

건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준모델 DB 구축(Ⅰ)

2016. 08

목 차

제1장 연구 개요	2
제1절 연구 개요	2
1. 연구의 배경	2
2. 온실가스 모형 동향	4
3. 건물부문 에너지 모델	6
제2절 연구 목적 및 범위	12
1. 연구의 목적	12
2. 연구의 범위	12
제2장 표준모델 구축을 위한 기반 자료 구축	14
제1절 건물 유형별 통계 구축	15
1. 표준건물을 위한 통계 구축 개요	15
2. 건물부문 면적 통계 DB 구축	16
2. 에너지 통계 개요	38
3. 표준모델 매핑	71
4. 표준모델 빈티지 구분	95
제2절 건물 유형별 표준모델 데이터 구축	102
1. 표준모델 설계	102
2. 자료수집	104
제3장 부하 분석 시뮬레이션을 통한 표준모델 DB 구축	117
제1절 건물 유형별 표준모델 구축	118
1. 모델 입력 데이터 구축	118
2. 시뮬레이션 검증 및 결과	141
제2절 파라메트릭 시뮬레이션	156
1. 개요	156
2. 시뮬레이션 결과	163

제4장 표준모델 DB 활용 방안	174
제1절 투입 비용 산출	175
1. 자재 비용분석	175
2. 투입 비용 산출	179
제2절 엑셀기반 분석 툴(안) 개발	187
1. 분석 툴 개요	187
2. 엑셀기반 분석 툴(안) 상세	187
 제5장 결론 및 향후 연구 방향	191
1. 결 론	192
2. 향후 연구방향	192
 참고문헌	194
 부록 1. LBNL 파라메트릭 시뮬레이션 보고서	196
 부록 2. 파라메트릭 시뮬레이션 데이터베이스	210

제1장

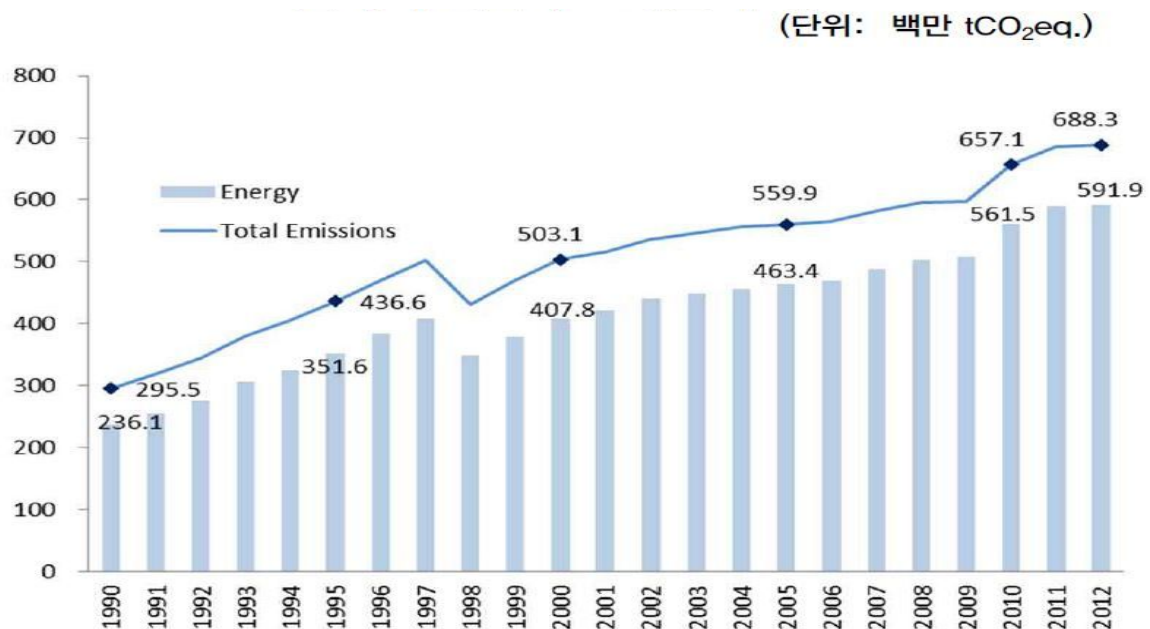
연구 개요

제1절 연구 개요

1. 연구의 배경

가. 연구 배경

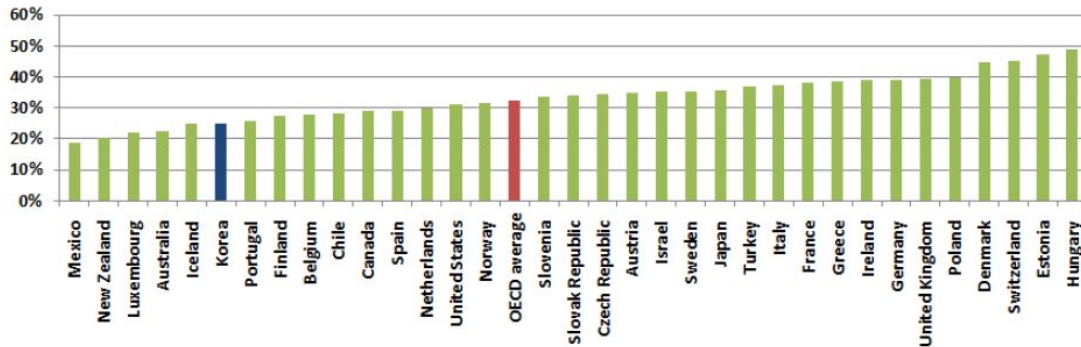
- 건물 부문은 전 세계에서 배출하는 온실가스 중 25% 이상을 배출하는 부분이며 감축 잠재량이 가장 높지만 온실가스 저감에 투여되는 비용은 가장 낮은 분야로 평가되고 있음
- 국내 온실가스 배출 추이 및 현황을 살펴보면 2012년 기준 온실가스 배출량은 688.3백만톤CO₂이고 연평균 3.9%수준으로 급격히 증가하고 있으며 대부분의 배출량이 에너지(연료 연소)부문에서 발생(약 87%)하고 있음



<그림 1.1.1> 국가 온실가스 배출 현황 및 추세

- 국내의 건물부문의 에너지 소비량은 2012년에 37.9백만TOE로 국가 전체에너지 소비량의 약 18.2%를 차지함. 건물부문의 온실가스 배출량은 2012년 기준으로 약 139.9 백만톤CO₂e로 국가 온실가스 배출량 중 20.3%를 차지함. 온실가스 배출량은 연평균 3.1%의 지속적인 증가 추이를 보이며 석탄, 석유 등 직접배출량은 1990년 82%에서 최근(2012년)에는 34.5%로 크게 낮아졌고 간접배

출량인 전력과 열에너지에 의한 배출량이 65.5%로 크게 증가함



<그림 1.1.2> OECD 국가의 건물부문 에너지 · 온실가스 비중

나. 연구의 필요성

- Post-2020 신기후체제란 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승폭을 2°C 이내로 억제하기 위하여 선진국, 개도국 모두 참여하여 기후 변화에 대응하는 것을 의미하며, 신기후체제에서는 선진국과 개도국의 이원화 체제, 온실가스 감축공약 검토시기 등 주요 안건을 논의하기 위해 개최된 제20차 리마 기후변화 당사국총회(COP, The Conference of the Parties)에서는 각국이 온실가스 감축목표를 스스로 결정하는 자발적 기여(INDCs, Intended Nationally Determined Contributions)를 2015년 12월로 예정된 파리총회(COP 21)에 앞서 제출함
- 건물 부문은 산업부문 다음으로 높은 온실가스가 발생하는 부문이며 아직 다른 선진국에 비해서는 그 비중이 크지 않지만 일반적으로 선진국에 접어들수록 산업부문의 배출량 비중은 감소하는 반면 건물부문의 비중은 증가하므로 감축 목표 로드맵 구축과 그 이행을 관리하기 위한 모델 개발이 필수적임
- 국내 온실가스 저감을 위한 기술 DB는 대부분 산업부문에 집중되어 연구되었으며, 산업통상자원부의 에너지 산업부문 온실가스통합정보시스템의 에너지 기술 DB에도 건물에너지 기술 관련 DB는 산업부문에 치중되어 있음
- 기 구축되어 있는 에너지 저감 기술 DB는 기 적용기술과 미래 기술을 나누어

- 약 50여 종의 기술로 단위기술별 DB형식의 구조를 취하기 때문에 다양한 물리적 현상이 복합적으로 발생하는 건물부분의 특성을 반영하는데 한계가 있음
- 건물별 특성을 반영하여 적용기술의 효과를 분석하기 위한 국내 연구는 산발적으로 진행되고 있으며, 건축물에너지효율등급인증 등에서 사용되는 시뮬레이션은 공인된 프로그램이라 할 수 있으나 이는 대상 건물의 해석을 위한 것으로 국가단위의 건물에너지 및 온실가스를 해석할 수 있는 건물 특성을 표준화한 모델은 없는 실정임
 - 건물 부문은 산업부문 다음으로 높은 온실가스가 발생하는 부문이지만 아직 다른 선진국에 비해서는 그 비중이 크지 않지만 일반적으로 선진국에 접어들수록 산업부문의 배출량 비중은 감소하는 반면 건물부문의 비중은 증가하므로 감축 목표 로드맵 구축과 그 이행을 관리하기 위한 모델 개발이 필수적임

2. 온실가스 모형 동향

가. 해외동향

- 미국은 최적선행계획법에 의한 Markal 모형과 시나리오 분석형 LEAP모형이 대표적이고, 일본은 자체 개발한 AIM모형을 구축함.
- 국제에너지기구(IEA)는 에너지기술분석 및 에너지 전망 및 감축 시나리오 개발을 위해 Markal모형과 Message 모형을 운영하고 있음. 세계적 연구기관인 오스트리아의 IIASA는 Message모형을 개발하고 운영함으로써 UN 등에 지구 차원 또는 대륙수준의 중장기 온실가스 배출 전망과 감축 잠재량에 대한 보고 및 기술데이터 지원을 하고 있음

<표 1.1.1> 주요 온실가스 감축 모형의 특성

구분	LEAP	MESSAGE	AIM	MARKAL
성 격	• 직관적이며 뛰어난 보고기능	• 중장기 에너지 시스템 최적화 모형 • 선형계획법 기반으로 매우 유연	• 아시아 특성을 고려한 최적화 모형	• 중장기 에너지 시스템 최적화 모형 • 선형계획법 기반으로 매우 유연
활용사례	• 개발도상국 및 전 세계 160여개 국에서 약 5,000명 사용	• IPCC World Energy Council 등 국제기구에서 활용	• 아시아 지역 12개 국가 시나리오 분석 • IPCC 시나리오 분석 시 활용	• 전세계 70여개 국에서 에너지 수급 계획 및 온실가스 감축 잠재량 분석에 사용
개발기관	• 80년대 SEI 미국 지사에서 개발 및 보급	• 70년대 오스트리아 IIASA 개발 후 국제원자력기구(IAEA)와 공동보급	• 90년대 일본 국립 환경 연구원 개발 및 보급	• 국제 에너지기구 (IEA)
데이터 요구정도	• 유연함	• 높음	• 높음	• 높음
국내 활용방안	• 국내 분석 및 개도국 지원에 활용	• 국내 분석 및 전세계 모형 협력에 활용	• 국내 분석 및 아시아 협력에 활용	• 국내 에너지 시스템 분석

나. 국내 동향



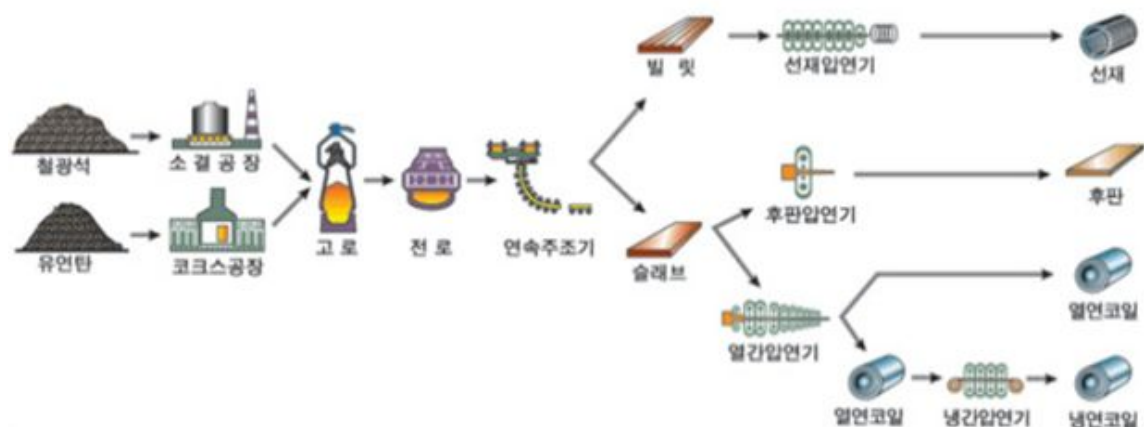
<그림 1.1.3 > 온실가스 감축 모델을 활용한 감축목표 도출 절차

- 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석은 거시적 경제상황 및 산업연관 효과 등에 초점을 맞춘 하향식(Top-down) 접근기법과 채택 가능한 에너지기술 및 정책방안 등으로부터 경제적 감축 잠재성을 도출하는 상향식(Bottom-up) 접근 기법이 있음. 국내외에서 사용되는 분석모형은 일반균형모형(Computable general equilibrium model, CGE), MARKAL모형, ICARUS모형, AIM모형, LEAP모형, MESSAGE모형 등이 있음
- 국내에서는 산업부와 환경부를 중심으로 산업부문 등의 기후변화대응 온실가스 감축 전략 수립 및 경제모형·온실가스 분석모형 개발과 운영에 국한되어 왔음
- 국가 온실가스 감축목표 도출방법 및 절차는 그림 1.2.1과 같음

3. 건물부문 에너지 모델

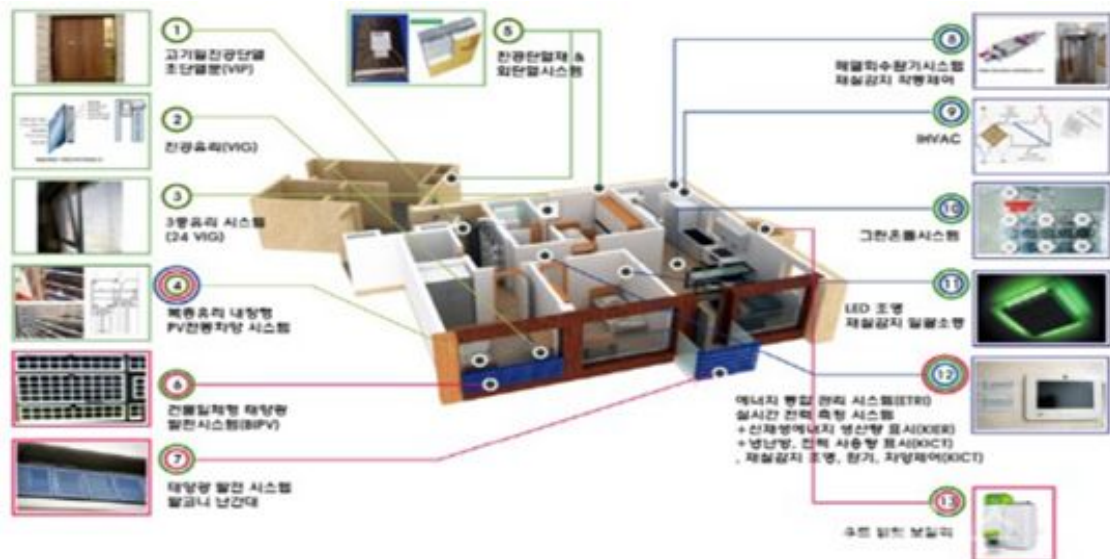
가. 건물부문 분석의 특성

- 일반 산업부문의 경우 그림 1.2.2와 같이 공정이 선형으로 이루어지므로 재화 및 에너지의 투입을 추적하기 수월하며, 각 공정의 변화에 따른 파급효과 산출이 용이함



<그림 1.1.4> 산업부문 공정 및 에너지 투입

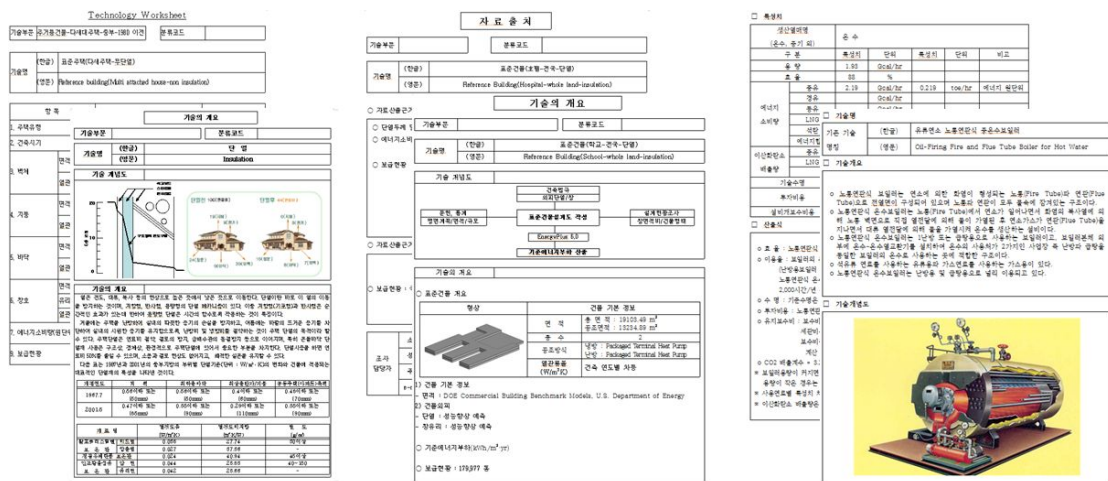
- 반면, 건물부문의 경우 그림 1.2.3에 나타난 바와 같이 하나의 건물에 각종 기술이 적용되어 각 기술에 따른 효과를 파악하기 어려울 뿐 아니라 일부 기술의 경우 난방에너지를 저감시키는 동시에 냉방에너지를 증가시키거나 다른 기술의 효율을 저하시키는 등 적용된 기술간의 중첩, 상쇄, 상충할 수 있어 기술 적용에 따른 효과 분석이 어려움



<그림 1.1.5> 건물부문 기술과 투입 에너지

- 그러나 국내 온실가스 저감을 위한 에너지·온실가스 기술 데이터베이스(DB)는 대부분 산업부문의 제조 효율화 기술 및 기술 수준(현황) 파악에 집중되어 연구되고 있으며, 건물에너지 기술 관련 DB 또한 보일러, 냉동기 등 산업통상자원부의 에너지 산업부문에 치중되어 일부 진행되고 있음
 - 국내 온실가스 저감을 위한 에너지·온실가스 기술 데이터베이스(DB)는 대부분 산업부문의 제조 효율화 기술 및 기술 수준(현황) 파악에 집중되어 연구되고 있으며, 건물에너지 기술 관련 DB 또한 보일러, 냉동기 등 산업통상자원부의 에너지 산업부문에 치중되어 일부 진행되고 있음
 - 기존의 연구로 건물부문 온실가스 저감기술 DB로 사용될 수 있는 자료는 한국에너지공단에서 3년 주기로 작성되고 있는 에너지기술 DB가 가장 활용도가 높으며, 최근에는 온실가스 감축수단 DB로 작성되고 있음

- 기 구축되어 있는 에너지 저감 기술 DB는 기 적용기술과 미래 기술을 나누어 약 50여 종의 기술로 단위기술별 DB형식의 구조를 취하기 때문에 다양한 물리적 현상이 복합적으로 발생하는 건물부분의 특성을 반영하는데 한계가 있음
- 건물별 특성을 반영하여 적용기술의 효과를 분석하기 방법으로 건축물에너지효율등급인증제도에서 사용하는 평가 틀을 활용한 시뮬레이션 기법으로 이는 대상 건물의 해석을 위한 것으로 국가단위의 건물에너지 및 온실가스를 해석할 수 있는 건물 특성을 표준화한 모델이나 정부차원의 공인된 방법론은 없는 실정임



<그림 1.1.6> 단위기술 중심의 기존 국내 에너지 기술 DB, 한국건설기술연구원 2013

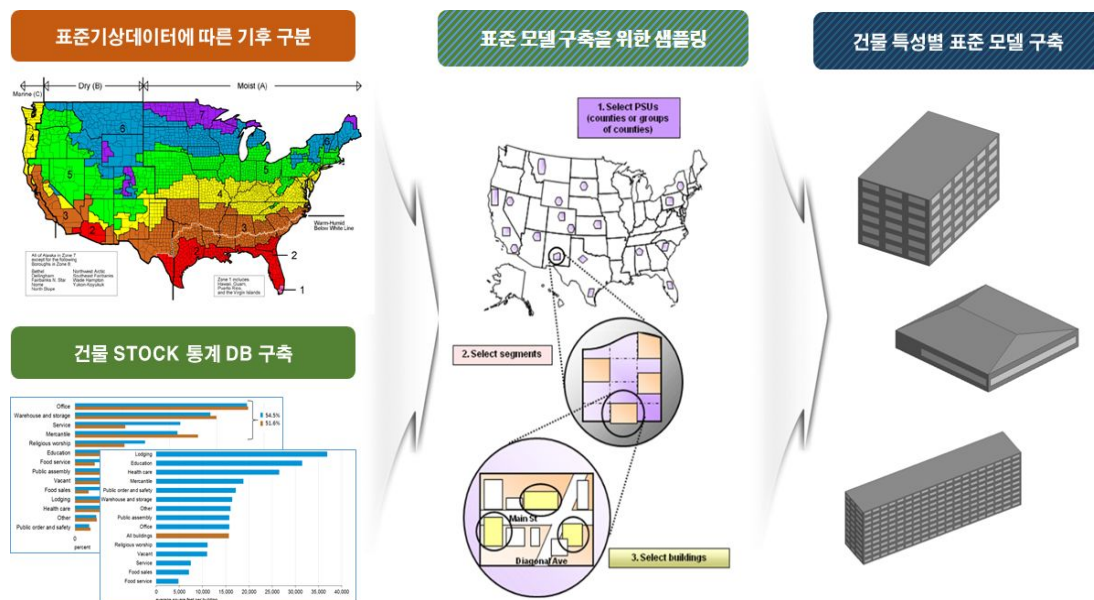
- 최근 시뮬레이션과 실험계획법을 통한 표준모델 연구가 진행되고 있음. 이러한 방법을 통한 분석은 적은 케이스의 시뮬레이션을 통해 분석이 가능하기 비교적 짧은 기간과 비용으로 수행이 가능하다는 장점이 있으나, 이후의 표준모델 확장이 어려우며, 주택부분의 냉방과 같이 전체 에너지 사용량의 절대 값이 적은 부분에 대해서는 통계적 접근에 의해 발생하는 오차가 큰 영향을 줄 수 있다는 단점이 있음

나. 건물부분 에너지 분석 모델

- 기존 사용되고 있는 온실가스 모형은 건물 부문만을 위해 만들어진 모델이 아

니며, 이러한 모델을 이용하기 위해서는 에너지 및 온실가스 저감 요소에 의한 저감량 산정이 우선되어야 함

- 미국의 경우 DOE (The U.S. Department of Energy) 등을 중심으로 건물 에너지를 위한 표준 모델을 구축하고 있으나 국내의 경우 이와 관련된 연구는 매우 부족한 실정임
- 미국 DOE는 미국의 상업용 건물들을 대표할 수 있도록 16개 지역, 16개의 건물 유형, 3개의 건축년도에 따라 총 768개 유형으로 구분하여 전체 상업용 건물의 약 70%를 대표할 수 있도록 표준건물을 정의하고 있으며 정의된 표준건물을 이용하여 건물별 에너지 분석과 건물에너지 표준수립, 에너지효율, EnergyPlus를 이용한 에너지 모델링 연구 등을 위해 활용하고 있음
- 그림 1.1.7은 에너지 시뮬레이션을 이용한 건물 유형별 표준모델 구축을 나타냄



<그림 1.1.7> 미국의 건물 에너지 표준모델 구축 사례 (LBNL, NREL)

- 표준건물의 적절한 에너지 소비량 계산을 위해 2003년 조사된 미국 상업용 건물 에너지소비 자료 (CBECS: The 2003 Commercial Building Energy Consumption Data)가 사용되며 표준모델의 개요는 표 1.1.2에 나타낸 바와 같음

<표 1.1.2> 미국의 건물 부문 에너지 분석을 위한 표준모델 개요

Building type	Developer	Features	Locations	Vintages	Simulation Software
Large Office	NREL, PNNL, LBNL	498,588 ft ² , 12 floors	ASHRAE 16 climate zones	Pre-1980, post-1980, 2004	EnergyPlus
Medium Office		53,628 ft ² , 3 floors			
Small Office		5,500 ft ² , 1 floor			
Warehouse		52,045 ft ² , 1 floor			
Stand-alone Retail		24,962 ft ² , 1 floor			
Strip Mall		22,500 ft ² , 1 floor			
Primary School		73,960 ft ² , 1 floor			
Secondary School		210,887 ft ² , 2 floors			
Supermarket		45,000 ft ² , 1 floor			
Quick Service Restaurant		2,500 ft ² , 1 floor			
Full Service Restaurant		5,500 ft ² , 1 floor			
Hospital		24,1351 ft ² , 5 floors			
Outpatient Health Care		40,946 ft ² , 3 floors			
Small Hotel		43,200 ft ² , 4 floors			
Large Hotel		122,120 ft ² , 6 floors			
Small Office	NORESO	5,502 ft ²	California 16 climate zones used for Title 24	2013 Title 24	CBECC-COM, EnergyPlus
Medium Office		53,628 ft ² , 3 floors			
Large Office		498,589 ft ² , 12 floors and basement			
Small School		24,413 ft ²			
Medium Retail		24,563 ft ²			
Large Retail		240,000 ft ²			
Small Restaurant		2,501 ft ²			
Small Hotel		42,554 ft ² , 3 floors			
Warehouse		49,495 ft ² , includes office			

- 표준건물에 대한 지역별 구분은 인구분포를 고려, 모든 기후조건과 가장 많은 비중의 상업용 건물이 대표될 수 있는 지역, 그리고 각 기후조건별로 가장 인구가 많은 도시를 대표할 수 있도록 선택됨
- 건축년도(vintage)의 구분은 ASHRAE 90.1과 ASHRAE 62.1표준에 의해 건축 자재 등에 의한 디자인 변경이 가장 크게 일어났던 시기를 기준으로 정해짐
- 미국 캘리포니아 주는 Title 24 에너지 효율 기준을 통해 건물 에너지 효율 향상을 달성하고 있으며, 캘리포니아 에너지 위원회(The California Energy Commission)는 최근 Title 24-2013 개발을 위한 분석을 목적으로 프로토타입(prototype) 건물 모델을 채택함
- 캘리포니아 프로토타입 건물 모델은 Title 24-2013 기준을 만족하는 건물로 정의되며, DOE 표준건물 모델(EnergyPlus 프로그램으로 구축됨)을 기반으로 함

제2절 연구 목적 및 범위

1. 연구의 목적

- 건물 부문의 Post-2020 감축잠재량 분석과 감축 로드맵 도출을 위한 국내 신규, 기존 건물의 에너지 부하, 단열성능, 건물 내 에너지 소비 행태 등에 대한 관련 자료와 기초 연구가 부족한 실정임
- 따라서, 각 건물 유형 및 시기별로 국내 건물 부문의 특성을 가장 잘 반영할 수 있는 표준화된 DB를 구축하고 이를 토대로 건물 부문 에너지 부하를 분석하여 향후 중장기 온실가스 감축 잠재량 모형분석과 감축로드맵 수립 시 활용하는 것을 목적으로 함

2. 연구의 범위

가. 표준 모델 DB 구축 기반 마련을 위한 국내 실정에 적합한 건물 유형별·시기별 관련 자료 조사·정리

- 건물 유형 분류
 - 가정부문 : 단독주택, 아파트, 저층형 공동주택
 - 상업부문 : 사무소, 상점, 식당, 호텔, 병원
 - 공공부문 : 관공서, 대학교, 초·중·고등학교
- 건물 유형별 에너지 사용량 주요영향 인자 정립 및 입력 형태 구축
 - 국내 건물 통계 : 연면적, 건물 동수 등
 - 건물 특성 : 건물 유형별 연면적, 방위, 층고, 층수 등
 - 건물 에너지 성능 : 외피 성능, 주요 설비 기기 효율 등
 - 건물 운전 및 재실자 행태 : 건물 용도별 사용자 및 표준 운전 스케줄, 냉난방 설정 온도 등 사용자 행태 등
 - 건물 지역 요인 : 기후 특성에 따른 권역별 기상데이터

나. 건물 에너지 부하 분석 시뮬레이션 및 표준 모델 DB 구축

- 기축, 신축 건물에 대해 시기별로 세분화된 표준모델 도출 (EnergyPlus 이용)
 - 기축건물 : 건물 에너지설계기준 강화 및 주요 설비 성능 향상에 따른 주요 기점별 표준의 에너지 성능 DB
 - 신축건물 : 국내외 건물 에너지 성능 기술 동향 및 정부 정책에 따른 기술 적용 시점에 따른 주요 기점별 표준의 에너지 성능 DB
- 국가 통계를 통한 보정으로 표준모델의 신뢰도 확보
 - 건물 부문 에너지 총량 보정 : 에너지 통계연보, 에너지 총조사 보고서를 이용한 건물 부문 에너지 총량 보정
 - 표준 건물별, 에너지 용도별, 에너지원별 사용량 보정 : 표준 모델의 특성에 따른 냉난방, 급탕, 조명 등 에너지 사용 용도에 따른 분류 및 이에 투입되는 에너지원을 구분하고 이를 국가 통계, 해외 사례, 선행 연구 등을 통해 보정

제2장

표준모델 구축을 위한 기반 자료 구축

제1절 건물 유형별 통계 구축

1. 표준건물을 위한 통계 구축 개요

가. 통계 개요

- 건물 에너지 해석을 위한 표준모델을 구축하기 위해서는 건물의 현황 파악을 위한 건물 유형별 면적 통계와 에너지 사용량 통계가 필수적이며, 이를 이용하여 각 건물 유형별 에너지 원단위를 산출하여 표준모델 구축의 기초 데이터로 활용함
- 현재 국내에서 가장 공신력 있는 데이터는 각각 건축행정시스템인 세움터 기준의 면적 통계와 에너지경제연구원에서 발간하는 에너지 통계 연보임

나. 건물 면적 데이터와 에너지 데이터 매핑 개요

- 건물 에너지 해석을 위한 표준모델 구축을 위해 가장 선행되어야 하는 것은 건물의 유형분류이나, 본 과제는 발주처인 온실가스종합정보센터의 국가 에너지 및 온실가스 전망 및 로드맵 구축 등을 위한 건물의 유형분류를 따르며, 이에 따라 가정부문을 ①단독주택, ②공동주택, ③저층형 공동주택으로, 상업부문을 ④사무소 등, ⑤판매업, ⑥외식업, ⑦숙박업, ⑧병원으로, 공공부문을 ⑨관공서, ⑩초중고등학교, ⑪대학교로 나누었음
- 건물 면적통계와 에너지 통계는 각각 다른 정부 부처를 중심으로 조사되어 그 기준이 상이하므로 건물 유형별 에너지 특성의 기본이 되는 단위 면적당 에너지 사용량을 산출하기 위해서는 면적과 에너지의 매핑이 필요함
- 이에 따라 본 연구에서는 기 구축된 면적 통계와 에너지 통계 자료를 분석하여 각 통계의 분류 특성을 파악하고 이를 바탕으로 가장 낮은 단위의 구분을 기준으로 매핑하여 오차의 발생을 최소화하였음
- 또한 설정된 건물 유형에서 벗어나는 건물 및 에너지는 본 연구의 대상에서 제외하였음

2. 건물부문 면적 통계 DB 구축

가. 면적 통계 개요

- 면적 통계의 경우 국토부의 세움터를 통해 매년 집계되어 가장 정확한 통계로 자리잡고 있으며, 매년 초에 제공되는 「건물현황통계」는 건물을 5종으로 분류하여 준공연도별 연면적을 지역별, 연도별로 통계를 매년 제공하고 있음
- 세움터에서 제공하는 「건물대장정보」와 「건물통계」는 건물의 허가정보에 기준하여 건물의 유형을 대분류 29종, 소분류 429종으로 분류하고 있으며, 시/군/구 단위의 지역으로 세분화하여 건물의 연면적 및 동을 기준으로 하는 통계 데이터임
- ‘동’ 단위 통계는 일반적으로 하나의 건물 안에서 다양한 용도로 사용되는 경우가 많으며, 이 경우 각 건물에서 가장 많은 면적으로 사용되는 용도를 해당 건물의 대표 용도로 지정하여 산출됨
- 또한 각 동의 면적은 통계로 집계되지 않으므로 각 동의 연면적은 산출이 어려우며 해당 용도의 연면적과 동 수를 이용하여 동당 면적을 산출할 경우 상기한 통계적 한계에 따라 통계가 왜곡될 위험이 있음
- 따라서 본 연구에서는 건물 통계는 연면적을 기준으로 작성하였음

나. 세움터 통계

- 국토교통부의 건축종합행정시스템인 세움터에서는 크게 주거용, 상업용, 공업용, 문교·사회용, 기타의 5개 용도로 건물 통계를 구축하고 있으며 기본단위는 동수와 바닥면적(m^2)으로 조사되며, 2013년 기준 건물 동수 및 연면적 현황은 표 2.1.1 ~ 표 2.1.2에 요약하였음
- 2013년 기준 전국 건물 동수는 전체 681만 여 동으로 주거용 건물이 450만 동 이상으로 가장 많은 비중을 차지하며 연면적 기준으로도 가장 큰 비중을 차지하며 연면적 기준으로도 가장 많은 비중을 차지함
- 주거용의 비중은 동수기준으로 66%, 면적기준으로는 47%를 차지하며, 이는 단독주택 등 상대적으로 소형 건물의 비중이 크기 때문으로 분석됨

- 반면 상업용의 경우 동수기준 17%를 차지하지만, 면적기준 20%를 차지하여 주거용에 비하여 대형 건물이 많은 것으로 분석되었으며, 특히 문교사회용의 경우에는 동수의 비중은 3%에 불과하지만 면적기준으로는 9%를 차지하여 초·중고등학교 등 상대적으로 대형건물의 비중이 높은 것으로 분석되었음
- 지역별 분포에서는 동수기준, 면적기준 모두 경기도가 가장 많은 비중을 차지했으며, 동수기준으로는 경상북도, 경상남도, 서울특별시, 전라남도 등이 각각 11%, 10%, 9%, 9%로 그 뒤를 이었으나, 면적기준으로는 서울특별시의 비중이 높게 나타나 서울특별시의 동당 면적이 크게 나타남
- 면적기준으로 경기도, 서울특별시, 인천광역시의 비중이 각각 24%, 18%, 5%로 서울 경기 지역의 건물 연면적이 전국 건물의 약 48%를 차지하는 것으로 나타났음
- 표 2.1.3 ~ 표 2.1.4는 주거용 건물의 현황을 나타냄. 동수 기준으로는 전국적으로 단독주택의 비중이 매우 높으며 다가구 주택의 동수가 아파트의 동수보다 많게 나타남
- 아파트의 경우 동수기준으로 전국 주거용 건물의 약 3%의 비중을 차지하지만 면적기준으로는 60% 이상을 차지하여 가장 높은 비중을 보임
- 또한 전체 건물 면적과 유사하게 서울경기 지역의 주거용 건물 연면적이 전체의 약 47% 나타내었음
- 표 2.1.5 ~ 표 2.1.6은 상업용 건물의 현황을 나타냄. 동수 기준으로 제1종근린생활시설과 제2종근린생활시설이 각각 44%와 43%를 차지하고 있으며, 면적기준으로도 각각 29%와 32%를 차지하여 가장 큰 비중을 나타냄
- 그러나 근린생활시설이라는 분류만으로는 실제 사용되고 있는 용도를 파악하기 어려워 상세 용도를 통한 구분이 필요함
- 표 2.1.7은 세움터 기준 2013년 건물 용도별 면적구분을 나타내며, 본 연구에서는 이를 바탕으로 면적을 구분하고, 에너지 데이터와의 매칭작업을 진행하였음

<표 2.1.1> 2013년 건물 동수 현황

단위 : 동

시도	합계	주거용	상업용	공업용	문교, 사회용	기타
전국	6,851,802	4,529,040	1,156,624	273,939	179,482	712,717
서울특별시	640,239	488,833	128,451	3,062	15,767	4,126
부산광역시	381,496	278,235	66,146	14,029	9,036	14,050
대구광역시	252,599	177,239	48,404	12,282	5,719	8,955
인천광역시	214,013	143,648	41,204	12,526	5,926	10,709
광주광역시	140,397	99,679	30,183	3,187	3,604	3,744
대전광역시	131,940	94,695	25,482	2,592	4,549	4,622
울산광역시	129,858	76,481	27,131	13,079	3,623	9,544
세종특별시	31,144	18,355	4,391	1,973	737	5,688
경기도	1,059,934	597,894	218,842	86,484	32,220	124,494
강원도	379,949	256,503	62,896	6,017	12,299	42,234
충청북도	361,383	233,878	52,803	15,166	9,467	50,069
충청남도	491,595	314,016	74,168	18,956	12,622	71,833
전라북도	424,461	262,798	68,912	11,446	13,502	67,803
전라남도	611,972	419,579	83,025	16,479	14,430	78,459
경상북도	766,675	504,776	104,141	29,428	17,801	110,529
경상남도	681,804	469,532	98,224	26,256	14,560	73,232
제주특별자치도	152,343	92,899	22,221	977	3,620	32,626

<표 2.1.2> 2013년 건물 연면적 현황

단위 : 천 m²

시도	합계	주거용	상업용	공업용	문교, 사회용	기타
전국	3,376,649	1,574,854	689,053	344,582	295,807	472,353
서울특별시	612,704	279,733	159,682	9,704	52,254	111,332
부산광역시	207,207	105,413	46,700	15,241	18,041	21,811
대구광역시	143,290	78,398	33,184	12,900	12,291	6,517
인천광역시	163,191	85,751	35,410	17,864	13,821	10,346
광주광역시	88,035	49,077	20,320	6,213	9,127	3,298
대전광역시	100,489	49,450	21,008	4,480	12,487	13,064
울산광역시	76,646	35,801	14,261	15,882	5,685	5,016
세종특별시	11,833	4,612	1,309	2,344	942	2,626
경기도	804,187	377,686	147,223	89,230	67,120	122,928
강원도	110,283	49,206	26,270	5,516	13,567	15,724
충청북도	118,477	51,850	20,342	19,717	10,376	16,192
충청남도	160,169	66,754	26,465	26,224	14,377	26,350
전라북도	139,167	61,254	24,493	14,645	13,771	25,005
전라남도	138,826	57,966	23,785	15,756	12,916	28,403
경상북도	227,951	101,168	33,927	42,402	17,598	32,856
경상남도	232,594	104,205	40,603	45,812	17,205	24,769
제주특별자치도	41,599	16,531	14,071	654	4,228	6,115

<표 2.1.3> 2013년 주거용 건물 동수 현황

단위 : 동

시도	합계	단독주택	다중주택	다가구주택	공관
전국	4,529,040	3,611,424	7,758	525,322	1,935
서울특별시	488,833	254,763	2,695	121,696	47
부산광역시	278,235	215,148	226	33,953	42
대구광역시	177,239	115,101	489	46,655	14
인천광역시	143,648	86,650	77	22,143	130
광주광역시	99,679	81,211	140	12,496	3
대전광역시	94,695	56,400	1,366	28,110	10
울산광역시	76,481	56,694	57	13,003	78
세종특별시	18,355	16,776	36	969	17
경기도	597,894	379,496	726	121,754	202
강원도	256,503	228,754	127	19,946	289
충청북도	233,878	208,823	183	16,996	43
충청남도	314,016	290,519	388	12,480	148
전라북도	262,798	244,691	240	10,528	109
전라남도	419,579	406,821	455	5,816	416
경상북도	504,776	462,745	363	25,054	131
경상남도	469,532	423,908	145	29,455	231
제주특별자치도	92,899	82,924	45	4,268	25

<표 2.1.3> 2013년 주거용 건물 동수 현황 (계속)

단위 : 동

시도	아파트	연립주택	다세대	기숙사	기타
전국	127,398	35,182	210,767	3,675	5,579
서울특별시	22,528	10,574	76,277	240	13
부산광역시	8,919	2,293	17,549	68	37
대구광역시	6,198	475	7,487	71	749
인천광역시	7,840	1,887	24,155	60	706
광주광역시	4,441	635	691	39	23
대전광역시	3,697	778	4,246	87	1
울산광역시	3,351	513	2,566	158	61
세종특별시	355	42	144	16	-
경기도	32,003	7,915	54,742	902	154
강원도	4,008	1,553	1,475	238	113
충청북도	3,814	1,085	2,092	147	695
충청남도	4,732	1,205	4,053	444	47
전라북도	4,361	1,218	1,469	116	66
전라남도	3,728	964	1,113	254	12
경상북도	6,697	1,596	5,364	393	2,433
경상남도	9,243	1,512	4,228	359	451
제주특별자치도	1,483	937	3,116	83	18

<표 2.1.4> 2013년 주거용 건물 연면적 현황

단위 : 천 m²

시도	합계	단독주택	다중주택	다가구주택	공관
전국	1,574,854	331,346	2,178	140,826	432
서울특별시	279,733	36,499	786	30,819	46
부산광역시	105,413	18,304	60	5,884	7
대구광역시	78,398	12,463	138	10,942	5
인천광역시	85,751	8,983	22	5,679	24
광주광역시	49,077	8,524	36	3,764	1
대전광역시	49,450	5,883	409	7,676	9
울산광역시	35,801	6,644	22	3,976	13
세종특별시	4,612	1,461	11	416	2
경기도	377,686	43,820	193	32,963	77
강원도	49,206	18,479	33	4,891	47
충청북도	51,850	18,816	50	5,537	10
충청남도	66,754	23,935	91	4,669	25
전라북도	61,254	20,558	66	4,008	21
전라남도	57,966	29,966	124	1,736	68
경상북도	101,168	34,760	93	8,297	27
경상남도	104,205	34,999	34	8,369	39
제주특별자치도	16,531	7,250	11	1,200	10

<표 2.1.4> 2013년 주거용 건물 연면적 현황 (계속)

단위 : 천 m²

시도	아파트	연립주택	다세대	기숙사	기타
전국	954,162	37,582	100,822	6,550	956
서울특별시	165,607	11,027	34,395	549	4
부산광역시	71,132	2,052	7,766	167	42
대구광역시	50,139	597	3,732	246	137
인천광역시	57,942	1,530	11,372	89	109
광주광역시	35,715	538	342	145	12
대전광역시	32,377	841	2,048	204	3
울산광역시	22,840	478	1,454	367	7
세종특별시	2,579	42	65	37	0
경기도	261,789	9,591	27,702	1,376	174
강원도	23,247	1,431	676	371	31
충청북도	24,660	1,120	1,278	338	40
충청남도	33,943	1,376	2,069	603	42
전라북도	34,394	1,127	712	242	126
전라남도	23,994	1,062	586	424	6
경상북도	52,715	1,721	2,744	644	166
경상남도	56,057	1,731	2,318	609	50
제주특별자치도	5,032	1,316	1,564	141	8

<표 2.1.5> 2013년 공공·상업용 건물 동수 현황

단위 : 동

시도	합계	제1종근린 생활시설	제2종근린 생활시설	판매시설	업무시설	위락시설
전국	1,156,624	505,750	498,980	10,758	24,988	6,626
서울특별시	128,451	59,554	52,282	1,159	8,042	245
부산광역시	66,146	26,864	28,934	942	2,274	353
대구광역시	48,404	21,817	20,548	992	759	277
인천광역시	41,204	17,395	17,450	446	980	190
광주광역시	30,183	13,410	12,729	347	475	139
대전광역시	25,482	9,962	11,677	741	521	96
울산광역시	27,131	10,531	12,479	210	480	313
세종특별시	4,391	1,765	2,144	13	59	8
경기도	218,842	83,952	108,597	1,495	3,653	794
강원도	62,896	27,835	24,668	430	943	530
충청북도	52,803	23,892	22,518	279	770	228
충청남도	74,168	33,574	29,827	649	1,398	339
전라북도	68,912	33,729	26,868	490	1,149	461
전라남도	83,025	40,970	31,906	937	1,378	681
경상북도	104,141	43,839	47,680	861	854	834
경상남도	98,224	47,962	38,710	690	1,036	950
제주특별자치도	22,221	8,699	9,963	77	217	188

<표 2.1.5> 2013년 공공·상업용 건물 동수 현황 (계속)

단위 : 동

시도	숙박시설	운수시설	위험물저장 및 처리시설	자동차관련 시설	기타
전국	36,948	2,982	29,814	26,776	13,002
서울특별시	2,265	224	792	1,761	2,127
부산광역시	2,509	302	1,292	1,596	1,080
대구광역시	1,177	107	898	1,070	759
인천광역시	1,402	336	1,241	1,162	602
광주광역시	1,062	69	519	728	705
대전광역시	957	66	557	705	200
울산광역시	788	66	1,104	918	242
세종특별시	96	17	180	105	4
경기도	5,087	390	6,023	6,297	2,554
강원도	4,160	166	1,704	1,580	880
충청북도	1,653	94	1,700	1,298	371
충청남도	3,128	107	2,654	1,773	719
전라북도	1,838	149	1,992	1,645	591
전라남도	2,552	336	2,320	1,588	357
경상북도	3,112	270	3,556	2,255	880
경상남도	3,151	213	2,744	1,882	886
제주특별자치도	2,011	70	538	413	45

<표 2.1.6> 2013년 공공·상업용 건물 연면적 현황

단위 : 천 m²

시도	합계	제1종근린 생활시설	제2종근린 생활시설	판매시설	업무시설	위락시설
전국	689,053	199,810	218,723	51,233	100,150	7,593
서울특별시	159,682	37,762	38,880	16,727	47,991	781
부산광역시	46,700	12,244	13,954	4,123	7,565	691
대구광역시	33,184	10,418	10,774	2,316	2,438	372
인천광역시	35,410	10,172	11,107	2,974	4,722	310
광주광역시	20,320	5,747	6,798	1,536	1,901	271
대전광역시	21,008	5,852	7,248	1,919	2,906	193
울산광역시	14,261	4,382	4,852	1,192	1,483	274
세종특별시	1,309	463	589	31	72	9
경기도	147,223	43,457	51,427	9,927	18,933	1,167
강원도	26,270	7,335	7,964	1,033	1,088	450
충청북도	20,342	7,355	7,443	891	1,180	270
충청남도	26,465	9,058	9,664	1,422	1,833	366
전라북도	24,493	8,850	8,915	1,134	1,464	305
전라남도	23,785	8,264	8,721	1,009	1,598	448
경상북도	33,927	11,352	13,375	2,140	1,317	505
경상남도	40,603	14,240	13,686	2,682	3,080	969
제주특별자치도	14,071	2,861	3,326	177	578	214

<표 2.1.6> 2013년 공공·상업용 건물 연면적 현황 (계속)

단위 : 천 m²

시도	숙박시설	운수시설	위험물저장 및 처리시설	자동차관련 시설	기타
전국	43,011	10,126	5,603	36,096	16,708
서울특별시	4,349	1,433	307	7,597	3,854
부산광역시	2,654	946	225	3,307	991
대구광역시	1,189	2,803	174	1,712	986
인천광역시	1,303	1,957	374	1,689	802
광주광역시	912	163	116	988	1,888
대전광역시	1,121	124	142	1,188	316
울산광역시	702	75	308	818	175
세종특별시	53	9	27	40	16
경기도	4,973	1,246	1,428	11,063	3,603
강원도	6,515	113	234	1,023	515
충청북도	1,503	115	252	993	339
충청남도	2,263	151	399	779	530
전라북도	1,738	130	298	770	890
전라남도	1,992	280	287	806	380
경상북도	2,760	228	477	1,171	604
경상남도	2,776	218	479	1,722	752
제주특별자치도	6,207	136	75	431	66

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (1)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
1	단독주택	단독주택	331,345,572
2	단독주택	다중주택	2,178,292
3	단독주택	다가구주택	140,826,448
4	단독주택	공관	431,656
5	공동주택	아파트	954,161,549
6	공동주택	연립주택	37,582,221
7	공동주택	다세대주택	100,821,843
8	공동주택	생활편의시설	9,346,477
9	공동주택	부대시설	204,512,721
10	공동주택	복리시설	2,172,008
11	공동주택	기숙사	6,550,252
12	제1종근린생활시설	소매점	83,239,908
13	제1종근린생활시설	휴게음식점	7,671,921
14	제1종근린생활시설	의원	19,461,473
15	제1종근린생활시설	체육장	277,018
16	제1종근린생활시설	마을공동시설	2,560,911
17	제1종근린생활시설	변전소	1,912,167
18	제1종근린생활시설	양수장	462,800
19	제1종근린생활시설	정수장	1,242,549
20	제1종근린생활시설	대피소	3,879,134
21	제1종근린생활시설	공중화장실	360,659
22	제1종근린생활시설	세탁소	233,973
23	제1종근린생활시설	치과의원	464,945
24	제1종근린생활시설	한의원	1,080,105
25	제1종근린생활시설	침술원	78,842
26	제1종근린생활시설	접골원	12,455
27	제1종근린생활시설	탁구장	835,022
28	제1종근린생활시설	체육도장	1,263,583
29	제1종근린생활시설	마을회관	3,651,583
30	제1종근린생활시설	마을공동작업소	691,727
31	제1종근린생활시설	마을공동구판장	285,953
32	제1종근린생활시설	지역아동센터	366,943
33	제1종근린생활시설	목욕장	3,062,180
34	제1종근린생활시설	이용원	69,864
35	제1종근린생활시설	미용원	873,872
36	제1종근린생활시설	조산원	119,134
37	제1종근린생활시설	제과점	109,242
38	제1종근린생활시설	수퍼마켓	60,138
39	제1종근린생활시설	안마원	13,619
40	제1종근린생활시설	산후조리원	0

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (2)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
41	제1종근린생활시설	도시가스배관시설	0
42	제1종근린생활시설	공공시설	166,463
43	공공시설	경찰서	354,804
44	공공시설	파출소	519,251
45	공공시설	소방서	635,209
46	공공시설	우체국	846,118
47	공공시설	방송국	191,967
48	공공시설	보건소	1,038,067
49	공공시설	공공도서관	210,333
50	공공시설	지역자치센터	155,792
51	공공시설	지구대	15,718
52	공공시설	건강보험공단사무소	0
53	공공시설	기타공공시설	5,879,784
54	제1종근린생활시설	기타제1종근린생활시설	46,514,646
55	제2종근린생활시설	일반음식점	60,382,076
56	제2종근린생활시설	휴게음식점	2,938,022
57	제2종근린생활시설	기원	627,972
58	제2종근린생활시설	서점(1종근.생미해당)	209,998
59	제2종근린생활시설	제조업소	16,645,171
60	제2종근린생활시설	수리점	4,215,951
61	제2종근린생활시설	사진관	482,858
62	제2종근린생활시설	표구점	135,879
63	제2종근린생활시설	학원	13,035,954
64	제2종근린생활시설	장의사	5,869
65	제2종근린생활시설	동물병원	104,495
66	제2종근린생활시설	독서실	3,137,681
67	제2종근린생활시설	단란주점	822,445
68	제2종근린생활시설	자동차영업소	383,883
69	제2종근린생활시설	안마시술소	432,280
70	제2종근린생활시설	노래연습장	3,275,780
71	제2종근린생활시설	세탁소	111,864
72	제2종근린생활시설	직업훈련소	114,364
73	제2종근린생활시설	의약품판매소	345,557
74	제2종근린생활시설	의료기기판매소	200,162
75	제2종근린생활시설	총포판매사	1,256
76	제2종근린생활시설	소개업	5,263
77	제2종근린생활시설	안마원	2,136
78	제2종근린생활시설	고시원	3,252,580
79	제2종근린생활시설	제과점	15,882
80	제2종근린생활시설	인터넷컴퓨터게임시설제공업소	0

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (3)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
81	제2종근린생활시설	청소년게임제공업소	0
82	제2종근린생활시설	복합유통게임제공업소	0
83	제2종근린생활시설	운동시설	260,479
84	운동시설	테니스장	40,018
85	운동시설	체력단련장	1,732,578
86	운동시설	에어로빅장	123,826
87	운동시설	볼링장	235,551
88	운동시설	당구장	2,678,600
89	운동시설	실내낚시터	20,401
90	운동시설	골프연습장	1,291,265
91	운동시설	물놀이형시설	26,841
92	운동시설	기타운동시설	997,616
93	제2종근린생활시설	종교집회장	231,267
94	종교집회장	교회	2,964,755
95	종교집회장	성당	211,116
96	종교집회장	사찰	826,927
97	종교집회장	기도원	10,815
98	종교집회장	수도원	828
99	종교집회장	수녀원	1,856
100	종교집회장	제실	55,905
101	종교집회장	사당	6,726
102	종교집회장	기타종교집회장	1,626,845
103	제2종근린생활시설	공연장	45,137
104	공연장	음악당	5,251
105	공연장	연예장	5,684
106	공연장	비디오물감상실	56,165
107	공연장	비디오물소극장	5,476
108	공연장	극장	1,120
109	공연장	영화관	938
110	공연장	서커스장	0
111	공연장	기타공연장	130,933
112	제2종근린생활시설	사무소	1,407,438
113	사무소	금융업소	1,635,890
114	사무소	사무소	46,300,151
115	사무소	결혼상담소	18,045
116	사무소	출판사	58,657
117	사무소	부동산중개사무소	474,149
118	사무소	기타사무소	11,267,250
119	제2종근린생활시설	기타제2종근린생활시설	28,498,906
120	문화및집회시설	공연장	46,401

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (4)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
121	공연장	음악당	213,324
122	공연장	연예장	58,520
123	공연장	서커스장	2,466
124	공연장	비디오물감상실	5,551
125	공연장	비디오물소극장	0
126	공연장	극장	73,592
127	공연장	영화관	172,016
128	공연장	기타공연장	1,177,137
129	문화및집회시설	집회장	38,158
130	집회장	예식장	1,534,074
131	집회장	회의장	413,461
132	집회장	공회당	33,563
133	집회장	마권장외발매소	151,653
134	집회장	마권전화투표소	1,259
135	집회장	기타집회장	457,078
136	문화및집회시설	관람장	22,230
137	관람장	경마장	303,271
138	관람장	자동차경기장	110,604
139	관람장	체육관	683,389
140	관람장	운동장	994,312
141	관람장	경륜장	0
142	관람장	경정장	0
143	관람장	기타관람장	944,510
144	문화및집회시설	전시장	117,977
145	전시장	박물관	1,088,665
146	전시장	미술관	461,730
147	전시장	과학관	194,506
148	전시장	기념관	239,407
149	전시장	산업전시장	82,313
150	전시장	박람회장	210,131
151	전시장	문화관	33,422
152	전시장	체험관	126,707
153	전시장	기타전시장	2,632,630
154	문화및집회시설	동.식물원	547
155	동.식물원	동물원	57,018
156	동.식물원	식물원	71,764
157	동.식물원	수족관	71,598
158	동.식물원	기타동.식물원	60,190
159	문화및집회시설	기타문화및집회시설	5,277,603
160	종교시설	종교집회장	406,153

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (5)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
161	종교집회장	교회	15,461,031
162	종교집회장	성당	2,154,582
163	종교집회장	사찰	1,689,215
164	종교집회장	기도원	200,015
165	종교집회장	수도원	320,978
166	종교집회장	수녀원	284,742
167	종교집회장	제실	324,455
168	종교집회장	사당	50,279
169	종교집회장	납골당(제2종근생 제외)	56,425
170	종교집회장	봉안당	2,131
171	종교집회장	기타종교집회장	2,802,463
172	종교시설	기타종교시설	1,088,544
173	판매시설	소매시장	313,489
174	소매시장	시장	4,974,589
175	소매시장	백화점	3,943,742
176	소매시장	대형백화점	3,809,634
177	소매시장	대형점	6,607,272
178	소매시장	쇼핑센터	299,725
179	소매시장	기타소매시장	2,211,473
180	판매시설	상점	9,018,157
181	판매시설	청소년게임제공업의시설	16,044
182	판매시설	복합유통게임제공업의시설	13,558
183	판매시설	인터넷컴퓨터게임시설제공업의시설	101,717
184	판매시설	일반게임제공업의시설	252,089
185	판매시설	도매시장	0
186	도매시장	농수산물도매시장	102,348
187	도매시장	농수산물공판장	19,648
188	도매시장	기타도매시장	34,771
189	판매시설	기타판매시설	17,372,883
190	운수시설	여객자동차터미널	743,304
191	운수시설	화물터미널	159,211
192	운수시설	공항시설	5,558,416
193	운수시설	종합여객시설	147,143
194	운수시설	철도시설	1,125,994
195	운수시설	항만시설	291,047
196	운수시설	기타운수시설	702,954
197	의료시설	병원	789,785
198	병원	종합병원	7,053,987
199	병원	산부인과병원	289,266
200	병원	치과병원	251,717

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (6)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
201	병원	한방병원	499,828
202	병원	정신병원	280,526
203	병원	병원	8,132,312
204	병원	요양병원	604,265
205	병원	기타병원	1,001,471
206	의료시설	격리병원	67
207	격리병원	전염병원	368
208	격리병원	마약진료소	0
209	격리병원	기타격리병원	0
210	의료시설	기타의료시설	2,934,172
211	교육연구시설	직업훈련소	1,149,854
212	교육연구시설	학원	9,734,662
213	교육연구시설	도서관	3,177,204
214	교육연구시설	학교	407,250
215	학교	초등학교	37,839,363
216	학교	중학교	18,926,391
217	학교	고등학교	26,107,775
218	학교	대학교	29,590,155
219	학교	전문대학	2,855,234
220	학교	대학	2,310,068
221	학교	유치원	2,193,862
222	학교	기타학교	12,797,307
223	교육연구시설	교육원	0
224	교육원	교육원	691,429
225	교육원	연수원	557,817
226	교육원	기타교육원	32,614
227	교육연구시설	연구소	0
228	연구소	연구소	2,710,908
229	연구소	시험소	15,600
230	연구소	계측계량소	0
231	연구소	기타연구소	31,762
232	교육연구시설	기타교육연구시설	15,889,386
233	노유자시설	아동관련시설	71,263
234	아동관련시설	영유아보육시설	2,718,828
235	아동관련시설	어린이집	2,850,317
236	아동관련시설	아동복지시설	531,177
237	아동관련시설	기타아동관련시설	1,219,624
238	노유자시설	노인복지시설	8,825,455
239	노유자시설	사회복지시설	3,082,014
240	노유자시설	근로복지시설	364,137

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (7)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
241	노유자시설	기타노유자시설	1,370,415
242	수련시설	유스호스텔	138,576
243	수련시설	생활권수련시설	734
244	생활권수련시설	청소년문화의집	110,741
245	생활권수련시설	청소년특화시설	4,746
246	생활권수련시설	청소년수련관	118,991
247	생활권수련시설	기타생활권수련시설	146,045
248	수련시설	자연권수련시설	10,255
249	자연권수련시설	청소년야영장	49,897
250	자연권수련시설	청소년수련원	142,933
251	자연권수련시설	기타자연권수련시설	105,484
252	수련시설	기타수련시설	167,215
253	운동시설	체육관	1,900,283
254	운동시설	탁구장	164,141
255	운동시설	체육도장	152,490
256	운동시설	테니스장	120,881
257	운동시설	체력단련장	1,020,190
258	운동시설	에어로빅장	59,596
259	운동시설	볼링장	479,538
260	운동시설	당구장	155,517
261	운동시설	실내 낚시터	19,482
262	운동시설	골프연습장	2,376,547
263	운동시설	물놀이형시설	93,102
264	운동시설	운동장	1,834
265	운동장	육상장	457
266	운동장	구기장	9,315
267	운동장	볼링장	846
268	운동장	수영장	98,779
269	운동장	스케이트장	1,203
270	운동장	롤러스케이트장	328
271	운동장	승마장	61,683
272	운동장	사격장	4,301
273	운동장	궁도장	8,195
274	운동장	골프장	253,367
275	운동시설	기타 운동시설	6,926,962
276	업무시설	공공업무시설	360,057
277	공공업무시설	국가기관청사	5,892,571
278	공공업무시설	자치단체청사	5,110,939
279	공공업무시설	외국공관	23,555
280	공공업무시설	기타공공업무시설	7,589,732

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (8)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
281	업무시설	일반업무시설	968,436
282	일반업무시설	금융업소	4,370,709
283	일반업무시설	오피스텔	30,709,428
284	일반업무시설	신문사	112,302
285	일반업무시설	사무소	34,799,613
286	일반업무시설	결혼상담소	0
287	일반업무시설	출판사	0
288	일반업무시설	기타일반업무시설	28,807,545
289	숙박시설	고시원	93,526
290	숙박시설	생활숙박시설	0
291	숙박시설	일반숙박시설	249,867
292	일반숙박시설	호텔	1,969,508
293	일반숙박시설	여관	16,696,846
294	일반숙박시설	여인숙	469,013
295	일반숙박시설	기타일반숙박시설	5,423,605
296	숙박시설	관광숙박시설	100,916
297	관광숙박시설	관광호텔	5,017,047
298	관광숙박시설	수상관광호텔	0
299	관광숙박시설	한국전통호텔	3,948
300	관광숙박시설	가족호텔	585,443
301	관광숙박시설	휴양콘도미니엄	10,851,438
302	숙박시설	기타숙박시설	75,917
303	위락시설	단란주점	486,060
304	위락시설	유흥주점	3,941,709
305	위락시설	투전기업소	4,021
306	위락시설	주점영업	366,426
307	위락시설	유원시설업의시설	95,986
308	위락시설	무도장	25,449
309	위락시설	무도학원	15,875
310	위락시설	카지노영업소	45,103
311	위락시설	사행행위업소	0
312	위락시설	기타위락시설	2,089,190
313	공장	유해공장	15,851,703
314	공장	물품공장	0
315	물품공장	물품 제조공장	12,835,481
316	물품공장	물품 가공공장	861,084
317	물품공장	물품 염색공장	16,555
318	물품공장	물품 도장공장	74,379
319	물품공장	물품 표백공장	4,762
320	물품공장	물품 재봉공장	31,205

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (9)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
321	물 품공장	물 품 건조공장	14,457
322	물 품공장	물 품 인쇄공장	174,892
323	물 품공장	물 품 수리공장	4,731
324	공장	기타공장	54,138,950
325	창고시설	하역장	439,670
326	창고시설	물류터미널	173,850
327	창고시설	집배송시설	250,328
328	창고시설	창고	0
329	창고	일반창고	5,748,150
330	창고	냉장창고	464,250
331	창고	냉동창고	334,045
332	창고시설	기타창고시설	9,275,824
333	위험물저장및처리시설	주유소	2,771,420
334	위험물저장및처리시설	액화석유가스충전소	384,834
335	위험물저장및처리시설	위험물제조소	276,535
336	위험물저장및처리시설	위험물저장소	519,448
337	위험물저장및처리시설	액화가스취급소	41,417
338	위험물저장및처리시설	액화가스판매소	84,885
339	위험물저장및처리시설	석유판매소	69,864
340	위험물저장및처리시설	위험물취급소	73,787
341	위험물저장및처리시설	액화석유가스판매소	6,495
342	위험물저장및처리시설	액화석유가스저장소	2,392
343	위험물저장및처리시설	유독물보관소	11,563
344	위험물저장및처리시설	유독물저장소	9,790
345	위험물저장및처리시설	유독물판매시설	3,931
346	위험물저장및처리시설	고압가스충전소	10,038
347	위험물저장및처리시설	고압가스판매소	3,410
348	위험물저장및처리시설	고압가스저장소	5,092
349	위험물저장및처리시설	도료류판매소	427
350	위험물저장및처리시설	도시가스공급시설	3,283
351	위험물저장및처리시설	화약류저장소	953
352	위험물저장및처리시설	기타위험물저장처리시설	1,510,354
353	자동차관련시설	주차장	25,844,552
354	자동차관련시설	세차장	461,870
355	자동차관련시설	폐차장	266,822
356	자동차관련시설	검사장	343,088
357	자동차관련시설	매매장	989,723
358	자동차관련시설	정비공장	4,127,300
359	자동차관련시설	운전학원	220,435
360	자동차관련시설	정비학원	42,845

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (10)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
361	자동차관련시설	차고	873,653
362	자동차관련시설	주기장	35,320
363	자동차관련시설	기타자동차관련시설	2,834,737
364	동.식물관련시설	도축장	2,728,736
365	동.식물관련시설	도계장	81,843
366	동.식물관련시설	종묘배양시설	530,127
367	동.식물관련시설	온실	544,348
368	동.식물관련시설	작물재배사	696,990
369	동.식물관련시설	축사	1,377,644
370	축사	축사	84,440,717
371	축사	양잠	207,223
372	축사	양봉	37,374
373	축사	양어시설	892,035
374	축사	부화장	232,959
375	동.식물관련시설	가축시설	44,686
376	가축시설	가축운동시설	61,926
377	가축시설	인공수정센터	12,481
378	가축시설	관리사	713,277
379	가축시설	가축용창고	390,198
380	가축시설	가축시장	70,858
381	가축시설	동물검역소	11,496
382	가축시설	실험동물사육시설	57,299
383	가축시설	기타가축시설	892,627
384	동.식물관련시설	기타동식물관련시설	17,664,201
385	분뇨,쓰레기처리시설	분뇨처리시설	1,492,851
386	분뇨,쓰레기처리시설	폐기물처리시설	0
387	분뇨,쓰레기처리시설	폐기물재활용시설	0
388	분뇨,쓰레기처리시설	고물상	237,882
389	분뇨,쓰레기처리시설	폐기물처리시설및폐기물감량화시설	1,212,701
390	분뇨,쓰레기처리시설	기타분뇨쓰레기처리시설	2,696,500
391	교정및군사시설	감화원	12,406
392	교정및군사시설	국방·군사시설	3,267,542
393	교정및군사시설	보호관찰소	331
394	교정및군사시설	갱생보호소	407
395	교정및군사시설	소년원	113
396	교정및군사시설	소년분류심사원	74
397	교정및군사시설	교정시설	0
398	교정시설	보호감호소	96
399	교정시설	구치소	36,984
400	교정시설	교도소	53,302

<표 2.1.7> 주요 조사항목 및 결과 (11)

번호	분 류	세 분 류	면적 [m2]
401	교정및군사시설	기타교정및군사시설	2,004,859
402	방송통신시설	전신전화국	1,366,609
403	방송통신시설	촬영소	73,663
404	방송통신시설	통신용시설	1,462,625
405	방송통신시설	방송국	0
406	방송국	방송국	301,894
407	방송국	방송프로그램제작시설	48,274
408	방송국	송신시설	4,200
409	방송국	수신시설	0
410	방송국	중계시설	808
411	방송통신시설	기타방송통신시설	457,262
412	발전시설	발전소	4,574,771
413	발전시설	기타발전시설	623,905
414	묘지관련시설	묘지에 부수되는 건축물	33,424
415	묘지관련시설	봉안당	106,880
416	묘지관련시설	화장시설	54,847
417	묘지관련시설	자연장지에 부수되는 건축물	539
418	묘지관련시설	기타묘지관련시설	188,818
419	관광휴게시설	야외음악당	18,611
420	관광휴게시설	야외극장	1,463
421	관광휴게시설	어린이회관	14,122
422	관광휴게시설	관망탑	30,247
423	관광휴게시설	휴게소	736,629
424	관광휴게시설	공원에 부수되는 시설	19,142
425	관광휴게시설	유원지에 부수되는 시설	28,667
426	관광휴게시설	관광지에 부수되는 시설	2,401
427	관광휴게시설	기타관광휴게시설	1,128,711
428	장례식장	장례식장	359,100
429	기타	기타	409,758,345

다. 건물 노후화 현황

- 표준건물 구축을 위해서는 건물의 성능별 구분이 이루어져야하는데, 실내 기구나 냉난방 설비, 조명 설비 등은 기기의 수명이 10~15년으로 노후화된 건물 일지라도 일정 기간이 지나면 교체되므로 건물의 성능을 가장 대표적으로 구분할 수 있는 기준은 외피의 성능임.
- 1970년대 이후로 건물외피의 성능은 에너지절약설계기준 등에 의하여 규제되고 있으므로, 건물의 외피성능은 해당 건물이 지어질 때의 기준을 따르게 되므로 건물 성능 기준은 외피 성능의 규제가 강화되는 시점을 기준으로 분류할 수 있음. 따라서 본 연구에서는 외피의 성능 기준이 크게 변화한 시기를 기준으로 건물의 노후도 구분 즉, 빈티지(vintage)를 구분함
- 세움터에서는 건물의 노후도에 대한 통계를 표 2.1.8과 표 2.1.9와 같이 구축하고 있으나 해당 통계에서는 건물의 용도별 분류를 주거용, 상업용, 공업용, 문교·사회용, 기타로만 구분하고 있으므로 본 연구에서의 11개 유형분류를 만족하기 어려우나 건물의 노후도에 관한 유일한 통계이므로 각 부문별로 해당 면적비율을 적용하였음
- 세움터의 노후도 기준년도는 약 5년 단위로 구분되지만, 이는 건물 외피 성능 변화에 따른 빈티지 구분과 일치하지 않으므로, 각 기간 구분별로 일정하게 면적이 분포된 것으로 가정하였음. 표 2.1.10에 세움터의 노후도 기준에 따라 각 연도별 건물 면적을 정리하였으며, 본 연구에서 구분된 표준건물 중 상업부분과 공공부분이 세움터 기준의 ②상업용, ④문교·사회용, ⑤기타에 해당하므로 이 세가지 구분의 합(②+④+⑤)을 연식 구분의 기준으로 하였음
- 주거부분의 경우 일반적으로 아파트의 면적 비중이 계속해서 증가하고 있으므로 표 2.1.10의 비율을 단독주택, 공동주택, 저층형 공동주택에 일괄적으로 적용하기 어려우므로, 인구주택 총조사에서 조사하는 건축년도별 세대수 현황을 기준으로 주택의 종류별 빈티지 구분을 하였음
- 표 2.1.11은 인구주택 총조사의 건축년도별 세대수 현황을 나타내며, 이를 본 연구의 단독주택, 공동주택, 저층형 공동주택으로 재분류하여, 단독주택은 표준모델의 단독주택으로, 아파트와 비거주용 건물은 표준모델의 공동주택으로, 연립과 다세대 주택은 표준모델의 저층형 공동주택으로 분류하여 표 2.1.12에

정리하였음

- 세움터의 노후화 통계와 마찬가지로 기간 구분이 표준모델의 빈티지 구분과 일치하지 않으므로, 세움터 노후화 통계와 마찬가지로 연도별 구분하여 표 2.1.13에 정리하였음
- 그러나 이 세대수 비율을 그대로 적용할 경우 단독주택, 공동주택, 저층형 공동주택의 전체 면적이 세움터의 통계와 달라지게되므로 전체 면적에 변화가 발생하지 않도록 각 주택유형별의 연도별 비율을 산출하여, 이 비율을 통하여 주택의 유형별 노후화 현황을 연도별로 구분하여 표 2.1.14에 정리하였음

<표 2.1.8> 건축물의 동 단위 노후화 현황

단위 : 동

년 도	합계	주거용	상업용	공업용	문교사회용	기타
합계	6,851,802	4,529,040	1,156,624	273,939	179,482	712,717
2005 ~ 2013	1,105,442	490,218	269,307	95,670	49,963	200,284
2000 ~ 2004	671,608	331,734	165,009	52,234	27,733	94,898
1995 ~ 1999	797,776	422,292	160,294	38,743	29,880	146,567
1990 ~ 1994	781,000	495,513	153,050	31,854	17,691	82,892
1985 ~ 1989	531,466	382,971	98,775	14,976	10,821	23,923
1980 ~ 1984	435,088	319,454	77,846	8,593	8,262	20,933
~ 1979	1,922,960	1,618,983	168,638	20,989	19,113	95,237
기타	606,462	467,875	63,705	10,880	16,019	47,983

<표 2.1.9> 건축물의 연면적 단위 노후화 현황

단위 : 천 m²

년 도	합계	주거용	상업용	공업용	문교사회용	기타
합계	3,376,649	1,574,854	689,053	344,582	295,807	472,353
2005 ~ 2013	885,779	401,831	186,204	118,439	90,797	88,508
2000 ~ 2004	647,391	277,094	129,542	52,180	52,182	136,393
1995 ~ 1999	591,751	281,298	110,105	49,581	52,542	98,225
1990 ~ 1994	551,786	280,848	106,849	44,906	26,352	92,831
1985 ~ 1989	234,655	112,781	58,727	33,313	16,416	13,419
1980 ~ 1984	147,504	65,397	42,792	12,924	18,122	8,268
~ 1979	223,523	121,171	42,276	19,895	19,045	21,137
기타	94,262	34,434	12,558	13,345	20,351	13,573

<표 2.1.10> 건축물 유형별 상세 노후화 현황

단위 : 천 m²

년도	주거용 ①	상업용 ②	공업용 ③	문교사회용 ④	기타 ⑤	②+④+⑤
2013	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2012	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2011	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2010	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2009	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2008	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2007	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2006	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2005	44,647,891	20,689,383	13,159,840	10,088,582	9,834,202	40,612,167
2004	55,418,874	25,908,387	10,436,014	10,436,448	27,278,501	63,623,336
2003	55,418,874	25,908,387	10,436,014	10,436,448	27,278,501	63,623,336
2002	55,418,874	25,908,387	10,436,014	10,436,448	27,278,501	63,623,336
2001	55,418,874	25,908,387	10,436,014	10,436,448	27,278,501	63,623,336
2000	55,418,874	25,908,387	10,436,014	10,436,448	27,278,501	63,623,336
1999	56,259,511	22,021,016	9,916,222	10,508,314	19,645,037	52,174,367
1998	56,259,511	22,021,016	9,916,222	10,508,314	19,645,037	52,174,367
1997	56,259,511	22,021,016	9,916,222	10,508,314	19,645,037	52,174,367
1996	56,259,511	22,021,016	9,916,222	10,508,314	19,645,037	52,174,367
1995	56,259,511	22,021,016	9,916,222	10,508,314	19,645,037	52,174,367
1994	56,169,566	21,369,885	8,981,165	5,270,319	18,566,250	45,206,454
1993	56,169,566	21,369,885	8,981,165	5,270,319	18,566,250	45,206,454
1992	56,169,566	21,369,885	8,981,165	5,270,319	18,566,250	45,206,454
1991	56,169,566	21,369,885	8,981,165	5,270,319	18,566,250	45,206,454
1990	56,169,566	21,369,885	8,981,165	5,270,319	18,566,250	45,206,454
1989	22,556,101	11,745,302	6,662,598	3,283,171	2,683,772	17,712,245
1988	22,556,101	11,745,302	6,662,598	3,283,171	2,683,772	17,712,245
1987	22,556,101	11,745,302	6,662,598	3,283,171	2,683,772	17,712,245
1986	22,556,101	11,745,302	6,662,598	3,283,171	2,683,772	17,712,245
1985	22,556,101	11,745,302	6,662,598	3,283,171	2,683,772	17,712,245
1984	13,079,469	8,558,426	2,584,708	3,624,488	1,653,640	13,836,554
1983	13,079,469	8,558,426	2,584,708	3,624,488	1,653,640	13,836,554
1982	13,079,469	8,558,426	2,584,708	3,624,488	1,653,640	13,836,554
1981	13,079,469	8,558,426	2,584,708	3,624,488	1,653,640	13,836,554
1980	13,079,469	8,558,426	2,584,708	3,624,488	1,653,640	13,836,554
1979	155,605,273	54,833,824	33,239,656	39,395,895	34,709,585	128,939,304

<표 2.1.11> 가정부문 건축년도별 세대수 현황

연도	합계	단독	아파트	연립	다세대	비거주용
합계	13,883,571	3,797,112	8,185,063	503,630	1,246,486	151,280
2010년	205,476	35,391	155,385	1,762	11,527	1,411
2009년	347,381	46,175	271,236	4,332	23,583	2,055
2008년	407,692	51,969	313,593	4,970	34,431	2,729
2007년	385,733	51,667	311,883	2,895	16,633	2,655
2006년	382,879	44,699	320,070	2,649	13,020	2,441
2005년	444,999	72,049	347,061	3,947	17,734	4,208
1995~ 2004년	5,383,734	876,094	3,652,353	146,533	658,668	50,086
1980~ 1994년	4,976,596	1,455,633	2,690,159	303,181	462,913	64,710
1979년 이전	1,349,081	1,163,435	123,323	33,361	7,977	20,985

<표 2.1.12> 가정부문 건축년도별 세대수 표준모델 분류

연도	합계	단독	공동주택	저층형 공동주택
합계	13,883,571	3,797,112	8,336,343	1,750,116
2010년	205,476	35,391	156,796	13,289
2009년	347,381	46,175	273,291	27,915
2008년	407,692	51,969	316,322	39,401
2007년	385,733	51,667	314,538	19,528
2006년	382,879	44,699	322,511	15,669
2005년	444,999	72,049	351,269	21,681
1995~ 2004년	5,383,734	876,094	3,702,439	805,201
1980~ 1994년	4,976,596	1,455,633	2,754,869	766,094
1979년 이전	1,349,081	1,163,435	144,308	41,338

<표 2.1.13> 가정부문 건축년도별 세대수 표준모델 분류 및 년차별 비율

연도	세대 수			유형별 연차 비율		
	단독주택	공동주택	저층형 공동주택	단독주택	공동주택	저층형 공동주택
합계	3,797,112	8,336,343	1,750,116	100%	100%	100%
2013	45,980	276,692	23,160	1.2%	3.0%	1.3%
2012	45,980	276,692	23,160	1.2%	3.0%	1.3%
2011	45,980	276,692	23,160	1.2%	3.0%	1.3%
2010	35,391	156,796	13,289	0.9%	1.7%	0.7%
2009	46,175	273,291	27,915	1.2%	3.0%	1.5%
2008	51,969	316,322	39,401	1.3%	3.5%	2.2%
2007	51,667	314,538	19,528	1.3%	3.4%	1.1%
2006	44,699	322,511	15,669	1.1%	3.5%	0.9%
2005	72,049	351,269	21,681	1.8%	3.8%	1.2%
2004	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
2003	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
2002	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
2001	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
2000	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
1999	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
1998	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
1997	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
1996	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
1995	87,609	370,244	80,520	2.2%	4.0%	4.4%
1994	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1993	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1992	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1991	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1990	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1989	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1988	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1987	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1986	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1985	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1984	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1983	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1982	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1981	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1980	97,042	183,658	51,073	2.5%	2.0%	2.8%
1979	1,163,435	144,308	41,338	29.6%	1.6%	2.3%

<표 2.1.14> 가정부문 표준건물 유형별 노후화 현황

단위 : 천 m²

연도	단독주택	공동주택	저층형 공동주택
합계	474,782	961,668	138,404
2013	5,548	29,028	1,762
2012	5,548	29,028	1,762
2011	5,548	29,028	1,762
2010	4,270	16,450	1,011
2009	5,571	28,672	2,123
2008	6,270	33,186	2,997
2007	6,234	32,999	1,485
2006	5,393	33,835	1,192
2005	8,693	36,852	1,649
2004	10,570	38,843	6,125
2003	10,570	38,843	6,125
2002	10,570	38,843	6,125
2001	10,570	38,843	6,125
2000	10,570	38,843	6,125
1999	10,570	38,843	6,125
1998	10,570	38,843	6,125
1997	10,570	38,843	6,125
1996	10,570	38,843	6,125
1995	10,570	38,843	6,125
1994	11,709	19,268	3,885
1993	11,709	19,268	3,885
1992	11,709	19,268	3,885
1991	11,709	19,268	3,885
1990	11,709	19,268	3,885
1989	11,709	19,268	3,885
1988	11,709	19,268	3,885
1987	11,709	19,268	3,885
1986	11,709	19,268	3,885
1985	11,709	19,268	3,885
1984	11,709	19,268	3,885
1983	11,709	19,268	3,885
1982	11,709	19,268	3,885
1981	11,709	19,268	3,885
1980	11,709	19,268	3,885
1979	140,374	15,140	3,144

2. 에너지 통계 개요

- 에너지 관련 통계의 경우 표 2.1.15와 같이 다양한 통계 정보가 있으며 상기하였듯이 에너지통계 연보 및 월보가 가장 공신력 있는 데이터이나 에너지 통계 연보 및 월보는 전체 에너지량을 파악할 수 있으나 에너지 용도별 구분은 제공하지 않으므로 본 연구의 에너지 통계는 에너지 총조사를 기준으로 진행함

<표 2.1.15> 국내 에너지소비량 통계

기관	공개 자료	작성 주기	분류				용도				특징
			가정 상업	산업	수송	공공 기타	가정	업무	상업 공공	대형 건물	
에너지공단	에너지 소비통계	분기	○	○	○	○					• 석탄, 석유, 도시가스, 전력, 열, 재생 에너지 집계
에너지경제연구원	에너지 총조사 보고서	3년		○	○		○		○	○	• 석탄, 석유, 도시가스, 전력, 열, 온수 집계 • 대형건물: 월별, 용도, 연면적, 난방면적에 따라 세분
	Energy info. Korea	1년	○	○	○	○					• 석탄, 석유, 도시가스, 전력, 열, 재생 에너지 집계 • 이산화탄소 배출량도 집계
	에너지통계연보 및 월보	월/년	○	○	○	○					• 석탄, 석유, 도시가스, 전력, 재생 에너지 집계
집 단 에 너 지 정보넷	센서스 통계	3년		○			○		○	○	• 석탄, 석유, 전력 집계 • 대형건물: 용도에 따라 세분 (업무, 상업, 교육, 호텔, 병원, 아파트 등)
	집 단에너지통계	1년					○	○	○		• 열에너지(지역난방) 집계
한국전력공사	한국전력 통계	1년		○		○	○				• 사외 전력 공급회사와 본사의 실적 집계
대한전기협회	전력통계	1년		○		○	○				• 한전+전력거래소 자료 집계
한국도시가스협회	도시가스 사업통계 월보	1년		○	○	○	○	○			• LNG+LPG 공급량 집계
한국지역난방공사	열 판매량	1년				○	○	○			• 열 판매량 집계

- 에너지 총조사 보고서는 3년마다 센서스 방식으로 국내 에너지의 부문별 사용량을 조사하고 있으며, 산업통상자원부의 주관으로 에너지경제연구원에서 조사를 시행하고 있음
- 에너지 총조사의 건물부문은 크게 가정부문과 공공상업부문으로 구분되며, 34용도로 구분하여 에너지 사용량을 제공하고 있으며, 2016년 기준 최신 조사는 2013년 1월 1일 ~ 12월 31일까지를 대상으로 2014년 9월 ~ 12월에 조사된 제12차 총조사임
- 에너지 총조사는 표본조사로 시행되며 조사대상 부문은 제9차 한국표준산업분류를 기준으로 구분됨
 - 상업·공공, 대형건물 : 도소매업, 음식숙박업, 통신업, 금융 및 보험업, 부동산 및 임대서비스업, 사업서비스업, 교육서비스업, 보건 및 사회복지사업, 오락·문화 및 운동관련산업, 공공·개인서비스업, 가사서비스업, 전기·가스 및 수도업
 - ※ 대형건물은 에너지이용합리화법에서 규정하는 에너지사용량 신고업체
 - 가구 : 일반가구
- 조사대상 에너지원은 비연료유를 제외한 소비부문에서 사용된 모든 에너지를 포함함
 - 석탄 : 연탄, 국내무연탄, 수입무연탄, 유연탄, 코크스, 기타석탄
 - 석유 : 휘발유, 실내등유, 경유, 경질중유, 중유, 중질중유, 납사, 부생·정제가스, 프로판, 부탄, 기타석유
 - ※ 조사대상에서 제외되는 비연료유 : 아스팔트, 용제, 파리핀 왁스, 윤활기유
 - 도시가스, 전력, 열에너지 및 신재생 에너지
 - ※ 부생에너지는 조사대상에 포함되나 총량 집계 시에는 제외
- 조사에서 제외되는 분야
 - 상업·공공 : 국방, 일부 공공행정기관, 국제 및 기타 외국기관, 전기·가스·중기업
 - 가구 : 도서지역에 소재하는 독립가구
- 에너지 총조사의 조사대항 및 범위와 주요 조사항목 및 결과는 표 2.1.16과 표 2.1.17에 각각 나타낸바와 같음. 에너지 총조사의 상세 코드 분류는 5단계로 진행되며 이는 표 2.1.18에 정리되었음

<표 2.1.16> 국내 에너지 총조사 분석대상 개요

조사부문	한국표준산업분류 대분류	조사대상범위
가정부문	전국 시·군·구 가구	인구주택총조사 일반가구
상업공공 부문	G 도매 및 소매업(45~47) I 숙박 및 음식점업(55~56) J 통신 및 정보서비스업(58~63) K 금융 및 보험업(64~66) L 부동산 및 임대업(68~69) M 과학 및 기술서비스업(70~73) N 사업시설, 사업지원서비스업 (74~74) O 공공행정, 국방, 사회보장행정 (84) P 교육서비스업(85) Q 보건 및 사회복지(86~87) R 예술, 스포츠 및 여가(90~91) S 협회, 단체, 기타서비스(94~96) T 가구나 고용활동 등 (97~98) U 국제 및 외국기관(99)	○ 도매 및 소매업 ○ 숙박 및 음식점업 ○ 통신 및 정보서비스업 ○ 금융 및 보험업 ○ 부동산 및 임대업 ○ 전문, 과학 및 기술서비스업 ○ 사업시설관리 및 사업지원 서비스업 ○ 사회보장행정 ○ 교육서비스업 ○ 보건 및 사회복지사업 ○ 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업 ○ 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서 비스업
	D 전기, 가스, 증기, 수도(35~36) E 하수, 폐기물, 환경복원업(37~39)	○ 수도업 ○ 하수, 폐기물처리, 원료재생, 환경복 원업
대형건물	에너지수요부문의 대형건물	○ 에너지이용합리화법에서 규정하는 에 너지사용량 신고업체(건물)

<표 2.1.17> 주요 조사항목 및 결과

분 야	주요 조사항목	주요 조사결과	비 고
상업 공공 부문	· 에너지원별 소비 · 에너지이용 기기 현황 · 용도별 에너지 소비	· 업종별 에너지소비구조 · 용도별 소비구조 · 업종별 에너지원단위	· 도소매·음식숙박 · 통신· 금융· 부동산 서비스 · 공공· 사회· 기타 서비스
가정 부문	· 주택, 가구의 일반사항 · 에너지원별 소비 · 에너지 이용기기 현황	· 지역별, 주택형태, 가구원수, 난방설비별 에너지소비 구조 · 용도별(난방/취사)소비구조	· 시지역 · 군지역
대형 건물	· 에너지원별 소비 · 냉난방설비 · 전력설비 · 자가발전실적	· 업종별 에너지원별 소비구조 · 용도별 에너지원별 소비구조 · 업종별 면적당 에너지소비 · 자가발전현황 분석	· 연간에너지소비 2,000toe 이상 소비 건물

<표 2.1.18> 표준산업 분류 코드 상세

1		2		3		4		5	
코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류
D	전기, 가스, 증기 및 수도사업	36	수도사업	360	수도사업	3601	생활용수 공급업	36010	생활용수 공급업
						3602	산업용수 공급업	36020	산업용수 공급업
E	하수 폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	3701	하수 및 폐수 처리업	37011	하수 처리업
								37012	폐수 처리업
						3702	분뇨 및 축산분뇨 처리업	37021	분뇨 처리업
								37022	축산분뇨 처리업
		38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	381	폐기물 수집운반업	3811	지정외 폐기물 수집운반업	38110	지정외 폐기물 수집운반업
						3812	지정 폐기물 수집운반업	38120	지정 폐기물 수집운반업
						3813	건설 폐기물 수집운반업	38130	건설 폐기물 수집운반업
				382	폐기물 처리업	3821	지정외 폐기물 처리업	38210	지정외 폐기물 처리업
						3822	지정 폐기물 처리업	38220	지정 폐기물 처리업
						3823	건설 폐기물 처리업	38230	건설 폐기물 처리업
						3824	방사성 폐기물 수집운반 및 처리업	38240	방사성 폐기물 수집운반 및 처리업
				383	금속 및 비금속 원료 재생업	3830	금속 및 비금속 원료 재생업	38301	금속원료 재생업
								38302	비금속원료 재생업
		39	환경 정화	390	환경 정화 및	3900	환경 정화 및	39001	토양 및 지하수 정화업

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

1		2		3		4			
코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류
						6511	생명 보험업	64139	기타
						6512	손해 및 보증 보험업	65110	생명 보험업
				651	보험업			65121	손해 보험업
						6513	사회보장 보험업	65122	보증 보험업
		65	보험 및 금융업			6520	재 보험업	65131	건강 보험업
						6530	연금 및 공제업	65139	산업 보험업
						6611	금융시장 관리업	65200	재 보험업
						6612	증권 및 선물 중개업	65301	개인 보험업
				661	금융지원 서비스업	6619	기타 금융지원 서비스업	65302	사업 보험업
		66	금융 및 보험 관련 서비스업			6620	보험 및 연금 관련 서비스업	65303	연금 보험업
						6811	부동산 임대업	66110	금융업
		68	부동산업					66121	증권업
								66122	선물업
								66191	유가증권업
								66192	투자업
								66199	그외 금융업
								66201	손해 보험업
								66202	보증 보험업
								66209	기타 보험업
								68111	주거 임대업
								68112	비주거 임대업
								68119	기타 부동산업

[illegible]

[illegible]

1		2		3		4		코드
코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류	
								73202 제 품
								73203 시 각
								73209 기 타
N	사 업 시 설 관 리 및 사업 지원 서 비스업	74	사 업 시 설 관 리 및 사업 지원 서비스 업	733	사진 촬영 및 처리업	7330	사진 촬영 및 처리업	73301 인물
								73302 사업
								73303 사진
								73901 매 나
								73902 번 의
				739	그 외 기타 전 문, 과학 및 기술 서비스업	7390	그 외 기타 전문, 과학 및 기술 서 비스업	73903 사업
								73904 물 품
								73909 그 외 기술
				741	사업시설 유지 관리 서비스업	7410	사업시설 유지관 리 서비스업	74100 사업
				742	건물, 산업설 비 청소 및 방 제 서비스업	7421	건물 및 산업설 비 청소업	74211 건축
						7422	소독, 구충 및 방 제 서비스업	74212 사업
				743	조경 관리 및 유지 서비스업	7430	조경 관리 및 유 지 서비스업	74220 소독
		75	사 업 지 원 서비스업	751	인력공급 및 고용알선업	7511	고용알선업	74300 조 경
						7512	인력공급업	75110 고 용
				752	여행사 및 기 타 여행보조	7521	여행 사업	75120 인 력
								75211 일 반
								75212 국 내

[illegible]

		1		2		3		4	
코드		분류		코드		분류		코드 분류	
								8421 사회서비스 관리 행정	
P	교육 서비스업	85	교육 서비스업	842	사회 및 정책 행정	산업			
						8422 노동 및 산업진흥 행정			
						843	외무 및 행정	국방	8431 외무 행정
									8432 국방 행정
				844	사법 및 질서 행정	공공	8440 사법 및 공공질서 행정		
				845	사회보장 행정	8450 사회보장 행정			
						8511 유아 교육기관			
				851	초등 교육기관	8512 초등학교			
						8521 일반 중등 교육			

[illegible]

1		2		3		4			
코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류
						8569	그외 기타 교육 기관	85691	컴퓨터 교육 기관
								85699	그외 기타 교육 기관
						857	교육지원 서비스업	85701	교육지원 서비스업
								85709	기타 교육지원 서비스업
								86101	종합 병원
						861	병원	86102	일반 병원
								86103	치과 병원
								86104	한방 병원
								86201	일반 의원
								86202	치과 의원
								86203	한의원
								86204	방사선 진단·치료업
								86300	공중 보건 의료업
								86901	앰뷸런스 서비스업
								86902	유선급급 서비스업
								86909	그외 보건업
								87111	노인 거주 복지 시설 운영업
								87112	노인 복지 시설 운영업
								87121	신체 장애인 거주 복지 시설 운영업
								87122	정신 장애인 거주 복지 시설 운영업
								87131	아동 복지 시설 운영업

1		2		3		4	
코드	분류	코드	분류	코드	분류	코드	분류
					시설 운영업	87139	업
					8721 보육시설 운영업	87210	보육
				872 비거주 복지 시설 운영업	8729 기타 비거주 복지 서비스업	87291	직업
					9011 공연시설 운영업	90110	공연
					9012 공연단체	90121	연극
					9012 공연단체	90122	무용
					9012 공연단체	90123	기타
				901 창작 및 예술 관련 서비스업	9013 자영 예술가	90131	공연
						90132	비공
					9019 기타 창작 및 예술관련 서비스업	90191	공연
						91192	공연
						90199	그의
							업
					9021 도서관, 기록보존소 및 도서관 운영업	90211	도서관
						90212	독서
				902 도서관, 사적 지 및 유사 여가관련 서비스업	9022 박물관 및 사적 지 관리 운영업	90221	박물관
						90222	사적
					9023 식물원, 동물원 및 자연공원 운영업	90231	식물
						90232	자연
					9029 기타 도서관, 사	90290	기타

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

3. 표준모델 매핑

가. 세움터 면적 통계와 에너지 총조사 매핑

- 앞서 조사한 표준산업분류를 기준으로한 에너지 총조사와 세움터 기준 면적통계에서 에너지 총조사는 그 최소 분류가 세움터 면적통계에 비하여 월등히 크기 때문에 표준산업분류의 5단계 코드를 기준으로 면적데이터를 매핑하였음
- 매핑된 결과는 에너지 총조사의 최소 단위인 표준산업분류 기준 2단계 코드별로 정리하여 표 2.1.19에 정리하였음
- 표준산업분류와 세움터 면적통계는 통계의 분류 방식이 매우 상이하지만 표준산업분류 해설서를 기준으로 대부분 매핑이 가능함. 다만 세움터 기준의 사무소, 기타근린생활시설, 기타 일반업무시설은 표준산업분류의 분류 방식에 매핑할 수 없으나, 본 연구의 표준건물 분류에서의 “사무소”는 “판매업”, “외식업” 등과 같이 용도 구분이 확실하지 않은 상업건물을 포함하므로 이러한 분류되지 않는 면적은 표 2.1.20과 같이 정리하여 “사무소”에 포함하였음
- 또한 에너지총조사에서 가정부문과 공공 및 상업부문에 포함되지 않는 면적은 표 2.1.21과 같이 정리하여 해석 대상에서 제외하였음. 특히 “기타”로 분류되는 면적은 현재의 통계 데이터에서 그 용도가 불명확할 뿐 아니라 사무소 표준모델에 적용시 해당 표준모델 에너지 원단위가 왜곡되므로 제외면적에 포함하였음

<표 2.1.19> 산업구분 면적 매핑 (1)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
전기, 가스, 증기 및 수도사업	수도사업	소 계		1,705,349
		18	양수장	462,800
		19	정수장	1,242,549
		41	도시가스배관시설	-
하수 폐기물 철, 원료재생 및 환경 복원업	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	소 계		2,696,500
		390	기타분뇨쓰레기처리시설	2,696,500
	폐기물 수집운반, 처리 미원료재생업	소 계		1,212,701
		389	폐기물처리시설및폐기물감량화시설	1,212,701
	환경 정화 및 복원업	소 계		-
				-
도매 및 소매업	자동차 및 부품 판매업	소 계		383,883
		68	자동차영업소	383,883
	도매 및 상품 중개업	소 계		35,198
		179	도매시장	-
		189	기타도매시장	34,771
		349	도료류판매소	427
	소매업 ; 자동차 제외	소 계		136,091,286
		12	소매점	83,239,908
		173	소매시장	313,489
		174	상점	9,018,157
		180	기타판매시설	17,372,883
		181	시장	4,974,589
		182	백화점	3,943,742
		183	대형백화점	3,809,634
		184	대형점	6,607,272
		185	쇼핑센터	299,725
		186	기타소매시장	2,211,473
		187	농수산물도매시장	102,348
		188	농수산물공판장	19,648
		38	수퍼마켓	60,138
		75	총포판매사	1,256
		58	서점(1종근.생미해당)	209,998
		333	주유소	2,771,420
		334	액화석유가스충전소	384,834
		339	석유판매소	69,864
		337	액화가스취급소	41,417
		338	액화가스판매소	84,885
		341	액화석유가스판매소	6,495
		342	액화석유가스저장소	2,392
		73	의약품판매소	345,557
		74	의료기기판매소	200,162
숙박 및 음식점업	숙박업	소 계		45,785,271
		291	일반숙박시설	249,867
		294	호텔	1,969,508
		301	가족호텔	585,443

<표 2.1.19> 산업구분 면적 매핑 (2)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
숙박 및 음식점업	숙박업	295	여관	16,696,846
		296	여인숙	469,013
		302	휴양콘도미니엄	10,851,438
		243	생활권수련시설	734
		244	자연권수련시설	10,255
		245	기타수련시설	67,215
		246	청소년문화의집	110,741
		247	청소년특화시설	4,746
		248	청소년수련관	118,991
		249	기타생활권수련시설	146,045
		252	기타자연권수련시설	105,484
		242	유스호스텔	138,576
		250	청소년야영장	49,897
		251	청소년수련원	142,933
		292	관광숙박시설	100,916
		293	기타숙박시설	75,917
		298	관광호텔	5,017,047
		299	수상관광호텔	-
		300	한국전통호텔	3,948
		78	고시원	3,252,580
		289	고시원	93,526
		290	생활숙박시설	-
		297	기타일반숙박시설	5,423,605
	음식점 및 주점업	소 계		76,733,783
		13	휴게음식점	7,671,921
		55	일반음식점	60,382,076
		56	휴게음식점	2,938,022
		37	제과점	109,242
		79	제과점	15,882
		67	단란주점	822,445
		303	단란주점	486,060
		304	유흥주점	3,941,709
		306	주점영업	366,426
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	출판업	소 계		170,959
		117	출판사	58,657
		287	출판사	-
		284	신문사	112,302
	영상, 오디오 기록물 제작 및 배급업	소 계		240,146
		111	영화관	938
		132	영화관	172,016
		108	비디오물감상실	56,165
		109	비디오물소극장	5,476
		129	비디오물감상실	5,551
		130	비디오물소극장	-
	방송업	소 계		1,078,068
		47	방송국	191,967

<표 2.1.19> 산업구분 면적 매핑 (3)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	방송업	405	방송국	-
		406	기타방송통신시설	457,262
		407	방송국	301,894
		409	송신시설	4,200
		410	수신시설	-
		411	중계시설	808
		403	촬영소	73,663
		408	방송프로그램제작시설	48,274
	통신업	소 계		3,675,352
		46	우체국	846,118
		402	전신전화국	1,366,609
		404	통신용시설	1,462,625
	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	소 계		-
				-
	정보서비스업	소 계		-
				-
금융 및 보험업	금융업	소 계		6,006,599
		114	금융업소	1,635,890
		282	금융업소	4,370,709
	보험 및 연금업	소 계		-
		52	건강보험공단사무소	-
	금융 및 보험 관련 서비스업	소 계		-
부동산업 및 임대업	부동산업	소 계		474,149
		118	부동산중개사무소	474,149
	임대업;부동산 제외	소 계		
전문, 과학 및 기술 서비스업	연구개발업	소 계		2,758,270
		216	연구소	-
		229	연구소	2,710,908
		230	시험소	15,600
		231	계측계량소	-
		232	기타연구소	31,762
	전문서비스업	소 계		-
				-
	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술서비스업	소 계		-
				-
	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	소 계		587,353
		65	동물병원	104,495
		61	사진관	482,858
사업시설 관리 및 사업지원 서비스업	사업시설 관리 및 사업지원서비스업	소 계		-
				-
	사업지원 서비스업	소 계		-
				-

<표 2.1.19> 주요 조사항목 및 결과 (4)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	소 계		28,788,892
		50	지역자치센터	155,792
		279	자치단체청사	5,110,939
		42	공공시설	166,463
		53	기타공공시설	5,879,784
		276	공공업무시설	360,057
		278	국가기관청사	5,892,571
		391	감화원	12,406
		393	보호관찰소	331
		394	갱생보호소	407
		395	소년원	113
		396	소년분류심사원	74
		397	교정시설	-
		398	기타교정및군사시설	2,004,859
		399	보호감호소	96
		400	구치소	36,984
		401	교도소	53,302
		43	경찰서	354,804
		44	파출소	519,251
		51	지구대	15,718
		45	소방서	635,209
		281	기타공공업무시설	7,589,732
교육 서비스업	교육 서비스업	소 계		163,575,440
		32	지역아동센터	366,943
		214	학교	407,250
		215	교육원	-
		224	유치원	2,193,862
		225	기타학교	12,797,307
		239	어린이집	2,850,317
		240	아동복지시설	531,177
		241	기타아동관련시설	1,219,624
		218	초등학교	37,839,363
		219	중학교	18,926,391
		220	고등학교	26,107,775
		222	전문대학	2,855,234
		221	대학교	29,590,155
		223	대학	2,310,068
		63	학원	13,035,954
		212	학원	9,734,662
		226	교육원	691,429
		227	연수원	557,817
		228	기타교육원	32,614
		72	직업훈련소	114,364
		211	직업훈련소	1,149,854
		359	운전학원	220,435
		360	정비학원	42,845

<표 2.1.19> 주요 조사항목 및 결과 (5)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
보건업 및 사회복지 서비스업	보건업	소 계		44,092,785
		200	종합병원	7,053,987
		201	산부인과병원	289,266
		204	정신병원	280,526
		205	병원	8,132,312
		206	요양병원	604,265
		207	기타병원	1,001,471
		208	전염병원	368
		210	기타격리병원	-
		23	치과의원	464,945
		202	치과병원	251,717
		203	한방병원	499,828
		14	의원	19,461,473
		197	병원	789,785
		198	격리병원	67
		199	기타의료시설	2,934,172
		24	한의원	1,080,105
		25	침술원	78,842
		26	접골원	12,455
		48	보건소	1,038,067
		36	조산원	119,134
	사회복지 서비스업	소 계		16,432,112
		234	노인복지시설	8,825,455
		209	마약진료소	-
		233	아동관련시설	71,263
		238	영유아보육시설	2,718,828
		235	사회복지시설	3,082,014
		236	근로복지시설	364,137
		237	기타노유자시설	1,370,415
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	소 계		19,932,108
		85	공연장	45,137
		106	음악당	5,251
		107	연예장	5,684
		110	극장	1,120
		112	서커스장	-
		113	기타공연장	130,933
		120	공연장	46,401
		121	집회장	38,158
		122	관람장	22,230
		125	기타문화및집회시설	5,277,603
		126	음악당	213,324
		127	연예장	58,520
		128	서커스장	2,466
		131	극장	73,592
		133	기타공연장	1,177,137
		146	기타관람장	944,510
		155	기타전시장	2,632,630

<표 2.1.19> 주요 조사항목 및 결과 (6)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	419	야외음악당	18,611
		420	야외극장	1,463
		421	어린이회관	14,122
		49	공공도서관	210,333
		213	도서관	3,177,204
		66	독서실	3,137,681
		147	박물관	1,088,665
		148	미술관	461,730
		149	과학관	194,506
		150	기념관	239,407
		151	산업전시장	82,313
		152	박람회장	210,131
		153	문화관	33,422
		154	체험관	126,707
		124	동.식물원	547
		156	동물원	57,018
		157	식물원	71,764
		158	수족관	71,598
		159	기타동.식물원	60,190
	스포츠 및 오 락관련 서비스업	소 계		34,562,881
		27	탁구장	835,022
		28	체육도장	1,263,583
		88	테니스장	40,018
		141	자동차경기장	110,604
		144	경륜장	-
		145	경정장	-
		274	골프장	253,367
		83	운동시설	260,479
		253	체육관	1,900,283
		254	탁구장	164,141
		255	체육도장	152,490
		256	테니스장	120,881
		258	에어로빅장	59,596
		264	운동장	1,834
		265	육상장	457
		266	구기장	9,315
		89	체력단련장	1,732,578
		257	체력단련장	1,020,190
		95	물놀이형시설	26,841
		263	물놀이형시설	93,102
		268	수영장	98,779
		91	볼링장	235,551
		259	볼링장	479,538
		267	볼링장	846
		92	당구장	2,678,600
		260	당구장	155,517
		94	골프연습장	1,291,265

<표 2.1.19> 주요 조사항목 및 결과 (6)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	스포츠 및 오 락관련 서비스 업	262	골프연습장	2,376,547
		90	에어로빅장	123,826
		96	기타운동시설	997,616
		142	체육관	683,389
		143	운동장	994,312
		269	스케이트장	1,203
		270	롤러스케이트장	328
		271	승마장	61,683
		272	사격장	4,301
		273	궁도장	8,195
		275	기타 운동시설	6,926,962
		307	유원시설업의시설	95,986
		312	기타위락시설	2,089,190
		423	휴게소	736,629
		424	공원에 부수되는 시설	19,142
		425	유원지에 부수되는 시설	28,667
		426	관광지에 부수되는 시설	2,401
		427	기타관광휴게시설	1,128,711
		81	청소년게임제공업소	-
		82	복합유통게임제공업소	-
		175	청소년게임제공업의시설	16,044
		176	복합유통게임제공업의시설	13,558
		177	인터넷컴퓨터게임시설제공업의시설	101,717
		178	일반게임제공업의시설	252,089
		80	인터넷컴퓨터게임시설제공업소	-
		70	노래연습장	3,275,780
		93	실내낚시터	20,401
		261	실내낚시터	19,482
		137	마권장외발매소	151,653
		138	마권전화투표소	1,259
		140	경마장	303,271
		305	투전기업소	4,021
		310	카지노영업소	45,103
		311	사행행위업소	-
		308	무도장	25,449
		309	무도학원	15,875
		15	체육장	277,018
		57	기원	627,972
		123	전시장	117,977
		422	관망탑	30,247
협회 및 단체, 수 리 및 기타 개인 서비스업	협회 및 단체	소 계		30,719,497
		99	사찰	826,927
		164	사찰	1,689,215
		97	교회	2,964,755
		100	기도원	10,815
		162	교회	15,461,031
		98	성당	211,116

<표 2.1.19> 주요 조사항목 및 결과 (7)

표준산업분류		국토부 세움터 2013년 면적 기준		
Code 1	Code 2	번호	구분	면적
협회 및 단체, 수 리 및 기타 개인 서비스업	협회 및 단체	101	수도원	828
		102	수녀원	1,856
		163	성당	2,154,582
		166	수도원	320,978
		167	수녀원	284,742
		84	종교집회장	231,267
		103	제실	55,905
		104	사당	6,726
		105	기타종교집회장	1,626,845
		160	종교집회장	406,153
		161	기타종교시설	1,088,544
		165	기도원	200,015
		168	제실	324,455
		169	사당	50,279
		172	기타종교집회장	2,802,463
	수리업	소 계		4,215,951
		60	수리점	4,215,951
	기타 개인 서 비스업	소 계		7,159,940
		34	이용원	69,864
		35	미용원	873,872
		33	목욕장	3,062,180
		39	안마원	13,619
		69	안마시술소	432,280
		77	안마원	2,136
		22	세탁소	233,973
		71	세탁소	111,864
		64	장의사	5,869
		170	납골당(제2종근생 제외)	56,425
		171	봉안당	2,131
		414	묘지에 부수되는 건축물	33,424
		415	봉안당	106,880
		416	화장시설	54,847
		417	자연장지에 부수되는 건축물	539
		418	기타묘지관련시설	188,818
		428	장례식장	359,100
		134	예식장	1,534,074
		40	산후조리원	-
		116	결혼상담소	18,045
		286	결혼상담소	-

<표 2.1.20> 미분류 면적

번호	용도	면적[m ²]	번호	용도	면적[m ²]
16	마을공동시설	2,560,911	87	기타제2종근린생활시설	28,498,906
20	대피소	3,879,134	115	사무소	46,300,151
21	공중화장실	360,659	119	기타사무소	11,267,250
29	마을회관	3,651,583	135	회의장	413,461
30	마을공동작업소	691,727	136	공회당	33,563
31	마을공동구관장	285,953	139	기타집회장	457,078
54	기타제1종근린생활시설	46,514,646	217	기타교육연구시설	15,889,386
59	제조업소	16,645,171	277	일반업무시설	968,436
62	표구점	135,879	283	오피스텔	30,709,428
76	소개업	6,263	285	사무소	34,709,428
86	사무소	1,407,438	288	기타일반업무시설	28,807,545

<표 2.1.21> 제외 면적

번호	용도	면적[m ²]	번호	용도	면적[m ²]
17	변전소	1,912,167	321	물품 건조공장	14,457
190	여객자동차터미널	743,304	322	물품 인쇄공장	174,892
191	화물터미널	159,211	323	물품 수리공장	4,731
192	공항시설	5,558,416	324	기타공장	54,138,950
193	종합여객시설	147,143	325	하역장	439,670
194	철도시설	1,125,994	326	물류터미널	173,850
195	항만시설	291,047	327	집배송시설	250,328
196	기타운수시설	702,954	328	창고	0
280	외국공관	23,555	329	기타창고시설	9,275,824
313	유해공장	15,851,703	330	일반창고	5,748,150
314	물품공장	0	331	냉장창고	464,250
315	물품 제조공장	12,835,481	332	냉동창고	334,045
316	물품 가공공장	861,084	335	위험물제조소	276,535
317	물품 염색공장	16,555	336	위험물저장소	519,448
318	물품 도장공장	74,379	340	위험물취급소	73,787
319	물품 표백공장	4,762	343	유독물보관소	11,563
320	물품 재봉공장	31,205	344	유독물저장소	9,790

<표 2.1.21> 제외 면적 (계속)

번호	용도	면적[m ²]	번호	용도	면적[m ²]
345	유독물 판매시설	3,931	371	양잠	207,223
346	고압가스충전소	10,038	372	양봉	37,374
347	고압가스판매소	3,410	373	양어시설	892,035
348	고압가스저장소	5,092	374	부화장	232,959
350	도시가스공급시설	3,283	375	가축시설	44,686
351	화약류저장소	953	376	기타동식물관련시설	17,664,201
352	기타위험물저장처리시설	1,510,354	377	가축용운동시설	61,926
353	주차장	25,844,552	378	인공수정센터	12,481
354	세차장	461,870	379	관리사	713,277
355	폐차장	266,822	380	가축용창고	390,198
356	검사장	343,088	381	가축시장	70,858
357	매매장	989,723	382	동물검역소	11,496
358	정비공장	4,127,300	383	실험동물사육시설	57,299
361	차고	873,653	384	기타가축시설	892,627
362	주기장	35,320	385	분뇨처리시설	1,492,851
363	기타자동차관련시설	2,834,737	386	폐기물처리시설	0
364	도축장	2,728,736	387	폐기물재활용시설	0
365	도계장	81,843	388	고물상	237,882
366	종묘배양시설	530,127	392	국방·군사시설	3,267,542
367	온실	544,348	412	발전소	4,574,771
368	작물재배사	696,990	413	기타발전시설	623,905
369	축사	1,377,644	429	기타	409,758,345
370	축사	84,440,717			

나. 에너지 총조사 - 표준 모델 매핑

- 연면적 통계와 매핑된 에너지 총조사데이터는 다시 본 연구에서 설정된 11개의 표준모델과 매핑되며 이를 통하여 표준모델의 단위면적당 에너지 사용량을 산출하였으며 이는 시뮬레이션을 이용한 표준모델 원단위 산출에 기초 데이터로 활용됨
- 표 2.1.22는 주거부문 에너지 총조사 결과를 나타내며, 이를 표준 모델 기준으로 정리하여 단독주택과 상가주택을 단독주택으로, 아파트를 공동주택으로, 연립주택과 다세대 주택을 저층형 공동주택으로 분류하여 표 2.1.23에 정리하였음
- 또한 이를 바탕으로 표 2.1.24 ~ 표 2.1.26에 각 표준건물 유형별 에너지원을 나타내었으며, 이는 에너지 총조사에서 제공하지 않는 분류로 3장에서 수행한 에너지 구분을 적용하여 산출하였음
- 상업부문의 경우 표 2.1.27에 에너지 총조사 기준의 분류와 본 연구의 표준모델 매칭을 나타내었음
- 표 2.1.27에 나타난 3-1-1 하수, 폐수 및 분뇨 처리업, 3-1-2 폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업, 3-1-3 환경 정화 및 복원업, 3-14 수도사업은 세움터 면적통계와 에너지 총조사의 매칭이 가능하지만 사용되는 에너지가 대부분 공공용도의 동력에너지로 일반적인 건물에너지 사용패턴과는 매우 상이함. 또한 이러한 유형의 건물을 공공건물 등에 포함할 경우 해당 표준모델의 에너지 사용 패턴이 왜곡될 가능성이 매우 높으므로 본 연구에서 공공시설로 따로 분류하여 분석 대상에서 제외하였음
- 에너지 총조사 기준 2013년 상업 및 공공부문의 용도별 에너지 총량을 표 2.1.28에 정리하였으며, 이중 본 연구에서 제외되는 공공시설 부분을 제외한 총량은 표 2.1.29에 정리하였음
- 표 2.1.27에 따라 표준모델 유형별로 에너지 사용량을 합산하여 상업 및 공공부문의 유형별 에너지사용량을 산출할 수 있으며, 이는 표 2.1.30 ~ 표 2.1.38에 정리하였음

<표 2.1.22> 주거부문 총조사

10°Kcal	합계	단독주택	아파트	연립주택	다세대주택	상가주택
합계	221,102.2	68,307.9	123,799.4	7,257.9	16,586.3	5,150.7
연탄	4,368.6	3,744.3	158.4	11.7	43.2	411.0
등유	16,114.5	14,250.8	452.4	228.8	322.7	859.8
경유	-	-	-	-	-	-
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	338.3	-	338.3	-	-	-
프로판	8,247.5	6,452.2	830.7	166.4	260.3	537.9
부탄	-	-	-	-	-	-
도시가스	118,215.6	23,097.3	76,215.8	5,212.4	12,030.4	1,659.7
전력	55,509.4	20,763.3	27,495.5	1,638.6	3,929.7	1,682.3
열에너지	18,308.3	-	18,308.3	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-

<표 2.1.23> 주거부문 표준모델 매칭

TOE	합계	단독주택	공동주택	저층형공동주택
합계	22,110,220	7,345,860	12,379,940	2,384,420
연탄	436,860	415,530	15,840	5,490
등유	1,611,450	1,511,060	45,240	55,150
경유	-	-	-	-
경질중유	-	-	-	-
중질중유	33,830	-	33,830	-
프로판	824,750	699,010	83,070	42,670
부탄	-	-	-	-
도시가스	11,821,560	2,475,700	7,621,580	1,724,280
전력	5,550,940	2,244,560	2,749,550	556,830
열에너지	1,830,830	-	1,830,830	-
기타	-	-	-	-

<표 2.1.24> 단독주택 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	7,345,853	4,902,948	112,466	565,572	183,317	1,581,551
연탄	415,530	314,183	-	-	-	101,346
등유	1,511,058	1,142,516	-	-	-	368,543
경유	-	-	-	-	-	-
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	-	-	-	-	-	-
프로판	699,009	528,523	-	-	-	170,486
부탄	-	-	-	-	-	-
도시가스	2,475,697	1,871,882	-	-	-	603,815
전력	2,244,559	1,045,845	112,466	565,572	183,317	337,359
열에너지	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-

<표 2.1.25> 공동주택 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	12,379,929	8,262,913	189,538	953,155	308,943	2,665,379
연탄	15,840	11,977	-	-	-	3,863
등유	45,240	34,206	-	-	-	11,034
경유	-	-	-	-	-	-
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	33,830	25,579	-	-	-	8,251
프로판	83,070	62,809	-	-	-	20,261
부탄	-	-	-	-	-	-
도시가스	7,621,572	5,762,693	-	-	-	1,858,880
전력	2,749,549	981,355	189,538	953,155	308,943	316,557
열에너지	1,830,828	1,384,294	-	-	-	446,534
기타	-	-	-	-	-	-

<표 2.1.26> 저층형 공동주택 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	2,384,418	1,591,466	36,506	183,581	59,504	513,361
연탄	5,490	4,151	-	-	-	1,339
등유	55,150	41,699	-	-	-	13,451
경유	-	-	-	-	-	-
경질종유	-	-	-	-	-	-
중질종유	-	-	-	-	-	-
프로판	42,670	32,263	-	-	-	10,407
부탄	-	-	-	-	-	-
도시가스	1,724,278	1,303,732	-	-	-	420,547
전력	556,830	209,622	36,506	183,581	59,504	67,618
열에너지	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-

<표 2.1.27> 에너지 총조사 분류와 표준모델 매핑

분류번호	산업구분	표준모델
3-1-1.	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	공공시설
3-1-2.	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	공공시설
3-1-3.	환경 정화 및 복원업	공공시설
3-2-1.	자동차 및 부품 판매업	상점
3-2-2.	도매 및 상품 중개업	상점
3-2-3.	소매업: 자동차 제외	상점
3-3-1.	숙박업	호텔
3-3-2.	음식점 및 주점업	식당
3-4-1.	출판업	사무소
3-4-2.	영상/오디오 기록물 제작 및 배급업	사무소
3-4-3.	방송업	사무소
3-4-4.	통신업	사무소
3-4-5.	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	사무소
3-4-6.	정보 서비스업	사무소
3-5-1.	금융업	사무소
3-5-2.	보험 및 연금업	사무소
3-5-3.	금융 및 보험 관련 서비스업	사무소
3-6-1.	부동산업	사무소
3-6-2.	임대업: 부동산 제외	사무소
3-7-1.	연구개발업	사무소
3-7-2.	전문서비스업	사무소
3-7-3.	건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	사무소
3-7-4.	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	사무소
3-8-1.	사업시설 관리 및 조경 서비스업	사무소
3-8-2.	사업지원 서비스업	사무소
3-9.	공공행정 및 사회보장 행정	사무소
3-10.	교육 서비스업	초중고, 대학, 사무소
3-11-1.	보건업	병원
3-11-2.	사회복지 서비스업	사무소
3-12-1.	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	사무소
3-12-2.	스포츠 및 오락관련 서비스업	사무소
3-13-1.	협회 및 단체	사무소
3-13-2.	수리업	사무소
3-13-3.	기타 개인 서비스업	사무소
3-14.	수도사업	공공시설

<표 2.1.28> 상업 및 공공 부문 합계 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	18,964,560.6	6,534,527.3	4,583,142.8	1,945,013.1	2,259,586.1	3,642,291.3
연탄	183,975.4	152,963.0	-	-	-	31,012.4
등유	571,713.6	513,079.1	2,146.9	-	-	56,487.6
경유	70,245.2	52,308.6	145.0	-	-	17,791.6
경질중유	7,563.0	7,563.0	-	-	-	-
중질중유	61,699.3	57,986.8	-	-	-	3,712.5
프로판	684,981.4	166,299.7	15,852.7	-	-	502,829.0
부탄	15,391.2	8,583.7	-	-	-	6,807.5
도시가스	4,633,973.2	2,433,935.8	861,841.5	-	-	1,338,195.9
전력	12,477,083.4	2,932,169.7	3,683,636.9	1,945,013.1	2,259,586.1	1,656,677.6
열에너지	218,010.7	198,490.8	19,519.8	-	-	0.1
기타	39,924.2	11,147.1	-	-	-	28,777.1

<표 2.1.29> 상업 및 공공 부문 합계 용도별 에너지 분류 - 공공시설 제외

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	18,302,019.8	6,493,340.4	4,547,987.2	1,418,902.6	2,242,374.4	3,599,415.2
연탄	183,253.0	152,240.6	-	-	-	31,012.4
등유	570,521.0	512,064.3	2,146.9	-	-	56,309.8
경유	68,972.3	52,232.7	145.0	-	-	16,594.6
경질중유	7,563.0	7,563.0	-	-	-	-
중질중유	59,511.8	57,986.8	-	-	-	1,525.0
프로판	684,256.0	166,219.8	15,841.7	-	-	502,194.5
부탄	15,387.3	8,583.7	-	-	-	6,803.6
도시가스	4,626,823.3	2,429,098.6	861,626.1	-	-	1,336,098.6
전력	11,829,153.0	2,899,068.8	3,648,707.7	1,418,902.6	2,242,374.4	1,620,099.5
열에너지	217,592.3	198,072.4	19,519.8	-	-	0.1
기타	38,986.8	10,209.7	-	-	-	28,777.1

<표 2.1.30> 사무소 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	5,691,425.8	1,772,889.5	1,399,715.9	668,346.8	763,168.1	1,087,305.4
연탄	50,383.2	50,383.2	-	-	-	0.0
등유	280,639.0	227,048.5	661.0	-	-	52,929.5
경유	21,566.7	8,280.8	74.5	-	-	13,211.4
경질중유	73.0	73.0	-	-	-	-
중질중유	52,028.7	52,028.7	-	-	-	-
프로판	111,183.0	42,199.3	4,547.1	-	-	64,436.6
부탄	10,856.1	7,004.8	-	-	-	3,851.2
도시가스	1,028,080.0	577,023.1	209,604.5	-	-	241,452.3
전력	4,013,716.3	693,760.8	1,177,146.6	668,346.8	763,168.1	711,294.0
열에너지	120,950.1	113,267.8	7,682.2	-	-	0.1
기타	1,949.8	1,819.6	-	-	-	130.2

<표 2.1.31> 판매업 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	4,210,801.6	1,666,337.4	1,264,651.3	458,585.4	462,024.2	359,203.3
연탄	61,782.4	58,621.8	-	-	-	3,160.6
등유	64,074.4	63,278.0	-	-	-	796.4
경유	1,654.8	1,412.1	-	-	-	242.7
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	-	-	-	-	-	-
프로판	85,419.0	59,279.0	7,078.4	-	-	19,061.6
부탄	1,477.9	1,092.9	-	-	-	385.0
도시가스	1,048,658.0	657,169.4	338,624.0	-	-	52,864.6
전력	2,922,694.2	806,193.3	914,921.1	458,585.4	462,024.2	280,970.2
열에너지	17,368.3	13,340.5	4,027.8	-	-	-
기타	7,672.6	5,950.4	-	-	-	1,722.2

<표 2.1.32> 외식업 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	3,902,752.0	929,007.5	925,526.1	26,514.6	579,520.1	1,442,183.7
연탄	66,613.1	38,771.7	-	-	-	27,841.4
등유	41,575.7	41,575.7	-	-	-	-
경유	5,119.7	5,119.7	-	-	-	-
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	-	-	-	-	-	-
프로판	378,348.9	16,032.2	3,481.9	-	-	358,834.8
부탄	2,327.1	-	-	-	-	2,327.1
도시가스	990,484.2	138,969.4	30,116.4	-	-	821,398.4
전력	2,384,405.0	679,436.2	891,672.1	26,514.6	579,520.1	207,262.0
열에너지	7,108.3	6,852.6	255.7	-	-	-
기타	26,770.0	2,250.0	-	-	-	24,520.0

<표 2.1.33> 숙박업 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	1,329,030.7	733,510.5	290,960.9	30,790.8	148,053.5	125,715.0
연탄	4,263.4	4,263.4	-	-	-	-
등유	64,022.6	62,865.7	-	-	-	1,156.9
경유	1,834.7	1,401.6	-	-	-	433.1
경질중유	7,164.6	7,164.6	-	-	-	-
중질중유	5,506.3	3,981.3	-	-	-	1,525.0
프로판	46,934.7	11,031.5	731.9	-	-	35,171.3
부탄	124.6	1.8	-	-	-	122.8
도시가스	558,566.1	398,536.9	103,859.8	-	-	56,169.4
전력	631,897.0	237,909.2	186,369.2	30,790.8	148,053.5	28,774.3
열에너지	6,354.5	6,354.5	-	-	-	-
기타	2,362.2	-	-	-	-	2,362.2

<표 2.1.34> 병원 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	1,000,122.4	358,633.0	261,389.2	71,765.0	73,811.2	234,524.0
연탄	-	-	-	-	-	-
등유	19,423.4	17,538.0	1,485.9	-	-	399.5
경유	3,921.8	2,878.8	51.0	-	-	992.0
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	1,118.7	1,118.7	-	-	-	-
프로판	15,756.8	2,112.3	-	-	-	13,644.5
부탄	4.3	4.0	-	-	-	0.3
도시가스	338,882.7	194,932.1	65,421.3	-	-	78,529.3
전력	596,550.7	116,797.5	193,218.6	71,765.0	73,811.2	140,958.4
열에너지	24,464.0	23,251.6	1,212.4	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-

<표 2.1.35> 관공서 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	545,900.3	186,819.7	150,971.6	27,608.8	52,376.2	128,124.0
연탄	10.4	-	-	-	-	10.4
등유	15,677.7	14,830.0	-	-	-	847.7
경유	2,478.9	2,243.3	19.5	-	-	216.1
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	-	-	-	-	-	-
프로판	838.7	36.9	-	-	-	801.8
부탄	-	-	-	-	-	-
도시가스	142,635.5	87,427.7	39,075.0	-	-	16,132.8
전력	366,164.6	68,454.5	107,652.4	27,608.8	52,376.2	110,072.7
열에너지	18,052.0	13,827.3	4,224.7	-	-	-
기타	42.5	-	-	-	-	42.5

<표 2.1.36> 대학 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	449,388.0	154,589.5	119,986.6	45,388.2	54,825.3	74,598.4
연탄	-	-	-	-	-	-
등유	2,606.5	2,426.7	-	-	-	179.8
경유	1,527.9	1,348.2	-	-	-	179.8
경질중유	134.8	134.8	-	-	-	-
중질중유	584.2	584.2	-	-	-	-
프로판	1,438.0	1,348.2	-	-	-	89.9
부탄	-	-	-	-	-	-
도시가스	166,722.9	98,865.4	49,882.1	-	-	17,975.5
전력	269,632.8	44,489.4	68,756.4	45,388.2	54,825.3	56,173.5
열에너지	6,740.8	5,392.7	1,348.2	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-

<표 2.1.37> 초중고 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	1,172,599.0	691,553.3	134,785.6	89,903.0	108,595.7	147,761.4
연탄	200.5	200.5	-	-	-	-
등유	82,501.7	82,501.7	-	-	-	-
경유	30,867.8	29,548.2	-	-	-	1,319.5
경질중유	190.6	190.6	-	-	-	-
중질중유	273.9	273.9	-	-	-	-
프로판	44,336.9	34,180.5	2.4	-	-	10,154.0
부탄	597.3	480.2	-	-	-	117.2
도시가스	352,793.9	276,174.7	25,043.0	-	-	51,576.2
전력	644,092.4	252,027.9	108,971.4	89,903.0	108,595.7	84,594.4
열에너지	16,554.3	15,785.4	768.9	-	-	-
기타	189.7	189.7	-	-	-	-

<표 2.1.38> 공공시설 용도별 에너지 분류

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	662,540.8	41,186.9	35,155.6	526,110.5	17,211.7	42,876.1
연탄	722.4	722.4	-	-	-	-
등유	1,192.6	1,014.8	-	-	-	177.8
경유	1,272.9	75.9	-	-	-	1,197.0
경질중유	-	-	-	-	-	-
중질중유	2,187.5	-	-	-	-	2,187.5
프로판	725.4	79.9	11.0	-	-	634.5
부탄	3.9	-	-	-	-	3.9
도시가스	7,149.9	4,837.2	215.4	-	-	2,097.3
전력	647,930.4	33,100.9	34,929.2	526,110.5	17,211.7	36,578.1
열에너지	418.4	418.4	-	-	-	-
기타	937.4	937.4	-	-	-	-

<표 2.1.39> 에너지 총조사 대형건축물 기준 대학교의 용도별 에너지 비율

TOE	합계	난방,온수	냉방	동력	조명	취사,기타
합계	100.0%	26.7%	30.3%	4.1%	10.1%	12.2%
연탄	0.0%	-	-	-	-	-
등유	0.6%	-	0.5%	0.0%	-	-
경유	0.3%	-	0.2%	0.1%	-	-
경질중유	0.0%	-	-	0.0%	-	-
중질중유	0.1%	-	0.1%	0.0%	-	-
프로판	0.3%	-	0.1%	0.2%	-	-
부탄	0.0%	-	-	-	-	-
도시가스	37.1%	11.1%	18.4%	3.6%	-	-
전력	60.0%	15.3%	9.9%	-	10.1%	12.2%
열에너지	1.5%	0.3%	1.1%	0.1%	-	-
기타	0.0%	-	-	-	-	-

<표 2.1.40> 초중고등학교 에너지 총량 산출

구 분	초등학교	중학교	고등학교
에너지 원단위 [kWh/m ²]	176.95	149.22	157.70
전체 연면적 [천 m ²]	37,839	18,926	26,108
전체 에너지 사용량 [천 kWh]	6,695,809	2,824,290	4,117,146

- 에너지 총조사 기준 교육 서비스업의 경우 표준모델의 초중고등학교, 대학교, 사무소를 포함하고 있으나 총조사 통계 기준으로는 이를 세분화 할 수 없음
- 이에 따라 대학교의 경우 전체 에너지 사용량은 에너지 총조사의 대형건물 부문에서 조사된 단위면적당 에너지 소비량을 기준으로 산출하였음. 총조사의 대형건축물 기준 대학교의 바닥면적당 에너지사용량은 129.3×10^3 Kcal/m²이며, 여기에 세움터 면적기준 대학교의 총 연면적은 34,755,457m²이므로 대학교의 전체 에너지 사용량은 449,388 TOE로 산출됨. 여기에 에너지 총조사의 대형건축물 통계 중 대학교의 용도별 에너지 사용량의 비는 표 2.1.39와 같이 정리될 수 있으며, 이 비율을 적용하여 대학교 표준모델의 용도별 에너지 사용량을 표 2.1.36과 같이 산출하였음
- 초중고등학교 표준모델의 실제 초등학교 2곳, 중학교 2곳, 고등학교 3곳의 2013년 에너지 사용량을 조사하여 표본으로 하였으며 여기서 조사된 바닥면적당 에너지 원단위를 기준으로 세움터 기준 연면적을 이용하여 전체 에너지 사용량을 산출하였음. 산출된 전체 에너지 사용량은 3장에 기술된 방법론을 이용하여 에너지 원별로 분해 표 2.1.37에 나타내었음
- 총조사 기준의 교육서비스업 에너지 총 사용량 중 대학교와 초중고등학교에서 사용되는 것으로 분류된 것을 제외한 부분은 사무소 표준모델에 함께 합산되었음
- 표준모델별 연면적과 에너지사용량 그리고 바닥면적당 에너지 사용량을 표 2.1.41 ~ 표 2.1.43에 정리하였음

<표 2.1.41> 가정부문 원단위

구 분		주거용 ①+②+③	단독주택 ①	아파트 ②	저층형공동 ③
면적	연면적(천m ²)	1,574,854	474,782	961,668	138,404
	주거용대비	100.0%	30.1%	61.1%	8.8%
	전체 유형 대비	71.64%	21.60%	43.74%	6.30%
에너지	사용량(TOE)	22,110	7,346	12,380	2,384
	주거용대비	100.00%	33.22%	55.99%	10.78%
	전체 유형 대비	54.71%	18.18%	30.63%	5.90%
에너지원단위 (TOE/천m ²)		14.04	15.47	12.87	17.23

<표 2.1.42> 상업부문 원단위

구 분		상업용 ①+②+③+ ④+⑤	업무용 ①	판매업 ②	외식업 ③	숙박업 ④	병원 ⑤
면적	연면적(천m ²)	477,082	173,960	136,510	76,734	45,785	44,093
	상업용대비	100.0%	36.5%	28.6%	16.1%	9.6%	9.2%
	전체 유형 대비	21.7%	7.9%	6.2%	3.5%	2.1%	2.0%
에너지	사용량(TOE)	16,134	5,691	4,211	3,903	1,329	1,000
	상업용대비	100.0%	35.3%	26.1%	24.2%	8.2%	6.2%
	전체 유형 대비	39.92%	14.08%	10.42%	9.66%	3.29%	2.47%
에너지원단위 (TOE/천m ²)		33.82	32.72	30.85	50.86	29.03	22.68

<표 2.1.43> 공공부문 원단위

구 분		공공용 ①+②+③	관공서 ①	대학 ②	초중고 ③
면적	연면적(천m ²)	146,418	28,789	34,755	82,874
	주거용대비	100.0%	19.7%	23.7%	56.6%
	전체 유형 대비	6.66%	1.31%	1.58%	3.77%
에너지	사용량(TOE)	2,168	546	449	1,173
	주거용대비	100.0%	25.2%	20.7%	54.1%
	전체 유형 대비	5.36%	1.35%	1.11%	2.90%
에너지원단위 (TOE/천m ²)		14.81	18.96	12.93	14.15

4. 표준모델 빈티지 구분

- 1970년대 발생한 석유파동으로 정부에서는 건물에서의 에너지 사용량을 감소시키기 위하여 1979년 9월 최초로 건물의 단열기준을 법제화함
- 1979년 건물을 크게 주거용과 비주거용으로 나누어 외벽, 최하층 바닥, 최상층 반자 또는 지붕, 외기에 면하는 창 의 4부분의 단열기준을 제정한 후 1980년 부위별 성능기준을 강화함
- 1984년에는 지역에 따른 기후의 차이를 고려하여 제주도지역과 제주도 이외 지역으로 나누고, 에너지 손실이 큰 공동주택의 측벽에 대한 성능 기준을 정하였으며, 1987년에는 지역구분을 중부, 남부, 제주도의 3지역으로 세분화하고 단열성능을 강화함
 - 중부지역 : 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)
 - 남부지역 : 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 충청북도(영동군), 충청남도(천안시 제외), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도, 세종특별자치시
- 2001년 단열성능을 대대적으로 강화하여 적용부위를 외기에 면하는 경우와 면하지 않는 경우로 나누고 층간 바닥의 기준을 추가하였음
- 또한 2001년 창호의 성능을 1987년과 비교하면 수치상으로는 성능이 완화 되는 것으로 보이나 이는 1987년까지의 창호기준은 유리의 기준으로 정의 되었다가 2001년부터는 유리와 프레임이 결합된 창호의 개념으로 적용된 것으로 실제 성능은 강화되었음
- 2008년에는 창호의 성능이 기존에 비하여 약 28%강화 되었으며, 2011년과 2013년 그리고 2015년에 걸쳐 약 30%씩 성능이 강화되었음
- 에너지 절약설계기준의 시기별 강화 현황은 표 2.1.43 ~ 표 2.1.48에 요약정리 하였음
- 본 연구의 표준모델은 parametric 시뮬레이션에 사용되며 빈티지의 수가 증가하면 시뮬레이션의 정확도는 향상될 수 있으나 시뮬레이션의 조합수가 기하급

수적으로 증가하게 되며, 미래 건물의 성능까지 연구에 포함시키기 위하여 건물 유형별 빈티지의 수를 4개로 한정하였음.

- 2013년 기준 에너지 절약설계기준이 크게 강화된 시기로 나누어 1979년 이전, 1987년 이전, 2001년 이전, 2013년 이전의 건물로 구분하였으며, 외피의 성능 기준이 적용된 이후 건물이 완공되기까지 시일이 소요되므로 이 기간을 2년으로 가정하여 빈티지를 구분하여 표 2.1.49 ~ 표 2.1.51에 정리하였음

<표 2.1.43> 연도별 부위별 단열기준의 변화 (1979년 이후)

개정연도	지역구분	부위별 단열기준 (열관류율: kcal/m ² hc)					비고
		외벽	최하층 바닥	최상층 반자 또는 지붕	공동주택 (아파트) 측벽	외기에 면하는 창	
1979.09	-	1.8 (0.9)	1.5 (0.9)	0.9 (0.9)	-	2.2 또는 이중창	()는 주거용에 해당됨.
1980.12	-	0.5	1.0	0.5	-	3.0 또는 이중창	
1984.12	제주도 이외	0.5또는 50mm 단열재	0.5 또는 50mm 단열재	0.5또는 50mm 단열재	0.4또는 70mm 단열재	3.0 또는 이중창	
	제주도	1.0또는 30mm 단열재	1.0또는 30mm 단열재	1.0또는 30mm 단열재	0.8또는 40mm 단열재	3.0 또는 이중창	
1987.07	중부	0.5또는 50mm 단열재	0.5또는 50mm 단열재	0.35또는 80mm 단열재	0.4또는 70mm 단열재	2.9 또는 이중창	
	남부	0.65또는 40mm 단열재	0.65또는 40mm 단열재	0.45또는 60mm 단열재	0.6또는 50mm 단열재	3.1 또는 이중창	
	제주도	1.0또는 30mm 단열재	1.0또는 30mm 단열재	0.65또는 40mm 단열재	0.7또는 40mm 단열재	5.0 또는 이중창	
1988.12	내용은 개정 전과 동일, 단열재 분류 일부 조정						
1992.06	내용은 재정전과 동일 건축물의 설계기준 등에 관한 규칙으로 개편						

<표 2.1.44> 연도별 부위별 단열기준의 변화 (2001년 이후)

단위 : W/m²K

지 역			중부지역	남부지역	제주도
건축물의 부위					
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.47이하	0.58이하	0.76이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.64이하	0.81이하	1.10이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.29이하	0.35이하	0.41이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.41이하	0.52이하	0.58이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35이하	0.41이하	0.47이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41이하	0.47이하	0.52이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.52이하	0.58이하	0.64이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.58이하	0.64이하	0.76이하
공동주택의 측벽			0.35이하	0.47이하	0.58이하
공동주택의 층간 바닥	바닥난방인 경우		0.81이하	0.81이하	0.81이하
	그 밖의 경우		1.16이하	1.16이하	1.16이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우		3.84이하	4.19이하	5.23이하
	외기에 간접 면하는 경우		5.47이하	6.05이하	7.56이하

<표 2.1.45> 연도별 부위별 단열기준의 변화 (2008년 창호성능 강화)

단위 : W/m²K

건축물의 부위		지 역	중부지역	남부지역	제 주 도
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우		3.00이하	3.33이하	4.20이하
	외기에 간접 면하는 경우		4.30이하	4.70이하	6.00이하

<표 2.1.46> 연도별 부위별 단열기준의 변화 (2011년 이후)

단위 : W/m²K

지 역			중부지역	남부지역	제 주 도
건축물의 부위					
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.36 이하	0.45 이하	0.58 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.49 이하	0.63 이하	0.85 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.20 이하	0.24 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.29 이하	0.34 이하	0.41 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.30 이하	0.35 이하	0.35 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41 이하	0.41 이하	0.41 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.43 이하	0.50 이하	0.50 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.58 이하	0.58 이하	0.58 이하
공동주택의 측벽			0.27 이하	0.36 이하	0.45 이하
공동주택의 층간 바닥	바닥난방인 경우		0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하
	그 밖의 경우		1.16 이하	1.16 이하	1.16 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	2.10 이하	2.40 이하	3.10 이하
		공동주택 외	2.40 이하	2.70 이하	3.40 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	2.80 이하	3.10 이하	3.70 이하
		공동주택 외	3.20 이하	3.70 이하	4.30 이하

<표 2.1.47> 연도별 부위별 단열기준의 변화 (2013년 이후)

단위 : W/m²K

지 역			중부지역	남부지역	제 주 도
건축물의 부위					
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우		0.27 이하	0.34 이하	0.44 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.37 이하	0.48 이하	0.64 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.18 이하	0.22 이하	0.28 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.26 이하	0.31 이하	0.40 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.23 이하	0.28 이하	0.33 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.29 이하	0.29 이하	0.29 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35 이하	0.40 이하	0.47 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41 이하	0.41 이하	0.41 이하
공동주택의 층간 바닥			0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	1.50 이하	1.80 이하	2.60 이하
		공동주택 외	2.10 이하	2.40 이하	3.00 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	2.20 이하	2.50 이하	3.30 이하
		공동주택 외	2.60 이하	3.10 이하	3.80 이하

<표 2.1.48> 연도별 부위별 단열기준의 변화 (2013년 이후)

(단위 : W/m² · K)

지역			중부지역	남부지역	제주도
건축물의 부위					
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	0.21 이하	0.26 이하	0.36 이하
		공동주택 외	0.26 이하	0.32 이하	0.43 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	0.30 이하	0.37 이하	0.52 이하
		공동주택 외	0.36 이하	0.45 이하	0.62 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.15 이하	0.18 이하	0.25 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.22 이하	0.26 이하	0.35 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.18 이하	0.22 이하	0.29 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.22 이하	0.25 이하	0.33 이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.26 이하	0.31 이하	0.41 이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.30 이하	0.35 이하	0.47 이하
바닥난방인 층간바닥			0.81 이하	0.81 이하	0.81 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택	1.20 이하	1.40 이하	2.00 이하
		공동주택 외	1.50 이하	1.80 이하	2.40 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택	1.60 이하	1.80 이하	2.50 이하
		공동주택 외	1.90 이하	2.20 이하	3.00 이하
공동주택 세대현관문	외기에 직접 면하는 경우		1.40 이하	1.60 이하	2.20 이하
	외기에 간접 면하는 경우		1.80 이하	2.00 이하	2.80 이하

<표 2.1.49> 가정부문 표준건물의 빈티지별 면적

단위 : m²

빈티지 (연도)	합계	단독주택	공동주택	저층형
빈티지1 ~1981	228,380,218	163,790,882	53,675,519	10,913,817
빈티지2 ~1988	244,028,946	81,960,076	134,875,538	27,193,332
빈티지3 ~2002	653,472,695	154,815,270	426,352,036	72,305,389
빈티지4 ~2013	448,972,045	74,215,743	346,764,774	27,991,528
합계	1,574,853,903	474,781,970	961,667,868	138,404,066

<표 2.1.50> 상업부문 표준건물의 빈티지별 면적

단위 : m²

빈티지	합계	사무소	판매업	외식업	숙박업	병원
빈티지1 ~1981	51,273,862	18,696,140	14,671,300	8,246,878	4,920,721	4,738,823
빈티지2 ~1988	36,785,473	13,413,196	10,525,650	5,916,568	3,530,279	3,399,780
빈티지3 ~2002	227,697,611	83,026,054	65,152,493	36,622,839	21,852,000	21,044,225
빈티지4 ~2013	161,325,098	58,824,448	46,160,925	25,947,497	15,482,271	14,909,957
합계	477,082,044	173,959,838	136,510,368	76,733,782	45,785,271	44,092,785

<표 2.1.51> 공공부문 표준건물의 빈티지별 면적

단위 : m²

빈티지	합계	관공서	대학	초중고
빈티지1 ~1981	15,736,098	3,094,054	3,735,304	8,906,740
빈티지2 ~1988	11,289,569	2,219,771	2,679,824	6,389,974
빈티지3 ~2002	69,881,065	13,740,115	16,587,785	39,553,165
빈티지4 ~2013	49,511,146	9,734,952	11,752,544	28,023,650
합계	146,417,878	28,788,892	34,755,457	82,873,529

제2절 건물 유형별 표준모델 데이터 구축

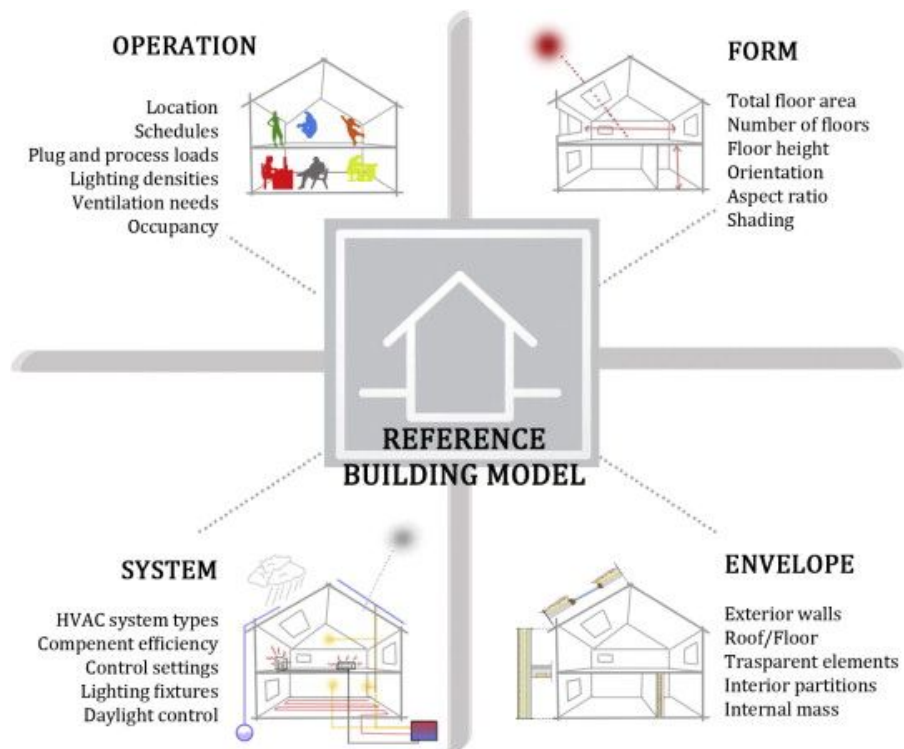
1. 표준모델 설계

가. 표준모델 개념

- 표준모델이란, 건물 기능과 지정학적 위치(기후)를 대표할 수 있는 건물 모형으로써 건물 집단(building stock)의 평균적인 특징을 표현함. 전형적인 운영 조건에서 건물 집단의 평균적인 에너지 성능을 파악하기 위해 사용되며, 건물의 평균적인 운영조건, 형태, 시스템, 외피 열물성치 등이 반영되어야함 (Corgnati et al. 2013).
- 개발된 표준모델은 단열 성능 개선에 따른 국가 CO2 배출 저감량 예측 등과 같이, 국가 차원의 법제도 개선 제안을 위한 보조 자료로 활용되거나, 민간 차원에서는 에너지 저감기술의 성능분석에 활용됨(Tommerup and Svendsen 2006, Gaglia et al. 2007, Kurnitskia et al. 2007, Olofsson and Mahlia 2012).
- 만약 개별 건물들에 대해 체계적으로 잘 갖추어진 통계 데이터가 있다면, 이러한 데이터의 “평균 값”을 참고하여 작성됨(열관류율, 공조면적, 창면적비의 평균치 등). 만약 그렇지 않다면, 가장 많이 사용되는 재료와 시스템 타입을 고려하여 통계적으로 합성하여 작성됨

나. 표준모델 구축시 고려사항

- 입력값의 종류 : 표준모델 설계 시 Corgnati et al. (2013)를 참고하여 다음 4가지를 고려하였음
 1. 형태: 건물 타입(사무소, 학교 등), 규모(연면적, 층수), 일반적인 형태(층고, 향, 장단변비, 차양 등)
 2. 외피: 건물 외피(벽체, 창호)의 열적 물성치 등
 3. 설비시스템: 냉난방, 환기, 조명, 기기효율, 제어로직 등
 4. 운영: 건물 사용과 관련된 변수(재실자, 조명, 기기 밀도, 스케줄, 설비 시스템 설정 및 제어 등)



<그림 2.2.1> 표준건물 모델 구성요소(Corgnati et al. 2013)

○ 열원설비의 모델링 : 건축물에는 다양한 종류의 냉난방 설비시스템(보일러, 냉동기, 축열, 패키지에어컨, 공기조화시스템, 팬코일유닛)이 있음. 표준모델을 작성시 각 건물의 용도별 해당 설비의 보급률, 스펙, 제어로직 등에 대한 통계자료가 필요함. 그러나 설비시스템 전체에 대한 국가 통계자료는 전 세계적으로도 없는 실정이며, 따라서 본 연구에서는 냉난방 부하를 계통 효율로 나누어 최종 에너지사용량을 산출함.

※ 냉난방 계통 효율 : 단순히 열원기기(냉동기, 보일러)만의 효율이 아닌, 이와 관련된 계통의 모든 기기(냉동기, 냉각탑, 보일러, 펌프 등)의 총소비 에너지를 반영한 효율

다. 해석 프로그램 선정

○ 미국 DOE(Department of Energy)에서 개발된 EnergyPlus를 사용하여 표준모델을 작성함. EnergyPlus는 2001년부터 지금까지 약 15년간 지속적으로 개발 및 관리된 신뢰성 있는 프로그램임. 열평형법 방식을 이용하며, 건물내부의 열 및 물질 전달에 대해 정교한 계산이 가능함. 또한 공조 및 열원 설비 시스템

템을 커스터마이징하여 건물의 총체적 에너지 성능을 파악 가능함. 단 앞서 언급한 바와 같이 건물 공조 및 열원 시스템에 대한 국가통계자료가 없기 때문에, 본 연구에서는 냉난방 부하(요구량)량을 냉난방 계통 효율로 나누어 최종 사용량을 계산하였음.

2. 자료수집

가. 주요 통계자료

- 신뢰성 있는 표준건물 모델을 작성하기 위해 국가통계 및 국책 연구기관 발행 보고서를 우선적으로 참고함
 - ※ 표준모델 종류 : 가정부문 3개 (단독주택, 공동주택, 저층형주택), 상업공공부문 8개 (외식업, 판매업, 숙박업, 관공서, 병원, 사무소, 초중고등학교, 대학교), 총 11가지
- 건축설계 정보(건물형상, 단열, 냉난방 설비), 내부발열 정보(가구원수, 조명 및 가전기기 종류와 정격용량)와 스케줄 정보, 시뮬레이션 결과 검증용 에너지사용량 통계 정보를 수집함. 표준모델의 검증(용도별 에너지소비량)은 에너지 총조사보고서 기재된 값을 참고함
- 에너지 총조사보고서에는 상업공공부문과 대형건물 부문은 용도별 연간 에너지 소비량이 기재되어 있으나, 가정부문의 경우 용도별 에너지 소비량 자료가 없으며 에너지원(연탄, 석유류, 도시가스, 전력, 열에너지)의 월별 데이터만 있음. 따라서 기존 보고서(이성근 2010, 임기추 외 2004)를 참고하여, 용도별 에너지 소비량을 추정함. 세부내용은 후술됨

<표 2.2.1> 표준모델 작성시 참고한 주요 통계자료

수집자료	기관	주요 항목
2014년 주거실태조사	국토교통부	주택유형별 1인당 평균 주거면적(m ² /인), 가구당 점유면적(m ² /가구), 평균가구원(명/가구), 평균주거면적(m ² /가구) 등
2013년 세움터 노후 건축물 현황	국토교통부	용도별(주거용, 상업용, 공업용, 문교사회용, 기타), 빈티지별(10년미만, 10~15년미만, 15~20년 미만, 20~25년미만, 25~30년미만, 30~35년미만, 35년이상) 건물 동수 및 연면적
2013년 세움터 주거용 건축물 현황	국토교통부	시도별, 건물 용도별(단독주택, 다중주택, 다가구주택, 공관, 아파트, 연립주택, 다세대주택, 기숙사, 기타) 건물 동수 및 연면적
2013년 세움터 건축물대장 정보 (서울시 일부)	국토교통부	건물용도, 주소, 높이, 지상층수, 지하층수, 연면적, 주차대수, 준공년도 등
2013년 아파트주거환경통계	국토교통부	지역별 아파트 층수현황, 난방방식(중앙공급식, 단독기름보일러, 단독연탄보일러, 가스보일러, 연탄아궁이, 지역난방, 기타) 현황
2013년 가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사	한국전력거래소	기기별 대당 정격소비전력, 연간사용시간, 연간전력사용량 (형광등, 전기밥솥, 일반냉장고, 전기밥솥, TV, 김치냉장고, 컴퓨터, 진공청소기, 헤어드라이기, 가습기, 세탁기, 전기다리미, 전자레인지, 비디오, 전기밥솥, 에어컨, 선풍기, 히터선풍기, 전기난로, 전기장판 등)
2014년 에너지총조사 보고서	에너지경제연구원	건물 에너지원별(도시가스, 전력, 열에너지 등) 소비량(상업/공공부문, 대형, 가정 부문)
가정부문 용도별 에너지소비량 및 소급추정에 관한 연구	에너지경제연구원 (이성근 2010)	가정용 용도별(난방, 냉방, 급탕, 취사, 조명, 전기기기) 에너지 소비 비율
생활양식이 가정부문 에너지 소비에 미치는 영향 분석	에너지경제연구원 (임기추 외 2004)	유형별(조명, 난방, 냉방, 오락, 정보, 위생, 취사) 전력 에너지 사용비율
물환경정보시스템	환경부	가정용 1일 1인당 수돗물 사용량
도소매업조사	통계청	사업체수, 건물연면적, 영업시간, 정기휴무일수

나. 통계 자료 요약 및 원자료의 후처리

(1) 가정부문

- 본 연구에서는 (1) 단독주택, (2) 공동주택, (3) 저층형 주택 총 3가지를 모델링 하였음. 에너지총조사 보고서의 세부자료(용도별 에너지사용량, 월별 에너지사용량 등) 부족으로, 본 연구에서는 주택 용도에 따른 건물 형태의 차이만 반영 하였음. 재실자 행위 특성 및 조명, 가전기기 사용 패턴 등은 모두 동일하게 가정하였음.

① 2014년 주거실태조사

- 표준건물 모델링시 참고할만한 가장 기초적인 정보를 제공함. 평균 가구원 수, 평균 주거면적, 연식(빈티지)별 난방효율 등에 대한 자료가 조사되어 있음

※ 가구원 구분 : 1인, 2인, 3인, 4인, 5인, 6인 이상

※ 주택유형 구분 : 단독주택, 아파트, 연립주택, 다세대주택, 비거주용 건물내주택, 주택이외의 거처

※ 난방시설 구분 : 중앙난방, 지역난방, 개별 기름·가스보일러, 개별 전기, 개별 연탄 보일러, 기타, 미설치

<표 2.2.2> 주거실태조사 통계개요

통계개요	내용
조사목적	국민의 주거실태와 추이를 대면조사를 통해 조사, 파악하여 장기주택계획 및 부동산 정책에 활용
조사기관	국토교통부 주관, 조사업무는 국토연구원, 한국리서치에 위탁하여 실시
조사체계	주거실태조사는 일반 조사와 정책조사(특수가구조사)로 구분하여 일반조사는 짝수해에(매 2년), 정책조사는 홀수해에 실시함. 일반조사는 2006년 이후 2014년 까지 총 5회 실시됨.
조사대상	조사시점 현재 대한민국 영토 중 행정권이 미치는 지역 내에 거주하는 일반가구 및 이들의 거처 (17개 시도를 포함한 전국)
조사방법	구조화된 조사표와 훈련된 면접원을 통한 대면면접조사
표본규모	목표표본 총 20,000가구(유효표본 20,205가구)
조사항목	주택 및 주거환경, 주거의식 및 주거계획, 정책평가 및 정책수요, 개보수, 가구에 관한 사항, 배경 문항으로 구성

○ 주거용 난방설비현황의 경우 대부분 개별난방 시스템이나, 공동주택(아파트)는 중앙 및 지역난방의 비율이 각각 10%, 22%로 다소 높음. 이처럼 다양한 열원이 설치되어 있으며, 표준모델 작성시 이를 대표하는 단일한 대푯값이 필요함. 본 연구에서는 각 난방열원별 효율의 평균치를 기준으로 각 점유 가구수를 가중 평균하여 표준모델의 난방계통 효율을 산출하였음. 난방계통 효율은 공동주택의 효율이 다소 높으며 이는 지역난방 비율이 높기 때문임.

<표 2.2.3> 주거용 난방설비 현황 비율

주택유형	합계	중앙난방	지역난방	개별기름/ 가스보일러	개별 전기	개별연탄 보일러	기타	설치되어 있지않음
단독주택	100%	0%	2%	84%	9%	2%	1%	1%
아파트	100%	10%	22%	67%	0%	0%	0%	0%
연립주택	100%	0%	8%	92%	1%	0%	0%	0%
다세대주택	100%	0%	6%	92%	2%	0%	0%	0%
비거주용 건물내주택	100%	0%	1%	92%	6%	1%	0%	2%
주택이외의 거처	100%	29%	13%	47%	9%	2%	0%	0%

<표 2.2.4> 난방설비에 따른 난방계통 효율 및 주거유형별 가중평균 효율

빈티지	중앙난방	지역난방	개별기름 • 가스보일러	개별 전기	개별연탄 보일러	단독주택	공동주택
LV 1	0.8	1	0.825	1	0.5	0.823	0.862
LV 2	0.81	1	0.85	1	0.6	0.846	0.879
LV 3	0.82	1	0.875	1	0.7	0.869	0.897
LV 4	0.83	1	0.9	1	0.7	0.890	0.915

※ 난방방식별 시스템 효율은 아래와 같음

- 일반가스보일러 : 효율 82% ~ 84%
- 콘덴싱가스보일러 : 효율 86% ~ 96%
- 중앙난방보일러 : 효율 80% ~ 85% (배관손실 5% 고려)
- 지역난방 : 외부에서 에너지를 가져옴, 효율 100%
- 개별전기난방 : 전기에너지는 손실없이 열에너지로 변환됨, 효율 100%
- 연탄보일러 : 대략 50% ~ 70% 으로 추정

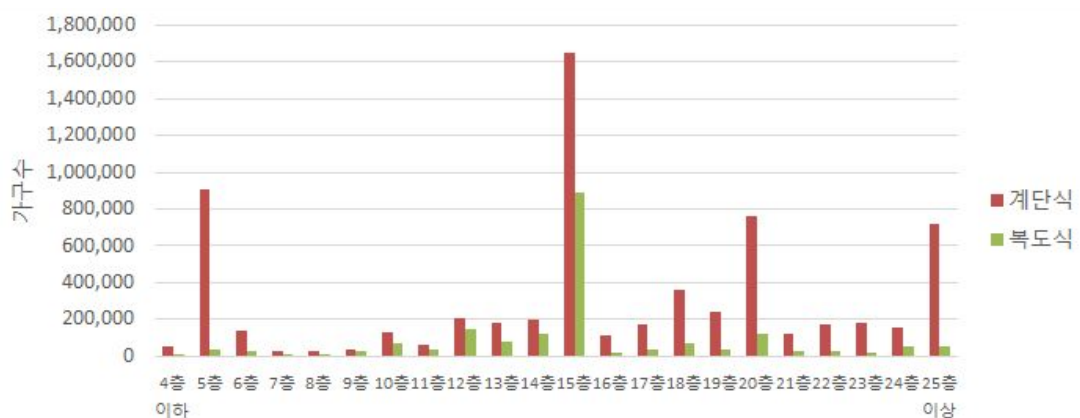
※ 최신 설비일수록(LV1→LV4) 효율이 조금씩 증가한다고 가정

② 2013년 아파트주거환경통계

○ 아파트 단지의 주위환경 조성, 편의시설배치 및 규모, 주거밀도의 적정성 등을 파악하여 공동주택의 건설 및 효율적인 관리를 위한 기초자료를 제공함. 해당 통계 정보를 참고하여 아파트의 평균 층수 파악이 가능함. 계단식, 복도식 아파트 층고 분포 현황은 다음과 같으며, 평균 층수는 16층임. 해당 통계자료는 공동주택 모델링시 참고함.

<표 2.2.5> 아파트주거환경 통계 개요

통계개요	내용
조사목적	아파트 단지의 주위환경 조성, 편의시설배치 및 규모, 주거밀도의 적정성 등을 파악하여 공동주택의 건설 및 효율적인 관리를 위한 기초자료 제공
조사기관	국토교통부
조사체계	3년, 시·군·구 → 시·도 → 국토교통부(행정보고내용)
조사대상	작성기준일 현재 준공된 전국의 아파트
조사방법	시·군·구의 행정보고내용을 집계
표본규모	전국 아파트(5층이상 20세대 이상 단지)
조사항목	아파트 단지명, 소재지, 구조방식, 층수, 동수, 준공연도, 평형, 세대수, 사업주체, 대지면적, 용도지역, 최초입주방식, 난방방식, 취사용 가스시설, 어린이 놀이터, 휴게소, 상가, 노인정, 유치원, 체육시설, 주차장 시설 등



<그림 2.2.2> 아파트 층수 분포

③ 2013년 가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사

- 가정부문 표준모델 구축시 가장 유용한 정보를 제공하는 통계임. 가전기기 보급률, 기기 정격전력, 사용시간, 사용 스케줄 등 정보를 제공하며, 표준모델 작성시 조명 및 기기의 발열밀도 및 사용 스케줄에 참고함.

<표 2.2.6> 가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사 통계 개요

통계개요	내용
조사목적	전국 가구의 가정용 전력기기 보급현황 및 기기별 전력사용 행태를 파악하여 주택용 전력수요예측 및 가정용 전력사용행태 분석의 기초 자료
조사기관	한국전력거래소
조사체계	2년
조사대상	일반 주택가구
조사방법	개별방문면접조사 및 기장조사
표본규모	4,000가구 표본 조사 (모집단 인구주택총조사 17,276,265가구)
조사항목	- 주요 가전기기(TV, 냉장고, 세탁기, 선풍기, 에어컨) 보유현황 및 사용실태 - 기타 가전기기 보유현황 : 보유대수, 소비전력, 1일 평균사용시간, 월간 사용일수 - 계절적 사용기기표 : 보유대수, 제품종류, 월별 사용일수 - 주요 가전기기 일기표 : 제품종류, 규격, 사용시간대, 1일 평균 사용시간 - 단속적 사용기기 일기표 : 사용시간대, 1일 평균 사용시간

- 해당보고서에 따르면, 대표 계절적 사용기기의 에너지사용량은 다음과 같음. 여름철 냉방의 경우, 에어컨의 연간 전력소비량은 선풍기의 전력(발열) 소비량에 비해 약 10배로 높음 (냉방 모델링시 선풍기 소비 전력은 무시할만한 수준임). 전기난로 및 장판의 경우, 에너지 소비량 및 발열이 상당하기 때문에 적절히 모델링해야하며, 본 연구에서는 가장 많이 보급된 전기장판을 표준모델 작성시 반영함(1월~4월, 10월~12월 기간 동안 저녁시간에 작동하도록 설정)

<표 2.2.7> 계절적 사용기기의 사용시간 및 전력사용량 (4,000 가구 표본대상)

구분	기기	소비전력 (W)	월사용일 수 (일)	1일사용시간(분)	연간사용시간(시간)	연간사용량(Wh)	보급대수 (대)
계절적사용 기기	선풍기	47.7	328	101	580	27,420	7,317
	에어컨	1,430.3	173	47	156	238,245	3,020
	가습기	99.3	159	64	276	14,063	461
	전기장판	170.0	339	89	576	97,340	3,972
	전기난로	1,136.2	132	39	136	165,722	187
	히터선풍기	917.6	123	76	155	142,758	155

- 가정에 보급된 대표 가전기기의 전력사용량을 살펴보면, 아래 표와 같이 전기 밥솥(558kWh/가구), 형광등(413kWh/가구), 일반냉장고(370kWh/가구), TV(308kWh/가구) 순으로 전력을 많이 소비하는 것으로 나타남. 표준모델 구축시 적절한 반영이 필요함

<표 2.2.8> 가전기기 사용시간 및 전력사용량

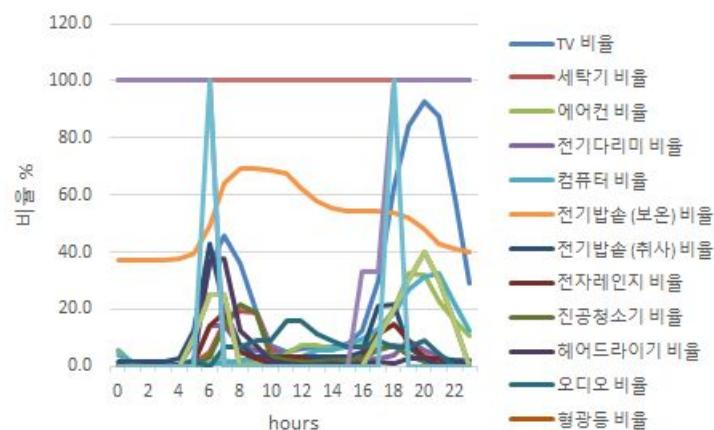
구분	품목별	소비전력 (W)	연간 사용시간	연간사용량 (Wh)	보급률 (대/가구)	보급률고려 소비전력(W)	연간사용량 (kWh/가구)
조명	형광등	82	749	61,301	7	551	413
일반	전기밥솥 (보온)	158	3,791	599,736	1	147	558
일반	일반냉장고	41	8,760	355,656	1	42	370
일반	전기밥솥 (취사)	1,036	341	353,344	1	964	329
일반	TV	131	1,918	250,491	1	161	308
일반	김치냉장고	18	8,760	157,680	1	15	136
일반	컴퓨터	256	599	153,284	1	159	95
일반	진공청소기	1,016	107	108,733	1	833	89
일반	헤어드라이기	1,076	89	95,755	1	947	84
일반	가습기	99	610	60,573	0	10	6
일반	세탁기	243	205	49,774	1	238	49
일반	전기다리미	1,266	36	45,558	0	63	2
일반	전자레인지	1,040	34	35,370	1	739	25
일반	비디오	18	60	1,092	0	1	0
냉방	에어컨	1,430	156	223,127	0.8	1,116	174
냉방	선풍기	48	580	27,666	1.7	82	48
난방	히터선풍기	900	281	253,012	0.0	36	10
난방	전기난로	905	271	245,309	0.1	45	12
난방	전기장판	230	739	169,970	0.9	200	148

○ 위 표를 참고하여 용도별 전력사용량을 정리하면, 냉방 222kWh/가구, 난방 170kWh/가구, 조명 413kWh/가구, 가전기기 2,051kWh/가구 임(총합계 2856kWh/가구). 2014년 에너지총조사보고서에 기술된 가구당 가전기기 전력 사용량은 약 3,736kWh/가구이므로 상기 두 값의 차이가 건물동력(엘리베이터, 배수펌프 등)으로 사용된 것으로 추측할 수 있음. 건물동력은 약 594-1166 kWh/가구 수준이며, 계산시 냉난방, 조명, 가전기기 추정치에 대한 오차율을 약 $\pm 10\%$ 로 가정하였음.

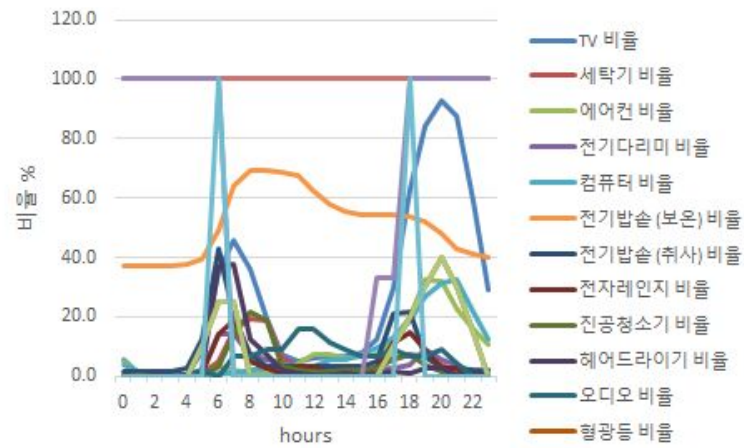
<표 2.2.9> 가정부문 용도별 전력 사용량 및 비율

용도	전력 사용량 (kWh/가구)	비율 (%)
냉방	222	5.9%
난방	170	4.6%
조명	413	11.0%
가전기기	2,051	54.9%
기타 동력 등	881	23.6%
합계	3,736	100.0%

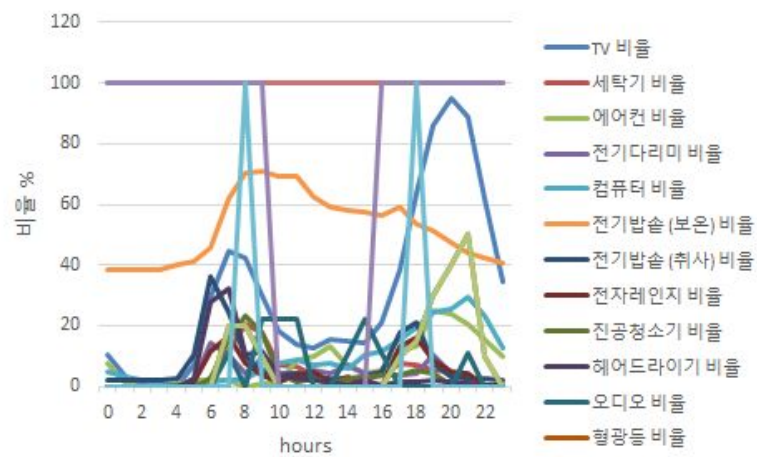
○ 표준모델은 EnergyPlus 엔진으로 구현되었고, 해당 모델을 동적(dynamic) 모델로써, 각 가전기기의 시간별 작동 스케줄 정보를 반영해야함. 가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사에서는 500가구를 대상으로 시간대별 가전기기의 사용대수와 사용시간대를 가장 조사하였으며, 각 가전기기별로 평일, 토요일, 일요일 평균 스케줄은 다음 그림과 같음.



<그림 2.2.3> 평일 가전기기 사용 스케줄



<그림 2.2.4> 토요일 가전기기 사용 스케줄



<그림 2.2.5> 일요일 가전기기 사용 스케줄

④ 에너지총조사보고서 (가정부문)

- 지역별 에너지 소비, 월별 에너지 소비, 건축연도별 에너지 소비, 사용 건평별 에너지 소비, 주택형태별 에너지 소비, 가구당 에너지 소비량 정보가 조사됨. 표준모델의 적절성 검토 시 통계보고서의 총 에너지사용량(냉난방, 급탕, 기기, 조명, 동력)을 비교하였음. 다만 에너지원(전기, 도시가스 등) 소비량만 조사되었고 용도별(냉난방, 급탕, 조명 등) 사용량은 조사되지 않았기 때문에, 모델 검증(validation)을 위해 분리 추정하는 것이 필요함.

<표 2.2.10> 에너지총조사보고서 개요

통계개요	내용
조사목적	수요부문의 에너지 소비실태를 파악하여 국가에너지정책 수립에 필요한 기초자료 제공
조사기관	지식경제부
조사체계	조사원→조사전문기관(용역)→에너지경제연구원→지식경제부
조사대상	한국표준산업분류에 의한 전 산업 및 가정부문, 자가용차량, 대형건물을 조사대상으로 함(표본 37,997개) 단, 광공업부문은 전수조사
조사방법	예산 및 에너지사용량 및 모집단 변화추이 감안하여 표본크기결정 (센서스 방식)
표본규모	상업 및 공공부문 : 12,400/2,763,324 가정부문 : 8,000/17,339,422 대형건물 : 997/997 (전수조사)
조사항목	상업공공부문 : 에너지원별 소비,에너지이용 기기 현황,용도별 에너지 소비 가구부문 : 주택, 가구의 일반사항, 에너지원별 소비,에너지 이용기기 현황 대형건물 : 에너지원별 소비,냉난방설비,전력설비,자가발전설비

※ 상업공공부문의 경우, 용도별 에너지사용량이 있으나, 월별에너지사용량 정보가 없음. 난방과 급탕에너지가 함께 묶여 조사됨. 대형건물부문의 경우, 월별에너지사용량, 용도별 에너지사용량이 모두 구분되어 조사됨

⑤ 웹페이지 및 연구보고서

- 급탕량의 산출: 물환경정보시스템(환경부 2016)에서 가정의 용수의 용도별 사용량, 일인당 물사용량에 대한 정보를 알 수 있으며, 가정용수는 1인당 203리터 수준으로 나타남. 여기서, 사용 용도별로 분리하면, 변기용 25%, 싱크대용 21%, 세탁기용 20%, 목욕용 16%, 세면용 11%, 기타 7% 수준임. 본 연구에서는 싱크대 사용량의 1/2, 목욕, 세면에 사용되는 물이 온수(급탕)로 사용한다고 가정하였고, 이때의 급탕량은 약 76.1 liter/일/인 수준임 (203리터의 37.5%)

(2) 상업공공부문

- 본 연구에서는 (1) 판매업, (2) 외식업, (3) 숙박업, (4) 관공서, (5) 병원, (6) 사무소, (7) 초중고등학교, (8) 대학교, 총 8가지의 상업공공부문 표준모델을 구축하였음. 2014년 에너지총조사보고서를 기준으로 시뮬레이션 모델의 결과(용도별 에너지사용량)를 검토하였음.

① 2011년 U.S. Department of Energy Commercial Reference Building Models of the National Building Stock (Deru et al 2011)

- 스케줄 정보 참고: 상업공공부문의 경우, 가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사와 같이 상세한 재실자 전력소비 패턴에 대한 통계값이 전무한 실정임. 따라서 본 연구에서는 미국에너지성(Department Of Energy)에서 구축한 표준모델의 스케줄을 적극적으로 참고하였음. 즉, 국내 판매업, 외식업, 숙박업, 관공서, 병원, 사무소, 초중고등학교, 대학교 등에 대한 운영 스케줄은 미국 운영 스케줄의 “평균수준”과 같다고 가정하였음. 향후 국내에서 각 상업공공분야의 세부적인 운영 프로파일 기초통계가 작성된다면, 해당 스케줄로 대체 가능함

② 에너지총조사보고서와 DOE 레퍼런스 모델 데이터를 응용한 용도별 에너지사용량 추정

- 용도별 에너지사용량 데이터 추정: 가정부문과 다르게 상업공공분야의 경우, 용도별(난방·급탕, 냉방, 조명, 취사·기기, 건물동력) 에너지사용량이 조사되어 있음. 난방과 급탕, 취사와 기기의 에너지사용량이 묶여 조사되었으며, 모델검증을 위해 상기 두 요소를 각각 분리하는 작업이 선행되어야 함. 특히 단열 성능에 따른 에너지 소비 패턴을 분석하기 위해선 난방과 급탕을 분리해야 하며 사무기기의 발열을 고려하여 모델링하기 위해선, 취사 및 기기 에너지를 분리해야함.
- 난방 및 급탕 에너지사용량 분리: 전 세계적으로 상업공공부문 건물에 대해 난방 및 급탕 에너지소비량을 상세하게 모니터링한 사례는 없음. 다만 에너지총조사보고서에는 연간 2000TOE 이상 사용하는 몇몇 대형건물에 대해 난방 및 급탕 에너지 소비량을 조사하였으며, 본 연구에서는 각 업종별로 유사용도의 대형건물부문의 급탕사용 비율을 참고하여 난방과 급탕 에너지를 분리하였음

<표 2.2.11> 대형건물부문 용도별 에너지 사용 비율 (단위: %)

용도구분	상가	백화점	병원	호텔	일반빌딩	공공빌딩	대학교	초중고	기타
냉방	24.6	24.8	25.1	22.3	24.1	20.7	26.7	26.7	18.5
난방	17.4	19.6	31.5	34.1	22.1	20.5	30.3	30.3	25.1
급탕	2.8	2.8	6.5	7.6	3.2	3.5	4.1	4.1	3.2
일반동력	20.2	15.8	10.6	12.5	15.2	16.1	10.1	10.1	14.2
조명	20.4	20.4	9.3	10.3	15.1	17.6	12.2	12.2	14.7
사무기기 및 기타	14.6	16.6	17.0	13.2	20.3	21.6	16.6	16.6	24.3
합계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

- 급탕량의 추정 : 대형건물부문에서 유사용도 건물의 급탕소비 비율(α)을 결정한 뒤, 해당 건물의 총 에너지사용량(E_{total})에 α 를 곱해 E_{dhw} 추정할 수 있음. 급탕 사용 에너지(E_{dhw} , kJ)가 결정되면, 일별 단위면적당 급탕량 (Q_L , [liter/m²/day])을 다음 식으로 추정할 수 있음

$$Q_L = \frac{E_{dhw} \times e}{\rho \times C_p \times (T_{out} - T_{main}) \times d} \times \frac{1}{A_g} \quad \text{식 2.2.1}$$

여기서, e 는 보일러효율(약 70~80%), ρ 물밀도 (1000 kg/m³), C_p 물비열 (4.2 kJ/kgK), T_{out} 출수물온도(45도), T_{main} 냉수온도(15도), d 사용일(365일), A_g (전체 연면적)

- 조명 발열밀도 추정: 최종 추정된 용도별 에너지사용량(kWh)과 세움터로부터 수집된 총 연면적(m²) 정보, DOE 레퍼런스 모델의 스케줄 정보(연간 사용시간)를 토대로 조명의 평균 발열밀도(정격용량)를 역산할 수 있음. 총 조명에너지사용량(E_L , kWh)을 알고 있을 때, 이를 총 연면적(A_g)과 사용시간(Hr)으로 나누면 조명기구의 발열밀도(PD_L W/m²)를 계산함

$$PD_L = \frac{E_L}{A_g Hr} \quad \text{식 2.2.2}$$

- 취사 및 기기 에너지사용량의 분리: 에너지총조사보고서를 살펴보면 취사 및 기기 에너지사용량이 묶여 기재되어 있음. 본 연구에서는 DOE 레퍼런스 모델 (Deru et al 2011)에서 참고하여, 각 존별 기기들의 가중 평균된 발열밀도 (PD_E W/m²)와 스케줄(사용시간, Hr)을 사용하여 기기 총 전력 소비량(E_E)을 계산한 뒤, 상기 에너지 값에서 제하여 취사 에너지(E_c)를 계산함.
- 취사 발열밀도: 전술한 취사에너지 E_c 에서 총 가동시간과 ○○○업의 총 연면적을 나누어 취사 발열밀도(PD_c)를 계산함.
- 건물 동력밀도: 에너지총조사보고서의 에너지사용량(E_p) 값을 가동시간과 총 연면적으로 나누어 건물 동력밀도(PD_p)를 계산함. 건물 동력(외부조명, 배수 펌프, 엘리베이터 등)에 대한 참고할만한 운영 프로파일 통계가 없으므로, 본 연구에서는 8,760시간으로 가정하였음. 향후 신뢰할만한 통계 수치가 주어진다 면 스케줄 형태로 반영 가능함

제3장

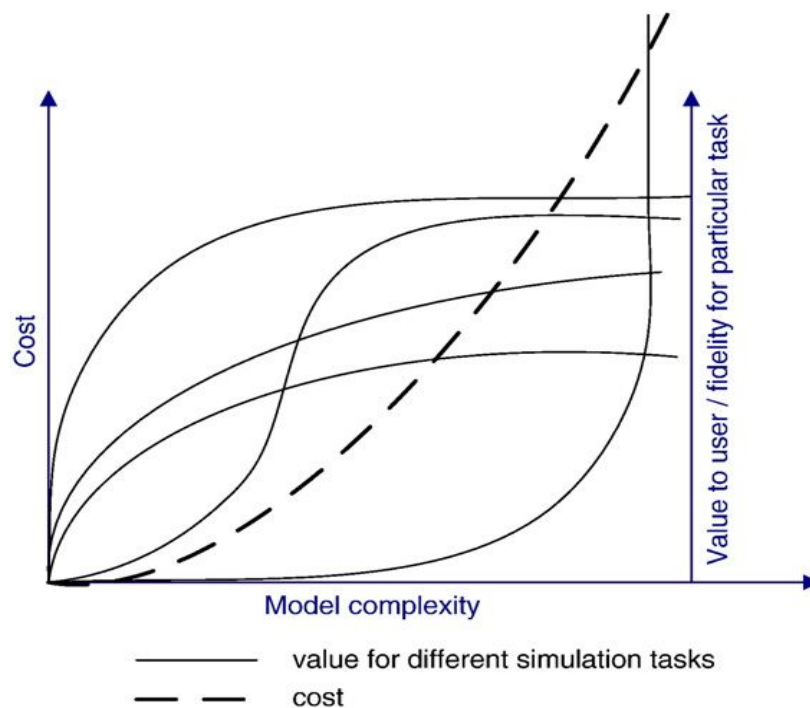
부하분석 시뮬레이션을 통한 표준모델 DB 구축

제1절 건물 유형별 표준모델 구축

1. 모델 입력 데이터 구축

가. 모델링 상세 수준 결정

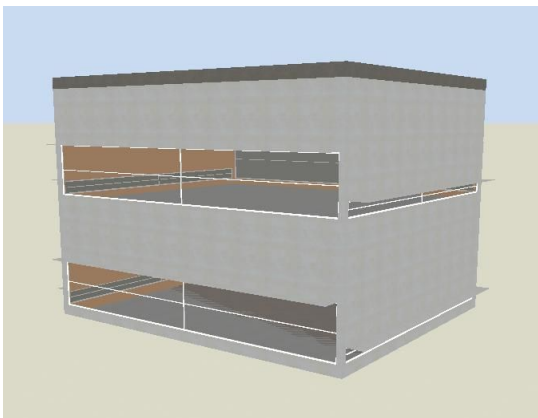
- 모델 복잡성(model complexity)은 모델의 구성요소(components)의 개수와 모델 차수(order of model), 그리고 각 컴포넌트들 간의 긴밀한 연결 수준에 의해 결정됨. 모델 복잡성이 높아질수록(=모델이 정교해질수록) 개발에 소요되는 비용과 시간은 상승하게 되므로, 경제적 관점에서 바라볼 때, 소요되는 비용보다 모델 가치가 높아지는 것이 바람직함(그림 0.0.0).
- 모델이 정교해질수록, 상세한 해석이 가능하고 정확한 결과를 얻으나, 대상 시스템에 대해 매우 세부적인 정보를 입력해야 함. 지금까지 수집된 통계자료와 연구범위를 고려해볼 때, ISO13790보다 약간 상세한 수준의 모델링접근을 취하는 것이 바람직함 (1존 모델링 + 인체/조명/기기/냉난방기기의 시간별 운영 반영).



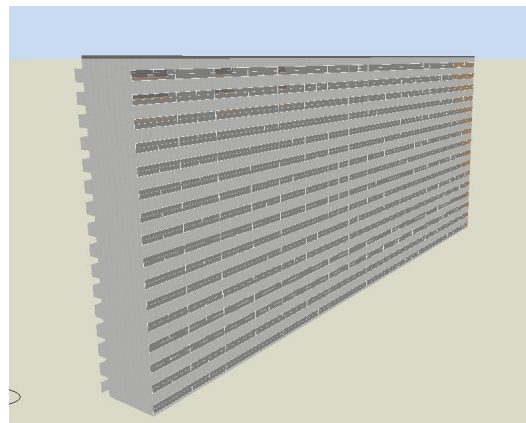
<그림 3.1.1> 모델 복잡성과 소요되는 비용 및 가치의 관계
(Trcka and Hensen, 2010)

나. 가정부문 모델 입력 데이터 현황

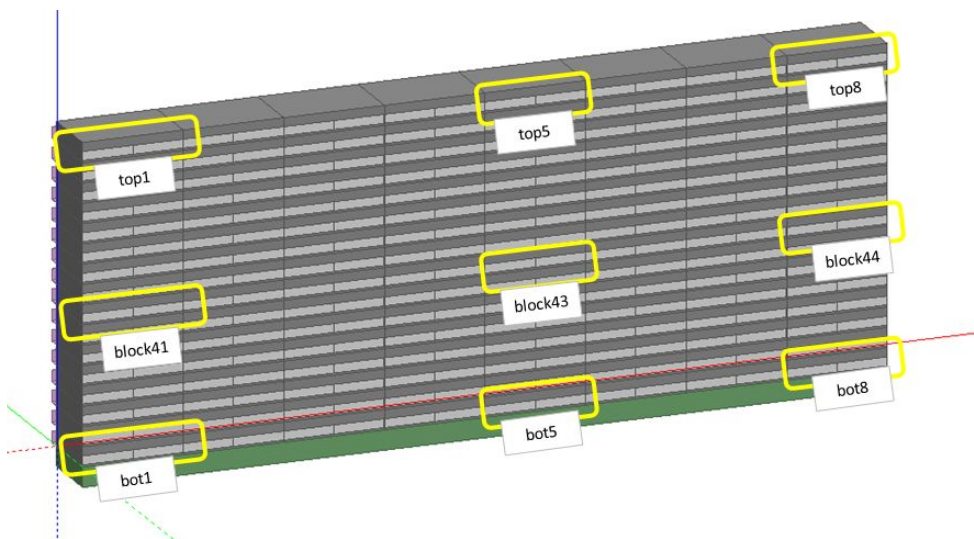
① 건물 형태 및 규모 : 주거실태조사에 기술된 세대당(3인) 평균 점유면적을 고려하여, 단독주택은 89m², 공동주택 및 저층형 주택은 109.4m² 로 설정함. 건물형태에 대한 국가 통계자료가 없기 때문에, 지도 서비스를 참고하여 단독주택의 경우, 1.5의 2층 주거형태, 공동주택의 경우, 층당 8가구씩 16층으로 모델링함. LBNL과의 파라메트릭 시뮬레이션 횟수제약으로 인해, 저층형 건물은 따로 모델링하지 않고 공동주택의 외곽부 6개 존과 가운데 3개 존의 해석 결과를 저층형 건물의 결과로 가정함.



<그림 3.1.2> 단독주택 모델



<그림 3.1.3> 단독주택 모델



<그림 3.1.4> 단독주택 모델

② 외피 : 벽체와 창호의 열관류율(W/m²K)은 각 빈티지별 법규에서 제시하는 값을 사용하였음. 기존 법규에는 창호 일사열취득계수(SHGC)에 대한 규제가 없기 때문에, 빈티지별 단창, 복층창, 로이코팅 복층창 값을 사용하였음.

<표 3.1.1> 가정부문(단독주택, 공동주택) 빈티지별 외피 물성치

빈티지	열관류율 [W/m ² K]				SHGC
	벽체단열	지붕단열	바닥단열	창호단열	
LVI 1	1.05	1.05	1.05	5.00	0.83
LVI 2	0.58	0.41	0.58	4.19	0.76
LVI 3	0.58	0.41	0.58	4.19	0.76
LVI 4	0.47	0.29	0.35	3.84	0.76

③ 재실자 발열 : 재실자수는 주거실태조사를 참고하여, 3인으로 하였으며, 활동은 일반휴식(발열량 95W)으로 설정하였음. 스케줄은 맞벌이 부부와 학생, 총 3인 가구로 가정하여 진행함. (평일은 7시 ~ 17시까지 비어있으며, 주말은 11시 ~ 17시까지 외출하는 것으로 가정). 시간대별 스케줄을 고려한 인체발열은 아래 그림과 같음



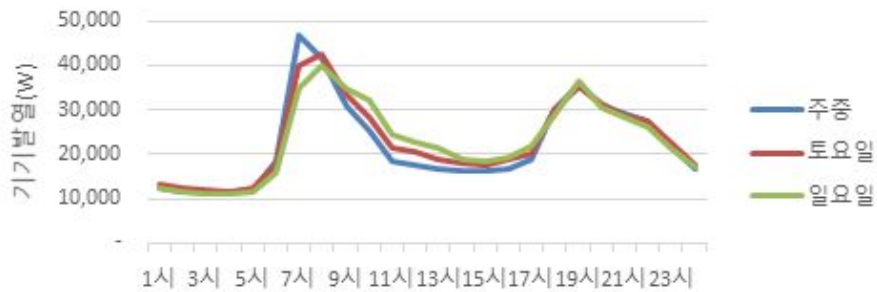
<그림 3.1.5> 재실자 발열

④ 조명 발열 : 조명은 가전기기보급률 및 가정용 전력소비행태조사에 기입된 형광등의 소비전력(개당 82W, 보급률 약 6~7대)을 참고하여, 6.19W/m²으로 설정함. 시간대별 스케줄을 고려한 조명발열은 아래 그림과 같음.



<그림 3.1.6> 조명기구 발열

⑤ 기기(plug) 발열: 본 연구에서는 개별 가전기기 발열을 모델링하지 않고, 전기밥솥, 일반냉장고, TV, 김치냉장고, 컴퓨터, 진공청소기, 헤어드라이기 총 7개 기기의 정격소비전력을 기준으로, 각 스케줄을 가중 평균하여 사용함. 시간대별 스케줄을 고려한 평균 기기발열은 아래 그림과 같음. 한편 겨울철 전기장판 작동을 반영하였고, 부부의 퇴근시간에 맞춰 19시~23시까지 작동하는 것으로 하였음.



<그림 3.1.7> 가전기기 발열



<그림 3.1.8> 전기장판 발열

⑥ 급탕량: 물환경정보시스템으로부터 추정된 일인당 물사용량(203리터/일/인)에 서, 싱크대의 1/2(10.5%), 목욕(16%), 세면(11%)에 사용하는 물을 급탕으로 가정하였음. 즉 $203[\text{리터/일/인}] \times 37.5\% = 76.1[\text{리터/일/인}]$ 의 사용량으로 설정함.

⑦ 취사 및 동력 일률: 본 연구에서는 취사와 건물 동력에너지는 건물 열해석에 영향을 미치지 않는 인자로 간주하였음. 에너지총조사보고서에는 취사 및 동력에너지가 분리 조사되어 있지 않음. 도시가스, 열에너지사용량으로부터 취사, 급탕, 난방 에너지사용량을 분리하는 후속 연구가 필요함. 마찬가지로 동력의 경우도 전력 사용량에서 기기와 조명, 일반 동력 사용량을 분리하는 후속 연구가 필요함. 본 연구에서는 가정에서 사용한 열에너지 중 약 10%가 취사로 사용된다고 가정하였음(13.3 kWh/m^2). 전술한 바와 같이, 전체 에너지에서 난방, 조명, 일반기기 사용을 제외한 잔여 전력량을 동력 사용량으로 가정하였음(12.6 kWh/m^2).

⑧ 냉난방 설정: 난방 시스템의 작동기간은 5/1~9/30이며, 난방 시스템의 작동기간은 1/1~4/31, 10/1~12/31로 설정함. 난방온도는 단독/공동/저층형 주택 모두 26도로 설정하였고, 난방온도는 단독주택은 21도, 공동주택, 저층형 주택은 20도로 설정함. 시간대별 냉난방 작동 스케줄은 다음과 같음



<그림 3.1.9> 전기장판 발열

⑨ 침기 및 환기량: 침기 및 환기량 (AirChange per Hours, ACH)은 에너지 모델링시 가장 까다로운 부분으로써, 재실자의 행위, 시공오차, 개보수 등에 따라 큰 폭의 변화를 가지며 불확실성이 매우 높음. 침기 및 환기량은 시간대별로 계절별로 변화폭이 크며, 이를 반영한 상세모델링을 위해선 airflow network 시뮬레이션을 고려해야하나, 본 연구 범위를 벗어나므로, 단순 모델링 접근을 취하였음. 본 연구에

서는 단독주택의 경우 빈티지에 따라 0.5ACH, 0.438ACH, 0.375ACH, 0.25ACH를 단순 설정하였고, 공동주택, 저층형 주택의 경우 빈티지에 따라 0.4ACH, 0.35ACH, 0.3ACH, 0.2ACH로 단순 설정하였음. 후속 연구를 통해 확률적 모델링 접근을 고려하는 것이 필요함.

⑩ 열원 효율: 대부분 가정에서는 개별 패키지 에어컨을 사용하므로, 냉방 효율은 통상적인 수치인 3.5 COP로 설정하였음. 에어컨이 7-8년 주기로 교체되는 것을 고려하여, 빈티지별 효율은 크게 차이나지 않는 것으로 가정함. 난방의 경우, 주거유형에 따라 상이한 시스템(개별보일러, 중앙난방, 지역난방 등)이 적용되므로(표 2.2.4 참고), 단독주택과 공동주택, 저층형 주택의 난방효율에 차이가 있음.

<표 3.1.2> 주거유형별 냉난방 효율

구분	주거유형	LV 1	LV 2	LV 3	LV 4
난방	단독주택	0.823	0.846	0.869	0.89
	공동/ 저층형주택	0.862	0.879	0.897	0.915
냉방	모든 주택	3.5	3.5	3.5	3.5

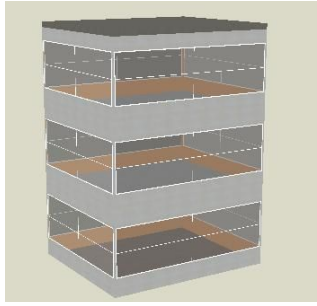
다. 상업공공부문 모델 입력 데이터 현황

① 건물 형태 및 규모: 가정부문의 경우, 세대당 점유면적, 가구원 수 등에 대한 유효한 통계자료를 참고하여 건물규모를 결정할 수 있음. 그러나 상업공공부문은 이러한 자료가 없으므로, 건물 규모를 결정하기 위해 다른 접근방법을 취함. 우선 세움터로부터 건물용도별 연면적 데이터와 건물동수를 이용하여 건물당 ‘평균’ 연면적을 계산함. 그리고 세움터에서 일부 추출한 서울시 건축물대장정보(건물용도, 주소, 높이, 지상 및 지하 층수, 주차장수 등)를 통해 ‘평균’ 층수를 도출하고, 상기 정보를 토대로 건물 형상을 결정함.

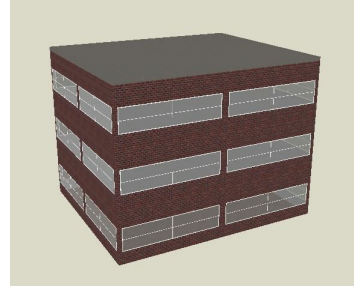
<표 3.1.3> 건물의 규모 및 형태

용도	전체 연면적 (m2)	전체 동수 (동)	건물 연면적 (m2/동)	층수 (층) (평균/표준편차)	층당 면적 (m2/층)	장단변비* (-)	창면적비* (%)
판매업	136,510,367	274,167	498	3.0 (3.7/3.4)	166.0	1.2	50
외식업	76,733,783	162,734	472	3.0 (3.5/3.0)	157.2	1.2	40
숙박업	45,785,271	37,999	1,205	6.0 (6.1/4.0)	200.8	1.5	25
병원	44,092,785	21,783	2,024	8.0 (7.7/7.2)	253.0	1.5	35
관공서	28,788,892	12,626	2,280	5.0 (-/-)	456.0	2.0	40
사무소	173,959,839	216,830	802	4.0 (-/-)	200.6	1.6	40
초·중·고등학교	82,873,529	11,570	7,163	5.0 (-/-)	1,432.6	6.0	50
대학교	34,755,457	1,540	22,568	5.0 (-/-)	4,513.7	2.0	50
합계	623,499,923	739,249	843	-	-		

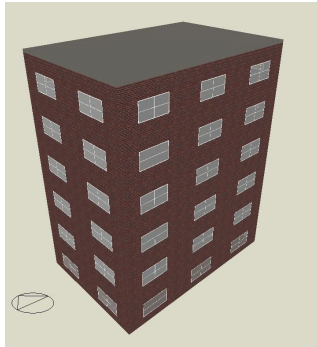
* 장단변비와 창면적비의 경우, 참고할 수 있는 통계자료가 없기 때문에 주관적 판단에 의해 결정함.



(a) 판매업



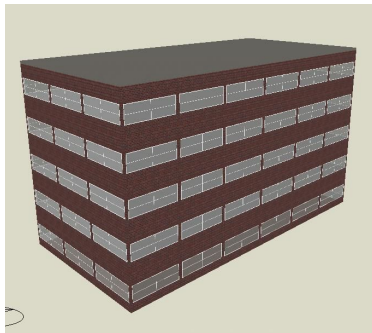
(b) 외식업



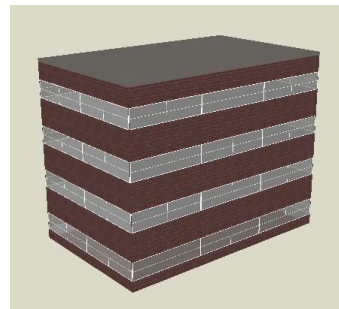
(c) 숙박업



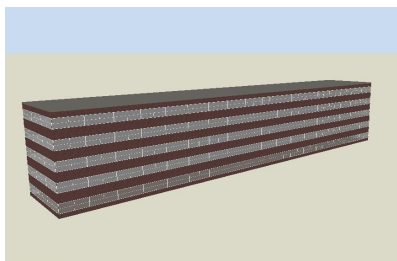
(d) 병원



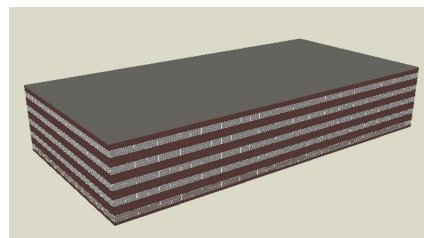
(e) 관공서



(f) 사무소



(g) 초중고등학교



(h) 대학교

<그림 3.1.10> 상업공공부문 표준모델 형상

② 외피: 벽체/지붕/바닥과 창호의 열관류율(W/m2K)은 각 빈티지별 법규에서 제시하는 값을 사용하였음. 기존 법규에는 창호 일사열취득계수(SHGC)에 대한 규제가 없기 때문에, 빈티지별 단창, 복층창, 로이코팅 복층창 값을 사용하였음.

<표 3.1.4> 상업공공부문 빈티지별 외피 물성치

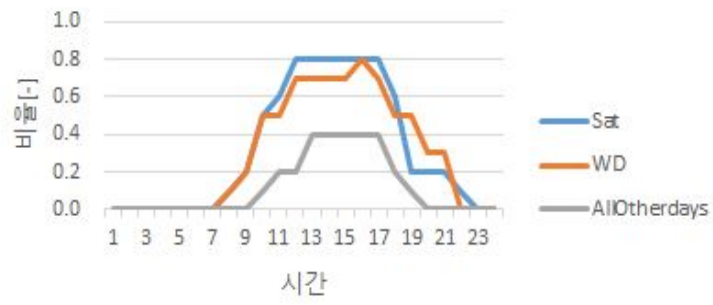
빈티지	열관류율 [W/m2K]		SHGC
	벽체/지붕/바닥단열	창호단열	
LVI 1	1.05	5.00	0.83
LVI 2	0.58	4.19	0.76
LVI 3	0.58	4.19	0.76
LVI 4	0.47	3.84	0.76

③ 재실 최대밀도 및 발열, 스케줄: 최대 재실밀도는 DOE 레퍼런스 모델을 참고하여 작성함. 이때 모델의 존별 바닥면적을 기준으로 재실밀도를 가중평균하여 계산하였음. 한편 DOE 레퍼런스 모델에는 복도, 직원휴게실, 세탁소, 계단실, 로비 등 공조/비공간을 상세하게 반영하였고, 비공조 공간이 있으므로 다소 낮은 최대 재실밀도가 계산될 수 있음. 또한 미국과 한국 영토 크기와 문화적 차이에 의해 최대 재실밀도가 달라지므로 본 연구에서는 DOE 레퍼런스 모델 대비 3~10배까지 탄력적으로 보정하여 입력함. 한편 초중고 및 대학교 모델링시 방학과 학기를 구분하여 스케줄을 입력하였음. 초중고 겨울방학과 여름방학은 1.1~2.7, 7.31~8.31이며, 대학교 겨울방학과 여름방학은 1.1~2.28, 6.30~8.31으로 설정하였음¹⁾

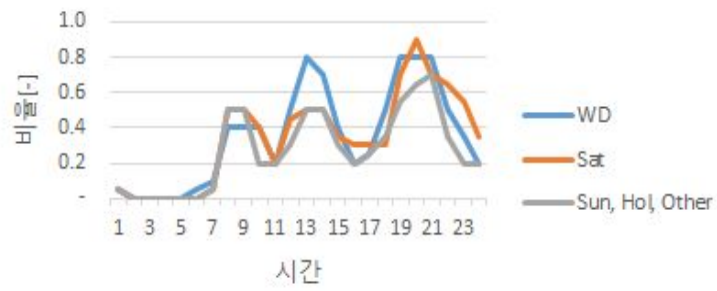
<표 3.1.5> 상업공공부문 최대 재실밀도 및 발열량

용도	최대 재실밀도 (인/m2)		Activity	발열량 (W/person)
	DOE 레퍼런스 모델 (존별 가중평균값)	실제 입력값		
판매업	0.102	0.613	Standing/walking	133
외식업	0.330	0.824	Eating/drinking	110
숙박업	0.067	0.659	Seated quiet (resting)	110
병원	0.030	0.353	Seated quiet (patient)	108
관공서	0.054	0.377	Office work	127
사무소	0.054	0.161	Office work	127
초중고등학교	0.089	0.268	Writing	108
대학교	0.127	0.510	Writing	108

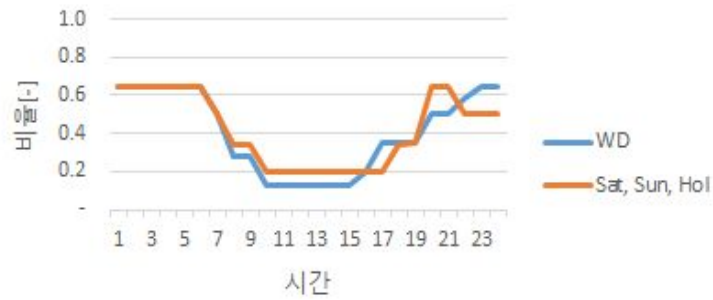
1) 여성가족부고시 제2013-50호 “청소년 시청보호시간대 관련 ‘초등학교·중학교·고등학교의 방학기간’ 고시”에 따르면 청소년 여름방학은 7.16 ~ 8.31, 겨울방학은 12.18 ~ 2.7임.



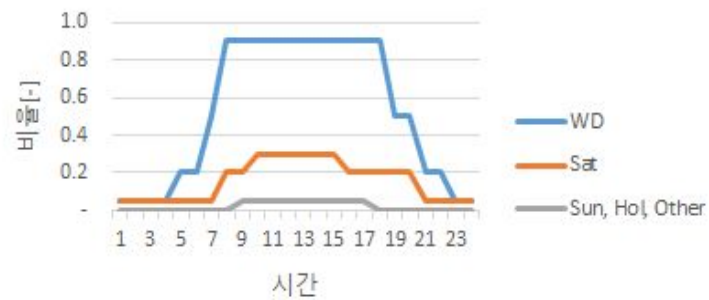
<그림 3.1.11> 판매업 재실 스케줄



<그림 3.1.12> 외식업재실 스케줄



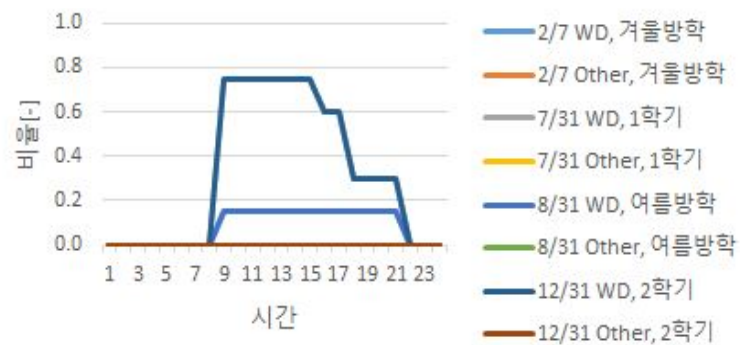
<그림 3.1.13> 숙박업 재실 스케줄



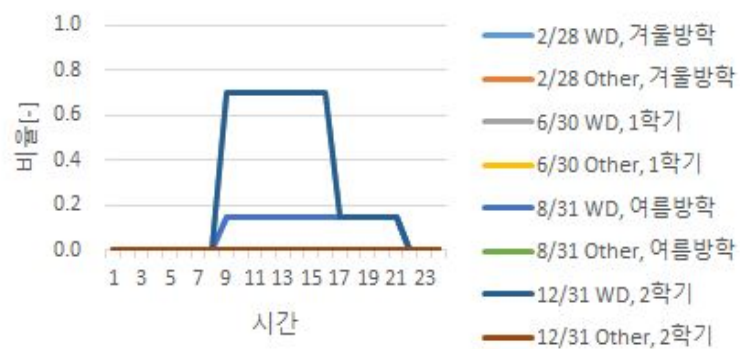
<그림 3.1.14> 병원 재실 스케줄



<그림 3.1.15> 관공서/사무소 재실 스케줄



<그림 3.1.16> 초중고등학교 재실 스케줄



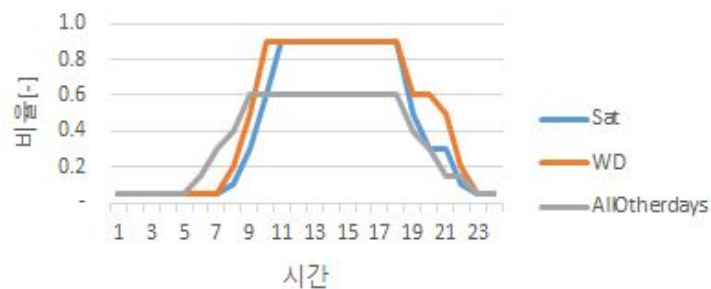
<그림 3.1.17> 대학교 재실 스케줄

④ 조명 최대 발열밀도 및 스케줄 : 상업공공분야에서 조명 최대 발열밀도는 (1) 에너지총조사의 전력사용량, (2) 세움터로부터 도출된 총 연면적 정보, (3) DOE의 표준모델의 조명 스케줄(작동시간) 데이터를 참고하여 조명 최대 발열밀도를 산출 하였음. 본 연구에서는, 국내 상업공공부문과 미국 상업공공부문 조명기구 사용 프

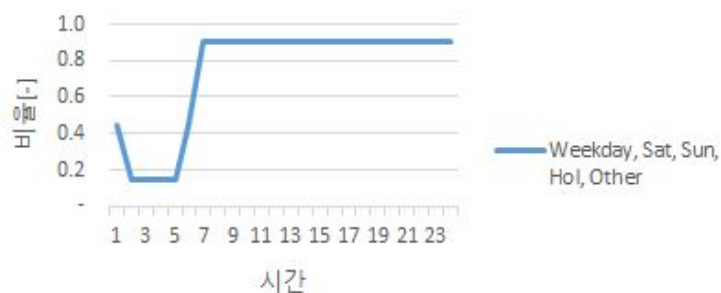
로파일이 크게 차이하지 않는 것으로 가정하였음. 앞서 언급한 바와 같이, 초중고 및 대학교 모델링시 방학과 학기를 구분하여 스케줄을 입력하였음(초중고 겨울방학과 여름방학: 1.1~2.7, 7.31~8.31; 대학교 겨울방학과 여름방학: 1.1~2.28, 6.30~8.31). DOE 레퍼런스 모델의 조명 사용 스케줄은 다음 그림과 같음.

<표 3.1.6> 상업공공부문 조명 최대 발열밀도 (빈티지별 차이 없음)

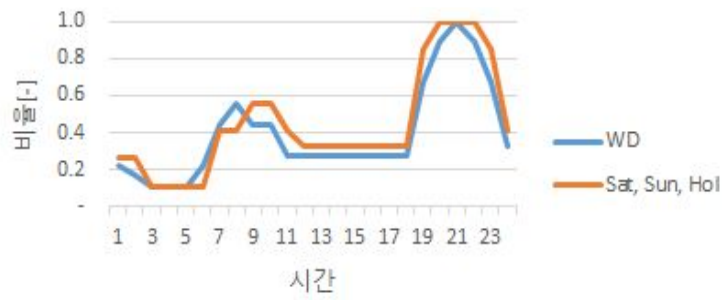
용도	조명기구 전력사용량 (TOE)	총 연면적 (m2)	단위면적당 소비량 (kWh/m2)	조명 작동시간 (hr)	조명 최대 발열밀도 (W/m2)
	= a	= b	= a/b	= c	= a/b/c
판매업	462,024	136,510,367	39	3,849	10.23
외식업	579,520	76,733,783	88	6,461	13.59
숙박업	148,054	45,785,271	38	3,598	10.45
병원	73,811	44,092,785	19	3,901	4.99
관공서	52,376	28,788,892	21	3,235	6.54
사무소	763,168	173,960,000	51	3,235	15.77
초중고등학교	109,052	82,873,529	15	3,333	4.59
대학교	54,835	34,755,457	18	3,685	4.98



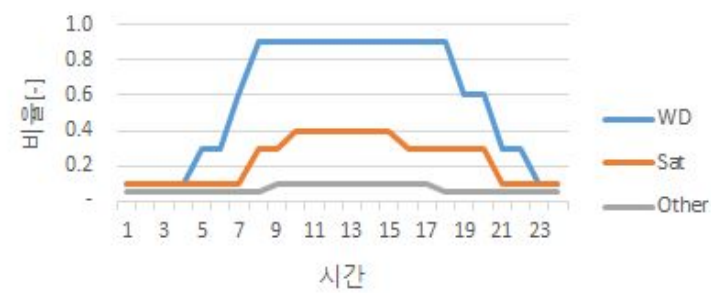
<그림 3.1.18> 판매업 조명 작동 스케줄



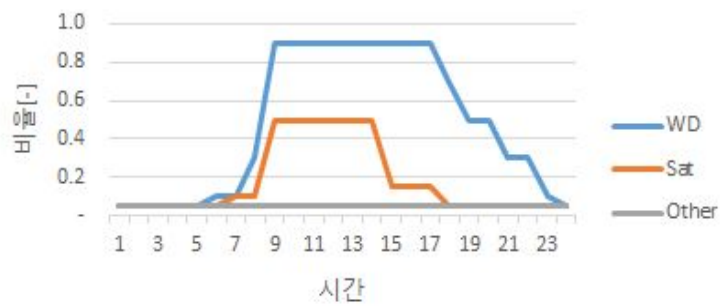
<그림 3.1.19> 외식업 조명 작동 스케줄



<그림 3.1.20> 숙박업 조명 작동 스케줄



<그림 3.1.21> 병원 조명 작동 스케줄



<그림 3.1.22> 사무소/관공서 조명 작동 스케줄



<그림 3.1.23> 초중고등학교 조명 작동 스케줄



<그림 3.1.24> 대학교 조명 작동 스케줄

⑤ 기기(plug) 및 취사 최대발열밀도, 스케줄: 에너지총조사보고서에는 기기 및 취사 에너지사용량이 묶여 기재되어 있음. 본 연구에서는 전술한 에너지 분리 절차에 의해 기기와 취사 에너지사용량을 구분하였음. 최종 분리된 기기 및 취사 에너지사용량은 아래 표와 같으며, 각 기기의 작동시간을 계산한 스케줄은 아래 그림과 같음.

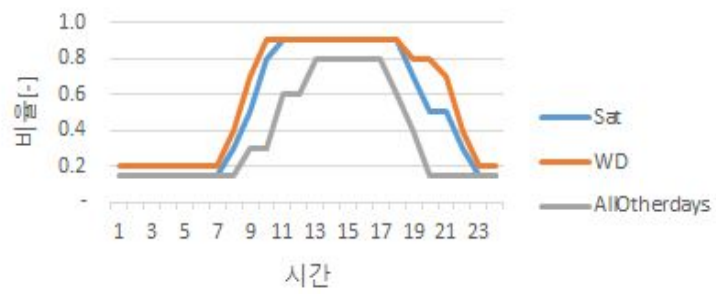
<표 3.1.7> 상업공공부문 기기 및 취사 최대발열밀도 추정치 (빈티지별 차이 없음)

용도	표준건물 기기 발열밀도 ¹⁾ (W/m ²)	기기 작동시간 (hr)	기기 에너지사용량 (kWh/m ²)	기기 및 취사 에너지사용량 ²⁾ (kWh/m ²)	취사 에너지사용량 추정치 (kWh/m ²)
	= a	= b	= a*b	= c	= c - a*b
판매업	6.2	4,663	29.1	30.6	1.5
외식업	15.4	2,154	33.1	218.5	185.5 ³⁾
숙박업	3.2	2,302	7.3	31.9	24.7
병원	7.6	5,352	40.5	61.8	21.3
관공서	10.8	4,744	51.0	51.7	0.7
사무소	12.9	4,744	61.3	72.7	11.4
초중고등학교	3.2	3,939	12.8	20.7	7.9
대학교	5.2	3,922	20.3	25.0	4.7

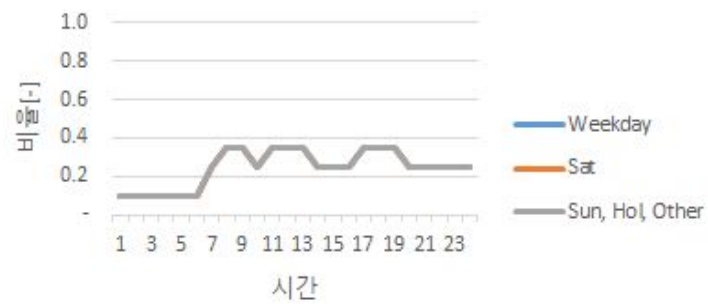
1) DOE 레퍼런스 모델 (Deru et al 2011)에서 사용한 값을 존면적에 따라 가중평균하여 계산함.

2) 에너지총조사보고서 에너지사용량(TOE→kWh)을 전체 연면적으로 나눔

3) 외식업의 경우, 취사시 발생하는 열을 무시할 수 없으므로, 표준모델 작성시 다음과 같이 취사발열을 설정함
- DOE 레퍼런스 모델(레스토랑)의 연간 취사시간은 약 1,332시간이며, 이에 따른 취사 발열밀도는 139W/m²임.
이 중 배기후드 등으로 인한 열배출을 약 57%로 가정하여 60W/m²를 실로 유입되는 취사발열로 간주하였음



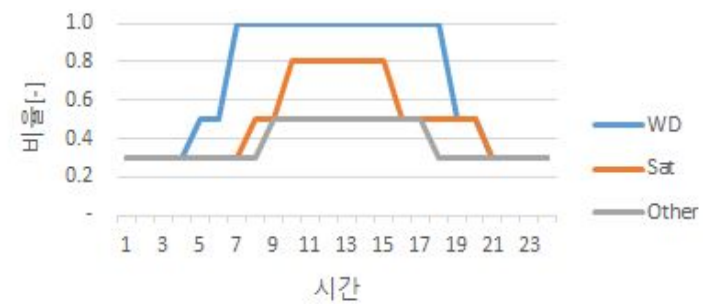
<그림 3.1.25> 판매업 기기 작동 스케줄



<그림 3.1.26> 외식업 기기 작동 스케줄



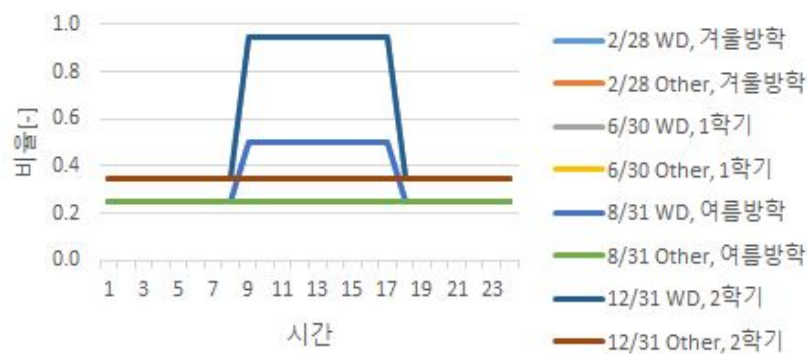
<그림 3.1.27> 사무소/관공서 기기 작동 스케줄



<그림 3.1.28> 병원 기기 작동 스케줄



<그림 3.1.29> 초중고등학교 기기 작동 스케줄



<그림 3.1.30> 대학교 기기 작동 스케줄

⑥ 급탕량: 에너지총조사보고서에는 난방 에너지와 급탕 에너지가 묶여 조사되어 있음. 따라서 본 연구에서는 유사용도의 대형건물부분의 급탕 에너지의 사용 비율을 참고하여 난방과 급탕 에너지를 분리하였음. 급탕 에너지(E_{dhw})를 알고 있다면, 아래의 수식으로 단위면적당 급탕량(Q_L , [liter/m²/day])을 역추정할 수 있음.

$$Q_L = \frac{E_{dhw} \times e}{\rho \times C_p \times (T_{out} - T_{main}) \times d} \times \frac{1}{A_g} \times \frac{1}{3} \quad \text{식 3.1.1}$$

여기서, e 는 보일러효율(약 75%), ρ 물밀도 (1000 kg/m³), C_p 물비열 (4.2 kJ/kgK), T_{out} 출수물온도(45도), T_{main} 냉수온도(15도), d 사용일(365일), A_g (전체 연면적), 1/3 하루 중 급탕 사용시간 비율(24시간 중 8시간 사용으로 가정)

<표 3.1.8> 상업공공부문 단위 급탕량 추정 (빈티지별 차이 없음)

용도	난방 및 급탕에너지 (TOE)	대형건물부문 급탕사용비율 (%)	급탕 에너지 ²⁾ (TOE)	$\frac{e}{\rho C_p (T_{out} - T_{main}) d} \times \frac{1}{3}$ (liter/kJ/일)	총 연면적 (m2)	단위 급탕량 (liter/m2/일)
	=a	=b	=c	=d	=e	=c*41,840,000* d/e ²⁾
판매업	1,666,337	2.8	117,902	5.44×10^{-7}	136,510,367	0.204
외식업 ¹⁾	929,007	5	195,138	5.44×10^{-7}	76,733,783	0.601
숙박업	733,511	7.6	101,006	5.44×10^{-7}	45,785,271	0.490
병원	358,633	6.5	65,008	5.44×10^{-7}	44,092,785	0.324
관공서	186,820	3.5	19,107	5.44×10^{-7}	28,788,892	0.146
사무소	1,772,890	3.2	182,126	5.44×10^{-7}	173,960,000	0.230
초중고등학교	691,833	4.1	48,125	5.44×10^{-7}	82,873,529	0.128
대학교	154,617	4.1	18,428	5.44×10^{-7}	34,755,457	0.117

1) 대형건물부문에 외식업이 없으므로 약 5%로 가정

2) 1TOE = 41,840,000kJ

⑦ 일반 동력 에너지: 에너지총조사보고서에 조사된 건물 동력은 엘리베이터, 에스컬레이터, 공조시스템, 배수펌프 등에서 소비된 에너지임. 본 연구에서는 상기 요소에 대한 상세 모델링은 제외하였고 시뮬레이션 최종 결과에 바닥면적당 사용 에너지로 단순 합산하였음. 바닥면적당 사용 에너지는 다음과 같음.

<표 3.1.9> 상업공공부문 일반동력 연면적당 소비에너지 추정

용도	일반동력 에너지 (TOE)	바닥면적당 에너지 (kWh/m2)
판매업	458,585	39.1
외식업	26,515	4.0
숙박업	30,791	7.8
병원	71,765	18.9
관공서	27,609	11.2
사무소	668,347	44.7
초중고등학교	90,290	12.7
대학교	45,396	15.2

* 1TOE = 11,628 kWh

⑧ 냉난방 설정: 냉난방 에너지사용량에 가장 큰 영향을 주는 요인 중 하나임. 그러나 업종별로 고객 만족도 및 생산성 향상, 에너지비 절감 등의 이유로 각 건물, 업종별 냉난방 설정온도가 다름. 한편 관공서의 경우 정부 지침에 의해 실내 냉난방 설정온도가 권고되고 있으나, 내부 조사에 의하면 미 적용되는 건물이 많고, 회의실 같이 개별 냉난방이 이루어지는 공간 또한 상당수 있음. 본 연구에서 시행착오 방법으로 냉난방 설정온도를 보정하였고 추정된 실내 냉방온도는 24~25도 난방온도는 19~21도 수준임.

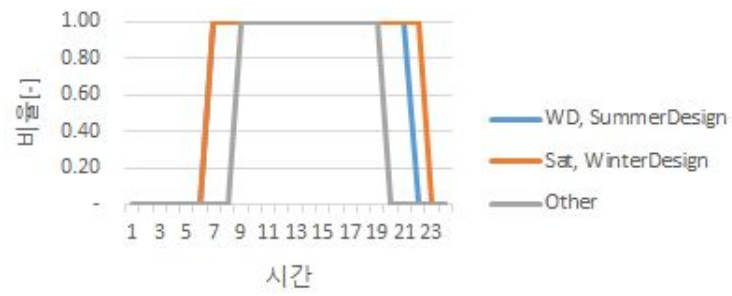
<표 3.1.10> 상업공공부문 냉난방 설정온도 및 주요국 설계온도 (박기현 외 2010) (빈티지별 차이 없음)

용도	표준모델 입력		미국 설계온도 ¹⁾		일본 설계온도 ²⁾		유럽 설계온도 ³⁾	
	냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방
판매업	24	19	25-26	22-24	25-26	16.5-18.5	24-26	15-17.5
외식업	24	19	25-26	22-24	25-26	16.5-18.5	24-26	15-17.5
숙박업	24	20	23-25	23-25	27-28	18-20	25.5-27	18-21
병원	24	20	23-25	23-25	-	-	25.5-27	18-21
관공서	25	19	23-25	23-25	27-28	18-20	25.5-27	19-21
사무소	24	21	23-25	23-25	27-28	18-20	25.5-27	19-21
초중고등학교	24	20	23-25	23-25	27-28	18-20	25.5-27	19-21
대 학교	24	20	23-25	23-25	27-28	18-20	25.5-27	19-21

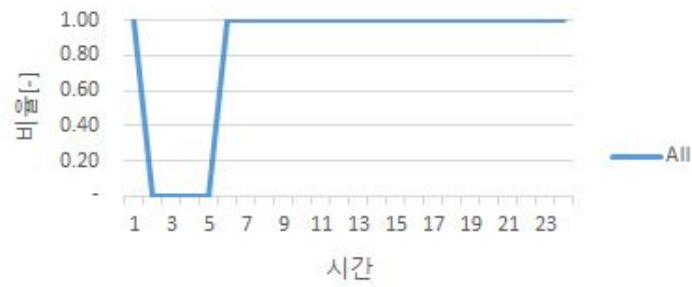
1) Carrier, Hand book of air conditioning system design

2) 일본 경제산업성 자원에너지청

3) prEN 15251:2005



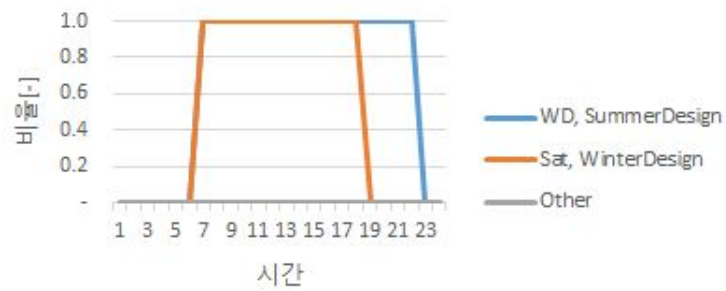
<그림 3.1.31> 판매업 냉난방 작동 스케줄



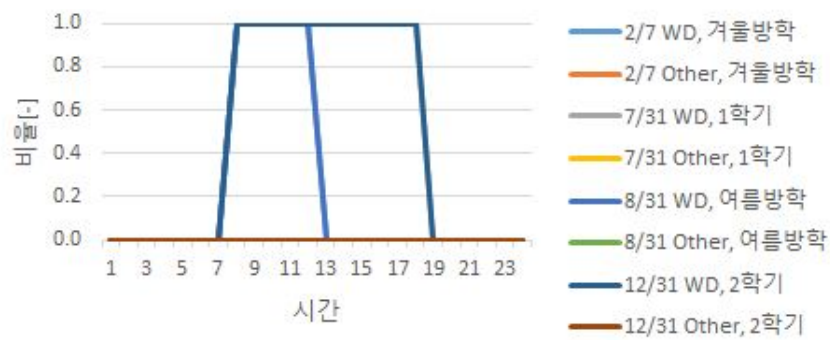
<그림 3.1.32> 판매업 냉난방 작동 스케줄



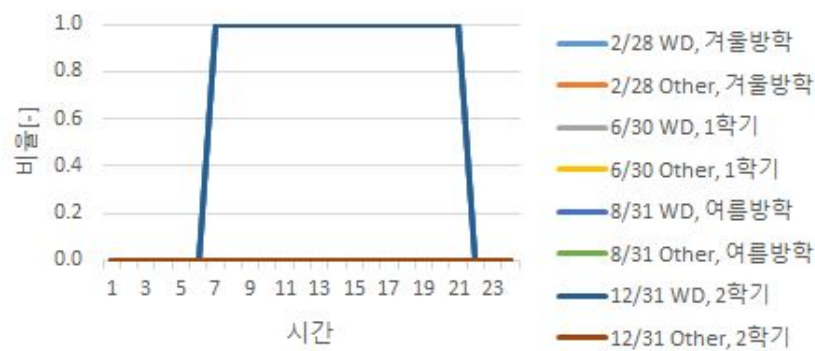
<그림 3.1.33> 숙박업/병원 냉난방 작동 스케줄



<그림 3.1.34> 사무소/관공서 냉난방 작동 스케줄



<그림 3.1.35> 초등학교 냉난방 작동 스케줄



<그림 3.1.36> 대학교 냉난방 작동 스케줄

⑨ 침기 및 환기량: 주거부분과 마찬가지로, 에너지 모델링시 가장 까다로운 부분임. 재실자의 행위, 시공오차, 개보수 등에 따라 큰 폭의 변화를 가지며 불확실성이 매우 높음. 본 연구에서 시행착오 방법으로 침기량을 보정하였고 추정된 값은 아래 표와 같음. 외식업의 경우 침기량이 다소 높게 추정되었는데, 이는 배기팬 등의 작동으로 인해 침기량이 많을 것으로 전제하였기 때문임. 병원의 경우 가압이 이루어지는 것으로 가정하여 침기량은 다소 적게 추정됨. 그 외 건물은 약 0.8-1.2 ACH 수준임.

<표 3.1.11> 상업공공부문 빈티지별 기밀성능 추정치 (ACH, 회/시간)

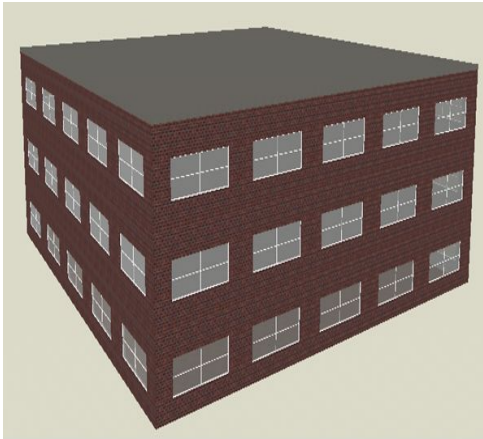
용도	LV1	LV2	LV3	LV4
판매업	1.044	0.87	0.87	0.80
외식업	2.7	2.5	2.4	2.2
숙박업	1.2	1.1	1.0	0.9
병원	0.5	0.45	0.35	0.3
관공서	1.0	0.9	0.85	0.8
사무소	1.2	1.1	1.0	0.9
초중고등학교	1.2	1.0	0.9	0.8
대학교	0.8	0.6	0.5	0.3

⑩ 열원 효율: 시뮬레이션시 건물 냉난방 에너지사용량을 계산하는 방법은 두 가지가 있음. (1) 냉동기, 냉각탑, 보일러 펌프의 성능곡선과 정격용량, 제어 등 열원 계통을 상세하게 모델링하는 방법 (2) 냉난방 효율 100%의 이상적인 시스템*을 설치하고, 소비된 에너지사용량에서 “냉난방 계통 효율”을 나누어주는 방법이 있으며 아직은 열원 시스템은 종류와 제어방법, 성능곡선, 정격 용량 등에 대한 국가 통계 자료가 없기 때문에, 본 연구에서는 2번 접근방법을 취하였음. * EnergyPlus 프로그램의 “IdealLoad air system”에서 소비한 냉난방 에너지사용량

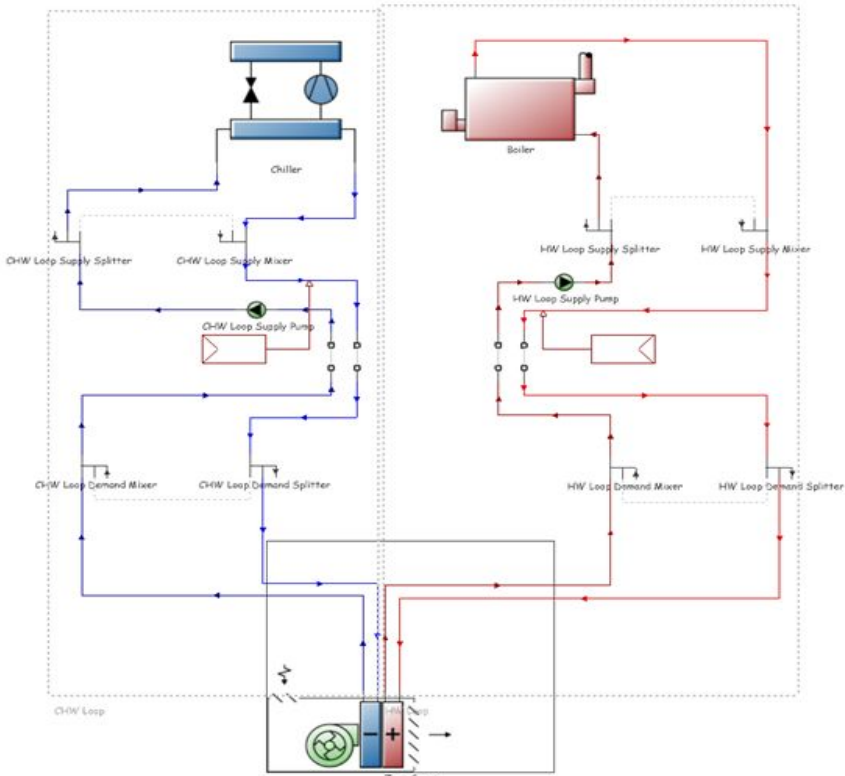
시뮬레이션을 통해 냉난방 요구량(부하)계산하고, 냉난방 열원기기(냉동기, 보일러) 효율값으로 나누어 냉난방 사용량을 추정할 수 있음. 그러나 에너지총조사보고서에서 조사한 냉난방에너지사용량은 냉난방기와 냉난방과 관련된 모터, 펌프, 냉각쿨링탑 등을 모두 포함한 냉난방 열원설비 “계통”의 에너지사용량임. 따라서 열원기기 효율이 아닌, 열원설비 “계통”의 효율로 나누어야함. 냉난방 계통 효율의 대푯값(평균값)을 추정하는 것은 매우 어려운 작업이므로, 본 연구에서는 전문가 의견(난방)과 간단한 모의실험을 통해 유추한 값(냉방)을 사용하였음. 모의실험은 일반 사무소로 가정하여 진행하였고, 냉난방 계통을 모두 모델링하였음. 냉방은 터보냉동기, 냉각탑, 펌프, FCU로 구성되며, 난방은 보일러, 펌프, FCU로 구성됨. CAV, VAV, 축열조, 흡수식냉동기 등 다양한 시스템 구성에 대한 계통 효율에 대한 후속연구가 필요함.

<표 3.1.12> 상업공공부문 빈티지별 냉난방 계통 효율 추정치

용도	LV1	LV2	LV3	LV4
냉방 계통	1.96	1.96	1.96	1.96
난방 계통	0.70	0.72	0.76	0.80



<그림 3.1.37> 건물 형상



<그림 3.1.38> 냉동기, 보일러, FCU 계통도

<표 3.1.13> 열원 계통 효율 계산을 위한 시뮬레이션 설정값 요약

항목	값	단위
창면적비	30	%
재실밀도	0.11	명/m ²
조명밀도	7.5	W/m ²
기기밀도	11.8	W/m ²
침기량	0.7	ACH
자연환기량	인당 최소외기도입량	ACH
자연환기 가동	8:00~18:00	mon-fri
벽체 Uval	0.35	Wm ² K
지붕 Uval	0.25	Wm ² K
바닥 Uval	0.25	Wm ² K
난방 설정온도	19	℃
난방 셋백온도	12	℃
냉방 설정온도	24	℃
냉방 셋백온도	28	℃
냉방 시스템 구성	냉동기, 냉각탑, 펌프, FCU	
난방 시스템 구성	보일러, 펌프, FCU	
냉동기 설계용량	212,033	W
냉동기 설계유량	0.0126	m ³ /s
냉동기 COP	5.5 및 3.5	[-]
냉동기 모델	EIR 모델 (냉수온도, 냉각수 온도, 부분부하 곡선 반영)	
보일러 설계용량	246,496	W
보일러 설계유량	0.00587	m ³ /s
보일러 효율	0.89 및 0.75	[-]
보일러 모델	기본 모델 (부분부하 곡선 반영)	

<표 3.1.14> 모의실험을 통한 냉방 열원설비 계통의 효율 계수 추정값

번호	실험 설명	효율계수	냉방부하[J]	계통에너지 ¹⁾ [J]
		= a/b	= a	= b
case1	내외주부 구분이 없는 1존 모델이며, 냉동기 COP 5.5 설정	2.66	447,021,008,191	168,088,983,881
case2	내외주부 구분이 없는 1존 모델이며, 냉동기 COP 3.5 설정	1.96²⁾	447,021,008,191	227,612,285,181
case3	내외주부 구분한 5존 모델이며, 냉동기 COP 3.5 설정	2.35	472,646,050,306	201,004,851,506
case4	내외주부 구분이 없는 1존 모델이며, 대조군으로써 IdealLoad system으로 설정	1.00	480,372,225,784	480,372,225,784

1) 냉동기+냉각탑+펌프

2) 냉동기의 정격 COP 5-6 수준이나, 실제 운영상의 COP는 그보다 더 낮기 때문에, 1.96을 냉방 계통효율값으로 사용함

2. 시뮬레이션 검증 및 결과

- 다음 표에 시뮬레이션 결과와 통계의 결과를 비교하였음. 통계 대비 시뮬레이션 결과는 다소 낮게 추정되었고, 오차율은 약 -2% ~ -27% 수준임. 가정부문의 오차가 다소 높고, 상업공공부문의 오차는 10% 내외로 건물 에너지 모델링 분야의 특성을 고려할 때 적절한 수치로 판단됨. 가정부문과 상업부문의 오차율에 차이가 있는 이유는 모델링 접근 방법의 차이 때문임.
- 가정부문의 경우 에너지총조사보고서 용도별 에너지사용량이 없기 때문에, 주거실태조사와 가전기기보급률 및 가정용 전력소비행태조사 “통계자료를 기준으로” 입력변수가 결정되었음(주거면적, 세대원수, 조명밀도, 기기밀도, 급탕량, 취사 및 동력, 스케줄, 일반동력). 반면 상업공공부문의 경우, 용도별 에너지사용량이 있기 때문에, “검증용 에너지사용량을 기준”으로 용도별로 모델 입력변수(조명밀도, 급탕량, 기기밀도, 취사량, 일반동력) 등을 결정하였음. 따라서 상업공공부문의 시뮬레이션 결과가 검증 통계 값에 좀 더 근사하게 산출됨. 상기 변수가 결정된 후, 가정부문은 침기량, 냉방 및 난방 설정온도를 가장 확실한 변수로 가정하여 시행착오 방법으로 보정하였고, 상업공공부문은 상기 변수에 재실밀도를 추가하여 보정하였음.

<표 3.1.15> 시뮬레이션과 통계값 비교

구분	건물용도	원단위 (kWh/m2)		총량 (천kWh)		총량 (천TOE)		오차율 (%)
		시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
가정	단독주택	208.4	179.9	98,938,744	85,432,352	8,507	7,346	16
	공동주택	131.6	149.7	126,584,582	143,978,702	10,884	12,380	-12
	저층형주택	146.4	200.4	20,261,734	27,730,805	1,742	2,384	-27
상업	업무용	360.3	381.2	62,685,506	66,313,816	5,390	5,702	-5
	판매업	341.6	358.6	46,634,790	48,958,258	4,010	4,210	-5
	외식업	559.5	591.1	42,932,810	45,360,777	3,692	3,900	-5
	숙박업	329.3	339.1	15,075,659	15,523,667	1,296	1,335	-3
	병원	250.5	264.0	11,045,071	11,638,621	950	1,001	-5
공공	관공서	216.2	221.0	6,225,346	6,361,222	535	547	-2
	대학	137.9	150.7	4,793,448	5,237,396	412	450	-8
	초중고	142.5	164.9	11,808,772	13,666,764	1,015	1,175	-14

가. 가정부문

① 단독주택

- 다음은 빈티지별 연면적과 시뮬레이션 결과, 통계값을 보여줌. 에너지총조사보고서의 가정부문은 건물 빈티지별 통계자료가 없고, 총 합계만 있으므로 해당값으로 시뮬레이션 오차를 검토하였음. 표준모델 시뮬레이션 결과는 약 8,507 천TOE이며, 통계값은 7,345 천TOE으로써, 통계 대비 약 16% 높게 계산됨.
(=[8,507 - 7,345]/7,345) 수준임

<표 3.1.16> 단독주택 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2y]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
단독주택 (빈티지 1)	163,790,882	냉방	1.5	n/a	242,444,857	n/a	20,847	n/a	
		난방	137.9		22,586,786,463		1,942,114		
		급탕	46.3		7,578,841,902		651,663		
		동력	12.6		2,055,813,620		176,768		
		조명	4.2		686,491,053		59,028		
		가전	21.6		3,531,661,450		303,668		
		취사	13.3		2,176,743,833		187,166		
		계	237.2		38,858,783,179		3,341,254		
단독주택 (빈티지 2)	81,960,076	냉방	1.4	n/a	117,769,800	n/a	10,126	n/a	
		난방	105.9		8,681,390,635		746,465		
		급탕	44.6		3,658,561,881		314,580		
		동력	12.6		1,028,718,073		88,454		
		조명	4.2		343,516,429		29,537		
		가전	21.6		1,767,224,386		151,954		
		취사	13.3		1,089,230,901		93,657		
		계	203.6		16,686,412,106		1,434,773		
단독주택 (빈티지 3)	154,815,270	냉방	1.4	n/a	222,016,399	n/a	19,090	n/a	
		난방	99.2		15,359,962,839		1,320,719		
		급탕	43.6		6,751,830,332		580,553		
		동력	12.6		1,943,156,645		167,081		
		조명	4.2		648,871,881		55,793		
		가전	21.6		3,338,129,170		287,027		
		취사	13.3		2,057,459,977		176,910		
		계	195.9		30,321,427,242		2,607,173		
단독주택 (빈티지 4)	74,215,743	냉방	1.5	n/a	111,708,996	n/a	9,605	n/a	
		난방	80.4		5,967,313,373		513,097		
		급탕	42.6		3,163,974,768		272,053		
		동력	12.6		931,515,439		80,096		
		조명	4.2		311,057,874		26,746		
		가전	21.6		1,600,240,962		137,596		
		취사	13.3		986,310,464		84,807		
		계	176.1		13,072,121,876		1,124,000		
단독주택 (합계)	474,781,971	냉방	1.5	n/a	693,940,052	n/a	59,668	n/a	
		난방	110.8		52,595,453,311		4,522,395		
		급탕	44.6		21,153,208,884		1,818,849		
		동력	12.6		5,959,203,776		512,399		
		조명	4.2		1,989,937,238		171,104		
		가전	21.6		10,237,255,967		880,246		
		취사	13.3		6,309,745,175		542,540		
		계	208.4		142,989,938,744,403		67,423,784,449		
									16

② 공동주택

○ 다음 표는 공동주택 시뮬레이션 결과와 에너지 통계간의 차이를 보여줌. 전술한 바와 같이, 총 합계에 대한 통계만 있으므로 총 합으로 오차를 검토함. 표준모델 시뮬레이션 결과는 약 10,884 천TOE이며, 통계값은 12,379 천TOE으로써, 표준모델은 통계값 대비 약 12% $(=[10,884-12,379]/12,379)$ 정도 낮게 계산됨.

<표 3.1.17> 공동주택 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m ²]	용도	에너지사용량 [kWh/m ² ·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
공동주택 (빈티지 1)	53,675,519	냉방	2	n/a	93,722,434	n/a	8,059	n/a	
		난방	68		3,636,109,576		312,649		
		급탕	38		2,052,093,683		176,448		
		동력	13		720,468,830		61,949		
		조명	4		239,803,857		20,619		
		가전	19		1,015,122,976		87,285		
		취사	14		762,620,557		65,574		
		계	159		8,519,941,914		732,583		
공동주택 (빈티지 2)	134,875,538	냉방	2	n/a	254,721,977	n/a	21,902	n/a	
		난방	49		6,609,979,468		568,356		
		급탕	37		5,039,296,364		433,301		
		동력	13		1,810,389,968		155,666		
		조명	4		602,577,765		51,812		
		가전	19		2,550,795,225		219,329		
		취사	14		1,916,308,587		164,773		
		계	139		18,784,069,353		1,615,139		
공동주택 (빈티지 3)	426,352,036	냉방	2	n/a	820,685,604	n/a	70,566	n/a	
		난방	45		19,079,140,219		1,640,511		
		급탕	37		15,575,615,376		1,339,262		
		동력	13		5,722,783,094		492,071		
		조명	4		1,904,795,047		163,783		
		가전	19		8,063,261,534		693,316		
		취사	14		6,057,600,064		520,860		
		계	134		57,223,880,939		4,920,368		
공동주택 (빈티지 4)	346,764,774	냉방	2	n/a	747,182,080	n/a	64,246	n/a	
		난방	32		11,228,138,670		965,446		
		급탕	36		12,392,716,890		1,065,582		
		동력	13		4,654,509,463		400,216		
		조명	4		1,549,226,387		133,209		
		가전	19		6,558,090,093		563,894		
		취사	14		4,926,826,049		423,631		
		계	121		42,056,689,632		3,616,224		
공동주택 (합계)	961,667,867	냉방	2	n/a	1,916,312,095	n/a	164,773	n/a	
		난방	42		40,553,367,933		3,486,962		
		급탕	36		35,059,722,314		3,014,593		
		동력	13		12,908,151,355		1,109,901		
		조명	4		4,296,403,056		369,424		
		가전	19		18,187,269,828		1,563,824		
		취사	14		13,663,355,257		1,174,837		
		계	132	150	126,584,581,838	143,978,702,200	10,884,315	12,379,940	오차율(%)
									-12

③ 저층형주택

- 전술한 바와 같이, 가정부문은 총 합의 통계만 있으므로 해당 값으로 시물레이션 오차를 검토함. 표준모델 시물레이션 결과는 약 1,742 천TOE이며, 통계값은 2,384 천TOE임. 통계값 대비 약 -27% ($= [1,742 - 2,384] / 2,384$) 정도 낮게 계산됨. 현 시점에서는 용도별 에너지사용량에 대한 통계값이 없으므로, 용도별 시물레이션 값의 많고 적음을 판단할 수 없는 상황임. 모델의 추가보정은 용도별 통계값이 마련된 후 가능할 것으로 판단됨

<표 3.1.18> 저층형 시물레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시물레이션	통계	시물레이션	통계	시물레이션	통계	
저층형 (빈티지1)	10,913,817	냉방	2	n/a	16,475,004	n/a	1,417	n/a	
		난방	83		905,509,676		77,860		
		급탕	38		417,115,513		35,865		
		동력	2		22,949,461		1,973		
		조명	4		48,743,344		4,191		
		가전	19		206,337,335		17,742		
		취사	24		258,717,315		22,246		
		계	172		1,875,847,648		161,294		
저층형 (빈티지 2)	27,193,332	냉방	2	n/a	43,104,752	n/a	3,706	n/a	
		난방	63		1,719,951,058		147,889		
		급탕	37		1,015,682,288		87,333		
		동력	2		57,181,857		4,917		
		조명	4		121,450,996		10,443		
		가전	19		514,118,905		44,206		
		취사	24		644,631,098		55,428		
		계	151		4,116,120,955		353,923		
저층형 (빈티지 3)	72,305,389	냉방	2	n/a	116,345,950	n/a	10,004	n/a	
		난방	59		4,243,829,177		364,904		
		급탕	37		2,640,622,284		227,053		
		동력	2		152,043,023		13,073		
		조명	4		322,930,692		27,767		
		가전	19		1,367,010,392		117,542		
		취사	24		1,714,034,247		147,380		
		계	146		10,556,815,764		907,723		
저층형 (빈티지 4)	27,991,528	냉방	2	n/a	49,463,853	n/a	4,253	n/a	
		난방	46		1,286,808,116		110,646		
		급탕	36		1,000,038,927		85,988		
		동력	2		58,860,295		5,061		
		조명	4		125,015,903		10,749		
		가전	19		529,209,651		45,504		
		취사	24		663,552,721		57,055		
		계	133		3,712,949,466		319,256		
저층형 (합계)	138,404,066	냉방	2	n/a	225,389,559	n/a	19,380	n/a	
		난방	59		8,156,098,027		701,298		
		급탕	37		5,073,459,013		436,239		
		동력	2		291,034,635		25,024		
		조명	4		618,140,935		53,151		
		가전	19		2,616,676,284		224,994		
		취사	24		3,280,935,381		282,110		
		계	146		20,261,733,834		1,742,196		
								오차율(%)	
								-27	

④ 용도별 에너지사용 비율 검토

- 이성근 (2010) 문헌을 통해, 표준모델의 에너지 용도별 사용비율의 적절성 대해 교차검토가 가능함. 문헌값과 비교시 냉방, 취사가 다소 낮게 추정되었고, 난방이 다소 높게 추정되었으나, 전반적인 비율은 적절한 것으로 판단됨. 보다 정확한 검증을 위해선, 가정부문 용도별 에너지 사용량에 대한 통계를 확보(마련)한 뒤, 비교 검토하는 것이 바람직함.

<표 3.1.19> 가정부문 표준모델의 용도별 에너지 사용비율과 문헌값 비교 (%)

구분	표준모델			문헌 값 (이성근 2010)				
	단독주택	공동주택	저층형주택	1990년	1995년	2000년	2005년	2008년
난방	53.2	32.0	40.3	66.3	59.9	53.9	47.1	44.2
냉방	0.7	1.5	1.1	0.2	0.5	1.1	1.5	2
급탕	21.4	27.7	25.0	16.6	20	23.1	25.4	23.8
취사	6.4	10.8	16.2	8	7.7	8.1	8.1	9
조명	2.0	3.4	3.1	0.8	0.8	1.1	1.4	1.7
전기기기	16.4	24.6	14.4	8.1	11.1	12.7	16.5	19.2
합계	100	100	100	100	100	100	100	100

나. 상업공공부문

- 상업공공부문은 에너지총조사보고서에 난방 및 급탕과 취사 및 기기가 묶여 조사되어 있음. 따라서 3장1절 다단락에서 제안한 방법에 의해 각 에너지를 분리하였고 이를 기준으로 시뮬레이션 결과와 비교하였음. 다음 표는 상업공공부문 표준모델의 통계 대비 시뮬레이션 오차율(=[시뮬레이션값-통계값]/통계값)을 보여줌. 난방 부분의 오차율이 비교적 크며, 모두 음수(시뮬레이션 값이 다 작게 예측함)로 나타났음. 한편 대학 난방 에너지사용량 오차율은 -35%로 가장 크며, 모델의 결과 해석에 주의가 필요함
- 모델 난방 에너지 사용량을 증가시키기 위해선, (1) 내부발열의 증가, (2) 침기량 증가 (3) 난방계통 효율값 감소, 세 가지 방법을 고려할 수 있음. (1)번의 경우, 조명 및 가전 오차율이(외식, 숙박업 제외) 비교적 작기 때문에, 내부발열을 증가시키는 접근은 후순위가 됨. 한편 (2)번의 경우, 겨울철이 여름철에 비해 침기량이 월등히 높으며, 난방 에너지 오차율이 적은 수준임을 감안할 때, 최종 보정된 침기량은 적절한 것으로 보임. 마지막으로 (3)번 경우가 유력하며, 난방계통 효율값 (2.0) 보다 낮은 값이 적절할 것으로 판단됨. 시뮬레이션 결과 및 통계값에 대한 상세한 내용은 후술됨

<표 3.1.20> 상업공공부문 표준모델 오차율

용도	업무용	판매업	외식업	숙박업	병원	관공서	대학	초중고	절대값 평균*
난방	-8%	-16%	-13%	-12%	-14%	-19%	-35%	-23%	18%
급탕	-6%	1%	1%	-6%	-1%	-6%	-5%	-5%	4%
동력	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%
조명	1%	7%	3%	-5%	0%	6%	20%	14%	7%
가전	0%	0%	-6%	-5%	5%	2%	-4%	-2%	3%
취사	1%	2%	-3%	15%	1%	2%	1%	1%	3%
합계	-5%	-5%	-5%	-3%	-5%	-2%	-8%	-14%	6%

* 오차율 절대값에 대한 평균치

① 판매업

- 빈티지별 연면적과 시뮬레이션 결과, 통계값이 다음 표에 나타나 있음. 에너지 총조사보고서에는 건물 빈티지별 통계자료가 없으며, 용도별 에너지 총 사용량이 있으므로 해당 값으로 시뮬레이션 오차를 검토하였음. 냉방 에너지는 -16%으로 다소 낮게 계산되었으나, 그 외 용도의 에너지사용량 오차율은 -3%~7%, 총 사용량 오차율은 -5%으로 표준모델 정확도는 적절한 수준임

<표 3.1.21> 판매업 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
판 매 업 (빈티지 1)	14,671,300	냉방	85	n/a	1,252,723,799	n/a	107,715	n/a	
		난방	193		2,828,888,959		243,241		
		급탕	11		162,112,947		13,939		
		동력	40		581,386,730		49,990		
		조명	42		616,655,834		53,023		
		가전	29		426,360,850		36,660		
		취사	2		22,423,625		1,928		
		계	402		5,890,552,744		506,496		
판 매 업 (빈티지 2)	10,525,650	냉방	90	n/a	947,713,707	n/a	81,489	n/a	
		난방	136		1,434,181,762		123,317		
		급탕	11		113,074,212		9,723		
		동력	40		417,105,044		35,865		
		조명	42		442,408,204		38,040		
		가전	29		305,884,624		26,301		
		취사	2		16,087,411		1,383		
		계	349		3,676,454,964		316,118		
판 매 업 (빈티지 3)	65,152,493	냉방	90	n/a	5,866,232,553	n/a	504,405	n/a	
		난방	129		8,410,178,492		723,145		
		급탕	10		663,077,954		57,014		
		동력	40		2,581,829,481		221,997		
		조명	42		2,738,452,960		235,465		
		가전	29		1,893,388,611		162,802		
		취사	2		99,579,115		8,562		
		계	342		22,252,739,165		1,913,391		
판 매 업 (빈티지 4)	46,160,925	냉방	94	n/a	4,336,214,349	n/a	372,847	n/a	
		난방	105		4,851,043,192		417,115		
		급탕	10		446,304,904		38,375		
		동력	40		1,829,241,392		157,286		
		조명	42		1,940,210,050		166,828		
		가전	29		1,341,476,981		115,346		
		취사	2		70,552,390		6,066		
		계	321		14,815,043,257		1,273,864		
판 매 업 (합계)	136,510,368	냉방	91	n/a	12,402,884,408	14,707,894,619	1,066,456	1,264,651	-16%
		난방	128		17,524,292,404	17,994,933,946	1,506,818	1,547,286	-3%
		급탕	10		1,384,570,016	1,371,205,433	119,052	117,902	1%
		동력	40		5,409,562,647	5,333,348,202	465,139	458,585	1%
		조명	42		5,737,727,047	5,373,341,446	493,356	462,024	7%
		가전	29		3,967,111,066	3,971,977,889	341,110	341,529	0%
		취사	2		208,642,541	205,556,490	17,940	17,675	2%
		계	342	359	46,634,790,130	48,958,258,025	4,009,870	4,209,652	-5%

② 외식업

- 총 사용량 오차율은 -5%, 용도별 오차율은 냉방이 -13%으로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 -7%~3%으로 나타남. 표준모델의 정확도는 적절한 수준임

<표 3.1.22> 외식업 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
외 식 업 (빈티지 1)	8,246,878	냉방	115	n/a	950,158,902	n/a	81,699	n/a	
		난방	169		1,395,915,234		120,027		
		급탕	33		269,024,680		23,132		
		동력	4		33,552,882		2,885		
		조명	90		743,020,142		63,888		
		가전	23		188,340,560		16,194		
		취사	188		1,550,633,414		133,330		
		계	622		5,130,645,816		441,156		
외 식 업 (빈티지 2)	5,916,568	냉방	120	n/a	712,618,261	n/a	61,274	n/a	
		난방	117		694,088,679		59,681		
		급탕	32		187,645,415		16,135		
		동력	4		24,071,886		2,070		
		조명	90		533,065,870		45,835		
		가전	23		135,121,404		11,618		
		취사	188		1,112,472,870		95,655		
		계	575		3,399,084,386		292,269		
외 식 업 (빈티지 3)	36,622,839	냉방	121	n/a	4,433,215,465	n/a	381,188	n/a	
		난방	104		3,799,180,307		326,671		
		급탕	30		1,100,370,679		94,615		
		동력	4		149,002,058		12,812		
		조명	90		3,299,613,145		283,716		
		가전	23		836,385,115		71,916		
		취사	188		6,886,072,267		592,096		
		계	560		20,503,839,036		1,763,013		
외 식 업 (빈티지 4)	25,947,497	냉방	126	n/a	3,259,562,846	n/a	280,272	n/a	
		난방	76		1,984,269,467		170,616		
		급탕	29		740,638,148		63,683		
		동력	4		105,568,835		9,077		
		조명	90		2,337,795,335		201,014		
		가전	23		592,583,777		50,953		
		취사	188		4,878,822,734		419,503		
		계	536		13,899,241,141		1,195,120		
외 식 업 (합계)	76,733,782	냉방	122	n/a	9,355,555,475	10,763,868,543	804,433	925,526	-13%
		난방	103		7,873,453,687	8,506,678,303	676,995	731,443	-7%
		급탕	30		2,297,678,922	2,269,450,288	197,565	195,138	1%
		동력	4		312,195,661	308,364,798	26,844	26,515	1%
		조명	90		6,913,494,493	6,739,818,763	594,454	579,520	3%
		가전	23		1,752,430,856	2,539,555,473	150,682	159,985	-6%
		취사	188		14,428,001,285	14,233,040,958	1,240,585	1,282,199	-3%
		계	560	591	42,932,810,379	45,360,777,126	3,691,557	3,900,325	-5%

③ 숙박업

- 총 사용량 오차율은 - 3%, 용도별 오차율은 취사가 15%으로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 - 6%~1%으로 나타남. 난방 에너지 사용량 예측은 상당히 정확한 편이며, 표준모델의 정확도는 적절한 수준임

<표 3.1.23> 숙박업 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
숙박업 (빈티지 1)	4,920,721	냉방	60	n/a	294,510,839	n/a	25,323	n/a	
		난방	259		1,276,248,341		109,738		
		급탕	26		129,691,277		11,151		
		동력	8		39,030,519		3,356		
		조명	36		176,632,172		15,188		
		가전	10		47,689,582		4,101		
		취사	25		122,994,431		10,576		
		계	424		2,086,797,160		179,432		
숙박업 (빈티지 2)	3,530,279	냉방	64	n/a	224,504,686	n/a	19,304	n/a	
		난방	193		682,139,757		58,653		
		급탕	26		90,460,003		7,778		
		동력	8		28,001,714		2,408		
		조명	36		126,721,439		10,896		
		가전	10		34,213,996		2,942		
		취사	25		88,240,048		7,587		
		계	361		1,274,281,643		109,568		
숙박업 (빈티지 3)	21,852,000	냉방	65	n/a	1,409,470,168	n/a	121,193	n/a	
		난방	161		3,525,292,382		303,121		
		급탕	24		530,466,134		45,612		
		동력	8		173,327,221		14,903		
		조명	36		784,390,380		67,445		
		가전	10		211,780,499		18,210		
		취사	25		546,195,222		46,964		
		계	329		7,180,922,007		617,448		
숙박업 (빈티지 4)	15,482,271	냉방	67	n/a	1,042,803,060	n/a	89,665	n/a	
		난방	124		1,918,230,022		164,938		
		급탕	23		357,046,468		30,700		
		동력	8		122,803,359		10,559		
		조명	36		555,745,215		47,785		
		가전	10		150,047,734		12,902		
		취사	25		386,982,539		33,275		
		계	293		4,533,658,397		389,824		
숙박업 (합계)	45,785,271	냉방	65	n/a	2,971,288,753	3,383,875,267	255,485	290,961	-12%
		난방	162		7,401,910,502	7,423,063,233	636,450	638,269	0%
		급탕	24		1,107,663,882	1,174,703,655	95,242	101,006	-6%
		동력	8		363,162,813	358,097,004	31,226	30,791	1%
		조명	36		1,643,489,206	1,721,862,205	141,315	148,054	-5%
		가전	10		443,731,812	333,225,709	38,154	40,315	-5%
		취사	25		1,144,412,239	1,128,839,741	98,402	85,400	15%
		계	329	339	15,075,659,207	15,523,666,814	1,296,273	1,334,795	-3%

④ 병원

- 총 사용량 오차율은 -5%, 용도별 오차율은 냉방이 -14%로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 -8%~5%으로 나타남. 표준모델의 정확도는 적절한 수준임

<표 3.1.24> 병원 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
병원 (빈티지 1)	4,738,823	냉방	54	n/a	257,932,305	n/a	22,178	n/a	
		난방	137		647,825,745		55,703		
		급탕	19		87,678,796		7,539		
		동력	19		90,932,847		7,819		
		조명	19		91,909,977		7,903		
		가전	43		202,100,080		17,377		
		취사	22		102,478,899		8,812		
		계	312		1,480,858,649		127,331		
병원 (빈티지 2)	3,399,780	냉방	57	n/a	194,701,260	n/a	16,741	n/a	
		난방	94		319,875,396		27,504		
		급탕	18		61,156,194		5,258		
		동력	19		65,238,072		5,609		
		조명	19		65,939,095		5,670		
		가전	43		144,992,925		12,467		
		취사	22		73,521,571		6,322		
		계	272		925,424,513		79,572		
병원 (빈티지 3)	21,044,225	냉방	59	n/a	1,236,521,637	n/a	106,322	n/a	
		난방	69		1,453,212,926		124,954		
		급탕	17		358,625,754		30,836		
		동력	19		403,815,737		34,722		
		조명	19		408,154,984		35,095		
		가전	43		897,488,585		77,170		
		취사	22		455,089,589		39,131		
		계	248		5,212,909,212		448,230		
병원 (빈티지 4)	14,909,957	냉방	62	n/a	919,968,924	n/a	79,103	n/a	
		난방	49		730,930,337		62,849		
		급탕	16		241,384,030		20,755		
		동력	19		286,105,821		24,601		
		조명	19		289,180,203		24,865		
		가전	43		635,875,933		54,675		
		취사	22		322,433,646		27,724		
		계	230		3,425,878,894		294,573		
병원 (합계)	44,092,785	냉방	59	n/a	2,609,124,125	3,039,956,396	224,344	261,389	-14%
		난방	71		3,151,844,405	3,422,057,016	271,010	294,244	-8%
		급탕	17		748,844,774	756,042,528	64,389	65,008	-1%
		동력	19		846,092,478	834,626,950	72,751	71,765	1%
		조명	19		855,184,259	858,424,256	73,533	73,811	0%
		가전	43		1,880,457,522	1,786,949,578	161,690	153,650	5%
		취사	22		953,523,706	940,564,542	81,988	80,874	1%
		계	250		264	11,045,071,268	11,638,621,267	949,705	1,000,741

⑤ 관공서

- 총 사용량 오차율은 -2%, 용도별 오차율은 냉방이 -19%로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 -6%~7%으로 나타남. 표준모델의 정확도는 적절한 수준임

<표 3.1.25> 관공서 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
관 공 서 (빈티지 1)	3,094,054	냉방	46	n/a	142,609,652	n/a	12,262	n/a	
		난방	108		332,906,797		28,625		
		급탕	8		24,565,394		2,112		
		동력	11		34,983,515		3,008		
		조명	23		69,713,092		5,994		
		가전	52		160,886,294		13,834		
		취사	1		2,199,100		189		
		계	248		767,863,844		66,024		
관 공 서 (빈티지 2)	2,219,771	냉방	49	n/a	108,154,210	n/a	9,300	n/a	
		난방	82		181,843,712		15,636		
		급탕	8		17,134,426		1,473		
		동력	11		25,098,266		2,158		
		조명	23		50,014,350		4,300		
		가전	52		115,424,854		9,925		
		취사	1		1,577,703		136		
		계	225		499,247,521		42,928		
관 공 서 (빈티지 3)	13,740,115	냉방	49	n/a	675,917,669	n/a	58,118	n/a	
		난방	73		996,342,820		85,670		
		급탕	7		100,477,927		8,640		
		동력	11		155,355,244		13,358		
		조명	23		309,582,799		26,619		
		가전	52		714,465,935		61,433		
		취사	1		9,765,790		840		
		계	216		2,961,908,184		254,678		
관 공 서 (빈티지 4)	9,734,952	냉방	51	n/a	499,090,349	n/a	42,914	n/a	
		난방	60		587,072,812		50,479		
		급탕	7		67,629,740		5,815		
		동력	11		110,070,101		9,464		
		조명	23		219,341,227		18,860		
		가전	52		506,203,302		43,526		
		취사	1		6,919,119		595		
		계	205		1,996,326,650		171,653		
관 공 서 (합계)	28,788,892	냉방	50	n/a	1,425,771,880	1,755,799,708	122,594	150,972	-19%
		난방	73		2,098,166,142	1,962,905,624	180,410	168,780	7%
		급탕	7		209,807,487	222,208,717	18,040	19,107	-6%
		동력	11		325,507,126	321,090,344	27,989	27,609	1%
		조명	23		648,651,467	609,135,206	55,774	52,376	6%
		가전	52		1,496,980,384	1,469,928,959	128,717	126,391	2%
		취사	1		20,461,712	20,153,161	1,759	1,733	2%
		계	216	221	6,225,346,198	6,361,221,719	535,283	546,967	-2%

⑥ 사무소

- 총 사용량 오차율은 -5%, 용도별 오차율은 난방이 -13%로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 -8%~1%으로 나타남. 난방 에너지의 오차율이 큰것은 겨울철 침기량과 실내 난방온도가 다소 낮게 설정되었기 때문으로 판단됨. 전반적인 오차율을 고려할 때, 표준모델의 정확도는 적절한 수준임

<표 3.1.26> 사무소 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
사무소 (빈티지 1)	18,696,140	냉방	80	n/a	1,495,239,942	n/a	128,567	n/a	
		난방	133		2,491,681,769		214,246		
		급탕	12		233,654,136		20,091		
		동력	45		846,769,338		72,809		
		조명	51		962,079,673		82,724		
		가전	61		1,148,006,820		98,711		
		취사	12		216,387,536		18,606		
		계	395		7,393,819,213		635,754		
사무소 (빈티지 2)	13,413,196	냉방	84	n/a	1,132,825,990	n/a	97,406	n/a	
		난방	100		1,347,259,594		115,843		
		급탕	12		162,974,379		14,013		
		동력	45		607,498,826		52,235		
		조명	51		690,226,069		59,349		
		가전	61		823,616,024		70,818		
		취사	12		155,243,191		13,349		
		계	367		4,919,644,073		423,013		
사무소 (빈티지 3)	83,026,054	냉방	86	n/a	7,130,619,493	n/a	613,123	n/a	
		난방	102		8,472,951,276		728,543		
		급탕	12		955,697,316		82,175		
		동력	45		3,760,343,942		323,331		
		조명	51		4,272,415,530		367,362		
		가전	61		5,098,083,146		438,356		
		취사	12		960,936,494		82,626		
		계	369		30,651,047,198		2,635,516		
사무소 (빈티지 4)	58,824,448	냉방	90	n/a	5,269,529,018	n/a	453,098	n/a	
		난방	65		3,824,097,176		328,813		
		급탕	11		643,261,315		55,311		
		동력	45		2,664,225,818		229,082		
		조명	51		3,027,031,553		260,278		
		가전	61		3,612,021,920		310,578		
		취사	12		680,829,163		58,541		
		계	335		19,720,995,964		1,695,700		
사무소 (합계)	173,959,838	냉방	86	n/a	15,028,214,443	16,278,696,463	1,292,194	1,399,716	-8%
		난방	93		16,135,989,815	18,623,117,918	1,387,445	1,601,300	-13%
		급탕	11		1,995,587,146	2,118,121,026	171,590	182,126	-6%
		동력	45		7,878,837,924	7,772,873,239	677,458	668,347	1%
		조명	51		8,951,752,826	8,875,645,490	769,712	763,168	1%
		가전	61		10,681,727,910	10,658,654,369	918,463	916,479	0%
		취사	12		2,013,396,384	1,986,707,429	173,121	170,826	1%
		계	360	381	62,685,506,448	66,313,815,934	5,389,983	5,701,962	-5%

⑦ 초중고등학교

○ 총 사용량 오차율은 -14%, 용도별 오차율은 냉난방은 -22~-23%로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 -5%~14%으로 나타남. 냉난방의 오차의 경우 시뮬레이션 값이 실제 에너지사용량보다 작는데, 이는 불확실한 침기량 또는 냉난방 효율계수의 영향보다는 방학기간의 보충학습이나 기타 학습으로 인한 학교 운영을 반영하지 못했기 때문으로 판단됨 (초중고 겨울방학과 여름방학: 1.1~2.7, 7.31~8.31; 대학교 겨울방학과 여름방학: 1.1~2.28, 6.30~8.31으로 설정함). 상기 요인에 의한 오차를 고려하여 표준모델을 활용하는 것이 바람직함.

<표 3.1.27> 초중고 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
초 중 고 (빈티지 1)	8,906,740	냉방	13	n/a	114,803,418	n/a	9,871	n/a	
		난방	104		924,811,727		79,519		
		급탕	7		62,019,272		5,333		
		동력	13		114,407,401		9,837		
		조명	17		154,082,707		13,249		
		가전	12		111,184,438		9,560		
		취사	8		71,783,754		6,172		
		계	174		1,553,092,718		133,542		
초 중 고 (빈티지 2)	6,389,974	냉방	14	n/a	89,614,287	n/a	7,705	n/a	
		난방	81		520,474,764		44,753		
		급탕	7		43,258,606		3,720		
		동력	13		82,079,450		7,058		
		조명	17		110,543,756		9,505		
		가전	12		79,767,195		6,859		
		취사	8		51,499,912		4,428		
		계	153		977,237,971		84,027		
초 중 고 (빈티지 3)	39,553,165	냉방	14	n/a	565,530,983	n/a	48,627	n/a	
		난방	71		2,789,981,154		239,895		
		급탕	6		253,672,609		21,812		
		동력	13		508,061,851		43,685		
		조명	17		684,252,458		58,835		
		가전	12		493,749,277		42,455		
		취사	8		318,778,216		27,410		
		계	142		5,614,026,547		482,719		
초 중 고 (빈티지 4)	28,023,650	냉방	15	n/a	429,485,369	n/a	36,929	n/a	
		난방	59		1,643,744,634		141,337		
		급탕	6		170,742,108		14,681		
		동력	13		359,964,809		30,951		
		조명	17		484,796,891		41,685		
		가전	12		349,824,266		30,079		
		취사	8		225,856,240		19,420		
		계	131		3,664,414,318		315,083		
초 중 고 (합계)	82,873,529	냉방	14	n/a	1,199,434,058	1,567,556,029	103,133	134,786	-23%
		난방	71		5,879,012,279	7,513,072,431	505,504	646,008	-22%
		급탕	6		529,692,595	559,130,381	45,545	48,077	-5%
		동력	13		1,064,513,511	1,045,572,074	91,532	89,903	2%
		조명	17		1,433,675,812	1,262,968,248	123,274	108,596	14%
		가전	12		1,034,525,176	1,059,529,639	88,953	91,103	-2%
		취사	8		667,918,122	658,935,355	57,431	56,658	1%
		계	142	165	11,808,771,554	13,666,764,156	1,015,372	1,175,130	-14%

⑧ 대학교

- 총 사용량 오차율은 -8%, 용도별 오차율은 냉방이 -35%로 가장 크고, 그 외 용도에 대한 오차율은 -5%~20%으로 나타남. 냉방에너지 사용에 대한 오차가 상당하므로 상기 요인을 고려하여 표준모델을 활용하는 것이 바람직함.

<표 3.1.28> 대학교 시뮬레이션 결과와 통계값 비교

빈티지 구분	연면적 [m2]	용도	에너지사용량 [kWh/m2·a]		에너지사용량 [kWh/a]		에너지사용량 [TOE/a]		
			시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	시뮬레이션	통계	
대학 (빈티지 1)	3,735,304	냉방	22	n/a	81,612,241	n/a	7,017	n/a	
		난방	90		334,816,369		28,789		
		급탕	6		23,799,683		2,046		
		동력	15		57,519,118		4,946		
		조명	22		82,001,220		7,051		
		가전	20		72,958,588		6,273		
		취사	5		17,763,769		1,527		
		계	179		670,470,988		57,650		
대학 (빈티지 2)	2,679,824	냉방	24	n/a	65,058,976	n/a	5,594	n/a	
		난방	60		159,518,550		13,716		
		급탕	6		16,600,342		1,427		
		동력	15		41,266,016		3,548		
		조명	22		58,830,242		5,058		
		가전	20		52,342,775		4,501		
		취사	5		12,744,284		1,096		
		계	152		406,361,184		34,941		
대학 (빈티지 3)	16,587,785	냉방	25	n/a	418,466,905	n/a	35,982	n/a	
		난방	46		768,873,325		66,111		
		급탕	6		97,345,990		8,370		
		동력	15		255,431,624		21,963		
		조명	22		364,152,049		31,311		
		가전	20		323,995,417		27,859		
		취사	5		78,885,568		6,783		
		계	139		2,307,150,877		198,379		
대학 (빈티지 4)	11,752,544	냉방	29	자료 없음	339,147,386	n/a	29,161	n/a	
		난방	24		280,373,294		24,108		
		급탕	6		65,521,700		5,634		
		동력	15		180,974,819		15,561		
		조명	22		258,003,885		22,184		
		가전	20		229,552,674		19,738		
		취사	5		55,890,893		4,806		
		계	120		1,409,464,652		121,192		
대학 (합계)	34,755,457	냉방	26	n/a	904,285,508	1,395,444,111	77,755	119,987	-35%
		난방	44		1,543,581,538	1,594,607,845	132,724	137,112	-3%
		급탕	6		203,267,715	214,281,680	17,478	18,425	-5%
		동력	15		535,191,577		46,018	45,388	1%
		조명	22		762,987,396	637,618,658	65,605	54,825	20%
		가전	20		678,849,454		58,371	60,581	-4%
		취사	5		165,284,513	163,021,247	14,212	14,017	1%
		계	138	151	4,793,447,701	4,004,973,541	412,162	450,335	-8%

다. 스케일 계수 적용

○ 개발된 표준모델은 적절한 보정작업을 통해 작성되었고 표 3.1.15, 표 3.1.20에서 보듯이 허용할만한 수준의 오차율이 나타남. 그러나 추후 비용분석, 정책 시나리오 분석 등과 같은 응용 상황을 고려하여 시뮬레이션 결과를 통계값에 일치시키는 작업을 수행함. 본 연구에서는 각 표준모델에서 계산된 예측값에 스케일 계수를 곱하여 잔여 오차율을 0%으로 맞추었음. 여기서, 스케일 계수는 $\alpha = E_{obs}/E_{pre}$ 로 계산되며, 예측값(E_{pre}) 대비 관측값(E_{obs})의 비율임. 아래 표는 적용된 스케일 계수를 보여줌

<표 3.1.29> 에너지 사용 용도별 스케일 계수

구분	건물용도	냉방	난방	급탕	동력	조명	가전	취사	총합
가정	단독주택	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.86
	공동주택	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1.14
	저층형주택	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1.37
상업	업무용	1.08	1.15	1.06	0.99	0.99	1.00	0.99	1.06
	판매업	1.19	1.03	0.99	0.99	0.94	1.00	0.99	1.05
	외식업	1.15	1.08	0.99	0.99	0.97	1.06	1.03	1.06
	숙박업	1.14	1.00	1.06	0.99	1.05	1.06	0.87	1.03
	병원	1.17	1.09	1.01	0.99	1.00	0.95	0.99	1.05
공공	관공서	1.23	0.94	1.06	0.99	0.94	0.98	0.98	1.02
	대학	1.54	1.03	1.05	0.99	0.84	1.04	0.99	1.09
	초중고	1.31	1.28	1.06	0.98	0.88	1.02	0.99	1.16

제2절 파라메트릭 시뮬레이션

1. 개요

○ 단독주택, 공동주택, 저층형주택, 판매업, 외식업, 숙박업, 병원, 관공서, 사무소, 초등학교, 대학교 총 11가지 표준모델이 완성됨. 표준모델의 주요변수를 도출하고 파라메트릭 시뮬레이션(parametric simulation) 통해 방대한 양의 결과 데이터베이스를 구축가능함(pre-simulated database). 데이터베이스에서 원하는 결과를 즉각적으로 추출하여 사용가능함. 이러한 데이터베이스의 활용은 다음과 같음

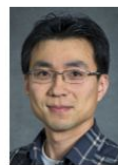
- 사전 분석된 리트로핏 데이터베이스 및 정보 추출
- 사전 분석된 건물 운영 개선 효과 데이터베이스 및 정보 추출
- 에너지 효율과 관련된 정책/지침에 대한 가이드라인 제공
- 건물 에너지 성능의 벤치마킹 및 성능 개선이 필요한 건물 추출

○ 통상적으로 파라메트릭 시뮬레이션은 방대한양의 시뮬레이션 횟수가 수반되며, 우수한 컴퓨팅 능력과 입출력파일의 선/후처리 기술등이 요구됨. 본 연구에서는 이 분야에서 탁월한 실력을 갖춘 미국 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)의 Dr. Tianzhen Hong 연구그룹과 함께 진행하였음 (상세한 내용은 부록 1 LBNL 보고서 참고)



Dr. Sang Hoon Lee

- Senior Scientific Engineering Associate
- Ph.D. in Building Technology and M.S. in Integrated Facility Management from the Georgia Institute of Technology
- A LEED accredited professional with USGBC and a Facility Management Professional with IFMA.



Won Young Park

- Scientific Engineering Associate
- Conducting technical and economic analysis of efficiency improvement in appliances and equipment
- Leading Korea projects on energy efficiency improvement in appliances and equipment.



Dr. Tianzhen Hong

- Staff Scientist, leading the EnergyPlus development at LBNL
- A registered mechanical engineer in California and a LEED accredited professional
- Leading/contributing to international collaborations such as IEA EBC Annex 66: Definition and Simulation of Occupant Behavior i



Dr. Amol Phadke

- Scientist, Leader of the International Energy Studies Group
- Leading LBNL's support to the US Department of Energy on several initiatives under the Clean Energy Ministerial with a primary focus on the Super-Efficient Appliance Deployment Initiative (SEAD)

<그림 3.2.1> Dr. Tianzhen Hong 연구그룹 멤버

가. 파라메트릭 시뮬레이션 설계

- 본 연구에서는 외벽단열수준, 창호열관류율과 SHGC, 외부차양유무, 기밀성능, 조명발열, 실내설정온도 6가지 변수를 선정하고 각 변수에 따라 최대 7가지 수준을 부여하여 파라메트릭 시뮬레이션을 설계하였음. 단독주택과 공동주택 각각 4410회씩 수행하였고, 사무소, 판매업, 외식업, 숙박업, 병원, 관공서, 대학교, 초중고 각 3528회씩 수행하여 총 37,044회 시뮬레이션이 수행되었음. 각 표준모델의 파라메트릭 시뮬레이션 케이스는 아래와 같음.

<표 3.2.1> 단독주택 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0177	5.00	0.83	off	0.50	6.19	26	20
2	0.58	0.0439	4.19	0.76	on	0.44	3.095	27	19
3	0.47	0.0576	3.84	0.76		0.38	1.5475	25	21
4	0.27	0.1110	2.10	0.76		0.25			
5	0.25	0.1159	1.20	0.76		0.13			
6	0.15	0.2153	1.00	0.50					
7	0.10	0.3253	0.80	0.40					
조합수	7		7		2	5	3	3	4410

<표 3.2.2> 공동주택/저층형주택 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0177	5.00	0.83	off	0.40	6.19	26	21
2	0.58	0.0439	4.19	0.76	on	0.35	3.095	27	20
3	0.47	0.0576	3.84	0.76		0.30	1.5475	25	22
4	0.27	0.1110	1.50	0.76		0.20			
5	0.21	0.1432	1.00	0.76		0.10			
6	0.17	0.1853	1.00	0.50					
7	0.10	0.3253	0.80	0.40					
케이스	7		7		2	5	3	3	4410

<표 3.2.3> 판매업 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	1.20	10.20	19	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	1.00	7.65	17	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.80	3.83	21	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			0.96		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	3528

<표 3.2.4> 외식업 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	2.70	13.60	19	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	2.40	10.20	17	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		2.00	5.10	21	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			1.28		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	3528

<표 3.2.5> 숙박업 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	1.20	10.45	20	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	1.00	7.84	18	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.90	3.92	22	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			0.98		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	3528

<표 3.2.6> 병원 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	0.50	5.00	20	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	0.40	3.75	18	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.30	1.88	22	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			0.47		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	3528

<표 3.2.7> 관공서 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	1.00	6.50	19	25
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	0.90	4.88	17	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.80	2.44	21	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			0.61		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	3528

<표 3.2.8> 사무소 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	1.20	15.77	20	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	1.00	11.83	18	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.90	5.91	22	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			1.48		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	3528

<표 3.2.9> 대학교 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내 온도	
			'열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	0.80	5.00	20	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	0.50	3.75	18	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.30	1.88	22	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			0.47		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	합계 3528

<표 3.2.10> 초중고등학교 파라메트릭 시뮬레이션 설정

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내 온도	
			열관류율	SHGC				난방	냉방
단위	W/m2K	m	W/m2K	-	-	ACH	W/m2	oC	oC
1	1.05	0.0148	5.00	0.83	off	1.20	4.59	20	24
2	0.58	0.0410	4.19	0.76	on	1.00	3.44	18	26
3	0.47	0.0547	3.84	0.76		0.80	1.72	22	28
4	0.27	0.1083	2.10	0.76			0.43		
5	0.25	0.1184	1.20	0.76					
6	0.15	0.2091	1.00	0.30					
7	0.10	0.3253	0.80	0.20					
조합수	7		7		2	3	4	3	합계 3528

나. 파라메트릭 시뮬레이션 출력값 설정

- 파라메트릭 시뮬레이션 아웃풋으로 냉방, 난방, 급탕, 조명, 기기, 일반동력, 취사, 냉방시 제거현열에너지, 난방시 제거현열에너지 총 9가지 출력변수를 설정하였음. EnergyPlus의 아웃풋 변수명은 다음과 같음 결과물은 부록 2 소프트웨어 카피에서 확인 가능)

<표 3.2.11> 데이터베이스 컬럼 구성

컬럼명	설명
Job_ID	작업id
WeatherFile	기상파일명
ModelFile	모델 파일명
@@Ins_Thickness@@	파라메트릭변수-단열재 두께
@@Window_type@@	파라메트릭변수-창열관류율, SHGC
@@ShadingControl@@	파라메트릭변수-차양유무
@@Infiltration_ACH@@	파라메트릭변수-침기량
@@LPD@@	파라메트릭변수-조명발열밀도
@@Setpoint_type@@	파라메트릭변수-냉 난방 설정온도
Message	시뮬레이션 메시지
Warnings	경고 횟수
Errors	에러 횟수
Hours	시뮬레이션 시간
Minutes	시뮬레이션 분
Seconds	시뮬레이션 초
WaterSystems:DistrictHeating N [J]	월별 급탕에너지
InteriorLights:Electricity N [J]	월별 조명에너지
InteriorEquipment:Electricity N [J]	월별 기기에너지
ExteriorEquipment:Electricity N [J]	월별 건물동력에너지
ExteriorEquipment:Gas N [J]	월별 취사에너지
Heating:DistrictHeating N [J]	월별 난방에너지
Cooling:DistrictCooling N [J]	월별 냉방에너지
Heating:EnergyTransfer N [J]	월별 난방현열에너지
Cooling:EnergyTransfer N [J]	월별 냉방현열에너지

* N=1월,2월,...,12월

○ 파라메트릭 시뮬레이션 도구로는 jEPlus 시뮬레이션 프레임워크를 사용하였음 (Zhang & Korolija, 2010). 오픈소스 프로그램으로 컴퓨터 CPU 코어를 최대한 활용해 병렬연산을 수행함. LBNL에서는 32개의 CPU 코어를 갖춘 컴퓨터로 파라메트릭 시뮬레이션을 수행하였고, 수행 프로세스와 연산 화면은 아래 그림과 같음 (상세한 내용은 부록 1 LBNL 보고서 참고)

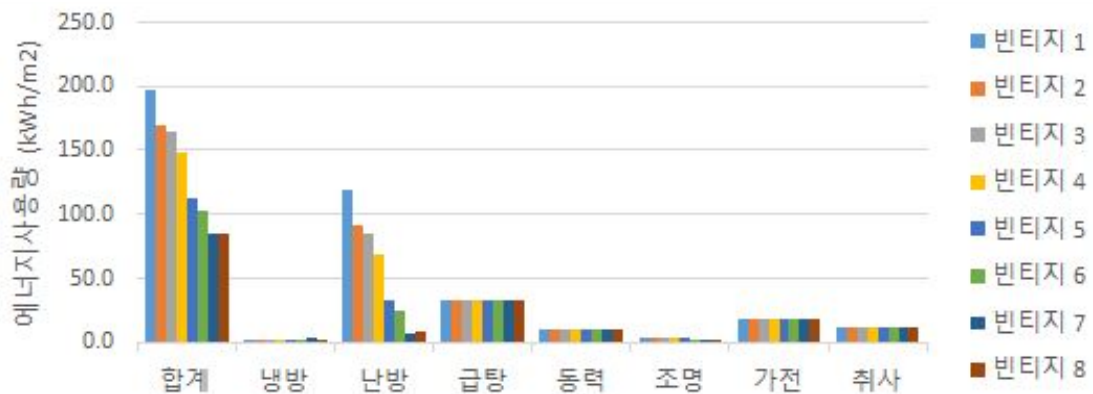


2. 시뮬레이션 결과

- 단독주택, 공동주택, 저층형주택, 사무소, 판매업, 외식업, 숙박업, 병원, 관공서, 대학교, 초중고 총 11가지 표준모델에 대한 파라메트릭 시뮬레이션 결과는 다음 그림과 같으며, 스케일 계수(표 3.1.29)가 적용된 수치임. 모든 조합(37,044 회)에 대한 시뮬레이션 결과는 소프트웨어 카피로 제출된 DB에 기술됨.

<표 3.2.12> 단독주택 빈티지별 시뮬레이션 입력값

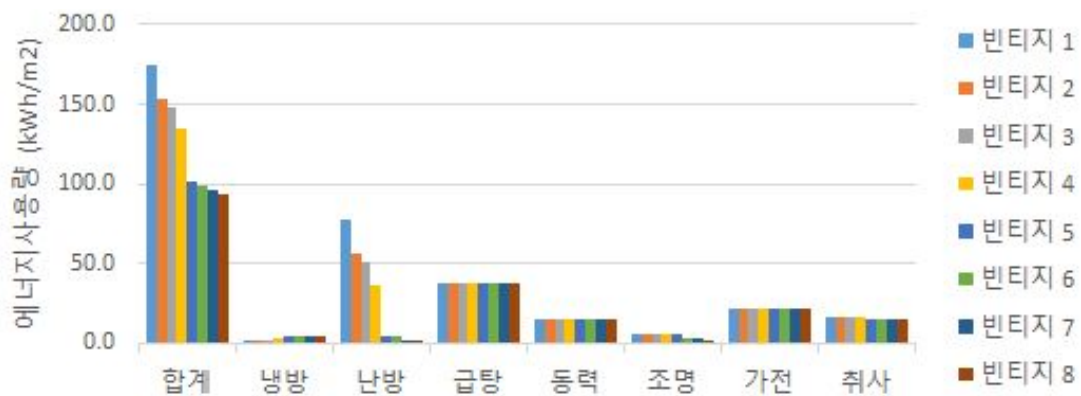
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	0.50	6.19	20	26	82	3.5
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.44	6.19	20	26	85	3.5
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.38	6.19	20	26	87	3.5
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.25	6.19	20	26	89	3.5
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.25	6.19	20	26	89	3.5
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.13	3.10	20	26	89	3.5
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.13	3.10	20	26	89	3.5
빈티지 8	0.10	1.20	0.76	off	0.13	1.55	20	26	89	3.5



<그림 32.4> 단독주택 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.13> 공동주택 빈티지별 시뮬레이션 입력값

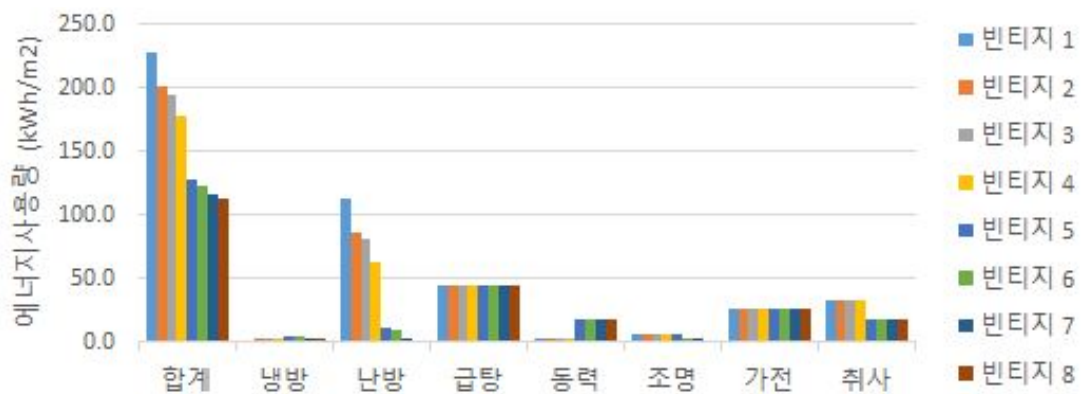
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	0.40	6.19	21	26	86	3.5
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.35	6.19	21	26	88	3.5
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.30	6.19	21	26	90	3.5
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.20	6.19	21	26	92	3.5
빈티지 5	0.27	1.50	0.76	off	0.20	6.19	21	26	92	3.5
빈티지 6	0.21	1.50	0.76	off	0.20	3.10	21	26	92	3.5
빈티지 7	0.17	1.00	0.50	off	0.10	3.10	21	26	92	3.5
빈티지 8	0.10	1.00	0.50	off	0.10	1.55	21	26	92	3.5



<그림 3.2.5> 공동주택 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.14> 저층형 빈티지별 시뮬레이션 입력값

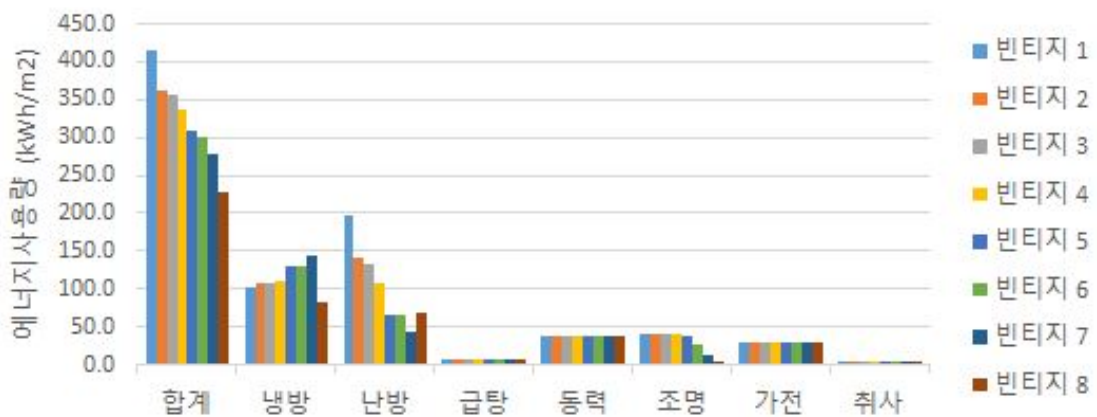
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	0.40	6.19	21	26	86	3.5
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.35	6.19	21	26	88	3.5
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.30	6.19	21	26	90	3.5
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.20	6.19	21	26	92	3.5
빈티지 5	0.27	1.50	0.76	off	0.20	6.19	21	26	92	3.5
빈티지 6	0.21	1.50	0.76	off	0.20	3.10	21	26	92	3.5
빈티지 7	0.17	1.00	0.50	off	0.10	3.10	21	26	92	3.5
빈티지 8	0.10	1.00	0.50	off	0.10	1.55	21	26	92	3.5



<그림 3.2.6> 저층형 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.15> 판매업 빈티지별 시뮬레이션 입력값

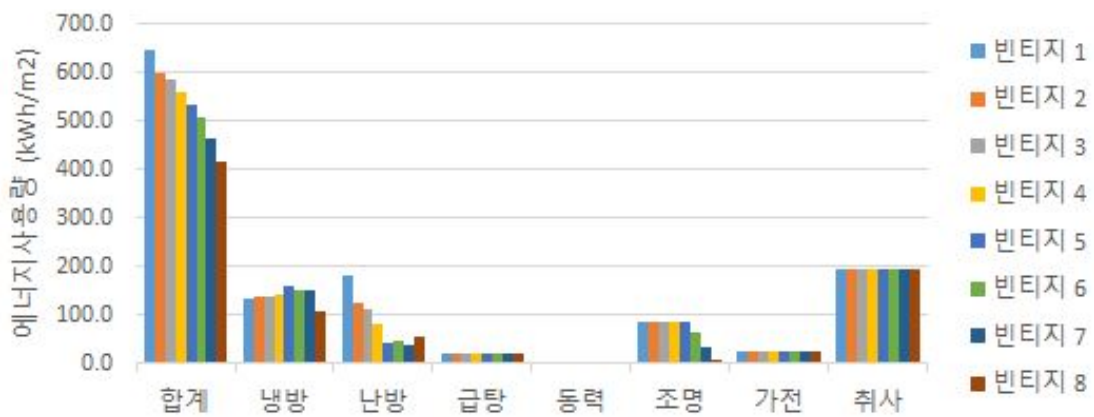
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	1.04	10.20	19	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.87	10.20	19	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.87	10.20	19	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.80	10.20	19	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.80	10.20	19	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.80	7.65	19	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.80	3.83	19	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.80	0.96	19	24	0.8	2



<그림 3.2.7> 판매업 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.16> 외식업 빈티지별 시뮬레이션 입력값

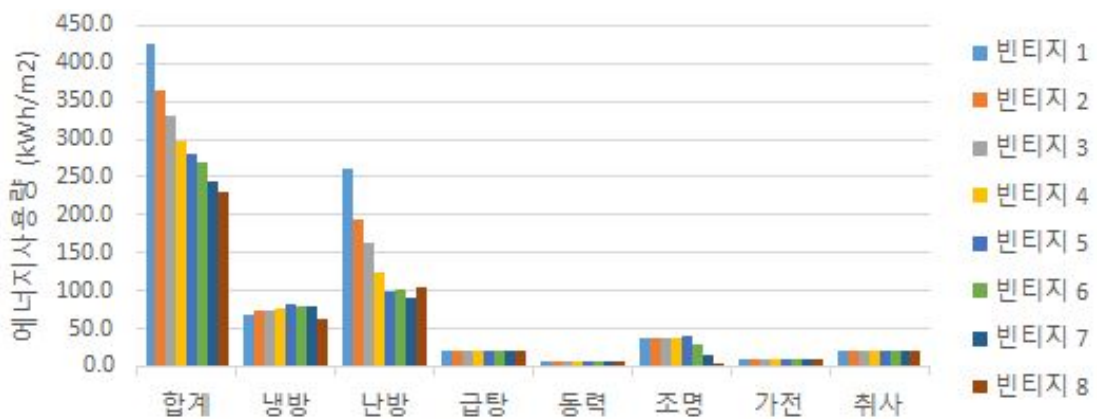
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	2.70	13.60	19	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	2.50	13.60	19	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	2.40	13.60	19	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	2.20	13.60	19	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	2.00	13.60	19	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	2.00	10.20	19	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	2.00	5.10	19	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	2.00	1.28	19	24	0.8	2



<그림 3.2.8> 외식업 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.17> 숙박업 빈티지별 시뮬레이션 입력값

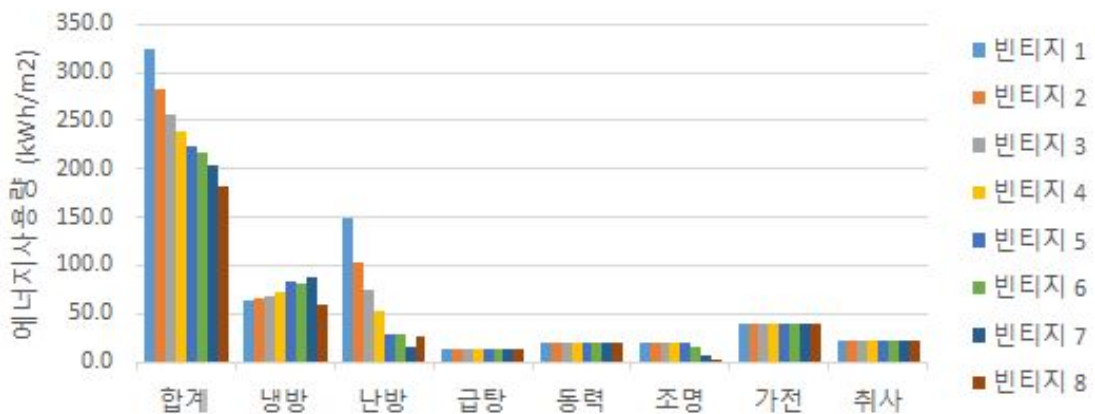
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	10.45	20	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	1.10	10.45	20	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	1.00	10.45	20	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.90	10.45	20	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.90	10.45	20	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.90	7.84	20	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.90	3.92	20	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.90	0.98	20	24	0.8	2



<그림 3.2.9> 숙박업 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.18> 병원 빈티지별 시뮬레이션 입력값

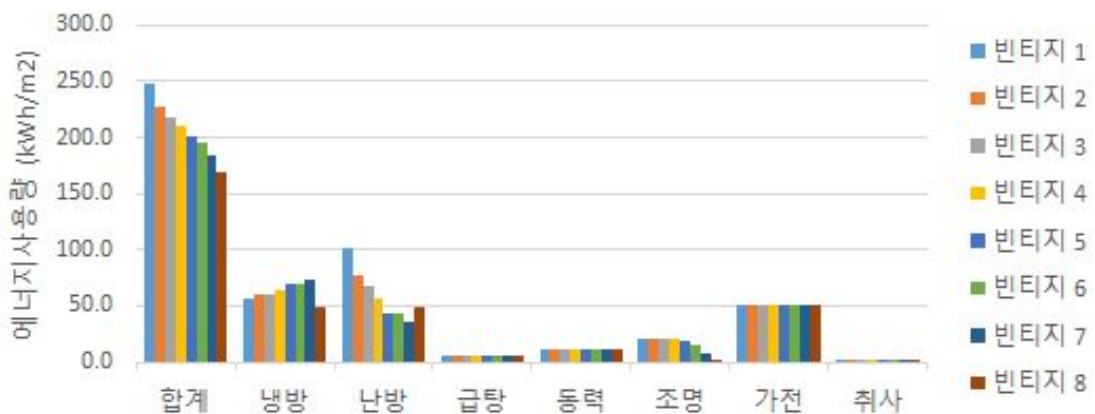
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	0.50	5.00	20	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.45	5.00	20	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.35	5.00	20	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.30	5.00	20	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.30	5.00	20	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.30	3.75	20	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.30	1.88	20	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.30	0.47	20	24	0.8	2



<그림 3.2.10> 병원 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.19> 관공서 빈티지별 시뮬레이션 입력값

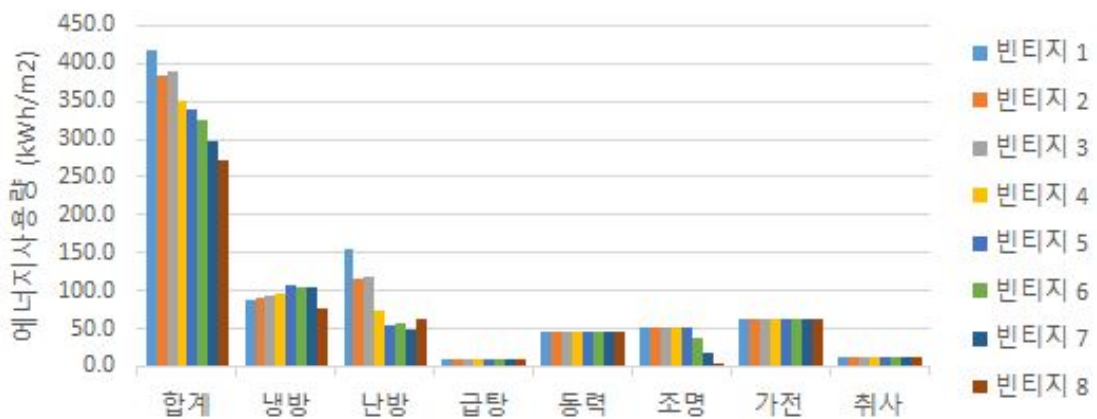
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	1	6.50	19	25	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.9	6.50	19	25	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.85	6.50	19	25	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.8	6.50	19	25	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.8	6.50	19	25	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.8	4.88	19	25	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.8	2.44	19	25	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.8	0.61	19	25	0.8	2



<그림 3.2.11> 관공서 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.20> 사무소 빈티지별 시뮬레이션 입력값

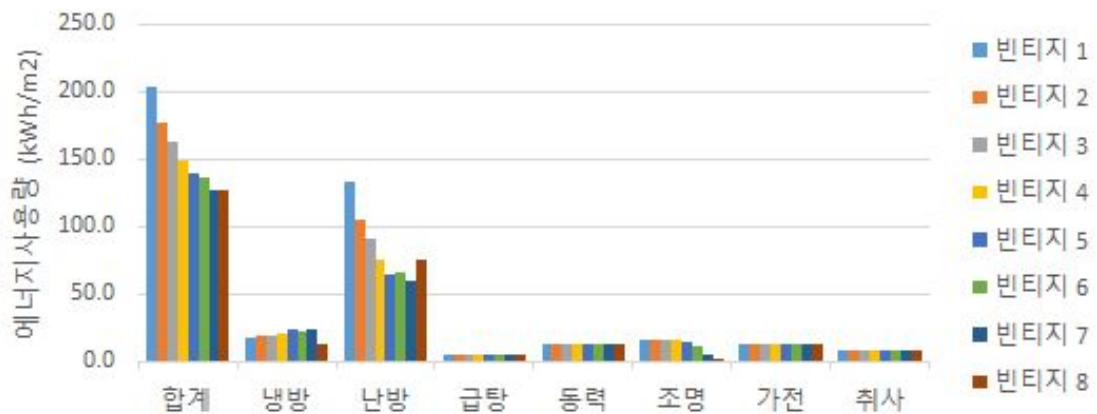
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	15.77	20	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	1.10	15.77	20	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	1.00	15.77	20	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.90	15.77	20	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.90	15.77	20	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.90	11.83	20	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.90	5.91	20	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.90	1.48	20	24	0.8	2



<그림 3.2.12> 사무소 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.21> 초중고등학교 빈티지별 시뮬레이션 입력값

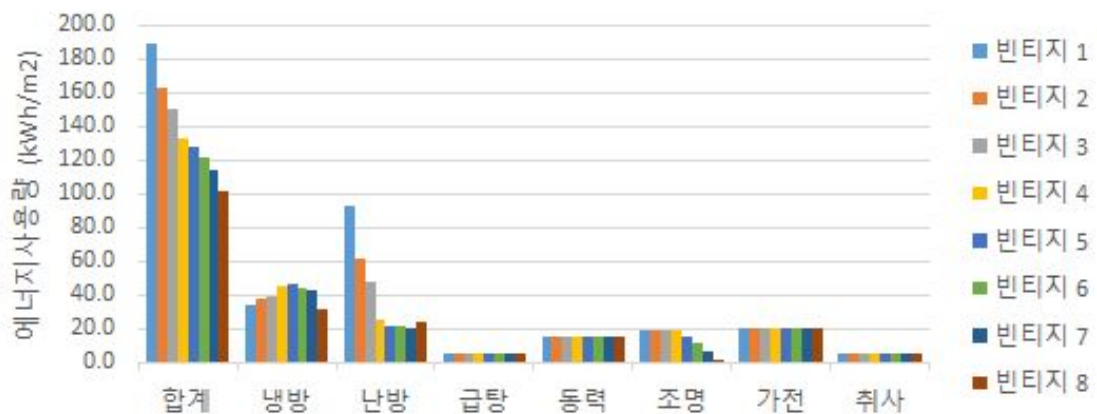
빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	4.59	20	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	1.00	4.59	20	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.90	4.59	20	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.80	4.59	20	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.80	4.59	20	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.80	3.44	20	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.80	1.72	20	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.80	0.43	20	24	0.8	2



<그림 3.2.13> 초중고등학교 빈티지별 시뮬레이션 결과

<표 3.2.22> 대학교 빈티지별 시뮬레이션 입력값

빈티지	단열	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		난방기기	냉방기기
		열관류율	SHGC				난방	냉방		
	W/m2K	W/m2K		-	ACH	W/m2	℃	℃	%	COP
빈티지 1	1.05	5.00	0.83	off	0.80	5.00	20	24	0.7	2
빈티지 2	0.58	4.19	0.76	off	0.60	5.00	20	24	0.72	2
빈티지 3	0.58	4.19	0.76	off	0.50	5.00	20	24	0.76	2
빈티지 4	0.47	3.84	0.76	off	0.30	5.00	20	24	0.8	2
빈티지 5	0.27	2.10	0.76	off	0.30	5.00	20	24	0.8	2
빈티지 6	0.25	2.10	0.76	off	0.30	3.75	20	24	0.8	2
빈티지 7	0.15	1.20	0.76	off	0.30	1.88	20	24	0.8	2
빈티지 8	0.10	1.00	0.30	off	0.30	0.47	20	24	0.8	2



<그림 3.2.14> 대학교 빈티지별 시뮬레이션 결과

제4장

표준모델 DB 활용방안

제1절 투입 비용 산출

1. 자재 비용분석

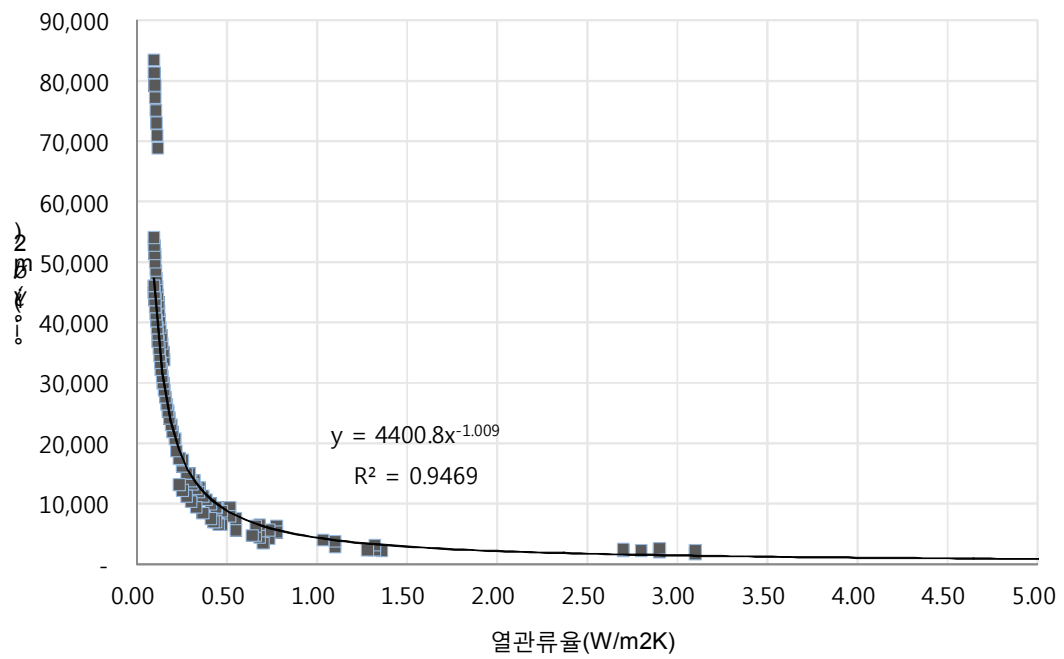
가. 자재 비용분석 개요

- 건물의 에너지 성능에 기반하여 건물의 전생애주기 비용분석을 위해서는 투입되는 자재의 비용뿐만 아니라 사용되는 에너지원별 비용에 대한 분석이 필요, 또한 건물의 유지관리에 투입되는 비용도 함께 분석되어야 함
- 기존 에너지 비용 관련 구축된 시스템은 물가정보지 등이 있으나 고도화된 시스템은 존재하지 않음
- 국가적으로 인정받는, 제도권의 시스템으로는 조달청의 나라장터의 DB가 있으나, 조달청에 등록할 수 있는 여건을 충족하지 못할 경우 제품을 등록할 수 없으므로 DB의 폭이 크지 않은 것이 단점임. 또한 물가정보 등과 마찬가지로 제품의 성능에 대한 상세 정보는 부족함
- 에너지 관련 성능을 가장 잘 나타내는 DB는 한국에너지 공단 등에서 구축하고 있는 인증 시스템임. 인증 시스템은 국가에서 에너지 소비가 많은 자재에 대하여 공인기관에서 성능인증을 받도록 하고 이를 제품에 표기하도록 하는 규정임. 예를 들어 창호의 경우에는 창세트 인증과 관련하여 창호의 성능을 열관류율과 기밀성능으로 나누어 표기하고 있음. 따라서 공인 시험기관에서 에너지 관련 성능을 인증하고 이를 제도권에서 관리하는 만큼 에너지 성능과 관련하여 가장 믿을 수 있는 시스템임. 단 여기서는 인증 받은 자재의 가격은 표기하지 않으므로 타 시스템과의 연계를 통하여 가격 정보를 매칭해야 하는 어려움이 있어 실 적용은 어려운 실정임
- 가장 많은 자재에 대한 DB를 구축하고 있는 시스템은 물가정보지, 가격정보지 등 일반적으로 건축/건설 공사에서 견적, 예산 산출을 위한 DB가 대표적임. 이러한 시스템에서는 주기적인 업데이트로 자재의 가격 및 신규 자재의 시장 진입등을 파악하기 쉬운 장점이 있으나, 각 자재별로 그 성능 등의 세부 항목에 대한 일관적인 정보는 기대하기 어려움
- 물가정보는 실 판매자와 구매자를 중심으로 만들어지는 DB이므로 성능에 대한 정보가 부족한 경우가 많을 수 밖에 없는 구조임. 단 성능 규제가 있는 경

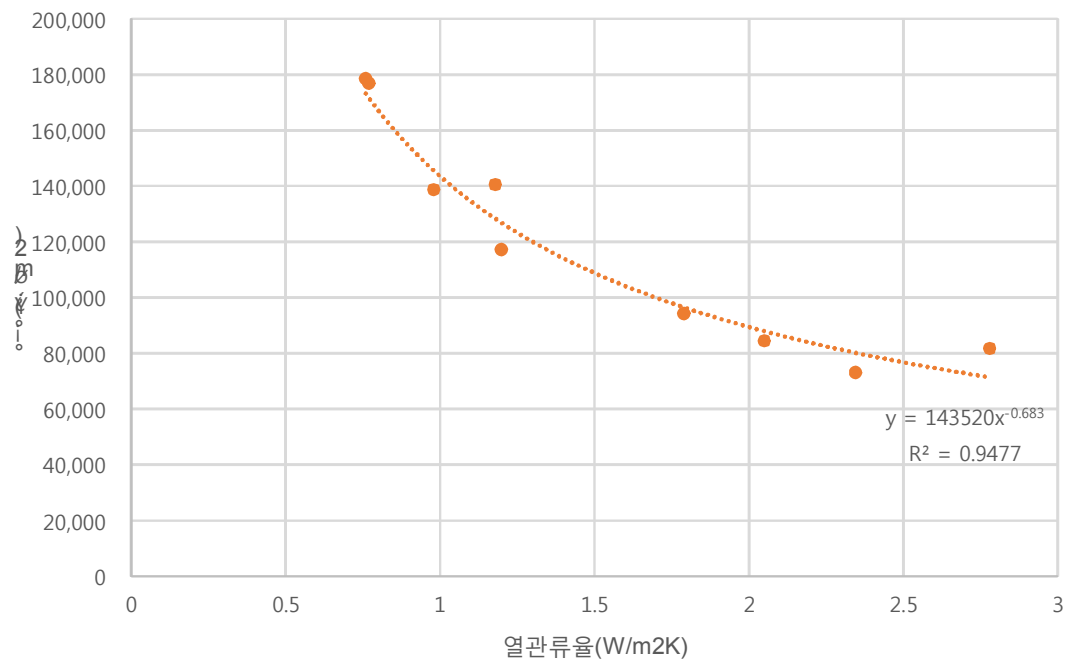
○ 단열재는 물가정보를 기준으로 가격을 분석하였으며, 창호의 경우에는 물가정보에 그 성능을 나타내는 경우가 매우 적으므로 3개 창호 제조회사로부터 대표적인 창호를 대상으로 2m × 2m 단위의 가격 정보를 취합하여 분석하였음

[illegible][illegible][illegible]

- 176 -



<그림 4.1.2> 단열재 가격 대비 열관류율 성능



<그림 4.1.3> 창호 가격 대비 열관류율 성능

- 기존 단위 기술 중심의 에너지 기술 DB에서는 그림 4.1.1과 같이 분야별 기술의 종류에 따라 성능을 각각 조사하는 방식을 사용하였으나 여기서는 기술의 종류를 구분하지 않고 분야별 가격대비 성능을 산출하였음
- 단열재의 경우 일반적으로 건물의 단열 성능은 열관류율을 기준으로 설정되므로 단열재의 성능기준인 열전도율과 각 제품의 두께를 이용하여 열관류율을 산출하였으며, 성능강화를 위한 단열재 두께 증가가 있을 수 있으므로 단열재가 한 장만 쓰인 경우와 두 장이 겹쳐져 사용된 경우를 모두 포함하여 단위면적당 가격을 산출하였음
- 창호의 경우 프레임의 재질, 마감 디자인, 개폐 방식 등에 의한 가격의 차이가 매우 크기 때문에 이를 모두 고려할 경우 가격과 성능의 상관성을 도출하기 매우 어려우므로 조사된 창호들의 각 성능대별 가장 낮은 가격을 기준으로 대표 가격을 산출하였음. 또한 창호는 일반적으로 균일한 재료로 구성되는 단열재와 달리 다양한 자재의 결합으로 이루어지므로 그 크기에 따라 각 구성자재의 비율이 달라지고, 이에 따라 단위면적당 가격이 달라지게 되는데 본 연구에서는 창호 성능의 기준이 되는 가로 세로 각각 2m의 창호를 기준으로 단위면적당 가격을 산정하였음
- 단열재와 창호의 가격 대비 성능 분포는 그림 4.1.2와 그림 4.1.3에 나타내었으며, 열관류율에 대한 가격 로직은 표 4.1.1에 나타내었으며, 이를 이용하여 각 빈티지별 투입 자재의 비용을 산출할 수 있음

<표 4.1.1> 단열재와 창호의 가격 대비 성능 로직

구성요소	관계 로직	R ²
단열재	$y = 4400.8x^{-1.009}$	0.947
창호	$y = 143520x^{-0.68}$	0.948

2. 투입 비용 산출

가. 면적 단위 환산

- 본 연구의 비용분석에서 대상으로 하는 외피의 경우 시공되는 면적을 기준으로 투입금액이 산정되지만 일반적으로 건물을 평가할 때에는 바닥면적을 기준으로 하는 경우가 많으며, 본 연구에서 제시하는 표준모델의 에너지 사용량 역시 연면적을 기준으로하기 때문에 시공면적을 단위면적으로 환산해야 함
- 이에 따라 앞서 작성된 각 건물 유형별 표준모델을 기준으로 표 4.1.2 ~ 표 4.1.4에 나타난 바와 같이 연면적당 창호를 제외한 벽체 면적과 창호의 면적비를 산출하여 외피 자재 투입 비용을 바닥면적 단위로 환산할 수 있도록 하였음

<표 4.1.2> 가정부문의 바닥면적 대비 외피 면적비

면적비	단독주택	공동주택	저층형공동주택
바닥면적대비 단열재 적용 면적 비	1.378	0.471	0.830
바닥면적대비 창호 적용 면적 비	0.271	0.280	0.280

<표 4.1.3> 상업부문의 바닥면적 대비 외피 면적비

면적비	사무소	판매업	외식업	숙박업	병원
바닥면적대비 단열재 적용 면적 비	0.860	1.355	1.006	0.9733	0.709
바닥면적대비 창호 적용 면적 비	0.406	1.021	0.449	0.202	0.314

<표 4.1.4> 공공부문의 바닥면적 대비 외피 면적비

면적비	관공서	대학교	초중고
바닥면적대비 단열재 적용 면적 비	0.548	0.333	0.464
바닥면적대비 창호 적용 면적 비	0.348	0.088	0.264

나. 시공 비용 산출

- 일반적으로 건축 공사비는 재료비와 노무비로 책정되는데, 노무비는 건축물의 규모, 건축공법 등에 따라 큰 차이가 발생하여 표준화하여 산정하기가 어려움
한국감정원에서는 부동산의 가치평가를 위하여 건물의 신축단가를 매년 조사하고 있으며, 여기서는 다양한 유형의 건물을 대상으로 공법별, 규모별 등으로 나누어 각 공정별로 공사비를 평가함.
- 표준건물을 통한 외피 비용 산출을 위하여 각 표준모델 별로 대표적인 공법을 대상으로 단열공사를 포함하는 수장공사 공정과 창호공사 공정의 재료비와 노무비의 비율을 산출하여 표. 4.1.5에 정리하였음
- 공정별 재료비와 노무비의 비율을 근거로 앞서 산출한 면적당 재료비를 이용하여 외피공사의 총비용을 산출하여 표준건물별 공사비를 표 4.1.6 ~ 표4.1.16에 나타내었음

<표 4.1.5> 건물유형별 외피공사비 비율

표준건물	건물신축단가표 분류	수장공사 구성비		창호공사 구성비	
		재료비	노무비	재료비	노무비
단독주택	일반주택 / 시멘트벽돌조 슬래브 지붕	45.0	55.0	33.0	67.0
공동주택	아파트 / 철근콘크리트조 슬래브지붕(고층형)	49.0	51.0	35.5	64.5
저층형 공동주택	연립주택 / 시멘트벽돌조 슬래브지붕	43.0	57.0	35.0	65.0
사무소	점포 및 상가 / 철근콘크리트조 슬래브지붕	54.0	46.0	53.3	46.8
판매업	점포 및 상가 / 철근콘크리트조 슬래브지붕	54.0	46.0	53.3	46.8
외식업	점포 및 상가 / 철근콘크리트조 슬래브지붕	54.0	46.0	53.3	46.8
숙박업	호텔 / 철근콘크리트조 슬래브지붕	56.3	43.8	53.5	46.5
병원	병원 / 철근콘크리트조 슬래브지붕	72.3	27.8	59.0	41.0
관공서	공공청사 / 철근콘크리트조 슬래브지붕	56.0	44.0	60.0	40.0
대학교	학교 / 철근콘크리트조 슬래브 지붕	69.3	30.7	45.7	54.3
초중고	학교 / 철근콘크리트조 슬래브 지붕	69.3	30.7	45.7	54.3

<표 4.1.6> 단독주택 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	5,773	7,056	12,829	5.00	13,019	26,433	39,452
2	0.58	10,507	12,842	23,349	4.19	14,682	29,808	44,490
3	0.58	10,507	12,842	23,349	4.19	14,682	29,808	44,490
4	0.47	12,991	15,878	28,868	3.84	15,579	31,630	47,209
5	0.27	22,727	27,777	50,504	2.10	23,484	47,680	71,164
6	0.25	24,562	30,020	54,582	2.10	23,484	47,680	71,164
7	0.15	41,125	50,264	91,389	1.20	34,359	69,759	104,118
8	0.10	61,913	75,671	137,584	1.00	38,894	78,966	117,860

<표 4.1.7> 공동주택 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	1,973	2,054	4,027	5.00	13,429	24,399	37,828
2	0.58	3,591	3,738	7,329	4.19	15,144	27,515	42,659
3	0.58	3,591	3,738	7,329	4.19	15,144	27,515	42,659
4	0.47	4,440	4,621	9,062	3.84	16,069	29,196	45,265
5	0.27	7,768	8,085	15,853	1.50	30,451	55,326	85,777
6	0.21	10,010	10,419	20,428	1.50	30,451	55,326	85,777
7	0.17	12,389	12,894	25,283	1.00	40,118	72,891	113,009
8	0.10	21,162	22,026	43,187	1.00	40,118	72,891	113,009

<표 4.1.8> 저층형 공동주택 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	3,476	4,608	8,084	5.00	13,429	24,939	38,368
2	0.58	6,327	8,386	14,713	4.19	15,144	28,124	43,268
3	0.58	6,327	8,386	14,713	4.19	15,144	28,124	43,268
4	0.47	7,822	10,369	18,191	3.84	16,069	29,843	45,912
5	0.27	13,684	18,139	31,824	1.50	30,451	56,551	87,002
6	0.21	17,634	23,375	41,009	1.50	30,451	56,551	87,002
7	0.17	21,824	28,930	50,754	1.00	40,118	74,505	114,623
8	0.10	37,279	49,416	86,695	1.00	40,118	74,505	114,623

<표 4.1.9> 사무소 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	3,601	3,067	6,668	5.00	19,521	17,138	36,659
2	0.58	6,554	5,583	12,136	4.19	22,014	19,327	41,340
3	0.58	6,554	5,583	12,136	4.19	22,014	19,327	41,340
4	0.47	8,103	6,902	15,005	3.84	23,359	20,508	43,867
5	0.27	14,175	12,075	26,251	2.10	35,212	30,914	66,126
6	0.25	15,320	13,050	28,370	2.10	35,212	30,914	66,126
7	0.15	25,651	21,851	47,502	1.20	51,518	45,229	96,747
8	0.10	38,617	32,896	71,513	1.00	58,318	51,199	109,516

<표 4.1.10> 판매업 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	5,676	4,835	10,511	5.00	49,075	43,084	92,159
2	0.58	10,331	8,800	19,131	4.19	55,342	48,586	103,928
3	0.58	10,331	8,800	19,131	4.19	55,342	48,586	103,928
4	0.47	12,772	10,880	23,653	3.84	58,724	51,555	110,279
5	0.27	22,345	19,034	41,379	2.10	88,521	77,716	166,237
6	0.25	24,149	20,571	44,721	2.10	88,521	77,716	166,237
7	0.15	40,434	34,444	74,878	1.20	129,513	113,704	243,217
8	0.10	60,873	51,855	112,727	1.00	146,608	128,712	275,320

<표 4.1.11> 외식업 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	4,216	3,591	7,808	5.00	21,555	18,924	40,480
2	0.58	7,673	6,537	14,210	4.19	24,308	21,341	45,649
3	0.58	7,673	6,537	14,210	4.19	24,308	21,341	45,649
4	0.47	9,487	8,082	17,569	3.84	25,794	22,645	48,439
5	0.27	16,597	14,139	30,736	2.10	38,882	34,136	73,018
6	0.25	17,938	15,280	33,218	2.10	38,882	34,136	73,018
7	0.15	30,034	25,584	55,618	1.20	56,887	49,943	106,830
8	0.10	45,216	38,517	83,732	1.00	64,396	56,535	120,931

<표 4.1.12> 숙박업 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	4,077	3,171	7,249	5.00	9,687	8,420	18,107
2	0.58	7,421	5,772	13,193	4.19	10,924	9,495	20,420
3	0.58	7,421	5,772	13,193	4.19	10,924	9,495	20,420
4	0.47	9,175	7,136	16,311	3.84	11,592	10,075	21,667
5	0.27	16,051	12,484	28,536	2.10	17,474	15,188	32,662
6	0.25	17,348	13,493	30,840	2.10	17,474	15,188	32,662
7	0.15	29,046	22,591	51,637	1.20	25,566	22,221	47,787
8	0.10	43,728	34,011	77,739	1.00	28,940	25,154	54,094

<표 4.1.13> 병원 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	2,294	881	3,176	5.00	16,703	11,607	28,310
2	0.58	4,176	1,604	5,780	4.19	18,836	13,089	31,925
3	0.58	4,176	1,604	5,780	4.19	18,836	13,089	31,925
4	0.47	5,163	1,983	7,146	3.84	19,987	13,889	33,876
5	0.27	9,033	3,469	12,502	2.10	30,129	20,937	51,066
6	0.25	9,762	3,749	13,511	2.10	30,129	20,937	51,066
7	0.15	16,345	6,278	22,623	1.20	44,081	30,633	74,714
8	0.10	24,607	9,451	34,058	1.00	49,899	34,676	84,575

<표 4.1.14> 관공서 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	2,294	1,803	4,097	5.00	16,703	11,135	27,838
2	0.58	4,176	3,281	7,457	4.19	18,836	12,557	31,393
3	0.58	4,176	3,281	7,457	4.19	18,836	12,557	31,393
4	0.47	5,163	4,057	9,220	3.84	19,987	13,325	33,312
5	0.27	9,033	7,097	16,130	2.10	30,129	20,086	50,215
6	0.25	9,762	7,670	17,432	2.10	30,129	20,086	50,215
7	0.15	16,345	12,842	29,187	1.20	44,081	29,387	73,468
8	0.10	24,607	19,334	43,941	1.00	49,899	33,266	83,166

<표 4.1.15> 대학교 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	1,393	616	2,010	5.00	4,247	5,053	9,300
2	0.58	2,536	1,122	3,658	4.19	4,789	5,698	10,488
3	0.58	2,536	1,122	3,658	4.19	4,789	5,698	10,488
4	0.47	3,136	1,387	4,522	3.84	5,082	6,047	11,129
5	0.27	5,486	2,426	7,912	2.10	7,661	9,115	16,776
6	0.25	5,928	2,622	8,551	2.10	7,661	9,115	16,776
7	0.15	9,926	4,390	14,317	1.20	11,209	13,336	24,544
8	0.10	14,944	6,610	21,554	1.00	12,688	15,096	27,784

<표 4.1.16> 초중고 빈티지별 외피 공사비

빈티지	벽체 성능별 공사비				창호 성능별 공사비			
	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]	성능 [W/m ² k]	자재비 [원/m ²]	시공비 [원/m ²]	총액 [원/m ²]
1	1.05	1,945	860	2,805	5.00	12,697	15,106	27,803
2	0.58	3,540	1,566	5,106	4.19	14,318	17,035	31,354
3	0.58	3,540	1,566	5,106	4.19	14,318	17,035	31,354
4	0.47	4,377	1,936	6,313	3.84	15,193	18,076	33,270
5	0.27	7,657	3,387	11,044	2.10	22,903	27,249	50,151
6	0.25	8,276	3,660	11,936	2.10	22,903	27,249	50,151
7	0.15	13,856	6,129	19,985	1.20	33,508	39,867	73,375
8	0.10	20,860	9,227	30,087	1.00	37,931	45,129	83,060

제2절 엑셀기반 분석 툴(안) 개발

1. 분석 툴 개요

- 본 연구에서는 건물 유형별 및 빈티지별 면적과 Parametric simulation을 이용한 건물 유형별 에너지 용도별 원단위를 구축하였으므로 건물 유형별 기존 건물 및 신축건축물에서의 용도별 에너지 사용량을 산출할 수 있음
- 또한 식 4.2.1을 통하여 개선된 기술의 적용에 따른 효과를 분석할 수 있으므로, 구축된 DB를 기반으로 단독주택을 대상으로 한 엑셀형식의 분석 툴(안)을 개발하였음

$$\Sigma(\text{기존 건물의 에너지 원단위} \times \text{면적} - \text{개선된 건물의 에너지 원단위} \times \text{면적})$$

식 4.2.1

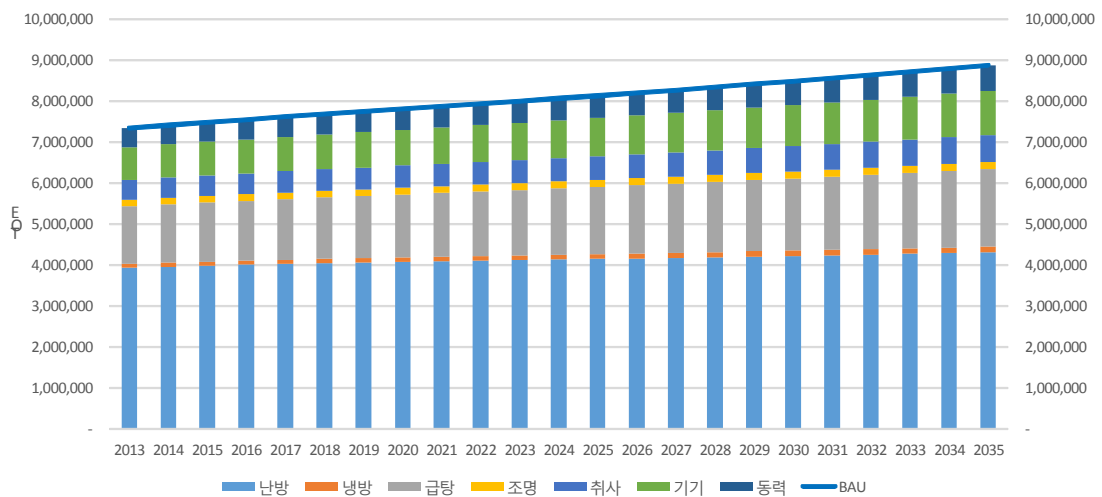
2. 엑셀기반 분석 툴(안) 상세

가. 조건 설정

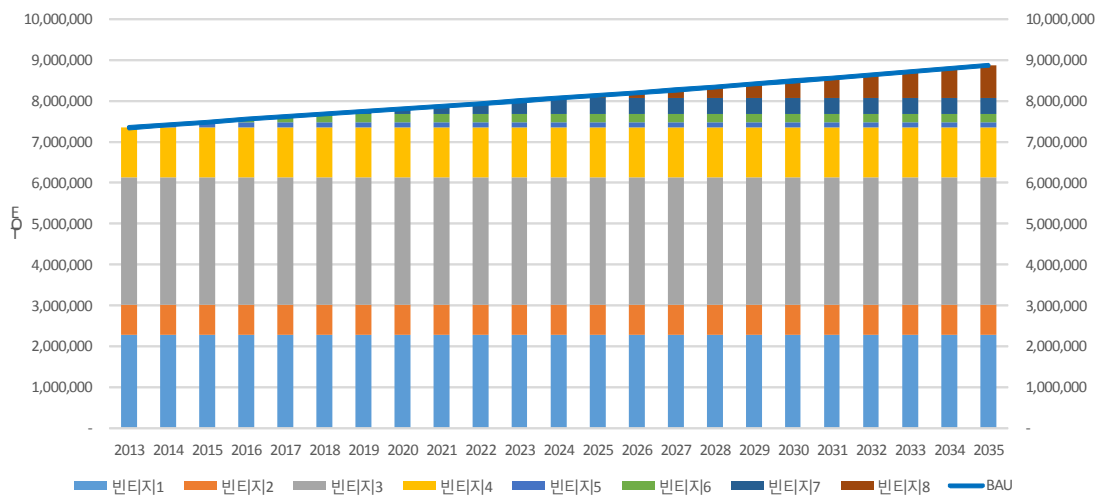
- 도입시점 : 각 기술이 적용되는 시점을 나타내며, 2013년까지의 4개 빈티지는 DB구성상 결정되어 있으며, 그 이후의 기술 적용시점을 사용자가 선택할 수 있음
- 신축건물 증가율 : 신축 건축물의 증감 전망은 현재 존재하지 않으며, 가정부문의 경우 인구전망, 세대 수 전망 등이 있으나 이를 이용하여 전체 건축물의 면적의 증감을 전망하기는 어려움. 따라서 여기서는 최근의 연간 건축물량을 기반으로 향후 건축물의 증감량을 사용자가 설정할 수 있도록 하였음. 여기서 신축되는 건물의 성능은 상기 기술 도입시점을 따르도록 하였음
- 기존건물의 리모델링 시점, 목표 성능, 적용 면적 : 기존 건축물의 성능개선을 위한 리모델링을 사용자가 입력할 수 있으며, 리모델링 시점과 대상건물의 성능 및 면적, 목표 성능을 설정할 수 있음. 또한 Parametric simulation 결과를 활용할 경우 특정기술 개선에 의한 효과 분석이 가능함

나. 분석 결과 예시

- 2013년 이후의 연면적 증가와 빈티지 성능 설정시 그림 4.2.1과 그림 4.2.2와 같이 에너지 용도별, 건물의 빈티지별 BAU 산출이 가능하며, 건물 연면적 예측치 적용이 가능함
- 또한 기결정된 BAU 적용할 경우 빈티지별 에너지 원단위를 통하여 면적 증가량을 역산할 수 있음

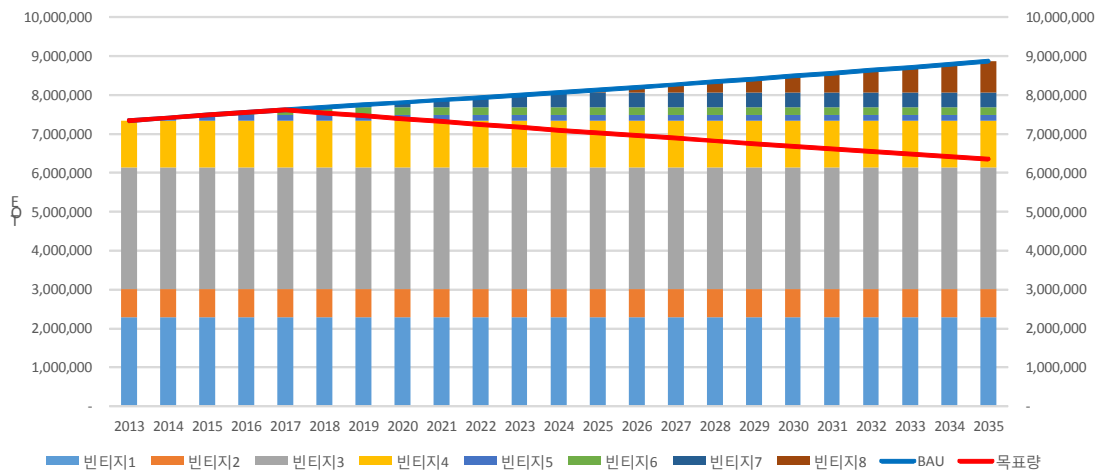


<그림 4.2.1> 단독주택부문의 에너지 용도별 BAU

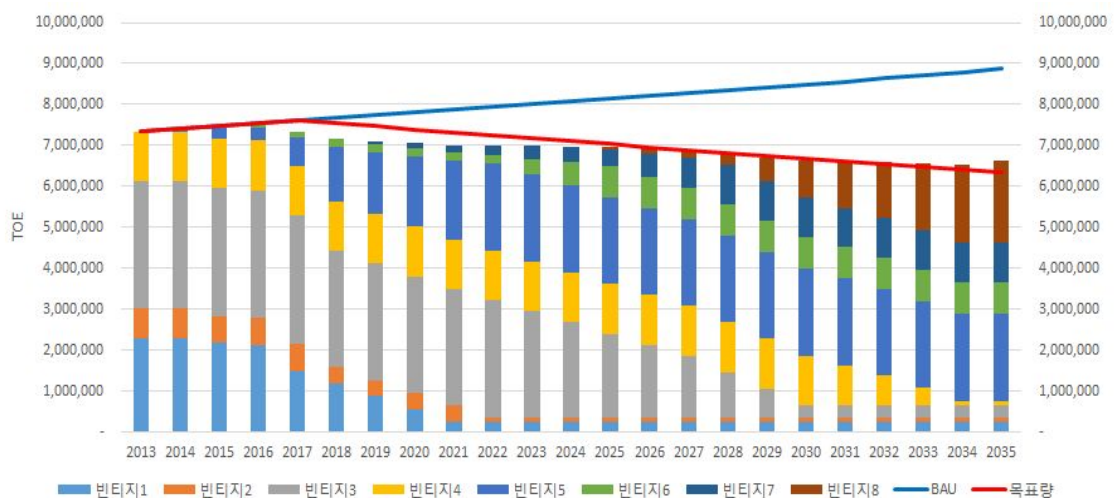


<그림 4.2.2> 단독주택부문의 빈티지별 BAU

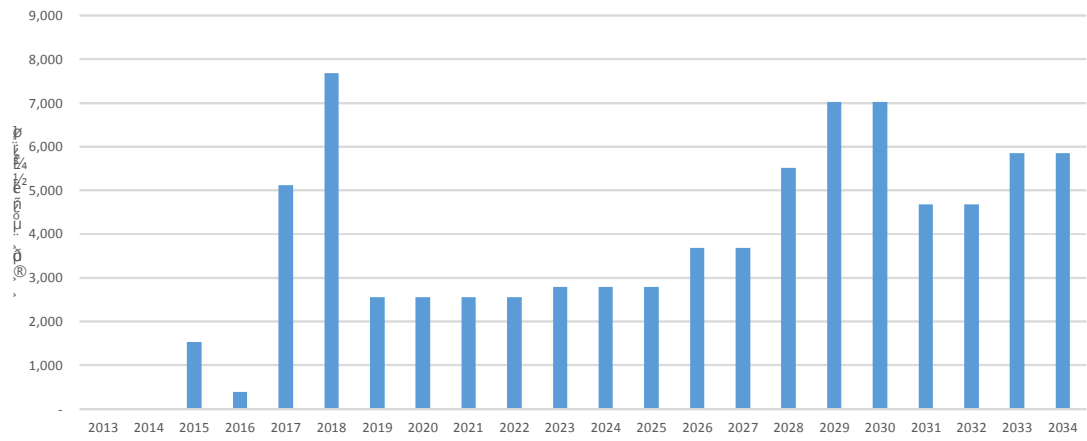
- 저감 목표량 설정시 신축건축물의 성능강화, 기존 건축물의 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 면적을 각 연도별로 적용함으로써 목표달성을 위한 로드맵을 도출할 수 있음. 그림 4.2.3과 그림 4.2.4는 임의 설정된 단독주택의 목표설정 및 연도별 저감 로드맵을 나타냄
- 에너지 저감을 위한 리모델링의 성능 목표와 면적을 기준으로 연도별 투입 비용을 산출할 수 있음. 단 본 연구에서는 투입비용 분석은 외피를 대상으로 하며 향후 각 기술별 DB 구축시 적용 가능함. 그림 4.2.5는 여기서 설정된 로드맵 실행시 외피 교체에 투입되는 비용을 나타냄



<그림 4.2.3> 단독주택부문의 에너지 저감 목표량 설정



<그림 4.2.4> 단독주택부문의 에너지 저감 로드맵



<그림 4.2.5> 단독주택부문의 에너지 저감 로드맵

제5장

결론 및 향후 연구방향

1. 결 론

○ 건물 부문은 현재 산업부문 다음으로 온실가스 발생량이 많은 부문일 뿐 아니라 선진국에 접어들수록 그 비중이 증가하는 부문임에도 다른 부문에 비하여 기초 DB가 매우 부족한 실정이었음. 이에 본 연구에서는 건물 유형 및 시기별 국내 건물 부문의 특성을 반영하는 표준 건물을 구축하고 상용 건물 에너지 해석 툴을 이용한 Parametric 시뮬레이션을 통해 기술별 효과를 분석할 수 있는 DB를 구축하였음. 본 연구에서 구축한 DB는 크게 아래의 8개로 구분됨

- ① 국토부 통계 기준 건물 유형별, 연도별 연면적
- ② 에너지총조사 기반 건물 유형별 에너지 사용량
- ③ 국토부 면적과 산업부의 에너지 통계 매핑을 통한 표준건물 입력값
- ④ 건물 유형별 표준모델
- ⑤ 건물 유형별, 대표 빈티지별 성능
- ⑥ 건물 유형별, 성능 조합별, 에너지 용도별 원단위
- ⑦ 건물 유형별 / 에너지 용도별 에너지원 비율
- ⑧ 외피기술의 면적당 비용과 표준건물 빈티지별 투입 비용

○ 표준모델 11개 유형의 건물 확장 및 고도화를 위하여 EnergyPlus를 이용한 Parametric 시뮬레이션 DB를 시뮬레이션 결과 CSV형식 파일과 EnergyPlus의 IDF(Input Data File) 형식으로 구축하였음. 구축된 DB를 이용하여 건물 유형별 에너지 BAU 및 로드맵 분석 툴(안)을 제시하였음

2. 향후 연구방향

○ 후속 연구를 통해 다음 사항을 추가 및 보완할 필요가 있음

(1) 통계의 확장

○ 에너지총조사보고서와 에너지 통계연보 간 에너지 사용량이 매칭되지 않는 문제가 있음. 이는 통계청 (2012) 정기통계품질진단에서도 지적된 사항임. 이는 소비통계와 공급통계간의 불일치이며, 이러한 불일치에 대한 보정 방법 또는

통계작성기관과의 협력 방안 등에 대해 추가 연구가 필요함

- 에너지총조사보고서 가정부문에는 용도별 사용에 대한 통계가 없기 때문에, 가정부문 표준모델의 적절성 검증이 어려움. 따라서 국가 통계를 기반으로 용도별 에너지사용량을 분리 및 추정하는 방법에 대한 추가 연구가 필요함

(2) 시뮬레이션 모델 고도화

- 파라메트릭 시뮬레이션을 통해 구축된 DB를 활용하면 회귀모델, 반응표면모델, 가우시안 프로세스 모델, 서포트벡터머신 등의 대리모델(surrogate model) 구축이 가능함. 이러한 대리모델을 이용하면 외삽(extrapolation) 추정이 가능하여 분석 범위를 확장할 수 있음
- 파라메트릭 시뮬레이션 설계시 건축물의 패시브요소(단열, 발열밀도 등)만 고려되었고 사회적 요인과 지역적 요인 등에 따른 설계변수는 고려되지 않았음. 사회적 요인으로는 가구원수의 변화, 소득수준에 따른 에너지 소비 패턴 변화 등이 있으며, 지역적 요인은 거주 지역(예: 중부/남부지역, 강북/강서/강남/강동 등)에 따른 소비 패턴의 변화 등이 있음.

(3) 경제성 분석 DB 구축

- 건물에서 사용된 자재의 상세 정보가 DB화 되면, 리모델링시 투입비용 대비 산출비용(온실가스 저감량)의 비용 계산이 가능함. 자재 정보 DB구축 및 연계 방안 등에 대한 조사가 필요함

(4) 건물 부문 에너지 및 온실가스 분석 플랫폼 구축

- 파라메트릭 시뮬레이션 결과는 단순 텍스트 형태로 저장되어 있음. 자료를 DB화시키고 본 연구에서 시연한 활용방법(4장 참고)을 웹상에 구현하면 공공 측면의 웹서비스 구축이 가능하며 이에 대한 플랫폼 구축 연구가 필요함

참고문헌

1. 국토교통부 (2013), 2013년 아파트주거환경통계, 국토교통부
2. 국토교통부 (2014), 2014년 주거실태조사, 국토교통부
3. 박기현 (2010), 주요국의 하절기 에너지절약 프로그램 비교 - 건물실내온도 규제 사례 중심으로 - 수시연구보고서 2010-05, 에너지경제연구원
4. 세움터 (2016), 2013년 노후 건축물 현황, 국토교통부
5. 세움터 (2016), 2013년 주거용 건물출 현황, 국토교통부
6. 세움터 (2016), 2013년 건축물대장 정보, 국토교통부
7. 이성근 (2010), 가정부문 용도별 에너지소비량 및 소급추정에 관한 연구, 기본보고연구서 10-05, 에너지경제연구원
8. 임기추, 강윤영 (2004), 생활양식이 가정부문 에너지 소비에 미치는 영향 분석, 기본연구보고서 04-01, 에너지경제연구원
9. 에너지경제연구원 (2014), 2014년 에너지총조사 보고서, 에너지경제연구원
10. 환경부 (2016), 물환경정보시스템,
http://water.nier.go.kr/front/waterEasy/knowledge02_02.jsp
11. 한국전력거래소 (2013), 2013년 가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사, 한국전력거래소
12. 한국기상산업진흥원 (2016), 기상정보와 수산가공품 유통업간의 영향관계 분석, 한국기상산업진흥원
13. 통계청 (2012), 『에너지총조사』 2012년 정기통계품질진단 연구용역 최종결과보고서, 발간번호 11-1240000-000631-10, 통계청
14. 통계청 (2014), 2014년 도소매업및서비스업조사
http://kostat.go.kr/survey/saler/sil_dl/1/index.board
15. Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M., Monetti, V. (2013), Reference buildings for cost optimal analysis : Method of definition and application., Applied Energy, 102, 983-993.
16. Deru, M., Field, K., Studer, D., Liu, B., Halverson, M., Winiarski, D.,

- Rosenberg, M., Yazdanian, M., Huang, J., Crawley, D., (2011), U.S. department of energy commercial reference building models of the national building stock, Technical report, National Renewable Energy Laboratory, 2.
17. Gaglia, A.G., Balaras, C.A., Mirasgedis, S., Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Lalas, D.P. (2007) Empirical assessment of the hellenic non-residential building stock. Energy consumption, emissions and potential energy savings, *Energy Conversion and Management*, 48(4), 1160-1175
18. Kurnitskia, J., Saari, A., Kalamees, T., Vuolle, M., Niemela, J., Tark, T. (2011), Cost optimal and nearly zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation, *Energy and Buildings*, 43(11), 3279-3288
19. Olofsson, T. & Mahlia, T.M.I. (2012), Modeling and simulation of the energy use in an occupied residential building in cold climate, *Applied Energy*, 91(1), 432-438.
20. Tommerup, H. & Svendsen, S. (2006), Energy savings in danish residential building stock, *Energy and Buildings*, 38(6), 618-626.
21. Trcka, M., Hensen, J.L.M. (2010), Overview of HVAC system simulation, *Automation in Construction*, Vol.19, pp.93 - 99
22. Zhang, Y., & Korolija, I. (2010). Performing complex parametric simulations with jEPlus. *SET2010-9th International Conference on Sustainable Energy Technologies*.

부록 1. LBNL 파라메트릭 시뮬레이션 보고서

○ 원본 : 첨부 워드 파일 *LBNL_Parametric_Sim_FinalReport.docx*

Korean Reference Building Energy Model Development

Korean Reference Building Energy Model Parametric Simulation Final Report

Sang Hoon Lee, Won Young Park, Tianzhen Hong, and Amol Phadke
Lawrence Berkeley National Laboratory

August 2, 2016



Disclaimer

This document was prepared as an account of work sponsored by the Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, South Korea. While this document is believed to contain correct information, neither the United States Government, nor the Regents of the University of California makes any warranty, express or implied, or assumes any legal responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by its trade name, trademark, manufacturer, or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California. The views and opinions of authors expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California.

Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory is an equal opportunity employer.

Korean Reference Energy Model Parametric Simulation

PROJECT SUMMARY

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) is the sole national institution that contributes to the development of Korea's reference building energy models. No parametric analysis to refine Korea's reference building models has been done yet. Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) is uniquely qualified to provide knowledge on building energy simulation using EnergyPlus and insights on opportunities for reducing energy consumption and emissions due to their long history of energy efficiency research.

The goal of this project is to evaluate energy consumption in Korea's reference building models by conducting hourly simulations using the input data files (IDFs) provided by the Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) and to assess impacts of energy efficiency parameters on building energy consumption by conducting a parametric sensitivity analysis with 37,044 combinations from building types and energy efficiency parameters. The final report and data set provide energy performance analysis results based on the energy simulation using EnergyPlus, a software program developed by U.S. Department of Energy (US DOE). As the outcome of the project, LBNL team delivers an energy performance database from the parametric simulation results.

DELIVERABLES

- Final report: Technical report for energy model review and parametric simulation
- Presentation materials – PowerPoint presentation describing results and methodology
- Data file with parametric run results
 - CSV files containing all simulation results
 - Individual EnergyPlus simulation files: 10 Zip files for each building type

REVIEW OF THE KOREAN REFERENCE BUILDING ENERGY MODELS

KICT, in this project sponsored by the Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea (GIR), developed reference building energy models that represent residential, commercial, and public building stock in Korea to analyze energy savings and greenhouse gas emissions reduction potential in the building sector. The scope of reference building energy models includes ten building types in residential, commercial and public sectors as below:

- Residential:
 - High rise apartment
 - Multi-family house
- Commercial:
 - Office
 - Stand-alone retail
 - Restaurant
 - Hotel
 - Outpatient hospital

- Public
 - Governmental office
 - University building
 - School (Primary, middle, and high)

LBNL reviewed the energy models and input data to check objects, fields, and input values. LBNL identified errors in the energy models and validated them.

PARAMETRIC SENSITIVITY ANALYSIS

The task uses the EnergyPlus reference models to conduct a parametric run for parameters with different technology levels to analyze the improved the energy performance, which evaluates how energy efficiency parameters in a certain range would affect the building energy consumption. The data KICT provided for the parametric run includes:

- IDF for the reference building models updated from Task 1
- Selected parameters and their ranges

LBNL conducted a parametric analysis that integrates combinations of the parameters with technology levels. The task includes:

- 1) Conduct hourly simulations using the IDFs provided by KICT
- 2) Evaluate energy consumption by end-use by monthly profile, and
- 3) Provide recommendations and comments on any abnormal results.

Details for building types, climate zones, and efficiency parameters with ranges to conduct a parametric analysis of 37,044 simulations were finally determined by discussion between KICT and LBNL. Table 1-10 identify input values for parametric simulation for all building types.

Table 1-10 Parameter setup for energy efficiency evaluation

1. 공동주택

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도		합계
			열관류 율	SHGC				난 방	냉 방	
단위	W/m ² K	m	W/m ² K	-	-	ACH	W/m ²	°C	°C	
1	1.05	0.0177	5.00	0.83	off	0.40	6.19	26	21	
2	0.58	0.0439	4.19	0.76	on	0.35	3.095	27	20	
3	0.47	0.0576	3.84	0.76		0.30	1.5475	25	22	
4	0.27	0.1110	1.50	0.76		0.20				
5	0.21	0.1432	1.00	0.76		0.10				
6	0.17	0.1853	1.00	0.50						
7	0.10	0.3253	0.80	0.40						
케이스	7		7		2	5	3	3		4410

2. 단독주택

수준	외벽 단열 uval	단열재 두께	창호		차양	기밀 성능	조명	실내온도		합계
			열관류율	SHG C				난방	냉방	
단위	W/m²K	m	W/m²K	-	-	ACH	W/m²	°C	°C	
1	1.05	0.0177	5.00	0.83	off	0.50	6.19	26	20.0	
2	0.58	0.0439	4.19	0.76	on	0.44	3.095	27	19.0	
3	0.47	0.0576	3.84	0.76		0.38	1.5475	25	21.0	
4	0.27	0.1110	2.10	0.76		0.25				
5	0.25	0.1159	1.20	0.76		0.13				
6	0.15	0.2153	1.00	0.50						
7	0.10	0.3253	0.80	0.40						
조합수	7		7		2	5	3	3		4410

3. 사무소

수준	단열 W/m²K	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		합계
		열관류율	SHGC				난방	냉방	
	W/m²K	W/m²K	-	-	ACH	W/m²	°C	°C	
1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	15.77	20	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	1.00	11.83	18	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.90	5.91	22	28	
4	0.27	2.10	0.76			1.48			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

4. 판매업, 상점

수준	단열 W/m²K	창호		차양	기밀성능	조명	실내온도		합계
		열관류율	SHGC				난방	냉방	
	W/m²K	W/m²K	-	-	ACH	W/m²	°C	°C	
1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	10.20	19	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	1.00	7.65	17	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.80	3.83	21	28	
4	0.27	2.10	0.76			0.96			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

5. 외식업, 식당

수준	단열 W/m ² K	창호		차양 -	기밀성능 ACH	조명 W/m ²	실내온도		합계
		열관류율 W/m ² K	SHGC -				난방 °C	냉방 °C	
1	1.05	5.00	0.83	off	2.70	13.60	19	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	2.40	10.20	17	26	
3	0.47	3.84	0.76		2.00	5.10	21	28	
4	0.27	2.10	0.76			1.28			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

6. 숙박업, 호텔

수준	단열 W/m ² K	창호		차양 -	기밀성능 ACH	조명 W/m ²	실내온도		합계
		열관류율 W/m ² K	SHGC -				난방 °C	냉방 °C	
1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	10.45	20	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	1.00	7.84	18	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.90	3.92	22	28	
4	0.27	2.10	0.76			0.98			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

7. 병원

수준	단열 W/m ² K	창호		차양 -	기밀성능 ACH	조명 W/m ²	실내온도		합계
		열관류율 W/m ² K	SHGC -				난방 °C	냉방 °C	
1	1.05	5.00	0.83	off	0.50	5.00	20	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	0.40	3.75	18	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.30	1.88	22	28	
4	0.27	2.10	0.76			0.47			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

8. 관공서

수준	단열	창호		차양	기밀 성능	조명	실내 온도		합계
		열관류율	SHGC				난방	냉방	
	W/m²K	W/m²K	-	-	ACH	W/m²	°C	°C	
1	1.05	5.00	0.83	off	1.00	6.50	19	25	
2	0.58	4.19	0.76	on	0.90	4.88	17	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.80	2.44	21	28	
4	0.27	2.10	0.76			0.61			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

9. 대학교

수준	단열	창호		차양	기밀 성능	조명	실내 온도		합계
		열관류율	SHGC				난방	냉방	
	W/m²K	W/m²K	-	-	ACH	W/m²	°C	°C	
1	1.05	5.00	0.83	off	0.80	5.00	20	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	0.50	3.75	18	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.30	1.88	22	28	
4	0.27	2.10	0.76			0.47			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

10. 초중고

수준	단열	창호		차양	기밀 성능	조명	실내 온도		합계
		열관류율	SHGC				난방	냉방	
	W/m²K	W/m²K	-	-	ACH	W/m²	°C	°C	
1	1.05	5.00	0.83	off	1.20	4.59	20	24	
2	0.58	4.19	0.76	on	1.00	3.44	18	26	
3	0.47	3.84	0.76		0.80	1.72	22	28	
4	0.27	2.10	0.76			0.43			
5	0.25	1.20	0.76						
6	0.15	1.00	0.30						
7	0.10	0.80	0.20						
조합수	7	7		2	3	4	3		3528

The result from the parametric simulation was organized to extract the 108 monthly output values from nine output variables as below:

1. WaterSystems:DistrictHeating
2. InteriorLights:Electricity
3. InteriorEquipment:Electricity
4. ExteriorEquipment:Electricity
5. ExteriorEquipment:Gas
6. Heating:DistrictHeating
7. Cooling:DistrictCooling
8. Heating:EnergyTransfer
9. Cooling:EnergyTransfer

Note that high-rise apartment building contains 972 database columns that include monthly results of 81 zone specific outcomes.

PARAMETRIC SIMULATION WORKFLOW

The parametric run for EnergyPlus simulation used jEPlus simulation framework (Zhang & Korolija, 2010). An open-source tool, jEPlus is designed to assist setting up parametric runs with EnergyPlus models, and to perform the simulations in “parallel” mode. It is widely used for setting up complex parametric runs, for example, building system configurations along with design parameters including insulation, glazing, temperature set points, HVAC system, and day lighting control options. Given that the total number of simulations exceeded 37,000, it would have been a tedious job to set them up manually. jEPlus enables automating the simulation jobs such as generating input files for EnergyPlus, executing simulations, and extracting results perform complex parametric analysis on multiple design parameters. For the simulation task, two designated servers, each with 32 computing cores was used. Figure 1 illustrates the parametric simulation workflow using jEPlus.

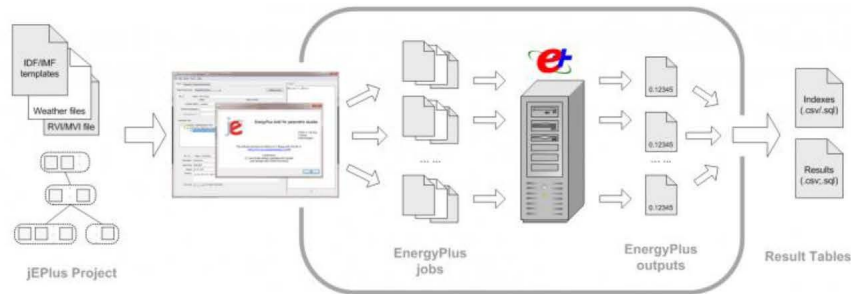


Figure 1 Parametric simulation workflow using jEPlus

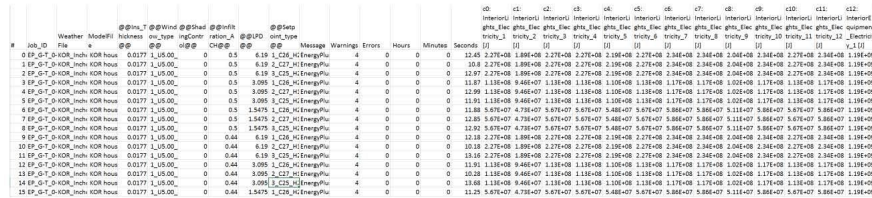


Figure 2 Running simulations and collecting results

By the work proposed here LBNL is expected to have a strong capability to conduct simulation-based energy performance analysis by expanding the scope of U.S. DOE's EnergyPlus-based models for other countries. Upon the completion of the study, it is expected to potentially continue to next steps in conducting scenario analyses with best available technologies and theoretical energy efficiency limit. This project forwards general goals of the U.S. Government and the Office of Science to support the development of energy efficiency modeling tools, and to contribute to training and capacity building of those models by governments of other countries.

POTENTIAL USE OF THE PARAMETRIC SIMULATION DATABASE

Parametric study is a useful method for exploring alternative design options and establishing dependencies between design variables. As the result of the parametric simulation run, the energy performance database potentially can be used for many research areas. Those potential use cases are as below, which leverage a web-based software that can provide:

- Retrofit recommendation using a pre-simulated database
- Operational improvement recommendations
- Energy efficiency policy guideline for code and standard development
- Integrate in 3D energy performance map that can visualize:
- City or district scale color-coded energy map
- Benchmarking of the energy performance
- Buildings needing the energy performance improvement
- Energy efficiency policy impacts

LBNL Research: Energy Performance Database Use Case #1

Commercial Building Energy Saver Pre-simulated Database

The pre-simulated database was implemented to Commercial Building Energy Saver (CBES) prototype web application for a preliminary retrofit analysis. The CBES (cbes.lbl.gov), is an energy retrofit analysis toolkit, which calculates the energy use of a building, identifies and evaluates retrofit measures in terms of energy savings (Hong et al., 2015). CBES was designed for energy retrofit fit analysis for Small commercial buildings in California, United States. Small commercial buildings in the United States consume 47% of the total primary energy of the buildings sector. Retrofitting small and medium commercial buildings poses a huge challenge for owners because they usually lack the expertise and resources to identify and evaluate cost-effective energy retrofit strategies. CBES calculates the energy use of a building, identifies and evaluates retrofit measures in terms of energy savings, energy cost savings and payback. The CBES Toolkit includes a web app (APP) for end users and the CBES Application Programming Interface (API) for integrating CBES with other energy software tools. The toolkit provides a rich set of features including: (1) Energy Benchmarking providing an Energy Star score, (2) Load Shape Analysis to identify potential building operation improvements, (3) Preliminary Retrofit Analysis which uses a custom developed pre-simulated database and, (4) Detailed Retrofit Analysis which utilizes real-time EnergyPlus simulations. CBES includes 100 configurable energy conservation measures (ECMs) that encompass IAQ, technical performance and cost data, for assessing 7 different prototype buildings in 16 climate zones in California and 6 vintages. A case study of a small office building demonstrates the use of the toolkit for retrofit analysis. The development of CBES provides a new contribution to the field by providing a straightforward and uncomplicated decision making process for small and medium business owners, leveraging different levels of assessment dependent upon user background, preference and data availability.

The CBES tool enables a rapid retrofit analysis using web-based pre-simulated database. The pre-simulated database provides retrofit measures and their impact to the energy performance and indoor environmental quality. The pre-simulated database is built upon EnergyPlus simulations using prototype buildings for:

1. Seven building types (Office: Small office - 1 story, medium office - 2 Stories, and medium office - 3 Stories, Retail: Small retail and medium retail, Mixed use: retail at the 1st floor, office at the 2nd and 3rd floors)
2. Six vintages: (Before 1978, 1978-1992, 1993-2001, 2002-2005, and 2006-2008)
3. 16 climate zones in California

85 measures (coordination with Task 3) are added to the baseline buildings. The pre-simulation database contains simulation results including site energy and its breakout, peak electricity/natural gas usage, cooling and heating capacity, energy costs, CO₂ emissions, and IEQ impacts.

The pre-simulation database was built upon results from about 9 million energy simulations that include energy performance data from individual measures as well as combination of measures. The large-scale simulation task used the National Energy Research Scientific Computing (NERSC) center clusters for large-scale simulations using several thousand cores (Lee et al., 2015). The prototype web application was built upon the CBES API for demonstration of retrofit analysis. Figure 3 provides a screen capture of the pre-simulated data presented in the CBES web application. Based on the inputs of the basic building profile and upgrade description, the CBES web application looks up the pre-simulated database to retrieve energy data for the matching prototype building as a baseline, then it further provides pre-simulated data that meet the investment criteria provided as:

1. Maximizing energy cost saving
2. Maximizing energy saving
3. Minimizing CO₂ emissions
4. Minimizing investment cost
5. Minimizing investment payback period.

Then, the application displays ten recommended retrofit measures in the output page for various analyses. The selected measures include individual measures and combinations of measures. The outputs include but limited to site energy peak electricity demand, energy cost, CO₂ emissions, and energy savings and energy cost savings from retrofits, investment costs, payback years, and indoor environmental quality impacts.

Commercial Building Energy Saver

Welcome! Your session number is 45.



Introduction Common Inputs Benchmarking No- or Low-Cost Improvement Preliminary Retrofit Analysis Detailed Retrofit Analysis

Upgrades

Category	Default values	Upgrade
Lighting-interior	TBD	Upgrade to 1.2 W/ft2
Equipment	TBD	N/A
Windows	TBD	Upgrade SHGC to 0.4
Cooling System	TBD	N/A
Heating System	TBD	N/A

Preliminary Retrofit Analysis

Preliminary retrofit results:

Annual site energy and CO2 emissions

	Measure ID(s)	Electricity (kWh)	Natural Gas (therm)	Peak Elec Demand (kW)	Energy Cost (\$)	CO2 Emission (lbs)
0	Baseline	1,966,627	10,786	623.65	325,754	1,481,622
1	ECM 5;4	1,482,135	8,129	470.01	245,502	1,116,614
2	ECM 6	1,656,541	9,085	525.31	274,391	1,248,008
3	ECM 5	1,801,862	9,882	571.40	298,462	1,357,491
4	ECM 6;2 (*)	1,487,800	8,160	471.80	246,440	1,120,882
5	ECM 6;5 (*)	1,523,932	8,358	483.26	252,425	1,148,103
6	ECM 6;3 (*)	1,535,006	8,419	486.77	254,260	1,156,446
7	ECM 6;4 (*)	1,542,658	8,461	489.20	255,527	1,162,211
8	ECM 4;3 (*)	1,587,433	8,706	503.40	262,944	1,195,943
9	ECM 5;3 (*)	1,686,148	9,247	534.70	279,295	1,270,314
10	ECM 5;2 (*)	1,749,590	9,595	554.82	289,803	1,318,110

Annual economic analysis and IEQ impacts

	Measure ID(s)	Energy Cost Saving (\$)	Energy Saving (kWh)	Electricity Cost Saving (\$)	Electricity Saving (kWh)	Natural Gas Cost Saving (\$)	Natural Gas Saving (therm)	Investment Cost (\$)	Payback (Year)	IEQ Impact
1	ECM 5;4	80,252	562,365	73,643	484,492	2,631	2,657	76,328	0.95	NA
2	ECM 6	51,363	359,927	47,133	310,086	1,684	1,701	46,783	0.91	NA
3	ECM 5	27,292	191,248	25,044	164,765	895	904	44,244	1.62	NA
4	ECM 6;2 (*)	79,313	555,790	72,782	478,827	2,600	2,626	82,915	1.05	NA
5	ECM 6;5 (*)	73,328	513,851	67,290	442,696	2,404	2,428	80,457	1.10	NA
6	ECM 6;3 (*)	71,494	500,996	65,606	431,621	2,344	2,367	84,797	1.19	NA
7	ECM 6;4 (*)	70,227	492,114	64,443	423,969	2,302	2,325	85,132	1.21	NA
8	ECM 4;3 (*)	62,810	440,143	57,638	379,194	2,059	2,080	85,634	1.36	NA
9	ECM 5;3 (*)	46,459	325,561	42,633	280,479	1,523	1,538	86,931	1.87	NA
10	ECM 5;2 (*)	35,950	251,922	32,990	217,037	1,178	1,190	91,054	2.53	NA

Annual energy and cost saving percentage

	Measure ID(s)	Energy Cost Saving (%)	Energy Saving (%)	Electricity Usage/Cost Saving (%)	Natural Gas Usage/Cost Saving (%)
1	ECM 5;4	24.64%	24.64%	24.64%	24.64%
2	ECM 6	15.77%	15.77%	15.77%	15.77%
3	ECM 5	8.378%	8.378%	8.378%	8.378%
4	ECM 6;2 (*)	24.35%	24.35%	24.35%	24.35%
5	ECM 6;5 (*)	22.51%	22.51%	22.51%	22.51%
6	ECM 6;3 (*)	21.95%	21.95%	21.95%	21.95%
7	ECM 6;4 (*)	21.56%	21.56%	21.56%	21.56%
8	ECM 4;3 (*)	19.28%	19.28%	19.28%	19.28%
9	ECM 5;3 (*)	14.26%	14.26%	14.26%	14.26%
10	ECM 5;2 (*)	11.04%	11.04%	11.04%	11.04%

Figure 3 The CBES Web Application Screen Capture for Preliminary Retrofit Analysis using Pre-simulated database

LBNL Research: Energy Performance Database Use Case #2

CityBES: A Web-based Platform to Support City-Scale Building Energy Efficiency

Retrofitting the existing building stock to improve energy efficiency and reduce energy use is a key strategy for cities to reduce green-house-gas emissions and mitigate climate change. Planning and evaluating retrofit strategies for buildings requires a deep understanding of the physical characteristics, operating patterns, and energy use of the building stock. This is a challenge for city managers as data and tools are limited and disparate. The research introduces a web-based data and computing platform, City Building Energy Saver (CityBES), which focuses on energy modeling and analysis of a city's building stock to support district or city-scale efficiency programs. CityBES uses an international open data standard, CityGML, to represent and exchange 3D city models. CityBES employs EnergyPlus to simulate building energy use and savings from energy efficient retrofits. CityBES provides a suite of features for urban planners, city energy managers, building owners, utilities, energy consultants and researchers (Tianzhen Hong, Yixing Chen, Sang Hoon Lee, 2016).

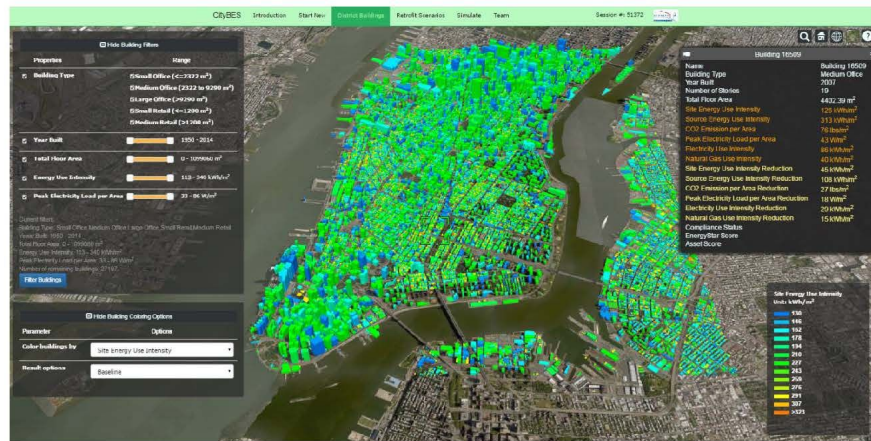


Figure 4 CityBES: Buildings in Manhattan New York (for illustrative only, using mockup building data)

CityBES can serve as a data and computing urban platform to help city policymakers and their consultants to evaluate district and city-scale energy efficiency issues and opportunities in buildings. CityBES is targeted for analysis of city building stocks using CityGML which provides four levels of details to represent city buildings, and allows energy simulation with different fidelities of modeling options. The data model using CityGML can help exchange data between the building energy model and other urban environmental analysis models. The integration of city building stock data in CityBES will enable integration with other tools such as the U.S. Department of Energy's Building Energy Asset Score and the Building Performance Database. In future, CityBES will also support other analysis such as urban energy planning and design, carbon emissions tracking system, and local laws and code compliance. CityBES

serves as a valuable platform assisting users to answer important questions about technology deployment and policy such as:

1. Which types of buildings have the greatest potential for energy savings and cost-effective retrofits? This is part of a crucial effort of CityBES to show a city-wide building energy map with actual energy consumption, and estimate of energy potential savings from retrofit as well as operational improvements, for every building in the city.
2. Which energy efficiency technologies can help achieve the greatest energy savings?
3. Where in the city are there districts with the right mix of load density and diversity to support district energy systems, or local energy storage to reduce energy use?
4. How much energy savings can be expected if all buildings in a city use a specific retrofit, such as single pane to double pane windows, or fluorescent to LED lights?
5. If all buildings in a city upgrade to meet the current building energy code, how much energy savings and peak electricity demand reduction can be achieved?
6. What is the impact of climate change on energy use in the building stock and in occupant comfort in the next 30 or 50 years?
7. What is the impact of extreme heat waves on building energy demand and occupants' health?
8. If solar PV is installed on all available roof spaces of all buildings in a city, how much electricity can be generated? How does this meet city's renewable energy goal? What is the cost of such a PV deployment plan?

REFERENCES

- Hong, T., Piette, M. A., Chen, Y., Lee, S. H., Taylor-Lange, S. C., Zhang, R., ... Price, P. (2015). Commercial Building Energy Saver: An energy retrofit analysis toolkit. *Applied Energy*, 159, 298–309. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.002>
- Lee, S. H., Hong, T., Piette, M. A., Sawaya, G., Chen, Y., & Taylor-Lange, S. C. (2015). Accelerating the energy retrofit of commercial buildings using a database of energy efficiency performance. *Energy*, 90, 738–747. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.107>
- Tianzhen Hong, Yixing Chen, Sang Hoon Lee, M. A. P. (2016). CityBES: A Web-based Platform to Support City-Scale Building Energy Efficiency. In *The 5th International Workshop on Urban Computing (UrbComp 2016) August 13, 2016 – San Francisco, California*.
- Zhang, Y., & Korolija, I. (2010). Performing complex parametric simulations with jEPlus. *SET2010-9th International Conference on Sustainable Energy Technologies*.

부록 2. 파라메트릭 시뮬레이션 데이터베이스

○ 첨부 *.csv 및 *.idf 파일 참고