KIEAE Journal, Vol. 18, No. 2, Apr. 2018, pp.13-24.

KIEAE Journal

Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

90

고온 지역 풍토건축의 환경 친화적 계획 기법 분석을 통한 현대적 지속가능성 모색
– 터키 동굴주거와 인도네시아 목조주거 사례를 중심으로

Finding out Modern Environmental Sustainability among Passive Design of Vernacular Architecture in Hot-climate Region - Cases of Cave Residence in Turkey and Kampung House in Indonesia

이은주*
Lee, Eunjoo*

* Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., South Korea (julijoo@gmail.com)

ABSTRACT

Purpose: This research aimed at finding meaningful environmental design properties among passive design of vernacular architecture in hot-climate region from the viewpoint of contemporary architectural design methode. **Method:** First, to set a new analysis framework over the environmental passive design properties of vernacular architecture, reviews on all detailed evaluation items of green building certification systems of four countries were made and they were structured into a three-tier hierarchical conceptual system. Then, with this framework, it was reviewed that real vernacular architectures of two different hot regions; caves residence at Göreme of Turkey as hot-arid region, Malay house at Kudus of Indonesia as hot-humid region. **Result:** First, proper use of physical properties of the "soil" that exists everywhere can have a great effect on enhancing energy efficiency of buildings. Second, the natural ventilation design should be treated as more important part of the building design . Furthermore, this analysis system can be used as a more general tool to reveal the environmental property of all buildings, not limited to vernacular architecture. An attitude to supplement the unsatisfactory part of vernacular architecture with current technology is the most prior element towards local, environmental and sustainable architecture.

ⓒ 2018 KIEAE Journal

KEYWORD
자연형 설계
풍토건축
분석체계
친환경건축물 인증제도

Passive Design
Vernacular Architecture
Analysis Framework
Green Building Certification System

ACCEPTANCE INFO
Received February 6, 2018
Final revision received Mar 07, 2018
Accepted Mar 12, 2018

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

다양한 기후와 문화를 배경으로 하는 풍토건축(vernacular architecture)에는 자연환경과 인문환경의 영향에 따라 시대를 초월한 경험과 지혜가 축적되어 있다. 오늘날의 건축에서 온갖 현대적 기술을 동원하여 해결하고자 노력하고 있는 환경적 고민을 풍토건축에서는 진정한 자연형 계획(passive design)으로 이미 성공적으로 해결하고 있었던 경우를 찾아볼 수 있다. 따라서 오랜 경험의 축적을 통해 이루어진 풍토건축의 친환경적 계획 기법을 현대의 건축에 적합한 방식으로 활용할 수 있다면 지역적 전통과 문화의 계승이라는 역사·문화적 측면 뿐 아니라 환경이라는 시대와 사회의 화두에 대한 새로운 기술의 원천을 갖게 되는 의미를 가진다. 그러나 이를 위해서는 기존의 연구들이 풍토건축의 환경 친화적 특성을 밝혀내는 데에 집중했던 것에서 나아가 이를 활용 가능한 방식으로 재해석하는 과정이 더 필요하다. 즉, 현대적인 활용 체계의 관점으로 분석하고 이해해야 하는 것이다.

한편, 환경에 대한 영향을 최소화하는 지속가능한 건축을 구현하는 것을 촉진하는 제도적 장치로서 여러 국가에서 친환경 건축물 인증제도를 도입했다. 미국의 LEED, 영국의 BREEAM, 일본의 CASBEE를 비롯하여 국내의 G-SEED에 이르기까지 모든 친환경 건축물 인증제도는 건축이 완료된 건물의 친환경 성능을 평가하는 제도이다. 이 제도들은 다양한 환경적 특성을 평가하는 평가 항목을 통해 건축물의 환경적 성능을 평가하는데, 운영하는 국가에 따라 평가 항목들은 조금씩 다르게 구성되어 있다. 그러나 공통적인 점은 모든 인증제도의 사뭇 다르게 보이는 수많은 평가 항목들은 현대의 건축물에서 요구되는 환경적 가치를 직접적으로 드러내고 있다는 것이다.

본 연구는 다양한 풍토건축의 계획 방법 중 현대적으로 의미있는 계획 방법을 추출해내는 과정의 일환으로써 현대의 친환경 건축물 인증제도의 평가항목들을 바탕으로 환경친화적 건축계획 기법을 분석하는 도구를 개발하여 풍토건축의 환경친화적 자연형 계획 특성을 현대적 활용 체계의 관점으로 이해하는 것을 목적으로 한다. 각 인증제도의 평가 항목 분류기준과 세부 내용은 현대의 건축물을 대상으로 하고 있지만 오히려 그렇기 때문에 해당 내용을 통해 풍토건축에서 찾아내는 요소들을 지금의 건축물에 적용하는 것이 보다 더 용이할 수 있다.

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2018.18.2.013

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 크게 2가지 부분으로 나눌 수 있는데, 먼저 환경친화적 건축계획 기법을 분석하는 도구를 마련했다. 한국, 일본, 미국, 영국 4개 국가에서 시행하고 있는 친환경 건축물 인증제도의 평가항목을 분석기준 수립의 출발점으로 삼아, 각국의 인증제도의 구성과 평가 대상이 되는 건축물의 종류를 살펴보고 그 중에서 본 연구의 특성에 적합한 대상 건축물의 평가기준을 선별했다. 그리고, 각 인증제도의 평가부문(평가항목 분류체계)을 서로 비교하여 각 제도의 평가 관점과 세부 평가항목을 분석한 다음 관련성이 큰 내용과 개별적인 내용을 재분류했다. 분류한 세부 평가항목을 각 항목 집단의 속성에 따라 다시 상위 속성으로 범주화했는데, 이러한 귀납적 방식을 통해 전체 평가항목을 3단계 계층으로 구조화하여 개념적 체계로 수렴했다.

다음으로, 이 분석도구를 토대로 고온 기후 지역의 풍토건축물을 직접 현장 조사하여 해당 사례의 환경 친화적 자연형 계획 특성을 분석했다. 전 지구적인 기후 온난화의 영향에서 자유롭지 않은 우리 국토의 기후 변화를 고려하여 고온 지역을 조사 대상으로 했는데. 쾨펜-가이거 기후 분류 기준 상의 다양한 기후 지역 중 명료하게 대비되는 특성을 볼 수 있는 열대우림 기후(Af)와 건조 기후 중 스텝 기후(BS) 두 지역을 각각 고온 다습(hot-humid), 고온 건조(hot-arid) 기후로 다시 구분했다. 고온 건조 기후는 터키 중앙 아나톨리아 지방 네브세히르주(Nevşehir州)의 괴뢰메(Göreme) 지역에 위치한 데린쿠유(Derinkuyu), 셀리마 수도원(Selime Cathedral) 등의 동굴 주거지를, 고온다습 기후는 인도네시아 자와섬 자와퉁와주(Provinsi Jawa Tengah)의 쿠두스(Kudus) 시에 위치한 전통 목조주택(Kampung House) 마을을 구체적인 조사대상으로 했다.

2. 문헌고찰

2.1. 선행연구 고찰

사회 전반에 걸쳐 환경에 대한 관심이 커지면서, 건축 분야에서는 각 문화권에서 자신들의 지역과 문화에 최적화되어 발달되어 온 풍토건축(vernacular architecture)으로서의 전통건축이 가지고 있는 강점을 현대의 시각으로 재조명하는 움직임을 찾아볼 수 있다. 본 연구의 내용과 관련하여 국내·외에서 수행되고 있는 2000년 이후의 연구의 동향은 다음과 같다.

기계설비에 의존하여 환경조절을 하는 설계(active design)의 역설적인 반환경성에 대한 인식이 커지면서 자연과 조화를 이루는 전통건축의 자연형 계획(passive design)에 대한 재조명이 한 흐름을 이루고 있다. Nguyen, et al. (2011)은 해당 지역의 기후 조건에 적응하여 발달한 베트남 풍토건축의 건축계획 요소를 분석했고, J. Dong & Jin (2013)은 위난성 티벳 지역의 전통 농촌 주택에서 친환경적인 계획 요소를 분석했으며, Almusaed & Almssad (2015)는 이란과 이라크 전통주택 건축 재료의 에너지 특성을 연구했다.

나아가, 전통건축의 다양한 자연형 건축계획 기법에서 찾아볼 수 있는 환경 친화적 계획요소를 현대적으로 활용하고자 하는 방법을 모색하는 연구 또한 활발하게 수행되고 있다. 그중에서 특히 풍토건축에 적용된 자연형 설계기법을 현대적인 관점으로 해석하기 위한 연구들을 살펴보면, Suh & Yim (2004)는 한국 전통마을의 건축계획 특성을 현대의 친환경건축 계획요소를 적용하여 분석했는데, 이때 친환경건축 계획기법을 "토지 이용", "환경친화 및 건강한 주거", "에너지 이용(자원 포함)", "교통 및 통신", "사회적 개발", "역사·문화 유산 보존 및 복구"의 6가지 부문으로 분류하여 지속가능한 주거지의 분석 기준으로 삼았다. 또한 Kim (2006)은 친환경 건축물 인증제도의 평가항목을 이용해 한국 전통 주거단지의 실태조사를 했는데, 평가항목 중 토지이용, 교통, 생태환경 부분은 대체로 전통주거건축의 평가에도 큰 무리가 없으나 재료 및 자원, 환경오염, 실내환경, 에너지, 유지관리 부문의 상당수 항목은 실제 계측을 통해 평가해야하는 내용이라 전통건축의 환경 친화적 특성 분석에 그대로 적용하기 어렵다고 결론지었다.

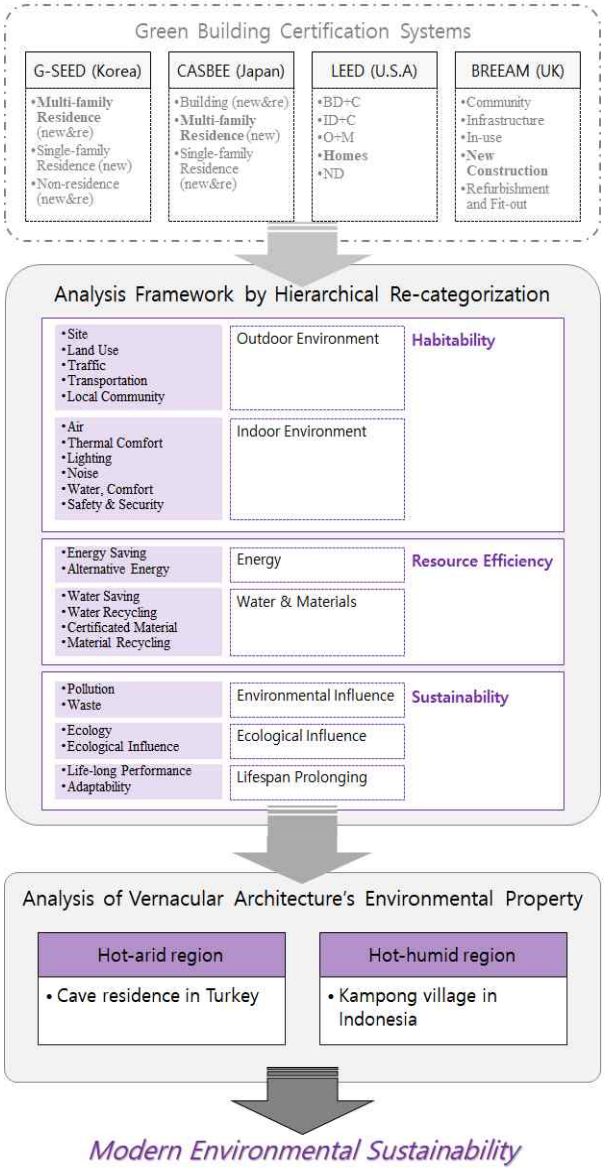

Fig. 1 Research Flow

2.2. 각국의 친환경건축물 인증제도

1) 친환경 건축물 인증제도의 개요

• 한국의 G-SEED: 2002년 건설교통부와 환경부가 공동으로 공동주택을 대상으로 친환경건축물 인증을 시작한 이래 2013년 녹색건축인증제도(Green Standard for Energy and Environmental Design, 이하 G-SEED)를 도입했다. 공동주택을 중심으로 소형주택을 포함하여 학교, 업무·판매·숙박 시설 등의 비주거용 건축 또한 인증 대상으로 한다. 신축, 리모델링, 기존건축물 여부에 따라 등급 부여 점수가 다르게 산정된다 [6].

• 일본의 CASBEE: 일본의 주택성능 표시제도는 2000년에 시작되었고, 2016년 현재 건축환경에너지절약기구(IBEC)에서 주관하고 있는 건축환경 종합성능평가 시스템(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, 이하 CASBEE)은 일반건축물, 단독주택, 공동주택을 대상으로 하며 신축과 기존 주택을 구분해서 점수를 산정한다. 설계도서 단계 또는 시공 및 완공 단계 중 선택해서 평가할 수 있다 [7].

• 미국의 LEED: 미국의 Leadership in Energy and Environmental Design(이하 LEED)는 1998년 첫 도입 후 2014년 기준으로 LEED 4.0까지 개정되어 왔다. 인증 대상은 크게 건축물 계획 및 건설(Building Design & Construction), 실내 계획 및 건설(Interior Design & Construction), 건축물 성능·관리(Building Operation & Maintenance), 주택 및 저층건물(Homes and Midrise), 근린 개발(Neighborhood Development) 분야로 구분된다 [8].

• 영국의 BREEAM: 친환경 건축물 인증제도는 1990년 영국에서 가장 먼저 도입되었다. 현재의 Building Research Establishment Environmental Assessment Method(이하 BREEAM)는 크게 지역사회(Community), 사회기반시설(Infrastructure), 기존 건축물(In-use), 신축(New Construction), 개·보수(Refurbishment and Fit-out)를 인증 대상으로 운영되고 있다 [9].

현대의 건축물은 사용 목적과 종류가 다양해서 환경적으로 가치를 두어야 하는 측면도 다르기 때문에 각국의 인증제도는 건축물에 따라 다른 기준으로 평가하고 있다. 이에, 본 연구에서는 인증제도 중 주택 평가기준에 집중했는데, 이를 통해 도출한 분석체계를 적용할 풍토건축물 대부분이 주거 건축물이기 때문이다.

2) 주택 관련 친환경 건축물 인증제도의 평가 대상

주택 관련 인증제도의 평가 대상은 주택 유형, 건축물의 생애주기 단계, 주택의 규모(층수)에 따라 다시 나뉜다. 따라서 각 국 인증제도의 주택 평가기준을 〈Table 1.〉과 같이 살펴보았다.

4개 국가 모두 단독주택과 공동주택 평가기준을 별도로 운영하고 있으며, 신축, 개·보수, 기존 주택 중 공통적으로 신축 단계에 대한 평가기준을 보유하고 있으나 개·보수와 기존 주택에 대한 평가기준은 제각각이어서 신축이 가장 중심이 되고 있다. 또한 G-SEED는 공동주택을 중심으로 하고 있으며, LEED는 단독 및 저층 공동주택과 중층 공동주택 평가 기준이 나뉘어 있다.

따라서 본 연구에서는 여러 종류의 주택 평가기준 중 신축 공동주택의 평가기준 내용을 바탕으로 삼았다.

Table 1. Detailed Subject of Residential Building Certification

System		Life span			Height	
		New	Re	In-use	Low	Mid
G-SEED	Single	○	-	-	-	-
	Multi	○	○	○	-	-
CASBEE	Single	○	-	○	-	-
	Multi	○	-	-	-	-
LEED	Single	○	-	-	○	-
	Multi	○	-	-	○	○
BREEAM	Single	ⒹⒾ	ⒹⒾ	-	-	-
	Multi	○	ⒹⒾ	Ⓘ	-	-

Single: Single-family Housing ; Multi: Multi-family Housing
Ⓓ: Domestic ; Ⓘ: International

2.3. 고온기후 지역의 풍토건축

본 연구에서는 쾨펜-가이거 기후 분류 기준 상의 다양한 기후 지역 중 명료하게 대비되는 특성을 볼 수 있는 열대우림 기후(Af)와 건조 기후 중 스텝 기후(BS) 두 지역을 각각 고온 다습(hot-humid), 고온 건조(hot-arid) 기후로 다시 구분했다.

고온건조(hot-arid) 기후는 쾨펜-가이거 분류 상 연강수량 500㎜ 미만이면서 강수량보다 증발량이 많은 건조기후인데, 연중 강수량 250㎜ 미만인 지역을 사막기후(BW), 250~500㎜를 스텝기후(BS: Steppe Climate, Semi-arid Climate)로 다시 나눈다. 건조기후 지역은 기온의 일교차가 매우 크고 식생이 빈약한 특징을 가진다. 특히 스텝기후는 긴 건기와 짧은 우기가 뚜렷하게 드러나면서 계절 간 기온 차이도 40~50℃에 이른다 [10].

이 지역의 건축적 특징은 실내공간의 온도가 변화하는 속도를 늦추고 온도 변화 정도를 감소시키는 것에 집중되어 있다. 가장 큰 역할을 하는 것은 건축의 재료로, 흙, 벽돌과 같이 열을 축적하는 용량이 큰 재료를 지붕을 포함한 건축물의 외벽 전체에 사용한다. 해당 재료의 물리적 특성은 주간의 강한 일사에너지를 흡수하여 실내의 온도를 치솟지 않게 하는 반면 야간에 흡수한 열을 천천히 복사하여 실내 온도 변화의 폭을 조절하는 결정적 역할을 한다.

고온다습(hot-humid) 기후는 쾨펜-가이거 분류의 열대우림 기후(Af)에 해당하며, 가장 큰 특징은 기온의 연교차가 1.0~1.5℃로 일교차보다도 적어서 연중 날씨가 큰 차이 없이 일관된다는 것이다. 또한 강수량도 많아 연평균 1,500~2,500㎜에 이른다. 따라서 기압 차이가 작아 바람이 약하고 습도가 높아 체감온도가 기온보다 훨씬 더 높다 [10].

이 지역의 전통 건축물이 실내공간의 온도와 습도를 조절하기 위해서 지면과 건물하부 사이, 실내와 지붕 사이에 공기가 순환될 수 있는 충분한 용적의 공간을 확보하고 공기의 이동경로를 개방하여 최대한의 자연환기를 유도하고 있으며, 크고 가파른 지붕으로 강한 햇빛을 차단하고 빗물을 효과적으로 배수하는 계획 특성을 가진 것은 이러한 기후의 영향 때문이다 [11].

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

3. 환경 친화적 계획기법의 정성적 분석체계 수립

3.1. 평가부문 및 평가항목의 통합 및 계층적 구조화

1) 평가부문 및 평가항목 비교

국가 별 공동주택 신축 시 평가 기준을 먼저 〈Table 2.〉과 같이 대분류인 평가 부문끼리 비교했다.

우선 한국의 G-SEED는 "토지이용 및 교통", "생태환경", "물순환 관리", "에너지 및 환경오염", "재료 및 자원", "실내환경", "유지관리", "혁신적인 설계"의 8개 부문으로 평가 내용을 구분했고, 일본의 CASBEE는 크게 2개 대분류 하위에 다시 6개 중분류 부문을 두었는데, "주거환경의 품질"의 하위에는 "쾌적·건강·안전한 실내환경", "건축물 수명 연장", "부지 내부 미관 고려"가, "환경에의 부담 저감"의 하위에는 "에너지와 물", "자원 절약 및 폐기물 저감", "지구·지역·공동주택 주변의 환경 배려"를 포함했다. 또한 미국의 LEED는 "통합적 절차", "위치 및 교통", "지속가능한 부지계획", "수자원 효율", "에너지 및 대기", "재료 및 자원", "실내환경의 질", "혁신성", "지역 특성 고려"의 총 9개 부문으로 구분했고, 영국의 BREEAM은 "유지관리", "건강과 안녕", "에너지", "교통", "수자원", "재료", "폐기물" "토지 이용 및 생태", "오염", "혁신성"의 10개로 부문으로 가장 많았다.

G-SEED의 "토지이용 및 교통", "생태환경" 부문에 해당하는 내용은 CASBEE는 "부지 내부 미관 고려", "지구·지역·공동주택 주변의 환경 배려"에, LEED는 "위치 및 교통", "지속가능한 부지계획"과 "지역 특성 고려"에, BREEAM은 "교통", "토지이용 및 생태"에 포함되었으며, G-SEED에서의"물순환 관리", "에너지 및 환경오염"은 CASBEE는 "에너지와 물"과 "지구·지역·공동주택 주변의 환경 배려"의 일부에 분산되어 있고, LEED는 "수자원 효율", "에너지 및 대기"에, BREEAM은 "수자원", "에너지", "오염"에 대체로 유사하게 분류했다. G-SEED의 "재료 및 자원" 내용은 CASBEE는 "건축물 수명 연장"의 일부와 "재료 및 자원"에, LEED는 "재료 및 자원"에, BREEAM은 "재료"와 "폐기물"에 거의 유사하게 포함했다. 그 외 실내환경 관련 부문은 모든 제도에서 독립된 부문으로 설정되어 있다.

이어서 인증제도의 세부 평가항목을 〈Table 3.〉에서 기존 평가부문을 참고하여 각 평가항목들을 서로 관련된 내용끼리 재배치했는데, 이 과정에서 4개국 인증제도의 모든 평가항목을 포괄할 수 있도록 다시 분류하여 1차적으로 범주화했다.

• 공기, 열, 빛, 소음, 쾌적성, 안전성: 실내 환경의 물리적 요소들로, 모든 제도가 공기의 질과 실내온도 평가 항목을 공통으로 포함하고 있으나 빛, 소음, 쾌적성, 안전성은 차이를 보였다.

• 대지, 토지 이용, 동선계획, 교통, 지역사회: 건축물이 위치하고 있는 대지와 주변 환경과의 관계를 평가하는 항목들이다.

• 에너지 절감 및 대체에너지: 모든 제도에서 큰 비중으로 다루고 있는 항목으로 기존 에너지의 효율적 사용과 재생에너지 항목을 포함한다. 절감과 계측을 중심으로 하는 특성을 가진다.

• 수자원 절감과 재사용, 환경 친화적 자재와 재활용: 수자원의 효율적 사용과 환경 친화적 자재의 이용 및 재활용을 다루고 있다. 빗물과 하수의 재활용은 일부 제도에서만 포함하고 있다.

• 오염, 폐기물: 대기와 주변 환경에 영향을 미치는 물질을 통제하고 폐기물의 발생을 줄일 수 있는 방식으로 자재를 생산하고 시공하는 것을 평가하는 항목들이다.

• 생태, 장수명 기능, 적응성, 유지관리: 건축물이 주변 생태계에 미치는 영향을 최소화 하고, 수명을 연장하는 내용과 이것이 가능하도록 건축물을 유지하고 관리하는 항목들을 포함한다.

2) 세부평가항목의 통합 및 계층적 구조화

이 단계에서는 앞서 분류한 세부 평가항목의 1차 소분류 범주 안에서 기존의 인증 제도를 불문하고 관련 있는 평가항목들을 묶어서 하나의 체계로 종합했다. 통합하는 과정에서 평가항목 자체에 기술된 내용 뿐 아니라 각 제도의 상세 평가방법까지 참고하여 해당 항목에서 검토하고자 하는 내용의 근본적 취지를 파악했으며, 4개국의 평가항목 중 어느 하나를 대표로 삼거나 또는 각 항목들의 내용을 모두 포괄할 수 있도록 새로 기술했다.

이어서 소분류를 상위 속성으로 다시 한 번 범주화하여 중분류로 정의했다. 실내 거주 환경을 다루는 공기, 열, 빛, 소음, 쾌적성, 안전성 범주를 모아 "실내환경(Indoor Environment)", 부지 내 계획, 주변 환경과의 관계인 대지, 토지 이용, 동선계획, 교통,

Table 2. Comparison among Evaluation Categories in Green Building Certification System of Each 4 Countries

G-SEED (2016)		**CASBEE** (2016)		**LEED** (2014)		**BREEAM** (2016)	
-	-	-	-	⑮ Integrative Process	2	-	-
① Land Use & Transportation	16	⑨ Outdoor Environment (On-site)	0.125	⑯ Location & Transportation	15	㉔ Transportation	13
② Ecological Environment	**20**			⑰ Sustainable Sites	7	㉕ Land Use & Ecology	10
		⑩ Off-site Environment	0.150	⑱ Regional Priority	4		
③ Water Circular Management	14	⑪ **Energy & Water**	**0.675**	⑲ Water Efficiency	12	㉖ Water	10
④ Energy and Pollution	**20**			⑳ **Energy & Atmosphere**	**37**	㉗ **Energy**	**35**
						㉘ Pollution	13
⑤ Materials & Resources	15	⑫ Resources & Materials	0.175	㉑ Materials & Resources	9	㉙ Materials	12
		⑬ Lifespan Prolonging	0.150			㉚ Waste	9
⑥ Indoor Environment	**21**	⑭ **Indoor Environment**	**0.725**	㉒ Indoor Environmental Quality	18	㉛ Health & Wellbeing	25
⑦ Management	9	-	-	-	-	㉜ Management	21
⑧ Innovation	**19**	-	-	㉓ Innovation	6	㉝ Innovation	10

note. Values on the right of each category are allocated scores, for the CASBEE, they are weighted values.

Table 3. Comparison among Evaluation Items in Green Building Certification System of Each 4 Countries

G-SEED (2016)	**CASBEE** (2016)	**LEED** (2014)	**BREEAM** (2016)	**Integrative Category**
⑥ Low air pollutant-emitting product	⑭ Air source control ⑭ Chemical hazard prevention	㉒ Contaminant control ㉒ Low-emitting products ㉒ Garage pollutant protection ㉒ Enhanced garage pollutant protection ㉒ Radon-resistant construction ㉒ Environmental tobacco smoke ㉒ Compartmentalization ㉒ Enhanced compartmentalization ㉒ Air filtering	㉛ Indoor air quality	**Air**
⑥ Natural ventilation ⑥ Ventilation of private unit	⑭ Ventilation	㉒ Ventilation ㉒ Enhanced ventilation ㉒ Combustion venting ㉒ Enhanced combustion venting		
⑥ Advanced thermal controller	⑭ Air conditioning system ⑭ Insulation performance	㉒ Balancing of heating and cooling distribution systems	㉛ Thermal comfort	**Thermal Comfort**
	⑭ Daylight control ⑭ Daylight utilization		㉛ Visual comfort	**Lighting**
⑥ In&outdoor traffic noise ⑥ Sound absorption of floor ⑥ Sound insulation of wall ⑥ Equipment noise	⑭ Indoor noise level ⑭ Sound insulation of openings ⑭ Sound absorption of floor ⑭ Sound insulation of wall ⑭ Equipment noise		㉛ Acoustic performance	**Noise**
			㉛ Water quality	**Water**
	⑭ Consideration of view, space and convenience		㉛ Accessibility ㉛ Private space	**Comfort**
	⑭ Bio hazard prevention ⑭ Private unit security ⑭ Public area security ⑭ Outdoor evacuation ⑭ Indoor evacuation		㉛ Safe containment in laboratories ㉛ Hazards	**Safety & Security**
	-	⑯ Site selection ⑯ Floodplain avoidance	㉕ Site selection	**Site**
① Proper underground development ① Minimizing cut and fill adjustment ① Reliable daylighting consideration		⑯ Compact development		**Land Use**
① Proper pathway planning to link in&outside of the complex			㉔ Travel plan	**Traffic**
① Proximity to amenities			㉔ Proximity to amenities	
① Pubic transportation accessibility		⑯ Access to transit	㉔ Pubic transport accessibility	**Transportation**
① Organized bicycle paths and racks * alternative transportation			㉔ Maximum car parking capacity ㉔ Alternative modes of transport ㉔ Home office	
	⑩ Load on local infrastructure	⑯ Community resources		**Local Community**
	⑨ Attention to townscape ⑨ Safe town management			
④ Energy performance * zero-energy building * heat bridge prevention	⑪ Energy efficient equipment and structure ⑪ Energy efficient appliances	⑳ Minimum energy performance ⑳ Annual energy use ⑳ Efficient hot water distribution system ⑳ Hvac start-up credentialing ⑳ Space heating & cooling equipment ⑳ Heating & cooling distribution systems ⑳ Efficient domestic hot water equipment ⑳ High-efficiency appliances	㉗ Reduction of energy use and carbon emissions ㉗ Energy efficient cold storage ㉗ Energy efficient transport systems ㉗ Energy efficient laboratory systems ㉗ Energy efficient equipment	**Energy Saving**
		⑳ Home size ⑳ Air infiltration ⑳ Envelope insulation ⑳ Windows ⑳ Lighting	㉗ Drying space ㉗ External lighting	

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

G-SEED (2016)	**CASBEE** (2016)	**LEED** (2014)	**BREEAM** (2016)	**Integrative Category**
	⑪ Energy efficient lifestyle briefing	⑳ Education of the homeowner, tenant or building manager		
④ Energy monitoring and control equipment	⑪ Energy maintenance and control	⑳ Energy metering ⑳ Advanced utility tracking	㉗ Energy monitoring	
④ Low carbon energy ④ Renewable energy		⑳ Renewable energy ⑳ Building orientation for passive solar ⑳ Active solar-ready design		**Alternative Energy**
③ Water monitoring ③ Water efficient equipment	⑪ Water efficient equipment	⑲ Total water use ⑲ Indoor water use ⑲ Outdoor water use ⑲ Water metering	㉖ Water consumption ㉖ Water leak detection and prevention ㉖ Water monitoring ㉖ Water efficient equipment	**Water Saving**
③ Rainwater management ③ Using rainwater and groundwater * recycling sewage				**Water Recycling**
⑤ Environmentally preferable products ⑤ Low carbon material ⑤ Low pollutant product ⑤ Ratio of using certificated material	⑫ Sustainable interior material ⑫ Avoiding pollutant material ⑫ Material information	㉑ Environmentally preferable products	㉙ Responsible sourcing of construction products	**Proper Material**
⑤ Recycled material ⑤ Recycling resource rack	⑫ Utilizing existing structural frame ⑫ Recycled structural material		㉚ Recycled aggregates	**Material Recycling**
④ Ozone failing substance prohibition	⑩ Global warming		㉘ Impact of refrigerants ㉘ NO_x emissions ㉗ Low carbon design	**Pollution**
	⑩ Load of noise, vibration, air pollution, and heat on surrounding environment		㉘ Reduction of noise pollution ㉘ Reduction of night time light pollution ㉘ Surface water run-off	
	⑫ Waste reducing construction ⑫ Waste reducing product	㉑ Material-efficient framing ㉑ Construction waste management	㉙ Material efficiency ㉚ Construction waste management ㉚ Operational waste ㉚ Speculative finishes	**Waste**
① Ecological value of the existing site ② Biotope building		⑰ No invasive plants ⑰ Heat island reduction ⑰ Rainwater management ⑰ Non-toxic pest control ㉑ Certified tropical wood	㉕ Ecological value of site and protection of ecological features ㉕ Minimizing impact on existing site ecology ㉕ Long term impact on biodiversity	**Ecology**
② Green axis planning ② Ratio of open space on natural ground ② Ratio of ecological area * ratio of recycling topsoil		⑰ Construction activity pollution prevention	㉙ Hard landscaping and boundary protection	**Ecological Influence**
	⑬ Structural durability ⑬ Earthquake resistance ⑬ Fire resistance ⑬ Fire monitoring	㉑ Durability management ㉑ Durability management verification	㉙ Life cycle impacts ㉙ Insulation ㉙ Designing for durability and resilience	**Life-long Performance**
	⑬ Interior flexibility ⑬ System renewability ⑬ Spatial margin ⑬ System capacity margin ⑬ Inclusive design		㉚ Adaptation to climate change ㉚ Functional adaptability	**Adaptability**
⑦ Environment management plan during Construction * Green construction standard	⑬ Maintenance plan		㉜ Life cycle cost and service life planning ㉜ Responsible construction practices ㉜ Aftercare	**Management**
⑦ Green building certification information brief ⑦ Offering maintenance & management manual ⑦ Offering User manual			㉜ Project brief and design ㉜ Commissioning and handover	

note1. Out of two types of LEED evaluation procedure, prescriptive path was chosen, which evaluation items have more concrete descriptions
* : Items from 'innovation' category of G-SEED, which were distributed to the categories those have practical relevance to them
ⓗ : original category of each evaluation item which is on < Table. 4 >

지역사회 범주를 “실외환경(Outdoor Environment)”, 에너지 소비 및 절감, 대체에너지를 “에너지(Energy)”, 수자원과 자재의 절감 및 재활용을 각각 “수자원(Water)”, “재료(Material)”, 주변 환경에 영향을 미치는 오염물질과 폐기물 내용을 묶어 “환경 영향(Environmental Influence)”, 생태, 생태 영향을 “생태 영향(Ecological Influence)”, 장수명 기능, 적응성, 유지관리 범주를 “사용연한 연장(Lifespan Prolonging)”으로 각각 명명했다.

3.2. 풍토건축의 환경 친화적 계획기법 분석도구

1) 환경 친화적 특성의 개념적 지표 설정

이 단계에서는 앞서 귀납적 범주화를 통해 계층적으로 구조화한 전체 평가항목을 건축물의 환경 친화적 특성을 대표하는 개념 지표인 “거주성(Habitability)”, “자원 효율성(Resource Efficiency)”, “지속성(Sustainability)”으로 정의했다.

중분류 항목 중 ‘실내환경’과 ‘실외환경’은 건축물의 내·외부 공간이 거주자가 생활하기에 충분한 물리적 여건을 갖추었는지를 검토하는 것으로, 건축물의 본원적인 목적인 “거주성”을 판단하는 것이다. 다음으로 ‘에너지’, ‘수자원’, ‘재료’는 모두 건축물 자체의 구성요소이며 건축물의 기능과 거주자의 일상 유지에 소모되는 자원이다. 이 자원을 절감하고 현명하게 이용하는 “자원 효율성”은 건축물의 거주성을 뒷받침하는 중요한 요소이다. 마지막으로 ‘환경 영향’, ‘생태 영향’, ‘사용기한 연장’은 건축물이 자원의 집약체로서 가급적 긴 시간동안 원활하게 목적 활동을 수행하면서도 주변의 물질계와 생태계에 부정적인 영향을 미치지 않으며 공존할 수 있는 “지속성”을 드러내는 속성이다. 따라서 건축물의 계획 요소와 기법이 환경 친화적인지 평가하는 것은 건축물을 이 세 가지 개념적 지표로 검토하는 것이다.

마지막 단계로, 에너지 사용량, 단열 성능과 같이 실제 계측을 필요로 하며 현대의 기준으로는 평가하기에 무리가 있는 항목, 대피, 주차 수용 규모, 야간 빛 공해 등 현대 도시의 특성과 관련된 항목, 태양에너지 설비, 건설 폐기물 저감, 고효율 온수분배기 적용 등 현대적 기술을 배경으로 하는 항목들을 선별하여 제외했다.

2) 풍토건축의 환경 친화적 계획기법 분석체계 수립

일련의 과정을 통해 얻어진 건축물의 환경 친화적이면서 자연형인 계획기법을 정성적으로 분석하는 체계는 〈Table 4.〉와 같다. 이 분석체계는 3단계의 계층적 항목 체계로 구성하여, 하위 36개 항목으로 건축물의 세부요소들을 분석한 각 내용들이 19개 상위 단계, 다시 8개 최상위 단계로 수렴되도록 구조화했다.

“거주성”은 건축물의 실내와 실외 환경 2가지로 구분하여 분석하는데, 이는 다시 실내 환경 6개, 실외 환경 4개의 하위 항목으로 나뉜다. 실내 환경에서는 11개의 세부항목을 통해 기계적 장치를 이용하지 않으면서도 적절한 물리적 환경 확보하고 있는지, 실외 환경에서는 6개의 세부항목을 통해 일조를 확보, 범람 안전, 주변의 생활편의시설에의 접근, 지역사회의 동화 여부를 살핀다.

“자원 효율성”은 에너지, 수자원, 자재의 3가지 대분류 항목 하위의 5개 항목, 총 9개 세부항목을 기준으로 분석한다. 기계적 설비가 없는 건축물이 어떤 특징적인 계획기법으로 에너지를 활용하며, 특히 태양에너지를 활용하는지를 고찰하고, 또한, 한정된 물자원 활용 방법, 건축물을 구성하고 유지하는 데 이용된 자원들을 어떻게 확보하고 세대를 이어가는 지를 분석한다.

“지속성” 측면은 환경 영향, 생태 영향, 사용기한 연장의 3가지 대분류 항목을 5개의 하위항목, 다시 총 10개의 세부항목 내용으로 나누어 분석한다. 앞서 거주성과 자원 효율성을 충족시키는 자연형 계획기법이 주변의 물질 환경 및 생태 환경과 공존하는 방식, 즉 현대적 기술이 아닌 풍토적 지혜로 어떻게 기후를 포함하는 외부적 위협으로부터 건축물의 내구성을 유지 및 연장하고 삶의 단계에 따라 달라지는 생활의 변화를 수용했는지를 분석한다.

Table 4. Analyzing Tools over Environmental Design Method of Vernacular Architecture

Category	Item
Habitability	
Indoor Environment	
Air	• Compartmentalization • Natural ventilation
Thermal Comfort	• Air conditioning system
Lighting	• Daylight control • Daylight utilization
Noise	• Sound insulation of opening, wall, floor
Comfort	• Accessibility • Private space
Safety & Security	• Bio, chemical hazard prevention • Security
Outdoor Environment	
Site	• Site selection • Floodplain avoidance
Land Use	• Reliable daylighting consideration
Traffic	• Travel plan • Proximity to amenities
Local Community	• Load on local infrastructure
Resource Efficiency	
Energy	
Energy Saving	• Energy efficient structure • Energy efficient design
Alternative Energy	• Passive solar design
Water	
Water Recycling	• Rainwater management • Using rainwater and groundwater • Recycling sewage
Material	
Proper Material	• Environmentally preferable products
Material Recycling	• Utilizing existing structural frame • Recycled material
Sustainability	
Environmental Influence	
Environmental Influence	• Noise • Air pollution • Heat
Ecological Influence	
Ecology	• Minimizing impact on existing site ecology
Ecological Influence	• Rainwater management
Lifespan Prolonging	
Life-long Performance	• Durability management • Fire resistance
Adaptability	• Adaptation to climate change • Functional adaptability • Interior flexibility

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

4. 고온기후 지역 풍토건축의 환경 친화적 자연형 계획 특성 분석

4.1. 조사대상 개요

본 연구에서는 전 지구적인 온난화 현상과 그 영향을 받고 있는 우리 국토의 변화를 감안하여, 고온기후 지역의 풍토건축에서 의미 있는 시사점을 얻을 수 있을 것으로 기대하여 조사 대상으로 선정했다. 고온기후 지역 중 터키의 고온건조(hot-arid) 지역은 2017년 7월 17~19일에, 인도네시아의 고온다습(hot-humid) 지역은 2017년 8월 17~18일 방문했는데, 건축물 뿐만 아니라 관리자 및 거주자들과의 면담을 병행하여 현장조사를 실시했다.

a) Derinkuyu, Turkey *b) Kampung House, Indonesia*

Fig. 2. Vernacular Architecture in Hot-climate Region

a) Livingroom in Derinkuyu *b) Vertical through airway in Derinkuyu*

c) Bedroom in Selime Cathedral *d) Kitchen in Selime Cathedral*

e) Outdoor of General Cave Residence *f) Indoor of General Cave Residence*

Fig. 3. Cave Residences at Göreme, Turkey

4.2. 고온건조 지역: 터키의 동굴주거지

1) 일반적 특성

터키 동부 내륙의 중앙 아나톨리아 지방의 일부인 네브세히르 주의 괴뢰메 지역은 동경 34° .73‘ 북위 38° 37‘에 위치하며, 뜨겁고 건조한 스텝기후에 속한다. 따라서 여름에는 건조하고 더우며, 겨울에는 춥고 눈이 많이 내린다. 월 평균기온은 1월이 -7~1° C, 8월이 12~29° C 이나, 여름 평균 최고기온은 38° C까지 올라가며 연간 일조량이 2,449.6시간, 연평균 강수량은 402㎜으로 매우 건조하고, 해발 고도는 1,344m이다 [12].

괴뢰메 지역은 분출된 용암으로 형성된 지형이 오랜 세월 동안 풍화와 침식 작용을 거쳐 쉽게 깎이는 부드러운 화산암으로 이루어져 있다. 이 지역에서는 기원전 4천년 경부터 사람들이 동굴에 거주해온 것으로 알려졌는데,[12] 현재까지도 여전히 암반을 깎아 만든 건축물을 주택, 호텔 등으로 이용하고 있다. 이 지역의 동굴주거지는 평지에서 아래로 파내려간 지하도시, 바위산과 절벽을 수평으로 파서 만든 주거와 교회의 2가지 형식이 있다. 본 연구에서는 지하주거지인 데린쿠유(Derinkuyu), 절벽을 수평으로 파서 지은 셀리마 수도원(Selime Cathedral)과 괴레메 시내 동굴주택을 조사하고 관리자를 면담했다.

2) 터키의 동굴주거지

① 거주성

• 실내환경: 동굴주거는 암반을 깎아 만든 건축 기법의 특성상 외기에 노출되는 부분이 매우 제한적일 수밖에 없는 특성을 가진다. 현재도 거주자가 생활하고 있는 시내 동굴주택의 실내는 습도가 다소 높아서 전원을 필요로 하는 기계적 환기장치를 이용하고 있었던 반면, 데린쿠유 지하 동굴주거는 매우 쾌적한 상태를 유지하고 있었다. 데린쿠유에는 최대 90m의 깊이까지 수직으로 관통하는 공기 통로가 조성되어 있는데(Fig.3. b), Fig. 4.) 이 수직 통로가 우물의 역할을 하면서 압력의 차이를 일으켜 더운 공기를 배출하는 굴뚝과도 같은 역할을 겸하여 내부의 공기를 순환시키고 실내 습도를 조절하는 중요한 기능을 수행하고 있다.

또한 동굴주거는 별도의 냉·난방체계를 가지고 있지 않았는데, 토양 구조물 자체가 축열체의 역할을 겸하여 외기 온도의 영향을 거의 받지 않고 실내온도가 적절하게 유지될 수 있다.

그러나 자연채광과 소음에 대한 고려는 매우 적었던 것을 알 수 있었는데, 조사 대상지 중 현대의 동굴주거가 아닌 사례는 모두 외기와 접하는 부분에서 출입로 이외에 자연채광을 위한 계획 요소는 찾아볼 수 없었다. 특히 데린쿠유의 경우에는 외부의 침략 시 대피 및 방어 시설의 기능을 수행했었기 때문에 외부와 연결된 통로를 일부러 좁고 길게 계획하고 큰 돌을 굴려 막아서 출입을 통제했다. 실내 조명은 지하주거에서는 연소 시 탄소 발생이 적은 식물성 기름을 연료로 등불을 밝혔고, 지상 동굴주거에서는 음식 조리에 이용하는 화덕의 불을 최소한의 조명으로 이용했다.

동굴주거는 모든 공간의 구획이 고정적일 수밖에 없는 만큼 각 공간의 기능이 분화되어 있었는데, 저장고와 가축들이 사용하는 공간은 외부로 통하는 입구에 가까운 곳에 두고 주요한 생활공간은 안쪽 깊은 곳에 두었다. 생활공간 역시 공적인 구역과 사적인 구역을 구분하여 이용했다.

• 실외환경: 건축물이 개별적으로 구축되지 않고 서로 벽체를 공유하여 개별 건축물, 마을, 도시 전체가 한데 얽힌 벌집과도 같이 조밀한 군집체로 형성되어 있으며, 통행로 이외에 실내공간과 연계된 실외공간은 계획되어 있지 않다. 또한 동굴주거는 대체로 바위산, 절벽 또는 지하에 위치하여 기본적인 접근성 이외에 주변 대지와의 연계는 세심하게 고려되지 않았다.

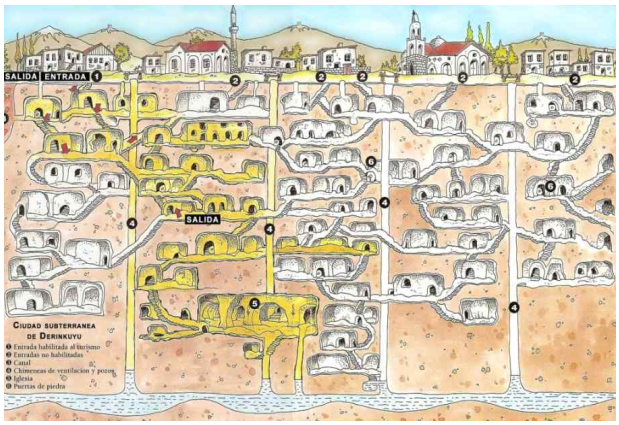

Fig. 4. Section of the Derinkuyu Residence

②자원효율성

• 에너지 및 재료: 실내·외 모두 건축물의 바닥·벽·지붕 구분이 분명하지 않은 둥근 형태이며 개구부가 거의 없어서 태양 복사열에 대한 노출을 최소한으로 한다. 또한, 구조체를 구성하는 재료인 암반, 즉 흙과 돌은 열을 축적하는 용량이 큰 물리적 특성을 가지고 있어서 축적된 열을 전달하는 시간이 오래 걸리므로 건축물 전체가 거대한 단열재이자 축열체의 역할을 한다. 이와 같은 구조와 재료의 특성이 함께 작용하여 낮 동안 태양에너지를 모아서 밤 동안 활용하는 효과를 낸다. 그리고, 동굴 주거지는 여러 재료를 집적하여 빈 공간을 막아서 내부공간을 조성하는 방식이 아니라 암석과 토양을 덜어내어 내부공간을 조성하는 건축방식이며, 내장재를 따로 추가하지 않기 때문에 건축자재가 덜 소요되며 유지 및 보수가 매우 용이하다.

• 수자원: 예외적으로 강가에 인접한 경우 이외에는 모든 거주자가 우물을 공유하여 지하수를 이용했다.

③지속성

• 환경 및 생태 영향: 기존의 대지를 있는 그대로 활용하며 자연 상태에서 추가로 자재를 소모하지 않기 때문에 주변의 물리적 환경과 생태 환경에 거의 영향을 미치지 않았다.

• 사용기한 연장: 기후가 건조하고 구조체가 불에 타지 않는 재료라서 노후되거나 화재 등으로 손상될 위험이 거의 없어서 장기간 지속될 수 있다. 또한, 외부의 기상 상태나 기온 변화의 영향을 적게 받으며, 대부분 실내공간의 기능성이 강하지 않아 다른 기능으로 전환할 수 있어서 전체적으로 활용 가능성이 높다.

4.3. 고온다습 지역: 인도네시아의 목조주택 마을

1) 일반적 특성

18,108개의 섬으로 이루어진 인도네시아는 섬들이 적도를 중심으로 북위 5° 에서 남위 10° 사이에 위치하여 완전한 열대성 기후를 나타내는데, 거의 전 지역의 연평균 기온이 25~27℃로 월별 변화는 거의 없다. 적도 부근의 연중 강우지역을 제외하면 대체로 건기와 우기의 구별이 뚜렷하고 습도도 연평균 75~85%로 상당히 높다. 조사대상지가 위치한 자와섬의 연평균 강수량은 1,755㎜이다 [13].

자와섬 자와퉁와 주(Provinsi Jawa Tengah)의 쿠두스(Kudus) 지역은 16세기에 본격적으로 이슬람화 된 이래 지금까지 종교적 거점도시이나 그 이전 시대의 건축적 유산이 많이 남아있다. 말레이 반도, 수마트라섬, 보르네오섬 등에 널리 거주하는 말레이족의 대표적인 전통 목조주택인 캄펑(Kampung) 또는 일명 말레이 하우스(Malay House)가 원형 그대로 마을 곳곳에 남아있으며 현재도 주민들이 거주하며 도시의 일부로 기능하고 있다 [15]. 이 지역의 캄펑은 전형적인 지면에서 들어 올린 마루 구조가 아니라 흙과 점토 타일로 조성된 기단 위에 가구식 목조 구조를 구축한 특성을 띤다(Fig.5. a), b)). 본 연구에서는 총 7채의 주택을 조사했는데 그 중 3채의 거주자들과 면담을 진행했다.

a. Kampung House - 1

b. Kampung House - 2

c. light-penetrate meshed ornaments and screens on outer walls

d. light-transparent materials among roof tiles

e. light-penetrate meshed ornaments attached to opening

f. high ceiling and open indoor planning, partial skylight among roof tiles

g. stand-tall partition wall, partial skylight among roof tiles

Fig. 5. Kampung Houses at Kudus, Indonesia

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

2) 인도네시아의 목조주택 마을

① 거주성

• 실내환경: 주택 전면을 개방된 형태로 하여 외부의 바람을 최대한 실내공간으로 유입하며, 부재를 끼우고 맞추는 가구식(架構式, knockdown) 구조라서 외벽, 내벽, 개구부 틈새로 통기성이 매우 크다. 또한 지붕과 천장이 높아 기본적으로 실내공간의 부피가 큰 데 비해서 실내의 벽은 천장까지 닿지 않는 최소한의 사생활 보장에 필요한 키 높이 정도의 칸막이로 구획되어 있어 실제로는 실내공간 전체의 천장이 개방되어 있다(Fig. 5. f), g), Fig.6). 따라서 더운 공기가 항상 거주자의 머리 위 지붕 하부에서 이동하여 벽면 상부의 통풍구와 지붕을 통해 빠져나갈 수 있으므로 실내공간의 자연 통기에 매우 유리하다.

연중 기온이 높고 일정해서 냉·난방체계는 전혀 갖추고 있지 않으며, 소음에 대한 고려 또한 따로 찾아보기 어렵다. 자연채광 측면에서 다양한 계획요소를 볼 수 있었는데, 개구부 위쪽에 부착된 목재 투각 장식은 장식적 효과와 함께 실내로 유입되는 햇빛을 걸러주는 반면(Fig. 5. c), e)), 지붕 기와에 부분적으로 투명한 재료를 끼워서 햇빛이 닿지 않는 실내에 낮 동안 햇빛을 끌어들여 채광하고 있다(Fig. 5. d), f), g)). 또한, 외벽에 부착된 미닫이문은 상부에는 투각 장식, 하부 절반 가량에 수직 방향의 살이 부착되어 있는데 이는 실내에 유입되는 빛의 양을 조절하고 바람은 통하도록 하면서 외부로부터의 시선을 차단하여 개방적 구조로 인해 노출될 수밖에 없는 실내공간의 사생활을 보호하는 묘수로 기능하고 있었다(Fig. 5. c)) 부엌은 본채에 수직으로 연결된 별도로 분리된 채에 위치하며 일반적으로 우물과 바로 인접하고 있다.

• 실외환경: 바람의 방향을 마주하여 주택을 배치했고, 주택들 사이사이의 좁고 굽은 통로는 공기통로의 역할을 한다. 부지 안에서는 모든 주택 전면의 외부에 개방된 녹지를 확보하여 공기가 순환되고 실내로 유입될 수 있도록 했다.

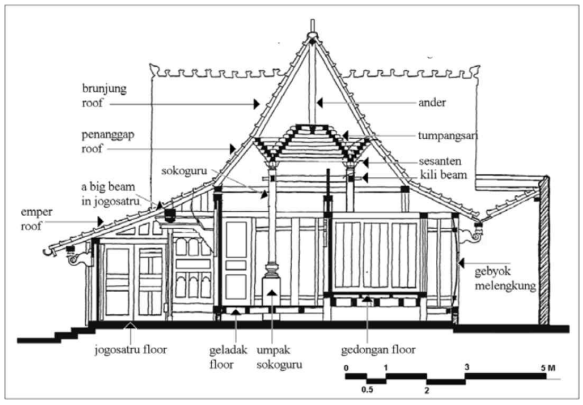

Fig. 6. Section of the Kampung House at Kudus

②자원효율성

• 에너지 및 재료: 큰 지붕이 건축물 전체에 그늘을 드리우며, 목재로 겹겹이 구성된 지붕과 천장의 구조가 단열재의 역할을 하고(Fig. 5. f), Fig.6) 점토로 만든 지붕 기와((Fig. 3. d))가 일부 축열 기능을 겸하여 결과적으로 지붕 구조 전체가 태양 복사열을 차단하여 실내로 전달되지 않도록 차단하는 거대한 절연체의 역할을 한다. 실내에서는 높은 천장 위로 흐르는 공기층이 한번 더 열의 전달을 차단한다.

• 수자원: 경사가 가파른 지붕이 실내로의 빗물 유입을 방지하는 역할을 하나 지표면의 빗물을 처리하는 체계는 없다. 강가에 위치하지 않은 경우 주택마다 개별 우물을 이용한다.

③지속성

• 환경 및 생태 영향: 풍부한 강수량으로 수자원과 식생이 풍부해서 목재를 주요 건축자재로 이용함에도 주변 환경을 소진시키거나 부정적인 영향을 미치지 않았다.

• 사용기한 연장: 목재 부재의 내후성을 높이기 위해 정기적으로 식물 추출물을 표면에 도포하나 기본적으로 화재에는 취약하다. 반면, 가구식 구조의 특성 상 부재의 교체 및 보수가 용이하고 실내 칸막이벽 또한 매우 융통성 있어 장기간 사용에 유리하다.

4.4. 소결

당연히, 풍토건축에서 집중한 것은 거주성의 측면일 수밖에 없다. 터키 동부와 인도네시아 모두 기온이 높은 지역인 만큼 태양으로부터의 열에너지를 다스려 실내 공간의 열 쾌적성을 유지하는 것이 두 지역 모두의 풍토건축이 거주성 확보를 위해 우선적으로 해결했어야 하는 환경적 과제였다. 한쪽은 열을 차단하고 튕겨내고 흘려보내는 방식으로 해결했다면, 다른 한쪽은 열에너지를 모아서 늦추고 시간차를 두고 활용하는 방식으로 이용했는데 이는 마치 현대의 신재생에너지 발전 기술을 말 그대로 자연형 방식으로 적용했다고 할 수 있다. 또한 두 지역 기후의 가장 큰 차이점은 강수량의 차이에서 비롯된 습도이다. 그런데, 건조지역의 동굴주거는 역설적으로 대지가 배출하는 습기를 조절해야하는 과제를 안고 있었고 공기통로로 이를 해결했다. 다습지역의 목조주택은 많은 강수량으로 인해 습하고 더운 공기를 실내에서 배출하는 것이 태양에너지의 차단 못지않게 중요한 과제여서 외부의 바람을 끌어들이고 기류를 일으켜 공기를 이동시키는 자연통기의 원리를 극대화하여 건축 기술과 평면의 구성 등 모두를 그에 맞추어 최적화하는 방향으로 발달했다.

매우 다른 여건의 두 지역 풍토건축물이 환경적 과제를 해결한 방식은 공통점을 가지고 있다. 두 지역의 풍토건축이 이용한 재료들은 모두 해당 지역의 산물인 흙과 나무로, 수급이 용이해서 만이 아니라 요구되는 성능을 낼 수 있기 때문에 선택되었다. 풍토건축물이 건축되던 시기의 관점에는 분명 거주성 확보를 위해 모색했던 대안이 현대의 관점에서는 경제적 측면을 포함하는 자원효율성과 환경과 생태에의 영향에 대한 걱정을 덜 수 있는 지속성까지도 충족시킬 수 대안으로 의미를 가지게 되었다. 또 다른 공통점은 자연환기를 통해 실내의 거주성을 크게 증대시켰다는 것이다. 특히 현대의 건축에서 당연하게 공기조화설비가 수행하고 있는 통기 성능을 산업화 이전 시대의 거대 지하건축물이 충족시키고 있다는 사실에 주목할 필요가 있다.

Table 5. Environmental Passive Design Properties of Vernacular Architecture in Hot-climate Region

Category	Item	Cave Residence in Göreme, Turkey	Kampung Village in Kudus, Indonesia
Habitability			
Indoor Environment			
Air	• Compartmentalization • Natural ventilation	• compartmentalization for entrance control and spatial functioning • vertical through airway like underground chimney controls relatively high humidity inside	• minimum indoor compartmentalization by stand-tall partitions • porous knockdown walls and openings, large inner space in volume, wind blow on attic, open indoor planning, front greenyard of every house that makes room to blow wind through indoor area
Thermal Comfort	• Air conditioning system	• thermal mass as cooling system during daytime, heating system at night	• (fire pit only for cooking)
Lighting	• Daylight control • Daylight utilization	• botanic-oil lamp • (none)	• light-penetrate meshed ornaments and screens on outer walls • partial light-transparent materials among roof tiles
Noise	• Sound insulation of opening, wall, floor	• (none)	• (none)
Comfort	• Accessibility • Private space	• storage and livestock spaces near entrance, accessible to well and airway on every floor, only indoor paths between rooms, underground shortcut to next village • separated public and private zone	• pathway between well and kitchen • sliding meshed woodcarving screen controls sight from outside, inner space compartmentation by stand-tall partitions
Safety & Security	• Bio, chemical hazard prevention • Security	• water reserve isolation ※ strong entrance control by rolling rock in Derinkuyu	• separated kitchen from living area • (none)
Outdoor Environment			
Site	• Site selection • Floodplain avoidance	• (none) • generally located at uplands	• (none) • ensured distance to flood plain
Land Use	• Reliable daylighting consideration	• (none)	• facing to wind direction, curving & narrow paths among houses
Traffic	• Travel plan • Proximity to amenities	• (none) • (none)	• all outdoor paths among houses • paths between houses
Local Community	• Load on local infrastructure	• shared groundwater, commonly shared outer walls with other buildings	• practically share groundwater
Resource Efficiency			
Energy			
Energy Saving	• Energy efficient structure • Energy efficient design	• bedrock and its soil as thermal mass and structure simultaneously, using soil on every structural part, share structural walls among any other's buildings • round shape of rooms & buildings (sometimes land itself) and minimum openings & pathways for minimizing exposure to sun radiation	• roof and ceiling with thick heap of wood beams as heat insulator, clay roof tile saves heat • big roof for avoiding sun radiation and making shade, large inner space in volume and wind blow on attic as heat insulator
Alternative Energy	• Passive solar design	• structural thermal mass as solar energy storage	• (none)
Water			
Water Recycling	• Rainwater management • Using rainwater and groundwater • Recycling sewage	• (none) • using groundwater(well) • (none)	• steep roof, no sewage system • using groundwater(well) • (none)
Material			
Proper Material	• Environmentally preferable products	• all natural and local products, less construction material needed	• all natural and local products
Material Recycling	• Utilizing existing structural frame • Recycled material	• not build but take dirt out of bedrock • (none)	• all reusable knockdown structure • always recycle existing member
Sustainability			
Environmental Influence			
	• Noise • Air pollution • Heat	• (none) • (none) • (none)	• (none) • (none) • (none)
Ecological Influence			
Ecology	• Minimizing impact on existing site ecology	• less construction material needed	• (none)
Ecological Influence	• Rainwater management	• (none)	• steep roof helps draining rainwater
Lifespan Prolonging			
Life-long Performance	• Durability management • Fire resistance	• (none) • highly inflammable	• botanic-stain on wooden members • highly flammable
Adaptability	• Adaptation to climate change • Functional adaptability • Interior flexibility	• little influence by outdoor climate • most inner spaces are multi-functional • (none)	• (none) • most spaces are multi-functional • high flexibility in partition wall

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

5. 결론

본 연구는 먼저 여러 국가의 친환경 건축물 인증제도의 평가체계를 발판으로 건축물의 환경 친화적 계획 특성을 대표하는 개념 지표를 "거주성(Habitability)", "자원 효율성(Resource Efficiency)", "지속성(Sustainability)"으로 정의했고 이에 따른 하위 분석체계를 수립했다. 이를 통해 통찰하려는 것은 장기적 관점에서 다음 세대를 위한 친환경 건축물이 지향해야 하는 목적에 해당한다. 지표의 속성이 목적을 효과적으로 드러내는 매개 수단이라고 할 때, 고찰 대상이 현재의 기술집약적 건축물인지 과거의 풍토 건축물인지에 따라 드러내는 본질은 달라지지 않는다. 따라서 이 분석 체계는 풍토 건축에 한정되지 않고 모든 건축물의 환경 친화적 본질을 드러내는 범용적인 도구로 이용될 수 있다.

위의 체계로 풍토건축을 분석하여 드러낸 내용은 다음과 같다.

첫째, 건축 계획에 있어 토착 재료의 물리적 특성을 적절하게 활용하면 건축물의 에너지 효용을 높이는 데 큰 효과를 낼 수 있다. 특히 어디에나 존재하는 "흙"에 주목할 필요가 있다. 본 연구의 조사 대상이었던 동굴주거 이외에도 흙은 실제 많은 지역의 풍토건축에 구조 재료로 사용되어 왔다. 현대의 기술로 구조재료로서의 흙의 물리적 강도를 다소 보강하고 축열 성능을 에너지원으로 활용할 수 있다면 자원효율성과 지속성을 겸비한 범용적인 건축 자재로 흙을 이용할 수 있는 가능성이 열릴 것이다.

둘째, 건축 계획 시 자연환기 계획이 에너지 효율 못지않게 중요하다는 것을 인식하고 다양한 대안을 모색해야 한다. 현대의 건축 계획에서는 건축물의 에너지 소비와 그 효율을 중요하게 고려하고 있으며 거주자의 건강에 영향을 미치는 건축물의 내부 환경에 대한 관심 또한 계속 증가하고 있다. 그런데 자연환기 계획이 잘 이루어진 건축물은 냉방에너지를 덜 소비하며 쾌적한 실내 공기가 거주자의 건강에 미치는 영향은 건축물의 거주성과 직결되어 있음에도 불구하고 현대의 건축은 자연환기의 중요성을 간과하고 있다. 특히 규모가 큰 건축물일수록 공기조화설비와 더욱 적극적인 자연 환기계획을 병행하는 것이 중요하다.

현재의 시점에 어떤 풍토건축이 현대의 기술을 적용한 건축과 견주어 손색없는 기능을 한다고 평가하기는 어렵다. 그렇다고 모든 지역의 건축에 현대의 소모적 건축기술을 적용하는 것은 옳지 않다. 현대의 기술 발달이 과연 환경과 건축과 인간의 대응관계를 고려하며 발전하고 있는지, 반대로 건축물 개발 요구에 대응하는 기술을 추구하고 있는 것이 아닌지 돌아보아야 할 필요가 있다. 과거 지역마다 다른 풍토건축이 발달한 것은 기술과 이동의 제한 때문만은 아니며 이는 해당 지역에 최적화된 기술과 재료의 집약체로서 의미를 갖는다. 따라서 반대로, 풍토건축의 기술적 가치를 바탕으로 하여 지역의 특성에 적정하게 대응하는 건축물 계획하되 현재의 필요에 비추어 아쉬운 면을 지금의 기술로 보완하려는 태도가 가장 지역적인 건축이자 나아가 진정으로 환경 친화적이고 지속가능한 건축의 출발점이라고 할 수 있다.

Acknowledgement

본 연구는 2016년도 교육부 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (NRF-2016R1D1A1B03935218)

본 연구는 2017년 대한건축학회와 한국생태환경건축학회 춘계학술대회에서 발표한 내용을 확장, 발전시킨 연구임.

Reference

[1] A. Nguyen, et al., An Investigation on Climate Responsive Design Strategies of Vernacular Housing in Vietnam, Building and Environment, 46(10), 2011, pp.2088-2106
[2] J. Dong & H. Jin, The Design Strategy of Green Rural Housing of Tibetan Areas in Yunnan, Renewable Energy, 49(1), 2013, pp.63-67
[3] A. Almusaed & A. Almssad, Building Materials in Eco-Energy Houses from Iraq and Iran, Case Studies in Construction Materials, 2(3), 2015, pp.42-54
[4] 서기영 & 임상인, 전통주거지에 내재된 지속가능한 계획요소에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 20(9), 2004, pp.49-57 // (Suh, K. Y. & Yim, S., Study on Sustainable Planning Elements in Traditional Residence, Journal of the Architectural Institute of Korea, 20(9), 2004, pp.49-57)
[5] 김흥식, 진필화 & 김도형, 낙안민속마을의 친환경 계획요소 실태조사, 한국생활환경학회지, 13(2), 2006, pp.1157-169 // (H. S. Kim, P. H. Jin, & D. H. Kim, A Field Survey on Environmental-Friendly Planning Elementsin Nak-An Folk Village, The Korean Society of Living Environmental System, 13(2), 2006, pp.1157-169)
[6] KEITI, Green Building Certification, https://www.gbc.re.kr/index.do/, 2017.03.08
[7] Institute for Building Environment and Energy Conservation(IBEC), http://www.ibec.or.jp/CASBEE, 2017.02.28
[8] U.S. Green Building Council, http://www.usgbc.org/leed, 2017.02.28
[9] Building Research Establishment, http://www.breeam.com, 2017.03.05.
[10] 위키백과 https://ko.wikipedia.org/wiki/기후 분류, 2018.01.31.
[11] 조성우 외 3인, 버나큘러 주거의 기후순응 조절 기법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 25(9), 2009, pp107-114 // (S. Cho, s. Oh & et.al, A Study on Control Technique in Climate Acclimation of Vernacular Dwelling, The Korean Society of Living Environmental System, Journal of Architectural Institute of Korea, 25(9), 2009, pp107-114)
[12] 위키백과 https://www.wikipedia.org/wiki/derinkuyu, 2018.01.31.
[13] 위키백과 https://www.wikipedia.org/wiki/Indonesia, 2018.01.31.
[14] E. Prianto, F. Bonneaud, P. Depecker and J-P. Peneau, Tropical-humid Architecture in Natural Ventilation Efficient Point of View - A Reference of Traditional Architecture in Indonesia, International Journal on Architectural Science, 1(2), 2000, pp.80-95
[15] Bernard Rudofsky, Architecture without Architects, 5th edition, Spacetime: Seoul, 2006
[16] A. GhaffarianHoseini et al., What we can learn from Malay vernacular houses?, Sustainable Cities and Society 13, 2014, pp.157–170
[17] R. Seo , B. Kim, & S. I. Ariffin, Continuation and Transformation of Traditional Elements in Colonial Vernacular Houses in Kampong Bharu, Malaysia, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 14(2), 2015, pp.339-346
[18] S. Funo, N. Yamamoto & J. Silas, Typology of Kampung Houses and Their Transformation Process-A Study on Urban Tissues of an Indonesian City, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 1(2), 2001, pp.193-200
[19] 박윤희, 이은주, 건조기후 지역 풍토건축의 환경 친화적 특성 비교- 터키와 중국의 동굴주거를 중심으로, 한국생태환경건축학회 춘계학술대회 논문집, 2017 // Y. Park & E. Lee, Comparative Analysis of the Environment-friendly Values of Vernacular Cave-type Residences in Arid Regions in Turkey and China, Proceeding of KIEAE, 2017
[20] 박민영, 이은주, 국내·외 친환경 건축물 인증제도의 주택 평가기준 비교, 대한건축학회 춘계학술대회 논문집, 37(1), 2017, pp.199-202 // M. Park & E. Lee, A Comparative Analysis on the Multi-family Housing Assessment Criteria in Certification System for Energy and Environmental Building Design,, Proceeding of Architectural Institute of Korea, 37(1), 2017, pp.199-202