

기존 건축물의 에너지소비량 절감목표 산정 방법 - 에너지소비량 실적 데이터 기반 -

여창재¹ · 유정호* · 문현석² · 김승진²

¹광운대학교 건축공학과 · ²한국시설안전공단 그린리모델링창조센터

A Method for Setting Energy Saving Goals of Existing Buildings - Based Energy Consumption Results Data -

Yeo, Changjae¹, Yu, Jungho*, Moon, Hyunseok², Kim, Seungjin²

¹Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University

²Green Remodeling Center, Korea Infrastructure Safety Corporation

Abstract : There are a number of policies that have been established to reduce greenhouse gases emissions and reduce energy consumption. These polices, however, only reflect the building energy consumption saving rate without considering building energy consumption characteristic. If building that already use less energy apply the same saving rate to reduce energy consumption, it is less effective. Therefore, this study classified building energy consumption characteristics and investigated approaches to adopt individual reduction rates according to energy consumption. Analysis results showed that there are differences in energy consumption depending on building use, and therefore, we classified buildings by use. We also proposed a formula to set a reduction goal for rate of energy consumption according to energy consumption. We verified our approach in a top-end neighborhood facility in Seoul. The energy consumption savings goal of this study can be applied individually, but determining whether a building can reduce energy consumption towards a saving goal requires a closer look at each building.

Keywords : Energy consumption saving, Existing building, Goal setting, Energy consumption data

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건물부문의 에너지소비량은 2012년 현재 전체 에너지소비량의 약 21.2%를 차지하고 있으며, 건물부문의 에너지 소비량은 매년 증가하고 있는 추세를 보이고 있다(Fig. 1). 이러한 건물부문의 에너지소비량 증가의 원인은 매우 다양할 것이나, 소비량 절감의 필요성은 누구나 공감하는 사실이다. 한편, 정부는 온실가스 감축목표를 '국제적 권고치(BAU대비 15~30%) 중 최고 수준인 30%로 설정하였으며, 이의 달성을 위하여 국가 온실가스 감축로드맵을 제시하였다(PMO et al,

2014). 이 로드맵에 따르면, 건물부문에서 2020년까지 BAU 167.63백만톤 대비 45.01백만톤(26.9%)를 감축하는 목표를 제시하고 있다. 따라서 온실가스 배출량에 직접 비례관계가 있는 에너지소비량을 이 목표량 만큼 절감해야 하는 과제에 직면해 있는 실정이다.

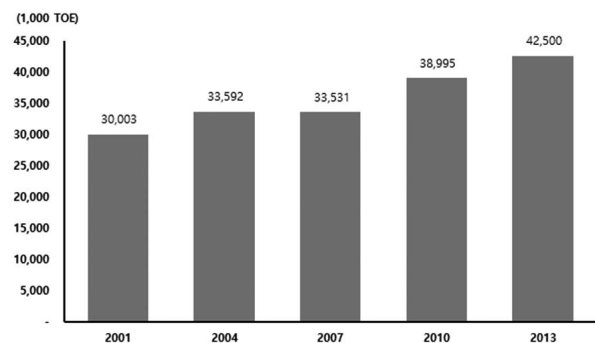


Fig. 1. The annual energy consumption increase in building part (KEEI 2012)

* Corresponding author: Yu, Jungho, Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

E-mail: myazure@kw.ac.kr

Received January 9, 2015; revised March 11, 2015

accepted April 28, 2015

현재 우리나라에는 건물부문의 에너지소비량을 관리하기 위해서 「에너지절약설계기준」, 「공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정」, 「녹색건축인증」, 「건축물에너지소비총량제」 등 다양한 제도가 시행되고 있다. 하지만 이 제도들은 모두 신축 건축물에 해당하는 제도이며, 그 시행도 대부분 최근 10년 이내에 적용되고 있는 실정이다. 따라서 현재 에너지소비량의 대부분을 차지하는 기존 건축물에 대해서는 에너지소비량을 통제할 만한 기준이 적용되지 않고 있다. 이러한 상황에서 국토부는 최근 「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」을 발표하였다. 이 기준에 따르면, 사용승인 후 15년 이상 건축물을 대상으로 에너지성능개선 기준을 제시하고 있다. 하지만, 이 기준은 대상 범위 설정이 포괄적이며(소비량 기준 하위 50%) 개선 목표는 에너지효율 등급 또는 기존 대비 성능 향상 30%이상으로 제시하고 있어 개별 건축물의 현재 소비량 특성을 고려하지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 사용 중인 개별 건축물의 에너지소비량을 고려한 에너지소비량 절감 목표량 산정 방법을 제안한다. 이 방법을 이용하면 기존 에너지소비량에 비례한 절감 목표량 산정이 가능하며, 이를 통해 개별 건축물의 에너지소비 특성이 반영될 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 일률적인 절감 목표량 적용에 따른 공정성 시비의 불식에도 효과적일 것으로 기대된다. 본 논문에서 제안하는 방법은 공공건축물 에너지소비량 데이터와 공공건축물 현황 데이터에 기반하고 있으므로 그 범위의 한계가 있으나, 향후 민간건축물에 대한 관련 데이터 확보 시 이들을 대상으로 확장될 수 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 사용한 자료는 국가 건물에너지 통합관리시스템을 통하여 서울특별시 공공건축물 에너지소비량을 추출하였고, 추출된 자료는 3,980개이다. 이 자료는 건축물의 용도, 층수, 연면적, 건축면적, 용적률, 건폐율, 사용승인일 등 건축물의 기본 정보와 각 건축물의 전기, 도시가스, 난방 에너지소비량에 대한 정보로 구성되어 있다. 본 연구에서는 전기, 도시가스, 난방 에너지를 1차 에너지로 통일하여 분석하기 위하여 1차 에너지 환산계수(연료 1.1, 전력 2.75, 지역난방 0.728)¹⁾를 적용하여 1차 에너지소비량으로 환산하였다.

본 연구는 다음과 같은 순서로 연구를 진행하였다. 1) 에너지성능과 관련된 제도 및 기준을 고찰한다(2장). 2) 통계분석 방법을 이용하여 에너지소비 특성이 유사한 그룹별로 건축물을 분류한다(3장). 3) 국내 기존 정책 및 제도를 분석하여 건축물 에너지소비량 절감 대상 선정기준을 도출한다(4.1절). 4) 실제 건축물 에너지절감 사례를 통하여 최대, 최소 1차 에너지소비량 절감 목표 기준을 정한다(4.3절). 5) 국가 온실가스

스 감축 로드맵에서 제시하고 있는 건축물의 온실가스 배출 감소 목표인 26%를 달성할 수 있도록 개별 건축물의 1차 에너지소비량 절감 목표 산출 공식을 도출한다(4.4절). 6) 산출된 공식을 실제 데이터에 적용하여 도출된 공식에 대한 적용성을 분석한다(5장).

본 연구는 공공건축물 에너지소비량 데이터를 기반으로, 용도별 개별 건축물의 에너지소비량 절감목표를 제시하는 연구이다. 따라서, 본 연구의 범위는 공공건축물을 대상으로 하고 있다. 단, 민간건축물의 에너지소비량 데이터를 확보할 수 있다면, 이 연구에서 제안하는 절차와 방법을 동일하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 국내 건축물 에너지 절감 관련 정책 및 제도

국내 온실가스 감축을 위하여 정부에서 진행하고 있는 정책으로는 「국가 온실가스 감축 로드맵」이 있다. 또한 정부에서는 온실가스 배출 절감과 건축물 에너지 절감을 위하여 「저탄소녹색성장기본법」, 「에너지이용합리화법」, 「녹색건축물 조성 지원법」 등 건축물 에너지이용과 관련된 법규를 마련하여 국내 건축물 에너지 절감과 관련된 제도를 시행하고 있고, 이와 관련된 제도로는 「건축물의 에너지절약 설계기준」, 「공공건축물 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정」, 「녹색건축 인증에 관한 규칙」 등이 있다. 또한 서울시에서도 자체적으로 건축물 에너지소비 총량제를 시행하여 건축물의 에너지 절감을 위한 노력을 하고 있다.

2.1 국가 온실가스 감축 정책 목표 및 전략

「국가 온실가스 감축 로드맵」은 온실가스 감축에 대한 국제공약(2020년 국가 온실가스 배출 전망치(776.1백만톤 CO₂e 대비 30%절감)이행 추진을 위한 실질적 감축 성과를 도출할 수 있는 이행계획을 마련하려는 목적으로 2014년에 만들어졌다. 국가 온실가스 감축 로드맵은 범정부 차원의 행정계획으로 2020년까지의 온실가스 배출절감 목표달성을 위하여 각 부문별 감축정책(수송 34.3%, 건물 26.9%, 전환 26.7%, 공공기타 25.0%, 산업 18.5%, 폐기물 12.3%, 농림어업 5.2%)과 수단을 체계화하고, 과학 기술을 활용한 감축방안과 취약부문에 대한 감축 지원방안 등을 통하여 온실가스 감축 달성을 이루고자 한다.

본 연구는 건축물을 대상으로 하므로 건물부문에 대해 살펴보면 건물부문에서는 '20년 BAU전망인 167.63 백만톤 CO₂e 대비 26.9%(45.1 백만톤CO₂e)를 감축한 122.62 백만톤 CO₂e를 목표로 하고 있다. 이를 위하여 신축 및 기존 주택, 건물 에너지절감 및 성능 향상, 냉난방 설비 및 열원 효율 개선, 가전기기, 사무용 전자제품 효율 및 개선 및 LED보급 등을 통하여 2014년 BAU대비 7.7%감축을 시작으로 연간 약3%

1) 건축물에너지효율등급인증제도운영규정 [별표3] 1차에너지 환산계수

씩 온실가스 배출량을 절감하여 감축목표를 달성하고자 한다 (Fig. 2).

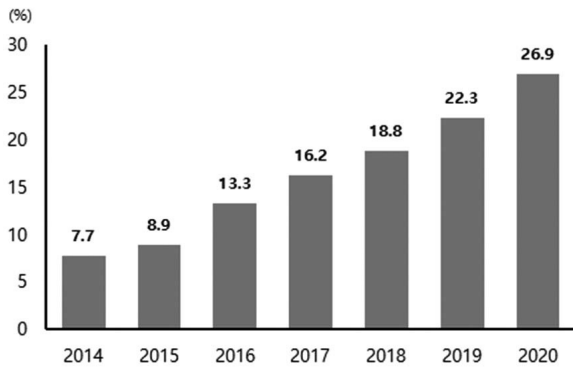


Fig. 2. Annual savings rate goals in building part until 2020 (PMO et al. 2014)

2.2 건축물의 에너지절약 설계기준

「건축물의 에너지절약 설계기준」은 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 「녹색건축물 조성지원법」(이하 “녹색건축법”이라 한다.) 제14조, 제15조, 같은 법 시행령 제10조, 제11조 및 같은 법 시행규칙 제7조에 의거하여 제정되었다. 건축물의 열손실 방지 등 에너지 절약설계에 관한 기준, 에너지 절약계획서 및 설계 검토서 작성기준, 녹색건축물의 건축을 활성화하기 위한 건축기준 완화에 관한 사항 등을 정하는 것을 목적으로 한다.

에너지 절약계획서는 「건축물 에너지절약 설계기준」 제12조에 따라 에너지 절약계획서는 일반사항, 에너지 절약 설계 기준 의무사항 및 에너지 성능지표 검토서로 구분된다. 에너지 절약계획서 제출은 녹색건축법 제14조 및 같은 법 시행령 제10조제1항에 따라 연면적의 합계가 500㎡ 이상인 건축물이 건축허가 신청, 용도변경허가 신청 또는 신고, 건축물대장의 기재내용 변경을 신청할 경우 제출하여야 한다.

또한, 에너지 절약 설계기준 의무사항은 「건축물 에너지절약 설계기준」 제13조 및 제14조에 따라 전 항목 채택 시 적합한 것으로 보며, 에너지성능지표는 평점합계가 65점 이상일 경우 적합한 것으로 본다. 다만, 공공기관이 신축하는 건축물(별동으로 증축하는 건축물을 포함한다)은 74점 이상일 경우 적합한 것으로 본다.

2.3 공공기관에너지이용합리화 추진에 관한 규정

「공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정」은 에너지 이용합리화법 제8조 및 동법 시행령 제15조의 규정에 따라 국가, 지방자치단체 등 공공기관의 에너지의 효율적 이용과 온실가스의 배출 저감을 위하여 공공기관이 추진하여야 하는 사항을 규정하기 위하여 만들어 졌다. 건물 부문에 있어서는

에너지효율 2등급 이상을 의무적 획득하도록 추진하고 있으며, 연면적 10,000㎡ 이상의 건축물을 신축하는 경우에는 건물에너지관리시스템 구축 등 신축건축물의 에너지이용 효율화를 추진하고 있다. 또한 3,000㎡ 이상 공공건축물에 대하여 에너지진단 및 ESCO추진 등을 통한 기존 건축물의 에너지 이용효율화, 신재생에너지 설비 설치, 에너지효율 기자재 사용 등 건축물의 에너지 이용효율을 높이려는 목적으로 한 조항으로 구성되어 있다.

2.4 녹색건축 인증

「녹색건축인증」은 국토교통부에서 추진한 1999년 친환경 건축물 시범인증을 필두로 2000년 5월에 「친환경건축물 인증제도」를 통해 운영되기 시작하였다. 현행 법령에서는 녹색건축법 제16조 제4항을 근거로 제정된 「녹색건축 인증에 관한 규칙」을 준용하여 인증을 운영하고 있으며, 지속가능한 개발의 실현과 자원절약형이고 자연친화적인 건축물의 건축을 유도하는 제도로 자리매김하고 있다.

인증대상은 「건축법」제2조 제1항, 제2호에 해당하는 건축물로 규정하고 있다. 또한, 「녹색건축 인증에 관한 규칙」제13조에서는 공공기관에서 건축하는 연면적의 합계가 3,000㎡ 이상인 건축물을 신축하거나 별도의 건축물을 증축하는 경우에는 국토교통부장관과 환경부장관이 정하여 공동으로 고시하는 등급이상의 녹색건축 예비 인증 및 본 인증을 취득을 하여야 한다고 규정하고 있다.

녹색건축 인증은 신축 건축물과 기존 건축물, 종류별 인증 심사기준에 따라 평가하며, 평가항목은 토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 재료 및 자원, 물순환관리, 유지관리, 생태환경, 실내환경의 7개 전문부문(주택의 경우 8개 전문부문)의 약 41개(주택은 52개)이다. 이들은 필수항목, 평가항목, 가산항목(리모델링 시에만 해당)으로 구분된다. 특히 ‘에너지 분야’의 평가는 「건축물의 에너지절약 설계기준」의 ‘에너지성능 지표 검토서’에서 취득한 점수 또는 건축물 에너지효율 인증 등급을 근거로 평가하며, 두 개 모두 획득한 경우 유리한 점수를 적용하도록 하고 있다.

2.5 기존 건축물의 에너지성능 개선기준

「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」은 녹색건축법 제13조와 제13조의2 같은 법 시행규칙 제6조에 의거하여 제정되었다. 이 기준은 기존 건축물의 녹색건축물 전환기준 및 방법에 관한 사항 등을 정하는 것을 목적으로 한다.

이 기준은 연면적 3,000㎡ 이상 사용승인 후 15년 이상인 건축물을 대상으로 하고 있으며, 이 중 지역·용도·규모별 에너지 소비량 상위 50% 이내의 공공건축물을 대상으로 에너지효율 및 성능개선을 요구 할 수 있다. 에너지효율 및 성능개선을 요구 받은 건축물은 에너지효율등급 3등급 이상 또

는 연간 단위면적당 1차 에너지소요량 30% 및 연단 단위면적당 냉난방 부하량 20% 이상을 개선 할 경우 녹색건축물로 전환 인정을 받을 수 있다. 이 외에 전환 절차, 평가방법에 대한 내용으로 구성되어 있다.

2.6 서울시 건축물 에너지소비총량제

「서울시 건축물 에너지소비총량제」는 서울시 에너지소비량의 60%를 차지하고 있는 건물부문의 에너지 수요 감축 및 저탄소 녹색성장기본법에 따른 녹색건축물 활성화를 위하여 에너지저소비형 건축물 설계기반을 구축하기 위해 시행되었다.

이 제도는 건축물의 외벽, 창호, 지붕, 바닥 등 각 부위별 에너지 절약기준에서 총 에너지 소비량을 기준으로 건축물 에너지성능을 개선하는 방법이며, 건축물에서 1년 동안 단위면적당 사용되는 에너지소비량을 일정기준 이하로 설계하도록 유도하기 위하여 건축심의 또는 인·허가단계에서 시행되고 있다.

또한, 이 제도는 2011년 07월부터 공공건축물(3천 m²이상 신축 또는 리모델링 건축물), 민간건축물(1만m²이상 신축건축물)을 대상으로 시행되었다. 그리고 13년 4월부터 적용 대상 건축물을 확대하여 적용하였으며, 에너지소비량에 대한 평가는 BESS(Building Energy Simulation for Seoul)을 통하여 산출된 결과가 업무시설 280 kWh/m²·yr 미만, 공동주택 190 kWh/m²·yr 미만, 숙박시설 360kWh/m²·yr 미만, 판매시설 320 kWh/m²·yr 미만, 교육연구시설 240 kWh/m²·yr 미만일 경우 건축심의 또는 인·허가가 통과된다.

기존 기준 및 제도를 분석한 결과, 대부분의 기준들이 신축 위주의 건축물을 대상으로 하여 에너지효율등급 취득을 요구하고 있었다. 또한 에너지효율등급을 요구하지 않더라도 타 기준에서 요구하는 에너지효율등급 수준과 동등 또는 그 이상을 요구하고 있었으며, 단지 「기존건축물의 에너지성능개선 기준」만 기존건축물을 대상으로 하고 있었다. 또한 모든 기준 및 제도들은 건축물의 특성을 고려하지 않은 일관적인 기준만을 제시하고 있었다.

3. 기존 건축물 에너지소비 특성 분석

본 연구에서는 건축물 에너지 소비 특성에 따라 건축물을 분류하기 위하여, 단위면적당 1차에너지소비량에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. 영향요인으로는 ‘국가 건물에너지 통합관리시스템’에서 제공되는 연면적, 층수, 사용승인일, 건축면적, 용적률, 건폐율, 용도 등이 분석에 활용될 수 있다. 이 중 연면적, 건축면적, 용적률, 건폐율 등은 건축물의 규모와 관련된 요인으로서 그 대표 요인으로 연면적을 분석에 활용하였다. 그 외에 층수, 사용승인일, 용도 등을 분석에 활용하였다.

- 건축물의 사용연수와 단위면적당 1차 에너지소비량 간 영향관계를 검증하기 위한 상관관계분석
- 건축물의 층수와 단위면적당 1차 에너지소비량 간 영향관계를 검증하기 위한 상관관계분석
- 건축물의 연면적과 단위면적당 1차 에너지소비량 간 영향관계를 검증하기 위한 상관관계분석
- 용도별 단위면적당 1차 에너지소비량의 차이 검증을 위한 ANOVA 분석

Pearson 상관관계분석의 경우 값이 1 또는 -1에 가까울수록 두변수가 서로 상관관계가 있음을 나타낸다. 단위면적당 1차 에너지소비량과 건축물의 사용연수, 층수, 연면적간의 상관관계분석 결과, 상관계수 값이 사용연수 -0.025, 층수 0.089, 연면적 0.062로 나타났다(Table 1). 따라서 사용연수, 층수, 연면적 0.062로 단위면적당 1차 에너지 소비량과 상관관계가 없음을 알 수 있다.

Table 1. Person correlation analysis results of Influence factor and Primary energy consumption per unit area

	Number of use years	Floor	Gross area
Correlation Coefficient	-0.025	0.089	0.062

ANOVA분석의 경우 p-value < 0.001일 경우 두 변수간의 차이가 있음을 나타낸다. 단위면적당 1차에너지소비량과 용도의 ANOVA분석 결과를 보면 유의확률이 0.000(p<0.001)으로 나타났다(Table 2). 따라서 용도가 단위면적당 1차 에너지소비량에 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 건축물 에너지절감 목표 설정을 위한 건축물의 구분은 용도로 구분하여 연구를 진행한다.

Table 2. One-way ANOVA analysis results of Building and Primary energy consumption per unit area

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig
Between groups	49819635866.1	25	1992785434.6	12.49	0.000
Within groups	298348551335.7	187	159544679.9		
Total	348168187201.8	1895			

4. 에너지소비량 절감목표 설정 방안

4.1 에너지소비량 절감 대상

에너지소비량이 낮은 건축물의 경우 에너지소비량을 줄일 수 없거나 줄이더라도 전체 에너지절감에 큰 영향을 주지 못한다. 또한 에너지소비량이 이미 낮은 건축물은 더 이상 절감이 불가능한 경우가 대부분일 것이다. 따라서 전체 건축물을 대상으로 에너지소비량 절감을 하는 것은 비효율적이므로 에너지소비량 절감 대상을 선정할 필요가 있다. 본 연구에서는 에너지소비량 절감 대상을 선정하기 위하여 각 제도 및 정책

들에서 제시하고 있는 에너지성능관련 기준들을 분석하였다.

기존 건축물 에너지소비량 절감 대상은 타 법령 및 기준 등에서 요구하고 있는 신축 건축물 에너지성능 기준보다 요구 수준이 높으면 안 된다. 그 이유는 현재 국내의 제도 및 기준들은 1차 에너지소요량을 기준으로 에너지성능을 요구하고 있다. 에너지 소요량은 건축물의 건축적 성능 및 기계적 성능을 바탕으로 추정하는 수치인데 반해 에너지소비량은 건축물에서 직접적으로 사용한 에너지를 나타내기 때문에 1차 에너지소요량 보다 높을 수밖에 없다. 따라서 기존의 제도 및 기준과 동등하거나 그보다 낮은 수준으로 에너지 소비량 절감 대상을 선정하여야 한다.

① 「녹색건축 인증에 관한 규칙」 제13조에서는 연면적의 합이 3,000㎡ 이상의 공공건축물을 신축하거나 별도의 건축물을 증축하는 경우 우수(그린2등급)등급 이상을 취득하여야 한다고 규정하고 있다.

② 「공공기관에너지이용합리화 추진에 관한 규정」 제6조에서는 3,000㎡이상 공공건축물을 신축하거나 별도으로 증축하는 경우에는 에너지효율 등급 1등급이상을 달성하여야 한다고 명시하고 있다.

③ 「에너지절약 설계기준」제2조 및 제15조에서는 500㎡이상의 건축물을 건축하거나 대수선, 용도변경 및 건축물 대장의 기재내용을 변경하는 경우에 에너지성능지표 점수 65점 이상을 획득하여야 한다고 명시하고 있다. 다만, 에너지효율 등급 3등급이상을 획득할 경우 에너지 절약계획서를 제출하지 아니하여도 된다고 명시하고 있으므로, EPI점수 65점을 에너지효율등급 3등급과 동일 취급 할 수 있다.

④ 「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」제5조에서는 지역·용도·규모별 에너지 소비량 상위 50% 이내의 공공건축물은 동 기준 제7조에 따라 에너지효율등급 3등급 이상 또는 에너지성능 개선 대비 연간 단위면적당 냉난방 부하량 20% 이상 개선 및 연간 단위면적당 1차에너지소요량 30%이상 개선을 하도록 규정하고 있다.

⑤ 「건축물 에너지소비총량제」의 기준은 업무시설 280 kWh/m²·yr 미만, 공동주택 190 kWh/m²·yr 미만, 숙박시설 360 kWh/m²·yr 미만, 판매시설 320 kWh/m²·yr 미만, 교육연구시설 240 kWh/m²·yr 미만이다.

각 제도들을 살펴본 결과, 녹색건축인증의 경우 에너지성능뿐만 아니라 토지이용 및 교통, 환경오염, 재료 및 자원에 관한 평가도 이루어지기 때문에 에너지소비량 절감대상 선정 기준으로 적합하지 않다. 또한 「공공기관에너지이용합리화 추진에 관한 규정」의 경우, 적용하고 있는 에너지효율 1등급(주거용150 kWh/m²·yr 미만, 비 주거용 260 kWh/m²·yr 미만)은 에너지효율등급 중에서도 상위에 해당하므

로 이를 기존 건축물의 에너지소비량 절감대상 선정 기준으로 사용하는 것은 무리가 있다. 「건축물 에너지소비총량제」의 경우, 건축물 용도별로 기준을 나타내고 있지만, 「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」보다 요구하는 수준이 높다. 「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」의 경우 에너지소비량이 상위 50%에 해당하는 공공건축물을 대상으로 에너지효율 등급 3등급 이상을 획득하도록 규정하고 있다. 또한 「에너지절약 설계기준」에서도 에너지효율등급 3등급 이상을 획득한 건축물에 대하여 에너지절약계획서를 제출하지 아니하여도 된다고 규정하고 있다. 두 기준 모두 앞서 분석한 다른 기준보다 낮은 기준을 제시하고 있지만, 건축물 에너지성능 기준에 해당하므로 에너지효율등급 3등급에 해당하는 건축물까지는 에너지효율이 좋은 건축물로 판단할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 에너지효율등급 3등급보다 낮은 4등급(380 kWh/m²·yr 이상)부터를 에너지소비량 절감 대상 선정기준으로 하였다.

4.2 이상치 확인 및 제거

본 연구에서는 단위면적당 1차 에너지소비량을 기준으로 개별 건축물의 에너지소비량 절감량을 산정하는데 이때, 단위면적당 1차 에너지소비량 최대, 최소값의 격차가 크거나 혹은 건축물간의 에너지소비량의 격차가 이상치로 인하여 크게 나타날 경우 절감 목표가 적정하게 배분되지 않을 수도 있으므로 이상치제거가 필요하다. 이상치로 제거된 건축물은 별도 확인(건축물 실제 사용용도 및 건축물의 성능 등을 검토)을 통하여 별도의 에너지소비량 절감 목표를 반영하는 것이 필요하다.

이상치를 확인하기 위한 방법으로는 사분위편차를 이용한 방법이 주로 이상치 확인 및 제거방법으로 사용된다(KICT 2008).

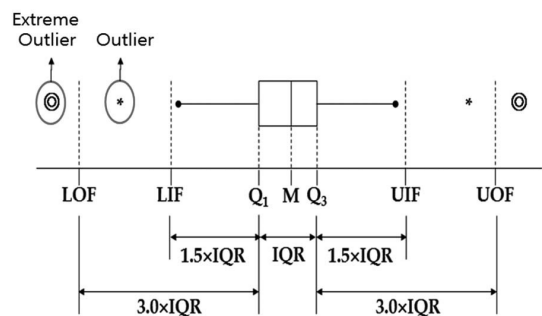


Fig. 3. Outlier detection techniques using Box-Plot (Joo, Y. S. 2013)

- 내부울타리(inner fence)
- 하 내부울타리(lower inner fence : LIF)
- $Q1 - 1.5 \times IQR$

상 내부울타리(upper inner fence : UIF)

$$Q3+1.5 \times IQR$$

- 외부울타리(outer fence)

하 외부울타리(lower outer fence : LOF)

$$Q1-3.0 \times IQR$$

상 외부울타리(upper outer fence : UOF)

$$Q3+3.0 \times IQR$$

- 이상치(outlier) : 내부울타리와 외부울타리 사이에 있는 값

- 극단이상치(extreme outlier) : 외부울타리 바깥에 있는 값

사분위편차를 이용한 이상치 확인 및 제거 방법은 데이터를 순서대로 정렬했을 때 25%에 위치한 값을 1사분위수(Q1), 75%에 위치한 값을 3분위수라 하며, 사분위편차란 3분위 수와 1분위수의 차이를 의미하며, 사분위편차를 이용한 이상치 판단방법에서의 이상치는 $1.5 \times IQR$ 또는 $3 \times IQR$ 를 벗어나는 값이다. 본 연구에서는 이상치 확인 및 제거를 내부울타리($1.5 \times IQR$)를 기준으로 한다(Fig. 3).

본 연구에서는 사분위편차를 이용하여 데이터 내의 이상치 확인 및 제거를 시행하였다.

4.3 에너지소비량 절감 목표의 최대, 최소 기준

건축물의 에너지성능 개선의 목표는 건축물의 에너지소비량 절감을 통한 온실가스 배출 절감이다. 따라서 건축물의 에너지소비량의 절감은 국가 온실가스 감축 로드맵에서 건물부문이 목표로 하고 있는 수준인 26%를 달성할 수 있어야 한다.

또한 개별 건축물별 에너지소비량 절감목표를 배분하기 위해서는 건축물에서 절감 가능한 최대·최소 기준이 필요하다. 하지만 국내에서는 대상 건축물에 일괄적인 에너지성능 개선 기준만이 존재하고 있어, 건축물의 에너지 특성을 고려한 에너지성능 개선에 대한 최소, 최대 기준이 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존건축물의 에너지절감에 대하여 다르고 있는 「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」 및 건축물 에너지절감 실제사례를 분석하여 개별 건축물의 에너지소비량 절감 목표 최소, 최대기준을 도출하였다.

「기존 건축물의 에너지성능 개선 기준」에서 에너지성능 개선 기준으로 에너지효율등급 3등급 이상 또는 기존 에너지소요량 대비 30%이상 개선을 요구하고 있다.

그리고 KISTEC(2013) 및 아주대(2014)의 연구에 따르면 11개의 공공건축물을 대상으로 그린리모델링을 통한 1차 에너지소요량 절감률을 분석한 결과, 그린모델링을 통한 건축물의 1차 에너지소요량 절감률은 평균 37%, 최대 절감률 62%, 최소절감률 23%로 나타나는 것으로 분석됐다(Table 4).

Table 4. Analysis of saving Energy rate after Green remodeling (KISTEC, 2013 & Ajou univ. 2014)

Type	Primary energy consumption per unit area(kWh/m ² · yr)			Saving rate (%)
	Before	After	Saving	
Public Office 1	470.7	349.9	120.8	25.66
Public Office 2	548.5	369.3	179.2	32.67
Public Office 3	1,014.2	775.4	238.8	23.55
Public Office 4	323.7	221.1	102.6	31.70
Public Office 5	404.7	159.4	245.3	60.61
Public Office 6	375.1	249.1	126	33.59
Dormitory 1	1,287.5	957.1	330.4	25.66
Dormitory 2	256.0	162.6	93.4	36.48
Postoffice	473.5	306	167.5	35.37
Library 1	462	347.98	114.1	24.70
Library 2	321.1	199.1	122	37.99
Elementary School 1	332.8	131.5	201.3	60.49
Elementary School 2	334.6	200.4	134.2	40.11
Public Office	357.2	231.6	125.6	35.16
Community Center	388.5	146.1	242.4	62.39
Art Museum	407.6	241.0	166.6	40.87
Traditional Theater	370.3	268.8	101.5	27.41

본 연구에서는 전체건축물 중 에너지절감이 필요하다고 판단되는 건축물을 대상으로 국가 온실가스 절감 목표를 달성한다. 따라서 에너지절감 대상으로 선정된 건축물의 에너지절감의 합이 국가 온실가스 배출 절감 목표 중 건물부문에 해당하는 약 26%를 달성할 수 있어야 한다. 그러므로 건물부문의 목표인 26%를 최저 기준으로 하였다. 또한 기존 기준 및 사례분석을 통하여 분석된 최대 절감률인 62%를 건축물이 절감할 수 있는 최대 기준으로 하였다.

4.4 개별 건축물별 에너지소비량 절감목표 산정 방법

본 연구에서는 건축물의 개별 건축물별 에너지소비량 절감 목표를 산출하기 위하여 (1)식과 같은 기본적인 절감목표 산정방법을 바탕으로 에너지소비량 절감 목표 산정 식을 도출하였다.

$$S_k = E_k \times R_k \tag{1}$$

여기서,

S_k : 단위면적당 1차 에너지소비량이 k인 건축물의 1차 에너지 소비량 절감 목표량

E_k : 단위면적당 1차 에너지소비량이 k인 건축물의 1차 에너지 소비량

R_k : 단위면적당 1차 에너지소비량이 k인 건축물의 1차 에너지 소비량 절감률

단위면적당 1차 에너지소비량이 낮은 건축물은 더 낮게, 단위면적당 1차 에너지소비량이 높은 건축물은 더 높은 절감률 R_k 가 배분되어야 한다. 따라서 절감목표가 지수함수의 형태로 증가할 경우(Fig. 4), 단위면적당 1차 에너지소비량이 증가할 때마다 절감목표의 증가율이 전 단계에 비하여 높게 할당되게 된다. 따라서 본 연구에서는 지수함수의 형태로 절감목표를 배분하였고, 따라서 절감목표 산정공식은 (2)식과 같이 표현 할 수 있다.

$$R_k = a \times r^k \quad (2)$$

k 가 에너지절감 대상 선정기준인 380일 때, R_{380} 은 최저 절감 목표인 26%가 되어야 하므로, a 값은 0.26가 되어야 하고 r^k 값은 1이 되어야 하므로 r^k 는 r^{k-380} 이 되어야 한다. 따라서 R_k 는 (3)식으로 나타낼 수 있다.

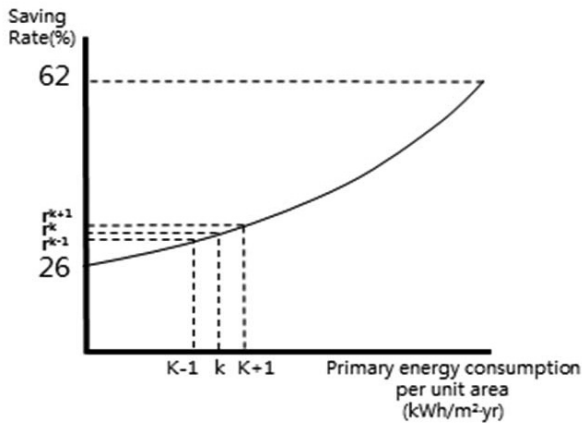


Fig. 4. Increased energy consumption saving rate graph

$$R_k = 0.26 \times r^{k-380} \quad (3)$$

R_k 값이 최대절감률인 62%일 때, $k=n$ 이므로 r 에 관한 식으로 정리할 수 있으며, (4)식과 같다.

$$r = \frac{n-380}{\sqrt{2 \cdot 38}} \quad (4)$$

R_k 값을 구하기 위한 공식인 (2)식에 (4)식을 적용하면 (5)식과 같다.

$$R_k = 0.26 \times \left(\frac{n-380}{\sqrt{2 \cdot 38}} \right)^{k-380} \quad (5)$$

(5)식을 (1)식에 적용하면 (6)식과 같은 단위면적당 1차 에너지소비량에 따른 절감률 공식을 만들 수 있다.

$$S_k = E_k \times 0.26 \times \left(\frac{n-380}{\sqrt{2 \cdot 38}} \right)^{k-380} \quad (6)$$

5. 사례 분석

5.1 데이터 개요

2011년 서울시 공공건축물 중 제1종 근린생활시설을 대상으로 하여 사례분석을 시행하였다. 제1종 근린생활시설의 건물 수는 총 1291동이며, 총 1차 에너지소비량은 405,181,557 kWh이다. 또한 단위면적당 1차 에너지소비량의 최소값은 2.39 kWh/m²·yr이며, 최대값은 270,663.18 kWh/m²·yr이다.

5.2 이상치 제거

제1종 근린생활시설의 이상치를 4.2절에 따라 사분위편차를 이용하여 제거하였고, 그 결과 전체 1291개의 건축물 중 171개의 건축물이 이상치로 확인되어 제거하였다. 1291개의 건축물 중 1120개의 건축물이 남게 되었으며, 총 1차 에너지소비량은 1,115,337,082 kWh에서 약 63% 줄어든 405,181,557 kWh이 되었다.

Q1 = 321번째 건물의 단위면적당 1차 에너지소비량

(321.09 kWh/m²·yr)

Q2 = 962번째 건물의 단위면적당 1차 에너지소비량

(1,286.83 kWh/m²·yr)

LIF = 321.09 - {1.5 x (1,286.63 - 321.09)}

= -1,127.52 kWh/m²·yr

UIF = 1,286.83 + {1.5 x (1,286.63 - 321.09)}

= 2,753.44 kWh/m²·yr

5.3 개별 건축물의 에너지소비량 절감을 산정

제1종 근린생활시설의 절감률을 산정하기 전에 (4)식에 따라 값을 구하면 1.004가 되며, 이를 (6)식에 대입하면 다음과 같다.

$$S_k = E_k \times 0.26 \times (1.0004)^{k-380}$$

위 식으로 제1종 근린생활시설의 절감률 및 절감 목표량을 산출하였다(Table 5). 본 연구에서 제시하는 공식을 이용하여 절감되는 1차 에너지소비량은 온실가스 감축 로드맵에서 목표로 하고 있는 건물부문의 절감목표인 26%이상(101,295,389kWh 이상을 달성할 수 있어야 한다. 계산 결과 총 103,762,269 kWh로 약 2.4%정도 추가적인 달성이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 설정한 최소 26%, 최대 62%의 절감률로 온실가스 감축 로드맵과 비슷한 수준으로 절감이 가능한 것으로 판단된다.

- Kyungpook National University.
- KICT (2008). "ITS information reliability improvement and evaluation." MOLIT.
- Kim, J. W., Song, Y. W. and Choi, Y. K. (2014). "A Case Study on Estimation of Energy Efficiency and Economic Feasibility for Energy-Saving Remodeling of Small-sized Houses", *Korean journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(3), pp. 92-102.
- KEEI (2012). "Energy Consumption Survey", MKE.
- Lee, J. E. "Effects of building management on energy consumption in office buildings", Master Thesis, Hanyang University.
- MOLIT (2013). "A criteria of Building Energy Efficiency Rating"
- MOLIT (2013). "The criteria for Energy Conservation Design of Buildings"
- MOLIT (2013). "A Criteria of Green Standard for Energy & Environmental Design"
- MOLIT (2013). "A rule about Green Standard for Energy & Environmental Design"
- MOTIE (2013). "regulation about a public institute energy use rationalization push"
- MOTIE (2013). "Building energy efficiency rating certification system operation regulation"
- Park, J. H. and Hong, T. H. (2010). "Improvements of Policies related Building Energy Reduction in Korea", *Korean journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 11(4), pp. 32-40.
- PMO, MSIP, MOSF, MOFA, MAFRA, MOTIE, ME, MOTIE, MOF (2014). "A road map for achieved national greenhouse gas saving goals"

요약 : 온실가스 배출 감소 및 에너지소비량을 감소시키기 위하여 많은 정책들이 수립되고 있다. 그러나 이러한 정책은 건축물의 에너지 소비 특성을 고려하지 않고 건축물에 대하여 일괄적인 에너지 절감률을 적용하고 있다. 일괄적인 에너지소비량 절감율을 일괄적으로 적용할 경우, 에너지소비량이 적은 건축물은 이를 달성 할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 건축물의 에너지소비특성에 따른 건축물 분류와 건축물의 에너지소비량에 따른 개별적인 에너지소비량 절감률 산정 방법에 대하여 연구하였다. 에너지소비량 특성 분석결과 건축물의 용도에 따라 에너지소비량 차이가 있음이 나타났다. 또한 이를 바탕으로 건축물을 분류하였다. 또한 기존의 건축물 에너지절감과 관련한 제도들을 분석하여 건축물의 에너지소비량 절감 목표 및 대상 등을 선정하였고, 이를 바탕으로 에너지소비량에 따른 에너지 소비량 절감률 공식을 제안하였다. 또한 서울시 공공건축물 중 제1종 근린생활시설에 본 연구에서 제안한 공식을 적용할 경우 국가 온실가스 배출로드맵에서 목표로 하고 있는 절감률 26%를 달성할 수 있음을 확인하였다. 본 연구를 통하여 건축물의 개별적인 목표 에너지절감률을 산정할 수 있지만, 건축물 목표 에너지 절감률을 실제건축물에 반영하기 위해서는 건축물의 에너지소비량과 에너지소요량의 관계 및 건축물에서 절감 가능한 에너지소비량에 대한 연구가 필요하다.

키워드 : 에너지소비량절감, 기존건축물, 목표설정, 에너지소비량 데이터
