에너지공학, 제25권 제3호(2016)
Journal of Energy Engineering, Vol. 25, No. 3, pp.83~94(2016)
http://dx.doi.org/10.5855/ENERGY.2016.25.3.083

제로에너지 빌딩 평가를 통한 제도적 개선방안에 대한 조사 연구

채수권 · 김주환* · 채현병
을지대학교 보건환경안전학과, K-water연구원
(2016년 8월 30일 접수, 2016년 9월 13일 수정, 2016년 9월 19일 채택)

Investigation of Institutional Improvement through Evaluation of Zero-Energy Buildings

Chae, Sookwon, Kim, Juhwan, Chae, Hyunbyung
Dept. of Health Environment Safety, Eulji Univ., K-water Research Institute
(Received 30 August 2016, Revised 13 September 2016, Accepted 19 September 2016)

요 약

전 세계에서 건물 내에서 사용되고 있는 에너지는 지구온난화의 주요원인일 뿐만 아니라 기후변화 대응을 위해 다루어져야할 주요 과제이다. 본 연구는 빌딩을 대상으로 사용되고 있는 에너지의 평가를 통하여 개선사항을 도출하고자 하였으며 이를 위하여 제로에너지빌딩을 검토하고 영향인자들을 조사하였다. 또한 실제 건물을 대상으로 환경적 요인과 환경부하로 구분하여 평가항목을 설정하였으며 평가결과를 토대로 개선사항을 제안하고자 하였다. 그 결과 제로에너지빌딩을 구현하기 위한 평가단계에서는 건물부지의 지형과 기후변수가 고려되어야 하며, 신재생에너지의 이용, 저장 및 관리 측면에서는 비용 상승에 따른 제도적 지원이 필요한 것으로 나타났다. 또한 제로에너지 빌딩에서는 에너지 효율이 중요하나 현재 건물 내에서 사용되는 에너지 소비량을 확인하고 관리하기 위해서 모니터링과 같은 평가항목이 필요하다. 이와 같은 모니터링 결과를 사용해서 세부적인 체계로서 절약과 낭비 에너지에 대하여 국내 실정에 적적한 체계적인 관리가 요구된다.

주요어 : 지구온난화, 빌딩에너지관리, 제로에너지빌딩

Abstract - Energy use has been recognized worldwide as a main cause of global warming and it is at the center of climate change. In this study, problems and measures of zero-energy building construction are investigated and analyzed. Based on the results, evaluation criteria of the zero-energy building are suggested. Performance related factors(Q) representing the environmental grade were divided into three categories as outdoor, indoor environment and maintenance. Energy related factors(LR) representing the energy load were divided into an energy, materials & resources, water cycle management, land use and transportation. Detailed fifty three items are listed for the evaluation under the consideration of energy, water cycle management sections gave weight. Upon receiving the first in the environment friendly certification system, Seoul Central Post Office and Seoul Metropolitan Water Supply Center evaluated. The reason why this score difference is due to lack of use of new generation energy building construction is required expensive costs so need expansion of governmental support. This effort is successful zero energy building construction and copes with global warming and climate change.

Key words : Global Warming, Building Energy Management, Zero Energy Building

†To whom corresponding should be addressed.
Tel : +82-42-870-7501 E-mail : juhwan@kwater.or.kr

1. 서 론

최근 제로에너지 빌딩 건축이 지구온난화의 문제를 해소할 수 있다고 판다하여 많은 국가들이 향후 빌딩의 설계, 시공, 유지관리 및 폐기와 같은 전과정에서 에너지를 자체생산하고 소비하여 전혀 에너지가 소요되지 않는 건축물을 건설하고자 한다. 미국은 제로에너지 빌딩의 건축을 확대해서 2020년까지 45%, 2050년까지 80%의 온실가스를 감축을 추진할 계획이다. 일본은 정부차원에서 제로에너지 빌딩의 건설에 다양한 연구 개발과 재정지원이 이루어지고 있다. EU는 2019년부터는 신축 공공건물, 2021년부터는 모든 신축건물에 유사 제로에너지 빌딩으로 대체하는 것을 계획하고 있다. 우리나라는 2025년부터는 신규 건축물의 제로에너지 의무화를 추진할 계획이다. 따라서 전 세계적으로 온실가스 배출 및 화석연료의 사용에 따른 자원 고갈로 인한 지구온난화에 대한 우려가 전 세계적으로 확대되면서 세계 각국에서는 에너지 절감 및 친환경 에너지 개발에 대해 관심이 높은 상황이다. 또한 정부에서도 에너지 절감과 제로에너지 빌딩 및 타운에 관한 관심을 가지고 정책을 마련하고 있는 중이다. 특히 우리나라 건축물의 에너지 소모량이 전체의 36%에 이르고 그중 난방 및 급탕 분야의 비중이 55%를 상회하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 VIP의 2014년 신년개회사에서는 “환경과 에너지 문제를 동시에 해결하기 위한 대안으로 지역실정에 맞는 신재생 에너지를 활용해서 전기를 생산하고 판매할 수 있는 친환경 에너지 타운을 조성할 것이라고 하였다. 이와 같이 제로에너지 빌딩 건설의 필요성이 대두되었고 최근 몇 년 동안 녹색건축 인증제도로 인증 받은 건물들이 늘어나고 있는 추세이다.[1] 그러나 친환경 건물에 대한 정책이나 지원 방안은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내의 녹색건축 인증제도와 미국의 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design), 일본의 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) 등을 비교·분석하여 제로에너지빌딩의 평가기준과 항목을 제안하고, 이와 같은 평가항목과 기준을 국내 친환경 건축물의 사례에 적용하여 평가함으로서 제로에너지빌딩의 평가기준과 항목을 검토하였다.[2][3] 또한 사례에 적용된 친환경 기술을 찾아 해당하는 항목에 점수와 가중치를 주는 방식으로 평가기준과 항목을 추가하여 사례에 대해서 평가와 분석을 실시했다. 또한 제로에너지 빌딩을 건설을 촉진하기 위해서 필요한 정책을 추가한 항목으로 평가함으로써 제도적 개선방안을 제안하고자 하였다.

2. 친환경 건축물 인증제도의 평가 체계

일본의 CASBEE는 건물의 환경적인 수준을 나타내는 Q(Quality)와 환경부하를 나타내는 LR(Load Reduction)로 크게 구성이 되어 있다. 실내 환경을 평가하는 Q1에는 소음 및 실내의 온. 습도 제어여부에 대한 평가 항목들이 존재한다. 또한 실내 환경을 평가하는 항목이기 때문에 환기와 공기 질에 대한 항목도 존재한다.[2] Q2는 단순히 건물을 평가하는 것이 아니라 입주자가 만족 할 수 있는 서비스를 제공하고 있는지에 대한 평가를 하고 있다. Q3는 건물의 야외 환경에 대한 평가항목으로 구성되어 있는데, 비오톱의 생성과 보존이 이루어져있는지, 도시경관과 경치에 대한 항목으로 야외환경이 열적환경을 개선시킬 수 있는지에 대해서 평가한다.

LR1은 에너지 항목으로 에너지를 평가하기보다는 효율적 운영을 위해 모니터링과 운영관리 시스템이 이루어지고 있는지, 빌딩의 열부하와 자연에너지 이용과 같이 간단한 항목들로 평가된다. LR2는 자재 및 자원의 항목으로 자원 중 수자원인 물의 절약과 우수사용 시스템과 중수 재사용 시스템이 이루어지고 있는지를 평가하고 지속 가능한 산림으로부터 목재의 사용과 같이 건물을 짓기 위해 소모되는 자원에 대한 평가항목으로 이루어져있다. LR3는 외부환경에 대한 평가로서 Q3인 야외환경과 비슷한 것 같지만 건물 외부로 대기가 오염이 되지 않도록 기준법을 만족하거나 소각설비가 사용되지 않는 점등이 평가된다.

일본의 CASBEE 제도의 장점은 건축물의 전 생에 걸친 평가가 가능하다는 점이다. 그리고 건축물의 환경 성능 밸런스를 수치, 정량적으로 표시하여 확인하는 것이 용이하다. 그러나 일본의 CASBEE 제도의 단점은 항목이 약 80여개로 많아 환경부하에 대한 평가가 복잡하다. 친환경인증제도이지만 거주자의 편의성을 고려하는 항목이 많이 존재하기 때문에 에너지사용과 관련된 분야 항목의 배점이 매우 낮은 것이 단점이다.

미국의 LEED는 지속가능한 부지, 효율적인 물이용, 에너지 및 대기, 자재 및 자원, 실내 환경 수준과 같이 크게 5가지의 항목으로 나누어져 평가한다. 첫번째 지속가능한 부지의 항목에서는 건물이 건설되는 부지와 관련된 항목들로 구성 되어있다. 해당 건물의 건설 공사 중 공해방지 시설 설치여부, 해당부지가 오염된 부지여서 재개발을 통해 건물을 건설했는지 여부 등의 세부항목들이

존재한다.[3]

두번째 효율적인 물이용의 항목에서는 건물 내에 이용되는 물이 얼마나 효율적으로 이용하고 있는지를 평가하는 항목이다. 때문에 물 사용량을 퍼센트로 항목을 구분하여 감소의 정도를 평가 한다. 세 번째 에너지 및 대기 항목은 건물에서 에너지 재생을 어느 정도 달성하는지에 대한 평가를 신축건물과 기존건물을 보수하였을 때의 경우로 나누어 평가하는 항목으로 구성되어 있다. 네 번째 자재 및 자원 항목에서는 건물 건설 시에 자재의 무분별한 소비는 경제적, 환경적 낭비를 야기 할 수 있기 때문에 이러한 점을 방지하는 항목을 평가하고 있다. 마지막으로 실내 환경 수준은 건물에 생활하는 사람들의 쾌적한 환경을 위해 건물에 유해 화학물질로 인해 발병하는 질환을 우려하여 오염물 배출을 저감시킬 수 있는 자재와 접착제, 페인트, 코팅제의 사용여부와 열 쾌적을 만족하기 위해 이를 설계하고 시공되었는 지에 대한 항목들로 구성이 되어있다.

미국의 LEED 제도의 장점은 시장인지도가 가장 크다는 점을 들 수 있다. 또한 많은 조직들의 관여로 교육, 인증, 심의 등의 다양한 정보를 이용하고 있다. 특이하게도 건물 자동화 시스템에 관한 측정에 추가점수를 부여하고 있다. 마지막으로 신재생 에너지 분야를 중점적으로 다루고 있어 환경오염을 저감시키는 것에 초점이 맞추어져 있는 것이 장점이다. 그러나 미국의 LEED 제도의 단점은 인증받기까지에 드는 비용이 많다는 것이다. 또한 많은 문서작업이 필요하므로 많은 시간이 소요된다. 그리고 외부감시가 없어서 등급체계의 효율이 높지 못하다는 단점이 있다.

3. 제로에너지 빌딩 평가체계 구성

본 연구는 일본의 CASBEE의 장점인 환경품질·성능과 건축물의 환경부하의 양 측면에서 평가하는 점과 미국의 LEED의 장점인 신재생 에너지 분야를 중점적으로 다루고 있다는 점을 통합 적용하여 제로에너지 빌딩에 대한 새로운 평가체계를 제안하고자 한다. 따라서 CASBEE를 기반으로한 제로 에너지 빌딩 평가체계는 세 개의 환경 품질과 성능의 수준을 평가하는 Q라는 항목과 네 개의 환경적 부하감소를 평가하는 LR이라는 항목을 제안해보고자 한다.

다음 Table 1에서 Table 3은 제로에너지 빌딩의 환경품질을 고려한 성능과 관련된 Q의 평가항목을 점수화하기 위해 실내환경, 유지관리 및 생태환경으로 구분하여 서술한 것이다.

Table 1의 Q1 부분은 실내 환경 부분으로 주로 실내 온도 조절, 시스템의 제어성 및 자연채광 등과 같이 3개 부분으로 구분되고 환기 장치를 활용하여 실내 온도 조절이 가능 한가 ,창문의 크기, 개폐 방식, 이중창 설치하여 실내 온도 조절이 가능한 것인가에 대해 평가를 실시한다. 시스템의 제어성 부분에서는 절전용 조명기구 설치, 자동온도 조절 장치 설치여부 등에 따라 평가를 실시한다. 채광 부분은 차양 장치를 통해 실내온도 유지가 가능한가,

Table 1. Assessment factor and score for Q1. indoor environment in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
Q1. indoor environment	temperature control	1. existence of indoor temperature control system	3	24
		2. existence of indoor temperature control system by window open/close	3	
		3. existence of indoor temperature control system by window size	3	
		4. existence of indoor temperature control system by double window installation	3	
	control ability	1. energy saving lights installation	3	
		2. automated temperature control devices	3	
	lighting	1. indoor temperature regulation by sunblind	3	
		2. phototaxis improvement by natural lighting	3	

Table 2. Assessment factor and score for Q2. maintenance in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
Q2. maintenance	energy storage and management	1. existence of storage facilities	3	36
		2. production, use, storage monitoring and management	3	
	maintenance	1. design status of production, storage, maintenance	3	
		2. securement of production, storage, maintenance	3	
		3. existence of monitoring system for reduced energy from customers	3	
		4. periodic inspection of energy related provisions	3	
		5. installation of BEMS or similar system	3	
	HVAC system	1. application of HVAC system	3	
		2. improvement activity of HVAC system	3	
	management of indoor energy provisions	1. installation and exchange refrigerating device and ventilation duct for energy reduction	3	
		2. improvement of water supply and drainage devices for energy reduction	3	
		3. installation and exchange of energy saving devices	3	

Table 3. Assessment factor and score for Q3. ecological environment in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
Q3. ecological environment	pollution management	1. reduction of environmental pollution	3	9
	energy saving	1. energy saving by wetland and pond	3	
		2. electrical energy use from aquatic plants	3	

자연채광을 활용하여 주광률 증가여부 등을 평가한다.

Table 2의 Q2. 유지관리 부분은 제로에너지 빌딩에서 가장 중요하게 여기는 신재생 에너지 설비의 구축정도와 사용정도를 평가하는 것이다. Q2. 유지관리 부분은 에너지저장시설 및 관리, 유지관리, HVAC시스템 및 건물내 에너지 설비의 관리 등과 같이 4개가 있다. 에너지 저장시설 및 관리 부분에서는 에너지 저장 시설의 설치 여부와 모니터링 및 관리 부분을 중점적으로 평가 하고 있고, 유지 관리 분야는 에너지 생산 저장 등에 대한 유지 관리와 에너지 시설의 정기적 점검, 건물에너지 관리 시스템 설치 여부 등을 평가 하고 있다. 또한 HVAC(Heating, Ventiliation and Air Conditioning)시스템은 HVAC시스템의 활용여부와 개선사항을 도출하기 위한 평가이며, 건물내 에너지 설비의 관리 분야는 냉각장치 및 절전 가능한 전기적 장치의 설치 및 교환 등을 위한 것이다.

Table 3의 Q3. 생태환경 부분은 생태환경을 이용한 환경오염 관리와 생태환경을 이용한 에너지 절약 등과 같이 2개로 구분되어 있다. 이들은 생태환경을 이용해 환경오염의 저감 여부, 생태습지나 생태연못에 의한 대기온도 조절에 의한 에너지 절약 여부, 수생식물의 성장에 에너지 사용 정도를 평가하기 위한 것이다.

다음 Table 4에서 Table 7은 제로에너지 빌딩의 환경적 부하 감소를 고려한 LR의 평가항목을 점수화하기 위해 에너지, 자재와 자원, 물순환 관리 및 토지이용과 교통으로 구분하여 서술한 것이다. 표 4의 LR1. 에너지 부분은 신재생 에너지의 활용에 관련된 많은 항목들을 추가

Table 4. Assessment factor and score for LR1. energy in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
LR1. energy	energy saving	1. energy saving lighting with high efficiency	3	42
		2. detection sensor installation of human behavior	3	
		3. installation of district heating facility	3	
		4. installation of reduction equipment for CO2 emission	3	
	sustainable energy sources	1. installation of solar cell battery	3	
		2. installation solar cell panel	3	
		3. hydro-power generation facilities by using rainwater	3	
		4. energy generation facilities by using waste heat	3	
		5. energy generation facilities by using geothermal	3	
		6. air conditioning and rapid water heating by waste water	3	
		7. energy generation facilities by using hydrogen fuel cell	3	
	environment friendly energy	1. energy storage system and organization through energy management system	3	
		2. installation of clean energy converting facilities	3	
		3. monitoring and operation of clean energy	3	

Table 5. Assessment factor and score for LR2. material and resources in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
LR2. material and resources	reduction resources use	1. use of material and resources with energy saving potential	3	12
	adoption of insulation material for heating and cooling	1. material and resources with heating function	3	
		2. material and resources with cooling function	3	
	restrained material use with pollutants contents	1. adoption of material without hazardous substances	3	

하였으며, 에너지 절약, 지속가능한 에너지원 사용, 친환경 에너지의 활용 등과 같이 3가지 분야로 나누어서 평가를 하고 있다. 에너지 절약 부분에서는 고효율 절약 조명과 지역 냉방시설 설치 여부와 이산화탄소의 배출량 저감장치 설치 여부를 평가하고 있다. 지속가능한 에너지원 사용 부분에서는 태양열, 태양광, 수력에너지, 폐열, 지열, 하수 열, 수소전지 시설 설치 여부에 따라 항목을 평가한다. 친환경 에너지의 활용 부분에서는 에너지 저장장치와 에너지 관리시스템을 활용한 전력 공급 망 구성과 신재생 에너지 변환 시설 설치 여부와 신재생 에너지 모니터링 및 운영관리 분야를 평가 한다.

Table 5의 LR2. 자재 및 자원 부분은 자원의 사용 감소, 보온·보냉 기능 자재의 사용 및 오염 물질 함유 자재 사용 억제 등과 같이 3개로 구분해서 평가한다. 이들은 에너지의 소비를 감소시킬 수 있는 자재를 사용하는 정도를 평가하고, 보온·보냉 기능이 있는 자재의 사용을 촉진하고, 유해한 물질이 없는 친환경 건축물 자재의 사용에 의해 실내 환기 등을 감소시켜 에너지 소비의 감소 정도를 평가하고자 한다.

Table 6의 LR3. 물 순환 관리 부분은 수자원 절약과 우

Table 6. Assessment factor and score for LR3. water circulation in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
LR3. management of water circulation	water resources saving	1. installation of domestic water saving devices	3	24
		2. installation of monitoring and leakage reduction devices	3	
	rain water	1. existence of rain water storage area in building or land	3	
		2. installation of rain water treatment facility	3	
		3. cleaning and gardening use of treated rain water	3	
	grey water	1. installation of grey water treatment facility	3	
		2. toilet or cleaning water of treated grey water	3	
	waste water	1. installation of waste water treatment facility	3	

Table 7. Assessment factor and score for LR4. land use and transportation in zero energy building.

sector	category	factor	score	total score
LR4. land use and transportation	efficiency of land use	1. facilities installation for electric vehicles	3	12
	energy saving by efficient land use	1. rain water utilization with porous pavement	3	
		2. indoor temperature control for prevention from heat island	3	
		3. indoor temperature control by green project on building surroundings	3	

수와 중수, 하수 등과 같이 4개로 구분 하였다. 이들은 절수 제품을 설치 여부에 의한 상수소비량이 절감되면 정수 및 송수에 사용되는 에너지를 감소하고 건물 내에서 옥상 물탱크로 압송하기 위한 펌프에너지소비를 감소하기 위한 것이다. 각종 수자원의 이용 정도에 대한 모니터링, 우수 저장 공간 여부, 우수처리시설 설치여부, 중수처리시설 설치여부, 하수 정화시설 설치 여부 등에 의해 물순환에 의한 재사용이 촉진되면 상수 소비량이 감소하면 상기와 같이 에너지소비가 확대될 것이므로 이들을 평가하는 것이다.

Table 7의 LR4. 토지이용과 교통은 주로 대지의 효율적 활용과 활용을 통한 에너지 절약으로 구분하고 있다. 세부 항목으로는 전기자동차의 이용에 관한 시설 설치 여부, 투수성 포장을 설치하여 우수활용 시설 설치여부, 열섬현상 방지시설, 건물 주변 녹화 사업으로 건물 내부 온도 조절 여부를 평가하고 있다.

4. 결과 및 고찰

4.1 결과분석

연구 대상건물로서 SCPO(Seoul Central Post Office) 건물과 SMWSC(Seoul Metropolitan Water Supply Center) 건물을 대상으로 환경 및 에너지를 근간으로 각 항목별 평가를 실시하였다. SCPO 건물의 실내 환경부분은 이중창구조를 이용하여 실내온도를 조절하고 실별, 구역별 VAV(Variable Air Volume)시스템을 이용하여 자동온도조절이 가능한 구조를 가지고 있어 이들을 고려하여 점수화 되었다. 유지관리 부분은 중수, 지하수, 우수 저장조가 존재하고, 지열, 태양열 등 신재생에너지를 생산하며 에너지절약을 위한 개선 및 교환, 설치가 이루어졌다.[7] 또한, 생태환경부분에서는 옥상녹화와 육생 비오톱, 수생 비오톱을 조성함으로써, 대기오염과 수질오염을 절감시켜 점수를 획득하였으나 연못, 생태습지가

조성되지 않고 수생식물 성장 에너지 사용이 되지 않아 비교적 낮은 점수를 획득하게 되었다. 에너지 부분은 주로 태양열, 태양광, 열병합 발전시스템과 지열 시스템을 사용하는 지속가능한 에너지원 사용 부분에서 점수를 획득하였으며, 자재 및 자원부분은 주로 외장 커튼월과 빙축열시스템을 활용한 냉각기능 휘발성 유기화합물 저 방출자재 사용 등에서 점수를 획득하였다. 물 순환 관리 부분은 주로 생활용 상수 절감 제품을 설치하였고 우수 저수조 설치, 우수 처리시설 설치 여부, 중수 처리시설 설치 여부 등에서 점수를 획득하였다. 또한 토지이용 및 교통

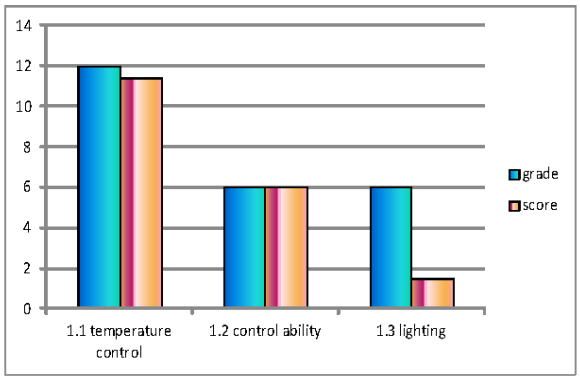

Fig. 1. Indoor environment of SCPO building

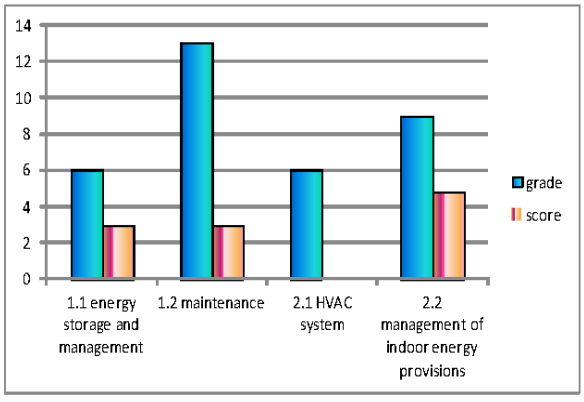

Fig. 2. Maintenance of SCPO building

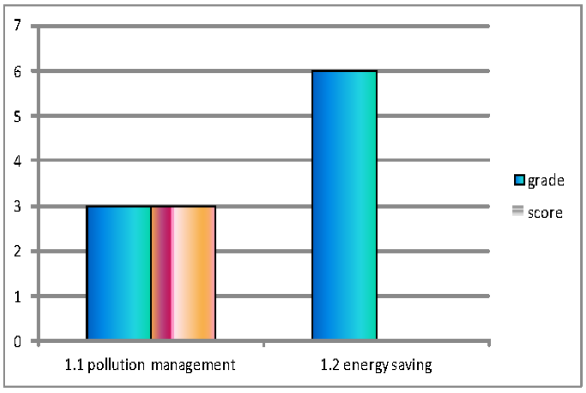

Fig. 3. Ecological environment of SCPO building

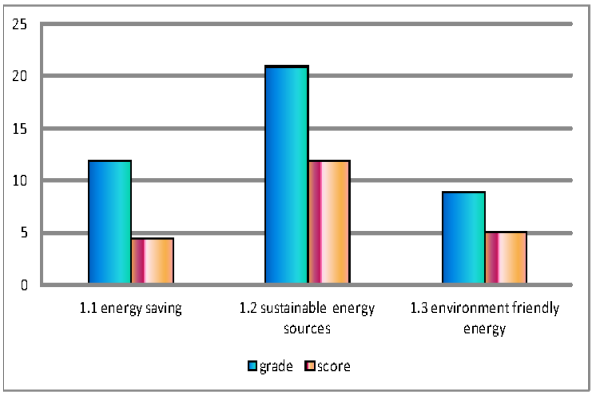

Fig. 4. Energy use of SCPO building

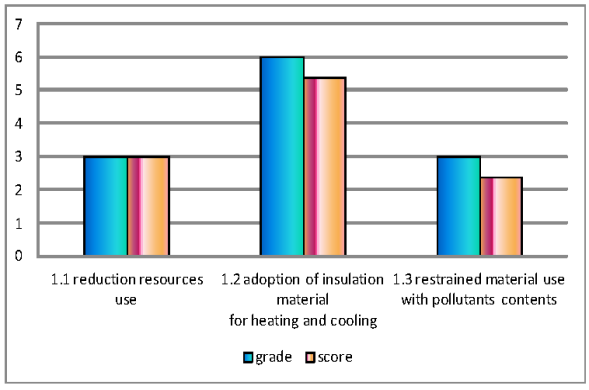

Fig. 5. Material and resources of SCPO building

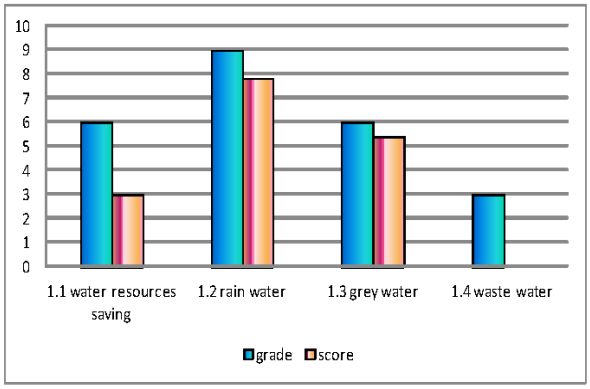

Fig. 6. Water circulation of SCPO building

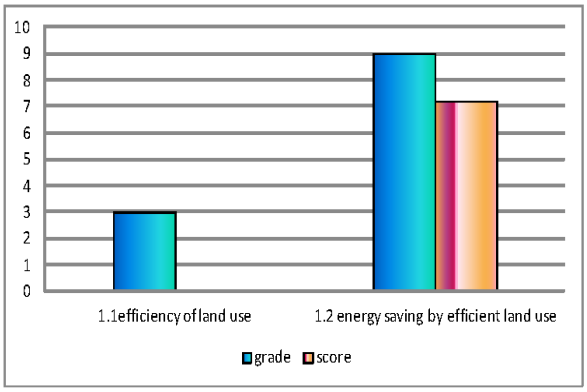

Fig. 7. Land use and transportation of SCPO building

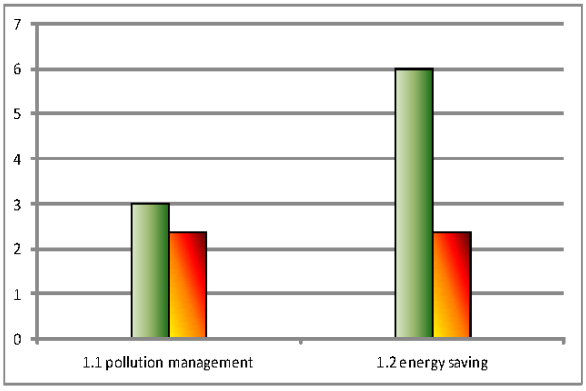

Fig. 10. Ecological environment of SMWSC building

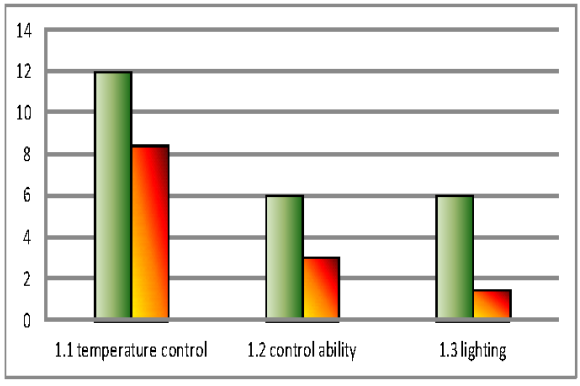

Fig. 8. Indoor environment of SMWSC building

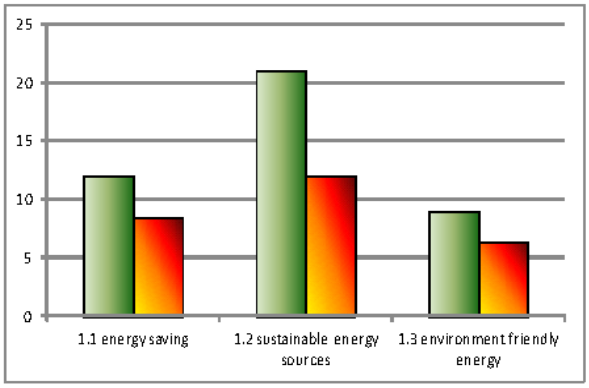

Fig. 11. Energy use of SMWSC building

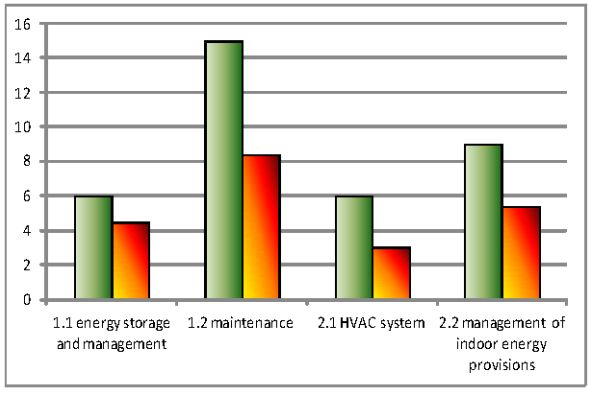

Fig. 9. Maintenance of SMWSC building

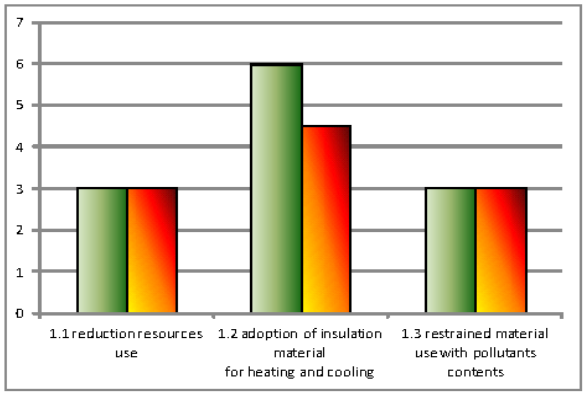

Fig. 12. Material and resources of SMWSC building

부분은 주로 투수성 포장을 설치되어져 있고 옥상녹화, 가로녹화, 벽면녹화를 사용하여 열섬현상을 방지하여 실내온도 조절에 기여하고 있다. 건물 주변 녹지공간을 확보하여 실내온도를 조절 하고 있다. 이와 같이 점수화된 결과, Fig. 1부터 Fig. 7과 같이 각 항목별로 득점현황을 나타내었다.

SMWSC 건물의 실내 환경부분은 IAQ(Indoor Air Quality) 댐퍼 설치, 공조 급·배기구를 이용하고, 실내 자동온도 조절장치가 있어 실내온도 조절하고 있다. [8] 창면적 개폐하여 채광을 조절하고 있다. 유지관리 부분은

Table 8. Assessment result of SCPO building for each factor

factor	full score	estimated score	ratio	weight	final score
Q1. indoor environment	24	18.6	0.78	10	7.75
Q2. maintenance	36	10.2	0.28	15	4.25
Q3. ecological environment	9	3	0.33	5	1.67
LR1. energy	42	12.9	0.31	30	9.21
LR2. material & resources	12	9.3	0.78	10	7.75
LR3. water circulation management	24	14.1	0.59	20	11.75
LR4. land use & transportation	12	7.2	0.60	10	6.00
total	159	75.3	3.66	100	48.38

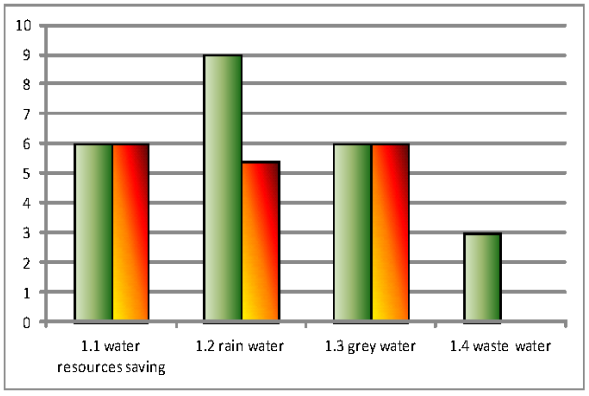

Fig. 13. Water circulation of SMWSC building

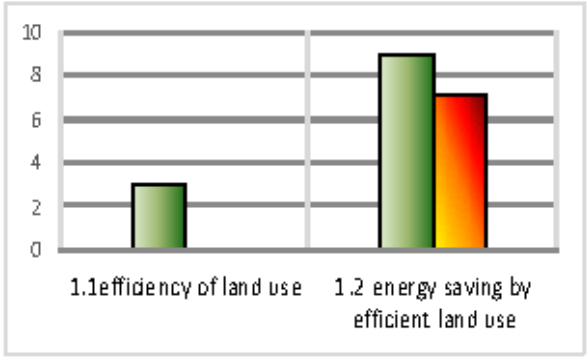

Fig. 14. Land use and transportation of SMWSC building

우수, 중수, 신재생 에너지시설이 설치되어있고, 원격제어 감시로 24시간 관리하고 있다. 통합 BAS(Building Automation System) 설비가 있으며, HVAC(Heating, Ventiliation and Air Conditioning)시스템이 있다. 정수를 이용한 냉각수 냉각, 누수감시설비 등으로 에너지 설비를 관리한다. 또한 생태환경 부분은 연못에 수생을 심어 수질정화를 하며 환경오염을 저감시킨다. 생태연못을 이용하여 냉, 난방 에너지를 저감시키고 있다. 이와 같이 점수화 한 결과, Fig. 8부터 Fig. 14와 같이 각 항목별로 득점현황을 나타내었다.

에너지 부분은 주로 full 2way 조명, BACnet(Building Automation and Control network) 등 여러 방법을 통해 에너지를 절약하였고 태양열 ,태양광, 폐열, 지열을 통한 다양한 신재생에너지를 활용하였으나 생산하는 에너지량이 부족하였다. 자재 및 자원 부분에서는 심야 전력을 빙축열로 사용하고 외벽 커튼월로 보온기능과 착수정수로 보냉기능을 하는 자재를 사용하고 있는 것으로 조사되었고, 물 순환 관리부분에서는 집수조 및 오배수조, 중수도를 설치하여 관리하고 디워터링을 통해 조경용수로 활용되고 있는 것으로 나타났다. 토지이용과 교통 부분

Table 9. Assessment result of SMWSC building for each factor

factor	full score	estimated score	ratio	weight	final score
Q1. indoor environment	24	12.3	0.51	10	5.13
Q2. maintenance	36	20.7	0.58	15	8.63
Q3. ecological environment	9	4.8	0.53	5	2.67
LR1. energy	42	19.5	0.46	30	13.93
LR2. material & resources	12	10.5	0.88	10	8.75
LR3. water circulation management	24	17.4	0.73	20	14.50
LR4. land use & transportation	12	5.7	0.48	10	4.75
total	159	90.9	4.16	100	58.35

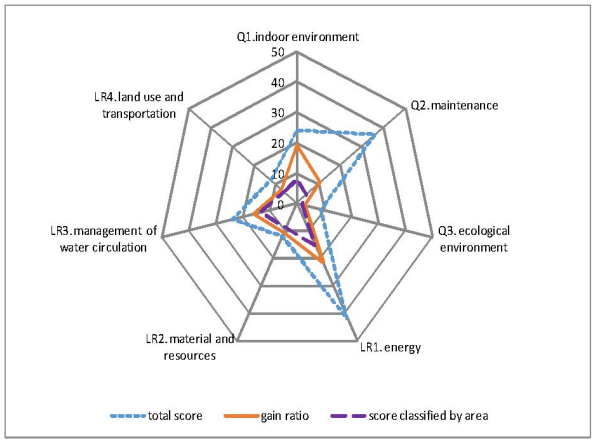

Fig. 15. Comprehensive total score of SCPO building

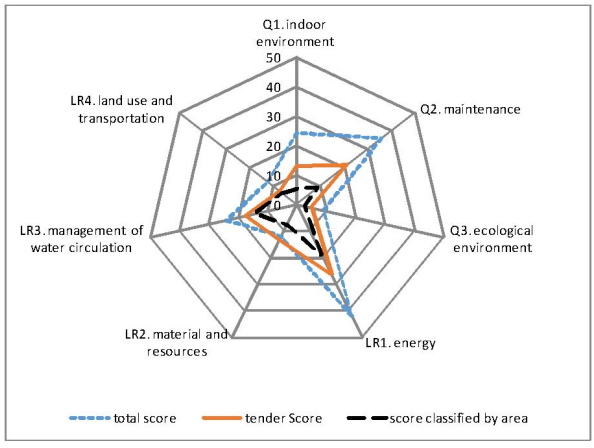

Fig. 16. Comprehensive total score of SMWSC building

에서는 투수성 포장과 가로녹화, 옥상녹화, 벽면녹화, 녹지공간을 조성하여 대지의 활용을 통한 에너지 절약 부분에서 점수를 획득하였다.

Table 8에서는 각 항목별 점수, 획득점수 비율, 가중치 및 총점 순으로 그 결과를 나타낸 것이다. SCPO 건물의 최종점수는 48.4점으로 Q1.의 실내환경과 LR2. 자재 및 자원 부분에서 평가점수 비율이 0.78로 매우 높았으며 Q2. 유지관리 부분은 0.28이며 Q3. 생태환경부분은 0.33으로 획득한 점수의 비율이 가장 낮았다. 따라서 ESS(Energy Storage System)와 BEMS(Building Energy Management System) 등 에너지 저장소와 건물 관리 시스템의 설치와 에너지 HVAC시스템의 활용 그리고 에너지절약을 위한 생태환경에 필요한 시설 등을 더욱 조성함으로써 에너지 생산과 절약을 목표로 하는 제로에너지 빌딩으로 개선할 필요성이 있다.

SMWSC 건물의 최종점수는 Table 9에서와 같이 58.35점으로 SCPO 건물에 비해 높은 점수를 획득하였다. LR2. 자재 및 자원부분은 0.88이며, LR3.물 순환 관리 부분은 0.73으로 획득한 점수비율이 높았으며, LR1. 에너지부분은 0.46이며 LR4.토지이용과 관리부분은

0.48로 획득한 점수의 비율이 낮은 것을 볼 수 있다. 따라서 더 높은 점수를 획득하기 위해서 하수 열을 이용한 냉난방 및 급탕을 활용할 수 있는 신재생에너지 확보 등으로 부족한 점을 개선해야 할 것으로 사료된다. 또, 친환경 인증제도에서는 최우수 등급을 받은 SCPO 건물과 SMWSC 건물에 대하여 평가한 결과, SCPO 건물의 경우에는 제로에너지 빌딩 인증기준으로 획득한 점수는 낮았고 SMWSC 건물의 경우에는 SCPO 건물에 비해서 제로에너지 빌딩 인증기준으로 획득한 점수는 높은 것으로 조사되었다. 이와 같이 친환경 인증제도에서 최우수 등급을 받아도 건물이라도 자립적으로 에너지를 사용할 수 있는 제로에너지 빌딩 인증기준에는 미흡한 것으로 볼 수 있다. 따라서 좀 더 우수한 평가를 획득하고 자립적으로 건물을 활용하기 위해서는 신재생에너지 시설을 다양하게 설치하고 생산된 에너지를 저장하여 활용하기 위한 시설 등이 설치되어야 할 것으로 판단된다.

4.2 고찰

본 연구에서는 SCPO 건물과 SMWSC 건물을 대상으로 일본의 CASBEE 인증 제도를 기반으로 제로에너지 빌딩 체계의 평가기준을 적용하였다. 평가를 위한 가중치는 녹색건축인증제도의 가중치를 기반으로 하여 제로에너지 빌딩인 만큼 에너지와 물 순환관리 부분에 가중치를 더 부여하였고 국내 친환경건축물 인증제도인 녹색건축인증의 등급평가와 계산 방식에 따라 계산 후 등급을 산정하였다.

SCPO 건물의 경우 48점으로 인증기준인 50점 미만으로 인증을 받지 못하는 결과를 얻었다. 자재 및 자원부분에서 높은 점수를 얻었으나, 생태환경과 유지관리 부분에서 낮은 점수를 획득한 것이 원인으로 판단된다. SMWSC 건물의 경우 58.35점으로 우량등급을 획득할 것으로 예상된다. 자재 및 자원부분에서 높은 점수를 얻었으나, 에너지와 토지이용 및 교통부분에서 낮은 점수를 획득한 것이 원인으로 판단된다. 제로에너지 빌딩 인만큼 에너지 부분의 중요도가 높은 반면에 평가한 두 건물들은 에너지 부분의 항목인 신재생에너지 생산량과 시설설치 와 EMS (Energy Management System), BEMS와 같은 에너지관리시스템에 대한 항목이 미비하여 점수획득 비율이 낮게 나타났다. 에너지 항목에 대한 시설 및 시스템이 부족한 원인은 경제적인 문제 때문이다. 제로에너지빌딩을 건설할 때 일반 건물의 건설비용의 30%이상의 비용이 요구되어 건물주의 부담이 높아지는 반면에 정부의 지원제도는 미비하여 건물주의 부담을 줄이기에는 역부족인 현실이다. 그러나 해외의 경우에는 이미 많은 나라들이 단계적으로 건축물의 제로에너지 의무화에 다가가고 있지만, 우리나라는 건축물의 제로에너지 의무화에 대해서 계획을 검토 중에 있다. 따라서, 제로에너지 빌딩을 의무화 할 수 있는 구체적이며, 단계적인 실현방안으로서 상세한 평가기준과 체계가 우선 수립되어야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 SCPO 건물과 SMWSC 건물을 대상으로 제로에너지 빌딩의 평가기준에 의해 평가 하였으며 그 결과를 토대로 제로에너지 빌딩에 대한 제도적 한계를 극복하고 개선하기 위한 방안을 도출하였다.

(1) 제로에너지빌딩에서 중요한 신재생에너지의 이용, 저장 및 관리 시스템과 단열재 등과 같은 시스템과 자재는 과도한 비용상승을 초래하므로 건물주와 입주자들에 대한 보조금과 인센티브의 지원 등이 필요하며, 에너지 절감에 따른 단계별 용적률 추가 허용과 같이 정부차원의 지원이 확대되어야 하는 제도가 필요하다.

(2) 다양한 신재생에너지가 다목적으로 사용되기 위해서는 건물부지의 지형이 평지인 경우 수력을 이용한 에너지 보다 풍력을 이용하는 것이 유리하므로 다양한 에너지를 사용하는 평가기준이며, 햇빛이 부족해서 태양광과 태양열 에너지를 이용하기 쉽지 않을 경우와 같이 기후의 특성을 고려해서 다양한 에너지를 이용할 수 있는 평가기준이 설정되어야 한다. 따라서 제로에너지빌딩의 평가인자에는 건물부지의 지형과 기후변수를 고려하여야 한다.

(3) 지속적인 제로에너지 빌딩이 유지될 수 있도록 주기적인 점검과 신속한 보수가 될 수 있는 원격모니터링 시스템이 필수적이며 스마트하게 문제를 해결할 수 있는 프로그램이나 최적화운전관리 시스템이 필요하다.

(4) 건축주와 입주자 및 건물관리인이 건물 내에서 사용되는 에너지 소비량을 확인하고 원격으로 관리할 수 있는 엡플랫폼이 필요하다.

References

1. Jun, H.S., 2014, Policy and development trend of major leading countries.
2. 村上周三, 2010, CASBEE for New Construction, Japan Sustainable Building Consortium

3. Hahm, S.,M., 2010, LEED credits in asphalt pavement
4. Kim, M.S., and et al., 2011, Improvement of government support policy based on compulsory zero energy building.
5. KB daily, 2013, Knowledge vitamin. KB-administrative finance and management research institute.
6. Shin, M.K, 2006, Comparison of certificate institution for environment friendly buildings.
7. Cha, H.W., 2004, Construction case study of Seoul central post office.
8. Kim, S.T., 2006, Environment friendly case study of Seoul metropolitan water supply center.
9. Lee, S.Y., and et al., 2004, Design case study of Seoul central post office.
10. Jung, J.,N. and et al., 2009, Case study of domestic environment friendly buildings.
11. Kang, M.,Y and Kim, K.,S., 2016, Zero energy building, new padadigm of future construction industry, Samjung KPGM economy institute.
12. BPIE, 2011, Principles for nearly zero energy building.
13. BPIE, 2015, Nearly zero energy buildings definition across Europe.