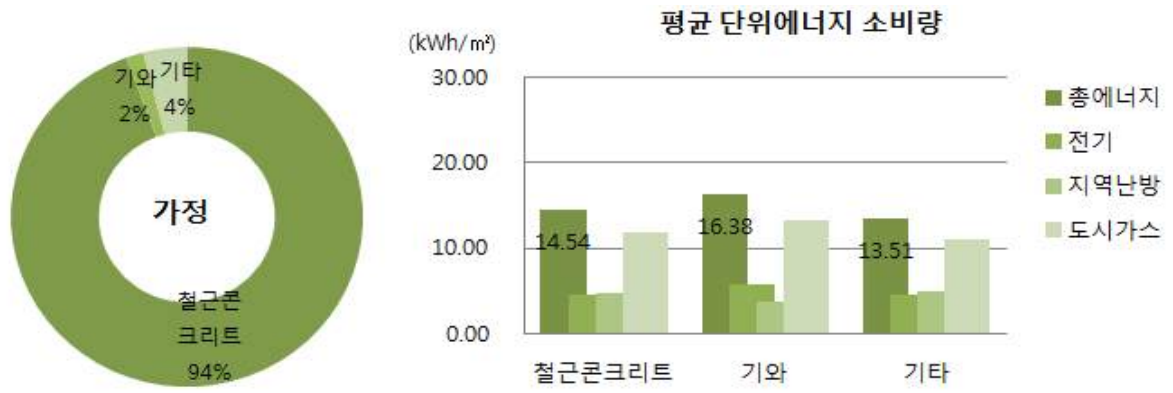
구분		전체		전기		지역난방		도시가스	
		관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136	100	14,204	100
	철근콘크리트	14,538	94.4	11,578	94.4	133	97.5	13,428	94.5
	기와	246	1.6	235	1.9	0.02	0.0	202	1.4
	기타	613	4.0	443	3.6	3	2.5	571	4.0
상업	전체	2,679	100	2,545	100	0.8	100	1,852	100
	철근콘크리트	2,394	89.4	2,267	89.1	0.8	97.3	1,737	93.8
	기와	137	5.1	136	5.4	0	0.0	47	2.6
	기타	146	5.5	141	5.6	0.02	2.7	66	3.6

- 가정부문의 건물지붕별 단위소비량은 아래 그림과 같이 기와지붕에서 16.38kWh/m²로 가장 높게 나타났고, 철근콘크리트 지붕이 14.54kWh/m², 기타 지붕은 13.51kWh/m²로 나타났다. 상업부문의 건물지붕별 단위소비량은 가정부문과 마찬가지로 기와지붕에서 26.67kWh/m²로 가장 높게 나타났고, 철근콘크리트 지붕이 19.82kWh/m², 기타 지붕은 22.86kWh/m²로 나타났다.

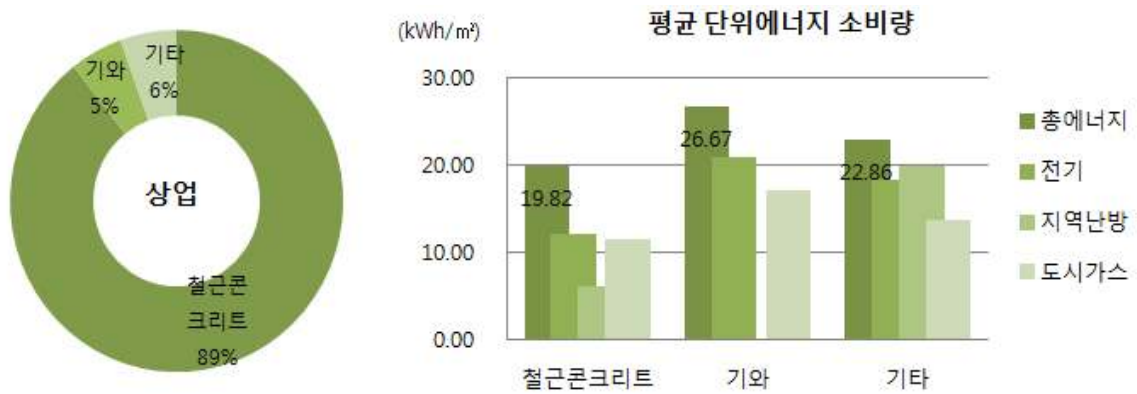
[표 4-14] 건물지붕별 단위에너지소비량

(단위: kWh/m²)

구분		총에너지	전기	지역난방	도시가스
가정	철근콘크리트	14.54	4.49	4.77	11.82
	기와	16.38	5.78	3.82	13.16
	기타	13.51	4.65	5.00	10.98
상업	철근콘크리트	19.82	12.12	6.14	11.50
	기와	26.67	20.86	-	17.11
	기타	22.86	18.21	19.79	13.61



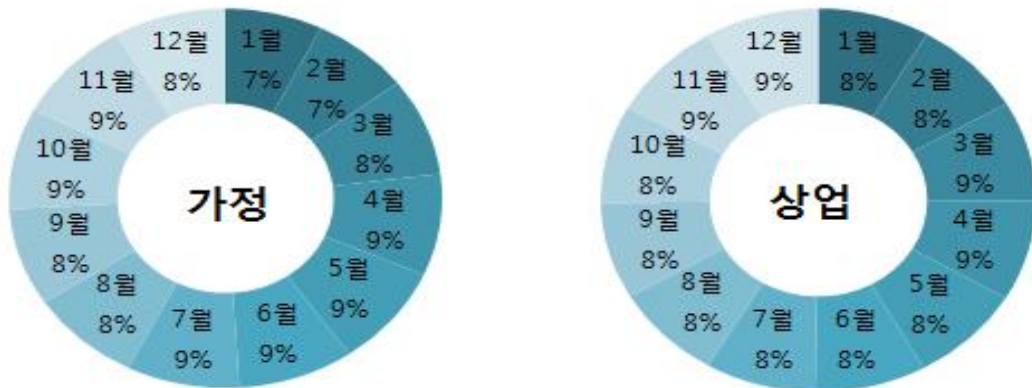
[그림 4-13] 가정부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비



[그림 4-14] 상업부문 건물구조별 비중과 단위에너지소비

⑦ 월

- 월별 건물자료의 관측치 수는 아래 그림과 같이 가정부문과 상업부문 모두 7%에서 9% 사이의 일정한 비중을 차지하고 있었다. 전기와 도시가스의 관측치 수도 전체 비중과 유사한 비중을 나타냈으나 지역난방의 관측치 수는 월별 차이가 나타났다. 지역난방은 대부분 겨울철 난방용도로 사용되기 때문에 1월, 2월, 3월, 11월, 12월의 관측치 비중이 10%이상으로 높게 나타났다.



[그림 4-15] 가정·상업부문 월별 자료 비중

[표 4-15] 월별 기초통계량

[단위: 관측치(천 건), 비율(%)]

구분	전체		전기		지역난방		도시가스		
	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	
가정	전체	15,401	100	12,260	100	136	100	14,204	100
	1월	1,117	7.3	830	6.8	18	13.2	1,021	7.2
	2월	1,131	7.3	841	6.9	17	13.0	1,040	7.3
	3월	1,284	8.3	993	8.1	15	11.3	1,187	8.4
	4월	1,332	8.6	1,046	8.5	11	8.2	1,237	8.7
	5월	1,344	8.7	1,075	8.8	5	3.8	1,235	8.7
	6월	1,331	8.6	1,080	8.8	3	2.4	1,237	8.7
	7월	1,305	8.5	1,080	8.8	2	2.0	1,206	8.5
	8월	1,281	8.3	1,081	8.8	2	1.9	1,178	8.3
	9월	1,283	8.3	1,081	8.8	3	2.2	1,180	8.3
	10월	1,331	8.6	1,082	8.8	10	7.8	1,233	8.7
	11월	1,358	8.8	1,072	8.8	19	14.3	1,243	8.8
	12월	1,299	8.4	991	8.1	27	19.9	1,202	8.5
상업	전체	2,679	100	2,545	100	0.859	100	1,852	100
	1월	221	8.3	206	8.1	0.110	12.8	155	8.4
	2월	222	8.3	207	8.2	0.111	12.9	157	8.5
	3월	227	8.5	212	8.3	0.111	12.9	160	8.6
	4월	227	8.5	213	8.4	0.112	13.0	158	8.5
	5월	226	8.4	214	8.4	0.069	8.0	155	8.4
	6월	221	8.3	212	8.4	0.037	4.3	152	8.2
	7월	219	8.2	212	8.4	0.035	4.1	147	8.0
	8월	218	8.2	212	8.3	0.034	4.0	145	7.9
	9월	219	8.2	212	8.4	0.036	4.2	146	7.9
	10월	221	8.3	213	8.4	0.042	4.9	152	8.2
	11월	226	8.5	214	8.4	0.051	5.9	158	8.6
	12월	227	8.5	212	8.4	0.111	12.9	161	8.7

- 월별 단위면적당 에너지 소비량은 아래 그림과 같이 가정부문과 상업부문 모두 계절별 편차가 존재하였다. 일반적으로 겨울(12월, 1월, 2월)의 에너지소비량이 여름(7월, 8월, 9월)의 소비량보다 많았다.
- 계절별 편차(소비량 최고월과 최저월의 차이)는 가정부문에서 약 17kWh/m², 상업부문에서는 13kWh/m²으로, 가정부문의 편차가 상업부문보다 큰 것으로 나타났다. 일반적으로 가정용 건물은 세대원의 경제활동으로 인해 낮시간의 이용률이 밤시간보다 낮기 때문에 계절별 편차가 큰 것으로 분석된다. 여름에는 낮시간의 냉방용 에너지 수요가 많아지는데 가정용 건물의 낮시간 이용률은 낮기 때문에 상대적으로 가정부문의 에너지 소비가 적어진다. 반면에 겨울에는 밤시간의 난방용 에너지 수요가 많아지기 때문에 밤시간의 이용률이 높은 가정부문의 에너지 사용량이 증가하여 가정부문의 계절별 편차가 큰 것으로 분석된다.

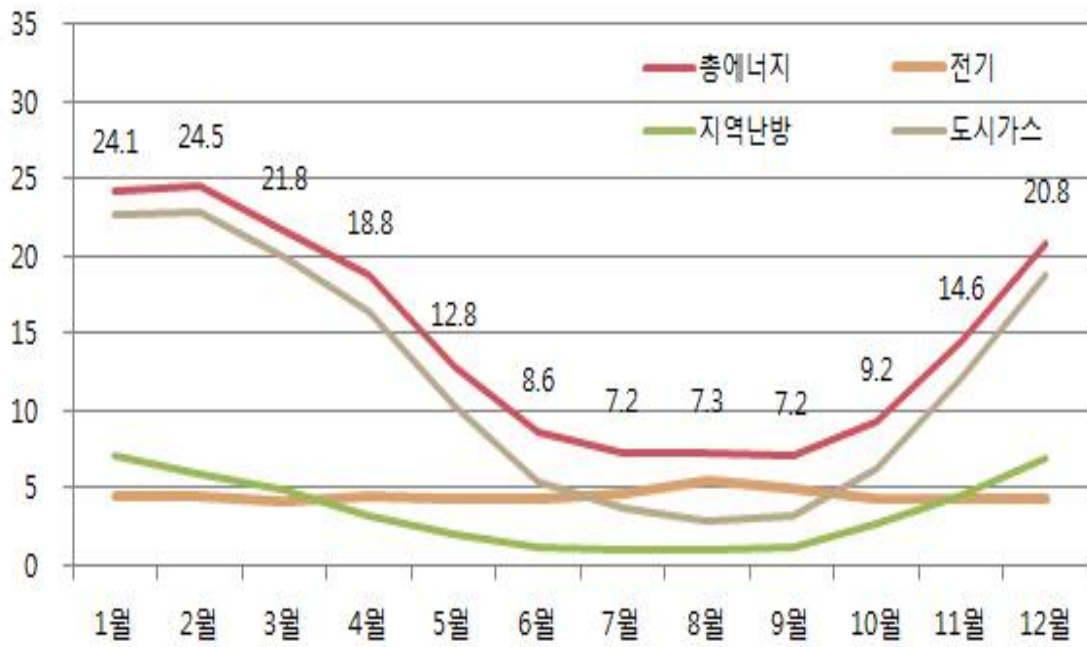
- 전기소비량은 가정부문에서는 월별 차이가 크게 나지 않는 반면 상업부문에서는 월별 차이가 존재하여 여름과 겨울에 피크점이 뚜렷하게 나타났다. 최근 빈번히 발생하고 있는 여름철의 전력부족 문제의 상당부분은 상업부문의 전력사용이 원인이 될 것이라고 분석된다. 또한 상업부문은 여름뿐 아니라 겨울에도 전력피크가 존재하여 난방에 사용되는 비효율적인 EHP의 개선이 필요하다는 것을 나타낸다.
- 분석자료의 월별 단위에너지소비량과 2013년 서울연구원에서 수행한 “서울시 에너지정책의 에너지절감효과 분석기법 개발” 연구의 서울시 에너지현황을 비교해보면 전기와 도시가스 월별 사용량 패턴은 유사하나 지역난방의 패턴에서는 차이가 존재한다. 이것은 연구대상 데이터에서 지역난방 자료가 전체 자료의 1% 이하로 존재하기 때문에 불충분한 자료로 인해 대표성이 떨어져 발생하는 차이라고 분석된다.

[표 4-16] 월별 단위에너지소비량

(단위: kWh/m²)

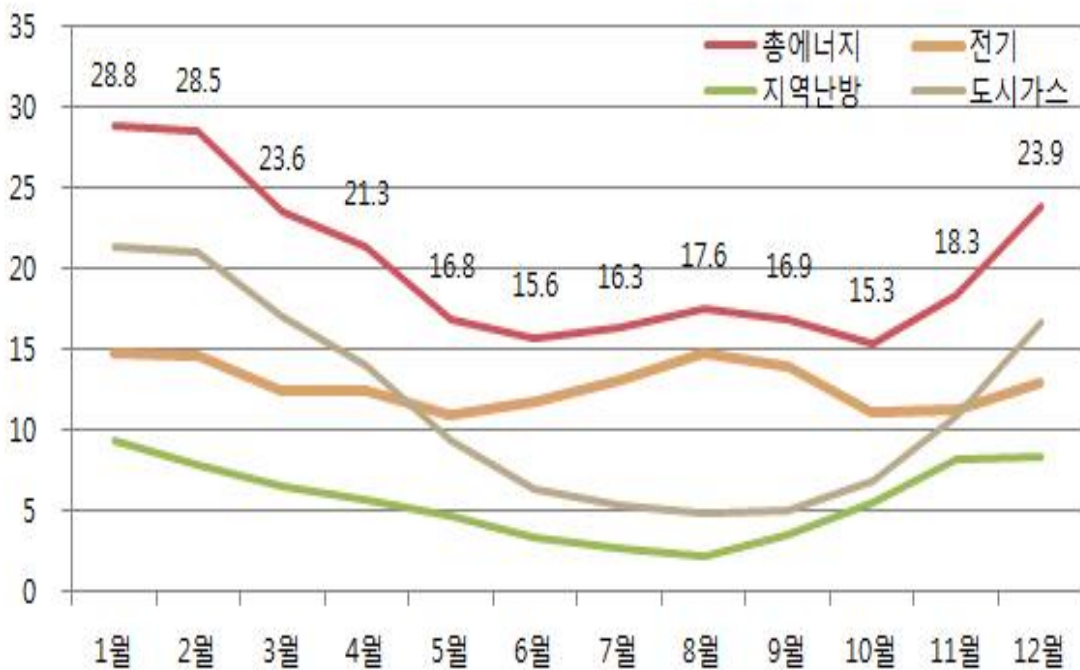
구분	총에너지	전기	지역난방	도시가스	
가정	1월	24.1	4.5	7.2	22.7
	2월	24.5	4.4	5.9	22.9
	3월	21.8	4.1	4.8	20.0
	4월	18.8	4.4	3.2	16.5
	5월	12.8	4.2	2.0	10.3
	6월	8.6	4.4	1.1	5.5
	7월	7.2	4.6	0.9	3.7
	8월	7.3	5.4	1.0	2.9
	9월	7.2	5.0	1.2	3.2
	10월	9.2	4.2	2.7	6.3
	11월	14.6	4.3	4.5	12.1
	12월	20.8	4.3	6.9	18.8
상업	1월	28.8	14.8	9.3	21.3
	2월	28.5	14.6	7.9	21.0
	3월	23.6	12.5	6.6	16.9
	4월	21.3	12.4	5.7	13.9
	5월	16.8	11.0	4.7	9.4
	6월	15.6	11.7	3.4	6.3
	7월	16.3	13.1	2.6	5.3
	8월	17.6	14.8	2.2	4.8
	9월	16.9	13.9	3.4	5.0
	10월	15.3	11.0	5.4	6.8
	11월	18.3	11.3	8.2	10.9
	12월	23.9	12.9	8.3	16.6

(kWh/m²)



[그림 4-16] 가정부문 월별 단위에너지소비량

(kWh/m²)



[그림 4-17] 상업부문 월별 단위에너지소비량

⑧ 연면적

- 연구대상 가정부문 건물의 연면적 평균값은 119.1㎡이었고, 상업부문 건물의 연면적 평균값은 568.6㎡으로 상업부문 건물이 가정부문보다 4.8배 넓은 것으로 나타났다.
- 가정부문과 상업부문별 연면적 그룹을 설정하여 자료수를 분석한 표는 아래와 같다. 가정부문의 연면적 그룹은 주택총조사 통계표의 그룹을 기준으로 가장 비중이 높은 그룹¹⁸⁾을 선택하여 3개 그룹으로 설정하였다. 상업부문의 연면적 그룹은 건축법의 근린생활시설의 세부용도 구분에서 기준에 되는 면적인 150㎡, 300㎡, 1000㎡을 기준으로 구분하여 설정하였다.
- 가정부문은 85㎡ 이상인 건물이 전체의 46.3%, 60㎡미만인 건물이 27.6%, 60~85㎡인 건물은 26.2%이었다. 상업부문은 300~1000㎡인 건물이 전체의 45.1%로 가장 높은 비중을 차지하였으며 그다음으로는 150㎡ 미만의 자료가 23.4%로 높은 비중을 차지하였다.

[표 4-17] 연면적별 기초통계량

[단위: 관측치(천 건), 비율(%)]

구분	연면적	전체		전기		지역난방		도시가스	
		관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중	관측치	비중
가정	60㎡미만	4,259	27.6	3,785	30.9	2.7	2.0	3,835	27.0
	60~85㎡	4,012	26.2	3,465	28.2	12.4	9.0	3,694	26.0
	85㎡이상	7,129	46.3	5,009	40.9	121.9	89.0	6,674	47.0
상업	150㎡미만	627	23.4	524	20.6	0.292	34.0	325	17.6
	150~200㎡	177	6.6	167	6.6	0.022	2.6	117	6.3
	200~300㎡	322	12.0	311	12.3	0	0	239	12.9
	300~1000㎡	1,209	45.1	1,200	47.2	0.086	10.0	929	50.2
	1000㎡이상	342	12.8	341	13.4	0.459	53.4	240	13.0

- 가정부문의 연면적 그룹별 단위에너지소비량은 아래 그림과 같이 연면적이 클수록 낮아지는 경향을 보였다. 상업부문에서는 연면적이 150㎡ 미만인 건물보다 150-200㎡인 건물에서 많은 에너지소비를 나타냈으나, 연면적이 150㎡보다 큰 건물에서는 가정부문과 마찬가지로 연면적이 클수록 단위에너지소비량이 낮아지는 경향을 보였다.

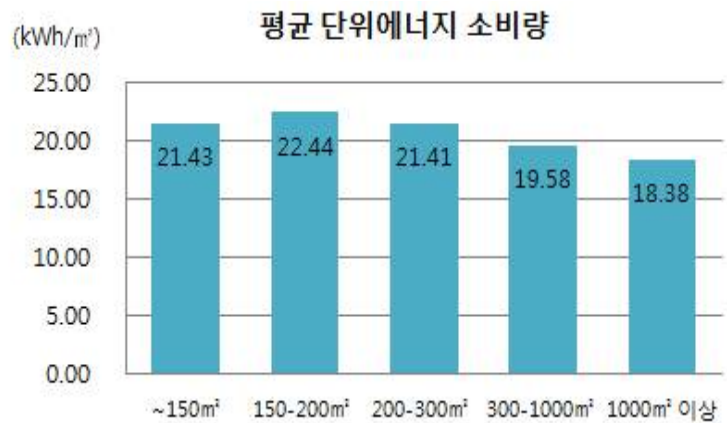
18) 60~85㎡: 서울시 전체 주택의 32% (통계청, 주택총조사 2010)

[표 4-18] 연면적별 단위에너지소비량

		(단위: kWh/m ²)			
구분		총에너지	전기	지역난방	도시가스
가정	60m ² 미만	16.69	5.12	7.58	13.47
	60~85m ²	15.17	4.23	6.33	12.49
	85m ² 이상	12.84	4.22	4.70	10.46
상업	150m ² 미만	21.43	15.53	3.67	16.24
	150~200m ²	22.44	13.77	3.53	14.24
	200~300m ²	21.41	12.43	-	12.64
	300~1000m ²	19.58	11.74	11.94	10.32
	1000m ² 이상	18.38	12.41	7.44	8.60



[그림 4-18] 가정부문 연면적 규모별 비중과 단위에너지소비량



[그림 4-19] 상업부문 연면적 규모별 비중과 단위에너지소비량

2. 건물에너지 표준모델

1) 분석모형

- 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 통계분석방법이 패널 데이터(panel data)를 사용하는 패널모델(panel model)분석이다. 패널 데이터란 횡단면(cross-sectional)자료와 시계열(time-series)자료가 합쳐진 것으로, 특정 시점에서 관측된 표본들을 수집한 것이 횡단면 자료이며, 이들 표본들의 특성을 시기적으로 연속하여 수집한 자료들이 시계열 자료이다. 표준모델 분석대상 자료는 서울시 건물의 월별 에너지사용량을 3년간 기록한 자료이기 때문에 패널 데이터라고 분류 할 수 있으며 이 자료를 분석하기 위해 패널모형을 검토하였다.
- 패널모형은 개별변수와 시간변수를 동시에 볼 수 있어 다양한 분석이 가능하나 데이터의 수집 및 설계(패널자료 구조과약 및 모형 발견)에 많은 시간이 소요된다는 점이 단점이 있다. 또한 패널모형은 크게 오차항의 특성에 따라 크게 확률효과모형(Random Effect Model), 고정효과모형(Fixed Effect Model), 합동모형(Pooled Model)로 구분 할 수 있다. 모형에서 설명되지 않고 남은 오차항중에서 이질성효과(개체특성 효과와 시간특성 효과)를 확률적으로 가정하는 모형을 확률효과모형이라고 하고, 고정된 상수로 가정하는 모형을 고정효과 모형이라고 하며, 이질성효과가 없다고 가정하는 모형을 합동모형이라고 한다. 이 중에서 표준모델 개발에 사용한 모형은 합동모형이다. 분석대상 자료는 연도별 소비량의 차이가 뚜렷하지 않아 시간변화에 대한 의미가 크지 않았기 때문에 오차항의 이질성효과가 없다고 판단되어 합동모형을 최종분석 방법으로 선택하였다.
- 구축한 자료를 합동모형로 1차 분석한 결과 계수들의 유의성과 모형 설명력이 낮아서 종속변수와 연면적 변수에 자연로그(ln)값을 취하여 재분석하였다. 분석결과 자연로그를 적용한 모형이 계수들의 유의성과 모형의 설명력이 모두 높아져 표준모델에 더 적합하다고 분석되어, 최종적으로 자연로그값을 적용한 모형을 표준모델로 개발하였다.

2) 가정부문

- 가정부문 표준모델의 6개 독립변수는 더미변수이기 때문에 통계분석을 위해 각각의 독립변수별로 기준변수를 설정하였다. 기준변수는 아래 표와 같이 주택유형의 기타, 지역유형의 동북권, 건물연도의 2011년 이후, 건물구조의 기타, 건물지붕의 기타, 월의 10월로 설정하였다.
- 가정부문 에너지원별 에너지소비량의 통계분석결과는 다음 표와 같다. 표준모델은 종속변수에 따라 3가지 에너지원별 개별모델과 총에너지 모델로 구분된다. 각각의 계수들은 해당 독립변수 그룹의 기준변수와 비교할 때의 월간 단위면적당 에너지소비량의 변화량을 나타낸다. 계수 옆에 표기되어 있는 *는 그 계수의 통계적 유의수준을 의미하며, *

의 개수가 증가함에 따라 통계적 유의수준이 증가하여 통계적 해석상의 정확도가 높다는 것을 의미한다. 아래 표와 같이 각 모델의 변수들은 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 연구대상 관측치가 적은 지역난방 모델에서만 통계적으로 유의하지 않은 변수가 일부 포함되었다.

[표 4-19] 가정부문 분석결과

에너지원		총에너지			전기			지역난방			도시가스		
Adj R-Sq		0.592			0.6766			0.4735			0.6522		
Root MSE		0.66887			0.47336			1.0622			0.73265		
구분		계수	유의수준	표준화 계수	계수	유의수준	표준화 계수	계수	유의수준	표준화 계수	계수	유의수준	표준화 계수
상수항		4.270	***	0.000	3.519	***	0.000	4.181	***	0.000	3.279	***	0.000
주택유형	단독주택	0.128	***	0.041	-0.341	***	-0.151	-	-	-	0.413	***	0.114
	공동주택	-0.967	***	-0.329	-1.117	***	-0.520	-1.553	-	-0.003	-0.476	***	-0.138
	기타	기준변수											
지역유형	도심권	-0.126	***	-0.031	-0.076	***	-0.021	0.051	-	0.009	-0.067	***	-0.014
	서북권	0.016	***	0.005	-0.031	***	-0.014	0.019	-	0.003	-0.003	***	-0.001
	서남권	0.001	**	0.001	0.005	***	0.003	-0.727	***	-0.245	-0.007	***	-0.003
	동북권	기준변수											
	동남권	0.022	***	0.009	-0.022	***	-0.011	-0.525	***	-0.161	0.013	***	0.005
건물연도	1976년 이전	0.025	***	0.004	0.222	***	0.046	-0.078	**	-0.005	-0.000		0.000
	1977~1986년	0.249	***	0.059	0.294	***	0.091	-0.588	***	-0.061	0.156	***	0.030
	1987~2000년	0.355	***	0.168	0.310	***	0.186	-0.082	***	-0.025	0.265	***	0.106
	2001~2010년	0.288	***	0.137	0.275	***	0.163	-	-	-	0.193	***	0.077
	2011년 이후	기준변수											
건물구조	벽돌구조	0.389	***	0.135	0.070	***	0.033	-	-	-	0.437	***	0.127
	철근콘크리트구조	0.420	***	0.153	0.111	***	0.053	-0.429	***	-0.139	0.406	***	0.124
	일반목구조	0.077	***	0.003	0.112	***	0.006	-	-	-	0.241	***	0.006
	기타	기준변수											
건물지붕	철근콘크리트	0.055	***	0.012	0.069	***	0.019	-1.248	***	-0.133	0.029	***	0.005
	기와	-0.200	***	-0.024	-0.153	***	-0.025	-0.424	**	-0.004	-0.127	***	-0.012
	기타	기준변수											
월	1월	1.085	***	0.269	0.072	***	0.022	1.176	***	0.272	1.527	***	0.317
	2월	1.101	***	0.274	0.065	***	0.020	0.957	***	0.220	1.538	***	0.323
	3월	0.926	***	0.245	-0.022	***	-0.007	0.783	***	0.169	1.344	***	0.299
	4월	0.751	***	0.202	0.046	***	0.015	0.254	***	0.048	1.097	***	0.249
	5월	0.328	***	0.089	-0.002	**	-0.001	-0.409	***	-0.053	0.542	***	0.123
	6월	-0.047	***	-0.013	0.031	***	0.010	-0.963	***	-0.100	-0.096	***	-0.022
	7월	-0.205	***	-0.055	0.079	***	0.027	-1.070	***	-0.102	-0.451	***	-0.101
	8월	-0.203	***	-0.054	0.248	***	0.084	-1.155	***	-0.108	-0.692	***	-0.154
	9월	-0.220	***	-0.058	0.163	***	0.056	-1.010	***	-0.101	-0.610	***	-0.135
	10월	기준변수											
	11월	0.452	***	0.122	0.032	***	0.011	0.669	***	0.160	0.702	***	0.160
	12월	0.871	***	0.231	0.027	***	0.009	1.103	***	0.301	1.234	***	0.276
연면적		0.496	***	0.317	0.623	***	0.514	0.963	***	0.356	0.538	***	0.289

주1: ***, **, * : 각각 1%, 5%, 10% 이내 통계적 유의 수준을 의미함

주2: Adj R-Sq(Adjusted R square): 조정된 R square 값. 독립변수 개수가 다른 모델간 비교할 때 의미있는 통계량임.

주3: Root MSE(Root Mean Square): Mean Square(자승합)의 제곱근

○ 각 변수의 계수는 해당하는 독립변수의 기준변수와 비교했을 때의 종속변수 변화량을

의미하고, 표준화계수는 모델에 포함된 변수들이 종속변수에 미치는 영향력을 비교할 수 있는 정보를 제공하는 수치이다. 표준화계수는 -1에서 1사이의 값을 갖으며, 절대값이 1에 가까울수록 종속변수에 미치는 영향력이 크고, 0에 가까울수록 종속변수에 미치는 영향력이 작다는 것을 의미한다. 가정부문 총에너지 모델과 전기 모델에서는 공동주택 용도와 연면적의 표준화 계수가 높아 건물에너지소비에 공동주택이라는 용도와 연면적이 큰 영향력을 갖는 것으로 나타났다.

- 모델의 각 변수별로 살펴보면, 건물용도가 단독주택이면 기타 용도보다 에너지를 많이 소비하고, 공동주택이면 기타 용도보다 적게 소비한다는 것을 나타낸다. 지역유형에서는 도심권이 동북권보다 에너지를 적게 소비하고, 나머지 서북권, 서남권, 동남권에서는 동북권보다 에너지를 더 많이 소비하는 것으로 나타났다. 건물연도는 2011년 이후의 건물보다 1976년 이전 건물, 1977년~1986년인 건물, 1987년~2000년인 건물, 2000년~2010년인 건물이 모두 에너지를 더 많이 사용한다. 건물구조에서는 기타구조보다 벽돌구조, 철근콘크리트, 일반목구조가 에너지를 더 많이 사용하는 것으로 나타났다. 건물지붕에서는 기타 지붕보다 철근콘크리트지붕이 에너지를 많이 소비하고 기와 지붕은 에너지를 적게 소비하는 것으로 나타났다. 마지막으로 월별 사용량에서는 10월을 기준으로 2월이 가장 많은 에너지를 소비하고, 1월, 3월, 12월, 4월, 11월, 5월 순으로 많은 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 반면에 6월, 8월, 7월, 9월 순으로 에너지를 적게 소비하는 것으로 나타났다.
- 전기소비모델의 일부 변수의 부호는 총에너지소비모델 변수의 부호와 다르게 나타났다. 건물용도, 지역유형과 월변수, 특히 여름인 6, 7, 8월이 기준 월인 10월보다 많은 에너지를 소비한다고 나타났다. 지역난방 모델은 적은 관측수로 인해 일부 더미변수에 해당하는 건물이 존재하지 않아 해당 변수의 계수값이 도출되지 않았다. 해당하는 변수는 건물용도의 단독주택, 건물연도의 2001~2010년, 건물구조의 벽돌과 일반목구조이다.
- 가정부문 총에너지소비량(Y_t) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln Y_t = & 4.270 + 0.128(\text{단독}) - 0.967(\text{공동}) - 0.126(\text{도심권}) \\ & + 0.016(\text{서북권}) + 0.001(\text{서남권}) + 0.022(\text{동남권}) \\ & + 0.025(1976\text{년 이전}) + 0.249(1977-1986\text{년}) + 0.355(1987-2000\text{년}) \\ & + 0.288(2001-2010\text{년}) + 0.389(\text{벽돌구조}) + 0.420(\text{철근콘크리트구조}) \\ & + 0.077(\text{일반목구조}) + 0.055(\text{철근콘크리트지붕}) - 0.200(\text{기와지붕}) \\ & + 1.085(1\text{월}) + 1.101(2\text{월}) + 0.926(3\text{월}) + 0.751(4\text{월}) + 0.328(5\text{월}) \\ & - 0.047(6\text{월}) - 0.205(7\text{월}) - 0.203(8\text{월}) - 0.220(9\text{월}) + 0.452(11\text{월}) \\ & + 0.871(12\text{월}) + 0.496 \cdot \ln(\text{연면적}) \end{aligned}$$

- 가정부문 전기소비량(Y_e) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln Y_e = & 3.519 - 0.341(\text{단독}) - 1.117(\text{공동}) - 0.076(\text{도심권}) \\ & - 0.031(\text{서북권}) + 0.005(\text{서남권}) - 0.022(\text{동남권}) \\ & + 0.222(1976\text{년 이전}) + 0.294(1977-1986\text{년}) + 0.310(1987-2000\text{년}) \\ & + 0.275(2001-2010\text{년}) + 0.070(\text{벽돌구조}) + 0.111(\text{철근콘크리트구조}) \\ & + 0.112(\text{일반목구조}) + 0.069(\text{철근콘크리트지붕}) - 0.153(\text{기와지붕}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +0.072(1월)+0.065(2월)-0.022(3월)+0.046(4월)-0.002(5월) \\
& +0.031(6월)+0.079(7월)+0.248(8월)+0.163(9월)+0.032(11월) \\
& +0.027(12월)+0.623*\ln(\text{연면적})
\end{aligned}$$

- 가정부문 지역난방소비량(Y_h) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\ln Y_h = & 4.181-1.553(\text{공동})+0.051(\text{도심권})+0.019(\text{서북권}) \\
& -0.727(\text{서남권})-0.525(\text{동남권})-0.078(1976\text{년이전}) \\
& -0.588(1977-1986\text{년})-0.082(1987-2000\text{년}) \\
& -0.429(\text{철근콘크리트구조})-1.248(\text{철근콘크리트지붕}) \\
& -0.424(\text{기와지붕})+1.176(1월)+0.957(2월)+0.783(3월)+0.254(4월) \\
& -0.409(5월)-0.963(6월)-1.070(7월)-1.155(8월)-1.010(9월) \\
& +0.669(11월)+1.103(12월)+0.963*\ln(\text{연면적})
\end{aligned}$$

- 가정부문 도시가스소비량(Y_g) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\ln Y_g = & 3.279+0.413(\text{단독})-0.476(\text{공동})-0.067(\text{도심권}) \\
& -0.003(\text{서북권})-0.007(\text{서남권})+0.013(\text{동남권}) \\
& -0.000(1976\text{년 이전})+0.156(1977-1986\text{년})+0.265(1987-2000\text{년}) \\
& +0.193(2001-2010\text{년})+0.437(\text{벽돌구조})+0.406(\text{철근콘크리트구조}) \\
& +0.241(\text{일반목구조})+0.029(\text{철근콘크리트지붕})-0.127(\text{기와지붕}) \\
& +1.527(1월)+1.538(2월)+1.344(3월)+1.097(4월)+0.542(5월) \\
& -0.096(6월)-0.451(7월)-0.692(8월)-0.610(9월)+0.702(11월) \\
& +1.234(12월)+0.538*\ln(\text{연면적})
\end{aligned}$$

3) 상업부문

- 상업부문 표준모델의 7개 독립변수는 더미변수이기 때문에 통계분석을 위해 각각의 독립변수별로 기준변수를 설정하였다. 기준변수는 아래 표와 같이 주택유형의 기타, 지역유형의 동북권, 건물연도의 2011년 이후, 층 층수의 1~5층, 건물구조의 기타, 건물지붕의 기타, 월의 10월로 설정하였다.
- 상업부문 에너지원별 에너지소비량의 통계분석결과는 다음 표와 같다. 가정부문과 마찬가지로 상업부문의 종속변수에 따라 3가지 에너지원별 개별모델과 총에너지 모델로 구분된다. 상업부문 표준모델의 각 변수별 유의수준은 대부분 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 연구대상 관측치가 적은 지역난방 모델에서 통계적으로 유의하지 않은 변수가 포함되었다.
- 분석결과의 표준화계수를 통해 모델의 포함된 변수들의 상대적인 영향력의 크기를 비교할 수 있었다. 상업부문에서는 모든 에너지원별 모델에서 연면적이 가장 높은 영향력을 갖는 변수로 나타났다. 총에너지, 도시가스, 지역난방 모델에서는 1월, 2월 변수, 전기모델에서는 1986년 이전 건물 변수의 영향력이 높은 것으로 나타났다. 이는 상업부문의 건물 에너지원별 소비량에 연면적, 월, 건물연도 속성이 큰 영향력을 가진다는 것을 의미한다.

[표 4-20] 상업부문 분석결과

에너지원		총에너지			전기			지역난방			도시가스		
Adj R-Sq		0.7462			0.7209			0.8614			0.5117		
Root MSE		0.67892			0.70262			0.92765			1.08824		
구분	계수	유의 수준	표준화 계수	계수	유의 수준	표준화 계수	계수	유의 수준	표준화 계수	계수	유의 수준	표준화 계수	
상수항		1.948	***	0.000	1.485	***	0.000	-1.864	**	0.000	2.429	***	0.000
건물용도	1종근린생활시설	0.179	***	0.067	0.128	***	0.048	1.096	***	0.159	-0.017	***	-0.005
	2종근린생활시설	0.206	***	0.075	0.164	***	0.061	1.489	***	0.166	0.074	***	0.023
	기타	기준변수											
지역유형	도심권	-0.036	***	-0.009	-0.034	***	-0.008	-	-	-	-0.048	***	-0.009
	서북권	0.043	***	0.010	-0.028	***	-0.007	-	-	-	0.021	***	0.004
	서남권	0.002	-	-	-0.025	***	-0.008	0.923	-	0.134	0.103	***	0.028
	동북권	기준변수											
	동남권	-0.017	***	-0.005	0.026	***	0.008	2.066	**	0.297	0.040	***	0.010
건물연도	1976년 이전	0.438	***	0.118	0.952	***	0.264	1.922	**	0.148	0.299	***	0.059
	1977~1986년	0.310	***	0.095	0.748	***	0.235	-0.906	-	-0.128	0.171	***	0.044
	1987~2000년	0.222	***	0.081	0.509	***	0.189	-0.072	-	-0.011	0.156	***	0.050
	2001~2010년	0.171	***	0.052	0.337	***	0.099	-	-	-	0.174	***	0.047
	2011년 이후	기준변수											
총 층수	1~5층	기준변수											
	6~10층	0.038	***	0.007	0.081	***	0.016	-1.424	***	-0.244	-0.039	***	-0.007
	11층 이상	0.134	***	0.004	0.094	***	0.003	-1.144	***	-0.161	0.121	***	0.003
건물구조	벽돌구조	0.043	***	0.011	-0.321	***	-0.083	-	-	-	-0.001	-	0.000
	철근콘크리트	-0.091	***	-0.028	-0.364	***	-0.113	0.722	***	0.074	-0.135	***	-0.032
	일반목구조	0.087	***	0.010	-0.001		0.000	-	-	-	0.128	***	0.007
	기타	기준변수											
지붕	철근콘크리트	-0.009	***	-0.002	-0.121	***	-0.028	-0.905	**	-0.059	-0.003		-0.001
	기와	0.053	***	0.009	-0.019	***	-0.003	-	-	-	0.077	***	0.008
	기타	기준변수											
월	1월	0.739	***	0.151	0.311	***	0.064	2.077	***	0.279	1.555	***	0.277
	2월	0.730	***	0.150	0.300	***	0.062	1.905	***	0.257	1.542	***	0.276
	3월	0.522	***	0.108	0.141	***	0.029	1.781	***	0.240	1.289	***	0.233
	4월	0.407	***	0.084	0.141	***	0.029	1.312	***	0.177	1.033	***	0.185
	5월	0.126	***	0.026	0.005	**	0.001	0.597	**	0.065	0.462	***	0.082
	6월	0.016	***	0.003	0.061	***	0.013	-0.447	**	-0.036	-0.124	***	-0.022
	7월	0.049	***	0.010	0.178	***	0.037	-0.879	***	-0.070	-0.409	***	-0.071
	8월	0.135	***	0.027	0.312	***	0.065	-0.879	***	-0.069	-0.568	***	-0.098
	9월	0.091	***	0.018	0.246	***	0.051	-0.641	**	-0.052	-0.501	***	-0.087
	10월	기준변수											
	11월	0.224	***	0.046	0.043	***	0.009	1.404	***	0.133	0.659	***	0.118
	12월	0.530	***	0.110	0.176	***	0.037	1.971	***	0.265	1.232	***	0.223
연면적		1.025	***	0.858	1.059	***	0.873	1.183	***	1.103	0.786	***	0.529

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

주1: ***, **, * : 각각 1%, 5%, 10% 이내 통계적 유의 수준을 의미함

주2: Adj R-Sq(Adjusted R square): 조정된 R square 값. 독립변수 개수가 다른 모델간 비교할 때 의미있는 통계량임.

주3: Root MSE(Root Mean Square): Mean Square(자승합)의 제곱근

- 모델의 각 변수별로 살펴보면, 건물용도가 제1종 근린생활시설과 제2종 근린생활인 경우 기타 용도보다 에너지를 많이 소비하는 것으로 나타났다. 지역유형에서는 동북권에 비해 도심권과 동남권이 에너지를 적게 소비하고, 서북권, 서남권은 에너지를 많이 소비하는 것으로 나타났다. 건물연도는 2011년 이후의 건물보다 1976년 이전 건물, 1977년~1986년인 건물, 1987년~2000년인 건물, 2000년~2010년 건물이 에너지를 많이 사용하는 것으로 나타났다. 층 층수에서는 1-5층의 저층건물보다 6층 이상의 건물에서 에너지 소비가 많은 것으로 나타났다. 건물구조에서는 기타구조보다 벽돌구조, 일반목구조가 에너지를 많이 사용하고 철근콘크리트구조는 에너지를 적게 사용하는 것으로 나타났다. 건물지붕에서는 기타 지붕보다 철근콘크리트 지붕이 에너지를 적게 소비하고 기와지붕은 에너지를 더 많이 소비하는 것으로 나타났다. 마지막으로 월별 사용량에서는 10월을 기준으로 1월이 가장 많은 에너지를 소비하고, 2월, 12월, 3월, 4월, 11월, 8월, 5월, 9월, 6월 순으로 에너지를 많이 소비하는 것으로 나타났다.

- 상업부문 총에너지 소비(Y_t) 추정모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln Y_t = & 1.948 + 0.179(1\text{종근린생활}) + 0.206(2\text{종근린생활}) \\ & - 0.036(\text{도심권}) + 0.043(\text{서북권}) + 0.002(\text{서남권}) - 0.017(\text{동남권}) \\ & + 0.438(1976\text{년 이전}) + 0.310(1977-1986) + 0.222(1987-2000) + 0.171(2001-2010) \\ & + 0.038(6\sim 10\text{층}) + 0.134(11\text{층이상}) \\ & + 0.043(\text{벽돌구조}) - 0.091(\text{철근콘크리트구조}) + 0.087(\text{일반목구조}) - 0.009(\text{철근콘크리트지붕}) + 0.053(\text{기와지붕}) \\ & + 0.739(1\text{월}) + 0.730(2\text{월}) + 0.522(3\text{월}) + 0.407(4\text{월}) + 0.126(5\text{월}) + 0.016(6\text{월}) + 0.049(7\text{월}) + 0.135(8\text{월}) + 0.091(9\text{월}) \\ & + 0.224(11\text{월}) + 0.530(12\text{월}) \\ & + 1.025 * \ln(\text{연면적}) \end{aligned}$$

- 상업부문 전기소비량(Y_e) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln Y_e = & 1.485 + 0.128(1\text{종근린생활}) + 0.164(2\text{종근린생활}) \\ & - 0.034(\text{도심권}) - 0.028(\text{서북권}) - 0.025(\text{서남권}) + 0.026(\text{동남권}) \\ & + 0.952(1976\text{년 이전}) + 0.748(1977-1986\text{년}) + 0.509(1987-2000\text{년}) + 0.337(2001-2010\text{년}) \\ & + 0.081(6\sim 10\text{층}) + 0.094(11\text{층이상}) \\ & - 0.321(\text{벽돌구조}) - 0.364(\text{철근콘크리트구조}) - 0.001(\text{일반목구조}) - 0.121(\text{철근콘크리트지붕}) - 0.019(\text{기와지붕}) \\ & + 0.311(1\text{월}) + 0.300(2\text{월}) + 0.141(3\text{월}) + 0.141(4\text{월}) + 0.005(5\text{월}) + 0.061(6\text{월}) + 0.178(7\text{월}) + 0.312(8\text{월}) + 0.246(9\text{월}) \\ & + 0.043(11\text{월}) + 0.176(12\text{월}) \\ & + 1.059 * \ln(\text{연면적}) \end{aligned}$$

- 상업부문 지역난방소비량(Y_h) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln Y_h = & -1.864 + 1.096(1\text{종근린생활}) + 1.489(2\text{종근린생활}) \\ & + 0.923(\text{서남권}) + 2.066(\text{동남권}) \\ & + 1.922(1976\text{년이전}) - 0.906(1977-1986\text{년}) \\ & - 0.072(1987-2000\text{년}) - 1.424(6\sim 10\text{층}) - 1.144(11\text{층이상}) \\ & + 0.722(\text{철근콘크리트구조}) - 0.905(\text{철근 콘크리트지붕}) \\ & + 2.077(1\text{월}) + 1.905(2\text{월}) + 1.781(3\text{월}) + 1.312(4\text{월}) + 0.597(5\text{월}) - 0.447(6\text{월}) - 0.879(7\text{월}) - 0.879(8\text{월}) - 0.641(9\text{월}) \\ & + 1.404(11\text{월}) + 1.971(12\text{월}) \end{aligned}$$

$$+1.183*\ln(\text{연면적})$$

○ 상업부문 도시가스소비량(Y_g) 표준모델의 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln Y = & 2.429 - 0.017(\text{1중근린생활}) + 0.074(\text{2중근린생활}) \\ & - 0.048(\text{도심권}) + 0.021(\text{서북권}) + 0.103(\text{서남권}) + 0.040(\text{동남권}) \\ & + 0.299(\text{1976년 이전}) + 0.171(\text{1977-1986}) + 0.156(\text{1987-2000}) + 0.174(\text{2001-2010}) \\ & - 0.039(\text{6~10층}) + 0.121(\text{11층이상}) \\ & - 0.001(\text{벽돌구조}) - 0.135(\text{철근콘크리트구조}) + 0.128(\text{일반목구조}) - 0.003(\text{철근콘크리트지붕}) + 0.077(\text{기와지붕}) \\ & + 1.555(\text{1월}) + 1.542(\text{2월}) + 1.289(\text{3월}) + 1.033(\text{4월}) + 0.462(\text{5월}) - 0.124(\text{6월}) - 0.409(\text{7월}) - 0.568(\text{8월}) - 0.501(\text{9월}) \\ & + 0.659(\text{11월}) + 1.232(\text{12월}) \\ & + 0.786*\ln(\text{연면적}) \end{aligned}$$

3. 표준모델의 검증

- 가정과 상업부문의 표준모델은 모두 높은 수준의 모형설명력을 보이고 있다. 표준모델 분석을 통한 수식의 적합성은 일반적으로 결정계수(coefficient of determination)를 보고 판단할 수 있다. 결정계수란 추정된 수식이 주어진 자료를 얼마나 잘 설명할 수 있는가에 대한 기준으로서, 모델식으로 설명되는 분산과 설명이 되지 않는 분산 중 모델식으로 설명되는 분산정도를 의미한다. 이 값이 R square이며, 최대 1의 값을 갖는다. R-square값은 1에 가까울수록 높은 설명력을 가지며, Adj R-Sq(Adjusted R square)는 조정된 R square 값으로 독립변수 개수가 다른 모델들을 비교할 때 의미 있는 통계량이다.
- 가정부문 표준모델의 조정된 R square 값은 총에너지에서 0.59, 전기는 0.68, 지역난방은 0.47, 도시가스는 0.65로 분석되었다. 이 값들은 사회과학분야의 통계치로서는 높은 수준의 설명력을 갖는다고 분석가능하다. 지역난방 자료는 연구대상의 매우 작은 관측치를 가지고 있어 일부 변수에 해당하는 사용량 값이 존재하지 않거나 유의수준이 매우 낮게 나온 것으로 판단된다.
- 추가적인 표준모델의 검증을 위해, 국가 건물에너지 통합관리시스템 구축사업단에서 받은 국가 건물에너지 통합 DB자료 중 검증대상 건물과 동일한 조건을 가진 모든 관측치를 대입하여 표준모델의 결과 값과 비교하였다.

1) 부문별 검증유형

- 가정부문 표준모델의 독립변수는 6개의 더미변수로 구성되었기 때문에 이론적으로 가능한 건물유형 수는 총 10,800개(용도 3개*권역 5개*연도 5개*구조 4개*지붕 3개*월 12개)이다. 이중 월별 더미변수 12개를 제외하면 900개이다. 상업부문 표준모델의 독립변수는 총 층수 포함 7개의 더미변수로 구성되었기 때문에 이론적으로 가능한 건물유형 수는 총 32,400개(용도 3개*권역 5개*연도 5개*층수 3개*구조 4개*지붕 3개*월 12개)이다. 이중 월별 더미변수 12개를 제외하면 2,700개이다.
- 따라서 전체모델에서 가능한 유형의 개수는 총 43,200개이다. 하지만 건물구조, 건물지붕 등의 일부 더미변수에는 특정 그룹에 관측수의 대부분이 포함되기 때문에, 더미변수별 관측수의 비중이 매우 낮은 유형인 경우 실제 건물이 포함될 경우의 수가 매우 낮다. 이러한 유형들은 제외하고 실제 존재가능성이 높은 건물유형을 찾기 위해, 더미변수별 비중이 높은 변수를 선택하여 검증대상 건물유형으로 선정하였다. 비중을 고려하여 선정된 유형은 다음 표와 같으며, 건물유형별 동일유형에 포함되는 실제 자료수와 실측연면적의 평균값을 산출하여 추가하였다.

[표 4-21] 가정부문 검증대상 건물유형

건물 속성	건물1	건물2	건물3
건물용도	단독주택	단독주택	단독주택
지역유형	도심권	동북권	서남권
건물연도	2001-2010년	2001-2010년	2001-2010년
총 층수	-	-	-
건물구조	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
건물지붕	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
월	7월	7월	7월
연면적(m ²)	354.41	324.09	329.25
자료 수	648	3281	2966

[표 4-22] 상업부문 검증대상 건물유형

건물 속성	건물4	건물5	건물6	건물7
건물용도	제1종 근린생활	제1종 근린생활	제1종 근린생활	제1종 근린생활
지역유형	동북권	서남권	서남권	도심권
건물연도	2001-2010년	2001-2010년	2001-2010년	2001-2010년
총 층수	1-5층	1-5층	1-5층	1-5층
건물구조	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
건물지붕	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
월	1월	2월	3월	1월
연면적(m ²)	63.92	176.69	176.32	44.35
자료 수	1028	228	218	685

2) 실측값과 표준값의 오차

- 앞에서 설정한 건물유형별 동일건물유형에 포함되는 자료의 실제 에너지소비량의 평균 값을 산정하여 표준모델에서 산출한 표준소비량과 비교하였다. 각 유형별 산출한 값은 다음 표와 같으며 오차는 실제 값과 표준값의 차이를 비율로 나타내어 산출하였다.

$$\text{오차(\%)} = \frac{\text{실제값} - \text{표준값}}{\text{실제값}} * 100$$

[표 4-23] 가정부문 건물유형별 표준에너지 소비량과 실측 평균값의 비교

구분		건물1	건물2	건물3	평균오차(%)
총에너지	실측 평균값(kWh)	2644.91	2809.26	2932.87	12.67
	표준모델 산출값(kWh)	2304.37	2498.22	25521.62	
	오차율(%)	12.9	11.1	14.0	
전기	실측 평균값(kWh)	1674.26	1759.75	1819.62	14.27
	표준모델 산출값(kWh)	1472.65	1503.17	1525.58	
	오차율(%)	12.0	14.6	16.2	
도시가스	실측 평균값(kWh)	1027.75	1116.14	1187.81	5.33
	표준모델 산출값(kWh)	1050.87	1071.41	1072.79	
	오차율(%)	2.3	4.0	9.7	

[표 4-24] 상업부문 건물유형별 표준에너지 소비량과 실측 평균값의 비교

구분		건물4	건물5	건물6	건물7	평균오차(%)
총에너지	실측 평균값(kWh)	1496.60	3822.67	3160.31	1241.49	10.43
	표준모델 산출값(kWh)	1335.88	3760.98	3049.78	920.52	
	오차율(%)	10.7	1.6	3.5	25.9	
전기	실측 평균값(kWh)	748.81	1672.64	1472.70	379.72	22.85
	표준모델 산출값(kWh)	481.5	1362.69	1160.07	318.93	
	오차율(%)	35.7	18.5	21.2	16.0	
도시가스	실측 평균값(kWh)	1597.85	3730.51	2978.82	1141.72	7.6
	표준모델 산출값(kWh)	1433.78	3487.57	2704.78	1192.44	
	오차율(%)	10.3	6.5	9.2	-4.4	

- 지역난방의 자료수는 전체의 1% 미만이기 때문에 실제 지역난방 에너지소비량이 포함되는 유형그룹을 선정하는데 어려움이 있어 오차분석에서 제외하였다.
- 가정부문 표준모델과 상업부문 표준모델의 오차는 에너지원별로 차이를 보이고 있다. 총에너지 표준모델의 경우 10% 내외의 오차를 보이고 있고, 전기 표준모델의 경우는 다른 에너지원 모델보다 오차의 폭이 큰 것으로 나타났다. 오차검증부문은 선행연구인 서울시 주거용 건물 추정모델과 유사한 오차를 보였으며, 향후 변수보완을 통해 좀 더 신뢰도가 높은 표준값을 산출할 수 있다.

제5장 결 론

1. 표준모델의 활용
2. 정책활용방안
3. 결론 및 시사점

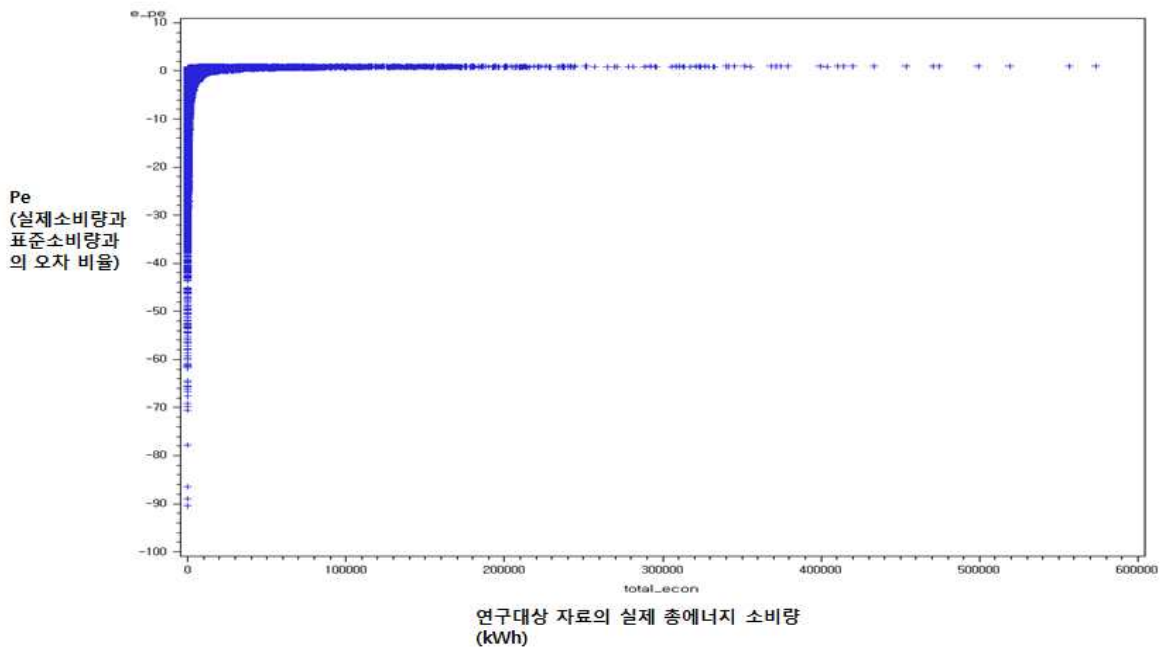
1. 표준모델의 활용

1) 실제사용량과 표준소비량

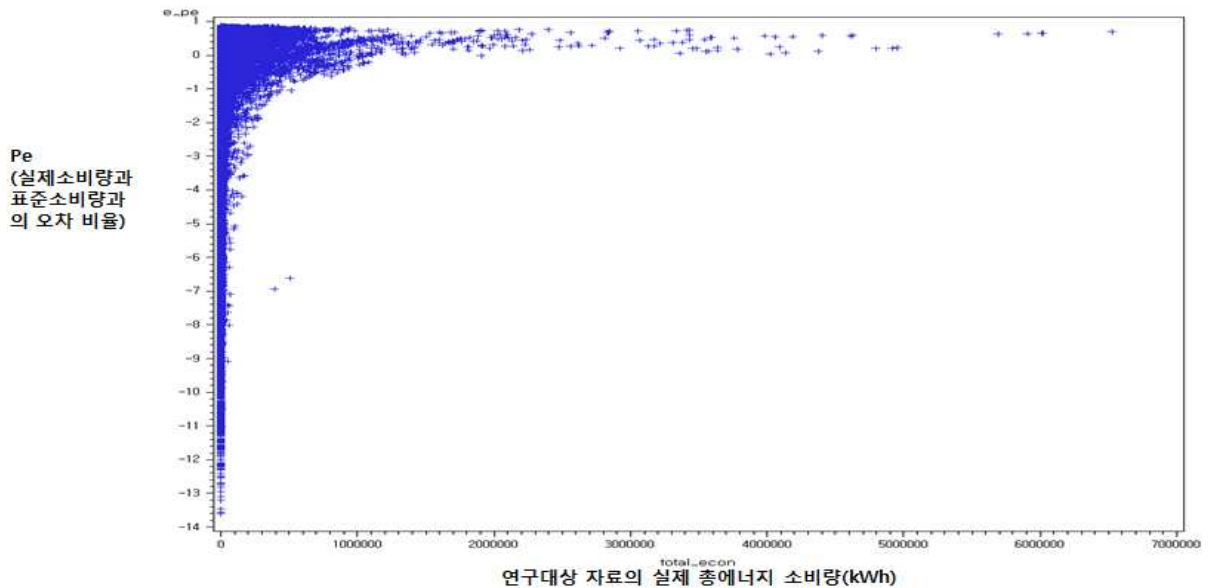
- 연구대상 가정부문, 상업부문 건물들의 실제 에너지 소비량과 표준모델에서 산출한 소비량을 비교하였다. 아래 그림은 각 부문별 모든 연구대상 건물 자료의 표준소비량을 산출하여 실제소비량과 비교한 것이다. 실제소비량에서 표준소비량을 차이를 실제소비량으로 나눈 값을 pe(percentage error)값으로 산출하였다. pe값이 0에 가까울수록 실제 소비량과 표준소비량의 차이가 적다는 의미이고, pe값의 절대값이 커질수록 실제소비량과 표준소비량의 차이가 크다는 의미이다.

$$pe = \frac{\text{실제소비량} - \text{표준소비량}}{\text{실제소비량}}$$

- pe값의 분포를 그래프로 나타내면 표준모델의 오차의 분포와 범위를 분석 가능하다. 그리고 pe값이 양수이면 실제사용량이 표준사용량보다 크다는 의미이고, pe값이 음수이면 실제사용량이 표준사용량보다 작다는 의미이다. 분석결과 가정부문에서는 실제사용량이 표준모델의 소비량보다 많은 건물 수는 분석대상의 57.8%로 나타났다. 실제사용량이 표준사용량보다 적은 자료의 비중은 42.2%였으나, 표준사용량보다 많은 건물자료의 범위(0이상 0.98미만)에 비해 더 넓은 범위(-90.4에서 0미만 사이)에서 분포하고 있었다. 가정부문 자료수가 상업부문 자료수의 약 6배가 되기 때문에 오차의 분포도 더 넓은 것으로 분석된다.



[그림 5-1] 가정부문 실제소비량과 표준소비량의 오차비율 분포



[그림 5-2] 상업부문 실제소비량과 표준소비량의 오차비율 분포

- 상업부문에서는 실제사용량이 표준모델의 소비량보다 많은 건물 수는 분석대상의 52.2%를 차지하였다. 상업부문도 가정부문과 마찬가지로 실제사용량이 표준사용량보다 적은 자료의 비중은 47.8%였으나 표준사용량보다 많은 자료의 범위(0이상 0.88미만)에 비해 더 넓은 범위(-13.6에서 0미만 사이)에 분포하고 있었다.

2) Input

- 표준모델에서 특정 건물의 표준에너지소비량을 산정하기 위해서는 우선적으로 대상 건물의 속성을 조사해야 한다. 건물의 속성은 표준모델의 독립변수에 따라 정리할 수 있다. 다음 표는 부문별 적용 가능한 건물 속성의 예시이다. 연면적은 대상 건물의 건축물 대장에 기재된 공용면적이 포함된 연면적 값을 사용해야 한다.

[표 5-1] 부문별 건물속성 예시

건물 속성	건물1	건물2	건물3	건물4
건물용도	(가정)단독주택	(가정)공동주택	(상업)제1종 근린생활시설	(상업)제2종 근린생활시설
지역유형	서남권	동북권	도심권	서북권
건물연도	1987-2000년	2001-2010년	1977-1986년	1987-2000년
총 층수	-	-	1-5층	6-10층
건물구조	일반목구조	철근콘크리트	벽돌	벽돌
건물지붕	기와	철근콘크리트	기타	철근콘크리트
월	1월	6월	8월	12월
연면적(m ²)	실제 연면적	실제 연면적	실제 연면적	실제 연면적

- 건물에너지소비량을 산정하기 위해서는 조사한 건물속성에 따라 표준모델에 입력하는 값을 도출해야한다. 표준모델의 8가지 독립변수 중 7가지 더미변수에는 변수별 하위속성값이 존재한다. 변수별 하위속성값 중 1개 속성은 모델의 기준 속성값이다. 대상 건물의 속성이 기준속성값에 해당하는 경우에는 모든 속성값에 0을 대입한다. 나머지 속성값에는 대상 건물의 속성에 해당하는 값에 1을 대입하고, 나머지 특성에는 0을 대입한다. 연면적에는 건물의 실제 연면적 값을 입력한다. 앞에서 예시로 작성한 건물속성에 따라 표준모델에 입력되는 값들은 다음 표와 같이 정리할 수 있다.

[표 5-2] 건물속성별 표준모델 입력값 예시

구분	속성	건물1	건물2	건물3	건물4
건물용도	(가정)단독주택	1	0	0	0
	(가정)공동주택	0	1	0	0
	(상업)제1종 근린생활시설	0	0	1	0
	(상업)제2종 근린생활시설	0	0	0	1
	기타용도	0	0	0	0
지역유형	도심권	0	0	1	0
	서북권	0	0	0	1
	서남권	1	0	0	0
	동남권	0	0	0	0
	동북권	0	0	0	0
건물연도	1976년 이전	0	0	0	0
	1977~1986년	0	0	1	0
	1987~2000년	1	0	0	1
	2001~2010년	0	1	0	0
	2011년 이후	0	0	0	0
총 층수	1~5층	-	-	0	0
	6~10층	-	-	0	1
	11층 이상	-	-	0	0
건물구조	벽돌구조	0	0	1	1
	철근콘크리트구조	0	1	0	0
	일반목구조	1	0	0	0
	기타	0	0	0	0
건물지붕	철근콘크리트	0	1	0	1
	기와	1	0	0	0
	기타	0	0	0	0
월	1월	1	0	0	0
	2월	0	0	0	0
	3월	0	0	0	0
	4월	0	0	0	0
	5월	0	0	0	0
	6월	0	1	0	0
	7월	0	0	0	0
	8월	0	0	1	0
	9월	0	0	0	0
	10월	0	0	0	0
	11월	0	0	0	0
	12월	0	0	0	1
연면적(m ²)		실제 연면적	실제 연면적	실제 연면적	실제 연면적

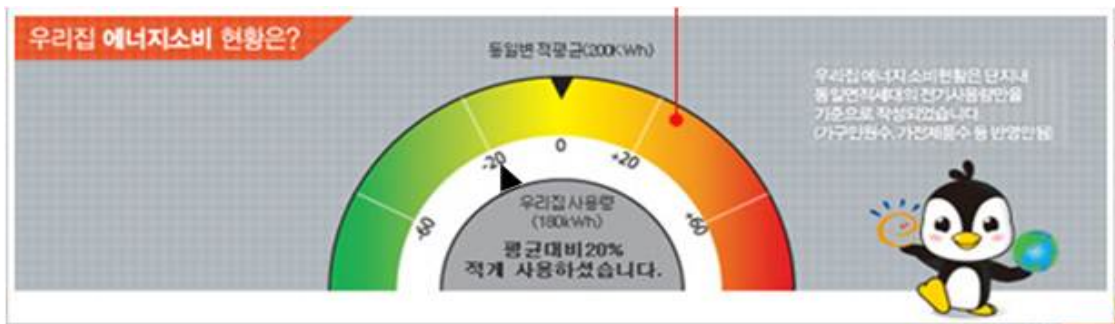
3) Output

- 건물속성에 따른 입력값을 표준모델에 적용하면 대상 건물의 표준에너지소비량이 산출된다. 표준모델에서 건물에너지소비량은 월단위 총에너지소비량과 전기, 지역난방, 도시가스의 에너지원별 소비량을 산출할 수 있으며, 각 에너지원별 총소비량 및 단위면적당 소비량도 산출 가능하다.
- 추가적으로, kWh로 환산한 에너지소비량은 고지서에 활용되도록 에너지원별 고지서에 표기되는 단위로 재환산 가능하다. 본 연구에서는 고지서에 활용할 에너지 사용량 단위로 전기는 kWh/m², 도시가스는 Nm³/m², MJ/m², 지역난방은 m³/m²으로 설정하여 적용한다.

2. 정책활용방안

1) 에너지요금고지서에 활용

- 에너지공급기관별로 발행하고 있는 건물의 요금고지서에는 해당 건물의 월별사용량만을 제공하거나 추가적으로 월별 사용량 추이나 평균 소비량을 제시하고 있다. 최근 연구에서는 에너지요금고지서에 유사한 건물유형의 평균소비량은 표기함으로써 에너지과소비 건물의 에너지절감 효과가 입증됨에 따라 건물의 평균소비량을 고지서에 명시하는 공급기관이 늘어나고 있다.



[그림 5-3] 아파트 관리비고지서의 에너지사용량표시

자료: 이지스엔터프라이즈

- 에너지소비에서는 소수의 에너지다소비 건물이 전체 에너지소비량의 높은 비중을 차지하고 있기 때문에, 평균소비량을 명시하는 경우 대다수 건물의 에너지소비량이 평균이하로 표시된다. 이렇게 평균 이하의 에너지소비량이 표시된 건물주는 에너지절감 필요성에 대한 인지도가 떨어지게 된다. 반면에 평균소비량 대신 표준소비량으로 표기할 경우 기준 값 이상 소비하는 건물의 대상 수가 확대되어 에너지소비에 대한 경각심을 고취하고 에너지절약의 생활화를 유도할 수 있다.



[그림 5-4] 에너지사용량표시 기준 변경 예시

- 연구대상 자료에서도 평균값 이상 소비하는 건물 수는 가정부문은 39.6%, 상업부문은 40%로 나타났다. 반면에 모델에서 산출한 표준소비량보다 많은 에너지를 소비하는 건물 수는 가정부문은 57.8%, 상업부문은 52.2%로 확대되었다. 마찬가지로 서울시 전체 건물의 에너지 요금고지서에 표기되는 평균소비량을 표준소비량으로 대체시 기준 이상 소비 대상 건물의 범위가 확대될 것으로 예상된다. 이렇게 표준소비량을 명시함으로써 에너지 소비가 많은 대상 건물 수가 증가되어 에너지소비 절감 효과를 향상시킬 수 있다.

2) 건축물 에너지소비총량제의 확대

- 건축물 에너지소비총량제는 1년 동안 건물에서 소비하는 총에너지사용량을 건물 연면적으로 나눈 단위 면적당 에너지소비량이 일정기준 이하가 되도록 에너지소비량을 관리하는 제도이다. 서울시에서는 2013년 4월부터 시행하여 대상건물의 건축심의 또는 인·허가 신청 시 에너지소비총량을 확인하고 있다.
- 건축물 에너지소비총량제의 대상은 연면적 합계 3,000㎡ 이상 신축 업무시설과 100세대 이상 신축 공동주택으로 현재는 일정 규모 이상의 신축건물에만 적용되고 있다. 하지만 2013년 녹색건축물조성지원법 시행으로 지역별 건축물 에너지 총량관리가 도입됨에 따라 기존 건물에 대한 에너지소비총량관리의 필요성이 커지고 있다. 이러한 배경 하에 기존 건물에도 건축물 에너지소비총량제를 확대하기 위해 표준모델을 총량제의 근거자료로 활용할 수 있다.
- 서울시 녹색설계기준에서 주거용 기준은 가정부문 연구대상 자료에, 주거용 이외 건물 기준은 상업부문 연구대상 자료에 적용하여 분석하면, 녹색설계 기준을 충족하는 건물은 가정부문 전체 자료의 64.6%, 상업부문에서는 67.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 반면에 각 건물의 표준사용량 이하를 소비하고 있는 건물은 가정부문 전체의 42.2%, 상업부문의 47.8%로 나타났다. 이렇게 신축건물의 기준을 기존 건물에 적용하는 것과 표준모델 값을 기존건물에 적용하는 것은 정책대상 건물 수에서 차이가 나게 된다. 따라서 기존 건물에 건축물 에너지소비총량제를 확대하기 위해서는 신축 건물과는 다른 기준을 설정해야 될 것이고, 정책에서 설정 가능한 관리 대상 건물 수에 따라 표준모델을 활용하여 기준을 설정할 수 있을 것이다.

[표 5-3] 서울시 건축물 에너지소비총량제 기준 및 연구대상 분석

분야	구분	서울시 녹색설계 기준	기준 충족 기준 건물	표준사용량 이하 소비 건물
건축물에너지 소비총량제	주거용 (100세대이상 공동주택)	190kWh/(㎡·a) 미만	64.56% (9,942,497개)	42.2% (6,505,302개)
	주거용이외건축물 (연면적 3000㎡이상 업무시설)	280kWh/(㎡·a) 미만	67.06% (1,796,728개)	47.8% (1,280,422개)

3) 표준모델을 활용한 등급제

- 기존에 수행된 건물에너지 소비량 분석연구는 실제 값이 아닌 가상의 모델을 통하여 시뮬레이션을 한 것이 대부분으로 실제 건물에너지 소비량과는 차이가 존재한다. 반면에 본 과제에서는 서울시의 21만개 건물의 실제 에너지소비 자료를 분석하여 표준모델을 개발함으로써 서울시 건물에너지 소비량에 관한 보다 더 실질적이고, 현실적인 등급제

제시가 가능하다.

- 등급구분을 위한 방법론으로는 현재 국토교통부에서 건축물에너지소비증명제도에서 검토하고 있는 OR(Operation Raging)방법론을 적용하였다. OR방법론은 국제적으로 사용하고 있는 건물에너지등급제 설정을 위한 방법론이다. 등급제의 기준 값은 OR비 기준으로 산정하였고 OR비 산출수식은 다음과 같다. 등급간격은 25% 로 설정하였다. 이 수치는 경험적 근거기반의 산출 값으로 등급제를 활용할 정책대상에 맞추어 조정가능하다.

$$\frac{\text{실에너지사용량}}{\text{표준사용량}} * 100 = \text{OR비}$$

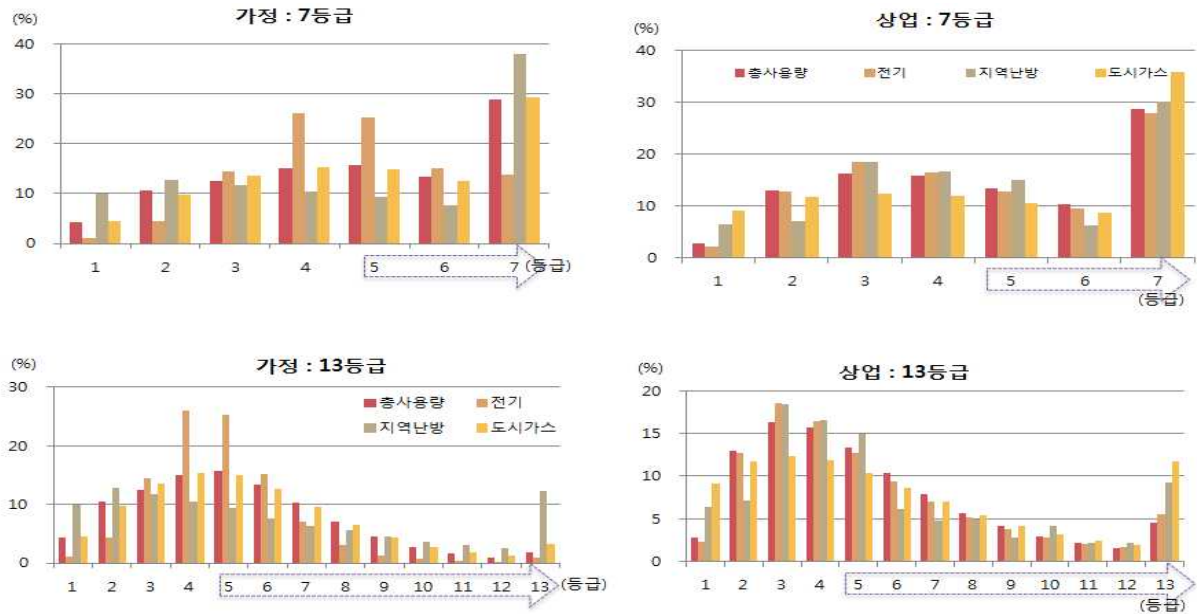
- OR비 산출방법론을 기준으로 25%구간별 등급을 아래 표와 같이 구분하여 연구대상 자료의 분포를 검토하였다. 아래 표에는 총에너지 소비량 기준으로 각 구간에 포함되는 연구대상 자료의 비중을 산출하여 추가하였다. 1~4등급은 실제사용량이 표준사용량의 100% 미만인 구간으로 표준사용량 이하로 소비하고 있는 건물을 의미한다. 5등급 이상은 실제사용량이 표준소비량보다 큰 구간이고, 9등급 이상은 표준사용량의 2배 이상 소비하고 있는 건물이 포함되는 구간이다. 예를 들어 3등급의 가정부문이 12.45%라는 의미는 가정부문에서 실제 에너지소비량이 모델에서 산출한 표준소비량의 50~75%인 건물 수가 전체 분석대상자료의 약12.45%라는 것을 의미한다.

[표 5-4] 연구대상 자료의 등급구분에 따른 구성비

OR비	등급	가정부문(%)	상업부문(%)
~25%	1	4.26	2.79
25~50%	2	10.50	12.98
50~75%	3	12.45	16.30
75~100%	4	15.03	15.72
100~125%	5	15.64	13.32
125~150%	6	13.35	10.32
150~175%	7	10.25	7.82
175~200%	8	7.03	5.62
200~225%	9	4.52	4.10
225~250%	10	2.66	2.89
250~275%	11	1.58	2.11
275~300%	12	0.98	1.57
300%~	13	1.76	4.46

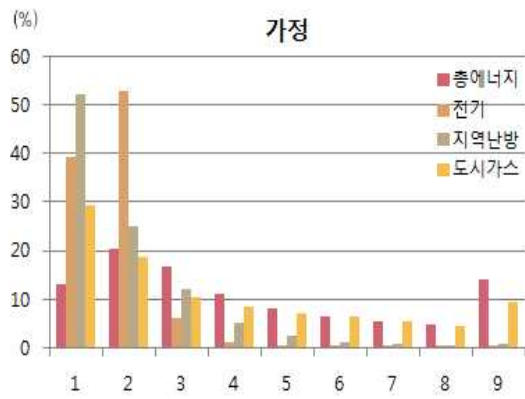
- 현재 국토교통부는 건축물에너지소비증명제도에 활용하기 위한 등급을 7개로 구분하고 있다. 이 등급구분 방식과 비교하기 위하여 연구대상 관측치의 등급을 7개로 구분하여 분포를 검토하였다. 연구자료의 분포를 분석한 결과 아래 그림과 같이 표준소비량 기준 150% 이상인 구간에 해당하는 마지막 7등급의 자료 수가 전체의 약 30%로 가장 높은 비중을 차지하고 있었다. 보통 등급제에서는 중간 등급의 비중이 높은 비중을 차지하도

록 조정을 하는 것이 일반적이기 때문에, 자료가 집중된 7등급의 자료 분포를 분산하기 위하여 마지막 7등급의 범위를 세분화하였다. 7등급 구간(150% 이상)을 2개~7개 등급으로 각각 세분화 하여 자료 분포를 검토한 후 최종적으로 아래 그림과 같이 13등급으로 나타내었다. 정책에서 활용되는 등급개수는 정책 목적과 정책 대상, 인센티브의 규모에 따라 조정 가능하다.

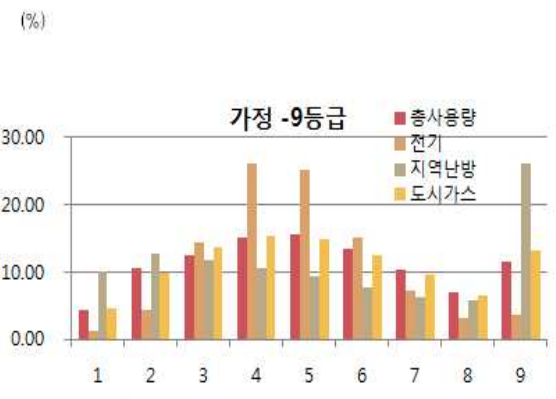


[그림 5-5] 등급개수별 분포 비교

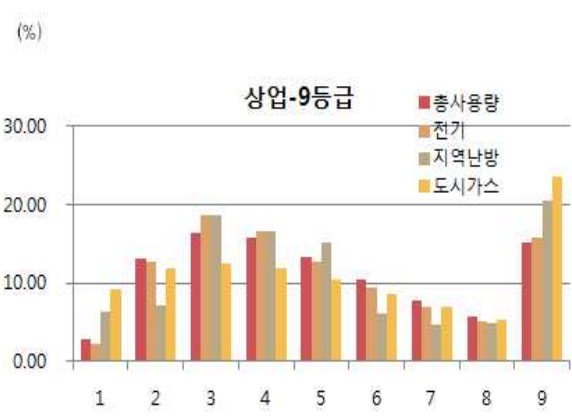
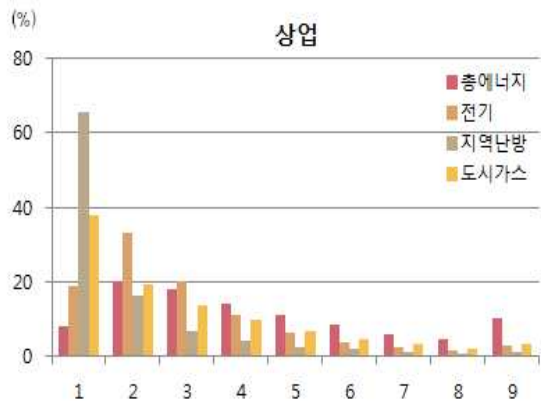
- 앞에서 설정한 등급구분 기준으로 표준사용량과 평균소비량 값을 각각 적용하여 연구대상 자료의 분포를 분석하였다. 그 결과는 아래 그림과 같다. 평균값을 적용한 등급제에서는 가정과 상업부문 모두 평균값 이하의 등급(1~4등급)에 대상 건물자료가 집중되는 분포를 보였다. 반면에 표준모델에서 산출한 표준사용량을 적용한 등급제에서는 표준사용량과의 오차가 제일 낮은 등급(4~5등급)에 건물자료가 집중되는 분포를 보였다. 표준사용량과의 오차가 작은 값을 중심으로 양쪽 등급의 관측수가 감소하는 정규분포의 형태를 보이는 것이다.



• 평균 이하 등급에 대상 건물 집중 ← 평균값 적용



표준모델 적용 → • 표준사용량 중심으로 분포



[그림 5-6] 평균사용량과 표준사용량 기준 등급제 비교

- 이러한 동일 자료에 대한 평균값과 표준값을 적용한 등급제의 자료 분포의 차이는 실제 건물에너지 정책을 적용할 때 어느 값을 기준값으로 설정하느냐에 따라 정책대상이 범위와 규모가 달라진다는 것을 보여준다. 기존에 기준값으로 주로 사용되었던 평균값을 적용한 등급제는 평균이하 등급에 건물이 집중됨으로써, 에너지절감대상 건물이 표준값을 적용한 등급제보다 적어진다는 문제점이 있다. 즉 표준모델에서 산출한 표준값으로 등급제를 적용하면 평균사용량 기준으로 설정하는 것보다 에너지절감 대상 건물이 확대되어 에너지절감 활동이 증가할 것이고, 궁극적으로 에너지 절감에 대한 기여도가 높아질 것이다.

4) 에코마일리지 인센티브제도 보완

- 서울시는 2009년 9월부터 에코마일리지제도를 시행하여 일정수준의 조건을 달성한 에너지 절감회원에게 인센티브를 제공하고 있다. 인센티브는 전기, 수도, 도시가스, 지역난방 중 2종류 이상의 에너지 사용량을 6개월 단위로 이전 사용량(직전 2년간 같은 기간 평균사용량)과 비교하여 기준 충족 시 해당 회원에게 제공하고 있다. 가정의 경우 기준 사용량의 10% 이상 감축 시 5만원 상당의 LED램프, 절수샤워기, 멀티탭 등의 친환경경제

품, 교통카드 충전권 등을 제공하거나 카드마일리를 적립해준다. 단체는 기준사용량의 5% 이상 감축 시 건물 또는 아파트단지 규모에 따라 각 5백~1천만 원 상당의 에너지 효율화 시설개선 비용을 지원하고 있다.

- 이러한 에코마일리지 도입이 4년 이상 됨에 따라, 기존 사용량 10% 절감을 기 달성하여 추가 절감이 어려운 가정회원에게도 에너지 절감을 유도하고 인센티브를 지속적으로 지급할 수 있도록 인센티브제도의 개선이 필요한 상황이다. 인센티브제도 보완을 위해 본 연구에서 개발한 표준모델의 결과를 활용 가능하다. 예를 들어, 아래 표와 같이 회원의 건물 특징에 따라 산출된 표준사용량을 기준으로 인센티브를 지급할 수 있다. 표준사용량을 기준으로 일정 비율 이하로 에너지사용 시에는 인센티브를 지급하고, 표준사용량 기준 일정 비율 이상 사용 시에는 인센티브 지급이 안 되도록 새로운 기준을 설정 가능하다. 비율에 따른 인센티브의 차등 지급 기준을 마련할 수도 있다.

[표 5-5] 에코마일리지 인센티브 개선안

에너지사용량	등급	마일리지 지급
표준사용량의 25% 이하	1등급	5만 마일리지
표준사용량의 25% ~75%	2등급	3만 마일리지
표준사용량의 75% ~125%	3등급	1만 마일리지
표준사용량의 125% ~175%	4등급	미지급
표준사용량의 175% 초과	5등급	미지급

3. 결론 및 시사점

- 본 연구에서는 그동안 분리되어 관리되고 있던 건축물의 건물속성과 에너지사용량 정보를 통합하고 분석하여 서울시 가정부문과 상업부문의 건물에너지 사용량을 추정하는 표준모델을 개발하였다. 최근 구축 완료된 국가 건물에너지 통합DB 자료를 활용하여 최신 서울시 건물에너지 자료를 통합하고 분석한 것에 큰 의미가 있으며, 1,800만 건이라는 빅데이터를 분석하여 실제 건물에너지 소비량 기반의 표준모델을 제시 한 것이 주요한 성과이다.
- 표준모델을 통해 건물에너지 소비에 영향을 주는 다양한 건물속성을 반영한 건물별 표준에너지소비량을 산정할 수 있다. 또한 산정된 표준에너지소비량을 에너지요금고지서, 건축물에너지소비총량제, 등급제, 에코마일리지 인센티브제도 등에 활용함으로써 건물에너지 저감에 기여할 수 있다.
- 연구에서 활용한 국가 건물에너지 통합DB자료에는 포함되지 않은 주요 변수가 있어 향후 개선이 필요하다. 현재의 자료는 건물의 세대나 호별 세대원 수와 이용자 수, 연령등 주요 자료와 연계가 되지 않아, 건물에너지소비에 큰 영향을 미치는 주요 변수가 표준모델에서 제외되었다는 점에서는 한계점이 존재한다. 향후 주민등록전산정보시스템이나 관련 시스템과의 연계가 되어 중요한 정보들이 추가된다면, 보다 객관적이고 합리적인 표준모델을 개발 할 수 있을 것이다.
- 통합DB의 기준이 되는 건축물대장의 항목도 개선이 필요하다. 현재 건축물대장의 건물 정보 속성에는 에너지에 대한 이슈가 반영되어 있지 않다. 건물의 에너지소비는 외단열, 내단열, 난방면적, 리모델링 유무, 방위 등의 정보가 무엇보다 중요하기 때문에 관련 정보가 건축물대장에 포함된다면 보다 의미있는 건물에너지 표준모델을 개발 할 수 있을 것이다.

참고문헌

□ 참고문헌

- 강연희·차기욱·전규엽·홍원화, 2011, “상업용 건축물 내 사업장의 업종특성을 고려한 전력소비 예측”, 「대한건축학회논문집」, 27(11):341-348.
- 김동균·전종욱·김강수, 2011, “EnergyPlus의 시뮬레이션 결과와 실제 냉방에너지 사용량의 비교분석 및 GHP와 EHP의 에너지 성능비교에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집」, 27(5): 237-244.
- 김민경·서유진, 2012, 「서울시민의 라이프스타일을 반영한 주택에너지 소비량 분석」, 서울시정개발연구원.
- 김민경·신동홍, 2012, 「서울시 단독주택 난방에너지 효율개선사업 활성화 방22안」, 서울시정개발연구원.
- 김민경·조항문, 2012, 「서울시 주거용건물의 에너지소비량 추정모델」, 서울시정개발연구원.
- 김성배, 2011, “패널회귀분석을 이용한 지방분권과 지역격차의 관련성 분석”, 「지역연구」, 27(4): 41-64.
- 민인식·최필선, 2012, 「STATA 패널데이터분석」
- 박기현, 2013, 「주택 에너지효율 개선사업 전략 연구」, 에너지경제연구원
- 박정규·박정로·오중근·김재준, 2013, “건물/설비시스템 요소와 에너지 소비량의 상관분석을 통한 업무용 건축물의 친환경 계획요소에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집」, 29(1): 287-296.
- 산업통산자원부·에너지경제연구원, 2013, 「2013 지역에너지통계연보」
- 서병선·심상렬, 2012, “지역난방 열에너지 수요예측”, 「에너지경제연구」, 11(2): 27-55.
- 서울특별시, 2006, 「2020년 서울도시기본계획」
- 서울특별시, 2012, 「2011 에너지백서」
- 서울특별시, 2012, 「온실가스 저감을 위한 도시계획 실천전략 연구」
- 서울특별시, 2013, 「서울시 에너지정책의 에너지절감효과 분석기법 개발」
- 서울특별시, 2013, 「에코마일리지제 시행성과 평가 및 발전방안 연구」
- 서정민·채두병·강한균, 2013, “경남 외국인직접투자의 경제적 특성과 결정요인”, 「지역연구」, 29(3): 65-86.
- 에너지관리공단, 2011, 「2011년 에너지사용량신고 작성매뉴얼」
- 이희연·노승철, 2012, 「고급통계분석론」
- 지식경제부, 2011, 「2011년도 에너지총조사 보고서」
- 지식경제부·에너지경제연구원, 2012, 「2012 지역에너지통계연보」

통계청, 2010, 「인구주택총조사」

Marianne F. Touchie·Clarissa Binkley·Kim D. Pressnail, 2013, Correlating energy consumption with multi-unit residential building characteristics in the city of Toronto, 「Energy and Buildings」, 66:648-656.

Jun Chen·Xiahong Wang·Koen Steemers, 2013, A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China, 「Energy and Buildings」, 66:193-202.

X.Y.Xu·B.W.Ang, 2014, Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis, 「Applied Energy」, 113:342-351.

국가 건물에너지 통합관리시스템 (<http://stat.greentgether.go.kr>)

국가법령정보센터 (<http://www.law.go.kr>)

국가에너지통계종합정보시스템 (<http://www.kesis.net>)

국가통계포털(<http://kosis.kr>)

국토교통부 건축행정정보시스템 세움터 (<http://www.eais.go.kr>)

녹색건축 인증제(G-SEED)통합운영시스템(<http://www.g-seed.or.kr/>)

녹색건축포털 그린투게더(<http://www.greentgether.go.kr>)

서울특별시 도시계획포털(<http://urban.seoul.go.kr>)

서울특별시 서울통계 (<http://stat.seoul.go.kr>)

서울특별시 서울통계지도 (<http://gis.seoul.go.kr/SeoulGis/NewStatisticsMap.jsp>)

서울특별시 에코마일리지 (<http://ecomileage.seoul.go.kr>)

서울특별시 주택건축(<http://citybuild.seoul.go.kr>)

안전행정부 행정표준코드관리시스템(<http://www.code.go.kr>)

에너지관리공단(<http://www.kemco.or.kr>)

이지스엔터프라이즈(<http://www.aegisep.com>)

.....

서울시 가정·상업부문 건물에너지 표준모델 개발

발행인	서울특별시
발행일	2014년 4월 30일
발행처	서울특별시 기후환경본부 (100-739) 서울특별시 중구 덕수궁길 15 서울시청 서소문청사 전화 (02) 2115 - 7407

* 본 보고서의 저작권은 서울특별시에 있음을 알려드립니다.