

Research Paper

마이크로 워터 그리드에서 다중수원 연계·연속 활용 성능평가지표에 관한 연구

채수권* · 이상훈** · 안흥규**

을지대학교 보건환경안전학과*, 한국건설기술연구원 국토보전연구본부**

A Study on the Performance Evaluation Index of Multi-Water Resources Connection and Continuous Utilization in Micro Water Grid

Soo-Kwon Chae* · Sang-Hoon Lee** · Hong-Kyu Ahn**

Department of Environmental Health and Safety, Eulji University*

Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology**

요약: 세계적으로 그린빌딩, 스마트빌딩 등과 같은 마이크로 워터 그리드 단위의 초고층 빌딩이 증가되는 추세로 수자원과 에너지의 수요증대 등과 같은 문제를 해소하기 위해 그린빌딩 인증 제도가 시행되고 있다. 그러나 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩 인증제도 내에서 전력과 에너지 분야는 활발한 연구개발사업이 진행되고 있는 반면 수자원의 연계·연속 활용을 통해서 물의 재이용, 물 절약 등과 같은 지속가능한 수자원의 활용에 대한 연구는 다소 미흡한 상태에 있다. 따라서 본 논문에서는 그린빌딩 인증제도에서 다중수원의 연계연속 활용을 위해 수자원 부문에 대한 특성과 한계점을 분석하고, 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지 내외에서 상수, 자연 및 대체수자원 등과 같은 각종 수자원이 연계연속 활용할 수 있는 평가방법과 성능평가지준을 제시하고자 한다.

주요어: 마이크로 워터 그리드, 다중수원, 수자원 연계연속활용, 성능평가, 그린빌딩 인증제도

Abstract : As the number of skyscrapers in micro water grid units such as green building and smart building is increasing in the world, the green building certification system is being implemented to solve problems such as increased demand for water resources and energy. However, researches on the use of sustainable water resources like water reuse and water conservation through linkage and continuous use of water resources, while the power and energy sectors are actively conducting R&D projects in the green building certification system on the micro water grid level. Therefore, this paper analyzes the characteristics and limitations of the water resources sector for the continuous utilization of multiple water sources in the green building certification system, due to the inadequate consideration of sustainability. Then investigates whether various water resources such as constants, nature, and alternative water resources are continuously used in and out of the green building or

smart building and complex in the micro water grid unit to suggest evaluation methods and performance evaluation standards.

Keywords : Micro Water Grid, Multiple water resources, Performance Evaluation, Green Building Standards and Certification Systems

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

세계적으로 수자원과 에너지와 같은 기초 인프라가 완비된 도시에 그린빌딩, 스마트빌딩 등과 같은 마이크로 워터 그리드 단위의 초고층 빌딩이 증가되는 추세이며, 수자원과 에너지의 수요증대 등과 같은 문제를 해소하기 위해 저탄소·녹색도시 구축 활동의 일환으로 그린빌딩 인증 제도가 시행되고 있다(Do et al. 2010; Kang 2010; Ka et al. 2011). 그린빌딩 인증제도는 우리나라를 포함한 영국, 미국, 일본, 호주, 캐나다 등 주요 선진국들은 이미 시행중에 있으며, 대부분의 국가에서 도입된 후 시행 된지 10년 이상이 되는 동안 각 국의 특성에 맞추어 재확립하고 꾸준히 개정되고 있다(Kim & Kim 2010). 그린빌딩 인증제도는 건축물로 인한 환경오염을 방지하고 인간의 삶과 자연환경의 조화를 목표로 조명, 냉난방 등과 같은 에너지사용과 CO₂ 배출 저감이 주된 인증사항이다(Kim & Kim 2013). 그러나 물소비가 큰 도시 건축물에서의 효율적인 물 순환 및 수자원 관리가 국가차원의 물 부족 문제들을 해결할 수 있다. 건물 내에서 상수 사용 후의 생활하수를 재처리하여 재이용수로 전환하거나, 건물 내의 지하저류 공간에 지하수와 빗물을 저류한 후 우수를 재이용하는 것과 같은 대체수자원을 연계·연속 활용을 위해 그리드로 연결할 필요가 있다. 급속한 가뭄과 같은 기후변화에 의해 발생될 수 있는 물 부족을 해결하기 위해서 부족한 상수량을 대체하기 위해서 그린빌딩과 같은 마이크로 워터 그리드 단위의 수자원 관리로 대체수자원의 활용성과 효율성을 높일 필요가 있다. 현재 국내외에서 시행되는 그린빌딩 인증제도는 수자원 절약을 목적으로 하는 평가 영역을 제시하고 각 기준을 설정하여 적용하고 있다(Kim et al. 2006; Cho 2011).

마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩 인증제도

내에서 전력과 에너지 분야는 활발한 연구개발사업이 진행되고 있는 반면 수자원의 연계·연속 활용을 통해서 물의 재이용, 물 절약 등과 같은 지속가능한 수자원의 활용에 대한 연구는 다소 미흡한 상태에 있다. 즉, 지속가능한 수자원 활용에 대한 연구는 빌딩 내에서의 대체수자원과 빌딩과 근거리의 자연 수자원을 연계·연속 활용함으로써 송·배수관련 에너지를 대폭적으로 감소시킬 수 있다. 따라서 물소비가 큰 도시 건축물 즉 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지 내·외에서의 효율적인 물 순환 및 수자원 관리를 적응형 및 실제로 실행될 수 있도록, 국내외에서 시행중인 그린빌딩 인증제도 내 수자원부문의 비중을 증가시켜서 건물주와 이용자의 물에 대한 인식변화와 더불어 자발적인 다중수원의 연계·연속 활용이 필요하다.

본 논문에서는 다중수원의 연계연속 활용을 위해서 국내외 그린빌딩 인증제도의 수자원 부문에 대한 특성과 한계점을 분석한 후, 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지 내외에서 상수, 자연 및 대체수자원 등과 같은 각종 수자원이 연계연속 활용되고 있는지를 조사하여, 평가방법과 기준이 실제 마이크로 워터 그리드 단위에 적합하게 운영 및 관리가 수월하도록 성능평가기준을 제시하고자 한다. 또한, 그린빌딩 인증제도에서 수자원 부문의 중요성을 부각시킴으로서 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트 빌딩 및 복합단지에서 다중수자원의 연계·연속 활용을 위한 운영·관리의 성능평가 지표를 제시함으로써, 물 통합 운영의 관점에서 통합물관리 고도화를 이루고자 한다.

II. 연구방법

본 연구는 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지를 대상으로 현재 에너지

지 중심의 그린빌딩 인증제도에서 물과 에너지가 연계된 인증기준으로 변경되도록 수자원의 연계·연속활용 항목이 추가된 성능평가 기준을 제시하고자 한다.

먼저, 한국, 미국, 영국, 일본 등에서 시행되는 그린빌딩 인증제도에 대한 항목과 기준 등을 국가 별로 검토해서 그린빌딩 인증제도의 수자원항목에 대한 특성과 배점을 국가 별로 추출한다. 그리고 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지과 같은 마이크로 워터 그리드 단위를 대상으로 물과 에너지가 연계된 인증제도로 개선하기 위해서 자연 및 대체 수자원의 연계·연속활용에 대한 항목과 기준 및 준거 등을 변경 및 추가한다. 마이크로 워터 그리드 단위의 영역과 지역에서 자연 및 대체 수자원항목의 연계·연속활용을 촉진할 수 있도록 인증제도의 기준 변경을 제안한다.

세부적으로 국내의 GBCC와 국외의 LEED, BRREAM, CASBEE와 같은 그린빌딩 인증제도 중의 수자원 평가항목에 대한 특성과 평가 방법을 비교·분석하여 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지와 같은 마이크로 워터 그리드 단위의 인증제도에 대한 총괄 평가항목과 평가기준을 제시하고자 한다. 이 평가에 의해서 마이크로 워터 그리드 단위에서 물과 에너지의 연계가 스마트하게 운영되고 각종 수자원의 효율적인 관리를 유도하고자 한다.

1. 국내외 그린빌딩 인증제도 분석

국내 그린빌딩 인증제도는 1990년대 말부터 4개의 인증기관에서 시작된 후, 2001년에 그린빌딩 인증제도(GBCC; Green Building Certification Criteria)가 유사 인증제도와 통합됨에 따라 2002년 건설교통부와 환경부의 공동주택에 대한 인증으로 통합되었고, 2011년 12월부터 개정 고시된 제도가 시행되고 있다(Kim 2012). 총 9개 부문에 대한 인증기준은 21개의 범주와 35개의 항목에서, 분야 별 획득점수와 가중치에 의한 최종점수의 합계로 인증등급을 결정한다. GBCC는 6개의 필수항목을 반드시 이행하고, 추가적으로 리모델링에 따른 가산점수 9점이 배정되어 있다. 그리고 2011년 12월 개정 후 7개의 분야(공동주택, 복합건축물, 업무용건축물, 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건축물)로 구분하여 운영되

고 있으며, 9개의 평가부문(토지이용, 교통, 생태환경, 에너지, 환경오염 및 방지, 실내환경, 수자원, 재료 및 자원, 유지관리)으로 나뉘어 평가되며 업무용건축물에 대한 총점은 98점이다. 이중 수자원의 비중은 10.3%이었다.

일본의 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)는 건축물의 생애주기 동안에 양질의 환경 품질 및 성능을 가진 건축물, 그리고 환경부하가 적은 건축물을 실현하기 위한 건축물의 종합 환경성능 평가도구이다(Kim 2012). 이 제도는 에너지효율, 자원효율, 지역환경, 실내환경 등 4가지 측면에 대한 환경품질·성능(Q)와 환경부하(L)의 2개 영역 점수로 나누어 평가한다. 환경 품질·성능(Q)에서는 실내환경, 서비스 성능, 부지 내 실외환경으로 분류되고, 환경부하(L)은 에너지, 자원·자재, 부지의 환경으로 분류된다. JSBC (2010)의 각 항목은 level 1에서 5까지 등급기준이 존재하며, 항목별 가중치를 이용해 최종적으로 점수가 산출된다. 이 점수로 BEE (Building Environmental Efficiency)값을 얻어 건축물의 환경성능을 평가한다. CASBEE의 수자원 비율은 LR 기준으로 6.4%이었다.

미국의 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)는 1993년 미국 그린빌딩위원회(USGBC)에서 만든 친환경 건축물 평가 시스템이다. 영국의 BREEAM을 기초로 하여, 규제성 있는 CODE보다 높은 기준을 제시하며, 시장의 25% 수준 성능을 목표로 한다. 1998년 최초 Ver 1.0에서 출발하여 2013년 11월 LEED v4.0으로 개정되었다(Kim & Kim 2010; Kim 2013). LEED의 평가항목은 10가지로, 이 중 혁신부문을 제외하고 가중치가 100%이며 혁신부문은 추가적으로 10%이다. 가중치는 3가지의 건축물의 상태에 따라 부여하며 총 배점은 150점이다. LEED의 수자원의 비율은 약 9.1%이다.

영국의 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)은 1991년에 건설과 관련된 환경측면의 기준제정을 통하여 환경에 관한 일반인들의 관심을 촉진시키고, 이로 인한 환경상품 시장의 활성화에 초점을 두었던 BRE (Building Research Establishment)에서, 공

공분야와 건설업자 그리고 컨설턴트와 협력하여 개발한 환경성능인증제도이다. BREEAM은 1995년과 1998년에 소폭 개정을 시작으로 Ver.2005 이전까지 지속적으로 개선시키면서 친환경 건축물의 기준을 능동적으로 향상시켜 나가고 있다(Kim and Kim 2010; BRE Global 2014).

BREEAM의 평가부문은 7개 부문과 여기에 따르는 세부항목이 있으며 이에 따른 필수항목과 점수항목으로 나뉜다. 필수항목을 만족하지 않을 경우 다른 항목의 점수에 상관없이 인증 되지 않으며, 총 배점은 110점이다. BREEAM에서 수자원의 비율은 약 8.2%이다.

III. 결과 및 고찰

1. 그린빌딩 인증제도 수자원 항목 분석

마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지 내의 대체수자원과 근거리의 자연수자원을 효율적으로 연계·연속 사용하고 통합적이고 친환경적으로 수자원을 이용하기 위해서, 그린빌딩 인증제도의 수자원 분야 평가항목과 기준을 추가적이며 통합적인 평가항목과 기준으로 개선할 필요가 있다. 그리고 현재 시행되고 있는 그린빌딩 인증제도의 수자원부문 평가항목은 물관리 기본법이 2018년 6월에 제정됨으로서 물 통합 운영의 관점에서 근본적인 문제를 해결하기 위해서는 다른 기술적인 요소들과 접목시켜 체계적인 단계와 구성요소를 갖춰야 할 것이다. 따라서 우수, 중수 등 대체수자원

을 최대한 사용하여 상수 사용량을 절감하며, 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩, 스마트빌딩 및 복합단지 내로 유입과 확보된 자연 및 대체수자원을 적극 활용하고 활용 불가능한 수자원의 배출을 최소화하는 것이며, 더불어 이러한 정보에 대해 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩, 스마트빌딩 및 복합단지 내 수자원 이용자가 파악할 수 있도록 하는 것이다.

1) 인증제도별 수자원 항목 및 배점 현황

Table 1에 GBCC, CASBEE, LEED, BREEAM와 같은 그린빌딩 인증제도에서 운영 중인 수자원 세부항목을 제시하였다.

국내의 GBCC는 우수부하 절감대책, 생활용 상수 절감 대책, 우수이용, 중수도 설치의 4개 항목에 대하여 평가하였다. 일본의 CASBEE는 절수, 우수이용 시스템 유무, 우수배출 부하 저감, 하수처리 부하억제와 같은 4개 항목이 있으며, 건물 환경 부하 감소(LR) 분야의 “LR2 자원 및 재료” 중에서의 수자원 항목과 “LR3 부지 외부 환경”에서의 “지역인프라 부하억제”에서 수자원을 소항목으로 평가하였다. 미국의 LEED는 수자원 효율성(WE) 부문에서 전제조건1과 점수 1, 2, 3으로 나눠 평가하고 전제조건인 물 사용 절감은 일반기준보다 20%이상의 절감을 목표로 절수형 위생기구를 적용하는 것을 전제로 하는 필수항목이 있고, 나머지 점수는 1점 및 2점을 부여한다. 영국의 BREEAM은 물소비, 물 모니터링, 누수감지, 물 효율성 장비의 4개 항목으로 평가하였다(JSBC 2010; Kim 2012; BRE Global 2014; Council 2016).

Table 1. Details assessment items of water resources operating in Green Building Certification System such as GBCC, CASBEE, LEED, BREEAM

GBCC (2011)	CASBEE (NC v.2010)	LEED (v.3)	BREEAM (NC v.2014)
Feasibility of rainwater load reduction measures	Suppression of stormwater and sewage loads in local infrastructure	Rainwater management plan	Water consumption
Feasibility of living water reduction measures	Water saving	Reduction of water usage	Water monitoring
Rainwater utilization	Rainwater use system	Efficient usage of landscape water	Water leak detection
Greywater installation	Introduction of graywater reuse system	Innovative wastewater treatment technology	Water efficient equipment

Table 2. Rating, weight and points for water resource evaluation part of green building certification system such as GBCC, CASBEE, LEED, and BREEAM.

Certification system	GBCC (2011)	CASBEE (NC) 2010	LEED (V3)	BREEAM (NC) 2014
sector	water resource	LR2.1 water resource LR3.2.3 - 1,2	Water Efficiency	Water
number of items	4 ea	4 ea	3 ea	4 ea
points	13/98	-	10 / 110	9 / 150
weight	10/100	(4.5 + 1.9) / 100(LR)	-	7 (F-fitted out) / 110
importance	13.3%	6.4%(LR)	9.1%	6%

* CASBEE considered BEE = Q (environmental quality) / LR (environmental load) only in the LR part that includes water resources.

각 국가의 그린빌딩 인증제도 중 수자원부문의 비율은 Table 2와 같이 GBCC는 13.3%, LEED는 약 9.1%, BREEAM은 약 8.2%이며 CASBEE의 경우 다른 인증제도와 평가방법이 상이하여 부문별 배점을 도출하는데 어려움이 있다고 판단되어 LR을 기준으로 비율을 산정해 총 6.4%이었다. 수자원 부문에서 세부평가항목 개수는 비슷하지만 수자원 부문의 총점에 대한 비율은 국내 인증제도가 다소 높은 것을 알 수 있다. 국외의 경우에도 국내 인증기준과 같이 공통항목이 포함되어 있으나, 국내 인증기준과 CASBEE에서는 우수이용과 우수부하 절감대책에 대한 항목 및 중수이용 항목을 별도로 구분하여 비중 있게 다루고 있다. LEED에서는 조경용수와 관개용수를 위한 우수나 중수의 이용 여부를 V3에서 추가하여 매우 비중 있게 다루고 있으며 특징적인 것은 '혁신적인 하수관리 신기술' 항목을 통해 건물에서 발생하는 오·배수 배출부하 50% 절감을 달성할 수 있도록 절수형 대·소변기 적용범위를 확대하고 우수·중수처리시설의 운용방안을 계획하도록 유도하였다. BREEAM에서는 다른 국가의 인증제도에서 시행하는 항목보다 일반적인 건물에 다소 적용하기 어려운 혁신적인 항목을 다루는데, 최신버전에서는 '모니터링', '누수감지' 항목을 통해 물 소비를 모니터링 및 관리할 수 있도록

하고 누수를 감소시켜 물 소비량 절감을 장려하였다.

2) 인증제도의 수자원 세부항목

국내외의 그린빌딩 인증제도에서 수자원부문에 대한 중분류의 세부항목을 부하절감, 물절약, 우수 및 중수이용, 모니터링 및 누수감지에 대하여 비교하였다.

(1) 부하절감

우수 부하 절감은 도시 홍수 발생가능성과, 하수처리량을 저감하며, 우수 저류지와 우수 배제시설 등의 건설비와 관리비를 절감하며, 토양과 수생태계 유지를 위한 하천유지유량과 지하수 수량 확보 등의 목적이 있다. 따라서 GBCC는 Table 3과 같이 우수유출 저감시설 연계면적의 비율로 평가를 하고, CASBEE는 Table 4와 같이 우수부하 절감 항목은 관리기준여부로 평가하고 관리지침에서 우수흐름 억제 조치와 그 지역에 존재할 때 평가한다. LEED는 지속가능한 대지(SS)부문 내에 우수처리(Stormwater Design)의 양적/질적 제어를 대등하게 평가한다. 반면, BREEAM에서는 우수부하에 대한 평가가 포함되어 있지 않았다.

(2) 물 절약

물 절약 항목은 상수소비의 절감을 목표로 GBCC와 CASBEE에서는 절수 설비의 사용 정도를 평가

Table 3. Evaluation index of rainwater load reduction in GBCC

Assortment	Storm drainage reduction facility connection area ratio	weight
1st grade	If the stormwater drainage reduction facility is installed and the area through which stormwater can flow into the facility (water surface) is 30% or more of the total area of the site	1.0
2nd grade	If the stormwater drainage reduction facility is installed and the area through which stormwater can flow into the facility (water surface) is 15% or more of the total area of the site	0.5

Table 4. Evaluation index of rainwater load reduction in CASBEE

Level	Contents	
	administrative guidelines (o)	administrative guidelines (x)
Level 1	(no corresponding level)	inapplicable
Level 2	(no corresponding level)	
Level 3	rainwater flow suppression measures are implemented at the instructed scale.	
Level 4	The instructed scale is satisfied, and other rain water treatment measures have been implemented.	
Level 5	(no corresponding level)	

Table 5. Example of the water saving products to GBCC and CASBEE

GBCC		
Water-saving faucets	Immediate faucet type (electronic, pedal and foot valve)	
	Quantitative faucet type	
	Water saving accessories (for toilet use only)	
Water-saving toilets	Water saving toilet bowl	
	Accessories for toilet bowls	
Shower Head	Shower head with valve	
	Opening and closing type shower head	
	Immediately faucet shower head	
	Other water saving shower head	
CASBEE		
Water-saving faucets	Water-saving valve	Save water by regulating water flow volume
	Fixed flow volume valves	
	Foaming faucets	
	Automatic faucets	Simplify operation of the equipment to save water by reducing wasteful flow.
	Self-closing faucets	
Water-saving toilets	Toilet bowls (Approx. 6 L/use)	Water-saving appliances (Improvements to water supply routes and bowl and trap shapes secure waste evacuation performance while saving water. Water-saving flush valves (Continuous flush prevention mechanism, with regulatable discharge volume).
	Urinals (Approx. 4 L/use)	Flushing in response to usage, with user sensor. Fixed-time control system (Combination with lighting, fan switch linkage and 24-hour timers).
Other	Privacy noise generators, etc.	

하고, BREEAM과 LEED에서는 절수설비 외 절수 시스템과 대체수자원 활용까지를 상수절감의 효과로 보고서 이를 평가하고 있다. Table 5에서 절수제품군은 GBCC는 환경표지인증제품군 사용을 권장하며 CASBEE 역시 GBCC의 경우와 유사하지만 여성의 변기 사용 패턴을 고려한 용무 시 소음 발생기기를 포함했다.

Table 6에서 BREEAM은 유형에 따른 효율적인

물의 소비 성능수준에 의한 절감 수치를 제시하여 수준을 평가하였고, 여기서 인용된 수치는 단계 달성에 요구되는 최소 성능이다. 이것은 절수제품군을 제시한 GBCC, CASBEE보다 물 소비 설비에 대해 체계적이었다.

(3) 우수 및 중수 이용

우수와 중수는 다양한 목적수로 재이용할 수 있어 상수 절감의 효과를 기대할 수 있다. 따라서 GBCC는

Table 6. Water consumption performance level according to the type of water supply equipment of BREEAM

Component	Performance Levels						Unit
	Base	1	2	3	4	5	
WC	6	5	4.5	4	3.75	3	Effective flush volume (liters)
Wash hand basin taps	12	9	7.50	4.50	3.75	3	liters/min
Showers	14	10	8	6	4	3.50	liters/min
Baths	200	180	160	140	120	100	liters
Urinal (2 or more urinals)	7.50	6	3	1.50	0.75	0	liters/bowl/hour
Urinal (1 urinal only)	10	8	4	2	1	0	liters/bowl/hour
Greywater/rainwater system	0%	0%	0%	25%	50%	75%	% of WC/urinal flushing demand met using recycled non potable water
Kitchen tap: kitchenette	12	10	7.50	5	5	5	liters/min
Kitchen taps: restaurant (pre-rinse nozzles only)	10.30	9	8.30	7.30	6.30	6	liters/min
Domestic sized dishwashers	17	13	13	12	11	10	liters/cycle
Domestic sized washing machines	90	60	50	40	35	30	liters/use
Waste disposal unit	17	17	0	0	0	0	liters/min
Commercial sized dishwashers	8	7	6	5	4	3	liters/rack
Commercial/Industrial sized washing machines	14	12	10	7.50	5	4.50	liters/kg

Table 7. Evaluation rating according to rainwater storage area of GBCC

Assortment	Rainwater reservoir area (m ²)	weight
Level 1	Install at least building area (m ²) × 0.05 or land area (m ²) × 0.02 more reservoir or water detention facility	1.0
Level 2	Install at least building area (m ²) × 0.03 or land area (m ²) × 0.01 more reservoir or water detention facility	0.7
Level 3	Install at least building area (m ²) × 0.01 or land area (m ²) × 0.05 more reservoir or water detention facility	0.4

Table 8. Evaluation rating according to rainwater and greywater use system of CASBEE

Rainwater Use System		Greywater Use System	
Level	Contents	Level	Contents
3	No systems for using rainwater	3	No systems for using greywater
4	Rainwater is used	4	Greywater is used
5	Rainwater usage brings the rainwater usage rate to at least 20%	5	More than two types wastewater are used

※ Rainwater usage rate = $\frac{\text{Rainwater use (m}^3\text{)}}{\text{Main water use (m}^3\text{)} + \text{Rainwater use (m}^3\text{)} + \text{Wastewater use (m}^3\text{)}}$

대체수자원으로서 우수 및 중수의 목적수는 주로 조경용수, 청소용수 등이며, Table 7과 같이 우수저류조의 설치 면적에 따라 가중치를 두어 1, 2, 3급으로 평가하였다. 그러나 설비의 설치 유무와 설비면적에 따라 점수를 부여 하는 방식은 높은 배점을 받았다 하

더라도 우수를 소비하지 않는다면 실질적으로 상수 절감의 목적에 도달하기 어렵다는 문제가 있다. 그러나 CASBEE는 Table 8과 같이 우수사용시스템의 설치유무를 판단하고, 전체 물 사용량 중 우수 사용량의 비율을 배점에 적용하여 GBCC의 단점을 보완하

Table 9. Performance levels for rainwater/greywater systems of BREEAM

Component	Performance Levels						Unit
	Base	1	2	3	4	5	
Greywater/ rainwater system	0%	0%	0%	25%	50%	75%	% of WC/urinal flushing demand met using recycled non potable water

고 있다.

CASBEE와 BREEAM에서 우수와 중수는 같은 유형으로 배점을 분배한다. Table 9에서 BREEAM은 변기와 소변기의 사용 비율에 따라 우수/중수 시스템의 성능수준을 평가하였고, 여기서 인용된 수치는 단계 달성에 요구되는 최소 성능이다. 우수는 집수면적, 생산효율, 유입필터 효율, 강수량 등을 추가하여 평가 하였다. 그러나 우수의 추가항목에 대한 구체적인 기준과 사항은 언급되지 않았으며 이들의 상관관계 또한 반영되지 않았다.

(4) 모니터링 및 누수감지

BREEAM은 현재 모니터링 및 누수감지 항목이 포함되어 있고 다른 국가의 인증제도는 이들이 평가에서 고려되고 있지 않다. ‘모니터링’항목은 대체수자원의 이용을 모니터링하고 관리하여 상수소비를 절감하고자 한다. BREEAM은 ‘Water meter’항목을 개정

하여 2011년부터 물 소비 모니터링 항목에 대해 신규 필수항목(조건부)으로 평가를 시행하고 있으며, 평가 기준은 Table 10과 같고 단일점수항목으로써 4가지 평가기준가운데 1가지만 입증하면 점수를 획득할 수 있다. ‘누수감지’ 항목은, 누수감지시스템이 존재하거나 유량제어장치를 설치했을 때 점수를 부여한다.

3) 마이크로 워터 그리드 단위에서 다중수원 활용 성능평가 지표

국내외 그린빌딩 인증제도의 수자원 부문에 대한 항목 별 비교분석 결과에 의해 그린빌딩이나 스마트 빌딩 및 복합단지와 같은 마이크로 워터 그리드 단위에 대한 수자원 성능평가 지표를 총 5단계(Level)로 등급화하여 다음과 같은 항목과 기준을 제안하였다.

(1) 상수사용부하 저감

Table 11과 같이 마이크로 워터 그리드 단위의 그

Table 10. Evaluation criteria for water consumption measurement Monitoring of BREEAM Wat02

Assessment Criteria	Demonstrates compliances	
	1	The specification of a water meter on the mains water supply to each building; this includes instances where water is supplied via a borehole or other private source.
	2	Where sub meters are fitted to allow the metering of individual water-consuming plant or building areas, where demand in such areas will be equal to or greater than of 10% of the total water demand of the building.
	3	The water meter has a pulsed output to enable connection to a Building Management System (BMS) for the monitoring of water consumption.
	4	Each sub meter has a pulsed output to enable connection to a Building Management System (BMS) for the monitoring of water consumption.

Table 11. Evaluator criteria for water use load reduction in micro water grid unit

Level	Rating criteria	Others
1	Water treatment and supply facilities for alternative water resources are installed.	
2	If the replacement rate of water use load is more than 10%	
3	If the replacement rate of water use load is more than 20%	
4	Satisfies level 3, and the amount of alternative water resources secured was more than 30% of the total water consumption and the water treatment rate is 80% or more.	
5	Satisfies level 3, and the amount of alternative water resources secured was more than 40% of the total water consumption and the water treatment rate is 90% or more.	

Table 12. Evaluation criteria for water saving facilities and water saving systems in micro water grid units

Level	Rating criteria	Others
1	If there is a target value for water savings.	
2	If the ratio of water saving facilities among total water consumption facilities is more than 30%.	
3	If the ratio of water saving facilities among total water consumption facilities is more than 50%.	
4	Satisfies level 3, and the target water saving rate is 10% or more of the total water consumption of existing buildings.	
5	Satisfies level 3, and the target water saving rate is 20% or more of the total water consumption of existing buildings.	

※ Target water saving rate: The target rate of water volume saved by water saving facilities, water consumption saving behavior, etc. based on existing water use or average water consumption.

Table 13. Evaluation criteria for rainwater using system in micro water grid units

Level	Rating criteria	Other
1	There is a system that uses rainwater.	
2	There is a rainwater utilization system, and the area of the rainwater storage tank is installed on 2% or more of the site area.	
3	There is a rainwater utilization system, and the area of the rainwater storage tank is installed on 5% or more of the site area.	
4	Satisfies level 3, ratio of rainwater use is 20% or more.	
5	Satisfies level 4, the number of rainwater cycles in the reservoir is more than 10 times a year.	

린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지에서의 상수사용 부하저감 항목은 대체수자원 수처리시설과 처리수공급시설의 설치유무, 대체수자원 사용에 의한 상수소비량 절감율과 대체율 등을 평가한다. 그리고 level 4, 5 단계는 대체수자원 확보에 의해 실질적인 상수사용으로 전환되는 정도를 평가하였다.

(2) 수자원의 절약

① 물 절약

마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지에서의 물절약은 환경표지인증 제품 기준에 적합하고 이에 준하는 성능 또는 효과를 기대할 수 있는 절수제품과 절수시스템의 구비 정도를 평가한다. 또한 Table 12에서 level 4, 5 단계는 실제로 설비사용을 향상시킬 수 있도록 목표 상수 절감율을 포함시켰다.

② 우수 이용

마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지에서의 우수이용은 집수면적과 동시에 우수사용율을 고려하였다. Table 13에서는

우수 이용 시스템에 대한 항목의 목적수로서 조경, 청소, 살수, 화장실 등의 용수로 사용되고 설비의 크기와 효율도 고려하였다. 집수면적은 건축물의 지붕면적을 포함하는 건물의 부지면적으로 확대해서 설정하였고, 시설의 규모는 건축면적(m²) 또는 대지면적(m²)에 일정비율을 곱해서의 우수 저류조 또는 저류지 용량을 산정하는 level 2와 3으로 분류하였다. 우수사용비율은 level 4에 적용하였고 우수저류조의 순환율을 고려하여 level 5의 항목을 설정하였다.

③ 중수 이용

마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지에서의 중수는 대체수자원으로서 가장 안정적으로 수량이 확보될 수 있지만, 수처리 신뢰성이 낮고 하수를 다시 사용한다는 선입감으로 잘 이용되지 못하고 있다. 그러나 제한된 건물에 대하여 법적으로 설치를 의무화 하여 설치되어 있지만 실제로 중수처리시설의 가동과 처리수를 대체수자원으로 활용되는 실적은 매우 적은 상태에 있다. 따라서 중수처리시설의 설치 확대를 유도하고, 설치된 중수처리시설의 운영도를 높이고, 중수를 대체수자원으로

Table 14. Evaluation criteria for greywater using system in micro water grid units

Level	Rating criteria	Other
1	If the gerywater treatment facility is installed and the greywater usage rate is less than 5%.	
2	If the gerywater treatment facility is installed and the greywater usage rate is between 5 and 10%.	
3	Level 2 is satisfied and the greywater usage rate is 10% or higher	
4	If greywater usage rate is 15% or higher and there are two objective water for which greywater is used.	
5	Level 4 is satisfied and there are more than three objective water for which greywater is used.	

※ greywater usage rate = $\frac{\text{greywater use volume (m}^3\text{)}}{\text{total water volume use (m}^3\text{)}}$

서 활용도를 높이는 것이 평가의 목적이다. 따라서 소규모 건물일 경우 중수도 설치가 어려운 부분이 있으나 추후 중수시설의 발전 방향에 소외되지 않도록 배점을 부여하여 낮은 비율일지라도 설치 및 사용을 장려하도록 하였다. 또한 중수도 설치와 사용이 의무화된 건물은 Table 14의 level 1, 2는 적용하지 않고 level 3 단계부터 적용되며, 또한 level 4, 5에 사용된 목적수란 건물 내 청소용수, 조경용수, 화장실용수 이외에 도로 살수용수, 공용시설 내의 수세식 변소용수, 건물 외벽청소용수, 조경용수 등으로 범위를 확대하여 건물 내에서의 사용과 동시에 외부에서의 사용을 범위에 포함되도록 하였다.

(3) 물이용 모니터링

마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지에서의 상수 및 각종 대체수자원의 사용량을 예측하고 건물 이용자의 물 소비 패턴과 물 사용 습관을 해석할 수 있는 것이 물이용 모니터링 항목이다. 이 항목은 절수기기 설치와 우수, 중수 등의 대체수자원의 수처리 및 공급과 같은 시설을 설치하고 동시에 이들 시설에 센서를 설치하여 스마트하게 공급과 소비될 수자원 종류와 각각의 사용량 추적을 할 수 있다. 이와 더불어 '누수감지'항목은 시스템이 구축되어 있지 않을 때 발생할 수 있는 누수의 발생을 최소화하거나 건물의 수요에 따라 급수를 조정하는 유량제어장치를 설치할 수 있다.

Table 15. Evaluation criteria for water using monitoring in micro water grid units

Level	Rating criteria	Other
1	Install a suitable water usage measuring instruments (remote inspection system) according to the main water supply lines of each building.	
2	Water usage meters and monitoring equipment should be installed to identify the types of water resource available per year.	
3	Satisfies level 2, Water consumption volume is monitored closely for each of the major building types. and It is necessary to understand the water consumption patterns of water users and to verify the validity of water consumption data through them.	
4	Satisfies level 3, water consumption volume is monitored and managed by installing water management programs and devices. (It is necessary to monitor water consumption for water produced in water treatment facilities such as stormwater treatment facilities and greywater treatment facilities.)	
5	Satisfies level 4, install a water leak detection system or flow control system.	

- * 1. If there are multiple buildings within a site (shopping center, industrial complex, etc.), a separate auxiliary meter is required.
 - Required for each water supply unit
 - Auxiliary/separate building for major development of water supply
 - common area (a communal toilet)
 - service area (Supply to wastewater discharge and treatment fields, etc.)
- 2. For monitoring, the main instrument and auxiliary instrument must have pulse / protocol outputs connectable to existing BMS or a newly installed utility monitoring and management system (eg AMR, BEMS, aM & T etc).

‘물이용 모니터링’에 관한 항목은 현재 BREEAM을 제외한 타 인증기준에서 다루지 않고 있지만 GBCC의 개정안에서는 신규 평가기준으로 제시하고 있으며 평가방법은 환경표지인증획득 계량기의 사용비율, 수도물 관리 프로그램, 누수방지시스템 등의 설치여부를 평가하는 것이다. 그리고 CASBEE의 에너지부문에서 다루는 모니터링 항목을 참고할 수 있다. 따라서 상기 내용을 참조하여 마이크로 워터 그리드(그린빌딩)에 적합한 수자원 부문의 모니터링 항목으로 변경하도록 하였다. Table 15에 ‘모니터링’항목의 점수산출기준을 정리하였다. level 1은 건물 내 주요 급수에 따라 물 사용량을 측정하는 계측기를 설치한 경우에 부여되며, level 2는 물 사용량 계측기 및 모니터링장비를 설치하여 연간 이용되는 수자원의 유형을 파악할 수 있는 경우에 부여되며 추가적으로 물소비량 식별 및 소비패턴 데이터의 타당성이 확인될 경우 level 3, 관리할 수 있는 프로그램 및 장치가 설치되어 감시·관리가 용이할 경우 level 4, 누수감지시스템 또는 유량제어장치가 추가적으로 설치되어있을 경우 level 5를 부여한다.

IV. 결론

본 연구는 국내외 그린빌딩 인증제도내 수자원 평가항목을 비교·분석하여, 마이크로 워터 그리드 단위의 그린빌딩이나 스마트빌딩 및 복합단지 내외에서 상수, 자연수자원 및 대체수자원 등과 같은 다중 수자원들이 충분히 연계 및 활용될 수 있도록 유도하기 위한 평가항목과 기준을 제시한 결과는 다음과 같다.

1. 국내외 그린빌딩 인증기준에서 수자원 부문의 전체 비중은 GBCC는 10.3%, LEED 약 9.1%, BREEAM에서 약 8.2%, CASBEE의 경우 LR을 기준으로 비율을 산정해 총 6.4%로 에너지 등 주요부문에 비해 낮은 비율로 나타났다. 따라서 수자원 부문의 비중을 상향조정하고 항목을 추가할 필요가 있는 것으로 판단된다.

2. GBCC와 CASBEE와 같이 상수 절약 정도의 평가는 절수설비 및 기기의 설치개수로 점수를 부여하는 것과 BREEAM과 LEED와 같이 물 사용 절감량을

구체적으로 명시한 기준을 통합하는 형식으로 평가 기준을 개정할 필요가 있다. 또한 우수·중수 이용항목에서 저장시스템의 유무와 실제 상수 대체율을 통합해서 평가기준을 재조정하였다.

3. 상수 및 대체수자원과 같은 이용수자원 종류와 유량 등을 사용자가 알 수 있도록 물이용 모니터링 항목을 적용하였다.

4. 우수 배출 부하 절감 항목은 GBCC와 CASBEE에서만 독립적으로 다루고 있지만, 두 인증제도를 통합해서 건축물 내외 모두를 평가할 수 있는 평가기준을 제시하였다.

사사

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지능형 도시수자원 관리사업(2019002950003) 및 국토교통부의 재원으로 중랑천 홍수방지 및 생태복원 종합계획 수립 용역 과제 지원을 받아 연구되었습니다.

References

- BRE Global. 2014. BREEM UK New Construction non-domestic building. Technical manual.
- Cho SH. 2011. A Study on The Methodology of Water Saving in Multi-Family Residential Buildings. Chung-Ang University. Master Thesis. [Korean Literature]
- Council, U.G.B. 2016. LEED Reference Guide for Building Design and Construction: LEED V4 Edition (2016). U.S. Green Building Council.
- Do YH, Lee SW, Hong WH. 2010. A Study On The Green Building Certification System Through the Comparison. Proceedings of The Regional Association of Architectural Institute of Korea Annual Conference. 579-582. [Korean Literature]
- Jung JN. 2011. A Study on the Integrated Model of

- the Environmental Performance Assessment Criteria for Buildings. Yeungnam University. Doctoral dissertation. [Korean Literature]
- JSBC. 2010. CASBEE for New construction. Technical manual.
- Ka CH, Park SD, Jeon YH, Tae CS. 2011. Development of Regional Priority Credits in the Korea Green Building Certification Criteria. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design 27(10): 269-276. [Korean Literature]
- Kang BH, 2010. A Study on the Evaluation System of the Green-building Certifications for Energy Conservation in Apartment Housing. Gyeongsang National University. Doctoral dissertation. [Korean Literature]
- Kim HA, Kim KH. 2013. A Study on the Direction of Revision for Green Building Certification Criteria on Office Building - Focused on the Comparison with LEED and BREEAM -. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design 29(10): 13-22. [Korean Literature]
- Kim HJ, Kim KS, Kim BS. 2006. A study on certification criteria for effective application of green building rating system water resource. Proceedings of The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea Annual Conference. 1049-1054. [Korean Literature]
- Kim JY. 2013. The Research on the Comparison of LEED 3.0 and GBCC in terms of Credential Items - Focused on Energy and Atmospheric Topics -. Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea. 15(1): 31-40. [Korean Literature]
- Kim SU, Kim HB. 2010. A Study on the Improvement of Korea Green Building Certification System by the Comparison with BREEAM and LEED. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design. 26(12): 271-278. [Korean Literature]
- Kim SH. 2012. A Study on the Comparative Analysis of the Korean GBCC with the Japanese CASBEE through Evaluate of the Actual Building. Dong-A University. Master Thesis. [Korean Literature]
- Park CY. 2013. Introducing Green Building Certification System and Comparing between Green Building Certification System and LEED. Construction Technology, Research report. [Korean Literature]