

건물유형 및 지역조건에 따른 ECO2 및 TRNSYS의 냉난방부하 비교분석 Comparison Analysis of Cooling and Heating Demand by Building Type and Region using ECO2 and TRNSYS

박동진(Dongjin Park), 이현재(Hyunjae Lee), 오진환(Jinhwan Oh)*, 권영식(Youngsik Kwon)*,
양재광(Jaekwang Yang)**, 남유진(Yujin Nam)***†

부산대학교 건축공학과 학사과정, *부산대학교 건축공학과 박사과정, **국토안전관리원 차장,
***부산대학교 건축공학과 교수

Undergraduate Student, Department of Architecture Engineering Pusan National University, Busan, 46241, Korea

**Ph.D Student, Department of Architecture Engineering Pusan National University, Busan, 46241, Korea*

***Principal Researcher, Korea Authority of Land & Infrastructure Safety, Jinju, 52856, Korea*

****Professor, Department of Architecture Engineering Pusan National University, Busan, 46241, Korea*

Abstract

In Korea, it is also mandatory for most buildings to receive energy efficiency rating certification from 2020 for the purpose of reducing greenhouse gas emissions and expanding green buildings. However, the issue of the accuracy of the ECO2 program continues to be raised, and comparisons have been made with dynamic energy analysis programs in a single type of building according to a single area. However, comparisons between multiple building types and multiple areas are insufficient. Therefore, in this study, cooling and heating loads according to multiple building types and multiple areas were analyzed through ECO2 and TRNSYS programs. The regions were supposed to be Seoul, Daejeon, Gwangju, and Busan and the building types were supposed to be office buildings and apartment houses. The annual average building load values from ECO2 were higher than those from TRNSYS. Among residential buildings across the four regions, the largest discrepancy was 41.4% in Seoul. Conversely, for commercial buildings, the most significant difference in annual average loads was noted in Gwangju, at 37.9%.

Key words: Energy load(에너지 부하), Building type(건물 유형), Regional climate(지역별 기후), Simulation(시뮬레이션)

†Corresponding author

E-mail: namyujin@pusan.ac.kr

접수일: 2023년 08월 07일; 심사일: 1차:2023년 08월 21일, 2차:2023년 09월 22일; 채택일: 2023년 10월 12일

1. 서 론

지구온난화에 따른 기후변화에는 인간이 사용하는 화석 연료와 탄소 배출량에 밀접한 관계가 있다. 에너지 경제 연구원 통계 정보 시스템에 따르면 국가의 전체 에너지 소요량의 20% 이상을 건물부문이 차지하고 있으며, 공급되는 대부분의 에너지가 화석연료 기반 에너지로 국가 탄소중립 로드맵의 주요 대상 부문이다. 이에 따라 건물에너지 절감에 대한 국제적인 관심도가 높아지고 있다. 세계 각국에서는 건물분야에서 합리적인 에너지 절약을 유도하기 위해 에너지 효율 등급 인증 제도를 시행하여 달성 절감률에 따라 인센티브를 주고 있다. 우리나라에서도 건축물 온실가스 배출 저감 및 그린빌딩 보급 활성화를 목적으로

2020년부터 대부분의 건축물을 대상으로 에너지효율등급 인증을 의무로 규정하고 있다.

에너지효율등급 인증은 공식적으로 ECO2라는 에너지해석프로그램을 사용하여 평가하며, 결과로 산출되는 1차 에너지 소요량을 기준으로 등급을 평가한다. ECO2는 ISO 13790에 따른 월간계산법을 기반으로 에너지 소요량을 계산하므로 정밀 해석프로그램과 비교하였을 때 계산 시간의 단축이라는 장점은 있으나 입력되는 정보의 단순화로 인해 발생하는 오차에 대한 개선안도 시급한 실정이다.

Jeon et al.[1]은 실제에너지 사용량과 ECO2 프로그램 오차는 적절한 실용도와 운영프로파일을 수정하였을 때 성능 개선 가능성을 제시하였으며, Kim et al.[2]은 ECO2와 DesignBuilder 프로그램을 활용하여 공동주택 기본형, 확장형 두 가지 평면을 대상으로 연간 단위면적 당 1차 에너지 소요량을 계산하고 비교하였다. 그 결과, ECO2가 DesignBuilder보다 평균 기본형 20%, 확장형 39% 더 높게 나타남을 확인하였으며, 난방 부분은 기본형 65%, 확장형 169% 더 높게 산출되고 냉방부분은 기본형 -9%, 확장형 -22% 낮게 나타남을 확인하였다. 또한, Kim et al.[3]은 소규모 공공건축물을 대상으로 ECO2와 DesignBuilder를 통해 건물 에너지 성능을 평가하여 차이점을 비교하여 그린리모델링 전 27%, 후 31%의 차이를 나타냄을 확인하였다. Ko et al.[4]은 ECO2는 Design Builder에 비해 고려하지 못하는 입력변수가 많으며 재실자의 영향을 고려하지 못한다고 밝혔으며, Lee et al.[5]은 ECO2는 오픈소스 프로그램과 연결할 수 없고, 모델 구축 방식을 사용자가 파악하기 어려워 각 입력 인자의 중요도를 정량화하기 어렵다고 고찰하였다. ECO2는 건축물 인증평가에 사용되는 공식적인 프로그램으로 해당 결과에 따라 공사 비용, 기간, 허가 등에 많은 영향을 미친다. 또한, 과도한 부하 사용량 산출로 인한 과설계에 대한 우려도 크다. 앞서 진행된 선행연구들에서도 ECO2의 정확성 향상을 위한 문제점 파악과 개선방향 제시 등에 대하여 많은 연구들을 진행하고 있다. 하지만, 대다수의 선행연구에서는 단일지역 및 단일유형의 냉·난방부하의 결과 값의 차이를 비교 분석하였으며, 복수의 건물유형 및 지역기후 조건에 따른 냉난방부하 분석에 관한 연구는 드물며 특정 프로그램과의 비교가 대부분이다.

따라서, 본 연구에서는 ECO2와 TRNSYS를 사용하는 관계자 및 실무자들의 이해를 돕고 명확한 사용에 도움이 되고자 두 가지 해석툴을 사용하여 복수의 건물유형 및 다중지역에 따른 냉·난방부하를 비교 분석하였다.

2. 연구방법

Fig. 1은 각 지역별 ECO2와 TRNSYS에 적용된 외기온 및 일사량을 나타낸다. 본 연구에서는 ECO2와 TRNSYS 프로그램의 평가 방법을 비교하고 건축물을 선정하여 ECO2와 TRNSYS 프로그램을 이용하여 각각의 냉난방 부하를 분석하였다. 지역은 서울, 대전, 울산, 광주로 구분하였으며, 각 지역의 기상데이터는 ECO2의 경우 월별 평균 데이터가 적용되며, TRNSYS는 Eenergy plus의 epw 데이터를 적용하였다. 외기온도의 경우 전체적으로 유사한 양상을 나타내나 ECO2의 데이터가 다소 높은 분포 패턴을 나타내고 있으나, 부산의 경우 4월부터 8월까지 TRNSYS의 외기온이 더 높게 적용되었다. 일사량의 경우 ECO2의 데이터가 TRNSYS에 비해 다소 높은 분포를 나타내며 대전과 광주 일부 구간에서 TRNSYS가 더 높게 적용되었다. 이는 각 지역별 부하량 산출에 있어 영향을 미칠것으로 사료된다. 건물 유형은 냉·난방 부하의 비교가 쉽도록 상이한 부하패턴을 가지는 공동주택, 업무시설을 선정하였다. 또한 각 지역에 대해 건물의 부하 모델을 구축하여 부하분석을 실시하였다.

2.1 ECO2

ECO2는 국내 건축물에너지효율등급 평가도구로 ISO 13790과 DIN V 18599에 근거하여 한국건설기술 연구원에서 개발하였다. monthly method에 기반하여 초기에는 엑셀 VBA 프로그래밍을 활용한 엑셀 기반

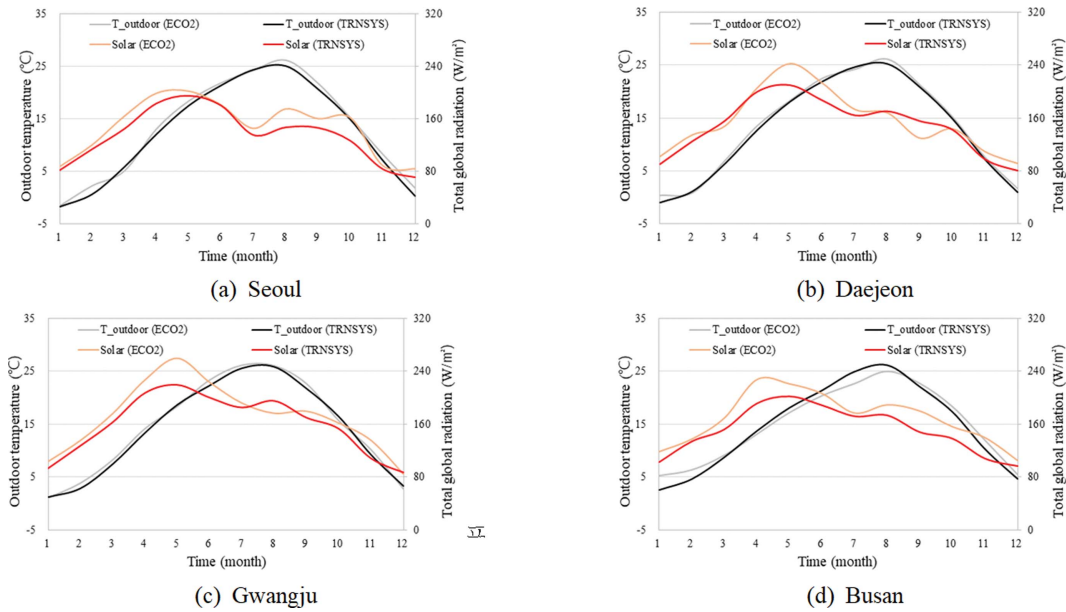


Fig. 1. Monthly data of outdoor temperature and solar radiation by locations

의 프로그램으로 개발되었으며, 차후 사용자 편의를 고려하여 윈도우 기반으로 구현되었다. 비전문가도 쉽게 사용 가능하며, 결과의 도출이 빠른 장점을 가지고 있다. 또한, 사용자에 따라 다른 결과가 도출되는 문제점 개선을 위해 입력 프로세스를 간소화하였다.

입력 데이터는 건물 개요, 입력존, 공조, 냉난방 기기, 신재생에너지 등으로 구성되어 있으며, 건물을 직접 각 존으로 나누어 입력할 수 있어 존마다 세부 프로파일 설정이 가능하다. 이에 따라 공조, 냉난방 기기 설정도 별개로 진행 가능하다. 입력된 데이터를 기반으로 냉난방, 급탕, 조명, 환기를 구분하여 월 평균 기상데이터를 토대로 데이터(에너지 요구량, 소요량)를 산출한다. 또한, 산출된 데이터를 종합하여 대상 건축물의 1차 에너지 소요량, 이산화탄소 발생량을 산출 가능하다.

하지만, ECO2는 타 프로그램과 연결이 불가능하며, 적용되는 입력 변수의 중요도를 정량화하기 어려우며, 부하 및 재실자 스케줄, 월 평균 데이터 기반의 산출 방식 등으로 인하여 정확한 부하값을 산출하기에는 어려움이 있다.



Fig. 2. Input example of ECO2 program

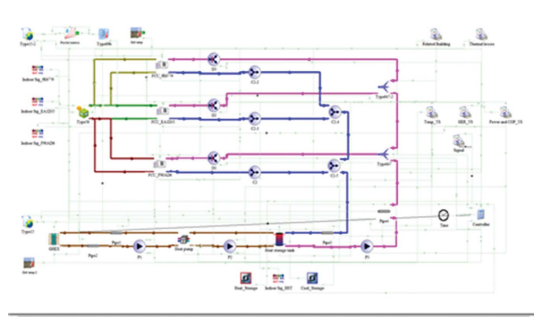


Fig. 3. Input example of TRNSYS program

2.2 TRNSYS

TRNSYS(Transient System Simulation)는 1975년 미국 Wisconsin대학의 SEL(Solar Energy Lab)에서 태양 열시스템 설계를 위해 개발되어 지속적인 연구와 업데이트를 통해 현재에는 건물의 종합적인 에너지를 계산 및 평가할 수 있는 프로그램으로 발전하였다. 접근성이 용이한 GUI(Graphical User Interface)와 다양한 Object 구현과 유기적 연결을 통한 확장성과 유연성이 우수하며, 단순 부하계산 외에도 건물과 HVAC 시스템을 연결한 건축물 전체 에너지 생산 및 소비에 대한 종합적인 해석이 가능하다. 또한, 정확한 건물 부하를 계산하기 위해 다중 구획 건물 모델(Multi-zone Building Model)을 이용하여 건물의 재질, 창면적비, 부하조건 및 운전 스케줄 등을 직접 입력 가능하다.

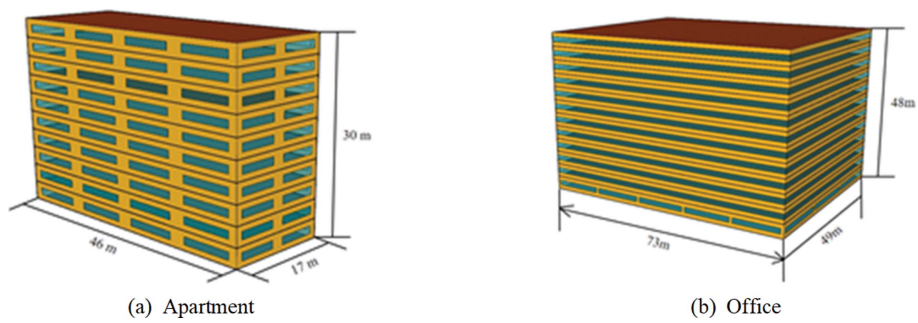


Fig. 4. Concepts of building model

Table 1. Simulation conditions

Building type		Apartment	Office	
Building model		Standard building model	Standard building model	
Setpoint temperature (heating/cooling)		20°C/26°C	20°C/26°C	
Operation schedule	Heating/Cooling		07:00~18:00	
	People	00:00~24:00		
	Equipment		09:00~18:00	
	Hot water			
	Light	5h	9h	
Internal heat load (Wh/m ² ·d)	People	53.0	55.8	
	Equipment	52.0	126.0	
	Light	288.0	288.0	
Ventilation (m ³ /m ² ·h)		1.1	6.0	
Thermal Transmittance (W/m ² ·K)	Wall	Central 2	0.170	0.240
		Southern	0.220	0.320
	Roof	Central 2	0.150	0.150
		Southern	0.180	0.180
	Window	Central 2	1.000	1.500
		Southern	1.200	1.800
	Floor	Central 2	0.170	0.200
		Southern	0.220	0.250

3. 시뮬레이션 모델

Fig. 4는 건물 유형별 부하모델 개념도를 나타낸다. 본 연구에서는 ECO2와 동적에너지 해석 프로그램인 TRNSYS 18을 사용하여 건물 에너지부하를 검토하였다. 건물 유형은 서로 다른 부하패턴을 가지는 건물을 대상으로 설정하기 위해 공동주택, 업무시설을 대상으로 부하모델을 구축하였다. 또한, 외부 환경요인에 따른 냉난방 부하 변화와 그 차이를 확인하기 위하여 서울, 대전, 광주, 부산 4개 지역을 선정하여 비교, 분석하였다. ECO2와 TRNSYS의 부하비교를 위하여 두 시뮬레이션의 부하 및 경계조건을 동일하게 적용하였다. ECO2의 입력값의 수정이 불가능하므로 ‘건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정(20. 8. 4.)’을 참고하여 TRNSYS의 물성값을 반영하였다. 벽체 등의 열관류율은 ‘건축물의 에너지절약설계기준(2023. 2. 28.)’의 ‘별표 1’ 기준을 참고하여 적용하였다. Table 1은 시뮬레이션에 적용된 물성값을 나타낸다.

4. 결 과

Table 2는 ECO2와 TRNSYS로 분석된 지역별, 건물 유형별 연간 냉난방부하를 나타낸다. 전체적으로 ECO2로 산출된 결과가 TRNSYS 결과보다 높게 나타났으며, 공동주택의 경우 연간 평균 부하는 0.8kWh/m² (25.9%)로 나타났으며, 1월 Seoul 지역에서 4.4kWh/m²(155.1%)의 가장 큰 차이를 나타냈다. 또한, 업무시설은 연간 평균 부하가 1.9kWh/m²(29.0%)의 차이를 나타냈으며, 마찬가지로 1월 Seoul 지역에서 9.28kWh/m²(162.4%)의 가장 큰 차이를 나타냈다.

Fig. 5와 Fig. 6은 각 지역에 따른 공동주택과 업무시설의 월간 건물 부하를 나타낸다. 지역별 비교 결과, 연간 평균 부하는 공동주택의 경우 ECO2와 TRNSYS 모두 광주에서 가장 높게 나타났으며, 각 지역별 차이는 최대 ECO2 32.9%(Gwangju, Busan), TRNSYS 36.1%(Gwangju, Seoul)의 차이를 나타냈다. 업무시설은 ECO2는 서울에서 가장 높은 연간 평균 부하를 나타냈으며, 각 지역별 차이는 최대 ECO2 33.4%(Gwangju, Busan), TRNSYS 6.3%(Seoul, Busan)의 차이를 나타냈다. 또한, 두 프로그램 간의 연평균 부하의 최대 차이는 공동주택의 경우 서울에서 41.1%, 업무시설은 광주에서 37.9%의 차이를 나타냈다.

용도별 비교 결과, 전체적으로 면적이 더 크고 내부 발열이 높은(유동 인구, 기기 및 조명사용량 등) 업무시설이 공동주택보다 평균 ECO2 3.1kWh/m²(50.5%), TRNSYS 1.9kWh/m²(43.5%) 더 높은 부하량을 나타냈다. ECO2는 광주에서 연평균 부하 차이가 3.59kWh/m²(51.4%)의 가장 큰 차이를 나타냈으며, TRNSYS는 서울에서 2.36kWh/m²(55.1%)의 차이를 나타냈다. 또한, 광주와 부산의 경우, 하절기 TRNSYS가 더 높은 부하값을 나타냈으며, 이는 남부지역의 창호 및 벽체 열관류율과 실내발열, 일사 및 외기 등 TRNSYS에 적용되는 epw 기상데이터와 ECO2에 적용되는 기상데이터의 적용 항목의 차이로 사료된다.

이처럼 두 프로그램간의 차이가 나타나는 이유는 적용되는 경계조건과 계산 프로세스 등의 차이로 사료된다. 예를 들면, 기상데이터의 경우 적용되는 데이터 값이 다르며, ECO2는 월별 평균 온도가 적용되어 계

Table 2. Result of energy demand (heating and cooling)

Apartment	Heating load (kWh/m ²)				Cooling load (kWh/m ²)			
	Seoul	Daejeon	Gwangju	Busan	Seoul	Daejeon	Gwangju	Busan
ECO2	20.8	19.4	17.8	11.1	18.4	18.7	22.9	16.2
TRNSYS 18	8.6	7.7	8.4	6.8	14.5	16.8	27.7	24.8
Office	Heating load (kWh/m ²)				Cooling load (kWh/m ²)			
	Seoul	Daejeon	Gwangju	Busan	Seoul	Daejeon	Gwangju	Busan
ECO2	46.5	42.3	39.5	26.3	31.4	33.6	44.3	29.5
TRNSYS 18	35.5	34.6	33.2	30.8	16.0	17.3	18.9	18.0

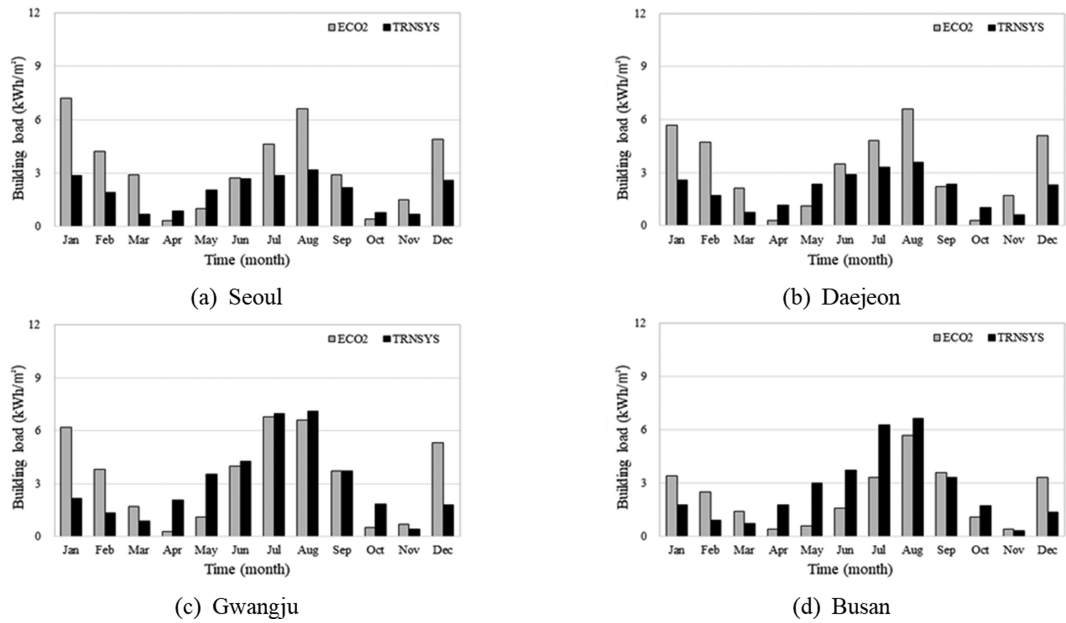


Fig. 5. Monthly building load of apartment by locations

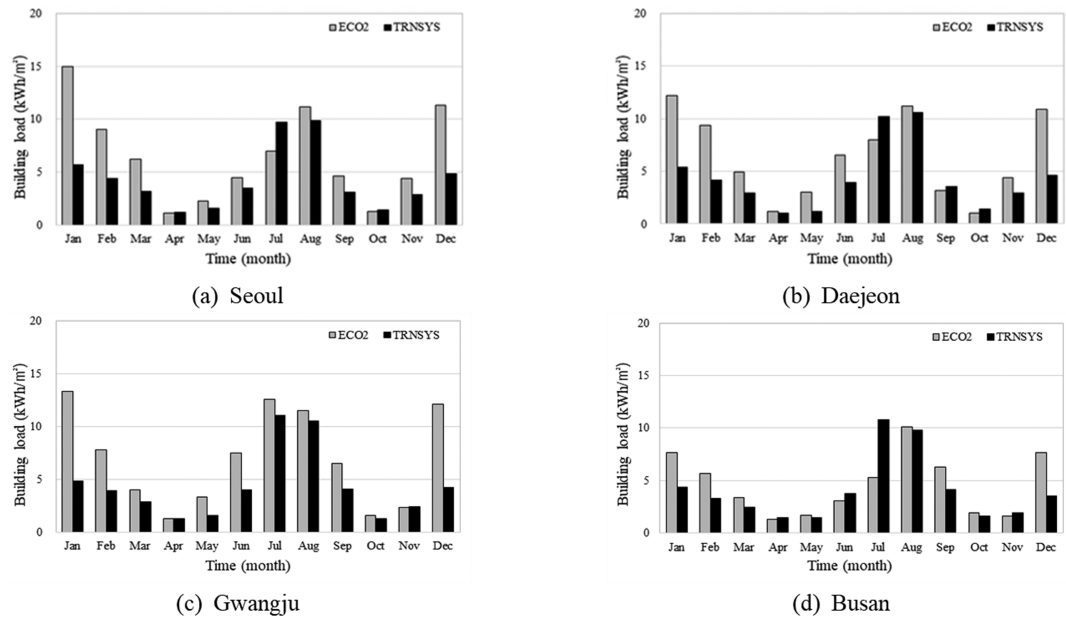


Fig. 6. Monthly building load of office by locations

산되지만 TRNSYS의 경우 시단위 데이터를 기반으로 산출되므로 그 차이로 인한 오차가 발생한다. 또한, 부하 산출에서는 건축물의 축열성능 반영에 있어 ECO2는 경량(조립식), 표준(RC조), 중량(석조)으로 구분하여 정해진 수치값으로만 적용되지만, TRNSYS는 실시간으로 적용되어 다음 스텝에서의 실내온도가 변경되고, 그에 따른 냉난방 운전이 제한되어 상대적으로 부하가 낮게 나타난다.

5. 결 론

본 연구에서는 ECO2와 TRNSYS를 이용하여 국내의 다양한 지역과 건물에 따른 냉난방 부하 분석을 실시하였다. 이를 위해 지역은 서울, 대전, 부산, 광주로 가정하였으며, 건물유형은 공동주택, 업무시설로 가정하여 냉난방부하 분석을 실시하였다. 본 연구의 결과는 아래와 같다.

(1) 각 프로그램에 따른 건물 부하 비교 결과, 전체적으로 ECO2가 높게 나타났으며, 연평균 부하의 최대 차이는 ECO2가 TRNSYS에 비해 공동주택 41.1%(Seoul), 업무시설 37.9%(Gwangju) 더 높게 나타났다.

(2) 각 지역별 비교 결과, ECO2와 TRNSYS의 차이는 공동주택의 경우 가장 큰 서울이 가장 작은 부산보다 73.2% 더 높게 나타났으며, 업무시설은 가장 큰 차이를 나타낸 광주가 가장 작은 부산보다 77.9% 더 높게 나타났다.

(3) 두 프로그램간의 발생된 차이는 적용되는 입력조건(기상데이터, 재료물성 등), 계간 로직 등의 차이에서 발생하는 것으로 사료된다.

본 연구 결과는 현재의 ECO2 프로그램이 정밀 해석을 TRNSYS와 비교하여 냉난방 부하 계산에서 큰 차이를 보인다는 것을 시사한다. 향후 ECO2의 정확도 보완을 위해 건축물의 실제 설계 사양을 보다 자세히 반영하고 정밀하게 계산될 수 있도록 개선이 필요하다고 사료된다.

후 기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A2C2014259).

References

1. Jeon, B. K., Park, C. Y., Jang, H. I., Choi, S. W., Kang, M. G., and Kim, E. J., 2018, Comparison of ECO2 results using calibrated input data pertaining to room operating conditions, Journal of KIAEBS, Vol. 12, pp. 223-234.
2. Kim, S. H., Kwak, Y. H., and Kim, C. S., 2018, The analysis on energy performance of collective housing using ECO2 and designbuilder softwares, KIEAE Journal, Vol. 18, pp. 47-54.
3. Kim, J. H., Yu, J. S., Kim, J. H., and Kim, J. T., 2022, Energy performance analysis of green-remodeling for public buildings under 500m², Journal of Korean Solar Energy Society, Vol. 42, pp. 87-101.
4. Ko, S. I. and Yee, J. J., 2022, An examination on the improvement of ECO2 by comparing sensitivity of input variables with design builder, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 24, pp. 129-136.
5. Lee, S. J., Yoo, Y. S., Park, C. H., and Park, C. S., 2022, Limitations and improvement of energy performance index -Focusing on comparison between ECO2 and EnergyPlus-, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 38, pp. 289-296.
6. Kwon, Y. S. and Nam, Y. J., 2022, Annual performance analysis of river water source heat pump system according to building type and local condition, Journal of Air-conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 34, pp. 163-171.