



공공기관 업무용 건물의 건축물에너지효율등급 인증 현황 분석

Analysis of the Building Energy Efficiency Rating Certified for Public Office Buildings

이한솔* · 김서훈** · 김종훈*** · 김준태**** · 장철용*****

Lee, Han-Sol* · Kim, Seo-Hun** · Kim, Jonghun*** · Kim, Jun-Tae**** · Jang, Cheol-Yong*****

* Dept. of Energy System Engineering, Kongju National Univ. South Korea (hansolee@kier.re.kr)

** Dept. of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea (takesky@kier.re.kr)

*** Korea Institute of Energy Research, South Korea (jonghun@kier.re.kr)

**** Dept. of Energy System Engineering, Kongju National Univ. South Korea (jtkim@kongju.ac.kr)

***** Corresponding author, Korea Institute of Energy Research South Korea (cyjang@kier.re.kr)

ABSTRACT

Purpose: The first grade of Korea's Building Energy Efficiency Rating System(BEERS) is required for new government office buildings as a mandatory measure to reduce greenhouse gas emission. However, there is no specific criteria about performance that which level should apply to energy-saving design element for obtaining Building Energy Efficiency Rating 1st grade. Therefore, Certification status should be analyzed firstly, about the office building which is certificated. Certification analysis for office buildings acquired certification therefore should be done first. **Method:** In this study, Certification status(Office buildings acquired Building Energy Efficiency Rating Certification)was analyzed by classified year, region, specific scale etc. And we analyzed statistically by eliciting an average value of each element influencing to the amount of energy. **Result:** Energy demands were gradually decreased due to revision of thermal insulation standards for enhanced u-value. Energy consumptions were different from the kind of equipment and yearly trends applied depending on the size of the building. Total primary energy consumptions were influenced by heat source types and the primary energy scale factors.

© 2015 KIEAE Journal

KEYWORD

업무용 건물
건축물에너지효율등급인증
에너지 절약

Office building
Building Energy Efficiency Rating
Energy saving

ACCEPTANCE INFO

Received July 31, 2015

Final revision received October 14, 2015

Accepted October 16, 2015

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 지속적인 국제유가의 불안정한 움직임과 인간의 무분별한 개발, 그리고 소비활동 및 화석연료의 사용에 따른 온실가스로 인한 지구온난화문제가 심각해지고 있다. 이에 따라 친환경과 에너지 절감은 현재 세계 여러 국가들이 관심을 가지는 공통 주제이다. 국제 에너지기구(IEA)에서는 비용 효율적이고 에너지 절약 잠재가능성이 높은 분야로 건물부문을 강조하였다. 정부는 2025년 제로에너지를 목표로 신축 건축물의 단열기준 등을 목표에 맞게 단계적으로 강화하여 2017년부터는 냉·난방에너지를 90%('09년 대비) 절감하는 주택 설계가 보편화될 전망이다.¹⁾ 또한 국내에서는 건물 분야의 에너지 소비 감축을 위하여 에너지 절약 설계기준에서의 단열기준, 에너지소비총량제 등 관련 규제를 강화하고 건축물 에너지효율등급 등의 인증제도 적용대상을 단계적으로 확대할 것을 강조하였다. 건축물 에너지효율등급 인증제도는 이와 같은 정부정책의 실현을 위한 도구로 활용가능하며 또한 건물에너지 소비의 정량적인 지표로 적용 가능하다. 건

축물 분야에 대한 온실가스 감축을 위해 공공기관에서 신축하는 공공청사는 건축물에너지효율등급 1등급 이상을 의무화하는 등 공공부문이 선도하고 있다. 하지만 업무용 건물이 건축물에너지효율등급 1등급을 취득하기 위해 에너지절약 설계요소를 어느 수준으로 적용해야 하는지에 대한 구체적인 성능 수준이 마련되어 있지 않다. 따라서 인증을 취득한 업무용 건물의 현황 분석이 먼저 이루어져야 한다.

본 연구에서는 건축물에너지효율등급 인증을 취득한 업무용 건물의 인증 현황을 파악하기 위해 에너지요구량 및 에너지소요량을 연도별, 지역별, 규모별로 분류하여 정량적으로 분석하였다. 이를 통해 업무용 건물의 에너지 절감 요소 및 에너지 절감 방안을 도출하기 위한 기초연구를 수행하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 건축물에너지효율등급 본인증을 취득한 업무용 건물의 에너지 성능 현황을 파악하기 위하여 건물에너지 해석의 국가공인 인증 프로그램인 ECO2 프로그램에서²⁾ 산출되는 에너지요구량, 에너지소요량의 현황을 분석하였으며 연구방법은 다음과 같다.

(1) 'K'기관에서 건축물에너지효율등급 본인증을 취득한 업

무용 건물 중 2011년도부터 2014년도까지 1등급 이상을 취득한 건물들을 대상 건물로 선정하여 분석하였다.

(2) 에너지요구량 현황을 연도별로 분석한 후 연도별 패턴에 따른 외피 성능 현황을 분석하였다.

(3) 에너지 요구량에 영향을 미치는 요소별 외피 성능을 통계적으로 분석하였다.

(4) 에너지소요량 현황을 연도별로 분석한 후 해당 건물에 적용된 규모별 주요 냉·난방시스템 현황 및 설비 시스템 COP(효율)현황을 분석하였다.

2015년 인증 건물과 민간 건물, 제주지역의 건물은 표본의 수가 적어 분석 대상 건물에서 제외하였다.

2. 건축물에너지효율등급인증제도

2.1. 건축물에너지효율등급인증제도 개요

건축물에너지효율등급인증제도는 건축물의 에너지 성능을 정량적으로 평가하는 인증 제도로서 녹색건축물 조성지원법 제 17조에 의거하여 추진되고 있으며, 건축물의 에너지효율 및 성능을 평가하여 등급을 부여하고 결과에 따라 건축기준 완화, 취득세·재산세 감면 등 인센티브를 제공함으로써 에너지절약적인 건축물의 설계 및 시공을 유도하기 위한 제도이다.³⁾

이 제도는 2001년 신축 공동주택에 한해 시행되었고 2010년 신축 업무용 건축물 및 공공기관 청사의 에너지효율 1등급 취득을 의무화하고 있다. 에너지효율등급 인증은 ‘예비인증’과 ‘본인증’으로 구분되고 2013년 9월 5개 등급(1 ~ 5등급)에서 10개의 등급(1+++ ~ 7등급)으로 세분화되어 에너지효율이 현저히 높거나 낮은 건물도 등급화가 가능하도록 하였으며, 인증대상은 냉·난방 면적 500㎡ 이상 모든 용도의 신축·기축 건축물로 확대되었다.

2.2. 건축물에너지효율등급 평가기준

건축물에너지효율등급을 평가하는 ECO2 프로그램은 ISO-13790⁴⁾ 등의 국제 규격에 맞춰 만들어졌으며 월별 평균 기상데이터를 바탕으로 건물 내 채실자에게 직접적으로 영향을 미치는 에너지요구량과 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템 5가지 항목의 성능에 대한 에너지소요량이 산출된다. 연간 단위면적당 에너지소요량 평가기준은

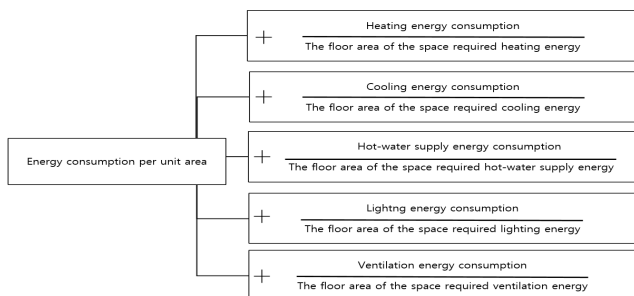


Fig. 1. Energy consumption evaluation standard

Fig 1과 같다.⁵⁾ 1차 에너지소요량은 5가지 항목의 에너지소요량에 1차 에너지 환산계수를 곱하여 계산되고 단위면적당 1차 에너지소요량 260kWh/㎡·a 미만인 경우 1등급 이상의 인증을 취득한다.

3. 대상건물의 에너지량 분석

3.1. 대상건물 개요

본 연구에서는 2011년도부터 2014년도까지 건축물에너지효율등급 본인증 1등급을 취득한 업무용건물 114개를 대상으로 건물의 외피성능 및 설비 시스템 적용 현황을 분석하였다. 연도별 분석대상 건물 수는 2011년도 23건, 2012년도 31건, 2013년도 36건, 2014년도 24건이다. 대상건물의 지역별 분포 현황은 Table 1과 같다. 서울, 인천지역을 포함한 경기지역의 인증건수가 가장 많았고 충북지역의 인증건수가 가장 적게 분포된 것을 확인할 수 있다.

Table 1. Regional distribution status

| Region | | Cases |
|----------|-------------------------------------|-------|
| Central | Gyeonggi(Including Seoul, Incheon) | 34 |
| | Gangwon | 8 |
| | Chungbuk | 5 |
| Southern | Chungnam(Including Daejeon, Sejong) | 23 |
| | Gyeongbuk(Including Daegu) | 17 |
| | Gyeongnam(Including Busan, Ulsan) | 13 |
| | Jeonbuk | 6 |
| | Jeonnam(Including Gwangju) | 8 |

3.2. 에너지요구량 현황 분석

단위면적당 연간 에너지요구량은 건축물의 난방, 냉방, 급탕, 조명 부분에서 표준설정 조건을 유지하기 위하여 공간에서 필요로 하는 에너지량을 의미하며, 건물형태, 방위, 창 비율 등과 같은 건축 설계적 측면에서 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 1등급을 취득한 업무용 건물을 대상으로 건축물의 외피 성능 수준을 파악하기 위해 인증 건물의 연간 단위면적당 에너지요구량 평균값을 도출하여 현황을 분석하였으며 에너지절약설계기준에서 제시된 지역별 기후 차이를 고려하여 중부, 남부지역으로 구분하여 분석하였다.

1)외피 성능 현황 분석

첫 번째로 대상 건물들의 외피 성능인 부위별 열관류율 적용현황을 분석하기 위하여 Fig 2와 같이 연도별로 분류하여 평균값을 도출하였다. 분석결과 해당 건축물의 외벽, 바닥, 지붕, 창호 열관류율의 평균값은 2011년도에 중·남부 지역 모두 가장 낮은 외피 성능을 보였으며, 2012년 이후부터 열관류율이 점차 강화되어 적용된 것을 확인하였다. 지역적 특성에 따른 기후의 차이로 평균 외기온이 다르기 때문에 남부지역에 비해 중부지역의 열관류율이 다소 강화되어 적용된 것을 볼 수 있다. 2012년도의 경우

단열기준의 개정으로 인한 영향으로 외벽을 제외한 중부지역의 열관류율이 남부지역에 비해 다소 높은 것으로 판단된다.

부위별 열관류율 모두 연도별로 평균값을 도출하여 비교하였기 때문에 연도별 열관류율의 평균차이 유의성 검증을 수행하기 위하여 일원배치분산분석을 실시하였다. 일원배치분산분석은 세 개 이상의 집단으로 구성된 하나의 독립변수에 따라 종속변수의 평균이 유의미한 차이가 있는지 검증하는 분석이다. 따라서 본 연구에서는 종속변수를 인증연도, 독립변수를 열관류율로 설정하여 부위별 열관류율에 따라 인증 연도별 열관류율 평균이 유의미한 차이가 있는지 검증하였다. 통계분석 소프트웨어인 SPSS Statistics 22을 이용하여⁶⁾ 분석을 실시하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 부위별 열관류율의 연도별 평균값과 표준편차를 알 수 있으며 유의확률을 통해 유의성 검증을 판단하였다. 외벽, 바닥, 지붕의 유의확률 (P-value)가 모두 유의수준($\alpha=0.01$)보다 작기 때문에 연도별 열관류율의 평균 차이는 각각 매우 유의한 것으로 나타났지만 창호의 경우 유의확률이 유의수준($\alpha=0.05$)보다 크기 때문에 연도별 열관류율의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

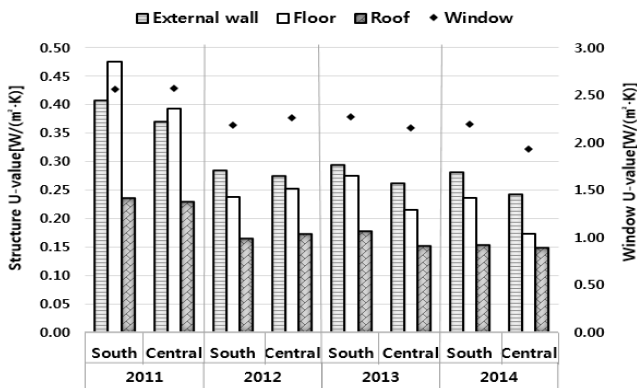


Fig. 2. Envelope U-value status

Table 2. Result of One-way ANOVA

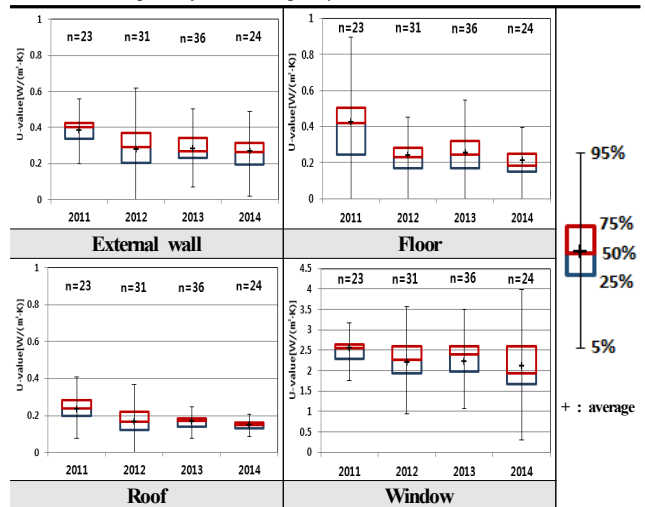
| | Year | Average | Standard deviation | F-value/P-value |
|---------------|------|---------|--------------------|-----------------|
| External wall | 2011 | .3870 | .08143 | 8.743/0.000** |
| | 2012 | .2797 | .09600 | |
| | 2013 | .2833 | .09033 | |
| | 2014 | .2685 | .09712 | |
| Floor | 2011 | .2387 | .06405 | 15.105/0.000** |
| | 2012 | .1700 | .04993 | |
| | 2013 | .1697 | .03939 | |
| | 2014 | .1524 | .03856 | |
| Roof | 2011 | .3835 | .13950 | 11.480/0.000** |
| | 2012 | .2455 | .10207 | |
| | 2013 | .2547 | .09515 | |
| | 2014 | .2150 | .09470 | |
| Window | 2011 | 2.5017 | .36330 | 2.681/0.050 |
| | 2012 | 2.2223 | .59310 | |
| | 2013 | 2.2357 | .46738 | |
| | 2014 | 2.1108 | .48813 | |

* P < 0.05, ** P < 0.01

두 번째로는 대상건물의 부위별 열관류율이 연도별로 분포된

수준을 파악하기 위해 통계적 가시화 기법인 박스플롯을 이용해 분석하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 부위별 열관류율 평균값 모두 중간값에서 크게 벗어나지 않는 것을 알 수 있고 박스 크기의 차이로 편차가 달라지는 것을 확인할 수 있다.⁷⁾ 바닥과 지붕 열관류율의 경우 연도별 편차가 작아지는 것을 볼 수 있지만 창호의 경우 연도별 편차가 점차 커지는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 창호의 경우 2014년도로 갈수록 규모가 큰 인증 건물이 다수 분포함에 따라 건물의 용도 및 창호의 종류가 복층창, 삼중창, 커튼월 등으로 다양하게 적용되어 창호의 열관류율 편차가 크게 나타난 것으로 분석된다. 연도별 열관류율 평균값은 부위별 열관류율 모두 2014년도 열관류율이 가장 우수하게 적용된 것을 확인할 수 있으며 대체로 지붕의 연도별 편차가 가장 작게 나타났고 창호의 경우 연도별 열관류율 평균차이가 편차가 크게 나타나 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

Table 3. Box plot of U-value per year



본 연구에서는 2011년도부터 2014년도의 업무용건물을 대상으로 분석하였기 때문에 대상건물은 2008년 단열기준⁸⁾ 혹은 2010년 개정된 단열기준⁹⁾이 적용된 건물들이다. 2008년 단열기준이 적용된 업무용건물은 60건이고 2010년 개정된 단열기준이 적용된 업무용 건물은 35건이다. 2008년도 단열기준이 적용된 부위별 열관류율의 평균값은 외벽 0.31W/(m²·K), 지붕 0.19W/(m²·K), 바닥 0.32W/(m²·K), 창호 2.36W/(m²·K)로 나타났고 2010년도 단열기준이 적용된 부위별 열관류율 값은 외벽 0.26W/(m²·K), 지붕 0.15W/(m²·K), 바닥 0.22W/(m²·K), 창호 2.12W/(m²·K)로 더 우수하게 적용된 것을 확인하였다. 개정 전과 개정 후의 단열기준에 따른 부위별 열관류율의 분포 현황을 알아보기 위해 Table 4와 같이 박스플롯으로 나타내었다. 연도별로 분류했을 때와 마찬가지로 각각 지붕의 연도별 편차가 가장 작게 나타났고 창호의 열관류율 편차가 크게 나타난 것을 확인할 수 있다. 단열기준 개정 전과 개정 후 두 집단 간의 부위별 열관류율 평균 차이를 분석하고자 T 검정을 통하여 평균차이 검정을 실시하였으며 그 내용은 Table 5와 같다. T 검정 결과 남부지역에 해당하는 2008년도와 2010년도 단열기준의 외벽 열관류율

평균 차이는 유의확률이 유의수준($\alpha=0.05$)보다 크기 때문에 평균 차이가 없는 것으로 나타났다. 바닥, 지붕, 창호의 경우 각각의 열관류율 평균차이는 유의확률이 유의수준($\alpha=0.05$)보다 작기 때문에 각각 평균 차이가 있는 것으로 나타났다. 중부지역에 해당하는 2008년도와 2010년도 단열기준의 외벽, 지붕, 창호의 경우 유의확률이 유의수준($\alpha=0.05$)보다 크게 나타났기 때문에 각각의 열관류율 평균차이는 없는 것으로 나타났고 바닥 열관류율의 경우 유의확률이 유의수준($\alpha=0.05$)보다 작게 나타났기 때문에 평균 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Box plot of Insulation standard

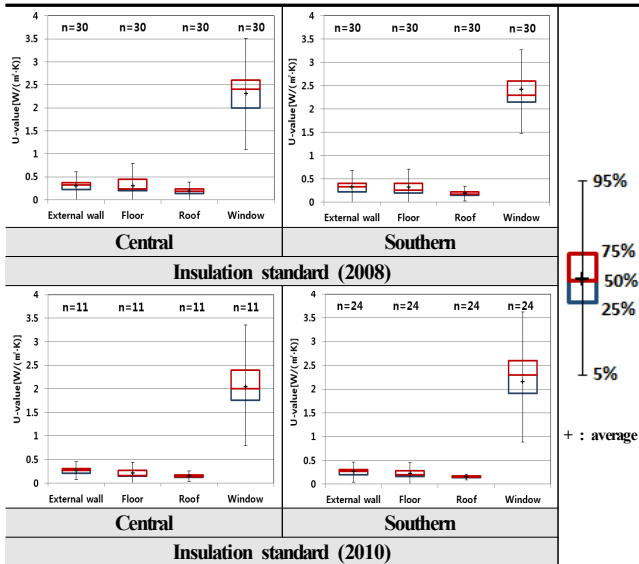


Table 5. Result of Independent sample T-test

| | | F-test | | T-test | |
|----------|---------------|---------|----------------------------|---------|---------|
| | | P-value | Equal variance supposition | t | P-value |
| Central | External wall | 0.35924 | Equal variance | 1.35343 | 0.18371 |
| | Floor | 0.13155 | Equal variance | 2.00607 | 0.01395 |
| | Roof | 0.44463 | Equal variance | 2.57438 | 0.05182 |
| | Window | 0.68867 | Equal variance | 1.43036 | 0.16058 |
| Southern | External wall | 0.05224 | Equal variance | 1.99110 | 0.05174 |
| | Floor | 0.00001 | Heteroscedasticity | 2.34861 | 0.02445 |
| | Roof | 0.00631 | Heteroscedasticity | 3.23747 | 0.00221 |
| | Window | 0.54412 | Equal variance | 2.01543 | 0.04904 |

Level of significance ($\alpha=0.05$)

2) 지역별 에너지요구량 현황 분석

단열기준은 중부, 남부, 제주 지역별로 외벽, 지붕, 바닥, 창호의 기준이 다르기 때문에 지역별 에너지요구량에도 차이가 발생한다. Fig 3은 중부, 남부지역의 에너지요구량을 난방, 냉방, 급탕, 조명 항목으로 나눈 결과를 비율로 나타낸 그래프이고 Table 6은 항목별 단위면적당 에너지요구량을 표로 나타내었다. 냉방, 급탕, 조명에너지요구량의 경우 차이가 미미하지만 난방에너지요구량의 경우 차이가 발생한 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 지역에 따라 기상데이터가 다르게 적용되어 기후차이로 인해 상대

적으로 겨울철 평균 외기온이 낮은 중부지역에서는 난방 에너지요구량이 높게 나타난 것으로 사료된다. 또한 대상건물의 적용된 창호를 Fig 2를 통해 살펴보면 중부지역이 남부지역에 비해 열관류율이 강화된 창호가 적용된 것을 확인할 수 있다. 대상건물에 적용된 창호의 SHGC(Solar Heat Gain Coefficient)의 경우 지역별 대부분 로이 복층유리가 적용되었기 때문에 차이가 없는 것을 Table 7을 통해 알 수 있다. 중부지역과 남부지역으로 나누어 해당 지역의 대상건물 방위를 살펴보았을 때 주로 남방 배치가 다수 분포하는 것을 Fig 4를 통해 확인할 수 있다.

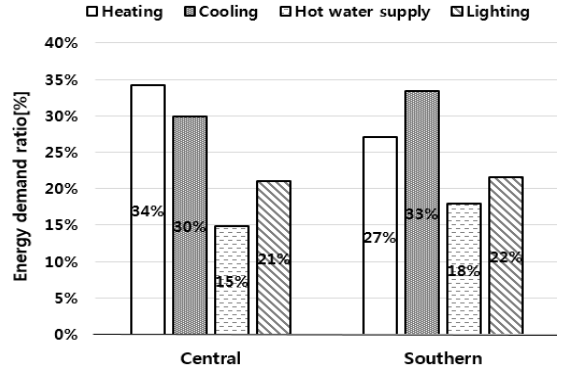


Fig. 3. Regional energy demand ratio status

Table 6. Regional energy demand status

| | Heating [kWh/(m²a)] | Cooling [kWh/(m²a)] | Hot water supply [kWh/(m²a)] | Lighting [kWh/(m²a)] | Total [kWh/(m²a)] |
|----------|---------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|-------------------|
| Central | 38.61 | 33.87 | 16.86 | 23.71 | 113.04 |
| Southern | 28.38 | 35.04 | 18.75 | 22.66 | 104.83 |

Table 7. Regional SHGC average status

| | Cases | Average |
|----------|-------|---------|
| Central | 65 | 0.52 |
| Southern | 49 | 0.52 |

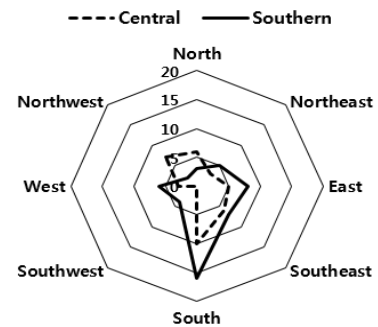


Fig. 4. Regional direction status

3) 항목별 에너지요구량 현황 분석

Fig 5는 대상 건물의 에너지요구량을 연도별로 분류하여 해당 건축물의 난방, 냉방, 급탕, 조명 항목에서의 에너지요구량 평균값을 비율로 나타내었고 Fig 6은 항목별 에너지요구량을 막대그래프로 나타내었다. 연도별 에너지요구량 분석 결과 난방에너지요구량의 경우 연도별 비율이 점차 줄어드는 것을 확인할 수 있

다. 반대로 냉방 에너지요구량의 경우 약간 증가하는 것을 확인할 수 있다. 급탕과 조명 에너지요구량의 경우 연도별 비율 차이는 1~2%정도로 미미한 것을 확인할 수 있다. 난방 에너지요구량은 2008년 7월 단열기준이 2010년 11월 개정됨에 따라 강화된 열관류율이 적용되어 난방 에너지요구량의 비율이 줄어드는 것으로 판단되며 냉방 에너지요구량은 선행연구¹⁰⁾에 근거하여 업무용 건물의 경우 내부발열이 높기 때문에 열관류율의 향상이 오히려 냉방부하를 증가시키는 현상을 초래한 것으로 사료된다.

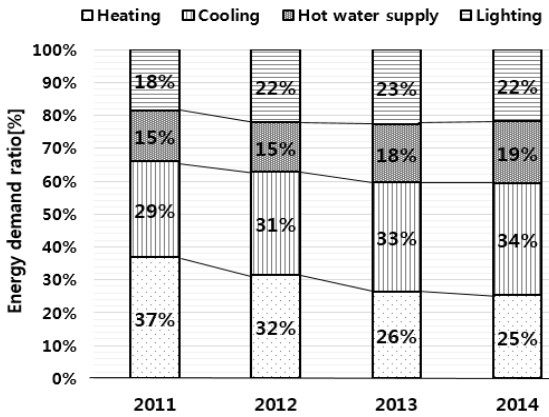


Fig. 5. Itemized energy demand ratio status

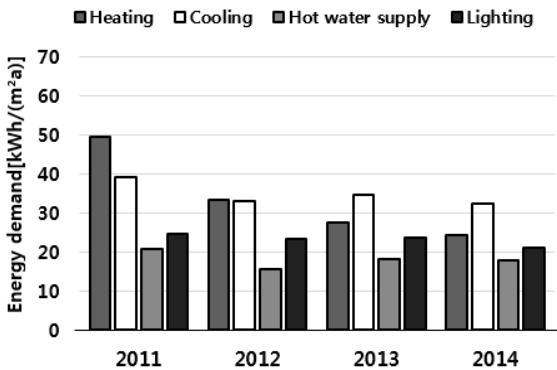


Fig. 6. Itemized energy demand status

3.3. 에너지소요량 현황 분석

에너지소요량은 건물 내의 열원시스템, 보일러 효율, 급·환기 팬, 덕트, 공기조, 제어기기 등의 COP(Coefficient Of Performance) 영향을 받으며 에너지요구량에 배관 등에 의한 손실량이 합산되어 산출된다. 따라서 기계 시스템의 효율의 영향을 가장 많이 받게 되며 적용되는 기계는 건물의 규모와 용도에 따라 다양하다.

1) 규모별 주요 냉·난방시스템 현황 분석

본 연구에서 분석대상 건물 유형을 건물의 연면적 기준에 따라 10,000㎡ 미만, 10,000㎡ 이상 30,000㎡ 미만, 30,000㎡ 이상 등 3개로 분류하였다. 이는 건축물에너지효율등급 인증 수수료 10단계를 1/3 지점으로 나눈 연면적에 해당한다. Table 8은 규모별 건물에 적용된 주요 냉·난방시스템 현황을 나타낸 것이다. 10,000㎡미만 건물의 경우 규모가 작아 적용된 주요 냉·난

방시스템으로 EHP(Electric Heat Pump)시스템이 48%로 가장 많이 적용되었으며 지역난방 시스템이 가장 7%로 가장 적게 적용되었다. 10,000㎡이상 30,000㎡미만의 건물은 다양한 냉·난방 시스템이 적용된 것을 확인할 수 있으며 그 중 냉온수기의 비율이 45%로 가장 많이 적용된 것을 볼 수 있다. 30,000㎡이상 건물의 경우 지역난방 시스템이 62%로 가장 많이 적용된 것을 알 수 있으며 규모가 커질수록 주요 냉·난방 시스템으로 EHP시스템이 적용 비율이 감소한 것을 확인할 수 있다. Fig 7의 그래프는 연도별 대상건물의 연면적 평균 현황을 박스플롯으로 나타낸 것이다. 2011년도에는 10,000㎡미만의 건물이 분포하며 편차가 작은 것을 확인할 수 있고 2014년도로 갈수록 다양한 규모의 건물이 분포하여 편차가 커지는 것을 볼 수 있다.

Table 8. Application of main air-conditioning and heating system status

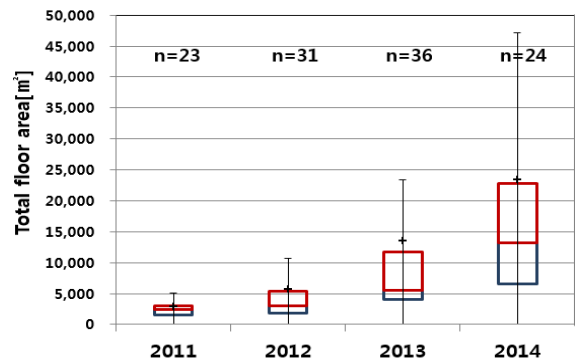
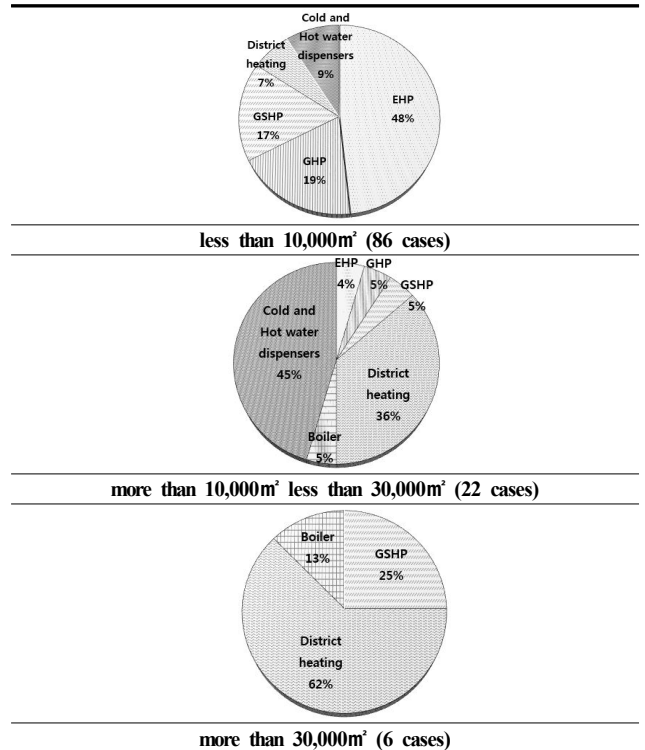


Fig. 7. Total floor area status

2) 기기별 COP 현황 분석

Fig 8과 Fig 9의 그래프는 대상건물에 적용된 주요 난방시

스팀과 냉방시스템의 연도별 COP현황을 나타낸 것이다. 2011년도의 경우 규모가 작은 건물이 대부분이었고 주요 냉난방시스템으로는 EHP시스템과 GSHP(Geothermal Source Heat Pump)시스템이 적용되었다. 그리고 냉방시스템으로 PAC에어컨이나 항온흡습기가 부수적으로 적용된 것을 확인하였다. 2012년도부터 2014년도까지는 다양한 기기들이 적용된 것을 볼 수 있다. 기기의 COP현황을 살펴본 결과 GHP(Gas Heat Pump), 냉온수기, 흡수식냉동기의 COP는 점차 향상되는 것을 확인하였지만 EHP시스템 COP의 경우는 연도별 효율이 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 2014년도로 갈수록 규모가 큰 건물들이 2011년도에 비해 다수 분포하였기 때문에 EHP시스템보다 지역난방이나 흡수식냉온수기가 주요 열원으로 적용되어 부수적으로 적용되는 기기의 COP가 낮은 시스템이 적용된 것으로 판단된다.

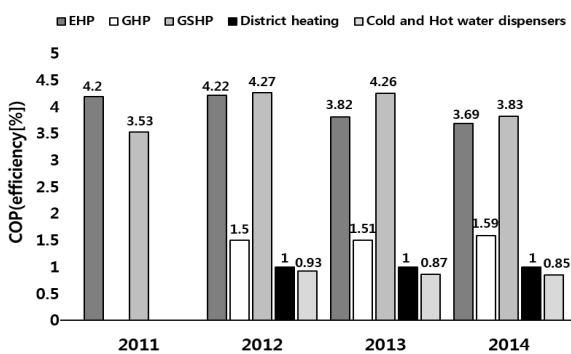


Fig. 8. Main heating system COP status

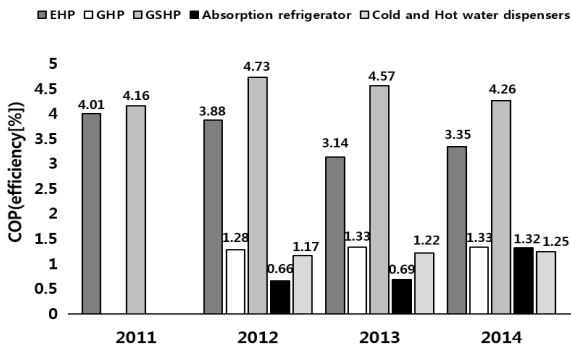


Fig. 9. Main cooling system COP status

3) 항목별 에너지소요량 현황 분석

연도별 에너지소요량 분석 결과 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 항목에서 산출된 에너지소요량 비율은 Fig 10과 같으며 건물의 규모와 적용된 설비의 경향으로 인해 에너지소요량에 차이를 보였다. 차이가 나는 이유는 2011년도에 비해 2014년도에 규모가 큰 건물들이 다수 분포함에 따라 주요 냉·난방시스템이 EHP에서 지역난방, 냉온수기 등으로 적용되었고 부수적인 냉·난방기기의 COP는 감소하였기 때문이다. 즉, 규모가 큰 건물들의 경우 주요 냉방 시스템이 지역난방을 통한 저·중온수 흡수식 냉동기의 적용 및 흡수식 냉온수기 시스템이 적용된 건물이 증가함에 따라 냉방분배시스템의 냉수순환 펌프 및 냉각수 순환 펌프의

동력이 추가로 산정되기 때문에 냉방 에너지소요량이 점차 증가한 것으로 사료된다. 조명 에너지소요량의 경우 연도별 LED 적용비율이 확대됨에 따라 조명밀도가 다소 감소하였으며 이에 따라 조명 에너지소요량도 약간 감소하는 추세를 확인할 수 있다. 급탕 에너지소요량의 경우 연도별로 전기온수기, 가스보일러 등의 적용 비율이 높았지만 2014년도로 갈수록 열교환기, 지열히트펌프로 급탕시스템이 적용된 건물이 분포함에 따라 전체적인 보일러 효율이 증가하였기 때문에 에너지소요량이 다소 감소한 것으로 분석되었다. Fig 10 그래프의 경우 100%를 기준으로 항목별 에너지소요량을 비율로 나타냈기 때문에 급탕 에너지소요량이 크게 감소한 것처럼 보이나 Fig 11의 단위면적당 에너지소요량 그래프로 살펴보면 감소폭이 크지 않으며 냉방에너지소요량의 증가폭이 큰 것으로 확인되었다.

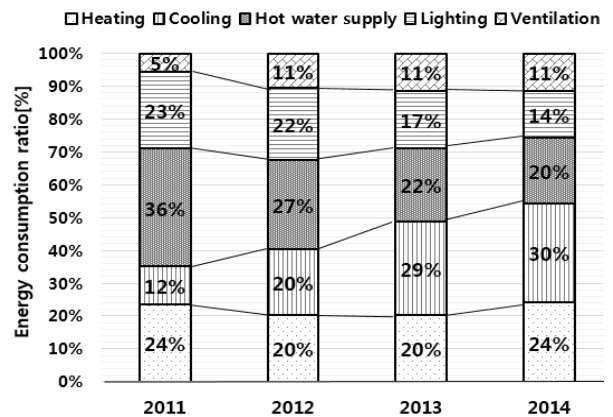


Fig. 10. Itemized energy consumption ratio status

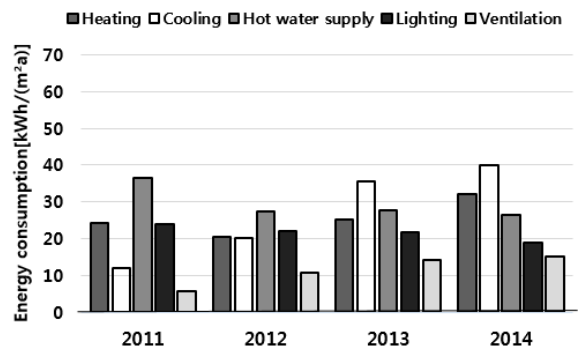


Fig. 11. Itemized energy consumption status

4) 항목별 1차 에너지소요량 현황 분석

1차 에너지소요량은 공급받는 에너지를 만들기 위해 들어간 1차적 에너지인 화석연료의 양을 말하며 소요량을 산출하는데 사용된 연료의 종류에 따라 1차 에너지 환산계수를 곱하여 산출된 값이다. 1차 에너지 환산계수는 Table 9와 같으며 열원별 환산계수가 다르게 적용되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 열원별 주요 설비의 영향으로 1차 에너지소요량의 열원별 환산계수 값에 의해 차이가 발생하는 것을 보여주며 Fig 12와 Fig 13을 통해 연도별로 분류된 항목별 1차 에너지소요량의 경향을 확인할 수 있다. 첫 번째로 1차 난방 에너지소요량을 분석한 결과 2011년도의 비

율이 가장 크게 나타났다. 그 이유로는 건물 규모가 작은 건물들이 분포되어 있어 주요 열원 시스템이 전기를 열원으로 사용하는 EHP시스템이 대부분 적용되었다. 따라서 1차 난방 에너지소요량은 1차 에너지 환산계수의 영향으로 다른 연도에 비해 비율차가 크게 나타난 것으로 분석되었다. 반면 2012~2014년도의 경우 건물의 규모가 다양해짐에 따라 여러 종류의 열원 시스템(GHP, 지역난방, 흡수식 냉온수기)이 적용되어 1차 에너지 환산계수의 영향으로 1차 난방 에너지소요량의 비율 차이가 있었다.

두 번째로 1차 냉방 에너지소요량을 분석해 본 결과 EHP시스템이 주로 적용된 2011년도의 경우 Fig 10의 에너지소요량과 비교하여 볼 때 1차 에너지 환산계수에 의해 1차 냉방 에너지소요량의 비율이 약간 증가하였지만 2012년도부터는 EHP시스템 외에 GHP시스템 같은 다양한 기기들이 적용되어 에너지소요량에 비해 1차 냉방 에너지소요량의 비율이 약간 감소한 것을 확인할 수 있다. 1차 환기 에너지소요량이 증가한 이유는 연도별 규모가 큰 건물들의 분포가 확대됨에 따라 AHU(Air Handling Unit)시스템 적용비율이 증가하여 팬동력이 증가하였기 때문이다. 2014년도의 경우 1차 난방, 급탕 에너지소요량의 비율이 낮게 차지한 것은 지역난방의 영향인 것으로 파악되었다.

Table 9. Total primary energy scale factor

| | Total primary energy scale factor |
|------------------|-----------------------------------|
| Gas | 1.1 |
| Electricity | 2.75 |
| District heating | 0.614 |
| District cooling | 0.937 |

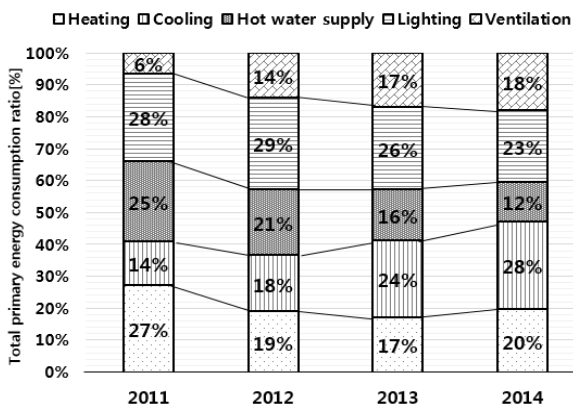


Fig. 12. Itemized total primary energy consumption ratio status

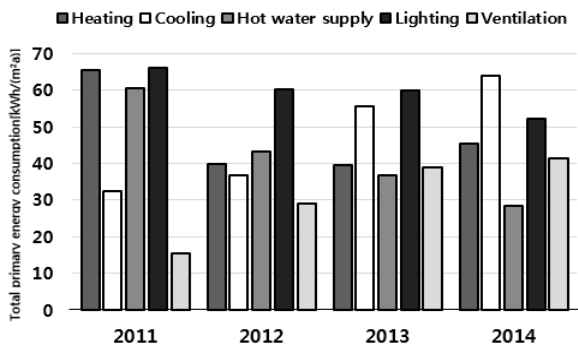


Fig. 13. Itemized total primary energy consumption status

4. 결론

업무용 건물의 에너지절약 설계요소를 어느 수준으로 적용해야 하는지에 대한 구체적인 성능 수준 파악을 위해 먼저 1등급 인증을 취득한 업무용 건물 114개를 대상으로 인증 현황 분석을 진행하였으며 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 에너지요구량 현황 분석 결과 난방, 냉방, 급탕, 조명 항목에서의 비율을 연도별로 패턴 변화를 알아보았을 때 난방 에너지요구량은 단열기준의 개정으로 열관류율이 강화되어 적용되었기 때문에 점차 감소한 것을 확인할 수 있었다. 부위별 열관류율의 편차를 연도별로 살펴본 결과 지붕의 열관류율 편차가 작게 나타났고 창호의 열관류율 편차가 크게 나타난 것을 볼 수 있었다. 부위별 열관류율의 연도별 평균차이 검정결과 외벽, 지붕, 바닥 열관류율의 평균차이는 각각 유의한 것으로 나타났고, 창호 열관류율의 평균차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 단열기준 개정 전과 후로 나누어 부위별 열관류율의 평균값을 살펴본 결과 2008년도와 2010년도 각각의 단열기준에 모두 부합하는 것을 확인할 수 있었다. 지역별 에너지요구량은 평균 외기온의 차이로 난방 에너지요구량은 중부지역이 상대적으로 높게 나타났고 냉방 에너지요구량은 남부지역이 높게 나타났다.

2) 에너지소요량 현황 분석 결과 건물의 규모와 적용된 설비의 경향으로 인해 에너지소요량에 차이를 보였다. 규모별 주요 냉·난방시스템 적용현황을 살펴본 결과 10,000㎡미만 건물의 경우 EHP시스템이 48%로 가장 많이 적용되었으며 10,000㎡이상 30,000㎡미만의 건물은 다양한 냉·난방 시스템이 적용되었고 그 중 냉온수기의 비율이 45%로 가장 많이 적용된 것을 볼 수 있었다. 30,000㎡이상 건물의 경우 지역난방 시스템이 62%로 가장 많이 적용된 것을 확인할 수 있었다. 2011년도의 경우 규모가 작은 건물들이 주로 분포하였기 때문에 주요 냉·난방시스템으로 EHP시스템이 적용되었고 2014년도의 경우 상대적으로 규모가 큰 건물들이 분포하여 주요 냉·난방시스템으로 지역난방이 적용된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 1차 에너지소요량의 경우 주요 냉·난방시스템 등 열원별 환산계수에 의해 연도별 패턴이 에너지소요량과 차이를 나타낸 것을 알 수 있었다.

추후 인증 현황 분석을 바탕으로 요소별 에너지 절감량을 분석하여 업무용 건물의 에너지 절감 방안 가이드라인을 제시하고자 한다.

References

- [1] 국토교통부, 건축물 에너지 성능개선 방안. 2014 // The Ministry of Land, Infrastructure & Transport in South Korea, Improvement of building energy performance, 2014
- [2] www.kemco.or.kr
- [3] 장철용, 한혜심, 이나은, “건축물 에너지효율등급 인증제도 의무화 대비 전문인력 양성에 대한 연구”, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회논문집 : v.31 n.01, 2011.04, 138-143 // Jang, Cheol-Yong, Han, Hye-Sim, Lee, Na-Eun, “A Study on Training of Specialist to prepare Mandatory Building Energy Efficiency Rating System”, Conference Journal of The Korean Solar Energy Society, 2011.04, 138-143
- [4] ISO 13790, “Calculation of energy use for space heating and cooling”, International Organization for Standardization, 2008

- [5] 건축물에너지효율등급제도 운영규정, 2013. 09 // Building Energy Efficiency Rating System managerial rule, 2013.09
- [6] 송지준, SPSS/AMOS 통계분석방법, 2011 // Song, Ji-Jun, SPSS/AMOS statistic analysis methods, 2011
- [7] 김덕우, 윤성환, 박철수, “사무소 건물의 에너지 사용량 상대 평가 방법”, 대한건축학회 논문집 제30권 제9호(통권311호) 2014.09, 223-233 // Kim, Deuk-Woo, Yoon, Sung-Hwan, Park, Cheol-Soo, “Simple Energy Benchmarking for Existing Office Buildings”, Conference Journal of The Architectural Institute of Korea, 2014.09, 223-233
- [8] 건축물의 에너지절약설계기준, 국토해양부고시 제2008-5호 // Building energy saving design criteria, 2008
- [9] 건축물의 에너지절약설계기준, 국토해양부고시 제2010-1031호 // Building energy saving design criteria, 2010
- [10] 이정훈, 송두삼, “오피스 건물의 내부발열 및 외피성능이 냉난방에너지 소비량에 미치는 영향”, 대한설비공학회 동계학술발표대회논문집 : 2014.11, 160-163 // Lee, Jung-Hun, Song, Doo-Sam, “Effect of the internal heat gain and building envelope on HVAC energy demand in office buildings”, Conference Journal of The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers, Korea, 2014.11, 160-163