



공공도서관 건축 외피의 환경친화적 잠재력 고찰 - 녹색건축 인증지표와 서울시 녹색인증 도서관 사례를 중심으로

*Exploring Environment-friendly potential within the Skin of Green Libraries
- Focused on the Green Building Certification Systems and Certificated Library in Seoul*

반자연* · 이은주**

Ja-Yuen Ban* · Eun-Joo Lee**

* Dept. of Architectural Design, Shingu College, South Korea (nature303@gmail.com)

** Coauthor, Dept. of Architecture & Architectural Engineering, Yonsei University (julijoo@gmail.com)

ABSTRACT

Purpose: This study aimed to develop the planning indicators of green library design and to explore the eco-friendly potential within the skin of modern architecture. **Method:** Referring to the general design principles of eco-friendly building and the evaluation items of 3 green building certification systems, a new analysis framework was established, in which respective items and principles were reorganized in accordance with 3 major skin elements of a building. And this framework was applied to analyze five certificated green libraries in Seoul. **Result:** First, ventilation category should be taken into more account, particularly in case of library. Second, it is necessary to promote applying passive eco-friendly planning to more varied aspects of library design that integrated space planning with that of the skin. Third, even for the public interests, it is imperative that a wider perspective on eco-friendly planning is applied to the skin design of public library than ever. Fourth, improving eco-friendly value of building skins is a direct contribution to a progress to an eco-friendly building.

KEYWORD

녹색도서관
친환경요소
건물외피

Green Library
Eco Friendly Planning Elements
Skin of Architecture

ACCEPTANCE INFO

Received Oct. 27, 2019
Final revision received Dec. 11, 2019
Accepted Dec. 16, 2019

© 2019 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

공공도서관은 국민의 평등한 정보접근권과 알 권리를 보장하여 '삶의 질'을 높이는 기본 토대로서 사회적, 문화적으로 시민의 생활과 밀접한 공공시설이다. 한편, 현대건축에서 건물외피는 내부와 외부를 구분 짓는 물리적 경계의 기능을 넘어 내외부 차이를 줄이는 필터링에서부터 에너지 절약 및 생산 등의 친환경기능으로 확대되고 있다. 이러한 특성에 의해 공공도서관에 적용된 친환경 요소들은 건물의 친환경 기능의 실현과 함께 시민의 친환경의식의 긍정적 변화의 가능성을 지니고 있기에 공공도서관 외피의 친환경 요소를 제안하고자 하였다.

본 연구는 공공도서관 외피에 적용 가능한 친환경 계획요소를 조사 분석하여 공공도서관 녹색지표의 보완 및 건축외피의 친환경 계획 기초자료 제안하고, 이러한 친환경 요소가 현재 녹색도서관에 적절하게 적용되어 있는지에 대해 서울시 녹색건축인증 도서관을 중심으로 실태를 파악하여 녹색도서관의 계획 지표의 방향을 제시하고 현대건축 외피의 친환경성에 대한 가능성을 모색하는데 목적이 있다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 공공도서관 외피를 통한 친환경성 향상을 위해 친환경 외피계획요소를 제안하고자 다음과 같은 방법을 통해 연구를 진행하였다. 첫째, 도서관의 친환경성을 평가하는 인증제도인, 녹색도서관 인증기준(Info Eco Lib.), 한국녹색건축인증기준(G-SEED: (Green Standard for Energy and Environmental Design), 서울시 녹색건축물 설계기준을 고찰하고 이들이 제시하고 있는 평가항목과 배점을 비교분석하였다. 또한 건축 일반계획지침에서 제시하는 친환경건축 계획기준을 고찰하고 이중에 건물의 외피에 적용 가능한 계획요소를 파악하였다. 둘째, 앞에서 분석한 녹색건축물 설계기준과 건축 일반계획지침을 교차비교를 통해 도서관의 친환경성을 위한 건물 외피에 적용시킬 수 있는 계획요소를 추출하였다. 셋째, 추출된 계획요소의 실제적 적용 가능성을 모색하기 위해 서울시의 녹색건축인증 획득한 다섯개 녹색도서관 외피에 대해 디지털 정보 및 문헌정보 조사를 통한 예비조사와 현장 방문조사를 실시하여 도서관 건물 외피의 친환경 계획요소 적용현황을 파악하였다. 넷째, 건물의 외피를 통해 친환경성을 증진시킬 수 있는 녹색도서관 인증기준의 보완 및 공공도서관 외피의 친환경 계획요소 적용 방안을 제안하였다.

2. 생태환경의 개념과 이론

2.1. 녹색도서관

에너지와 환경문제를 동시에 해결하고, 인류의 생존과 지구환경 문제에 기여하기 위한 건축분야의 대안으로 그린빌딩(Green Building)이라는 개념이 제안되었으며, 녹색도서관 논의 역시 그린 빌딩 개념에서 시작한다. 녹색도서관이란 2007년 12월 Library Journal Design Institute가 일리노이 주 시카고에서 Going Green 세미나를 주최하면서 녹색 도서관 디자인에 대한 관심이 높아졌으며[1], 생태적이며 자원 효율적인 관점에서 설계, 건립, 재건축, 운영, 재사용되는 구조물이며, 도서관의 녹색화는 도서관에서 이용되는 인쇄자료 및 비도서자료를 포함하는 자원, 도서관 운영 및 서비스 과정 등도 포함한다.

2.2. 공공도서관 건축의 녹색지표

도서관 건축에 적용할 수 있는 친환경 요소를 파악하기 위해 도서관 및 일반건축 관련 친환경 설계지침을 살펴보고 부분별 평가항목과 배점을 조사하였다. 다만, 각 항목의 개수는 녹색도서관배점은 지표별로 차이가 있으며, 세부 사항은 Table 1.과 같다.

Table 1. Green Building Certifications Systems for the Library

Info Eco Lib			G-SEED			Green Standard of Seoul		
Category	Item	Marks	Category	Item	Marks	Category	Item	Marks
Land Use & Transportation	9	3.28	Land Use & Transportation	7	16	Environmental Performance	7	18
Energy and Pollution	29	3.65	Energy and Pollution	8	20	Energy Performance	9	1
Material and Resources	7	3.24	Material and Resources	6	15	Energy Management	4	1
Water Circular Management	8	3.49	Water Circular Management	4	14	Renewable Energy	1	1
Management	3	3.49	Management	4	9	Architecture	6	7
Ecological Environment	6	3.42	Ecological Environment	5	20	Machinery	2	3
Indoor Environment	17	3.80	Indoor Environment	10	21	Electro	5	2
Library Resources	31	3.38	Innovation	7	19	-	-	-
Friendly Environment Education	19	3.15	-	-	-	-	-	-
Employee and Management	6	3.24	-	-	-	-	-	-
Digitalization	9	3.24	-	-	-	-	-	-
Sum	148		Sum	51		Sum	34	

먼저, 도서관의 친환경성 평가를 목적으로 개발된 InfoEcoLib 인증제도는 운영체계, 인증절차, 녹색도서관 평가 프로세스, 녹색도서

관 등급 산정표, 녹색도서관 인증제 수행지침, 녹색도서관 평가지표 등으로 구성[2]되어있으며, 도서관의 물리적 자원에 대해 한국 G-SEED의 친환경 평가 항목을 바탕으로 토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염 방지, 재료 및 자원, 물순환 관리, 유지관리, 생태환경, 실내환경, 7개의 평가 영역을 제시하고 있으며, 운영 및 관리 자원에 대해 도서관자원, 친환경 교육프로그램 및 캠페인, 직원 및 운영, 전산화 등의 4개 평가영역을 추가로 제시하고 있다. 또한 서울시 녹색 건축물 설계 기준은 에너지 성능 및 관리, 신재생 에너지 사용에 대한 기준을 마련하여 에너지 절약 및 생산 기능을 강조하고 있으며, 건축 및 기계, 전기로 세분하여 설계기준을 제시하였다.

항목의 개수는 녹색도서관인증기준에서는 도서관자원에 관한 기준이 31개, 친환경 교육프로그램에 관한 기준 19개로 비물리적 자원에 대한 친환경 기준을 세부적으로 제시하고 있으며, 물리적 요소로서는 에너지 및 환경오염에 대한 세부 기준이 29개로 G-SEED의 같은 항목과 비교했을 때 3배 이상의 기준을 제시하여 에너지에 관한 기준을 다양하게 제시하였다. 또한 실내환경에 대한 17개 기준을 제시하고, 이는 G-SEED에서도 10개 항목으로 가장 많은 기준을 제시한 부분이다. 서울시녹색건축기준은 세 개의 에너지 관련 항목에서 14개 기준을 제시하여 앞의 두 개 기준과 마찬가지로 에너지관련 항목에 대한 중요도를 높게 다루고 있음을 알 수 있다.

2.3. 건물외피와 친환경 계획

1) 외피의 개념

건축에 있어서 외피(skin)란 사전적으로 내부 볼륨을 감싸는 건물의 외측 부분을 일컫는 용어로[3] 의미적으로는 공간의 내부를 감싸고 보호하는 막이며, 물리적으로는 건축물과 자연의 경계를 짓는 부분이다. 모든 건물에서 외기와 접하게 되는 외피는 옥상, 벽 그리고 창 of 3가지 요소로 구성되며, 외기에 노출되어 외기의 조건을 내부에 필요한 조건으로 조절하기 위한 가장 이상적인 위치를 가진다 [4]. 현대건축에 있어서 외피에는 점점 더 다양한 의미와 기능이 부가되어 지역사회와 소통하는 기능, 데이터를 양산하고 처리하는 스마트한 기능, 친환경 기능 등으로 그 역할이 확장되고 있다.

2) 외피의 친환경 기능

건축외피의 형태와 구성은 건축 및 유지 비용에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 채실자의 쾌적한 삶과 건강에도 지대한 영향을 미친다 [5]. 그러므로 친환경 건축을 실현하는데 건물의 외피는 외부환경으로부터의 보호 기능과 더불어 내·외부 환경사이에 균형유지 기능을 갖추어야 한다[6]. 이러한 건물외피의 디자인에 영향을 주는 주요 요인으로는 기후, 열전도율, 습도조절, 태양열 복사이용, 소음조절 등을 들 수 있으며 이에 따라 건물 외피와 재료, 개구부, 공조방식 등이 결정된다고 볼 수 있다[7]. 나아가 건물 외피부분의 단열성능을 개선시킴으로써 건물부분의 에너지 절약과 환경개선을 동시에 달성하도록 하며, 에너지 절약에 대한 인식을 제고함과 동시에 편안하고 쾌적한 실내 환경을 제공할 수 있는 시스템이라 할 수 있다[8]. 즉, 친환경외피는 외피의 창조 계획과 외피 재료 및 시스템을 통해 빛 환경, 열 환경, 음 환경, 풍 환경에 적절하게 대응하여 실내공간의 공기질을 향상시키고 열과 빛을 사용자의 요구에 따라 조절 가능하

도록 하여 쾌적성을 향상시키는 것으로서 건물의 외피 계획에서 고려해야할 친환경 기능은 채광, 통풍, 에너지, 재료, 생태화로 제안할 수 있다. 자연채광, 광선반, 아트리움, 차양을 통해 채광기능을 확보할 수 있으며, 자연환기를 통한 통풍, 단열, 축열, 태양전지 및 이중외피를 통한 에너지 기능, 재활용 재료 및 무독성 재료를 통한 재료 성능확보, 벽면녹화 및 옥상녹화를 통한 생태화의 기능 확보할 수 있다. 이를 적용할 수 있는 외피의 구성요소를 다음 Table 2.와 같이 파악하였다.

Table 2. Eco-friendly Function of Building Skin

Eco-friendly planning category for Skin		Function	Position		
			Wall	Window	Roof top
Lighting	Natural lighting	• Window or ceiling window systems to increase the introduction of natural light		O	
	Light shelf	• Deep reflection of light inside the room		O	
	Atrium	• Outside space where natural light flows	O		
	Shade	• Influence and block solar heat and light as needed		O	
Ventilation	Natural ventilation	• Induce physical changes in nature circulates the outside air naturally in buildings		O	
	Gallery	• Ventilation using outside corridors	O		
Energy	Insulation	• Heat loss reduction through heat transfer prevention	O	O	
	Heat storage	• Absorbs solar heat during the day and releases heat in the evening when heating is required	O		O
	Solar cell	• Convert solar energy to electricity	O	O	O
	Double skin	• Buffer in the room between two layers	O	O	
Material	Recycled material	• Reprocessing and reusing waste materials	O		O
	Non-toxic material	• Materials that do not contain hazardous chemicals	O		O
Ecology	Green walls	• Green walls with plants to save energy through air cleaning, indoor humidity control and wall temperature reduction	O		O
	Green roof top	• Artificial land utilization, plant habitat preparation, urban aesthetics			O

3. 녹색도서관의 친환경 외피계획요소 도출

3.1. 녹색건축지표상의 외피계획요소 비교

앞 절에서 살펴본 녹색도서관 건축지표, G-SEED, 서울시 녹색건축물 건축지표에 대해 세부항목별로 고찰하여 외피에 적용가능한 계획요소들을 파악하였다. 녹색도서관 인증기준은 16개, G-SEED 신축 일반건축물 기준은 9개, 서울시 녹색건축 설계기준은 5개의 항목을 외피에 적용 가능한 친환경 요소로 포함하였으며 자세한 내용은 Table 3.과 같이 정리하였다.

Table 3. Eco-friendly Evaluation Items of Green Certifications for the Skin

Evaluation category	Evaluation items related to building skin
Info Eco Lib	
Land use & transportation	Nothing related
Energy and pollution	<ul style="list-style-type: none"> • Induction of sunlight • Solar air heating system installation • Materials for efficient air conditioning • Heating and cooling system through inlet and outlet of outside air • Heat island relaxation roof • Air conditioning energy reduction by green rooftop • Energy utilization as a natural light reflection and inflow facility • Utilize natural light through proper placement of windows • Solar inflow control system of roof and ceiling • Library power using solar energy
Material and resources	<ul style="list-style-type: none"> • Use of certified gr mark products • Use of certified environmental mark
Water circular management	• Preventing rainwater loss using green roof soil
Management	• Not related
Ecological environment	<ul style="list-style-type: none"> • Native plant on the green roof • Roof greening, wall greening
Indoor environment	• Sunlight control by installing shade adjustment system
G-seed new construction general building	
Land use & transportation	• Nothing related
Energy and pollution	• Insolation control plan for air conditioning energy
Material and resources	<ul style="list-style-type: none"> • Low carbon, resource recycling materials, hardous materials reduction materials, • Green building materials
Water circular management	• Nothing related
Management	• Nothing related
Ecological environment	• Ratio of eco-area
Indoor environment	<ul style="list-style-type: none"> • Shade to control direct sunlight and reduce glare • Natural ventilation performance • Outside air supply and exhaust design
Innovation	• Natural light performance
Green standard of Seoul	
Category	• Evaluation item for building surface
Environment	• Eco area ratio
Energy performance	<ul style="list-style-type: none"> • External insulation • Denseness • Shade
Energy management	• Nothing related
Renewable energy	• Nothing related

녹색도서관(Info Eco Lib) 인증기준은 차양이나 아트리움에 관한 기준을 제시하지 않고 있으며, G-SEED는 기존 에너지 사용에 대한 효율적 사용과 관리 측면 및 에너지 관련 신기술 적용의 권장에 대한 평가가 주를 이루고 있으며, 외피의 에너지 성능에 대해서는 냉방에 너지 절감을 위한 일사조절 계획 수립에 대한 평가 항목을 제시하고 있다. 서울시 녹색건축물 설계기준은 채광기능에서는 창과 벽의 면적 비율을 평가하고 차양설치를 평가요소로 삼고 있으며 단열재의 성능 및 위치에 대한 평가 기준을 제시하고 있고, 친환경 인증 제품 사용이나 생태면적 비율을 평가하여 친환경 기능에 대해 각 항목별로 기준을 제시하고는 있으나 계획기법에 대해서는 구체적이지는 않다.

3.2. 녹색도서관의 친환경외피 계획요소 도출

앞 장의 고찰을 통해 도서관 또는 일반건축물 설계와 관련된 친환경 지표의 기능과 요소를 살펴보고 각 지표별로 외피계획에 적용 가능한 요소들을 추출하였으며, 이를 Table 2.에서 제안한 외피의 채광, 통풍, 에너지, 재료, 생태화 기능을 기준으로 세부항목을 비교하여 중복되는 요소는 합치고, 건축계획요소에서 제안하고 있으나 친환경 지표에는 없는 요소는 추가하여 건물의 외피에 적용할 수 있는 친환경 기능과 계획요소를 Table 4.와 같이 정의하였다. 채광 8개, 통풍 2개, 에너지 8개, 재료 7개, 생태화 5개로 채광과 에너지에 대한 기준을 세부적으로 제시하고 있으며 반대로 통풍에 대해서는 구체적인 자세한 기준을 제시하지 않았다. 통풍은 도서관 사용자의 쾌적성 및 자료의 유지보관에 기본적인 기능이자 중요한 기능임에도 불구하고 기준이 다소 부족하게 제안되고 있어 이 부분의 보완이 필요하다.

외피의 친환경 기능별로 살펴보면, 채광기능은 차양이나 음영조절기와 같은 시스템에 대한 제안과 창 면적에 대한 기준을 제시하고, 아트리움과 같이 계획상에 반영할 수 있는 기법을 제안하였다. 통풍기능에서는 결로 방지를 권장하고 있으나 친환경 기법에 대한 제안이나 회랑과 같은 외피공간계획에 대한 제안은 미흡하여 외벽을 통해 공간계획에 적용할 수 있는 회랑을 추가하였다. 에너지 기능에서는 단열재료의 성능평가 및 단열의 위치를 통해 단열 기능을 강화하도록 하였고, 태양광을 이용한 난방시스템을 녹색도서관 인증기준으로 제시하고 있고, 축열과 이중외피에 대한 고려를 추가하였다. 재료는 재활용 및 저탄소재의 사용과 환경인증재료 및 유해물질 저감 자재 사용을 통해 환경보호 및 개선을 유도하고 있는데, 최근 재료 사용에 대한 평가를 재료를 채취, 자재배송에서부터 사용 이후의 폐기단계에 이르는 과정에서 소비하는 에너지를 확장하여 평가하는 방식인 내재에너지¹⁾ 개념을 추가하였다. 생태화는 건물의 옥상이나 벽면을 구분하지 않고 계획부지 내에 설치된 다양한 녹지에 대해 생태면적으로 산정하여 생태면적율을 평가하고 있는데, 벽면 녹화 기법은 최근 지속적으로 개발이 이루어져 추가 검토가 필요하다.

외벽에 적용 가능한 친환경 계획요소는 16개, 창호에는 18개, 옥상에는 19개로 창호와 옥상을 중심으로 친환경 계획요소를 적용할 수 있으며, 외벽은 주로 통풍, 에너지, 재료의 기능을 확보할 수 있고, 창호는 채광, 통풍, 에너지 성능을 갖출 수 있으며, 옥상에는 에

너지와 재료, 생태화의 기능을 실현할 수 있다.

Table 4. Eco-friendly Planning Elements of Building Skin

Eco-friendly planning category for Skin	Planning elements	Position			
		Wall	Window	Roof top	
Lighting	Natural light	• Solar inflow control system of roof and ceiling			O
		• Utilize natural light through proper placement of windows		O	
		• Natural light performance		O	
		• Induction of sunlight		O	
	Light shelf	• Deep reflection of light inside the room		O	
	Atrium	• Outside space where natural light flows	O		
Shade	• Shade to control direct sunlight and reduce glare		O		
	• Sunlight control by installing shade adjustment system		O		
Ventilation	Natural ventilation	• Natural ventilation performance		O	
	Gallery	• Ventilation using outside corridors	O		
Energy	Insulation	• Materials for efficient air conditioning	O	O	O
		• Heat island relaxation roof			O
		• Denseness evaluation		O	
		• External insulation	O		O
	Heat storage	• Absorbs solar heat during the day and releases heat in the evening when heating is required	O		O
	Solar cell	• Solar air heating system installation	O		O
• Energy utilization as a natural light reflection and inflow facility		O		O	
Double skin	• Buffer in the room between two layers		O		
Material	Recycle	• Reprocessing and reusing waste materials	O		O
		• Low carbon material	O		O
		• Resource recycling materials	O		O
	Non-toxic	• Certified gr mark products	O		O
		• Materials that do not contain hazardous chemicals	O		O
	Low energy	• Certified environmental mark products	O		O
Ecology	Green walls	• Low consumption of embodied energy	O	O	O
	Green roof top	• Artificial land utilization	O		
		• Air conditioning energy reduction by green rooftop			O
		• Preventing rainwater loss using green roof soil			O
• Native plant on the green roof				O	
Frequency	• Eco area ratio	O		O	
			16	18	19

4. 녹색도서관 외피에의 친환경 계획요소 적용분석

4.1. 조사개요

본 연구에서는 앞에서 파악한 건물 외피 친환경 계획요소들의 실제 적용 가능성과 건물 적용 상태의 보완점을 파악하기 위해, 녹색건축인증을 획득한 전국의 29개 도서관[9]중에서 서울에 위치하고 있는 다섯 개 녹색도서관의 건물 외피에 적용된 친환경계획요소를 조사하였다. 사전에 조사한 도면 및 보고서를 바탕으로 2019년 4월 12일부터 5월 9일까지 현장 방문하여 육안이나 현장관리자들에게 확인할 수 있는 사항들에 대해 조사하였으며, 건물에 사용된 재료의 내재에너지 소비량을 파악하기 위해 호주 정부에서 산업계와 협력하여 건축 재료별로 내재에너지를 수치화 한 Australia's guide to environmentally sustainable homes 자료를 근거로 재료의 친환경 성능을 평가하였는데, 이는 국내에서 내재에너지를 평가할 수 있는 기준이 아직 명확치 않아 지역차이의 한계에도 불구하고, 호주정부 자료를 사용하였다.

4.2. 조사내용

1) 송파 글마루 도서관

송파구 충민로에 위치한 송파글마루 도서관은 책과 함께 쉴 수 있는 공원 속 도서관을 콘셉트로 설계하여, 2011년 친환경건축물 최우수등급으로 예비인증을 받은 이후, 2013년 '녹색건축물 그린 1등급'으로 최종 인증을 받고, 정식 개관하였다.

Table 5. Eco-friendly Planning Elements of Songpa Geulmaru Library's skin

Lighting		Ventilation	
			
Window	Window	Window	Window
<ul style="list-style-type: none"> Natural light performance Utilize natural light through proper placement of windows Shade to control direct sunlight and reduce glare 		<ul style="list-style-type: none"> Natural ventilation performance 	
Material		Ecology	
			
Wall	Wall	Roof top	Roof top
<ul style="list-style-type: none"> Reusing material -Concrete, Zinc panel 		<ul style="list-style-type: none"> Air conditioning energy reduction by green rooftop Native plant on the green roof 	

지하1층, 지상3층 구성된 단독건물로서 넓은 외피면적을 확보하고 있어 벽체를 이용한 식물 재배 및 인접한 장수공원에서 직접 옥상 정원으로 진입할 수 있는 동선을 확보하여 녹색환경을 외부에 적극적으로 활용하고 있다. 채광이 잘되는 동서방향으로 건물을 길게 배치하고 길게 형성된 건물 측면에 창을 크게 배치하여 자연광이 최대

한 많이 건물 내부로 도입되게 하였으며, 창의 내측에 현휘를 조절할 수 있는 차양을 설치하여 빛의 양을 조절하도록 하였다. 또한 창문이 열리는 위치의 높이를 건물 면마다 다르게 하고, 다양한 크기의 창문을 배치하여 공기의 순환을 적극적으로 유도하는 자연환기 기법을 도입하였다.

일부 외벽과 지붕에 사용한 징크는 아연 성분을 함유하여, 내부식성 특성과 재활용이 가능하며 광대한 매장량을 갖고 있어 내재에너지 측면에서 자연 친화적 재료로 평가받고 있다. 또한 외벽을 노출콘크리트로 마감하여 불필요한 외장재의 사용을 절제하였다. 건물 전력 소요량의 일부(약30%)를 지열에너지로 활용하는 신재생에너지 분야, 비오톱 조성 분야, 중수도 시설 설치 분야 등에서 두루 높은 평가를 받았다[10].

2) 국립중앙도서관 디지털정보관

서초구 반포대로에 위치한 국립중앙도서관은 유리로 이루어진 건물 전면을 통해 자연광이 적극적으로 유입되며, 빛이 닿기 어려운 건물의 중앙 부분에는 빛 우물을 설치하여 자연광을 유도하여 지하 공간에 나타나는 채광 문제를 해결하였으며, 이를 통해 건물 내외부의 인공조명으로 사용되는 에너지 사용량을 줄여 에너지를 절감하고, 유리외벽에 차양을 설치하여 빛에 의한 온도 변화에 대응하였다. 도서관 건물은 대부분 지하에 위치하고 대지면적의 94.75%가 녹지로 조성되어 지상의 공원을 추구하였다[11].

Table 6. Eco-friendly Planning Elements of National Library of Korea's skin

Lighting		Energy	
			
Window	Window	Roof top	
<ul style="list-style-type: none"> Deep reflection of light inside the room Shade to control direct sunlight and reduce glare Utilize natural light through proper placement of windows 		<ul style="list-style-type: none"> Solar air heating system installation 	
Material		Ecology	
			
Wall	Wall	Roof top	
<ul style="list-style-type: none"> Reusing Material Low energy consumption material 		<ul style="list-style-type: none"> Air conditioning energy reduction by green rooftop 	

또한 옥상의 녹화작업을 통해 냉난방의 에너지 소모량을 줄여 효율적으로 관리하게 되었으며, 이러한 녹화작업은 대기 내 이산화탄소와 벤젠, 분진 등을 정화시켜 환경오염물질을 감소시키는 역할을 한다. 수자원 에너지절감방안을 위하여 태양열급탕시스템이 적용되었다. 상층부에 녹화시설을 조성하여 빗물을 저장한 후 화장실, 청소, 조경 용수 등의 용도로 활용하고 IAQ 댄퍼를 설치하여 실내

이산화탄소의 농도를 감지하여 외부공기의 도입량을 조절하여 도서관 내부의 쾌적한 환경을 유지한다. 또한 베이크아웃(Bake Out)과정을 통하여 완공 후에 남아있는 오염된 실내공기를 제거하고 VOC 물질을 감소시켰다. 이온클러스터 발생기, 자외선살균필터를 장치를 설치하여 오염된 공기와 유해한 세균 등을 살균하고 오존발생량을 줄여 실내공기를 정화시킨다. 건물 전면 외벽은 내재에너지 12.7MJ/Kg인 유리로 구성하여 재료 사용에 의한 전반적인 에너지 소비를 절감하였다.

3) 사당 솔밭도서관

동작구 솔밭로에 위치한 사당 솔밭도서관은 2013년 9월에 개관하였으며, 연면적 1,724m²의 지상5층의 단독건물로 이루어져 있다. 대지 서쪽에 대로를 접하고 있어 건물의 서측으로 면한 건물의 정면의 저층부에는 고층창으로 설치하여 서향 빛과 도로에서의 시선을 동시에 차단하였으며, 후면 창을 크게 설치하여 남향으로 일조를 유도하여 내부공간에 충분한 자연채광을 확보하였으며, 층고가 높은 측면벽에 전면 창을 배치하여 인공조명 없이도 공간에 적절한 조도를 유지할 수 있도록 하였다. 또한 창마다 차양을 설치하여 일사가 강한 시간에는 차양을 내려 실내에 은은한 빛을 제공하고, 일사량이 줄어드는 4시 이후에는 차양을 걷어 실내조도를 확보하였다. 2층 복도 서측면에 회랑을 설치하여 직접적인 외기의 유입이 아닌, 회랑을 통해 형성된 반외부 공간에서 온도 조절을 거친 외기의 유입을 통해 실내온도와의 차이를 줄이고, 이를 통해 쾌적한 외기의 유입과 실내 온도 조절로 인한 에너지 절감이 가능하고, 부드러운 통풍이 이루어진다. 건물 외벽은 내재에너지 5.6MJ/Kg 인 시멘트를 주재료로 한 베이스패널과 내재에너지 11MJ/Kg 인 팀버우드를 일부 사용하여 탄소배출량이 낮은 친환경 재료를 사용하였다. 옥상정원인 하늘정원과 실내휴식공간을 동일 층에 배치하여 옥상정원으로의 접근과 이용이 쉽게 유도하였으며, 토양을 이용한 식물재배를 통해 녹색지붕을 실현시켜, 빗물 유실을 방지하였다.

Table 7. Eco-friendly Planning Elements of Sadang Solbat Library's skin

Lighting	Ventilation
 <p>Window</p> <ul style="list-style-type: none"> • Induction of sunlight • Shade to control direct sunlight and reduce glare • Utilize natural light through proper placement of windows 	 <p>Wall</p> <ul style="list-style-type: none"> • Natural ventilation performance • Ventilation Using Outside Corridors
Material	Ecology
 <p>Wall</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low energy consumption material 	 <p>Roof top</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preventing Rainwater Loss Using Green Roof Soil

4) 서초구립반포도서관

서초구 최초의 종합도서관인 서초구립반포도서관은 사평로에 위치해 있으며, 2013년 3월에 개관하였다. 서초구와 고려대학교 민족문화연구원간 양해각서를 통해 학술적 인프라와 지역 도서관을 결합한 'Univerary(University+ Library)'를 기본 운영 방침으로 하여 지역 주민을 포함한 대중들이 직접 참여 할 수 있는 다양한 프로그램을 운영하고 있다. 또한 친환경 인증 심사 기준으로 본인증 우수(그린 2등급)를 받았다.

지하1층, 지상5층으로 이루어진 연면적 약3,600m²의 단독건물로서 건물 4면이 외기에 면해있어 친환경 요소를 적용하기에 적합하며, 남쪽방향으로 창을 넓게 확보하여 적극적인 자연채광이 이루어지도록 하였으며, 도서관 내부에 차양을 설치하여 시간대별로 사용자들이 자유롭게 일사량을 조절할 수 있도록 하였다. 이는 창측의 인공조명 사용을 최소화 할 수 있도록 하며 따라서 에너지 절감에 효과적이다. 일사를 확보하는 창의 중간 높이에 틸트형 창호를 배치하여, 사용자들에게 외기를 제공하며 공간에 효율적인 통풍을 유도하여 인공 공조를 위한 에너지를 절감하고, 공간의 쾌적성을 향상시켰다. 건물 외부를 내재에너지 12.7MJ/Kg인 유리를 사용하여 재료사용 및 설치에 의한 에너지를 줄였고, 재사용이 가능한 징크패널을 설치하여 친환경 재료의 사용을 실현하였다. 옥상에 흙을 올리고 토종 식물을 식재하여 생태적 효용을 높이고, 옥상에 닿는 직달광의 양이 줄어들면서 실내와 실외의 온도차를 줄이고 온도 조절로 인한 에너지를 절감하고, 도심에서 휴식공간을 제공하여 경관적 효용을 높였다.

Table 8. Eco-friendly Planning Elements of Seocho Banpo Library's skin

Lighting	Ventilation
 <p>Window</p> <ul style="list-style-type: none"> • Induction of sunlight • Shade to control direct sunlight and reduce glare • Utilize natural light through proper placement of windows 	 <p>Wall</p> <ul style="list-style-type: none"> • Natural ventilation performance • The user can directly control the ventilation through the tilt window installed at the height of the desk.
Material	Ecology
 <p>Wall</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low energy consumption material • Reuse material 	 <p>Roof top</p> <ul style="list-style-type: none"> • Native plant on the Green Roof

5) 은평뉴타운 공공도서관

은평구 진관로에 위치한 은평뉴타운 공공도서관은 2015년에 개관하였으며, 지상1층부터 4층으로 이루어진 단독건물로서 대지 남쪽으로 면한 4차선 대로에 건물 전면을 배치하고, 전면에 창호를 설치하였는데, 저층부는 빛이 도달하기 어려우므로 창 높이를 바닥에서 450mm 높이부터 천장까지 크기의 창을 전체 면에 설치하여 자연광이 공간 내부 깊은 곳까지 도달할 수 있도록 유도하였다. 건물 전면을 가리는 높은 건물이 없는 관계로 3층부터는 바닥으로부터 900mm부터 천장까지 높이의 창을 규칙적 간격으로 설치하여 과도한 직사광선을 피할 수 있도록 하였으며, 창문 앞에 차양을 설치하여 빛의 양을 조절하여 공간의 조도를 확보하고, 빛에 의한 실내온도 변화에 따른 에너지 사용을 절감하였다. 건물 2층 전면에는 회랑을 설치하여 도서관의 입체적 조형성을 부여하였으며, 통풍을 위한 창과 공간 출입을 위한 개구부의 위치를 직각으로 배치하여 대류에 의한 공기의 순환이 적극적으로 이루어지도록 하였다. 콘크리트 구조로 이루어진 건물 외벽을 내재에너지 2.5MJ/Kg인 붉은 흙벽돌로 마무리하여 재료사용에 의한 에너지 소비를 줄였으며 자연친화적인 이미지 전달을 통해 지역주민들의 친환경에 대한 인식을 증가시키는 기능을 확보하였다. 옥상에는 한울정원과 아람정원으로 옥상 전체면적을 두 구역으로 구분하여 토양을 설치하고 토종식물을 재배함으로써 옥상의 녹화를 실현하고 이를 통해 실내온도와 외부온도의 차이를 줄이고, 냉난방을 위한 에너지를 절감하였으며, 조망 확보를 통해 이용자들에게 휴식공간을 제공하였다.

Table 9. Eco-friendly Planning Elements of Eumpyong New Town Library's skin

Lighting	Ventilation
	
Window	Wall
<ul style="list-style-type: none"> • Induction of sunlight • Shade to control direct sunlight and reduce glare • Utilize natural light through proper placement of windows 	<ul style="list-style-type: none"> • Natural ventilation performance • Ventilation Using Outside Corridors
Material	Ecology
	
Wall	Roof top
<ul style="list-style-type: none"> • Low energy consumption material 	<ul style="list-style-type: none"> • Air conditioning energy reduction by green rooftop • Native plant on the Green Roof

4.3. 친환경외피 계획특성 비교 분석

서울시 녹색도서관 외피에 적용된 친환경 계획요소 건축계획 이론에서 제시하고 있는 다섯 가지 항목을 기준으로 분석하였으며, 내용은 Table 10.과 같다.

Table 10. Comparison among Each Eco-friendly Planning Element of Green Libraries

Eco-friendly planning category for skin	Green library						Fq.
	Songpa	National	Sadang	Seocho	Eun-pyong		
Lighting	Natural light	Win	Win	Win	Win	Win	5
	Light shelf	-	Win	-	-	-	1
	Atrium	-	Wall	-	-	-	1
	Shade	Win	Win	Win	Win	Win	5
Ventilation	Natural ventilation	Win	-	Win	Win	Win	4
	Gallery	-	-	Wall	-	Wall	2
Energy	Insulation	-	-	-	-	-	0
	Heat storage	-	-	-	-	-	0
	Solar cell	RT	-	-	-	-	1
	Double skin	-	-	-	-	-	0
Material	Recycling material	Wall	-	-	-	-	1
	Non-toxic material	-	-	-	-	-	0
	Low energy	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	5
Ecology	Green walls	Wall	-	-	-	-	1
	Green roof top	RT	RT	RT	RT	RT	5

*Win:Window, RT:Roof Top

채광은 다섯 개 사례 모두에서 자연채광을 적극 도입하고자 계획하였으며, 주로 남향배치와, 차양 설치를 통해 빛의 양을 조절하여 인공조명 사용에 따른 에너지를 절감하였다. 그러나 광선반딧 아르리움과 같이 창이 아닌 외벽에 적용된 채광 기법이 도입된 사례는 한 개 뿐이었다. 지붕을 이용한 천창이나 외벽을 이용한 아르리움 같은 적극적인 채광기법의 도입이 필요하다.

통풍은 창문의 크기와 위치를 이용하여 자연환기를 유도하였고, 외기와 접하는 위치에 회랑을 설치하여 온도 조절이 이루어진 외기를 내부에 도입함으로써 내 외부 온도 차이를 줄이는 방식을 적용하였다.

에너지는 태양광 패널 설치와 같이 육안으로 확인되는 에너지 절감 기법 이외에 계획기법에서 제시하는 축열, 단열에 대해서는 조사를 시행하지 못하였으나 빛의 양 조절이나 녹지확보 및 수상비오톱 설치를 통한 에너지 절감이 이루어지고 있었다.

재료는 내재에너지 최저 2.5(흙벽돌)~12.7(유리)MJ/Kg 의 저소비 에너지 재료들이 주로 이용되었으며, 징크와 같은 재료 사용을 통해 환경에 대한 에너지 부하를 줄이고자 하였다.

생태화는 전체 사례에서 옥상을 이용해 녹지확보, 빗물 우수 방지와 실내외 온도차 감소에 의한 에너지 절약 및 토종식물 재배를 통한 생태면적을 확보하였다. 그러나 외벽을 이용한 벽면녹화는 하나의 사례에서만 소극적인 형태로 설치되어 있었다.

위의 분석 결과, 설비시설 설치에 의한 친환경 성능은 확보하고 있으나 친환경 건물계획 요소의 적용은 미흡하다. 또한 친환경 요소와 적용위치가 모두 동일하다. 건물에 대한 입체적인 관점의 계획요소 지표가 필요가 있다. 도서관 기능의 특성상 매우 중요한 기능인 통풍에 대해 좀 더 세부적인 지침이 필요하다.

5. 결론

본 연구는 공공도서관 외피에 적용 가능한 녹색지표를 보완하고 건축외피의 친환경 계획 기초자료 제안을 목적으로 녹색도서관 인증기준, 한국녹색건축인증기준, 서울시 녹색건축물 설계기준에서 제시하는 친환경건축 계획요소와 건축계획이론 상의 친환경외피 계획요소를 비교분석 하여 건물 외피에 적용할 수 있는 친환경 계획요소를 도출하고 이를 기준으로 현재 녹색도서관에 실제 적용된 실태를 살펴 본 결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

첫째, 공공도서관 계획의 기준으로 삼을 수 있는 녹색건축기준에서 녹색도서관 인증기준(InfoEcoLib)은 전체 148개 항목 가운데 16개 항목, 한국녹색건축인증기준은 전체 51개 항목 중에 8개 항목, 서울시 녹색건축물 설계기준은 34개 항목 가운데 5개 항목의 비율로 건물의 외피계획에 적용시킬 수 있는 친환경외피 계획기법을 포함하고 있다. 세부항목별로는 녹색도서관 인증기준은 채광에 대한 기준이, G-SEED와 서울시 녹색건축기준은 에너지에 대한 기준이 미흡한 것으로 나타났는데, 장서 보관의 기능적 특성을 갖는 공공도서관은 실내 온도와 습도를 고려할 때, 통풍은 매우 중요한 계획요소이나 현재는 자연환기성능 확보로 광범위하게 제시되어 있어, 통풍에 대한 세부적인 계획요소가 공공도서관 녹색건축기준에 추가적으로 반영되어야 할 것이다.

둘째, 친환경 외피 계획요소는 크게 채광과 통풍계획은 창문을 중심으로 에너지와 재료 관련 계획은 벽과 옥상 중심으로 그 기준이 제시되어 있으며, 그나마 상당 부분 설비를 이용한 인공조명, 인공환기 병행하여 제시되어 있다. 다만, 아트리움, 회랑, 이중외피와 같이 공간계획 시 반영할 수 있는 친환경 외피계획은 제시되고 있지 않아 외피계획의 경계를 확장시켜 친환경기법을 계획하는 것이 필요하다.

셋째, 실제 녹색도서관에 적용되어 있는 요소들은 창문을 통한 자연채광과 차양설치, 창호를 통한 자연환기, 저 소비 에너지 재료 사용, 옥상 녹화만 적용되어 있는 상황이다. 또한 재료의 사용에 있어, 자원 순환 재료는 사용되고 있으나 재활용 재료는 아직 사용되고 있지 않다. 공공성의 표상일 수 있는 공공도서관 건축에서조차 환경친화적 요인이 우선되는 가치가 아니었다고 할 수 있다. 건물 계획에 있어 특히, 녹색 도서관과 같이 친환경 기능을 공공에게 전달 할 수 있는 역할을 함의하고 있는 시설은 다양한 친환경 계획 기법의 적용이 요구된다.

넷째, 건물의 외피는 내 외부 공간을 구분 짓는 일차적 기능에서부터 하중을 지탱하는 구조적 기능과 현대에 이르러 건물의 의미와 지역의 특성 등을 나타내는 표현적 기능뿐만 아니라 자연환경의 훼손을 최소화하기 위한 친환경 기능까지 확장되어 적용 되고 있다. 현대건축물에 구성되어 있는 건물외피는 양적인 측면에서 그 면적이 가능할 수 없이 크다고 할 수 있는데. 이러한 양적으로 풍부한 물리적 요소를 친환경 기능에 부합하도록 사용 하는 것은 앞으로 건축으

로 제안할 수 있는 친환경 기능의 가능성을 높이는 것이므로 반드시 지속적인 연구가 필요하다.

본 연구는 건물의 외피에 적용시킬 수 있는 채광, 통풍, 에너지, 재료, 생태화의 다섯 가지 친환경 요소를 제안하였으나, 에너지와 관련한 조사에 있어서 정보 수집의 한계가 있었다. 공공건물에 대해서는 친환경 인증 받은 세부정보에 대한 일반적인 접근이 가능하다면 친환경 건축 연구에 도움이 될 것이다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2019R1C1C1010524).

본 연구는 2018년도 대한건축학회 추계학술대회에서 발표한 내용을 확장 발전시킨 연구임.

Reference

- [1] Antoneli, The Green Library Movement: An Overview and Beyond, *Electronic Green Journal* 1(27), p.2008.
- [2] 노영희, 국내 공공도서관의 녹색화 수준 평가 연구, *한국비어블리아학회지* 28(2), 2017.06, p.9 // (Younghee Noh, A Study on the Evaluation of Greening Level of Domestic Public Libraries, *Journal of the Korean Biblia Society for library and Information Science*, Vol.28 No.2, 2017.06, p.9.)
- [3] James Stevens, *A Dictionary of Architecture*, p.230.
- [4] 이건호, 적용가능한 친환경 건물외피 기술, *건축* 50(3), 2006.04, p.5. // (Lee keonho, *Practical Technology of Ecological Building Skin Architecture*, Vol.50 No.3, 2006.04, p.5.)
- [5] 이승복, 에너지 절약을 위한 건축물 외피설계, *건축환경설비*1(1), 2007.10, p.27. // (Lee Seungbock, *Building Skin Planning for Energy Saving*, Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System, Vol.1 No.1, 2007.10, p.27.)
- [6] 이충미, 오세규, 주거건축에 적용된 환경친화적인 외피구성기법 분석, *대한건축학회 학술발표대회논문집* 25(1), 2005. 10, p.405. // (Lee Chung-Mi, Oh Se-Gyu, A study on the Construction Characteristics of Environment-Friendly Envelops Applied to House, *Architectural Institute of Korea* Vol.25 No.1, 2005.10, p.405.)
- [7] 안상현, 친환경 집합주거의 외피디자인 기법에 관한 연구, *연세대학교 석사*, 2006.12, p.18. // (Ahn Sangheon, *A Study of Envelopes Applied to the Environmental*, Yonsei Univ. 2006.12, p.18.)
- [8] 윤철재, 일본의 친환경 외피시스템의 유형별 특성에 관한 연구, *대한건축학회논문집 계획계* 28권 1호, no.279, 2012.01, p.77. // (Yoon Cheol-jae, *A Study on the Characteristics of Environmentally Friendly Facade System Types in Japan*, The Architectural Institute of Korea, Vol.28 No.1, 2012.01, p.77.)
- [9] 노영희, 녹색도서관 인증을 위한 평가항목 개발에 관한 연구, *정보관리학회지*, 32(3), 2015.09, p.103. // (Younghee Noh, *A Study on Developing the Evaluation Items for the Green Libraries Certification*, *Journal of Korean Society for Information Management* Vol.32, No.3, 2015.09, p.103.)
- [10] 송파글마루도서관, *공원 속 친환경 도서관으로 인정*, 송파구 보도자료, 2014.01. // (Songpa Geulmaru Library, *Recognized as an eco-friendly library in the park*, Songpagu News, 2014.01.)
- [11] 노영희, 안인자, *친환경녹색도서관*, 대한민국: 조은글터, 2012, p.26. // (Younghee Noh, Inja Ahn, *Eco friendly environment Green library*, Joenguelter, 2012, p.26.)

1) Geoff Milne, *Yourhome.Materials, Embodied energy*, p.206~207의 Embodied energy for common building materials 자료를 근거로 하였으며, 주요 재료에 대한 Embodied energy는 아래와 같다. (단위:mj/kg)
 Timber:11.0, Cement:5.6, Clay bricks:2.5, Glss:12.7, Auminum:170, Plastic:90, Acrylic Paint:61.5, Copper: 100, Galvanized Steel: 38, Hardboard:24.2