



생태건축에서 물순환 확보를 위한 관련규정 개선 - 빗물이용 현황분석을 중심으로 -

*Improvement of related regulations to accomplish Water Circulation in Ecological Architecture
- Focusing on Rainwater Utilization Status Analysis -*

이태구* · 한영해**

Tae-Goo Lee* · Young-Hae Han**

* Dept. of Architectural Engineering, Semyung Univ., South Korea (tglee2911@naver.com)

** Corresponding author, Eco-Arche Institute of Environmental Urban & Architecture Planning, South Korea (youngseahan@nate.com)

ABSTRACT

Purpose: It was analyzed in this study what measures were applied to promote the water cycle to build ecological architecture. Based on this results, it would be to suggest what items should be supplemented in addition to the use of rainwater to secure water circulation in ecological construction. This aims to analyze how relevant the these guidelines are to the status of the facilities, and how effective the rainwater facility is in the water cycle. **Method:** The regulations and guidelines related to green city and green building certification were analyzed, and the application status of 251 rainwater use facilities in Korea was analyzed. In addition, it was reviewed that the water circulation-related evaluation items on DGNB which is a sustainable architecture evaluation system in Germany, and it was analyzed the cases of realization of them in architectural architecture. **Result:** In conclusion, the method of promoting water circulation in ecological construction is not only to use rainwater in terms of water conservation but also to induce more integrated rainwater evaporation, infiltration, storage. This protects the groundwater, effectively uses water and reduces the load on sewer pipes.

KEYWORD

녹색건축 인증
물순환
생태건축
빗물이용
통합적 빗물관리

green building certification
water cycle
ecological architecture
Rainwater harvesting
Integrated Rainwater Management

ACCEPTANCE INFO

Received Sep 30, 2019
Final revision received Oct 22, 2019
Accepted Oct 25, 2019

© 2019 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근의 기후변화 현상이나 재해영향, 건강한 환경 등에 관한 관심이 높아지면서 건축분야에서도 친환경 인증, 녹색건축 인증 등 자연 환경과 조화되면서 자원과 에너지를 생태학적 관점에서 접근하는 방안이 적극적으로 이루어지고 있다. 이러한 방안의 하나로 생태건축에서 물순환을 도모하는 다양한 조치들이 이루어지고 있다.

생태건축 조성이 활발한 독일에서는 물순환을 위한 빗물관리를 건물, 지역단위, 도시의 배수권역에서 빗물을 다루는 모든 조치를 의미하고 있다. 즉, 중앙집중식 빗물관리에서 벗어나 현지 상황에 따라 침투나 저류, 증발산 등 자연적인 물순환 상태로 돌아갈 수 있도록 적절한 방법을 통합 적용하는 것을 의미한다. 이를 위해 빗물은 가능한 한 지역에서 인공수면의 수원이나 건물의 녹지에서 사용 또는 처리되고, 토양층에 침투, 증발되도록 규정하고 있다[9].

한편, 우리나라에서는 녹색도시 및 녹색건축 인증 등 관련법규나 지침에서 물순환과 관련된 내용을 다루고는 있으나, 특히 빗물이용 항목 및 배점이 구체화되고 관련 기준내용도 많다. 결과적으로 녹색

건축 인증 또는 물재이용법에 의해 빗물이용시설을 설치한 건축물이 다수이다. 국내 하수도분야 통계에 의해서도 알 수 있는데, 2010년 빗물이용시설이 전국에 337개, 2012년에 670개, 2013년 968개, 2014년 1,369개로 매년 40% 이상의 증가율을 보이고 있는 것으로 확인된다[12]. 반면, 빗물 침투나 저류시설 등에 대한 파악은 어려운 실정이다.

본 연구에서는 건축단위나 단지개발 단위에서 물순환을 도모하기 위해 국내에서 어떠한 조치들이 취해지는지 관련법규 및 지침 등을 분석하고, 실제 빗물이용이 건축단위에서 물순환 측면에서 어느 정도 효과가 있는지를 분석하고자 한다. 더불어 외국에서 생태적으로 건축물을 조성하기 위하여 물순환 측면에서 어떠한 조치들이 이루어지고 있는지를 분석하고자 한다. 이러한 분석결과를 토대로 보다 효과적인 물순환 확보가 이루어지도록 규정 개선 및 빗물관리의 방향을 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 생태건축의 범위를 현행법상 녹색건축 인증과 연계하여 다루고자 한다. 이는 녹색건축 인증제도[1]의 정의에서 보는 바와 같이 설계와 시공 유지, 관리 등 전 과정에 걸쳐 에너지 절약 및 환경오염 저감에 기여한 건축물에 대한 친환경 건축물 인증을 부여하는 제도이기 때문이다[13]. 또한, 건축물의 입지, 자재선정 및 시공,

유지관리, 폐기 등 건축의 전 생애(Life Cycle)를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통하여 건축물의 환경성능을 평가하기 때문에 본 연구에서 논의하는 생태건축의 범위를 이와 같이 설정하고자 한다.

연구의 내용은 생태건축을 조성함에 있어 물순환 확보를 위해 요구되는 사항과 관련하여 규정된 지침을 분석하고, 빗물이용시설의 사용현황을 분석함으로써 실제 이러한 시설이 물순환에 어느 정도 효과가 있는지를 살펴보고자 하였다. 또한 독일의 지속가능건축 평가제도인 DGNB상의 물순환 관련 평가항목을 살펴보고, 이를 실제 건축상에서 구현하는 사례를 분석하였다.

이러한 분석결과를 토대로 생태건축에서 물순환 확보를 위하여 빗물이용 외에 어떠한 사항들이 보완되어야 하는지를 제안하고자 한다.

2. 물순환 관련지침 분석

2.1. 국내 물순환 관련지침

1) 도시 및 단지계획 단위

도시에서의 물순환은 기존의 중앙집중식 빗물관리의 한계를 극복하고 물순환 구조개선 및 도시 생태계의 회복을 위하여 빗물을 현지에서 분산 처리하는 통합적인 빗물관리시스템에 의해 이루어질 수 있다[7]. 특히 도시개발 단계에서는 개별필지 단위에 비하여 전체적인 물순환을 도모할 수 있는 가능성이 크므로 적극적으로 적용이 필요하다.

국토교통부의 도시개발업무지침에 따르면, 개발계획에 따른 환경성 검토와 함께, 개발구역에 대한 물순환 환경을 회복시키는 빗물관리계획을 수립하도록 하고 있다[5]. 빗물관리시설은 빗물의 이용, 침투 및 저류시설로 구분하여 계획하도록 규정하며, 그중 빗물이용은 도시홍수 및 재해대비와 수자원의 절약 및 순환을 위해 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률에 따라 빗물이용시설을 설치하도록 하고 있다(Table 1).

Table 1. Contents of Water Circulation for development a Green City

Part	Certification item	Contents	Score																
Rainwater Management Facility	Rainwater Management Facility	Plan to separate rainwater use, infiltration and detention facilities	-																
	Rainwater utilization facility	<ul style="list-style-type: none"> In accordance with the Act on the Promotion and Support of Water Reuse, Rainwater utilization facility is installed. Set up the capacity of the storage in the development planning stage and evaluate it Score according to reservoir capacity 	1-5																
		<table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.005</td> <td>0.0075</td> <td>0.01</td> <td>0.015</td> <td>0.02~</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.0075</td> <td>0.01</td> <td>0.015</td> <td>0.02</td> <td></td> </tr> </table>		S	1	2	3	4	5	C	0.005	0.0075	0.01	0.015	0.02~		0.0075	0.01	0.015
	S	1	2	3	4	5													
C	0.005	0.0075	0.01	0.015	0.02~														
	0.0075	0.01	0.015	0.02															
	S: Score C(m ³): Storage tank capacity per land area(m ²)																		
	Stormwater Reduction Facility	Installation of rainwater infiltration facilities and detention facilities in accordance with the Natural Disaster Prevention Act	-																
	Rainwater Detention Facility	Calculation of facility size considering sewage rainwater removal plan to minimize rainwater discharge	-																

이렇듯 녹색도시 조성을 위한 계획기준에 따라 계획안이 수립되면 이에 대해 녹색도시 평가를 신청하게 된다. 물순환과 관련하여 『녹색도시개발 계획수립 및 평가기준』의 평가항목에서 공원녹지, 생태면적율, 자연지반면적률 등이 빗물의 자연적인 증발산, 침투, 저류에 영향을 줄 수 있는 항목이며, 또한 빗물이용에 대한 평가지표가 물순환 회복을 유도할 수 있는 지표이기도 하다[1].

그러나 실제 녹색도시 평가항목 상에 빗물 침투 및 저류의 통합적 적용이 가능한 빗물관리 평가항목이 부재함으로써 이를 유도할 수 있는 근거가 부족하다. 즉, 계획기준 상에는 빗물관리시설을 적용할 것이 언급되고 있지만, 실제 평가항목에는 빗물의 이용(100점 만점에 2.5점에 대한 평가만 이루어지고 있어 적용상에 한계를 드러내고 있다(Table 2.).

Table 2. Calculation of Green City Score

Part	Evaluation index	Score	Weight	Perfect score
Carbohydrate absorption (50)	Area of Green (Ratio)	1.0~5.0	4	20.0
	Biotop Area Ratio	1.0~5.0	4	20.0
	Natural Ground Area Ratio	1.0~5.0	2	10.0
Carbon reduction (50)	Proximity between work and residence	1.0~5.0	3	15.0
	Activating public transportation	0.3~5.0	2	10.0
	Activating bicycle use	1.0~5.0	1	5.0
	Green public transportation	3.0~5.0	0.5	2.5
	Eco-Friendly building certification	1.0~5.0	2	10.0
	Renewable Energy Using	1.0~5.0	0.5	2.5
	Rainwater utilization	1.0~5.0	0.5	2.5
Graywater utilization	1.0~5.0	0.5	2.5	

2) 건축물단위

① 에너지절약형 친환경주택의 건설기준에서의 물순환 규정

현재의 녹색건축물로 통합되기 이전에는 에너지절약형 친환경주택에 대한 건설기준을 『주택법』 제37조에서 명시하였다. 이에 대해 『주택건설기준 등에 관한 규정』 제64조에서 저에너지, 고효율 등 에너지관련 내용과 함께 자연지반의 보존, 생태면적율의 확보 및 빗물의 순환 등 생태적 순환기능 확보를 위한 외부환경 조성기술을 적용할 것을 정하고 있다[2]. 보다 자세히는 친환경주택의 건설을 위한 설계방향에 빗물의 재활용을 언급하고 있는데 이는 물순환을 건전화하고, 빗물순환을 복원하기 위한 것으로, 단지 내에서 최대한 저장하여 활용하거나 지반으로 침투시키는 방식을 도입하도록 하고 있다는 것이다. 이 조항에서 정의하고 있는 빗물이용의 개념은 내용상으로는 빗물의 침투 및 저류, 이용 등을 통한 통합적 물순환을 의미하고 있으나 용어상 ‘이용’으로 한정함으로써 그 범위를 축소시키는 문제점을 갖고 있다.

② 녹색건축 인증기준에서 물순환 규정

국토교통부에서는 『녹색건축물 조성 지원법』 제16조 4항에 의해 『녹색건축 인증에 관한 규칙』을 규정하고 있으며, 녹색건축 인증기준을 정하고 있다[3]. 평가항목 중 필수로 평가해야 하는 항목으로는 에너지 성능, 재활용 가능 자원의 분리수거, 절수형 기기 사용, 실내

공기 오염물질 저방출 제품의 적용 등이 있으며, 이 중 배점이 가장 높게 책정된 항목은 에너지 성능(12)이다. 건축유형에 따라 다르나 신축 주거용 건축물을 예로 보면, 토지이용 및 교통(16), 에너지 및 환경오염(20), 재료 및 자원(15), 물순환 관리(14), 유지관리(9), 생태환경(20), 실내환경(21), 이외 혁신적인 설계(19) 배점이다[4].

이중 물순환과 관련된 부분은 물순환관리와 생태환경분야이다. 물순환관리 분야에서 빗물관리란 함은 빗물유출량을 저감·관리하는 시설의 설치정도를 평가하는 것으로 4) 내용상 빗물의 침투저류를 유도하는 빗물관리 항목은 5점으로 규정하고 있다(Table 3.). 빗물이용과 관련해서는 빗물 및 유출지하수 이용(4점)과 혁신적인 설계분야에서도 중수도 및 하폐수처리수 재이용항목에 1점을 더 배점하여 총 5점에 해당한다.

Table 3. Water Circulation Regulation in Green Building Certification Criteria

Regulation Name	Certification item	Contents	Score
Eco-friendly Building Certification (Water resources)	Feasibility of Countermeasures to Reduce Runoff Load	• Installation rate of Permeability pavement for stormwater penetration	3
	Water saving measures	• Environmental mark certification product application	4
	Rainwater use	• Whether to install rainwater facilities	2
	Grey water use	• Whether to use grey water	4
Rules for Green Building Certification (Water circulation management)	Rainwater Management	• Installation to Rainwater management facilities to reduce rainwater discharge	5
	Rainwater and runoff Groundwater Use	• Installation of facility using rainwater and runoff groundwater	4
	Use of water-saving devices	• Whether to apply environmental label certification product (water saving)	3
	Water usage monitoring	• Evaluate the use of environmentally-certified meters and tap water management programs to improve water use efficiency	2

또한 기존 주거용, 비주거용 건축물 인증심사 기준에 있어서도 물순환 관리 분야에서는 물 사용량 모니터링(2) 및 물절약 관리지침 운영(3)등에 5점을 두고 있다. 그러나 외국의 경우, 실제 기존 건축물에서의 물순환 관리는 포장된 면적을 제거하고 이를 투수포장면으로 전환하는 것을 유도함으로써 다양한 환경효과를 꾀하고 있다. 따라서 이러한 항목을 함으로써 기존도시의 물순환을 더 유도할 수 있을 것이다. 또한 비주거용 건축물 중 숙박시설의 경우는 물사용량이 많기 때문에 목욕시설 등으로부터 오염도가 적은 하수를 재처리하여 중수로 활용하는 부분에 배점항목을 두는 것을 제안한다. 특히, 산간이나 하천 근처의 자연지역에 건설되는 숙박시설은 건설로 인해 지하수 이용과 지하수위 저감에 영향을 많이 미치는 지역이 많으므로 이에 대한 조치가 더욱 필요할 것이다. 그린리모델링의 경우는 더욱 더 포장제거 등으로 인해 빗물유출저감을 유도하는 것이 요구되기 때문에 이에 대한 인증항목을 두는 것이 필요하다. 이 경우 절수형기기사용에 대해서만 물순환을 유도하는 항목은 그 효과가 미비하기

때문에 빗물유출저감 인증분야가 더욱 요구된다.

3) 소결

생태적인 도시환경을 조성하기 위해서는 도시 및 단지차원 뿐 아니라 건축물단위에서 물순환 확보를 위한 다양한 빗물관리가 요구된다. 그러나 앞서 관련된 지침을 분석한 결과 다음과 같은 한계가 있음을 알 수 있다.

첫째, 계획기준과 평가항목간의 연계성 부족이다. 도시 및 단지계획 단계에서 빗물관리의 통합적 적용을 명시하면서 실제 녹색도시 평가항목에 빗물이용시설만을 함으로써 침투 및 저류에 대한 사항을 간과하고 있다는 사실이다. 공원녹지, 생태면적율, 자연지반면적률 등의 지표가 빗물의 자연적인 증발산, 침투, 저류에 영향을 줄 수 있다. 다만, 계획기준 상에 빗물관리시설에 대한 언급은 하면서 실제 녹색도시 평가항목상에 관련지표가 부재하고 빗물이용에 대한 항목만 함으로써 이를 유도할 수 있는 근거가 부족하다.

둘째, 용어사용의 불명확성이다. 친환경 주택 관련규정을 보면, 용어 정의의 모호함으로 인해 적극적인 물순환 조성이 어렵다는 것이다. 즉, 빗물이용의 정의를 내용상으로는 빗물의 침투 및 저류, 이용 등을 통한 통합적 물순환으로 하고 있으나, 용어상 '이용'으로 한정함으로써 그 적용범위를 축소시키는 문제점을 갖게 된다.

셋째, 통합된 녹색건축 인증기준에서는 평가항목상에 빗물의 침투저류를 유도하는 빗물관리 항목은 5점으로 규정하는 반면, 물재이용법에서 빗물이용과 관련해서는 이를 의무화하다 보니, 건축주 입장에서는 빗물이용시설 설치에 더 주력할 수밖에 없는 구조이다.

2.2. 독일의 물순환 관련지침

1) 독일 DGNB 물순환 관련지침

DGNB(Deutsches Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 독일지속가능건축협회) 평가시스템은 환경(22.5%)·경제(22.5%)·사회문화(22.5%)·건축기술(15%)·건축프로세스(12.5%)·대상지(5%)측면의 총 6개분야로 구성되어 평가범주의 구조적 틀을 이루고 있다(Fig. 1.). 이중 환경분야에는 지구 및 지역환경에 미치는 영향 3항목과 자원사용 및 폐기물 관리 3항목에서 평가하고 있다[8].

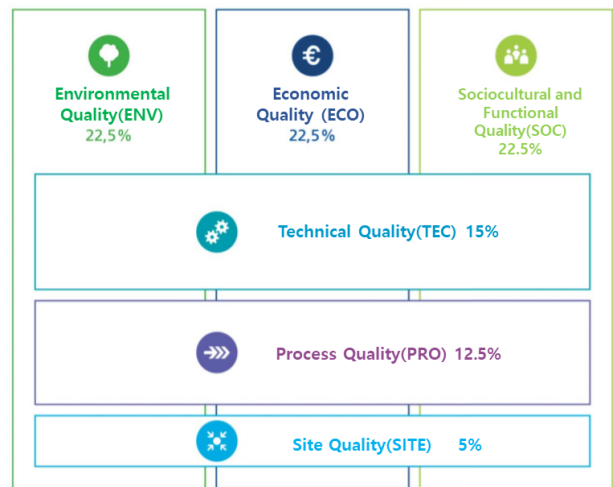


Fig. 1. Evaluation Structure and Distribution of DGNB in Germany

여기서 물순환과 관련 있는 내용이 Table 4.에서 보는 바와 같이 ENV 2.2의 상수요구량과 하수배출량의 평가내용이다. 이 평가의 목적은 폐수를 재활용하고 빗물과 같은 지역의 자연자원을 이용하여 식수요구량을 줄임으로써 자연적인 물순환을 유지하는 것이다 (DGNB GmbH, 2018). 이렇게 함으로써 운영비용을 줄이고 더 수준 높은 지속가능성의 목표에 기여하는 데 있다.

Table 4. Evaluation Items of Environment Field(ENV)

Criteria Group	Criteria Name
Effects on Global and Local Environment (ENV1)	ENV1.1 Life Cycle Assessment of the building
	ENV1.2 risks to the local environment
	ENV1.3 Responsible resource recovery
Resource Receipt and Waste (ENV2)	ENV2.2 drinking water requirements and waste water volumes
	ENV2.3 Land use
	ENV2.4 Biodiversity at the site

구체적인 평가지표상의 내용은 다음과 같다.

첫째, 옥외시설의 평가와 관련하여 관수와 빗물의 지체를 위해서는 옥외시설에 상수로 관수하는 시설을 건축적으로 제공하지 않도록 하고 있다(배점2.5). 또한 옥외시설에는 빗물조절장치와 빗물의 지체장치를 포함하도록 하고 있다(배점 2.5).

둘째, 주변인프라에의 통합여부이다. 빗물 및 하수의 배출시에는 주변지역에 있던 기존의 기반시설과 분리, 유출감소를 위한 모든 가능성을 이용하도록 하고 있다(배점 5). 즉, 관거를 통한 배출보다 지역내에서 침투, 저류를 통한 유출감소를 유도하는 것이다.

Table 5. Drinking Water Requirements and Waste Waste(ENV2.2)

No. Indicator	Points
1. Outdoor facilities	
1.1 Irrigation and retention	
• An irrigation of the outdoor facilities with drinking water is structurally not provided	max. 5+2.5
• The outdoor facilities contain devices for throttling / retention of rainwater	+2.5
2. Integration into the neighborhood infrastructure	
2.1 integration	
• The type of rain and sanitation is geared to the existing infrastructure in the surrounding area and uses all the possibilities for separation, reduction, etc.	5

2) 독일 생태건축의 빗물관리 현황

독일의 생태건축이 물순환을 확보하기 위한 대전제가 지하수 보호 및 상수의 효율적 사용에 있다. 이러한 관점에서 빗물유출과 빗물관리의 접근방법이 논의된다. 빗물은 우선적으로 대상지 조건에 따라 지역의 하수시스템으로의 배출을 원칙적으로 제한하고, 공공건물의 신축 또는 리모델링의 경우에도 음용수 수준의 물이 절대적으로 필요하지 않는 사용범위에 대해서는 빗물의 이용 및 처리수의 이용을 규정하고 있다.

특히 빗물관리는 건물, 지역단위, 도시의 배수권역에서 빗물을 다루는 모든 조치를 의미하는 것으로, 중앙집중식 빗물관리에서 벗어나 현지 상황에 따라 적절한 조치를 통해 침투나 저류, 증발산 등 자연적인 물순환 상태로 돌아갈 수 있도록 하는 것을 의미한다. 이를 위해 빗물은 가능한 한 지역 에서 인공수면의 수원이나 건물의 녹지

에서 사용 또는 처리되고, 토양층에 침투, 증발되도록 규정하고 있다 (Fig. 2.).



Fig. 2. Rainwater Management Facilities in Germany

이를 보다 구체적으로 유도하는 것이 우수세 인데, 2000년 이후 베를린에서는 가정에서 발생하는 하수와 빗물유출에 대한 별도의 세금을 부과하고 있다. 즉, 빗물이 공공의 하수시스템에 유입되는 건축면적 및 포장면적에 따라 2018년도 기준으로 m^2 당 1.84유로를 우수세를 도입하고 있다. 다만 옥상녹화지붕의 경우 50%만 적용하고 이외에도 빗물의 증발, 이용, 침투조치가 이루어져 하수시스템으로 유입되는 것이 적다는 것을 입증하면 우수세를 경감하고 있다[9].

3. 국내 빗물이용현황 분석

3.1. 분석내용 및 방법

1) 분석자료 및 내용

서론에서도 밝힌 바와 같이 빗물이용시설은 2010년~2014년까지 매년 40% 이상의 증가율을 보여 왔다. 또한 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제8조제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조제1항에 따라 빗물이용시설 설치결과를 신고하도록 하고 있다. 이러한 현상은 앞서 언급한 관련 규정들에 의해 빗물이용시설 설치 시 다양한 점수 및 인증을 받게 되기 때문이다. 그럼 과연 이와 같은 시설설치가 물순환 확보를 위해 어느 정도의 효과가 있는지를 알아보려고 한다. 관련 법규상 빗물이용시설 설치결과를 신고하도록 하고 있어 공공데이터 포털을 통해 빗물이용시설 현황을 알 수 있다. 본 분석에 사용된 빗물 이용시설 자료는 총 5개 시·도로서 양주시, 고양시, 성남시, 경상남도 와 광주광역시이다[12].

빗물이용시설 설치신고서의 내용에 의하면, 건축물의 주용도와 연면적, 지붕면적, 빗물집수면적, 빗물저류조 용량, 빗물이용의 주용도, 빗물이용예정수량, 처리용량 및 처리방법 등을 기입하도록 하고 있으며, 이러한 데이터를 토대로 해당 지자체에서 매년 액셀파일로 갱신된 자료를 업로드하고 있다. 다만 업로드된 자료의 내용이 각 지자체별로 상이한 점이 있어 공통된 사항을 중심으로 분석하였다.

2) 분석방법

분석은 IBM SPSS Statistics 22를 이용하여 건축물 유형별 빗물 이용시설의 설치빈도 및 빗물이용 용도, 건축물 유형과 저류조 용량과의 상관관계, 공사비 등의 내용을 분석하였다.

3.2. 분석결과

1) 건축물 유형별 빗물이용시설 현황

각 지자체의 자료를 분석한 결과, 빗물이용시설을 설치한 건축물의 유형을 공공청사, 학교, 공동주택, 단독주택, 공장, 업무 및 상업시설, 체육시설 총 7유형으로 분류하였다. 전체 251건의 빗물이용시설 중 결측값 2개를 제외하고 총 249건에 대해 공동주택이 90개소(36.1%)로 가장 많이 설치되었다. 그 다음으로 학교(26.9%), 업무 및 상업시설(15.7%), 공공청사(11.6%) 체육시설(7.6%), 단독주택(0.4%)의 빈도를 보였다⁵⁾(Table 6.).

Table 6. Frequency analysis of rainwater utilization facilities by building use type

Building use		Frequency	%	Effective percent	Cumulative percent
Effective value	Public building	29	11.6	11.6	11.6
	school	67	26.7	26.9	38.6
	Apartment	90	35.9	36.1	74.7
	House	1	0.4	0.4	75.1
	factory	4	1.6	1.6	76.7
	Commercial business building	39	15.5	15.7	92.4
	Sports building	19	7.6	7.6	100.0
	Sub Total	249	99.2	100.0	
Missing value	System	2	0.8		
Total		251	100.0		

2) 빗물이용 용도별 현황

물재이용법에 의하면 포괄적 의미에서 물의 재이용을 정의하고 그 대상을 빗물, 오수(汚水), 하수처리수, 폐수처리수 및 발전소 온배수로 정하고, 그 처리된 물을 생활, 공업, 농업, 조경, 하천 유지 등의 용도로 이용하는 것으로 정의하고 있다[7]. 한편, 물재이용법이 신설되기 이전 수도법에서는 빗물이용시설의 정의를 빗물을 모아 생활용수, 조경용수, 공업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설로 명하고 있다. 또한 환경부(2007)의 가이드라인에 의하면 빗물은 화장실용수, 조경용수, 청소용수 및 친수용수로 주로 사용됨을 명시하고 있다[7]. 이에 근거하여 집수된 빗물의 사용용도를 조경, 청소용과 화장실용수로 구분하여, 그 빈도를 분석하였다.

분석결과, 결측값 108건을 제외한 총 143개 시설 중 화장실용도로 사용할 수 있도록 한 시설은 15건으로 전체 10.5%를 차지하였다. 그 외 90%가량이 조경 및 청소용수로만 사용되고 있음을 알 수 있었다(Table 7.).

Table 7. Purpose of use of Rainwater in Rainwater Storage

Purpose of Use		Frequency	%	Effective percent	Cumulative percent
Effective value	Landscaping & cleaning	128	51.0	89.5	89.5
	Toilet Flushing	15	6.0	10.5	100.0
	Sub Total	143	57.0	100.0	
Missing value	System	108	43.0		
Total		251	100.0		

환경부(2003) 자료에 의하면 우리나라 가정 내 용도별 물 사용량 중 집수된 빗물로 사용가능한 용도가 화장실용이나 청소 및 살수용으로 총 약 35% 정도에 해당한다(Table 8.)[6][10]. 이중 화장실 용도로 사용되는 양이 27%로 빗물이용가능 100으로 가정할 때 78에 해당하는 비율이다. 즉 빗물이용의 효율성을 높일 수 있는 방안은 빗물의 수원이 확보되는 범위에서 그 사용용도가 높은 곳에 쓰일 때 효과가 높다고 하겠다. 그러나 실제 이용현황을 보았을 때 화장실용수로 적은 빈도가 사용됨을 볼 때 빗물이용의 효과가 그다지 높지 않은 것을 알 수 있다.

Table 8. Proportion of water use by domestic use in Korea

Division	Drinkwater supply available (65.6%)			Rainwater available (34.4%)		Total
	Laundry	Bath	Drinking	Toilet	Cleaning	
Usage						
%	20.1	26.2	19.3	27.1	7.2	100

더 나아가 화장실용도로 빗물을 이용하고 있는 건축물 총 15건을 분석하였을 때, 학교가 7건으로 약 50%를 차지하고 있으며, 상업 및 업무시설의 그 다음으로 33.4%를 차지하고 있다. 한편, 다중이 이용하는 공공청사에서 빗물을 화장실 용도로 사용하고 있는 곳이 한곳도 없다는 것에 주목해야 할 것으로 보인다(Table 9.).

Table 9. Frequency by buildings use Type where rainwater is used for toilet

Building use		Frequency	%	Cumulative percent
Toilet Flushing	Public building	0	0	0
	School	7	46.6	46.6
	Apartment	1	6.7	53.3
	House	0	0	53.3
	Factory	0	0	53.3
	Commercial business building	5	33.4	86.7
	Sports building	2	13.3	100.0
	Total	15	100.0	

3) 건축물유형과 저류조 용량과의 관계

빗물이용시설의 저류조 용량은 법에서 지붕의 빗물 집수면적에 0.05미터를 곱한 규모 이상의 용량으로 정하고 있다(물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙 제4조)[7]. 그러나 실제 현장에서 저류조 용량이 어떠한지를 건축물유형별로 살펴보았다. 우선 가설로는 건축물 용도에 따라 저류조 용량 비율에 차이가 없으므로 설정하고 평균비교를 통한 일원배치 분산분석을 실시하였다. 평균 분산의 동질성에 관한 검정결과 유의확률 $p=0.381$ 로서 유의수준 $\alpha=0.05$ 보다 크므로 귀무가설 채택, 건축물용도에 따라 저류조 용량의 비율 차이가 없다고 판단할 수 있다. 이는 저류조 용량을 산정하는데 있어 해당 건물의 상황에 따라 조금씩 저류조 용량의 차이는 있어도 건축면적 * 0.05 로 산정하는 식을 따르기 때문인 것으로 사료된다. 다만, 총 180건의 시설에서 저류조 용량비가 0.05보다 작은 시설이 60%에 해당하며, 0.1보다 작은 시설이 20%, 0.1보다 큰 저류조시설이 20% 정도 차지하고 있음을 알 수 있었다(Table 10.).

Table 10. Ratio of storage tank capacity in rainwater utilization facilities

Ratio of storage tank (Rst)		Frequency	Effective percent	Cumulative percent
Effective value	Rst <=0.05	109	60.6	60.6
	0.05< Rst <=0.1	36	20.0	80.6
	Rst > 0.1	35	19.4	100.0
	Sub Total	180	100.0	
Missing value	Sub Total	71		
Total		251		

4) 빗물이용시설의 공사비

총 251건의 자료 중 경상남도와 광주광역시 자료 74건에 대해 시설공사비 자료가 있었으며, 이를 토대로 저류조용량 1톤당 공사비의 평균값을 분석하였다. 저류용량 1톤당 가장 많은 공사비가 소요된 시설은 공공청사로 6백만원이 넘었으며, 상업 및 업무시설의 톤당 최대값은 84만원대였다. 또한 체육시설이 톤당 14천원대로 최소값을 나타냈다(Table 11.).

Table 11. Construction cost of Rainwater Harvesting System by Building Use Type

Building use	Mean value(won)	Frequency	Standard deviation	Min.(won)	Max.(won)
Public building	1,119,072	15	1596546.899	83,067	6,183,333
School	970,000	12	489366.264	166,667	2,000,000
Apartment	621,964	23	738530.369	67,659	2,900,000
Commercial business Building	434,276	9	260699.829	110,063	840,860
Sports Building	390,277	15	481654.447	14,907	1,673,684
Total	709,393	74	905299.716	14,907	6,183,333

실제 건축물 유형별로 공사비의 평균값은 별 의미를 갖지 못한다. 다만 건축물 유형별 공사비의 차이에 어떠한 관계가 있을가를 분석하였다. 우선 가설로는 건축물 용도에 따라 공사비에 차이가 없으므로 설정하고 분석한 결과, 유의확률 $p=0.134$ 로서 유의수준 $\alpha=0.05$ 보다 크므로 귀무가설 채택, 건축물용도에 따라 톤당 설치비의 차이가 없다고 판단할 수 있다.

다만, 각 건축물 유형간의 다중비교 분석결과에 따르면, 공공청사와 체육시설간의 빗물이용시설 설치비간의 유의한 차이가 있음을 발견할 수 있었다. 즉, 유의확률 $p=0.027$ 로서 유의수준 $\alpha=0.05$ 보다 작으므로 공공청사와 체육시설간의 톤당 설치비에는 차이가 있다고 판단할 수 있다(Table 12.).

실제 공사를 할 때 시설용량이 클수록 톤당 공사비가 감소하는 것이 일반적이다. 이러한 근거로 볼 때 체육시설에서 공사비가 적은 것은 예측 가능하다. 다만, 공공청사의 경우, 화장실용도로 사용하는 시설비가 소요되지 않음에도 불구하고 공사비가 높다는 사실은 주지할 바이다.

3.3. 소결

국내의 공공 데이터 포털에 신고 된 전국의 빗물이용시설 현황자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 건축물 유형별로는 공동주택에서 빗물이용시설을 가장 많

이 설치하였으며, 그 다음으로 학교, 업무 및 상업시설, 공공청사, 체육시설, 단독주택 순으로 나타났다. 이는 녹색건축 인종과 물재이용법의 해당규정을 공동주택에서 가장 많이 적용한 사례이기 때문으로 사료된다.

둘째, 빗물이용 용도를 분석한 결과, 90%가량이 조정 및 청소용수로 사용되고 화장실용도로 사용하는 곳은 약 10%였다. 또한 화장실 용도로 빗물을 이용하고 있는 건축물 중에서도 학교가 약 50%를 차지하고, 공공청사의 경우에는 빗물을 화장실 용도로 사용하고 있는 곳이 한곳도 없다는 결과를 도출했다. 실제 빗물이용의 효용성을 높일 수 있는 방안은 빗물의 수원이 확보되는 범위에서 그 사용용도가 높은 화장실용수로 사용할 경우 빗물이용의 효과가 높는데, 현실적으로는 빗물이용의 효과가 그다지 높지 않은 것을 알 수 있었다.

셋째, 건축물유형과 저류조 용량과의 관계에서는 해당 건물의 상황에 따라 조금씩 저류조 용량의 차이는 있어도, 용량산정 기준에 따르기 때문에 건축물 용도에 따라 저류조 용량 비율에 차이가 없음을 알 수 있었다.

넷째, 빗물이용시설의 공사비 분석에 있어서는 건축물용도에 따라 톤당 설치비의 차이는 없으나, 공공청사와 체육시설간에는 빗물이용시설 설치비에 유의한 차이가 있음을 발견할 수 있었다.

Table 12. Multiple Comparison Analysis of Construction Cost of Rainwater Use Facilities by Building Use

(I) Building use	(J) Building use	Mean difference(I-J)	Standardization error	Significance probability
Public building	School	148971.493	342975.238	.665
	Apartment	497107.369	293899.866	.095
	Commercial business Building	684795.978	373384.146	.071
	Sports Building	728794.736*	323360.155	.027
School	Public building	-148971.493	342975.238	.665
	Apartment	348135.876	315352.746	.273
	Commercial business Building	535824.486	390494.486	.174
	Sports Building	579823.244	342975.238	.095
Apartment	Public building	-497107.369	293899.866	.095
	School	-348135.876	315352.746	.273
	Commercial business Building	187688.610	348182.511	.592
	Sports Building	231687.368	293899.866	.433
Commercial business Building	Public building	-684795.978	373384.146	.071
	School	-535824.486	390494.486	.174
	Apartment	-187688.610	348182.511	.592
	Sports Building	43998.758	373384.146	.907
Sports Building	Public building	-728794.736*	323360.155	.027
	School	-579823.244	342975.238	.095
	Apartment	-231687.368	293899.866	.433
	Commercial business Building	-43998.758	373384.146	.907

* Mean difference is significant at 0.05 level

4. 결론

본 연구에서는 생태건축을 조성하는데 있어 물순환을 도모하기 위해 어떠한 조치들이 적용되는지 관련법규 및 지침 등을 분석하고, 국내 250건의 빗물이용시설 적용현황을 분석하였다. 이는 지침과 현실 간에 어느정도 연관성이 있으며, 실제적으로 빗물이용시설이 물순환에 어느 정도의 효과를 갖는지를 분석하고자 함이었다.

연구결과의 요약과 제언은 다음과 같다.

첫째, 국내의 물순환 관련지침에서는 빗물관리의 통합적 적용을 명시하면서 실제 녹색도시 평가항목에 빗물이용시설만을 둠으로써 침투 및 저류에 대한 사항을 간과하고 있다는 사실이다.

또한 빗물이용의 측면이 녹색건축 인증과 물재이용법 등 여러분야에서 명시됨으로써 결과적으로 다양한 물순환시설 적용보다는 빗물 이용시설 중심으로 적용됨을 알 수 있다. 실제 건축단위에서 평가항목상에 누락이 되면 건축주들이 평가항목에 들어있는 기준들 중심으로 계획하게 된다. 따라서 일괄성 있는 기준 및 규정과 함께 이를 포괄적으로 평가할 수 있는 항목구성이 필요하다.

둘째, 독일의 경우에는 생태건축이 물순환을 확보하기 위하여 빗물을 대상지 조건에 따라 지역의 하수시스템으로의 배출을 원칙적으로 제한하고, 침투나 저류, 증발산, 이용 등 자연적인 물순환 상태로 돌아갈 수 있도록 다양한 조치를 적용함을 알 수 있었다.

셋째, 국내 빗물이용시설 현황을 분석한 결과, 90%정도가 조정 및 청소용수로 사용되고, 실제 빗물이용으로 대체할 수 있는 생활용수의 많은 양이 화장실용임에도 불구하고 잘 적용되지 않음을 알 수 있다. 반면, 건축물용도에 따라 톤당 공사비의 확률적 차이가 없다고 판단할 수 있으나, 공공청사와 체육시설간의 빗물이용시설 공사비간의 유의한 차이가 있음을 발견할 수 있었다. 빗물이용의 효용성을 높일 수 있는 방안은 빗물의 수원이 확보되는 범위에서 그 사용용도가 높은 화장실용수로 쓰일 때 효과가 높다고 하겠다.

이와 같은 연구결과를 토대로 생태건축에서 물순환을 도모하는 방법은 단순히 수자원 절약 측면에서의 빗물이용 뿐만 아니라 보다 통합적인 빗물의 증발, 침투, 저류, 지체 등을 유도함으로써 지하수를 보호하고 상수의 효율적 사용과 하수관거에의 부하를 경감시키는 방향으로 접근하는 것이 요구된다.

Acknowledgement

본 연구는 2019년도 국토교통부 도시건축연구사업 연구비 지원에 의한 결과의 일부임(과제번호 : 19AUDP-B146511-02).

Reference

[1] 국토교통부, 녹색도시개발 계획수립 및 평가기준. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Green city development planning and evaluation criteria.)
 [2] 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 2008.06. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Eco-friendly Building Certification Criteria, 2008.06.)
 [3] 국토교통부, 도시개발업무지침. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Urban Development Guidelines.)

[4] 한국건설기술연구원, G-SEED 녹색건축 인증기준 해설서, 2016. // (KICT, Commentary for G-SEED, 2016.)
 [5] 국토연구원, 경기도 저탄소 녹색도시 계획기준 연구, 2011.11. // (Korea Research Institute for Human Settlements, A Study on Planning Standards for Low Carbon Green Cities in Gyeonggi-do, 2011.11.)
 [6] 환경부, 가계부문 물 소비패턴 시범조사 최종보고서, 2003. // (Ministry of Environment, Final Report on Household Water Consumption Pattern, 2003.)
 [7] 환경부, 물순환이용기본계획, 2007.02. // (Ministry of Environment, Master Plan for Water Circulation and Use, 2007.02.)
 [8] DGNB GmbH, Grundstruktur des DGNB Systems - Kriterienkatalog Gebäude Neubau VERSION 2018.
 [9] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Konzepte für urbane Regenwasser bewirtschaftung und Abwassersysteme, 2017.
 [10] 물환경정보시스템 <http://water.nier.go.kr/waterData/>. // (Water Environment Information System, <http://water.nier.go.kr/waterData/>)
 [11] 한국정보화진흥원, 공공데이터포털, <https://www.data.go.kr>. // (Korea Information Society Agency, Public data portal, <https://www.data.go.kr>)
 [12] 녹색건축인증 G-SEED, <https://www.gbc.re.kr>. // (Green Standard for Energy and Environmental Design, <https://www.gbc.re.kr>)

1) 녹색건축 인증은 원래 2002년 건설교통부와 환경부가 공동으로 공동주택을 대상으로 친환경 건축물 인증을 시작으로 이루어졌으며, 이후 업무용건축물과 학교건물, 숙박 및 판매시설로 확대되었다. 2012년 친환경건축물 인증기준과 주택성능등급 기준의 통합이 이루어지면서 2013년 녹색건축물 조성 지원법이 시행, 녹색건축인증으로 통합 개정되었다.
 2) 환경성검토는 환경정책기본법에 의해 개발사업이 환경에 미치는 영향을 검토하여 환경부하 요인을 사전에 해소하거나 최소화함으로써 개발과 환경을 조화시키기 위하여 실시하는 것이다(도시개발업무지침 제8절 2-8-8-1). 이중 개발로 인한 유출증가를 어떻게 예측하고 저감방안을 수립할 것인가이다.
 3) 평가항목은 토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 재료 및 자원, 물순환관리, 생태환경, 실내환경분야, 실내환경, 주택성능분야 등 총 8개분야이며, 여기에 각 분야에 대한 혁신적 설계내용으로 가산항목을 두고 있다.
 4) 녹색건축 인증기준 운영세칙(G-SEED, 2016.02)
 5) 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제8조(빗물이용시설의 설치·관리) ①항에서 빗물이용시설의 설치대상을 명시하고 있으며, 이는 종합운동장, 실내체육관, 골프장 등 체육시설, 공공청사, 공동주택, 학교, 대규모점포이다.