

에너지 사용량 평가방법 분석을 통한 건축물에너지소비증명제도 개선방향

Strategies to Improve the Building Energy Performance Disclosure System through an Analysis of Operational Rating Methodologies

양 시 원* 김 선 숙**
Yang, Si-Won Kim, Sun-Sook

A building energy performance certification and disclosure system aims to increase the market value of energy efficient building and to induce energy efficient investments by making owner disclose building energy performance during building transaction. This policy has been widely adopted in many countries worldwide, and also enforced in Korea from February 2013. The purpose of this study is to suggest strategies to improve operational rating method in building energy performance disclosure system and to discuss a few requirements to be considered in developing operational rating method. Operational rating methods of Display Energy Certificate, Energy Star Portfolio Manager, Energideklaration, and Nabers energy rating were investigated and analyzed. Grading criteria and performance index, energy benchmarks, and energy normalization methods should be developed to improve the operational rating method.

키워드 : 건축물에너지성능인증, 건축물에너지소비증명, 에너지 벤치마킹, 에너지 사용량 평가

Keywords : Building Energy Performance Certificate, Building Energy Performance Disclosure, Energy Benchmarking, Operational Rating

1. 서 론

국내의 건물 부문 에너지 소비는 2011년을 기준으로 국가 총 에너지 소비의 약 20.5%를 차지하며(에너지경제연구원, 2012), 건물 수의 증가 및 대형화·복합화 추세, 생활수준의 향상 등으로 인하여 향후에도 지속적인 에너지 소비 증가가 예상된다. 이에 따라 우리나라를 비롯하여 세계 주요 국가들은 건물에너지 효율화 목표를 단계적으로 설정하고 부하 저감, 설비 효율화, 신재생 에너지 이용 등의 부문에 걸쳐 세부 추진 전략을 수립·시행하고 있다.

건물 부문은 냉난방, 조명, 환기 등 실내 환경 유지에 대부분의 에너지가 소요되므로 에너지 효율화의 잠재력은 큰 편이기는 하나, 건축, 운영, 리모델링 등 건물의 생애 단계에 따라 각기 다른 전략이 요구될 뿐 아니라 매우 다양한 이해당사자들의 의사결정 및 실행을 유도해야 하는 점 등 여러 가지 장애요인이 존재할 수밖에 없다. 건물에너지 효율화 정책은 이를 극복하기 위해 필연적으

로 개입되어야 하는 수단으로서, 각 국에서는 법적규제, 인증제도, 재정지원, 정보제공, 기술개발지원 등 다양한 부문에 걸쳐 정책을 개발하여 시행해 나가고 있다. 법적 규제가 건물에너지 효율화에 요구되는 최소 조건을 규정함으로써 시장에서의 후발 주자들을 이끌어가는 역할을 하는 것이라면, 기술개발지원은 건물에너지 효율화를 위한 최신 기술을 개발하도록 함으로써 시장을 선도하는 역할을 한다. 또한 인증제도, 재정지원, 정보제공 부문의 정책들은 시장의 대다수를 차지하는 일반적인 수준의 건물을 대상으로 건물에너지 효율화를 독려하고 그 실행을 지원하기 위한 역할을 한다고 볼 수 있다.

이 중에서 특히 건물의 에너지성능을 객관적으로 평가하고 이에 대한 정보를 일반인 또는 부동산 거래 이해당사자에게 제공하거나 지자체 등에 보고하도록 하는 건축물 에너지성능 인증·증명제도(Building Energy Certificate and Disclosure Policy)는 에너지 효율을 고려하는 부동산 시장 구조로의 전환을 도모하기 위해 다수의 국가에서 활발히 시행되고 있다(IEA, 2010). 우리나라에서도 2013년부터 수도권 소재 일정규모 이상 공동주택 및 업무용 건축물을 대상으로 건축물에너지소비증명제도가 단계적으로 시행되고 있으며 향후 전국으로 확대될 예정이다.

선행 연구(양시원 외, 2014)를 통해 제도 참여 경험에 있는 일반인들을 대상으로 설문조사를 시행한 결과, 제도의 필요성 및 의의, 정보 활용 의향 등의 측면에서는 긍

* 한일 MEC 기획설계팀, 공학석사

** 아주대학교 건축학부 조교수, 공학박사

(Corresponding Author, E-mail : kss@ajou.ac.kr)

본 논문은 국토교통부 도시건축연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다(14AUDP-B079104-01).

정적이었으나 그린투게더 사이트에 접속하여 건축물에너지평가서를 발급해야만 에너지성능 정보를 취득할 수 있고 부동산 거래에 대한 결정이 완료된 후 거래 계약서 작성 시에 확인하는 경우가 대부분이어서 제도의 실효성이 떨어질 우려가 있는 것으로 파악되었다. 또한 건축물 에너지평가서에 '단위면적당 연간 1차에너지 사용량 값'이 그대로 표시되는 건축물 에너지 사용량 정보의 경우, 일반인들이 용어 및 단위, 성능 수준 등에 대해 이해하기가 쉽지 않다는 의견도 제시되었다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 에너지 사용량 정보를 일반인들이 이해하기 쉬운 지표의 형태로 공개함으로써 거래 의사결정 시 직관적으로 비교할 수 있도록 하는 방안이 추진되고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 국내외 건축물 에너지성능 인증·증명제도의 에너지 사용량 평가방법론 및 정보제공 방법에 대한 비교·분석 결과를 바탕으로, 국내 제도에서 보다 효과적으로 에너지 사용량 정보를 제공할 수 있도록 하기 위한 개선방향을 도출하고자 한다.

2. 건축물 에너지 성능 인증·증명제도 개요

2.1 제도 시행현황 및 역할

건축물 에너지성능 인증·증명제도는 신축 및 기존 건축물의 에너지성능 향상 및 에너지소비 저감을 유도하는 핵심적인 정책 중 하나로, 1997년 덴마크에서 처음 시행된 이래 전 세계 30개 이상의 국가에서 의무적 또는 자발적 제도로 시행 중에 있다. 대표적으로 유럽 연합에서는 EPBD(Energy Performance of Building Directive)를 통해 2002년 처음 제도를 도입하였으며 2009년부터는 모든 가입 국가에서 상업 및 주거용 건축물 거래 시 에너지성능 증명을 의무화하였다. 미국이나 호주 등 다른 나라에서도 세계적인 흐름에 맞추어 각 국가 실정에 맞는 건축물 에너지성능 인증·증명제도를 마련하여 시행 중에 있으며, 건물 유형에 따라 부분적 또는 단계적으로 제도를 의무화하는 움직임을 보이고 있다(IEA, 2010).

이 제도는 건물주와 거주자 및 일반인들에게 에너지성능 정보를 제공하여 에너지 효율화와 사용자 측면의 에너지 소비 절감을 유도하고, 더 나아가 건물의 에너지 효율을 고려하는 부동산 시장 구조로 전환시키기 위한 효과적인 수단으로 여겨지고 있다. 즉, 제도를 통해 건축주가 건물의 에너지성능을 공개하면 소비자들이 부동산 매수·임차 관련 선택 시 보다 에너지 효율적인 건물을 선호하게 되면서 에너지 효율이 우수한 건물의 시장가치가 상승하게 되므로, 궁극적으로 많은 건물주들이 소유한 건물의 에너지성능을 향상시키기 위해 투자하고 다시 공개하는 선순환 과정을 예상할 수 있다. 이 과정에서 에너지 및 온실가스 배출 저감 효과를 얻을 수 있으며, 나아가 에너지 다소비 건물에 대한 자발적인 에너지 효율화를 기대할 수 있다(NEEP, 2013). 이러한 정보는 건축물의 에너지성능 개선에 따른 성능 개선 효과를 장기적으로 분석하고, 적용 기술의 개선 효과를 정량적으로 판단하는데 있어 근거자료로도 활용될 수 있다. 또한 더 나아가

국가적 관점에서는 일관된 방법으로 평가된 건축물 에너지성능에 대한 정보를 건물에너지 효율화를 위한 재정지원의 근거자료로서 활용할 수도 있다.

2.2 평가방법론

건축물 에너지성능 인증·증명제도는 표준화된 방법론에 따라 에너지성능 평가를 진행하고, 절대적 또는 상대적 수준을 결정하여 건축물 에너지평가서를 통해 정보를 일반인들에게 제공하는 절차로 구성된다. 건축물의 에너지성능은 건축물의 '에너지 소요량'을 계산하여 평가하는 AR(Asset Rating) 방식과 건축물에서 실제로 계측된 '에너지 사용량'을 기반으로 평가하는 OR(Operational Rating) 방식에 의해 도출될 수 있다.

AR 방식은 Calculated Rating이라고도 하며, 건축도면, 시방서, 시험성적서 등 건축물 관련 데이터를 기반으로 컴퓨터 프로그램 등을 활용하여 계산된 에너지소요량을 근거로 평가한다. 표준적인 운영스케줄 및 표준 기상데이터를 바탕으로 평가가 진행되기 때문에 건물 운영 및 거주자 행태와는 독립적으로 건물의 물리적인 특성만을 고려하여 건축물 자체의 에너지성능을 평가할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 신뢰성 있는 건물 평가를 위해서는 건축 및 설비 부문에 대한 상세한 정보가 요구되기 때문에 관련 정보를 비교적 얻기 쉬운 신축 건축물의 에너지성능 평가에 주로 활용되고 있다. 또한 평가자의 숙련도에 따라 평가 결과가 좌우되기 때문에 제도권 내에서의 AR 방식은 공인된 평가사에 의해 평가가 진행되는 것이 일반적이며, 계산을 위한 표준화된 시뮬레이션 알고리즘이나 프로그램이 구축되어야 한다.

OR 방식은 Measured Rating이라고도 하며, 에너지 사용량 고지서나 에너지 공급업체로부터 얻은 실제 에너지 사용량을 기반으로 평가하는 방식이다. 계측된 사용량을 활용하므로 평가에 소요되는 시간이 비교적 적고, 경우에 따라 평가사가 관여하지 않거나 평가사의 개입을 최소화할 수 있어 AR 방식에 비해 비용 절감이 가능하다. 그러나 보다 유의미한 분석을 위해서는 에너지원별 사용량을 통해 사용용도별 에너지 사용량을 추정하는 방법론이나 계측된 사용량을 기후, 채실 조건 및 특성, 건물 규모 등에 따라 보정(Normalize)하기 위한 방법론 및 계산 프로그램 등을 활용할 필요가 있다.

이와 같이 건물의 에너지성능은 표준화된 계산 알고리즘이나 평가 방법론에 따라 공인 평가프로그램 등을 활용하여 평가되며, 이 과정에서 취약 부분에 대한 개선방안 도출 및 개선방안 적용 시의 에너지성능 개선효과 예측도 수행될 수 있다. 일반인들은 이러한 종합적인 결과를 포함한 에너지평가서를 통해 해당 건물의 에너지성능 수준을 확인하고 성능 개선이나 부동산 거래와 관련된 의사결정에 참고하게 된다. 따라서 복잡한 기술적 데이터를 비전문가인 일반인이 이해하기 쉽게 효과적으로 평가 결과를 표현하는 방법 또한 평가방법 자체의 타당성 못지않게 제도의 실효성을 좌우하는 중요한 요인이라고 할 수 있다(Bannister, 2012).

3. 국내의 에너지 사용량 평가방법 고찰

3.1 국내 건축물에너지소비증명제도

국내 건축물에너지소비증명제도는 2013년 서울 지역을 대상으로 시행 개시되어 2014년 현재 수도권 소재 500세대 이상 공동주택 및 3,000m² 이상 업무용 건축물의 매매/임대 거래에 대해 적용되고 있으며, 2016년 전국으로 확대될 예정이다. 제도를 통해 발급되는 에너지평가서에서는 계산된 에너지 소요량에 따른 정보(AR 방식)와 국가 건물에너지 통합관리시스템의 데이터를 활용한 ‘에너지 사용량’ 정보(OR 방식)를 모두 표시하도록 하고 있으나, 건축물에너지효율등급 인증 건축물의 수가 극히 적어 당분간은 에너지 사용량 정보 위주로 운영될 전망이다. ‘건축물에너지효율등급’ 평가에는 공인 평가프로그램인 ECO2가 활용되고 있으며 ‘건축물에너지효율등급 인증에 관한 규칙’을 통해 인증기준이 규정되어 있는 반면, ‘에너지 사용량’ 평가의 경우 에너지 사용량 정보 수집 체계는 갖추어져 있으나 표준화된 평가체계나 구체적인 평가기준 등의 평가방법은 마련되어 있지 않은 상황이다.

등급으로 표시되는 에너지 소요량 정보와 달리, 에너지 사용량 정보는 그림 1과 같이 계측된 전기, 가스, 지역난방 등 에너지원별 사용량 및 연간 단위면적당 1차 에너지 사용량으로 환산하여 표시되고 있다. 이와 같이 에너지 사용량 정보를 등급 등의 단계적으로 나타내지 않고 수치 그대로 연속적으로 표시하는 방법의 경우, 정확한 정보를 제공한다는 장점이 있는 반면 일반인들이 용어나 단위 개념 등을 이해해야 하는 부담과 건물 간의 직관적인 상호 비교 및 수준 파악이 어렵다는 단점이 있다.

이러한 문제점은 국외 사례에서도 확인할 수 있는데, 유럽 주요 국가들을 대상으로 건축물 에너지성능 인증·증명제도 및 에너지평가서에 대한 설문조사를 진행한 결과(Adjai, 2011), 유럽 연합 국가 중 독일의 에너지평가서에 대한 인지도 및 이해도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 단계적으로 등급으로 표시하는 다른 유럽 국가와 달리 연속적으로 에너지 소요량 수치를 그대로 표시하는 독일의 에너지성능 표시방식에 원인이 있는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 연속적으로 에너지성능 정보를 제공하는 것이 상세한 정보 전달에는 효과적일 수 있으나, 일반인들이 직관적이고 이해하기 쉬운 정보를 전달한다는 측면에서는 불리하다는 것을 의미한다.

건축물에너지평가서에는 에너지 사용량 정보 외에 건물용도, 지역, 면적이 유사한 비교 건물군의 평균값인 ‘표준 건축물’ 에너지 사용량 및 상위 10% 수준으로 정의된 ‘목표 건축물’ 에너지 사용량도 함께 표시되고 있다. 이는 해당 건물의 성능 수준에 대한 정보를 제공하기 위한 것이나, 기후 특성, 건물 규모 및 용도, 운영 방식 등 건물의 에너지성능에 영향을 주는 요소들에 대한 고려 없이 에너지 사용량 고지서에 표시된 값을 그대로 표시하기 때문에 건물의 에너지 사용 특성에 대한 이해가 부족한 일반인들이 타 건물과 또는 연도별로 에너지성능을 비교할 때 왜곡된 판단을 하게 될 우려가 있다.

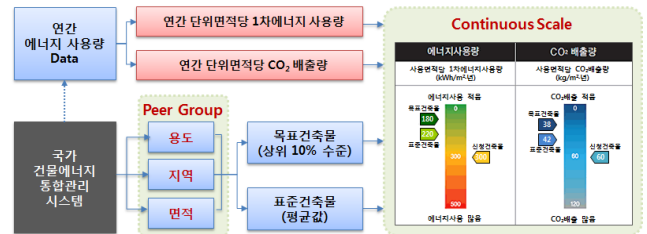


그림 1. 국내 건축물 에너지소비증명제도의 사용량 평가방법

3.2 영국 및 아일랜드의 Display Energy Certificate

영국 DCLG(Department of Communities and Local Government)는 2008년 12월부터 실 사용면적 1,000 m²를 초과하는 공공건물을 대상으로 에너지 사용량 증명제도인 DEC(Display Energy Certificate)를 도입하였으며, 2013년 1월부터는 500 m² 이상 다중이용시설 중 일부나 전체를 공공기관이 사용하는 경우로 대상을 확대하였다. 1,000 m² 초과 건물은 매년, 500~1,000 m² 사이의 건물은 10년에 1회 에너지 사용량 등급이 표시된 에너지평가서를 일반인이 잘 볼 수 있는 곳에 게시해야 하며, 이를 위반하는 경우 £500의 벌금이 부과된다(DCLG, 2012).

에너지 사용량 평가는 공공건물 에너지 평가사(Public Building Energy Assessor)가 'ORCalc'라는 공인 평가프로그램을 활용하여 수행하며, 에너지 고지서 등을 통해 얻은 에너지원별 실제 사용량 데이터를 이용한다. 구체적으로 살펴보면, 그림 2와 같이 에너지원별 실제 사용량에 따른 연간 단위면적당 CO₂ 배출량을 각 건물 용도에서의 일반적인 수준을 의미하는 기준 CO₂ 배출량(Typical Carbon Emissions, Benchmark)과 비교하여 OR(Operational Rating) 값을 산출하고, 그 수치에 따라 A~G까지 7단계의 에너지 사용량 등급을 부여한다(DCLG, 2008).

여기에서 비교 대상이 되는 기준 CO₂ 배출량은 CIBSE(Chartered Institution of Building Services Engineers)에서 제시하는 29개 건물 용도의 전기, 열에너지 사용량 및 CO₂ 배출량 기준인 'CIBSE TM46 Energy Benchmark'를 활용한다. 단, 이 값은 각 건물 유형에 대해 균형점 온도 15.5℃ 기준 난방도일이 2021인 기후조건 및 건물 유형별 표준 운영시간을 적용시켰을 때의 중앙값이므로, 평가 대상 건물의 기후조건 및 건물 운영시간이 다를 경우 규정된 식에 의해 조정한 기준 CO₂ 배출량(Corrected CO₂ Benchmark)과 비교하여야 한다. 또한 복합용도 건축물의 평가를 위하여, 각 건물 용도별로 OR을 산출한 후 면적가중에 의해 복합 기준 CO₂ 배출량(Composite CO₂ Benchmark)을 계산하는 체계도 갖추고 있다.

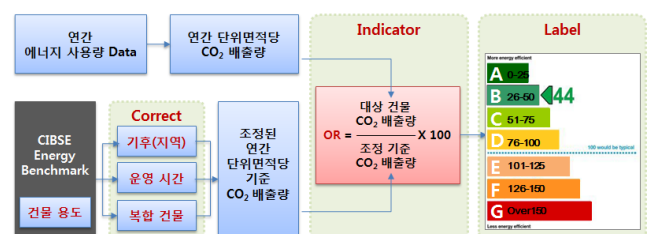


그림 2. 영국 DEC의 에너지 사용량 평가방법

아일랜드 SEIA(Sustainable Energy Authority of Ireland)도 2013년 9월부터 공공기관이 거주하거나 공공이 이용하는 연면적 500 m² 초과 시설을 대상으로 DEC를 시행하고 있으며, 2015년 7월부터 500 m² 초과 시설로 확대 시행할 예정이다. 공인 평가프로그램인 ‘DEC Tool’을 활용하여 영국과 유사한 방식으로 평가가 진행되며, 기준 에너지 사용량도 영국과 마찬가지로 CIBSE의 데이터를 활용한다. 다만 영국과의 차이점은 그림 3과 같이 에너지원별 실제 사용량을 CO₂ 배출량이 아닌 1차에너지 사용량으로 환산하여 비교한 BER(Building Energy Rating) 값을 기준으로 등급을 산출한다는 점이다. 등급도 원칙적으로는 A~G의 7단계이나, A~C까지는 각 3단계, D, E는 각 2단계로 등급을 보다 세분화하여 엄밀하게는 총 15개 단계로 나타낸다는 차이가 있다(SEAI, 2013).

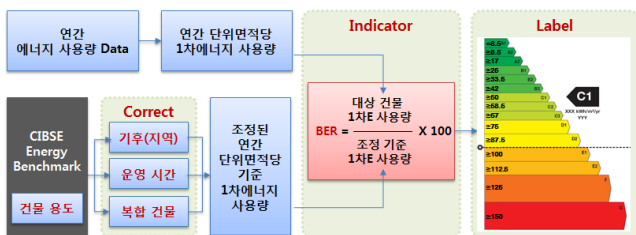


그림 3. 아일랜드 DEC의 에너지 사용량 평가방법

영국과 아일랜드 모두 연간 실 사용면적당 에너지 사용량을 기반으로 DEC 등급을 산출하기 때문에, 평가기간과 실 사용면적을 정확하게 설정하는 것이 건물의 에너지성능을 나타내는데 있어 무엇보다 중요하다. 따라서 에너지 사용량 측정기간(Measurement Period)과 평가기간(Assessment Period)이 다를 때 이를 보정하는 방법, 실 사용면적(Total Usable Floor Area)에 대한 정의 및 산정방법 등에 대한 내용을 관련 규정에 명시하고 있으며, 에너지 평가사들에게도 교육을 통해 이를 주지시키고 있다. 실 사용면적의 계산은 영국 건축법규인 Building Regulations Approved Document L2A에 따라 외벽의 실 내측 면, 즉 안목치수로 계산한 실내면적을 기준으로 하고 있으며, 비공조공간도 면적 계산에 포함된다. 각 에너지원별 CO₂ 및 1차에너지 환산계수는 평가사들을 위한 정보시스템 Central Information Point를 통해 제공된다.

3.3 스웨덴의 Energideklaration

신축뿐만 아니라 기존 건축물의 에너지성능도 AR 방식을 이용하여 평가하는 대부분의 유럽 국가와 달리, 스웨덴의 Energideklaration 제도는 신축 건축물도 입주 후 2년간 측정된 에너지 사용량을 이용하여 OR 방식으로 평가하는 것이 특징이다. Swedish National Board of Housing, Building and Planning(Boverket)이 시행기관이며 2006년 단독주택을 대상으로 최초 시행되다가 2008년 12월, 공공건물 및 다세대 주택, 2009년 1월, 신축 및 기존 모든 건축물로 확대되었다. 이 제도에서는 측정된 에

너지 사용량에서 사용자 특성을 최대한 배제하고 건축물 자체에 대한 에너지성능을 나타내도록 규정하고 있기 때문에, 건축물 에너지성능을 평가하는 주 데이터가 에너지 사용량일 뿐 실제 등급을 부여하기 위해서는 에너지 평가사에 의한 별도의 보정 과정이 요구된다.

이를 위해 에너지 평가사는 전기, 난방 및 급탕, 물 사용량에 대한 계측치 외에, 에너지 청구비용과 프로그램을 통한 계산을 위해 도면, 외피면적, 환기 방식 등에 대한 정보도 함께 수집한다. 최종에너지 사용량은 가전제품 등 사용자(입주자)에 의한 에너지 사용량을 제외한 냉난방 및 전기에너지의 총합을 의미하며, 우리나라나 영국처럼 1차에너지로 환산하여 나타내지는 않는다. 다만, 급탕을 제외한 난방에너지의 경우 월별 난방도일이나 스웨덴 기상청에서 자체적으로 개발한 특수에너지지표(Special Energy Index)를 통해 해당 지역의 표준년도(Standard Year)에 대해 보정한다. 이러한 기후 보정 외에도 표 1과 같이 별도로 설정한 보정계수를 활용하여 건물 유형, 노후도, 난방열원 등에 대한 보정을 수행한다. 냉방에너지에 대해서는 특별히 보정하지 않으며, 계측 사용량을 그대로 적용하거나 데이터가 없을 경우 계산값을 활용한다.

표 1. 스웨덴 Energideklaration의 에너지 사용량 보정계수

보정 항목	건물용도별 보정계수 값			비고
	단독주택	공동주택	비주거	
노후도	2	3	0	
기후조건	6	6	6	남/서 0.9 ~ 북 1.6
난방방식	8	8	8	0.4~1.3(지역난방 1.0)
건물유형	3	3	3	단독주택 1.0

평가 등급의 경우, 제도 초기에는 이와 같이 보정된 에너지 사용량 값을 기준으로 절대평가 방식으로 구분하였으나, 2014년 1월부터 신축 건물 수준과 비교하는 방식으로 변경되었다. 즉, 조건에 따라 보정 계수를 적용하여 단위면적당 보정 에너지 사용량이 산출되면, 이를 신축 건물의 단위면적당 에너지 사용량 범규 기준과 비교한 EP(Energy Performance) 값에 따라 그림 4와 같이 A~G의 7단계 등급을 부여한다. 스웨덴에서는 신축건물의 에너지성능과 관련하여 표 2와 같이 성능기반 및 사양기반 기준이 모두 활용되고 있는데, 이 중 신축 건물의 에너지 사용량이 평가의 기준치로 활용된다. 에너지 사용량 평가에는 ‘IDA, BV2, VIP+, ENORM’ 등의 평가프로그램이 활용되고 있으며, 이는 신축 건물의 에너지 절약 설계기준에 따른 에너지 사용량 계산에도 활용된다. 단위면적당 에너지 사용량 계산 시 활용되는 면적 개념은 ‘Temperate Area’로 건물 외피로 둘러싸인 공간 중 10℃ 이상으로 난방되는 공간의 면적으로 계산한다.

표 2. 스웨덴의 신축건물 에너지 절약 설계기준(전기난방 제외)

용도	기후 존	I	II	III
주거	에너지 사용량(kWh/m ² 년)	130	110	90
	평균열관류율(W/m ² K)	0.40		
비주거	에너지 사용량(kWh/m ² 년)	120	100	80
	평균열관류율(W/m ² K)	0.60		

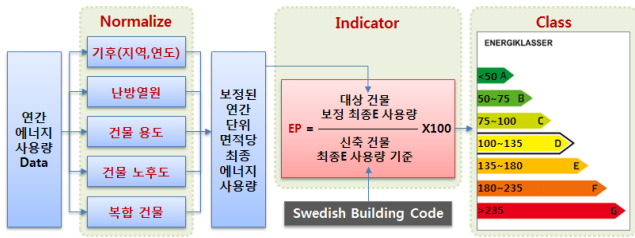


그림 4. 스웨덴 Energideklaration의 에너지 사용량 평가방법

3.4 미국의 에너지 사용량 벤치마킹

미국에서는 각 건물의 에너지 사용량을 유사 특성을 갖는 건물군의 기준 에너지 사용량(Benchmark)과 비교하여 어떠한 수준인지 판단하고, 필요 시 커미셔닝 또는 리트로핏을 통해 개선한 후 지속적으로 에너지성능을 관리하는 ‘에너지 사용량 벤치마킹’ 개념이 널리 적용되고 있다. 연방정부 기관인 EPA(Environmental Protection Agency)에서 평가방법 및 벤치마킹 프로그램 ‘ESPM(Energy Star Portfolio Manager)’을 개발하여 제공하고, 각 지자체 차원에서 의무화 여부, 시행대상, 증명방법 및 대상, 불이행시 제재조치, 인센티브 등 구체적인 정책적 세부 사항을 수립, 시행하는 방식으로 운영된다. 2014년 9월 기준으로 캘리포니아주 및 워싱턴주 등 2개 주를 비롯하여 뉴욕, 보스턴, 워싱턴 DC, 시애틀, 필라델피아, 미네아폴리스, 오스틴, 시카고 등 많은 도시에서 일정 규모 이상 주거용 및 상업용 건축물을 대상으로 에너지 벤치마킹제도를 의무화하고 있다(IMT, 2013).

예를 들어 뉴욕시는 Greener, Greater Buildings Plan의 일환으로 New York City Local Law 84(LL84)를 제정하여, 50,000 ft² 이상 개별 건축물 및 연면적 100,000 ft² 이상의 복합 건축물로 하여금 매년 연간 에너지 사용량 및 물 사용량 벤치마킹 결과를 시에 의무적으로 제출하도록 하고 있으며, 시에서는 웹사이트를 통해 일반인들에게 이 정보를 공개하고 있다(The City of New York, 2012). 또한 시애틀시는 20,000 ft² 이상의 공동주택 및 상업용 건물의 에너지성능을 매년 벤치마킹하여 시에 제출하고 매매 또는 임대 거래 시 매수·임차인에게 제시하도록 의무화하고 있다(SOSE, 2014).

ESPM은 미국에서 가장 널리 사용되고 있는 건물 에너지성능 벤치마킹 프로그램으로 DOE(Department of Energy)의 상업용 건물 에너지 사용량 조사 CBECS(Commercial Building Energy Consumption Survey)의 DB를 활용하여 평가 대상 건물의 에너지효율을 다른 건물과 상대 비교할 수 있도록 점수화하여 나타낸다. ESPM에는 식(1)과 같이 CBECS 데이터를 기반으로 도출된 건물용도별 회귀식이 있는데, 건물용도, 유형(단일/복합), 지역(기후), 준공연도, 연면적, 재실율 등의 건축물 정보, 사용면적, 운영시간, 사무기기 및 재실밀도 등의 운영 관련 정보 및 냉/난방 비율 또는 지원금 등의 정보들이 회귀분석의 종속변수로 포함된다(EPA, 2011).

건물용도별 회귀식을 활용하여 평가대상 건물 및 운영 특성을 고려한 연간 단위면적당 1차에너지 예측 사용량

(Predicted Source Energy Use Intensity)이 산출되면, 이를 실제 건물의 연간 단위면적당 1차에너지 사용량(Actual Source Energy Use Intensity)과 비교하여 에너지 효율비 EER(Energy Efficiency Ratio)을 계산한다. 에너지 효율비가 낮을수록 에너지를 적게 쓴다는 것을 의미한다. 에너지 사용량 산출 시 바닥면적은 외벽 실외측을 기준으로 계산한 ‘Gross Floor Area’를 사용하며, 비공조공간도 포함하되 주차장 및 차고는 제외한다.

$$EUI_{pre} = C_0 + C_1 \times Characteristic_1 + C_2 \times Characteristic_2 + \dots \quad \text{식(1)}$$

여기에서,

EUI_{pre} : 연간 단위면적당 1차에너지 예측 사용량

C_0 : 연간 단위면적당 1차에너지 평균 사용량(CBECS)

$C_1, C_2, \dots$: 각 종속변수의 회귀계수

$Characteristic_1, Characteristic_2, \dots$: 각 종속변수

이와 같이 계산된 에너지 효율비는 Energy Star Lookup Table에 따라 1~100 사이의 점수(Score)로 환산된다. Lookup Table은 건물용도별로 CBECS DB에 포함된 유사 건물군(Peer Group) 건물들의 연간 단위면적당 1차에너지 사용량 데이터를 누적하여 정렬하고 커브피팅(Curve Fitting)하여 만든 표이다. Lookup Table에 따른 환산 점수가 높을수록 에너지 효율이 우수한 건물을 의미하며, 특히 75점 이상의 건물의 경우 Energy Star 인증이 부여된다.

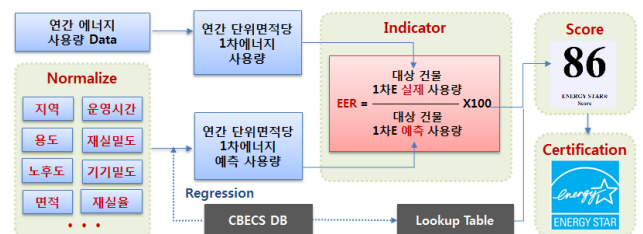


그림 5. 미국 EPA ESPM의 에너지 사용량 평가방법

3.5 호주의 NABERS Energy Rating

호주의 Department of Resources, Energy and Tourism은 상업용 건물의 에너지 효율 향상을 위한 정책으로 Building Energy Efficiency Disclosure Act 2010을 제정하고, CBD(Commercial Building Disclosure) 프로그램을 운영하고 있다. 2,000 m² 이상 상업용 건물의 소유주는 건물에너지효율증명서 BEEC(Building Energy Efficiency Certificate)를 CBD 웹사이트를 통해 일반인들에게 공개하여야 하고, 매매/임대 거래 시 이를 매수인, 임차인에게 제시하여야 하며, 관련 광고에도 반드시 이를 표시해야 한다. 건물에너지효율증명서는 에너지 사용량을 평가한 NABERS(National Australian Built Environment Rating System) Energy Rating과 현장 실사를 통해 조명밀도 및 조명제어시스템의 성능을 평가한 Tenancy Lighting Assessment 결과를 포함한다.

NABERS Energy Rating은 주거용 및 비주거용 건축물의 에너지 사용량을 평가하는 자발적 인증 프로그램으로, 호주 New South Wales 주의 Office of Environment and Heritage에서 운영하고 있다. 공인 평가사가 웹기반의 'NABERS Calculation Tool'을 이용하여 평가를 수행하며, 에너지원별 사용량에 따른 연간 단위면적당 CO₂ 배출량을 기준으로 0~6 stars 등급으로 나타낸다. 면적 산출은 임대가능면적을 의미하는 Net Lettable Area를 기준으로 하며, 건물유형별 계산 방법은 Property Council of Australia의 'Method of Measurement for Lettable Area'를 따른다.

여기에서도 서로 다른 운영 특성을 갖는 건물간의 객관적인 비교를 위하여 에너지 사용량에 대한 보정을 실시한다. 기후 존, 연면적, 재실시간, 기기밀도 등 건물 및 운영 관련 정보를 이용하여 대상 건물의 실제 CO₂ 배출량을 표준건물 조건(시드니 지역, 주 50시간 운영, 기기밀도 8 W/m²인 건물)인 경우의 성능에 해당하는 벤치마크 계수 BF(Benchmark Factor)로 환산한 후, 등급 기준(Star Rating Benchmarks)에 따라 등급을 부여한다. 등급 기준은 실제 건물의 에너지성능 분석 결과를 토대로 건물용도별로 도출되었으며, 기후 존에 따라 평균 수준의 건물은 3 stars(Average Performance), 우수한 수준의 건물은 5 stars(Excellent Performance)로 설정되어 있다. 제도 시행 초기에는 5 stars가 최고 등급이었으나 시장 선도 수준의 우수한 건물을 유도하기 위해 6 stars(Market Leading Performance) 등급이 추가되었다.

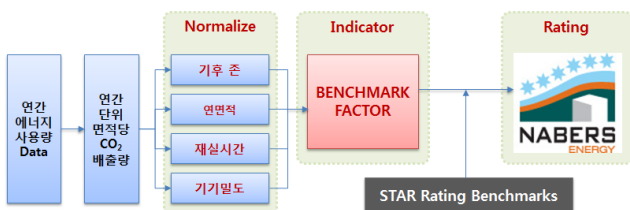


그림 6. 호주 CBD의 에너지 사용량 평가방법

4. 에너지 사용량 평가방법 개선 시 고려사항

건축물 에너지성능 인증·증명제도의 평가방법 중 에너지 사용량 평가는 운영 중인 건물에서 측취된 데이터를 활용하기 때문에 상대적으로 평가가 용이하고, 건물주 또는 운영자로 하여금 건물의 물리적 특성 뿐 아니라 운영 및 재실특성이 반영된 에너지성능을 파악하도록 할 수 있기 때문에 에너지 소비 절감을 유도할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 도면 등의 확보가 어려워 AR 방식을 적용하기 어려운 기존 건축물이나, 공공·상업용 건물의 에너지소비증명제도 등의 평가방법으로 주로 활용된다.

에너지 사용량 평가를 통해 에너지성능을 고려하는 부동산 시장 구조로의 전환이라는 궁극적인 목적을 달성하기 위해서는 다양한 유형의 에너지 사용 행태를 보이는 건물의 에너지성능을 다른 건물의 성능과 객관적으로 비

교할 수 있도록 하는 체계를 갖추는 것이 무엇보다 중요하다. 이는 연간 단위면적당 에너지 사용량이 동일한 건물이라 하더라도 기후, 건물용도, 운영시간, 연면적¹⁾, 재실/기기밀도 등이 다를 경우, 두 건물의 에너지성능이 동일하다고 볼 수 없기 때문이다.

국내 건축물에너지소비증명제도에서의 에너지 사용량 정보는 환산계수에 의한 에너지원에 대한 보정 외에 건물 및 운영 관련 타 요소들에 대해서는 보정없이 수치 그대로 제공되고 있는 실정이다. 또한 기후, 면적이 유사한 비교 건물군의 평균 및 상위 10% 수준의 사용량 수치를 함께 제공하고 있으나, 이러한 정보만으로는 평가대상 건물의 수준을 직관적으로 이해하기 어려운 상황이다. 건축물 에너지성능 인증·증명제도에서 구체적인 수치로 에너지성능 정보를 제공하는 것도 중요하나, 부동산 프로세스와의 연계성을 고려해볼 때 다른 건물과의 직관적인 비교가 가능하도록 하는 것이 제도의 취지에 더 부합한다고 볼 수 있다. 국내외 건축물 사용량 평가방법 분석 결과를 바탕으로 에너지 사용량 평가방법 개선방안을 정리하면 다음과 같다.

(1) 에너지 사용량 지표화 및 평가등급 체계 개발

동일한 건물이라도 기후조건, 건물운영 여건 등에 따라 에너지 사용량 수치는 매년 변화하게 되며, 이러한 에너지 사용량 수치의 증감이 반드시 건물 에너지성능의 개선 또는 저하를 의미하는 것이 아님에도 불구하고 비전문가인 일반인들은 이와 같이 판단할 우려가 있다. 또한, 평균 건축물과 목표 건축물의 에너지 사용량을 함께 표시한다 하더라도 표준편차나 분포도 등이 함께 제시되지 않는 한, 일반인들이 해당 건물의 에너지성능에 대해 알 수 있는 정보는 '평균 수준보다 에너지를 많이 사용한다' 또는 '덜 사용한다', '상위 10% 이내로 에너지를 적게 사용한다' 정도가 될 수밖에 없다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 일관성 있는 비교 기준을 설정하고 '성능 개념의 지표화'를 통해 다른 건물 또는 다른 평가기간과의 직관적, 정량적 비교가 가능한 체계가 갖추어져야 한다. 표 3과 같이 에너지 사용량 데이터를 기반으로 한 다양한 평가지표가 활용되고 있는 국외 사례를 참고로 하여, 국내에서도 타당한 비교기준을 설정하고 '비교기준치 대비 대상 건물의 에너지 사용량 또는 CO₂ 배출량의 수준'을 정량화한 에너지 사용량 지표를 개발할 필요가 있는 것으로 판단된다.

일반인들에게 효과적으로 에너지성능 정보를 제공하기 위해서는 에너지성능을 일관성 있게 평가하는 것뿐 아니라 그 평가결과를 나타내는 방식 또한 매우 중요하다. 에너지성능 정보 표시방식은 단계적도(Discrete scale)와 연속척도(Continuous scale)로 구분할 수 있다. 단계적도는

1) 건물의 에너지성능은 일반적으로 연간 에너지 사용량 또는 CO₂ 배출량을 면적(연면적, 실 사용면적, 임대면적 등)으로 나누어 표시되기 때문에, 이 과정에서 면적이 적은 건물의 에너지성능이 상대적으로 불리하게 되는 'Small House Penalty' 현상이 발생할 수 있다(Ueno, 2010).

표 3. 국외 건축물 에너지 사용량 평가방법 비교

구분	국가	영국	아일랜드	스웨덴	미국	호주
제도 개요	제도명	DEC	DEC	Energideklaration	Energy Benchmark	CBD
	계산도구	ORcalc	DEC Tool	IDA, BV2, VIP+, ENORM 등	ESPM	NABERS Calculation Tool
	건물유형	기존	기존	신축/기존	기존	기존
	건물용도	공공	공공	주거/비주거	주거/비주거	상업용
평가 방법	평가지표	OR (Operational Rating)	BER (Building Energy Rating)	EP (Energy Performance)	EER (Energy Efficiency Ratio)	BF (Benchmark Factor)
	평가항목	CO ₂ 배출량	1차에너지 사용량	최종에너지 사용량	1차에너지 사용량	CO ₂ 배출량
	비교기준	통계치 (건물용도별 중앙값)	통계치 (건물용도별 중앙값)	절대치 (신축 건물 기준)	통계치 (예측 1차에너지 사용량)	절대치 (Star Rating Benchmark)
	비교기준 출처	CIBSE Benchmark	CIBSE Benchmark	Swedish Building Code	CBECS	건물에너지 사용량 조사
	보정대상	비교기준 보정	비교기준 보정	사용량 보정	비교기준 보정	사용량 보정
	보정방법	보정식	보정식	보정계수	회귀식(회귀계수)	보정계수
	면적산출기준	Total Usable Floor Area (비공조공간 포함) -외벽 실내측 기준	Total Usable Floor Area (비공조공간 포함) -외벽 실내측 기준	Temperate Area (차고 제외, 10℃ 이상 난방공간만 포함) -외벽 실내측 기준	Gross Floor Area (주차장 및 차고 제외, 비공조공간 포함) -외벽 실외측 기준	Net Lettable Area (임대가능면적) -외벽 실내측 기준
	플러그부하 포함여부	포함	포함	제외	포함	포함
	1차에너지 환산계수	-	전기 2.7, 가스 1.1	-	전기 3.14, 가스 1.05	-
	CO ₂ 배출계수	전기 0.64 kgCO ₂ /kWh	-	-	-	전기 0.86 kgCO ₂ /kWh
평가 등급	등급명칭	Label	Label	Class	Score	Rating
	등급단계	A~G (7)	A1~G (15)	A~G (7)	100~1 (100)	6~0 (7)
평가 결과 증명	평가서 명칭	Energy Certificate	Energy Certificate	Energy Certificate	Statement of Energy Performance	Energy Efficiency Certificate
	증명 대상 및 방법	거래당사자 지자체		■	■*	■
	일 건물개시 반 웹사이트	■	■	■ (임대용)		
	인 광고			■	■*	■
				■		■

* 지자체별로 차이가 있음

에너지성능 평가결과에 대해 정해놓은 구간에 따라 등급 또는 점수로 표현하는 방식으로 각 단계를 알파벳이나 숫자 등을 이용하여 등급으로 표현하기 때문에 직관적이며 이해도가 높다는 장점이 있다. 연속척도는 산출된 에너지 사용량 또는 평가지표를 등급화하지 않고 연속된 스케일 그대로 나타내는 방식이다. 구체적인 숫자나 수치로 표현되기 때문에 보다 상세한 수준의 표현이 가능하나, 단계척도에 비해 직관적인 이해도가 떨어질 수 있다. 국외 제도에서는 에너지 사용량 정보의 직관성 제고를 위하여 에너지 성능 평가지표를 일정 구간으로 나누어 등급으로 표시하는 방식이 가장 많이 활용되고 있다. 특히 7단계 등급으로 나타내는 사례가 많았으며, 7단계 등급을 기본으로 보다 세분화하거나 Energy Star 제도와 같이 1~100 사이의 정수로 표현하는 사례도 있었다. 연속척도로 표시되고 있는 현재 국내 제도의 표시방법을 개선하여 등급 또는 점수로 표현하는 방법을 고려할 필요가 있으며, 등급 단계의 개수 및 등급 구간 구분 방법 등은 실제 건축물 에너지 사용량 데이터를 적용하여 등급 편중 현상이나 최상 또는 최하위 등급의 출현 빈도 등을 분석한 후 결정되어야 할 것이다.

(2) 에너지 사용량의 비교기준 설정

에너지 사용량 정보를 지표화하기 위해서는 비교기준의 설정이 요구되며, 절대적 기준치와 통계적 기준치가 활용될 수 있다. 절대적 기준치는 법규 기준 적용시의 사용량 수준, 제로에너지 건축물 수준 등 특정 값을 목표치

로 설정함으로써 에너지 절감을 유도하는데 효과적이며, 타 건물 사용량의 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 다만, 시장의 건물 성능 수준 변화 및 법규 기준의 변동을 반영하여 주기적으로 기준을 변경하여야 할 필요가 있다. 통계적 기준치는 현재 기준 건물의 에너지 성능 수준을 반영할 수 있다는 장점이 있으나, 유의미한 목표치가 아니므로 에너지 절감 유도가 어렵다는 단점이 있다.

국내의 경우, 표준건물을 설정하여 현재 신축건물 대상 법규 수준일 때의 에너지 소요량을 추정한 값이나, 건축물에너지효율등급제도의 등급 기준치 등이 절대적 기준치로 활용될 수 있다. 다만, 이 경우 시뮬레이션에 의해 계산된 값은 기기부하 등이 제외된 에너지 소요량에 해당하므로, 에너지 사용량과 에너지 소요량 간의 비교가 가능하도록 사용량 데이터에서 효율등급 산정에 포함되지 않는 가전, 취사용 에너지 분리 방법론 등이 추가적으로 마련되어야 할 것으로 판단된다.

국가 건물에너지 통합관리시스템의 건물유형별 에너지 사용량 DB를 활용하여 통계치를 비교기준으로 설정하는 방법도 고려할 수 있다. 통계기준치로는 평균값이 일반적으로 활용되나, 극단값이 있거나 편중 분포를 보이는 경우 대표성을 왜곡시킬 우려가 있다. 특정 건물이나 세대에서 에너지를 과도하게 사용하는 경우가 빈번히 발생할 수 있어 CIBSE 등 국외 사례에서는 중앙값을 기준치로 활용하는 것으로 분석되었으므로, 국내 제도에서도 중앙값을 비교기준치로 설정하는 것을 고려하되, 실제 사용량 데이터의 분포 패턴을 검토 후 결정하여야 한다.

(3) 에너지 사용량 보정 방법론 개발

대부분의 국외 제도에서는 건물 간 비교의 객관성을 높이기 위해 건물의 에너지 성능과 직접적 관련이 없는 요인에 대해 보정을 실시한 후 평가하는 방식을 채택하고 있다. 에너지 사용량 보정이 필요한 요인은 표 4와 같으며, 국내 제도에서도 에너지 사용량에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인에 대한 분석 및 보정 필요성 등에 대해 면밀한 검토가 이루어져야 한다. 보정방법으로는 건물의 에너지 사용량을 직접 보정하거나, 비교기준을 보정하는 방법 등으로 구분할 수 있으며, 보정계수를 적용하거나 회귀식의 상관계수로 반영하는 방법 등이 활용된다. 보정방법의 선정은 보정 요인의 개수 등과도 밀접한 관련이 있으므로 이를 복합적으로 고려해야 할 필요가 있다.

현재 국가 건물에너지 통합관리시스템 DB의 정보는 건축물 대장 및 에너지 공급업체 등의 계량 데이터에 근거하고 있어 지역, 용도, 노후도, 면적, 에너지 원, 난방방식 등 물리적 요인에 대한 보정은 가능하나, 운영시간, 기기/제실밀도 등 운영 관련 요인에 대한 정보는 없으므로 필요시 보정을 위한 별도의 데이터 수집 체계가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

표 4. 국가별 건축물 에너지 사용량 보정요인

국가	기후조건		건물 용도	건물 유형	운영 시간	난방 방식	에너지 원	노후도	면적	기기/제실 밀도
	지역	연도								
영국	■		■		■		■			
스웨덴	■	■	■	■		■	■	■		
미국	■		■		■		■		■	■
한국	■		■				■		■	

이외에도 각 에너지공급업체별 계측기간이 상이하고, 바닥면적 산정방법 등이 명시되어 있지 않아 연간 단위 면적당 에너지 사용량 계산 시 오류가 발생할 우려가 있으므로, 영국의 사례와 마찬가지로 이에 대한 표준적인 계산 규정이 마련되어야 할 것이다. 또한 건물 자체의 에너지 성능과 직접적 관련이 없는 플러그 부하나 취사 에너지 사용량 등의 배제 여부 및 방법론에 대한 고찰도 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 최근 시행 개시된 건축물에너지소비증명제도의 에너지 사용량 정보를 보다 직관적이고 효과적으로 제공하기 위한 개선방안을 구축하기 위하여, 국내외 관련 제도의 방법론을 고찰하였고 이를 바탕으로 에너지 사용량 평가방법의 개선사항들을 도출하였다. 영국, 스웨덴, 미국, 호주 등 다수의 국가에서 다양한 요인을 고려하여 계측된 실제 에너지 사용량을 보정하고, 이를 에너지 사용량 DB나 법규 수준 등으로부터 도출된 기준치와 비교하여 지표로 나타낸 후 그 수준에 따라 최종적으로 등급 또는 점수로 이해하기 쉽게 표시하고 있는 것을 알 수 있다.

본 논문은 현재 국내 제도 현황 및 국외 사례 분석을 통해 전체적인 제도 개선방향 및 고려사항을 제안하는 연구로서 향후 기 구축된 국가 건물에너지 통합관리시스템 DB의 데이터를 활용하여 에너지 사용량 지표화 및 평가등급 체계 개발, 에너지 사용량의 비교기준 설정, 에너지 사용량 보정 방법론의 개발, 지표화 방법 등을 구체화하는 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 에너지경제연구원, 2012 에너지 통계연보, 2012
2. 양시원, 공동주택 에너지 사용량 분석을 통한 건축물 에너지 소비증명제도의 평가 개선방안, 아주대학교 대학원 건축학과 석사학위 논문, 2014
3. 양시원, 오수현, 김지혜, 박덕준, 김선숙, 인지도 및 만족도 분석을 통한 건축물에너지소비증명제도의 활성화 방안, 대한건축학회 2014 춘계학술발표대회, 2014
4. P. Bannister, NABERS : Lessons from 12 years of performance based ratings in Australia, Proceedings of the 12th International Conference for Enhanced Building Operations, 2012
5. A. Adjei, A study of homeowners' energy efficiency improvements and the impact of the Energy Performance Certificate, IDEAL EPBD, 2011
6. DCLG(Department for Communities and Local Government), Improving the energy efficiency of our buildings : A guide to display energy certificates and advisory reports for public buildings, 2012
7. DCLG(Department for Communities and Local Government), The Government's methodology for the production of operational ratings, Display Energy Certificates and Advisory Reports, 2008
8. EPA, ENERGY STAR performance ratings - Technical methodology, 2011
9. IEA(International Energy Agency), Energy performance certification of buildings : A policy tool to improve energy efficiency, 2010
10. IMT(Institute for Market Transformation), Guide to state and local energy performance regulations, 2013
11. K. Ueno, Building energy performance metrics, Building Science Digest 152, 2010
12. NEEP(Northeast Energy Efficiency Partnerships), Building energy rating and disclosure policies : Update and lessons from the field, 2013
13. SEAI(Sustainable Energy Authority of Ireland), Methodology for the production of Display Energy Certificates (DEC), 2013
14. SOSE(Seattle Office of Sustainable & Environment), 2011/2012 Seattle Building Energy Benchmarking Analysis Report, 2014
15. The City of New York, New York City Local Law 84 Benchmarking Report, 2012
16. <http://www.boverket.se/sv/byggande/energideklaration>
17. <http://www.cbd.gov.au>

(Received 2014.10.2 Revised 2014.11.3 Accepted 2014.11.14)