

논문접수일 : 2014.03.20

심사일 : 2014.04.05

게재확정일 : 2014.04.26

생태학적 관점에 의한 바이오미미크리 공간디자인 특성 연구

Research of Biomimicry Space Design Characteristic based on the
Ecological point of view

주저자 : 최성경

조선대학교 대학원 제품·실내디자인과

Choi seong-kyung

Chosun University Product and Interior Design

교신저자 : 문정민

조선대학교 미술대학 제품·실내디자인과

Moon jeong-min

Chosun University Product and Interior Design

1. 서론

- 1.1 연구배경 및 목적
- 1.2 연구방법 및 범위

2. 생태건축과 바이오미미크리의 이론적 고찰

- 2.1 생태건축의 배경
- 2.2 바이오미미크리 디자인

3. 바이오미미크리 건축의 공간디자인 특성

- 3.1 바이오미미크리 건축 배경
- 3.2 바이오미미크리 건축 특성
- 3.3 바이오미미크리 공간 디자인 특성 및 요소
- 3.4 바이오미미크리 공간 디자인 사례 및 분석
- 3.5 소결

4 결론

참고문헌

논문요약

생체모방학(Biomimicry)은 생태계와 생명체에 대한 이론적 연구와 과학적 장비, 첨단 기술을 동원하여 자연의 생명현상을 분석하고 작동 원리를 파악하여 이를 인간생활에 반영함으로써 인간의 삶을 윤택하게 하고자 하는 학문분야로 우리가 지금까지 발전시켜온 첨단과학 기술을 외면하지 않고서도 이를 활용해 지금까지와는 다른 시각을 통해 지속가능한 발전을 이룰 수 있다. 때문에 지속가능한 건축 공간을 위해서는 생태계 전반에 걸친 심도 있는 연구와 이를 물리적 요소와 공간 환경에 적용시킬 수 있는 프로세스 및 표현 방법에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 논문에서는 생태계의 특성을 이해하고 생태학적 특성이 반영된 생태건축과 바이오미미크리 디자인의 이론적 연구를 통해 제시될 바이오미미크리 건축의 특성과 디자인 요소를 도출하고, 사례분석을 통해 각 디자인 요소의 적용 방법을 파악하였다.

생태계에서 영감을 받아 탄생한 바이오미미크리 건축과 디자인은 자연친화적이고 지속가능한 기술 혁신이라는 현실적 가치를 넘어 근본적으로 인간이 자연을 대하는 태도를 바꾸는 윤리적인 측면까지 지니고 있기 때문에 더욱 의의가 있다.

바이오미미크리는 향후 지속가능한 건축 환경과 새로운 미지의 세계에서 인간의 생활방식에 대한 연구에 많은 방향성 제시할 것이다. 앞으로의 디자인과 기술은 인간의 탐욕을 위한 도구가 아닌 인간과 자연의 공생적 성장을 위한 도구로써 활용 될 것이다.

주제어

바이오미미크리 디자인과 건축, 바이오메틱스, 생태학, 컨텍스트

Abstract

Biomimicry is a study where life phenomena in nature and working principles were analysed with the use of theoretical research on the ecological world, living creatures, scientific equipment, and advanced technology and the results are reflected in human lives with better living conditions. Thanks to this, we can have sustainable development through different viewpoints. So for sustainable architectural spaces, intensive research on the ecological world and its processes and the expressive strategies which can apply these results to a spatial environment should be developed. Therefore, this study explains the characteristics of the ecological world. Biomimicry architecture and design elements are presented through theoretical research on ecological architecture and biomimicry in design, as well as how to apply the developed design elements in real design through a case study.

Biomimicry in architecture and design, created through inspiration from the ecological world, has an ethical value to change our attitudes toward nature as well as a real value of being eco-friendly and a sustainable innovation in technology.

It is expected that this will provide direction for research on sustainable architecture and human life styles for the unknown future, and design and technology will be used as instruments for the symbiotic growth of humans and nature instead of instruments to satisfy human greed.

Keyword

Biomimicry Design & Architecture, Biometrics, Ecological, Context

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

지난 70년대부터 서구 사회에서 시작된 자연생태의 위기는 서구사회의 이야기가 아닌 전 지구적 문제로 인류의 생존이 달린 심각한 문제로 대두 되었다. 지나친 과학기술의 개발과 급속도로 변화하는 사회는 인간이 상상했던 유토피아적 미래 대신에 인간에게 공해와 환경오염으로 인한 생태계의 변형과 자연 파괴, 자원고갈 등 21세기 사회문제를 남겨주었다. 이에 국제사회에서는 생태계 파괴로 인한 기상이변과 천연 자원 고갈의 위기 속에서 바이오에너지와 친환경 재료를 이용한 '지속가능한 성장'과 '지속가능한 디자인'에 주목하고 있다. 이러한 지속가능한 성장과 디자인을 위한 자연 에너지와 자연의 행태를 활용한 다양한 연구 분야 중에서도 생태학을 중심으로 연구한 제인 M. 베니어스의 바이오미미크리(Biomimicry)가 주목을 받고 있다. 바이오미미크리 분야는 작게는 나노기술에서부터 크게는 건축과 도시계획에 까지 적용되어 연구되어지고 있다. 주어진 환경에 가장 적합하게 적응하여 38억년동안 진화하여 살아온 자연속의 생명체들의 원리를 이해하고, 이러한 자연의 원리들을 인간의 생존에 필요한 여러 가지 기술과 다양한 건축 및 공간디자인에 활용한 바이오미미크리 디자인 사례가 계속해서 증가하고 있다.

이에 본 연구의 목적은 생태건축과 생체모방 기술의 발달을 통해 등장한 바이오미미크리 건축이 기술적 모방에만 그치는 것이 아닌 자연생태에 한 일부분으로써 지역 환경과 인간과의 관계 속에서 어떠한 영향을 통해 건축에 표현되고 있는지 바이오미미크리 건축의 특성을 파악하고 사례를 통해 분석하고자 한다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 생태적 디자인 원리에 따라 지속가능한 건축 공간의 구현을 위한 바이오미미크리 특성과 디자인 요소를 분석하기 위한 연구로서 생태학을 바탕으로 한 이론적 연구와 바이오미미크리 건축의 사례 고찰을 통해 연구를 진행하였으며, 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 바이오미미크리 디자인의 이론적 배경을 이해하기 위해 생태학적 패러다임으로의 변화를 사회적 배경과 그 개념적 기초가 되는 자연철학을 통해 고찰하였다. 또한 생태학을 바탕으로 자연의 생태계의 특성과 생태학적 디자인의 방법론을 이해한 후 이를 바

탕으로 생태건축의 특성을 자연과 유기주의적 관점과 시대별 발달과정을 통해 그 특성을 파악한다./둘째, 바이오미미크리의 개념 및 디자인 유형의 이론적 고찰을 통해 바이오미미크리의 디자인적 특성 분석한다. 셋째, 바이오미미크리 건축의 특성을 파악하기 위해 앞서 생태학을 기반으로 생태건축과 바이오미미크리 건축에 대한 상관성 분석을 선행연구자들의 연구와의 비교분석을 통해 바이오미미크리 건축의 특성과 바이오미미크리 건축의 디자인 요소를 도출한다.

넷째, 2000년대 이후 건축물 중 바이오미미크리 개념이 적용된 건축물을 선행연구와, 웹, 관련 문헌, 잡지에 소개된 사례와 생물학자와 건축가들이 제안한 바이오미미크리 건축 계획안을 바탕으로 사례분석을 통해 구체적으로 디자인 요소의 적용 여부를 분석하며, 향후 바이오미미크리 건축 공간의 방향성을 제시한다.

2. 생태건축과 바이오미미크리의 이론적 고찰

2.1 생태건축의 배경

1) 생태학적 패러다임

근대적 세계관은 인간과 자연을 구분하고 인간에게만 도덕적 지위를 부여해 왔다. 모든 가치는 인간에게만 귀속되며, 만일 자연에 가치가 있다면 그것은 인간의 목적을 위한 유용성으로서의 가치라고 보았다. 환경위기에 대응한 많은 사상가와 운동가들은 이러한 근대적 세계관이 환경문제의 근본원인이라고 생각했다. 자연을 인류의 쾌락과 복지를 위한 단순한 수단으로만 이해하고, 자연이 가진 본래적 가치를 인정하지 않는 한 환경문제를 근본적으로 해결할 수 없다고 보았다.(이인식 2013, pp31-33)

근대의 자연에 대한 관점은 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, 자연을 살아있는 유기체로 인식하고 그 구성 요소들 사이의 긴밀한 상호작용과 조화를 강조하는 '유기체론적 사고'와 기계적 산업화를 강조하는 '기계론적 사고체계'로 나눌 수 있다. 이러한 두 가지 흐름은 시대의 가치관에 따라 변화되어 왔는데, 건축에 있어서 17세기 이후 주도된 기계적 전통은 기능적 합리주의로 대표되는 근대건축을 대두시켰으며, 20세기 초 새로운 과학 이론의 발견과 환경문제로 인하여 기계론적 사고체계에서 유기적 사고체계로의 전환이 싹트기 시작하였다.(권영걸 2011, p.85)

자연관	개념
기계론적 세계관	기계론적 자연관은 자연과 인간은 어떤 속성도 공유하지 않는 완전히 타자화 된 대상일 뿐이다. 인간의 자연 지배의 이데올로기가 근대인들의 전형적인 사유로 자리하며 자연의 황폐화되기 시작하였다.
유기체론적 세계관	유기체론적 자연관은 자연환경이 유기체와 상호관계성 속에서 유기체적인 질서가 형성되며 부분의 유기적 관계를 통해 자연은 전체성으로서의 모습을 갖게 된다.

[표 1] 생태학적 세계관으로의 변화

근대적 세계관의 문제점을 해결하고 자연과 인간이 공생하는 환경을 추구하는 생태학적 세계관은 모든 생명의 일체성과 다양한 자연현상들의 상호의존성과 그들의 변화와 변형의 순환 등을 통해 문명의 새로운 모델을 만들어 가는 것이다. 즉, 인간은 자연과 그 안에 속해있는 다양한 생명체들의 소유자가 아닌 절대적인 구별이 불가능한 총체로서의 자연과 우주의 순환적인 한 고리에 불과하다는 주장이다. 생태학적 세계관은 현재의 과학기술 문명을 반성하며 재평가하는 한편, 기존 과학의 틀을 넘어 모든 생명의 일체성과 다양한 자연현상들의 상호의존성과 그들의 변화와 변형의 순환성 등을 통해 문명의 새로운 모델을 만들어 나가고 있다.

2) 생태건축의 배경 및 개념

인간의 자연에 대한 지배 현상은 산업혁명 이후 환경오염과 자원고갈, 제3세계의 기아문제 등 많은 문제점을 나타나게 하였다. 1960년대 이후 현대 건축은 이에 이러한 문제를 해결하고자 다양한 탈 근대적 양식을 보여주었다. 그중 환경오염과 에너지의 고갈로 인한 환경문제는 우리의 관심을 자연환경의 중요성으로 돌려놓았으며 이를 해결하기 위한 대안으로 동양 사상에서 자연에 대한 새로운 해석을 찾았다. 따라서 자연을 보는 입장이 모더니즘과는 다른 생태건축이 등장하게 되었다.

건축에 있어서 생태학적 접근은 현대사회에 있어서 필연적으로 지향되어야 한다. 그러나 생태학적 사고방식은 우리에게 결코 새로운 것만은 아니다. 급속한 서구화와 산업화의 과정을 거치면서 현대 건축이 도입되기 이전까지 지속적으로 전개되었다 '자연과의 공생'의 현대적 표현으로 이해할 수 있다.(이연희 2006) 또한, 생태학 기반의 건축개념의 발전은 외형적 재료의 사용이나 형태에만 제한된 것이 아닌, 생태계의 일부로서 주변 환경과 상호작용을 통하여 순응하

는 지속적이며 전알적인 디자인 개념이라 할 수 있다. 생태건축의 경향은 환경의 흐름에 역행하지 않으며 자원을 효율적으로 이용하여 지속적으로 생태계의 구성 요소 등을 보존하는 것이 특징으로 표현되며, 인공적 환경을 기반으로 한 건축 환경을 인위적인 생태계로 만들어 자연 생태계의 순환과 흐름에 가해적인 요소가 없이 유기적으로 연계시키며 통합시키는데 최종 목표가 있다. (고귀한 2010 p.22)

생태중심 개념의 생태건축은 1970년대 초 독일의 생태건축으로부터 시작하여 환경과 인간이 공존하고 공생해야한다는 의미에서 다양한 개념과 목적을 가지고 그린건축, 친환경건축, 지속가능한 건축 등으로 다양하게 나타나고 있다. 산업혁명 이후 아르누보, 표현주의, 유기적 건축, 지역주의 건축의 맥락에서 살펴보면 생태건축의 목적과 개념을 이해 할 수 있으며 이러한 생태건축의 개념이 어떠한 방식으로 변모해 왔는지 알아볼 수 있다. 생태건축의 발달과정을 정리하면 다음 표와 같다.

생태건축	개념
버네쿨러 디자인 (1940년대 이후)	그 지역의 인간 활동을 통해 이루어진 생활환경, 문화적 요인과 자연생태의 유기적 관계의 회복, 지역문화와 환경의 특수적 가치 인정.
아르누보 (1860-1920)	공예 기술의 발달로 과거 양식 모방이 아닌 개인의 발상에 의한 창작의 모티브를 자연적인 성장과 움직임에서 찾고자 하였다. 이러한 자유로운 곡선과 유기적 장식은 다양해진 재료와 함께 다채로운 표현이 가능하게 함.
유기적 모더니즘 (1930-1950년대)	유기적 모더니즘은 기계론적 세계관에 입각한 근대 기능주의 건축을 비판하고 건축을 비롯한 자연과 인간과의 관계를 자연이라는 질서 속에서 파악하려하였다. 전체적 관계속에서 각각이 융합되어 하나의 개체를 형성하는 유기체의 내제된 구조 원리를 건축에 적용.
아키텍처 메타볼리즘 (1950-1970년대)	기술지향주의의 바탕하에 미래사회에 대한 낙관론적 예언과 함께, 건축의 생명체적 표현에 대한 지속적인 추구, 도시 구조체 자체를 하나의 유기체처럼 움직이고 반응 할 수 있는 존재로 만들.
친환경 생태건축 (1990년대 이후)	생태학적이며, 환경을 개선하고 자원을 절약 할 수 있는 건축에 대한 내용과 아이디어

[표 2] 생태건축의 발달과정 (홍종철 2004, pp.16-24 재정리)

생태학적 건축은 보다 열린 유기적 개방 체계를 요구하고 있다. 건축은 단지 몇몇 요인에 의해 영향을 받고 제한된 부분의 삶의 질에 영향을 주는 것이 아닌 매우 다양한 분야와 많은 요인들의 유기적 상호작용을 통해 영향을 받는다.(채수명 2002 p.13) 이러한 생태적 관점에서 볼 때 지역의 장소성을 충실히

반영하는 생태적 건축은 근대건축에 형태적 특징을 반영하는 기계론적 미학의 개념에서는 찾아 볼 수 없는 방법론이었으며, 시대의 문제점에 부합하여 발전한 생태건축이론은 인간과 자연 생태간의 상호공생의 개념으로 볼 수 있다.

3) 생태건축의 특성

생태건축의 특성은 기술의 발달과 자연생태의 변화가 인간에게 끼치는 영향을 통해 인간과 기술, 자연의 공생적 관계와 그 특성을 파악 하여야 한다.

인간, 자연, 건축의 공생적 특성		
환경부하 저감 지구환경 (건축 + 환경)	주변 환경과의 친화성 자연환경 (인간 + 환경)	건강과 쾌적 건축 환경 (인간 + 건축)

[표 3] 생태건축의 특성 (이기상 2004, 강경아 2000 재정리)

생태건축은 생태계의 구성요소를 건축시스템에 적용하여 건축물의 자연의 순환체계로 인식하기 때문에 생태건축의 구성요소인 건축의 형태, 재료, 에너지, 인간과 공간의 관계를 통해 그 특성을 파악할 수 있다.

구성요소	내용
에너지적 특성	- 에너지 자원 소요의 최소화와 효율적 이용 - 자연의 천연자원 보호를 위한 자생적 에너지 생산 - 자연환기, 미기후, 토지이용, 가옥 형태 등으로 실내기후 조절
형태적 특성	- 기후 및 지형에 순응 - 건축물 내·외부의 유기적 연계 - 자연친화적 형태의 디자인 - 유기적 재료의 활용
재료적 특성	- 그 지역의 기후 환경에 적합한 재료 - 재사용 가능한 재료의 사용
공간적 특성	- 건축물 내·외부의 유기적 연계 - 녹지 공간, 자연요소 도입 - 지역사회 문화와의 조화를 도모

[표 4] 생태건축의 특성에 따른 개념정리 (김자경 2004 p.183)

생태건축의 특성은 지구 환경을 보전하는 관점에서 에너지, 자원, 폐기물 등의 한정된 지구자원을 고려하고, 건축물과 주변 환경이 친밀하고 아름답게 조화를 이루게 하며 공간의 이용자가 생활 속에서 자연과 동화되어 건강하고 쾌적하게 생활 할 수 있는 건축 및 인간 생활환경을 조성하자는 것으로 단순히 환경공학적, 설비적 측면만 강조하는 것이 아닌 '사회적' 측면까지도 포함한 개념으로 생태건축은 자연친화적이고, 사회문화적 특성을 지닌 건축이다.

2.2 바이오미미크리 디자인

1) 바이오미미크리 디자인의 배경

지속가능 디자인이라는 거대 담론의 하부 개념, 혹은 일종의 접근방식으로 생체모방이라는 디자인 방법론에 주목을 하기 시작한 것은 1997년 제닌 M, 베니어스가 (생체모방 : 자연이 가져다 준 혁신, Biomimicry : Innovation Inspired by Nature)이라는 책을 출간하면서이다. 바이오미미크리는 생체모방 (Biomimicry)이란 뜻으로 '생체(Bio)'와 '모방 (Mimetics)'이란 이 두 개의 그리스어 단어의 합성어 로써 대표적으로 자연의 형태와 기능을 모방하는 것과 과정차원으로 생산 및 진화 방식에서 볼 수 있는 자연의 모방, 그리고 자연의 시스템으로 라이프사이클 내에서 일어나는 폐기와 재생의 순환 같은 작동방식을 탐구하는 작업으로 무궁무진한 혁신의 영역이다.(허경화 2010 p.133) 생체 모방학의 선구자인 제닌 베니어스(Jeanine Benyus, 1958-)는 자신이 1997년 집필한 [생체모방학, Biomimicry]에서 자연설계 및 프로세스를 모방하여 지속가능한 해결책을 찾아내는 학문에 대해 언급하면서 이러한 연구 영역을 '생체모방'이라고 명명하였다. 생체모방 분야는 건축, 디자인 분야 보다는 과학적, 생물학적 영역에 근접한 분야라고 할 수 있다. 그러나 건축을 포함한 디자인 영역에서 생체모방은 자연에 내제되어 있는 디자인적 요소들의 연구 및 모방을 통해 문제점을 해결하려는데 활용되고 있다.(윤민희 2012)

2) 바이오미미크리 디자인 영역

현재의 바이오미미크리(Biomimicry)는 단순히 생체의 기능을 다른 재료로 대체하려는 것뿐만 아니라, 생체의 기능을 철저히 모방하여, 새로운 생체물질을 발명하고, 새로운 지능 시스템을 설계하며, 생체 구조를 그대로 모방하여 새로운 디바이스를 만들고, 새로운 광학 시스템을 디자인하는데 많은 도움을 주고 있다.(로버트 앨런 2011) 제닌 M, 베니어스는 자신이 제시한 여러 가지 자연 모방 디자인 유형을 바탕으로 바이오미미크리를 Model, Mentor, Measure 3가지 영역으로 분류되며, (엘레나 2013 p.12) 각각의 영역별 특성은 형태, 기능, 에너지로 나눌 수 있다.(허경아 외 1 2010)

영역분류	디자인 특성	
설계모델 (Model)	자연형상의 직접적, 은유적 표현과 자연생물체의 구조 및 패턴을 모방함으로써 효율성, 기능성, 경제성 강화	형태적 특성
조언자 (Mentor)	자연현상과 생물체의 기능과 자연 생성 물질의 제조 과정 및 생산 방법 적용하여 기능성을 강화하고 지속가능한 디자인에 활용	기능적 특성
판단기준 (Measure)	도시 및 건축 계획과 디자인 과정에 있어서, 에너지의 생산과 사용 및 재활용 방법을 모방, 모든 물리적 환경이 형태, 기능, 에너지 생산 과정과 함께 어우러져 전체적인 시스템을 갖추도록 디자인	에너지적 특성

[표 5] 바이오미미크리 영역에 따른 디자인

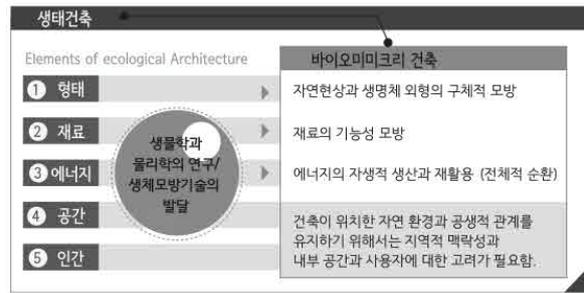
생태학을 기반으로 바이오미미크리 디자인은 생체 모방 기술(Biometrics)의 발달과 함께 자연의 형태와 기능, 시스템적 특성을 모방하여 지속가능성과, 효율성, 경제적 이익을 얻고자 많은 자연의 경제학과 기능을 분석하고 이를 인간 생활환경 전반에 걸쳐, 제품, 건축, 의료기구, 운송기기 등 다양한 분야에 적용해 나가고 있다.

3. 바이오미미크리 건축의 공간 디자인 특성

3.1 바이오미미크리 건축 배경

기술의 발달과 함께 자연에 대한 구체적인 탐구는 형태적 모방을 벗어나 자연 생태와 생물의 기능과 시스템을 모방하는 단계에 이르면서 건축과 디자인 분야에서 지속가능하고 친환경적 건축의 분야로서 바이오미미크리 건축을 주목하고 있다. 생태학과 생물학, 과학 기술 분야에서 디자인과 건축분야에 적용되기 시작할지 얼마 되지 않은 바이오미미크리의 가능성을 살펴보기 위해서는 디자인에 있어서 형태와 기능적인 측면에서 뿐만 아니라 방법적인 측면에서도 폭넓고 깊은 시각으로 건축과 자연을 심도 깊게 분석하고 비교해보아야 한다.

바이오미미크리 건축의 특성을 생태학적 관점에서 파악하고자 생태건축의 구성요소인 형태, 재료, 에너지, 공간과 바이오미미크리 디자인 특성의 상관성 분석을 실시한 결과 생태건축에서 파생되어 나온 바이오미미크리 건축은 생태건축과 많은 유사점이 있지만, 생태건축의 각각의 요소들은 생물학과 물리학에 대한 연구와 이에 대한 기술적 표현으로 인해 바이오미미크리 건축에서 조금 다른 관점으로 표현되어지고 있다.



[그림 1] 생태건축과 바이오미미크리 건축의 상관성 분석

생태건축은 생태계와 건축, 인간의 조화로운 생활을 환경 조성을 위한 자연의 요소를 활용하였다면 바이오미미크리는 자연환경과 건축의 유기적 공생 관계를 형성하기 위해 자연 생태계의 현상과 생명체의 특성을 모방하였다. 하지만 바이오미미크리 건축이 자연과 공생적 관계를 유지하기 위해서는 자연의 기술적 모방에서 그치는 것이 아닌 생태건축과 같이 생태계 전반의 인문, 사회적 환경적 분석을 통한 반영으로 건축의 내부 공간과 건축을 사용하는 사용자에게 대한 고려가 필요하다.

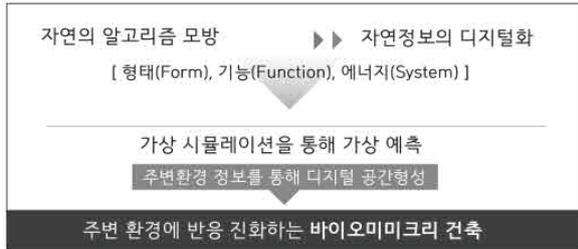
3.2 바이오미미크리 건축 특성

지금까지의 연구에서 바이오미미크리 건축은 대부분 자연에 전체적 관점에서 자연의 생명체의 형태, 기능, 시스템이 형성된 자연의 프로세스 모방이 아닌 단일 개체의 단순한 형태와 기능모방과 에너지의 활용적 측면의 모방에 그치고 있다. 본 연구에서 바이오미미크리 건축은 단순히 자연의 어떠한 결과와 효율성을 모방에 그치는 것이 아닌 프로세스를 통한 과정적 모방을 중요시한다. 또한 바이오미미크리 건축은 생태학적 관점에서 자연환경과 기술, 인간 생활환경의 상호작용과 자연의 유기적 특성을 통한 주변 경관과의 공존 및 지역적 맥락성을 고려하여 고정된 완경형의 공간이 아닌 성장가능하고 주변의 환경 변화에 반응하고 진화하는 살아있는 건축으로써 바이오미미크리 건축을 추구한다.

1) 건축의 자연 프로세스 모방

새로운 디자인적 접근방법으로 자연 과학에 대한 관심이 증대되면서 건축분야에서도 생태적 접근을 추구하고 있다. 건축 프로세스에 있어서 생물학적, 물리학적 개념을 적용시키는 등 다양한 시도들이 일어나고 있다. 기존의 단순한 자연의 형태적 모방이 아닌 전체적인 생물학적 프로세스의 과정을 모방하여 디지털 시뮬레이션을 거쳐 건축의 물리적 형태가 주변 환

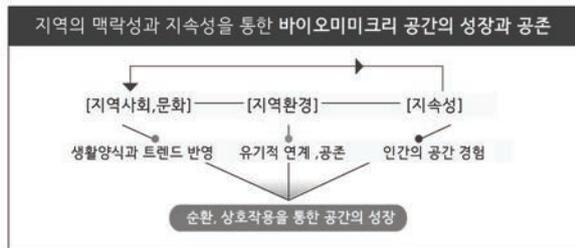
경의 맥락적 정보에 유연하게 반응하고 진화하는 디자인의 새로운 가능성을 보여주고 있다. 물리적 실체로서의 건축 공간은 사람, 자연, 주변 환경적 문화적 요소와의 교감을 통해 스스로 변화하고 끊임없는 피드백을 통해 유기적인 관계성을 형성하게 된다. 또한 자연의 기능과 시스템을 모방하여 자연과 마찬가지로 자생적 생산과 재활용이 가능한 지속가능한 건축 디자인을 실현할 수 있는 것이다.(최성경 2014 p.54)



[그림 2] 자연의 프로세스 모방

2) 건축 공간의 성장 및 공존

현대 건축 공간은 미래의 가능성을 열어둔 공간의 확장과 증축, 변화는 진화와 성장하는 유기체의 기본적인 특성에 따라 다양한 주변의 환경과 사회문화적 특성을 반영하여 각 요소간의 상호작용을 통해 이루어져야 한다. (최성경 2014 p.55)



[그림 3] 공간의 성장 및 공존

건축공간은 인간이 생활을 위해 존재하는 공간으로써 공간이 지속적으로 자연과 함께 성장하고 발전하기 위해서는 인간이 공간에서 경험하고 체험할 수 있는 프로그램이 다양해져야하며 그 프로그램의 요소에는 지역의 자연, 문화가 중요한 역할을 해야 한다. 21세기 현대 건축은 건축의 기능과 형태에만 초점을 맞춘 것이 아닌 그 공간과 인간 자연이 함께 공존하며 성장해나갈 수 있는 프로그램의 개발에 초점을 맞추고 있다.

3.3 바이오미미크리 공간디자인 특성 및 요소

바이오미미크리의 건축의 특성에 따라 생태학적으로

로 자연의 환경과 공생하는 자연 생명체의 특성을 모방하고 지역 환경의 지리적, 인문학적 생태 특성을 반영한 공간의 디자인 측면을 제안하면 다음 표와 같다.(최성경 2014 p.56)

바이오미미크리 공간디자인 특성		
	건축 특성 ▶▶▶▶	공간디자인 특성
1.자연의 프로세스 모방	자연 생태계 생명체의 형태, 기능, 에너지의 생성을 위한 시스템 모방을 통한 건축 구성	1. 형태 2. 기능 3. 에너지
2.공간의 성장 및 공존	지역 환경과 사회, 문화 사용자의 상호작용을 통한 공간 형성	4. 컨텍스트 5. 지속성

[표 6] 바이오미미크리 공간 디자인 특성 (최성경, 2014)

1) 형태적 특성

자연은 주변 환경에 적응하기 위해 끊임없이 다양하고 합리적인 형태로 변화를 거듭해왔다. 또한, 자연의 현상이나 생물의 성장에 따라 유기적 형태로 일정한 비례와 규칙, 패턴을 가지고 있다. 이는 불필요한 부분을 제거하고 구조적으로 안전하면서 효율적인 에너지 생산을 위한 형태이다. 현대 건축은 디지털 시뮬레이션을 통해 자연의 자기조직화, 자기유사성 정보를 시스템화하여 구축함으로써 현실 공간에서 건축 기술과 더불어 물리적 제작에 까지 이르게 되었다. 이는 건축 디자인을 하는데 있어서 단순히 자연의 유기적 형태를 모방하는 것이 아니라 새로운 환경과 조건을 정보화한 데이터를 바탕으로 진화함으로써 환경에 적합한 형태를 발생시키게 된다.



[그림 4] 새집의 구조적 특성을 모방한 Beijing Stadium

특성	요소	디자인 요소별 내용
형태	외형	· 자연형상과 생명체 외형의 은유적 표현이 아닌 구체적 형태와 색상모방.
	구조 및 패턴	· 물리적, 수리적으로 자연의 구조와 기능의 증명과 실질적으로 구축할 생체 모방 기술의 발달. · 자연의 구조를 모방한 효율적인 건축 설계를 통해 자연의 구조의 모방으로 인해 건축의 유연성과 가변성이 높아짐. · 자연의 패턴을 모방하여 주변 자연 경관과의 조화를 이룸.

[표 7] 형태적 요소

2) 기능적 특성

생태계와 자연 서식지의 기능적, 물적 효율성을 모방하는 것은 실질적인 효과를 얻을 수 있는 것으로, 이를 통해 경쟁력을 유지하고, 부가가치를 창출하여 지속 가능성과 높은 자원 효율성에 도달 할 수 있다. 자연계의 환경을 구성하는 각 개체들은 모두 자연 특유의 형태와 구조를 가지는데, 이는 전체 혹은 부분적으로 가지고 있는 기능을 최대한 효율적으로 수행할 수 있도록 형성된 것이다. 예를 들자면 자연의 법칙 중 공기역학과 같은 원리를 발견하여 비행기 형태의 기본적인 '유선형'이 되었다. 이러한 점에서 '형태는 기능을 따른다'는 말이 적용되어져 왔다.(최영배 2010 p.23)



[그림 5] 흰개미 집의 형태적 기능을 모방한 Eastgate shopping and office centre

특성	요소	디자인 요소별 내용
기능	형태적 기능성	<ul style="list-style-type: none"> • 자연의 형태와 구조를 모방함으로써 자연 생명체의 활동적 기능성과 주변 환경에서의 적응성을 모방.
	재료적 기능성	<ul style="list-style-type: none"> • 자연 생명체의 구성 물질 모방 자연의 천연재료가 주변 환경에서 적응하여 발전, 진화한 결과를 모방. • 그 재료만이 가진 다양한 특성을 모방하여 건축의 구성 물질 또한 자연에 반응하는 유기적 관계를 형성.

[표 8] 기능적 요소

3) 시스템적 특성

지역 생태적 환경을 고려한 건축 계획을 통해 에너지 설비기구나 동력을 사용하지 않고 건축물에 사용되는 에너지의 절감을 유도할 수 있다. 건축 재료와 자연 환경의 유입을 통해 지역적 특성을 살리고, 내부 환경을 자연적으로 균형 있고 쾌적한 상태로 조성할 수 있다. 또한, 그 지역의 천연 에너지원인 태양, 바람, 우수, 지열 등의 자연에서 직접 얻을 수 있는 자원을 첨단기술과 전통양식의 활용을 통해 에너지의 효율성을 높일 수 있다. 자연을 모방한 에너지 기술은 최적의 조건을 갖춘 자연 시스템에서 영감을 얻어 가장 환경 친화적이고 경제적으로 에너지 문제를 해결하기 위한 혁신기술이다.



[그림 6] 해바라기 소꿉을 모방한 효율적인 태양열 발전 시스템 <스페인 세비아 사막의 Heliostat>

특성	요소	디자인 요소별 내용
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> • 지역의 자연기후와 지형을 이해하고, 자연의 다양한 천연 자원을 활용할 수 있는 첨단기술을 도입함으로써 자연의 에너지 생산 과정 모방함으로써 에너지의 자생적 생산. • 에너지를 자체적으로 생산하고 재활용함으로써 전체적 순환 체계 구축으로 에너지를 자급자족.

[표 9] 에너지적 요소

4) 컨텍스트적 특성

문화의 다양성은 대개 장소에서 비롯된다. 여기서 장소란 고유한 기후현상학적, 생물학적, 지질학적, 지형학적 특징이 있는 곳을 말하며, 이러한 특징을 반영한 것을 지역주의라고 한다. 지역 간에 존재하는 차이를 인정하는 것이다. 기후 같은 거시적 단위는 물론 지형학적, 생물학적 차이 같은 미시적 단위의 차이를 존중하는 것이다. 지속가능한 건축을 위해 지형적 정보뿐만 아니라 수변, 지역적 수리, 식생 다양한 지형적 특성과 함께 지역 문화와 역사, 도시적 맥락에 이르기까지 장소와 관련된 모든 정보를 고려하여 지역적 특성을 반영한 건축 계획이 필요하다.

특성	요소	디자인 요소별 내용
컨텍스트	환경과의 공존	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오미미크리 건축은 자연의 생체를 모방한 것으로 생명체가 생존하는 주변 환경과의 공존과 유기적 연계가 중요함. • 환경과의 공존을 통해서 환경의 변화에 따라 공간도 함께 변화하고 성장.
	사회 문화적 특수성 반영	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오미미크리 공간은 공간을 사용하는 인간과 건축의 원활하고 지속적인 관계형성을 위해 지역의 생태학적 특성 뿐만 아니라 인간, 사회 문화에 대한 특수성을 인식하고 반영하는 것이 필요함. • 지역의 사회 문화 역시 자연환경과 지형 인간과의 관계를 통해 형성되었기 때문.

[표 10] 컨텍스트적 요소

5) 지속적 특성

문화적 지속가능성은 그 지역성을 해석하고 인간 사회가 이를 그들의 생활양식과 공간 등에 어떻게 반

영하는가에서 출발한다. 현재 세계가 관심을 기울이고 있는 '지속가능성(Sustainable)의 중심에는 환경이 있다. 그러나 공간 디자이너들은 이 환경을 포괄적 의미로 이해해야 한다. 생태계로서의 환경은 자연환경(Natural environment) 뿐만 아니라 구축환경(Designed environment), 사회 환경(Social environment) 그리고 인간(Human organism)을 포함한다. 세계지역특성화 시대의 지속가능성을 논의함에 있어서는 사회적 환경과 이를 반영할 인간의 생활공간에 대한 고려가 반드시 필요하다.

현대사회의 건축 공간은 문화공존, 문화충동, 문화변이를 수용하는 곳으로써 창조적 역량에 의해 지역 문화의 스토리를 담은 공간으로 변모하고 있다. 문화를 통한 지역의 전통과 역사, 그리고 그곳에서 생활하는 사람에 의해 인간의 생활 공간은 역사성, 시간성, 공존성, 변이성 등 다양한 속성에 의해 재창조되고 있다. 물리적 환경과 사회문화적 요소가 변화하면서 공간의 프로그램 또한 다양해지고 그 공간을 사용하는 사용자들의 이용방법 또한 다양하게 변화하고 있다.(김수미 2005, p.13)

특성	요소	디자인 요소별 내용
지속성	능동적 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> 인간의 감성에 대한 욕구의 증가와 다양한 문화 산업의 발달로 다양한 공간 콘텐츠의 등장. 변화하는 인간의 감성과 라이프 스타일을 만족시키고 공간의 비 물리적 가변성을 통한 공간의 지속적 성장과 공존을 위한 것으로 다양한 문화적 사회적 특성을 반영한 가변적이고 컨텐츠의 개발이 필요.
	공간의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> 성장하는 공간을 위해서는 공간의 완전한 변화와 재건축이 아닌 처음부터 공간의 가변성과 확장을 고려한 효율적 공간 구성 필요. 무조건적인 미래지향이 아닌 과거 현재 미래가 유기적 관계 속에서 식물이 성장하듯 시간의 연속성에 따른 자연스러운 변화중요.

[표 11] 지속적 요소

3.4 바이오미미크리 공간 디자인 사례 및 분석

앞서 고찰한 바이오미미크리 건축의 특성에 따른 디자인 요소가 시공이 완료된 현대건축과 앞으로의 미래 지속가능한 건축 계획안에 어떻게 나타나고 있는지 사례를 통해 파악하고자 한다. 사례의 범위는 1997년 이후 제닌 M, 베니어스에 의해 바이오미미크리 이론이 제시된 이후 건축의 설계 컨셉과 시공방법 등에 등장하기 시작한 2000년대 이후 건축물로 바이오미미크리 건축과 관련된 학회의 선행연구와 웹, 관련 분야의 문헌, 건축 잡지를 통해 소개된 바이오미

미크리 건축의 사례들 중 현재 시공이 완료된 건축물과 생물학자와 건축 디자이너들의 연구에 의해 미래의 새로운 지속가능한 바이오미미크리 건축물로 제시된 계획안을 각각 선정하여 분석하고자 한다.

1) Garden by the Bay¹⁾

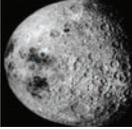
건축개요		모방대상
건축 용도	Grant Associates와 Wilkinson Eyre Architects에 의해 2011년 싱가포르 마리나에 완공된 싱가포르에서 가장 큰 100 hectare의 국립공원과 식물원이다	대상 : 조개와 나무 조개의 외형과 구조적 패턴 나무의 은유적 형상
입지	해안 (싱가폴)	
연도	2011	
특성	요소	내용
형태	외형	식물원은 조개모양의 형태와 공원에 지중해 바오밥 나무의 형태의 인공 조경물(Supertree)이 설치되어 있어 거대 열림대림 처럼 보임.
	구조 및 패턴	
기능	형태적 기능성	조개의 형태적 패턴과 형태가 빗물을 중앙으로 모이도록 함.
	재료적 기능성	-
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> 빗물수집탱크 : 온실에는 빗물 수집 탱크와 냉각 펌프가 설치되어 있어 식물의 물과 유리로 된 건물의 열기를 식히는데 재활용.
컨텍스트	환경과의 공존	
	사회문화적 특수성 반영	
지속성	능동적 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> 식물원의 내부는 지중해 지역의 꽃과 열대 식물, 인공 폭포로 조성되어 있으며, 외부의 공원에는 수천종의 달하는 다양한 나무와 식물로 구성되어 새로운 생태환경 조성. 싱가포르 국민 및 관광객의 레저 및 교육의 장소.
	공간의 효율성	-

[표 12] 사례 1

자연형상의 인공 조형물을 통해 경관의 특성을 살리고 내외부에 다양한 식생이 존재하나 주변 환경과의 연계성이 부족하다. 또한, 고정적인 형태로 단순히 자연의 형태와 구조만을 모방하였다.

1) <http://www.gardensbythebay.com.sg/en/home.html>

2) Eden Project²⁾

건축개요		모방대상
		
건축 용도	에덴프로젝트는 영국 퀴월에 위치한 세계에서 가장 큰 온실로 식물 5,000여 종이 여러 가지 기후 조건에 따라 모여 있다. Tim Smit가 디자인하고 건축가 Nicholas Grimshaw가 건설하였다. 이 프로젝트는 사람이 자연속에서 느끼는 감각과 문화적 경험에 대한 실험으로 자연속의 놀이, 낚시, 문화체험을 통한 교육을 실시하고 있다.	대상 : 달 달의 표면의 패턴과 외형을 모방하기 위해 보로노이 다이어그램 활용
입지	분지 (영국)	
년도	2001	
특성	요소	내용
형태	외형	달의 형상을 모방한 돔의 외형은 625개의 육각형 면과 16개의 오각형 190개의 삼각형으로 만들어진 프레임 위에, 세 겹의 특수한 플라스틱 포일을 겹쳐 구조와 외피가 일치된 형태.
	구조 및 패턴	
기능	형태적 기능성	-
	재료적 기능성	플라스틱 포일은 자외선을 투과시키며, 자동세척 작용을 한다. 재활용이 간단한 재료로 수명은 30년 이상임.
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> 유리지붕 : 유리지붕을 통해 들어오는 태양열 사용 바이오연료 : 기온이 떨어지는 시즌에는 기존의 쓰레기 매립지에서 나오는 바이오 연료로 사용.
컨텍스트	환경과의 공존	에덴 프로젝트는 지역 활성화 프로젝트로 기획한 것으로 식물이 살수 없는 지역을 식물이 살 수 있는 땅을 만들기 위해 프로젝트팀은 180만 톤의 흙으로 골짜기 안을 골고루 덮었고, 4,300만 갤런의 물을 돔 윗부분으로 끌어올려 흘러내리게 하는 시스템 건설.
	사회문화적 특수성 반영	-
지속성	능동적 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> 바이오돔 안에는 열대, 온대, 지중해, 사막 등의 자연환경을 조성. 이 지역은 본래 도공들이 도자를 빚기 위해 사용하던 점토 생산지로 과거 지역적 특성을 살려 방문자들을 위한 교육센터에서 도자기 공방 운영.
	공간의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> 겨울철에는 아이스 스케이트장을 개설해 방문자들의 지속적 방문 유도. 생태주의 작가들의 다양한 예술작품과 시설물 전시.

[표 13] 사례 2

2) <http://www.edenproject.com/>

자연형상의 인공 조형물을 통해 경관의 특성을 살리고 다양한 식생이 존재하나 내 외부의 연계성이 부족하다.

3) The Lotus Hotel³⁾

건축개요		모방대상
		
건축 용도	Sustainable Architecture in the Middle of Gobi Desert PLaT Architects에서 몽골 Xiangshawan 사막에 설계한 호텔로 지속가능한 건축을 추구하며, 지역의 장소, 문화적 특성을 잘 반영하여 지속가능한 관광 사업으로 발전하고 있다.	대상 : 연꽃 연꽃 잎 여러 장이 겹쳐있는 형상
입지	사막 (몽골)	
년도	2006	
특성	요소	내용
형태	외형	-
	구조 및 패턴	각도에 따라 사각형과 삼각형으로 달리보이는 형태와 구조의 음영으로 인해 연꽃처럼 보임.
기능	형태적 기능성	-
	재료적 기능성	특별한 지리적 조건에 의해 유체 콘크리트와 물의 도움 없이 철강 패널과 대형 컨테이너를 활용하였으며, 이는 사막에 떠있는 배의 역할 수행.
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> 태양열을 이용해 자체적으로 전기 생산. 환경오염을 줄이기 위해 주변의 물과 풍력 이용.
컨텍스트	환경과의 공존	<ul style="list-style-type: none"> 주변의 모래를 활용하여 로비의 바닥과 벽을 형성 하였으며, 내부 인테리어에서도 전체적으로 지역적 특색을 느낄 수 있도록 현지의 천연 재료 활용.
	사회문화적 특수성 반영	<ul style="list-style-type: none"> 사막이라는 환경적 특성과 전통문화를 관광산업으로 발달시킴으로써 주변 사막을 친환경적으로 발전.
지속성	능동적 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> 몽골문화 테마공연과, 낙타타기, 사막서핑, 수영 등을 즐길 수 있으며, 매년 지속적인 연구를 통해 다양한 프로그램을 개발. 이로 인해 방문객들은 몽골의 지역 전통문화와 사막의 환경적 특성을 직접 경험을 통해 제공.
	공간의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> 광활한 사막 전체를 체험의 관광산업의 체험의 장으로 개발 중.

[표 14] 사례 3

자연의 형상을 모방하여 단위 공간을 형성하였으며, 재료적 구조적 특성에 의해 공간의 이동과 가변이 가능하다. 주변 지형과 환경적 특성을 반영한 내외부의

3) <http://www.archdaily.com>

설계와 지역의 사회문화적, 전통적 특성을 활용한 다양한 콘텐츠의 제공으로 지속적 개발이 이루어지고 있다.

4) Agora Garden⁴⁾

건축개요		모방대상
		
건축 용도	벨기에 건축가 Vincent Callebaut 의해 설계된 42.335.34m 면적의 계획안으로 대만 타이페이에 2016년 완공될 예정인 20층 주거 타워이다. 지속가능한 주거 환경을 위해 주거환경과 건축, 인간과 자연의 올바른 공생관계를 연구한 결과물이다.	대상 : DNA DNA의 이중나선 구조
입지	도시(대만)	
년도	2016	
특성	요소	내용
형태	외형	DNA의 이중 나선구조로 수직으로 겹쳐진 레벨은 4.5씩 회전하며 유기적 형태를 이루며 20층까지 올라간다. 또한 발코니의 가든을 통해 녹색 띠를 형성.
	구조 및 패턴	
기능	형태적 기능성	이중 나선의 형태는 통풍과 빛의 유입에 효과적.
	재료적 기능성	-
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> 유기폐기물 : 아파트에서 배출된 음식물을 분해하여 퇴비로 재활용. 빗물재활용 : 아파트 사이에서 빗물 저장하여 각 층 별 식물에게 재공급. 통합시스템 : 태양광 지붕, 태양전지를 통해 에너지를 생산하며, 모든 재생에너지의 통합구축 관리.
컨텍스트	환경과의 공존	<ul style="list-style-type: none"> 외부정원과 실내 커뮤니티공간의 연결을 통해 자연을 내부로 유입.
	사회문화적 특수성 반영	<ul style="list-style-type: none"> 시티팜 : 유리 와 철강의 현대 도시에 나타난 녹색 트위스트 아파트로 세로로 넓은 발코니에 형성된 수직 농장을 통해 다양한 아열대 식물과, 유기농 채소를 생산하여 자연과 기후에 따른 새로운 라이프스타일을 경험.
지속성	능동적 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> 건물 내부의 정원 와 옥상클럽, 수영장, 체육시설을 통해 주민들의 편의와 휴식시설 제공.
	공간의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> 자연과 인간의 분리를 거부하고 생활, 재생에너지, 새로운 정보통신기술의 융합을 통해 새로운 생활환경 제공.

[표 15] 사례 4

4) <http://vincent.callebaut.org/>

자연의 구조를 모방하였다. 도시 내 친환경적 인간 생활을 위해 시티팜과 녹색정원을 내부에 도입시켜 식생을 다양화하였으며 편리한 인간생활을 위해 다양한 시설을 제공한다.

5) Qatar Sprouts⁵⁾

건축개요		모방대상
		
건축 용도	Qatar Sprouts a Towering Cactus Skyscraper 카타르의 MMAA's new office 계획안으로 방콕의 건축가 그룹 GO의 디자인으로 완공 후 카타르의 새로운 스카이라인이 될 것이다.	대상 : 선인장 선인장은 조직 내 많은 수분을 보유할 수 있어 오랜 건조를 견딜 수 있으며, 표면의 깊은 주름은 라디에이터 역할을 하여 체온의 상승을 조절한다.
입지	사막	
년도	계획안	
특성	요소	내용
형태	외형	선인장의 형태와 구조 모방.
	구조 및 패턴	
기능	형태적 기능성	사막성 해양기후로 인해 고온다습한 카타르의 기후조건을 극복하기 위해 선인장이 건조한 환경에서 견뎌내는 선인장 기공의 기능적 특성 활용.
	재료적 기능성	-
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> 패널 : 햇빛의 강도에 따라 패널의 개폐를 조절하여 건물의 빛과 열을 조절. 돔 : 식물원의 돔 구조를 통해 식물이 잘 자랄 수 있는 환경을 조성하여 건축 전반의 녹색미학 반영.
컨텍스트	환경과의 공존	사막 환경으로 식물이 자라기 어려운 환경이기 때문에 건축 내부를 환경을 녹화하고 빌딩 옆에 식물원을 구축.
	사회문화적 특수성 반영	-
지속성	능동적 프로그램	-
	공간의 효율성	-

[표 16] 사례 5

선인장의 기공을 모방하여 햇빛의 강도에 따라 반응하여 개폐되는 창문으로 에너지의 효율성을 높였다. 또한 식재이 부족한 사막기후에서 식물원을 통해 다양한 자연 식생을 공간 내부에 도입하였다.

5) <http://inhabitat.com>

6) Lily Pad⁶⁾

건축개요		모방대상
		
건축 용도	Lilypad City, A Floating Ecopolis For Climate Refugees 벨기에 건축가 Vincent Callebaut 의해 설계된 계획안으로 미래 기후 변화와 해수면상승으로 인해 새로운 나타나는 기후 난민들을 수용할, 바다 유목민을 위한 500,000m ² 의 인공도시	대상 : 아마존 수련 다년초 식물로 잎의 직경은 약 2m정도로 잎 위에 사람이 올라앉아도 된다.
입지	바다	
년도	계획안 - 2100	
특성	요소	내용
형태	외형	아마존 수련의 원형의 형태와, 평평한 표면의 분기에 의한 공간의 영역 형성.
	구조 및 패턴	
기능	형태적 기능성	파도 해류에 따라 이동.
	재료적 기능성	-
에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> 인공호수 : 인공호수를 통해 빗물 수집하고 바닷물을 정화하여 재사용. 재생에너지 : 태양열, 풍력, 유압, 조력발전소, 삼투성 에너지, 바이오매스를 통해 에너지를 자체 생산하여 에너지의 균형을 추구.
	환경과의 공존	<ul style="list-style-type: none"> 생물의 다양성을 추구하며, 3개의 인공산은 주변의 기후와 환경 변화에 따라 다양한 모습으로 변형.
컨텍스트	사회문화적 특수성 반영	미래 기후 난민들을 위한 인공 도시의 형성과 새로운 바다유목민의 탄생
	능동적 프로그램	자연과 사회, 거주민의 조화로운 공존을 위하여 인공 도시 내에는 인간의 생활을 위한 주택과, 인공 호수, 엔터테인먼트 시설과 오피스, 상업 시설이 갖추어짐.
지속성	공간의 효율성	-

[표 17] 사례 6

아마존 수련의 형태적 기능성 모방으로 다양한 공간이 유기적으로 형성되었으며 경관에 따라 변형과 수중에서의 이동이 가능하다. 미래 기후 난민을 위한 새로운 공간 제공으로 인간의 생존을 위한 생활공간과, 주변 환경적 특성을 반영한 다양한 산업과 시설이 제공되어 진다.

6) <http://vincent.callebaut.org/>

3.5 소결

특성	요소	내용
1 형태	외형	모든 사례가 자연의 구체적 외형의 모방을 위한 자연의 구조와 패턴을 모방하고 있다. 그 만큼 현대기술로 자연 형상을 더 구체적으로 모방 할 수 있게 되었다.
	구조 및 패턴	
2 기능	형태적 기능성	사례 중 미래 계획안 들은 지리적 환경에 이미 적응한 자연의 형태적 기능성의 모방을 통해 새로운 환경에서 새로운 인간 생활공간을 제공하고 있다. 하지만 재료적 기능성에 있어서는 아직까지의 건축 사례에서 재료가 가지고 있는 기능성에 대한 활용이 미비하다. 향후 더 많은 물리학과 미세물질의 연구를 통해 더 많은 활용이 가능해 질 것이다.
	재료적 기능성	
3 에너지	에너지의 자생적 생산 및 재활용	지금까지 시공된 사례에서는 전체적 순환보다는 부분적 생산과 각각 에너지별 다른 종류의 생산 방식을 도입하고 있다. 하지만 미래 계획안을 통해 살펴 본 결과 미래의 바이오미미크리 건축에서는 인간의 생존에 필요한 만큼의 에너지를 생산하고 재활용하여 에너지 폐기물이 줄어들 것으로 예상된다.
4 컨텍스트	주변 환경과의 공존 및 연계	대부분의 사례는 주변과의 연계적 공존에 있어 주변 생태와 지형적 특성을 건축 내 외부에 인공적으로 반영하고 있으며 더 나아가 주변 환경의 본존과 회복을 위한 자연의 식생을 적극적으로 도입하고 있다. 미래 바이오미미크리 건축은 환경과의 인공적 공존이 아닌 지역의 자연 환경과의 공생적 관계가 형성 될 것으로 보인다. 또한, 자연과의 전체적 관계와 지속가능한 인간 생활을 위해 미래 변화하는 지역의 사회문화적 특수성을 적극적으로 반영하고 있다.
	사회 문화적 특수성 반영	
5 지속성	능동적 프로그램	많은 바이오미미크리 공간이 형태적 특성에 맞게 다양한 프로그램을 제공해주고 있으며 미래에 지속적인 성장을 위해 공간의 형태, 기능, 의미적 특성과 인간이 향유하는 문화적 특성을 고려한 다양한 공간 콘텐츠가 지속적으로 개발될 것으로 보인다. 또한 공간의 효율성에 있어 현재 바이오미미크리 공간은 가변성이나 성장가능성이 거의 보이지 않고 고정적이다. 하지만 미래 바이오미미크리 건축의 공간 구성은 변화하는 자연환경과 다양해지는 인간의 라이프스타일을 고려해 공간의 기능적 분류와 유기적 가변을 통한 공간의 변화가 자유로워질 것으로 보인다.
	공간의 효율성, 시간적 연속성	

사례를 분석한 결과 현재 시공이 완료된 건축사례에서는 형태와 기능 에너지의 모방에 있어 많이 반영되고 있으나 아직까지는 완전한 단일 생명체를 통한

모방이 아닌 부분적 모방으로 그치고 있다. 또한 생물체와 생태계가 상호보완적 관계를 형성하고 있듯 건축에서도 자연 생태계와 인간 생태계에 대한 상호작용과 공간에 반영이 필요하나 아쉽게도 현재까지의 바이오미미크리 건축에서는 이점이 많이 결여되어 있다. 하지만 계획안을 통해 알 수 있듯이 향후 건축에서는 생태학과 자연과의 공생적 지속가능한 개발이 중요시 된 만큼 주변의 컨텍스트와 콘텐츠, 공간의 효율성에 대한 심도 있는 연구를 통한 공간의 적용이 이루어 질 것으로 보인다.

4. 결론

본 논문에서는 생태계의 특성을 이해하고 생태학적 특성이 반영된 생태건축과 바이오미미크리 디자인의 이론적 연구를 통해 바이오미미크리 건축의 특성과 디자인 요소를 도출하고, 사례분석을 통해 각 디자인 요소의 적용 방법을 파악하고자 하였다. 생태학적 특성에 따른 바이오미미크리 공간 디자인요소에 대한 이론적 고찰과 사례분석을 통한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 생태건축은 인간과 자연의 생존 위협을 초래한 인간중심적, 기계중심적인 근대의 기계론적 세계관을 벗어나 자연과 인간의 공생적, 전일적 관계를 추구하는 생태학적 세계관의 영향을 받아 등장한 개념이다. 이러한 자연과 인간의 유기적 관계 형성을 통해 미래지향적이며 지속가능한 삶의 추구하고자 친환경 디자인, 그린 디자인, 에코 디자인, 지속가능한 디디자인, 바이오미미크리 디자인 등 자연에서 영감을 얻은 다양한 디자인 개념이 등장하였다.

이중 바이오미미크리 디자인 생태학과 생체공학의 발달로 생태계와 생명체에 대한 이론적 연구와 첨단 기술을 동원하여 자연의 생명현상을 분석하고 작동원리를 파악하여 이를 인간생활에 반영함으로써 인간의 삶을 윤택하게 하고자 하는 학문 분야이다. 바이오미미크리 '생체모방' 개념의 창시자인 재닌 베니어스는 인간생활에 있어 기술이 자연을 모방하기 위한 바이오미미크리의 디자인 영역으로 Model, Mentor, Measure을 제시하였으며, 이는 자연 유기체의 형태, 기능, 에너지 생산과정을 모방하여 자연 유기체와 같이 자연환경의 변화에 적응하여 자연과 공생할 수 있는 방법을 말한다.

둘째, 바이오미미크리 건축은 자연 유기체가 자연 생태계에서 생존하는 자연의 프로세스 모방을 통해 자연의 형태, 기능, 에너지를 구축 하여 자연 생명체

와 같이 주변 환경에 반응하여 진화하게 된다. 또한 유기체가 서식하고 있는 지리적 환경요인의 영향을 받아 성장하듯 바이오미미크리 건축도 지속적인 성장을 위해서는 건축물이 놓이게 되는 지역의 사회문화적 특수성의 이해와 인간생활과의 관계성을 파악하는 것이 중요하다. 건축물의 컨텍스트적 요소가 과거 기술 중심시대에는 문화적 상징을 표현하는데 그쳤다. 하지만 현대 건축은 주변의 환경적 요소와 인적경험 요소를 중시하기 시작하면서 인간과 문화, 건축, 환경이 공존하는 공간적 프로그램의 생성과 건축물의 지리적, 환경적 연속성을 통한 공간의 공존에 관심이 집중되어지고 있다.

셋째, 이론적 고찰을 통해 도출된 바이오미미크리 공간의 5가지 디자인 요소인 형태, 기능, 에너지, 컨텍스트, 지속성을 중심으로 사례분석을 실시한 결과 현대 바이오미미크리 건축은 유기체의 형태와 기능적 모방은 건축 공학과 재료기술의 발달로 인해 부분적으로나마 모방되어지고 있다. 하지만 에너지의 시스템적 표현에 있어서는 유기체가 자연환경에 적응하여 자체적 변화를 통해 에너지를 생산하고 순환하는 과정의 그대로의 모방보다는 자연 에너지를 저장하고 재활용하는데 그치고 있다.

지금까지의 바이오미미크리 건축은 도시 내에 인공적 자연환경의 구축과 자연의 방식을 모방하여 디자인의 미적가치와 경제적 효율성 증대를 추구하고 있다. 하지만 미래 바이오미미크리 건축은 자연 생태 환경 내에서 인간이 자연과 유기적 연계를 통한 공생을 추구할 것으로 예고된다. 주변 환경에 따라 변화하는 형태로 그 형태의 변화를 통해 얻을 수 있는 다양한 기능과 공간 구조가 나타나고 있으며, 화석연료의 사용대신 자연의 자원을 활용한 천연에너지의 재생적 생산과 재활용을 통한 전체적 순환 구조를 형성하여 자연의 전체적 프로세스를 모방하고 있다. 또한 미래 생체모방 기술 분야의 발전과 다양한 생태계에서의 생존방식의 연구로 인해 바이오미미크리 공간은 지역의 환경과 주변의 상황에 따라 능동적으로 변화하며 미래의 다양한 생활과 업무 방식에 맞는 효율적 공간과 프로그램이 제공을 통해 지금까지와는 비교할 수 없는 경제적 가치가 창출 될 것이다.

참고문헌

- 고귀한 (2010). 「현대건축에서 나타나는 생태학적 특성에 관한 연구」, 건국대학교 석사논문.
- 김수미 (2005). 「프로그램 해석을 기반으로 한 실내공간디자인에 있어 다이어그램 적용에 관한 연구」, 건축대학교 석사논문.
- 김자경 (2004). 「자연과 함께하는 건축」, 시공문화사.
- 권영걸 (2011). 『공간디자인 16강』. 국제.
- 로버트 엘런 (2011). 『바이오미메틱스』. 시그마북스.
- 이인식 (2013). 『자연에서 배우는 청색기술』. 김영사.
- 이연희 (2006). 「디자인 요소로서의 생태건축에 관한 연구」, 강남대학교 석사논문.
- 윤민희 (2012). 자연의 유기적 형태를 활용한 현대 디자인 표현특성에 관한 연구. 『한국디자인문화학회지』.
- 엘레나 (2013). 「바이오미미크리를 활용한 건축 공간디자인 사례연구」, 한양대학교 대학원.
- 채수명 (2002). 『디자인마케팅』. 도서출판국제.
- 최영배 (2010). 「자연의 형태에서 도출된 유기적 디자인 특성 분석」, 홍익대학교 석사논문.
- 최성경 (2014). 「생태학적 관점에 따른 바이오미미크리 건축 특성 연구」, 조선대학교 석사논문.
- 허경하 (2010). 생체모방을 적용한 건축구성 방식에 관한연구. 『실내디자인학회』, (12)1, 133.

- <http://inhabitat.com>
- <http://vincent.callebaut.org/>
- <http://www.archdaily.com>
- <http://www.edenproject.com/>
- <http://www.gardensbythebay.com.sg/en/home.html>