

○이 헤 린* 염 윤 숙** 이 언 구***
Lee, Hye Lin Yeom, Yoon Sook Rhee, Eon Ku

Abstract

Reducing CO₂ emission of building became the worldwide evaluation criteria for sustainable buildings. In order to reduce CO₂ emission rationally, we need to study characteristics of CO₂ emissions, not focusing only on improvements of energy function, when we evaluate building functions or apply technologies. This study propose an effective application method of sustainable technologies for reduction of CO₂ emission from buildings by analyzing the interrelation between energy consumption and CO₂ emission by building types. In this study, it analyzed energy consumption and CO₂ emission of sustainable technologies by building types.

키워드 : CO₂ 저감, 제로에미션빌딩, 환경성능, LCC 분석

Keywords : CO₂ Emission Reduction, Zero Emission Building, Energy Performance, Life Cycle Cost Analysis

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건축물의 전생애기간의 온실가스를 포함한 CO₂배출 'zero'를 목표로 하는 제로에미션빌딩(ZEB)이 친환경건축물의 세계적인 기준으로서의 역할을 시작하였다. 그러나 국내에는 현재까지 ZEB의 목표에 맞는 구현방법이 설정되지 않았으며, 일반적으로 CO₂ 저감을 에너지 절감에 따른 부수적인 결과로 인식하는 경향이 있다.

건물의 CO₂ 저감에 있어 건물의 성능 향상을 통한 건물의 운영기간동안 발생하는 에너지 소비량 감소는 매우 유용하고 강력한 방법이다. 그러나 CO₂ 배출량을 ZEB와 같이 적극적으로 저감시키기 위해서는 건물의 에너지성능개선 전략에 에너지 소비에 따른 CO₂ 변화 특성에 대한 분석이 반드시 포함되어야한다.

본 연구에서는 건물유형에 따른 에너지 소비특성과 CO₂ 배출 특성사이의 상관관계를 분석을 통해 건물유형별로 효과적으로 CO₂를 저감하기 위한 합리적인 요소기술들의 적용방법을 제시하고자 하였다.

2. 문헌고찰

2.1 국내 건물 유형과 온실가스 배출 현황

국내 건물부문의 에너지소비량은 2000년도 이후 총소비량의 약 20%를 유지하고 있다. 2008년 에너지총조사 보고서에 의하면 2020년 건물부문의 에너지소비량은 2001년 대비 1.5배 이상 증가하고, 2020년 이후 건축물 용도별 에너지소비량은 가정부문 55%, 상업부문 35% 공공기타부문 10%로 구성될 것으로 예상되고 있다.

건물의 용도별 연면적과 에너지소비 원단위, 온실가스 배출 원단위를 종합하면 <표1>과 같다. 공동주택과 사무소는 에너지 및 온실가스 원단위가 다른 용도에 비해 낮은 편이지만 연면적면에서 현격히 높은 비중을 차지함으

로써 건물부문의 에너지 소비량과 온실가스 배출량의 주요 원인으로 나타났다. 학교나 판매시설 역시 연면적의 높은 비중에 의해 건물부문의 온실가스배출에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 건물부문의 온실가스를 저감하기 위한 전략에서 연면적 비중이 높은 건물유형에 대한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

표1. 건물부문의 에너지소비량 및 온실가스배출량

| 건물 용도 | 연면적 (㎡) | 에너지 원단위 (Mcal/㎡·yr) | 에너지 소비량 (Mcal/yr) | 온실가스 원단위 (CO ₂ -ton/㎡·yr) | 온실가스 배출량 (CO ₂ -ton/yr) |
|-------|-------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 공동주택 | 442,797,433 | 129.1 | 57,165,148,600 | 0.043719 | 19,358,661 |
| 사무소 | 211,705,592 | 165.7 | 35,079,616,594 | 0.076336 | 16,160,758 |
| 공공건물 | 1,924,500 | 182.6 | 351,413,700 | 0.081616 | 157,070 |
| 학교 | 69,119,314 | 138.6 | 9,579,936,920 | 0.059173 | 4,089,997 |
| 병원 | 4,476,270 | 457.7 | 2,048,788,779 | 0.167495 | 749,753 |
| 숙박시설 | 7,046,055 | 462.9 | 3,261,618,860 | 0.180846 | 1,274,251 |
| 판매시설 | 12,307,374 | 392.1 | 4,825,721,345 | 0.180603 | 2,222,749 |

2.2 친환경 요소기술

국외 ZEB의 사례분석결과 건축기법으로는 외피의 단열성능 향상, 자연채광, 차양장치, 자연환기, 설비기법은 고효율 보일러, dimming control, 폐열환기시스템, 중수시스템, 우수시스템, 재생에너지는 solar heating system, PV system의 적용이 높았다. 이외로는 passive heating & cooling, 동서향의 파사드 계획, light shelf, 상변화물질, 풍력과 지열히트펌프 등의 요소기술들도 적용하였다. 국내의 경우 건축기법은 외피의 열관류율이나 건물의 난방부하에너지를 제한하는 법적기준들의 영향으로 주로 외피의 단열성능, SHGC, 창면적비 등에 관한 연구가 이루어지고 있었다. 그리고 설비시스템은 기기효율을 중심으로 축열조, 보일러, HVAC system, 재생에너지는 태양광, 태양열, 지열 등에 관한 연구가 활발하였다.

3. 친환경 요소기술의 환경성능평가

3.1 표준모델 및 요소기술의 선정

본 연구에서는 문헌 고찰을 통해 현재 국내 건물부문의 에너지 소비량과 온실가스 배출량의 주요 원인으로 확인된 공동주택과 사무소를 연구 대상으로 선정하였다. 그리고 한국에너지기술연구원의 "에너지기술 성과 확산

* 중앙대 대학원 석사과정
** 중앙대 대학원 박사과정
(교신저자 : philyys@wm.cau.ac.kr)
*** 중앙대 건축학부 교수
이 연구는 2011년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2011-0000368

사업”에서 건축물 에너지 소비량 예측을 위해 선정한 건축유형별 표준건물을 연구의 표준모델로 사용하였다.

표준모델에 적용할 요소기술은 국내의 ZEB 사례조사를 통해 도출된 요소기술들 중 건축물의 성능과 직접 관련되는 건축 및 설비요소기술로 한정하여 국내에서 적용이 활발한 요소기술들을 선정하였다. 그리고 요소기술들의 환경성능은 현재 국내의 기술력을 고려한 최대성능을 기준으로 하였다.

표2. 표준건물의 개요

| 구분 | 건물유형 | 공동주택 | 사무소 |
|------|--------|------------------------|-----------------------|
| 건축개요 | 지상연면적 | 7,436㎡ | 7,533㎡ |
| | 공조면적 | 3,937㎡ | 5,539㎡ |
| | 층고 | 2.3m | 2.7m |
| | 창면적비 | 남:60% 북:33% | 동,서:50% 남,북:58% |
| 운영조건 | 난방설정온도 | 22℃ | 20℃ |
| | 냉방설정온도 | 26℃ | 26℃ |
| 내부조건 | 제실밀도 | 22.4 m ² /인 | 0.2 인/m ² |
| | 조명밀도 | 4 W/m ² | 18.2 W/m ² |
| | 기기밀도 | 14 W/m ² | 15 W/m ² |

3.2 건물유형별 요소기술의 환경성능평가

연구에서는 EnergyPlus 에너지평가 프로그램을 사용하여 건물유형별 요소기술의 에너지성능을 평가하고, CO₂ 배출량은 에너지관리공단의 탄소중립프로그램의 산정식을 사용하였다.

국내 건물부문의 온실가스배출의 주요 원인으로 분석된 공동주택과 사무소의 에너지소비 및 CO₂ 배출패턴은 <표3>과 같다. 공동주택의 주요 에너지소비요인은 난방, 기기전력, 급탕 등이었으나 CO₂ 배출측면에서는 기기전력, 난방, 조명, 급탕의 순위로 나타났다. 사무소의 경우는 난방, 기기전력, 조명, 냉방 등이 주요 에너지소비요인으로 나타났으나 CO₂ 배출측면에서는 기기전력, 조명, 냉방, 난방으로 영향력의 변화를 보였다.

표3. 건물유형별 에너지소비 및 CO₂배출 패턴

| 공동주택 | | | | 사무소 | | | |
|-----------------|------------------------|------------|------------------------|------------------|------------------------|------------|------------------------|
| 에너지소비량(%) | CO ₂ 배출량(%) | 에너지소비량(%) | CO ₂ 배출량(%) | 에너지소비량(%) | CO ₂ 배출량(%) | 에너지소비량(%) | CO ₂ 배출량(%) |
| 난방 | 47.69 | 기기 | 41.15 | 난방 | 26.81 | 기기 | 30.98 |
| 기기 | 25.02 | 난방 | 30.90 | 기기 | 25.20 | 조명 | 27.00 |
| 급탕 | 17.00 | 조명 | 11.87 | 조명 | 21.96 | 냉방 | 21.14 |
| 조명 | 7.21 | 급탕 | 11.01 | 냉방 | 17.20 | 난방 | 12.98 |
| 냉방 | 2.86 | 냉방 | 4.71 | 환기 | 4.87 | 환기 | 5.98 |
| 환기 | 0.22 | 환기 | 0.37 | 급탕 | 3.97 | 급탕 | 1.92 |
| 780,541.30 Mcal | | 259.65 Ton | | 1,065,647.39Mcal | | 474.34 Ton | |

공동주택과 사무소는 지상연면적은 유사하지만 공조면적, 에너지 소비비중, CO₂ 배출요인과 배출량 등은 큰 차이를 보였다. 그리고 요소기술의 성능 역시 각각의 건물유형의 특징에 따라 영향력의 차이를 보였다.

공동주택에서는 전열교환기, 고성능창호, 외단열 등의 요소기술의 순으로 11.88%, 8.37%, 4.45%의 에너지 절감성능을 보였으며, CO₂ 배출량측면에서는 주로 전열교환기, 고성능창호, 외단열, 고효율조명기기의 요소기술의 순으로 5.58%, 2.29%, 3.24%, 2.93%를 저감성능을 보였다.

사무소는 고효율조명시스템, 조명제어시스템, 고성능창호 등의 요소기술의 순으로 7.36%, 6.28%, 3.96%의 에너

지를 절감성능을 보였으며, CO₂ 저감측면에서는 고효율조명시스템, 조명제어시스템, 광선반의 요소기술의 순으로 10.58%, 9.00%, 3.70%를 저감성능을 보였다.

요소기술의 영향력은 각 유형의 공간적 특징, 에너지소비 및 CO₂ 배출의 주요원인에 의해 결정되었으며, 또한 CO₂ 배출계수가 높은 전기에너지의 절감성능에 영향을 받았다.

표4. 친환경요소기술의 환경성능 (+:저감, -:증가)

| 구분 | 요소기술 | 영향력 (%) | | | | | | | | |
|------|-----------------|---------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | 에너지소비 | 난방 | 기기전력 | 조명 | 냉방 | 급탕 | 환기 | 외단열 | 고성능창호 |
| 공동주택 | CO ₂ | 3.24 | 5.32 | -0.14 | -0.22 | -0.04 | 0.07 | 5.58 | 2.93 | 0.91 |
| | 에너지 | 4.45 | 8.37 | -0.28 | -0.41 | -0.10 | 0.09 | 11.88 | 1.03 | 0.35 |
| 사무소 | CO ₂ | 0.92 | 2.29 | 0.46 | 0.26 | 3.70 | 0.03 | 1.26 | 10.58 | 9.00 |
| | 에너지 | 2.93 | 3.96 | 0.26 | -0.09 | 2.49 | 0.13 | 3.91 | 7.36 | 6.28 |

4. 결 론

연구에서는 연면적이 유사한 공동주택과 사무소의 요소기술 적용에 따른 에너지소비 및 CO₂ 배출특성을 분석하였다. 그 결과 각 유형별 CO₂ 저감측면에서의 요소기술의 절감율이 에너지 절감측면과 다르며, 각각의 요소기술은 건물유형의 공간구성 및 입면계획 등에 의해 성능이 변화하는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 건물의 CO₂저감을 위한 전략으로 단순한 건물의 에너지성능 향상이 아닌 건물유형별 주요 CO₂ 배출요인에 따른 요소기술의 합리적인 적용 방안을 제시하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다. 그리고 건물의 CO₂ 배출량을 적극적으로 저감하기 위해서는 건축 및 설비요소기술의 추가적인 성능향상 및 다양한 요소기술의 적용 등의 보완이 필요한 것으로 판단되었다. 이후 연구에서는 건물유형과 요소기술의 범위를 확대하여 연구의 보편성과 객관성을 확보함은 물론 건물유형별, 요소기술별 CO₂ 저감성능을 최대화하기 위한 구체적인 방안에 대한 연구를 추가하고자 한다.

참고문헌

1. 산업자원부, 건물의 에너지원단위 기준(안) 연구, 1999
2. 산업자원부, 에너지 절약형 건물의 성능인증기준.제도 및 보급촉진방안 연구, 2001
3. 산업자원부, 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 2007
4. 에너지경제연구원, 가정.상업부문 에너지이용효율화 추이분석 기법 및 Tool 개발, 2008
5. 환경부, 건축물 부문의 기후변화 대응방안 연구, 2009
6. Joshua Kneifel, Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial building, Energy and Building, 42, 2010
7. Leif Gustavsson, Anna Joelsson, Roger Sathre, Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-story wood-framed apartment building, Energy and Building, 42, 2010
8. Mohamad Osmani, Alistair O'Reilly, Feasibility of zero carbon homes in England by 2016, Building and Environment, 44, 2009