

# 도시 에너지 분석 시뮬레이션 모델 비교 분석<sup>1)</sup>

제민희\*, 정승현

\*한국건설기술연구원 스마트시티연구센터

e-mail:minheeje@kict.re.kr

## Comparative analysis of urban energy simulation model

Min-Hee Je\*, Seung-Hyun Jung\*

\*Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

### 요약

본 연구는 도시 에너지 분석 방법론 개발에 앞서 기존 에너지 시뮬레이션 모델들을 비교 검토하여 도시공간에의 적용성을 파악하는데 목적이 있다. 이를 위해 선행연구에서 사용된 에너지 시뮬레이션 모델들을 수집하고 각 모델을 입력변수, 산출결과, 대상규모, 구득가능성 등으로 항목으로 구분하여 분석하였다. 분석결과, 도시계획단계에서 친환경 도시 모델 설계와 도시 에너지 통합관리를 위해서는 기후요소의 도입, 평가대상을 건축물 외부로 확대, 계획과정에서의 활용성 등이 확보가 필요한 것으로 나타났다. 이러한 개발 방향은 향후 도시공간을 대상으로 한 모델 개발에 활용될 수 있다.

### 1. 서론

최근 폭염, 한파 등 기후변화로 이상기후 발생빈도가 갈수록 증가하고 있고 에너지 수요가 증대되고 있다. 세계 에너지 통계보고서(2018)에 따르면 우리나라의 이산화탄소 배출량은 OECD 4위인 반면, 기후변화대응지수(CCPI)는 58위로 에너지소비와 이산화탄소 배출량에 비해 에너지 감축 대안이 부족한 실정이다. 올해부터 연면적 1,000㎡ 이상의 모든 공공건축물은 에너지 자립률 20% 이상을 달성한 제로에너지 건축물로 조성되어야 하며, 도시단위 공공주택 제로에너지 시범사업이 시행되고 있다. 또한 제로에너지 건축 보급 확산 방안을 위해 대지 내(On-Site)에서 물리적 한계로 신재생에너지 설치가 어려운 문제점을 해소하기 위해 지구단위, 도시단위 제로에너지 확대 기반이 모색되고 있다. 이처럼, 탄소저감과 에너지 수요 관리 측면에서 도시 관점의 연구가 중요한 요인이 되고 있다. 그러나 건물에너지효율, 에너지소비량 분석 등 하나의 건축물에 국한되어 있거나 도시의 밀도, 압축 정도 등 도시전체 규모에 대한 연구가 다수 수행되고 있다. 에너지 수요 관리 연구를 위해 활용되는 에너지 시뮬레이션 분석 또한 건축물 단위 위주로 분석되고 있다. 이에 단지 규모의 도시에너지 분석이 가능하며, 도시구조가 함께 고려될 수 있는 시뮬레이션 분석의 가능성을 검토하는 과정이 필요하다. 본 연구

는 에너지 시뮬레이션 툴의 현황을 조사하고 유형, 분류, 특징 등에 따른 건축물 및 도시 에너지 시뮬레이션별로 분석하고자 한다. 이를 통해 도시에너지 분석의 가능성을 검토하여 향후 도시 에너지 분석 방법론 발전에 기반이 되고자 한다.

### 2. 에너지 시뮬레이션 모델별 분석

에너지 시뮬레이션 모델은 에너지의 소비량 예측, 에너지 소비 효율 등을 알기 위해 활용된다. 공통적으로 모델은 이론을 바탕으로 결과 값을 계산하기 때문에 에너지 예측 알고리즘을 이용하는 것보다 정확하게 측정되나, 자료입력, 모델 구동 시간, 요구되는 디바이스 사양 등으로 자원소비가 크다는 특징이 있다. 에너지 시뮬레이션은 열 수지 값에 의해 수요량을 제공하고 예측되는 것으로 단일 건물을 대상으로 하는 경우와 여러 건물이 배치되어있는 단지를 대상으로 하는 경우 등 대상지 규모에 따라 고려되는 요소가 매우 상이하다. 도시 규모의 에너지 모델링(USEM, Urban Scale Energy Modelling)은 특징에 따라 도시 미기상 모델, 건축물 에너지 수요모델, 건축물 에너지 공급모델, 교통에너지 모델, 에너지 최적화 모델로 크게 구분한다. 또한, 대상 규모에 따라 BES(Building Energy Simulation), UBES(Urban Building Energy Simulation), CES(City Energy Simulation)으로 구분되기도 한다(Frayssinet.L et al., 2018). 건축물 에너지수요를 예측하는 모델로는 DOE-2(eQUEST), EnergyPlus, ECO2-OD와 도

1) 본 논문은 2018년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 2018201060010C)

시 에너지수요를 예측하는 모델로는 UCSS, CitySim과 CityBES가 있다.

[표 1] 에너지 시뮬레이션 모델별 분류

모델명		A	B	C	D	E	F
입력변수	기상자료	○	○	○	○	○	○
	건물 외부조건	외부				○	○
		단일	○	○	○	○	○
건물내부	구성	○	○	○	○	○	○
산출결과	기후 관련 결과값				○		
	에너지 소비량	○	○	○	○	○	○
	도면화				○	○	○
대상규모	건축물	○	○	○		○	○
	단지				○	○	○
	지구				○	○	○
가능성	모델 구득 가능	○	△	○	○	○	
	상용화	○	○	○	○	○	

A:DOE-2, B:EnergyPlus, C:ECO2-OD, D:UCSS, E:CitySim, F:CityBES

건축물 및 도시 에너지 시뮬레이션을 분류하여 각 모델의 입력변수, 산출결과, 대상규모와 구득가능성으로 구분지어 분석하였다. 입력변수는 기상자료, 건축물 외부 조건과 내부구성으로 구분할 수 있다. 기본적으로 에너지 소비량이 산출되며, 도시 시뮬레이션의 경우 GIS 도면화로 표현되고 UCSS의 경우 기후관련 예측 결과값도 산출이 가능하다. 대상규모는 단일 건축물(Building), 단지(Block), 지구(District) 단위의 규모로 구분하였다. 단지와 지구단위의 분석이 가능한 UCSS는 Raster기반, CitySim은 Vector기반이다. 가능성은 프로그램을 일반적으로 배포 받을 수 있거나, 구매가 가능하여 구동할 수 있는 가능성으로 판단하였다. EnergyPlus는 대표적으로 많이 활용되고 있는 모델이지만 정확도를 위해서는 많은 정보를 입력해야 하며 비전문가가 다루기에는 쉽지 않은 프로그램임으로 고려하였다. CityBES는 플랫폼형식으로 연구의 분석모델로는 어려움이 있어 구득가능성에서 제하였다.

도시 시뮬레이션의 경우 GIS 데이터 값으로 추출된 건물군 정보, 토지피복 등이 설정된다. 현열 및 잠열 발생량 산출식과 대기 난류모델간의 계산식으로 입력된 값과 고정 파라미터로 입력된 건물재료, 알베도 등이 계산되어 도시기후요소와 에너지 수요량을 산출한다. 건축물 내부 설정조건은 에너지에 영향을 미치는 창호면적, 재질, 공조방식 종류 등이 있다.

### 3. 도시 에너지 분석방향 검토

도시 에너지 분석방법론으로 에너지 시뮬레이션이 활용가능한지 모색하기 위해서 자료구득과 공간적 범위 검토가 중요하다. 기상 및 좌표, 건축물의 외부 조건은 도시 관점의 자

료 구득이 가능하며, 건축물 내부 구성의 입력값은 단일 개별로 구득하기는 어려우나 공동주택의 경우나 원단위를 활용시 자료구득이 용이할 것으로 판단된다. 공동주택의 에너지가 관리되고 있는 에너지 통합 플랫폼의 자료 구득, 실측자료 분석 후 검토가 가능한 대상지 선정 또한 중요할 것으로 사료된다. 기존의 도시에너지 수요예측은 토지이용에 따른 계수로 산정되므로 에너지 사용량에 많은 영향을 미치는 건물 외피조건, 에너지 기기 사용특성 등을 반영하기 어려우나, 도시 시설물 요소가 반영된 에너지 수요 예측은 가능할 것으로 분석된다. 도시 전체의 수요 총량이 아닌 단위공간별 도시에너지 수요예측 및 관리에 자료로 활용될 수 있을 것이며, 저에너지 이용 확산을 위한 계획 및 설계기준을 제공할 수 있다. 도시 에너지 분석을 위해서는 주거 유형, 밀도, 건물 형태, 건축연도, 토지이용 등 도시의 구조가 반영이 되어야 한다. 특히, 현재 뿐만 아니라 미래의 도시 변화가 반영될 수 있는 방법론을 분석하기 위해서는 건폐율과 용적률 등 밀도가 고려되어야 한다. 이를 위해 도시 구조를 표준화하여 에너지수요를 예측하는 방법도 고려해 볼 수 있다. 도시와 건물의 크기, 밀도 등을 유형화하고 각 유형별 에너지 수요와 공급을 예측하는 모델을 구현할 수 있다.

### 4. 결론

본 연구는 에너지 시뮬레이션 모델을 조사하고 입력변수, 산출결과, 대상규모, 구득가능성으로 구분지어 분석하였다. 이를 바탕으로 도시단위 적용성과 자료 구득의 용이성, 활용도에 대해 검토하였다. 도시 에너지는 단일 건축물의 에너지 수요예측 및 관리뿐만 아니라 도시를 구성하고 있는 요소도 함께 고려되어야 한다. 또한 에너지 산출 과정과 도시의 규모를 고려할 때 열섬과 같은 도시의 기후가 함께 고려되어야 할 것이다. 이는 도시계획단계에서 친환경 도시 모델 설계와 도시 에너지 통합관리를 위한 방안 마련으로 객관적이고 합리적인 의사결정을 내리는데 지원할 수 있을 것이다. 더 나아가 도시 공간의 모델링 기술 발전, 에너지 수요 예측 기술과 도시에너지 공급계획 마련 등에 활용 될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] Loïc Frayssinet, Lucie Merlier, Frédéric Kuznik, Jean-Luc Hubert, Maya Milliez, Jean-Jacques Roux, "Modeling the heating and cooling energy demand of urban buildings at city scale", Renewable and Sustainable Energy, Vol.81, pp. 2318-2327, 2018년