

인류세 시대의 지속 가능한 바이오모픽 디자인 연구

Research on Sustainable Biomorphic Design in the Anthropocene

주 저 자 : 손숙영 (Son, Sook Young) 중앙대학교 대학원 조형예술학과 강사
sonne73@naver.com

<https://doi.org/10.46248/kids.2024.4.738>

접수일 2024. 11. 24. / 심사완료일 2024. 12. 16. / 게재확정일 2024. 12. 18. / 게재일 2024. 12. 30.

Abstract

This study explores the aesthetic principles and sustainability of biomorphic design in the Anthropocene and through this, explores the role and potential of biomorphic design in promoting ecosystem resilience. Biomorphic design is emerging as an innovative approach that seeks ecological sustainability and efficiency by imitating the organic forms and principles of nature. Through analysis of various cases in art, design, architecture, and fashion, it verifies that biomorphic design achieves high sustainability in material selection, production process, energy efficiency, and resource circulation. In particular, it argues that it enables harmonious integration with the environment, minimizes ecosystem disturbance, and contributes to strengthening emotional connections with users. The results of the study confirm that biomorphic design presents a new environment where the physical environment and human multisensory experiences coexist, and has potential as a solution to the environmental crisis of the Anthropocene. It goes beyond simple morphological imitation and establishes itself as a methodology that can realize sustainability and ecosystem resilience, and emphasizes that its potential can be further developed through interdisciplinary convergence research.

Keyword

Anthropocene(인류세), Biomorphic Design(바이오모픽 디자인), Sustainability(지속가능성).

요약

본 연구는 인류세 시대를 배경으로 바이오모픽 디자인이 지닌 미학적 원리와 지속가능성을 탐구하고, 이를 통해, 생태계 회복력을 증진하기 위한 바이오모픽 디자인의 역할과 가능성을 탐구한다. 바이오모픽 디자인은 자연의 유기적 형태와 원리를 모방하여 생태학적 지속가능성과 효율성을 추구하는 혁신적 접근법으로 부상하고 있다. 예술, 디자인, 건축, 패션 등 다양한 사례 분석을 통해 바이오모픽 디자인이 재료 선택, 제작 과정, 에너지 효율성, 자원 순환 등에서 높은 지속가능성을 달성함을 검증한다. 특히, 환경과의 조화로운 통합을 가능하게 하며, 생태계 교란을 최소화하고 사용자와의 정서적 연결을 강화하는 데 기여함을 논증한다. 연구 결과, 바이오모픽 디자인은 물리적 환경과 인간의 다감각적 경험이 공존하는 새로운 환경을 제시하며, 인류세 시대의 환경 위기에 대한 해결책으로서 잠재력을 내포하고 있음을 확인한다. 이는 단순한 형태적 모방을 넘어 지속가능성과 생태계 회복력을 실현할 수 있는 방법론으로 자리매김하며, 학제간 융합 연구를 통해 그 잠재력을 더욱 발전시킬 수 있음을 강조한다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경 및 방법
- 1-2. 연구 범위 및 의의

2. 이론적 배경

- 2-1. 인류세의 디자인적 함의

- 2-2. 바이오모픽 디자인의 정의와 특성
- 2-3. 지속가능성과 친환경성

3. 바이오모픽 디자인의 현대적 적용

- 3-1. 미술의 선행 사례
- 3-2. 디자인의 선행 사례
- 3-3. 건축의 선행 사례

4. 바이오모픽 디자인의 지속가능성 분석

- 4-1. 재료 및 제작과정의 친환경성
- 4-2. 에너지 효율성 및 자원 순환
- 4-3. 친환경의 유기적 디자인 효과

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 방법

인류세(人類世, Anthropocene) 시대의 도래와 함께 지구 환경 문제에 관한 인식이 고조되면서, 지속가능한 디자인에 관심이 증대되고 있다. 환경위기에 대한 사회적 인식의 확산은 자연의 원리를 모방하는 바이오모픽 디자인(Biomorphic Design)에 주목하게 하며, 자연 친화적 디자인 패러다임의 변화와 적용 가능성을 제시한다.

바이오모피즘은 20세기 초반에 등장한 예술 양식으로 자연의 유기적 형태를 추상적으로 재해석하여 표현하는 특징을 갖는다. 2000년 이후, 이 개념은 디지털 기술 발전과 융합하여 새로운 양상으로 전개되었으며, 특히 컴퓨터 그래픽 기술의 발전은 바이오모피즘적 표현의 새로운 지평을 열었다.

본 연구는 환경위기에 주목하는 인류세의 시대적 의미를 재조명하고, 이를 수용하는 학제간연구의 동향과 유형 그리고 특성을 분석한다. 또한, 바이오모픽 디자인의 시각적 특성에 대한 다양한 기법들이 적용되는 사례와 그 현상적, 의미적 특성에 관한 심층적 고찰을 수행한다.

이를 위해 바이오모픽 디자인이 지닌 자연모방의 미학적 원리와 현상에 주목하고, 지속가능성을 탐구하며, 생태계 회복력을 증진하는 디자인 패러다임의 전환 가능성을 모색한다. 구체적으로는 다음과 같은 세부적인 방법을 설정한다. 첫째, 파울 크뤼첸(Paul Crutzen)의 인류세 선언을 시대적 배경으로 주목하고, 바이오모피즘의 형식을 실증적 사례를 바탕으로 분석한다. 둘째, 진화된 바이오모피즘의 의미를 다양한 디자인 분야의 사례를 통해 고찰한다. 셋째, 바이오모픽 디자인을 구성하는 재료적 특성과 지속가능성 및 확장성을 체계적으로 제시한다.

이러한 연구를 통해 바이오모픽 디자인이 인류세 시대의 환경문제에 대응하는 새로운 디자인 패러다임으로서 갖는 의의와 잠재력을 탐색하고자 한다.

5. 결론

참고문헌

1-2. 연구 범위 및 의의

본 연구는 문헌 연구와 사례 분석을 주요 연구 방법으로 채택하였다. 먼저, 인류세, 바이오모피즘, 바이오모픽 디자인과 관련된 학술 논문, 서적, 보고서 등을 통해 이론적 배경을 고찰한다. 이를 통해 진화된 바이오모피즘과 바이오모픽 디자인의 개념, 미학적 원리, 지속가능성과의 연관성 등을 체계적으로 정리한다.

사례 분석에서는 미술, 디자인, 건축, 패션, 공간 디자인 분야에서 바이오모피즘을 응용한 대표적 사례들을 선별하여 분석한다. 각 사례는 자연모방의 미학적 원리 적용 방식, 지속가능성 측면에서의 기여도, 생태계 회복력 증진 효과 등을 중심으로 연구한다. 특히, 바이오모픽 특성의 주요 요소인 비정형성, 역동성, 다공성, 미완결성을 분석 기준으로 활용한다.

연구의 범위는 2000년 이후 등장한 바이오모피즘 양식의 진화된 바이오모픽 디자인 사례로 한정하며, 특히 인류세 시대의 환경문제를 지각하고 대응하는 디자인 솔루션에 초점을 맞춘다. 지리적으로는 국내외 사례를 구분하지 않고 모두 포함하여, 인류세를 주목하는 바이오모픽 디자인의 보편성과 특수성에 주목한다.

본 연구는 바이오모피즘의 이론과 실천을 바이오모픽 디자인에 집중하고 종합적으로 고찰함으로써, 인류세 시대를 주목한 디자인이 미래 세대를 위해 나아가야 할 방향성을 제시하고, 지속가능한 종합예술의 역할과 의미를 제시하는 데 의의가 있다.

2. 이론적 배경

2-1. 인류세의 디자인적 함의

인류세(人類世, Anthropocene) 개념은 2000년 5월 'The Anthropocene' 이라는 제목으로 노벨 화학상 수상자인 파울 크뤼첸(Paul Crutzen)과 유진 F. 스토머(Eugene F. Stoermer)에 의해 공식적으로 제안되었다. 1) 인류세는 인간의 산업활동이 지구의 지질과 생태

계에 지배적인 영향을 미치는 새로운 지질학적 시대를 의미한다. 인류세의 시작 시점에 대해서는 다양한 견해가 존재한다. 주요 제안으로는 첫째, 약 6000년 전 농경과 산림벌채의 시작 시점. 둘째, 1600년대 구대륙과 신대륙 사이의 교류 시점. 셋째, 18세기 산업혁명 시점. 넷째, 20세기 중반 핵실험으로 인한 방사성 물질의 전지구적 확산 시점 등이 있다.²⁾ 이러한 다양한 시점 제안은 인류가 지구 환경에 미친 영향의 복잡성과 다면성을 반영한다.

인류세 개념은 학계와 대중의 관심을 받으며 지구 환경 변화에 대한 새로운 시각을 제공하는 중요한 개념으로 자리 잡았다. 그러나 2024년 3월 국제층서위원회(International Commission on Stratigraphy) 투표에서 인류세의 공식적 지질시대 인정이 부결되었다. 이는 인간 활동의 지질학적 영향력에 대한 학계 내 의견 차이를 반영한다. 그럼에도 불구하고, 인류세 개념은 현대 사회가 직면한 환경 위기와 인간-자연-환경-기술 관계의 재정립 필요성을 강조하는 중요한 담론으로 기능하고 있다.

인류세 시대의 디자인은 인간중심주의에서 벗어나 생태계 전체를 고려하는 통합적 접근을 요구한다. 오늘날 디자인의 역할은 단순히 인간의 욕구 충족을 넘어, 지구 시스템의 균형 유지와 회복에 기여하는 것으로 확장되어야 한다. 이는 재료 선택, 제작 과정, 사용 및 폐기에 이르는 전 과정에서 환경적 영향을 최소화하는 순환적 디자인 사고를 필요로 한다.

더불어, 인류세 시대의 디자인은 기술과 자연의 조화로운 융합을 추구하며, 생태계의 복잡성과 상호연결성을 반영하는 새로운 미학적 가치를 창출해야 한다. 이러한 접근은 지속가능성을 넘어 재생적(Regenerative) 디자인으로의 패러다임 전환을 의미하며, 인간과 자연 그리고 기술이 공존하는 새로운 관계 모델을 제시한다.

2-2. 바이오모픽 디자인의 정의와 특성

바이오모피즘(Biomorphisme)은 자연과 생명체에서 영감을 얻은 유기적이고 비정형적인 형태와 구조를 강조하는 개념으로, 현대예술과 디자인에서 중요한 패러다임으로 자리 잡고 있다. 이는 단순히 자연의 외형적 특징을 모방하는 데 그치지 않고, 자연의 내재적 원리와 생명력을 통합하여 창조적이고 혁신적인 디자인 접근

방법을 추구한다. 이 개념의 이론적 토대는 미술 비평가 로렌스 알로웨이(Lawrence Alloway)의 조형적 해석과 철학자 앙리 베르그송(Henri Bergson)의 생명의 약동(élan vital)에서 철학적 기반을 찾는다. 각각의 관점은 바이오모픽 디자인이 생명체의 형태뿐 아니라 시간성과 생성의 철학을 통합하여 현대적 의미를 확장하는 데 중요한 단서를 제공한다. 알로웨이는 바이오모픽 디자인을 "생명체의 조형적 특징을 강조하며 유기적이고 비정형적인 형태를 통해 생명력과 조화의 미학을 구현하는 접근"으로 정의한다.³⁾ 그는 초현실주의 및 추상미술의 맥락에서 자연의 곡선적이고 비대칭적인 조형 언어를 탐구하였으며, 이를 예술과 디자인의 표현적 도구로 발전시켰다. 알로웨이의 정의는 조형적 형태의 물리적 특성과 미학적 감각의 결합을 강조하며, 바이오모픽 디자인을 미술과 공예를 넘어서 건축, 패션, 산업 디자인 등으로 확장하는 이론적 틀을 제공한다.⁴⁾ 반면, 앙리 베르그송의 생명의 약동(élan vital) 개념은 바이오모픽 디자인이 단순히 자연의 형태를 모방하는 데 그치지 않고, 생명체의 생성과 진화를 내포하는 동적인 디자인 언어임을 강조한다.⁵⁾ 베르그송은 모든 생명체가 끊임없는 변화와 진화를 통해 현재를 창조하며, 이러한 "창조적 생명력"이 바이오모픽 디자인의 본질적 원리를 형성한다고 보았다. 따라서 바이오모픽 디자인은 시간의 흐름과 공간의 상호작용을 통해 진화하는 존재로 이해될 수 있다.

바이오모픽 디자인은 자연의 형태, 구조, 프로세스를 모방하여 인공물을 설계하는 접근 방식으로, 단순한 형태적 모방을 넘어 자연의 근본적 원리와 시스템을 이해하고 이를 혁신적으로 적용하는 것을 목표로 한다. 이는 단순한 형태적 모방을 넘어, 생명체의 성장 과정과 친화적 특성을 통합하여 유기적이고 역동적인 디자인을 구현한다. 즉, 자연의 근본적 원리와 구조적 시스템을 이해하고 이를 추상적으로 혁신적인 형태를 창출하는 것을 의미한다. 바이오모픽 디자인의 주요 특성을 재구성하여 다음과 같이 정리할 수 있다. (표 1)

- 3) 김현주, 이재규, '바이오모픽 표현특성을 적용한 브랜드 쇼룸의 상호작용성에 관한 연구', 한국공간디자인학회, 2014. 9, no. 4, 30호, p.201.
- 4) 권슬기, 강연미, '실리콘을 활용한 현대예술장신구의 바이오모픽 표현', 기초조형학연구, 2024. 10, Vol.25, no.5, 125호, p.56.
- 5) 임민택, '바이오모픽 특성을 콘셉트로 활용한 공간디자인 구성에 관한 연구', 한국공간디자인학회, Vol.14, no.3, 57호, p.80.

1) Global Change Newsletter, 41, 17-18.
 2) 김지성, 남욱현, 임현수, '인류세의 시점과 의미', 지질학회지, 2016. 04. Vol.52, no.2, pp. 166-167.

[표 1] 바이오모픽 디자인의 특징

유기적 형태와 비정형성	자연에서 발견되는 곡선적이고 비대칭적인 형상을 활용하여 조화롭고 자연스러운 형태를 구현한다. 이는 정형적이고 기계적인 미학과 대비되며, 디자인에 생명력과 유연성을 부여한다. ⁶⁾
동적 표현과 시간성	정적인 형태를 지양하며, 생명체의 성장과 변화 과정을 암시하는 동적이고 유동적인 조형을 추구한다. 이는 시간과 공간의 상호작용을 반영하여 지속 가능하고 진화하는 형태를 표현한다. ⁷⁾
지속가능성과 생태적 연계성	생분해성 재료와 자가 치유 소재를 포함한 친환경적 접근 방식을 통해 자연의 순환 시스템을 모방한다. 이는 에너지 소비를 줄이고 폐기물을 최소화하며, 지속 가능한 디자인 솔루션을 제공한다. ⁸⁾
다기능성과 투과성	자연의 상호작용적 구조를 모방하여 빛, 공기, 물과 같은 자연 요소가 흐를 수 있는 다공성 구조를 반영한다. 환경과의 조화를 강화하며, 지속 가능성을 높인다. ⁹⁾

바이오모픽 디자인은 로렌스 알로웨이의 미학적 접근과 앙리 베르그송의 철학적 통찰을 바탕으로, 단순한 생명체의 외형을 모방하는 차원을 넘어, 생태학적 원리와 기술적 혁신을 통합하여 인류세 시대에 요구되는 지속가능성과 생태계 회복력을 구현하는 데 중요한 역할을 수행한다.

이는 생명체의 동적 특성을 디자인에 반영함으로써 인간과 자연 간의 공생적 관계를 재정립하고, 환경위기에 대응하는 창의적 해결책을 제시하는 데 기여할 것으로 기대한다.

- 6) 관슬기, 강연미, '실리콘을 활용한 현대예술장신구의 바이오모픽 표현', 기초조형학연구, Vol. 25, no.5, 125호, p.57.
- 7) 임민택, '바이오모픽 특성을 콘셉트로 활용한 공간디자인 구성에 관한 연구', 한국공간디자인학회, Vol.14, no.3, 57호, p.79.
- 8) Ibid, p.80.
- 9) 김현주, 이재규, '바이오모픽 표현특성을 적용한 브랜드 쇼룸의 상호작용성에 관한 연구', 한국공간디자인학회, 제9권, 4호, 통권 30호,

2-3. 지속가능성과 친환경성

지속가능성과 친환경성은 인류세 시대의 디자인에서 핵심적인 가치로 부상하고 있다. 이는 단순히 환경 파괴를 줄이는 소극적 접근에서 나아가, 적극적으로 생태계를 회복하고 강화하는 재생적 디자인(Regenerative Design)으로 발전하고 있다. Verbrugghe et al. (2023)의 연구에 따르면, 바이오모픽 디자인은 건축과 같은 분야에서 지속가능한 발전을 위한 강력한 도구로 자리 잡고 있다. 그의 연구를 환경, 사회, 경제적 측면을 통합적으로 고려해서 다음과 같이 정리해볼 수 있다.

[표 2] 지속가능한 디자인의 원칙

자원 효율성	재생 가능한 자원 사용, 에너지 효율 극대화.
순환성	폐기물 최소화, 재사용 및 재활용 촉진.
생물다양성 보존	생태계 균형을 고려한 설계.
사회적 책임	공정한 노동 조건, 지역 사회 발전 기여.
혁신적 기술 활용	청정 기술과 디지털 기술을 활용한 환경 영향 추구.

이러한 원칙은 단순히 문제 해결의 도구가 아니라, 사회와 생태계 시스템의 균형을 유지하고 개선하는 적극적인 역할을 수행해야 함을 의미한다. 바이오모픽 디자인은 단순히 형태적 미학을 넘어, 자연의 순환 원리와 적응성을 설계에 통합함으로써 지속 가능한 발전을 위한 새로운 패러다임으로 자리 잡고 있다. 이는 인간과 자연 간의 공생적 관계를 재정립하고 환경 위기에 대응하는 창의적 해결책을 제시한다. 자연의 순환 시스템을 모방하여 환경친화적이고 지속 가능한 디자인 솔루션을 제시함으로써, 인간과 자연 그리고 기술의 공생적 관계를 재정립하고 환경위기에 대응하는 창의적 해결책을 제공한다.¹⁰⁾ 이는 단순히 환경 보호를 넘어, 보다 탄력적이고 지속 가능한 사회의 발전에 기여하는 원칙과 접근 방식이라 할 수 있다.

10) Ibid, p.9.

3. 바이오모픽 디자인의 현대적 적용

3-1. 미술의 선행 사례

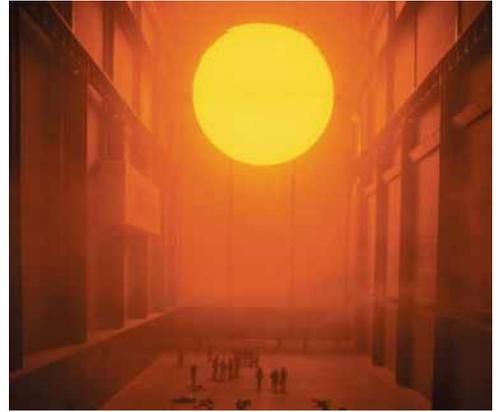
바이오모픽 아트는 자연의 유기적 형태를 추상적으로 재해석하여 표현하는 특징을 지닌다. 2000년 이후, 디지털 기술의 급속한 발전과 함께 새로운 양상으로 전개되었다. 특히 컴퓨터 그래픽 기술의 진보는 바이오모픽 표현의 새로운 지평을 열었으며, 이를 통해 자연의 복잡성과 역동성을 예술적으로 구현할 수 있게 되었다. 자연에서 영감을 받아 유기적인 형태와 생태학적 원리를 작품에 반영한 제니퍼 스타인캠프(Jennifer Steinkamp)는 디지털 기술을 활용하여 자연의 동적 변화를 3D 애니메이션으로 재현하고, 시각적으로 구현한다. 그녀의 디지털 프로젝션 작품(그림 1)¹¹⁾은 식물의 성장과 움직임을 반복적이고 유기적으로 표현하며, 생명체의 역동성과 자연의 순환성을 디지털 매체를 통해 강조한다.¹²⁾ 이러한 작업은 단순히 자연을 모방하는 것을 넘어, 디지털 매체를 통해 생명력과 움직임이라는 본질적 속성을 탐구하며 바이오모픽 아트가 추구하는 지속가능성이라는 철학적 가치를 실현한 사례로 평가한다.



[그림 1] 제니퍼 스타인캠프, 정물3, 영상설치, (2019)

올라퍼 엘리아슨(Olafur Eliasson)은 빛, 물, 공기 등 자연 요소를 활용하여 관객과 환경 간의 상호작용을 탐구하는 작업으로 잘 알려져 있다. 대표작으로 ‘날씨 프로젝트(The Weather project, 2003)(그림 2)’¹³⁾는 런던 테이트 모던에 설치된 거대한 인공 태양을 통해 빛과 기후라는 자연 요소를 탐구하며, 인간과

환경 간의 관계를 재고하게 만든다. 이 작품은 자연 현상을 인공적으로 재현하거나 변형함으로써 인간과 환경 간의 상호작용을 촉진하고, 환경 위기에 대한 경각심을 불러일으킨다. 이러한 접근은 바이오모픽 아트의 핵심 원리인 환경적응성과 생태계 회복력을 예술적 형태로 구현하며, 지속가능한 미래를 위한 새로운 가능성을 제시한다.



[그림 2] 올라퍼 엘리아슨, 날씨 프로젝트, 설치, 2003, Tate Modern

제니퍼 스타인캠프와 올라퍼 엘리아슨은 각기 다른 방식으로 디지털 기술과 물리적 설치를 통해 바이오모픽 아트의 원리를 구현하며, 현대미술에서 지속가능성과 생태계 회복력을 탐구하는 중요한 사례로 자리 잡고 있다. 이들의 작업은 자연과 기술, 예술과 과학이 융합된 동시대적 미술의 특성을 보여주며, 바이오모픽 아트가 지닌 무한한 가능성과 창조적 잠재력을 입증한다. 스타인캠프는 디지털 기술을 통해 자연의 유기적 형태와 변화를 시각화하고, 엘리아슨은 물리적 설치를 통해 인간과 환경 간의 관계를 탐구한다. 이 두 작가의 작업은 인류세 시대가 주목하는 환경적 의미와 물리적 설치를 구현하는 동시에 바이오모픽 아트의 확장성과 다양성으로 어떻게 구현될 수 있는지 잘 보여주고 있다.

3-2. 디자인의 선행 사례

디자인 분야에서 바이오모픽 접근은 기능성, 인체공학 그리고 지속가능성을 향상시키는 데 중요한 역할을 하고 있다. 자연의 형태와 구조를 모방함으로써 디자이너들은 더욱 효율적이고 사용자 친화적인 제품을 개발

11) jsteinkamp.com (2024.11.20.)

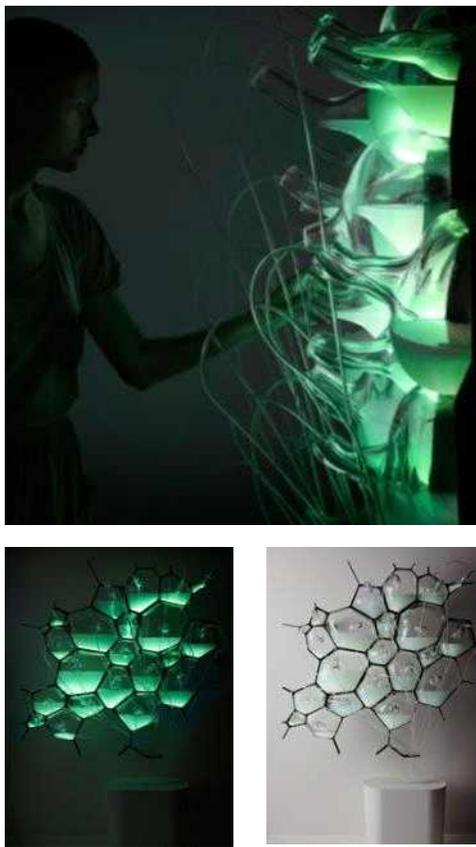
12) lehmannmaupin.com/ko/jeonsi/jennifer-steinkamp8/bodojaryo (2024.12.05.)

13) olafureliasson.net (2024.11.20.)

하고 있다.

필립스의 'The Microbial Home'(그림 3)¹⁴⁾ 프로젝트는 자연의 생태계를 모방한 순환 시스템을 가정 내에 적용하여 폐기물을 최소화하고 자원을 재활용하는 혁신적인 제품 생태계를 제안했다. 이 시스템은 주방 폐기물을 메탄가스로 전환하여 에너지원으로 사용하는 등, 자연의 순환 원리를 제품 디자인에 적용했다.

이러한 접근은 제품의 기능성과 사용자 경험을 향상시킬 뿐만 아니라, 재료 사용의 효율성과 제품 수명주기 전반에 걸친 환경 영향을 고려한 지속가능한 디자인 솔루션을 제공하고 있다.¹⁵⁾



[그림 3] The Microbial Home, 2011

14) www.petergal.com/Philips-The-Microbial-Home-2011

15) 임민택, '바이오모픽 특성을 콘셉트로 활용한 공간디자인 구성에 관한 연구', 한국공간디자인학회, 2019.06, vol.14, No.3, 57호, p.78.

패션 및 텍스타일 디자인 분야에서 바이오모픽 디자인은 미적 요소와 기능성을 결합하여 혁신적인 소재와 디자인을 창출하고 있다. 이 분야에서는 자연의 패턴, 구조 그리고 생태계의 원리를 응용하여 지속가능하고 기능적인 의류와 직물을 개발하고 있다. 디자이너 이리스 아이리스 반 헤르펜(Iris Van Herpen)의 작품은 실험적 창작을 통해 자연의 복잡한 구조와 움직임을 3D 프린팅 기술과 결합하여 독특한 텍스처와 형태를 가진 의상을 선보이고 있다.¹⁶⁾ 그녀의 작품은 생물의 골격 구조나 물의 흐름 등 자연 현상을 모방하여 의복에 적용함으로써 새로운 미적 경험을 제공한다.

스포츠웨어 분야에서도 바이오모픽 디자인의 적용이 두드러진다. 스피도(Speedo)는 상어 피부의 구조를 모방한 수영복 소재를 개발하여 수영 선수들의 성능을 향상시켰다. 이 소재는 물의 저항을 줄이고 유체역학적 효율성을 높여 수영 속도를 개선하는 데 기여했다.

텍스타일 분야에서는 자연에서 영감을 받은 지속가능한 소재 개발이 활발히 이루어지고 있다. 파인애플 잎에서 추출한 섬유로 만든 '피나텍스(Piñatex)'나 버섯 균사체를 이용한 가죽 대체 소재 등은 바이오모픽 접근을 통해 환경친화적이면서도 기능적인 새로운 소재를 제시하고 있다.¹⁷⁾ 이러한 바이오모픽 디자인의 적용은 패션(그림 4)¹⁸⁾ 및 텍스타일 산업에서 지속가능성, 기능성 그리고 혁신적인 미적 표현의 가능성을 확장하고 있다. 바이오모픽 디자인은 생명체의 형상에 다양한 특성과 의미를 부여하고, 이질적 표현과 스케일의 변형 등을 통해 초현실적인 변이를 나타내고 있다. 이러한 접근은 앞으로도 더욱 다양한 형태로 발전할 것으로 예상되며, 디지털 기술과의 융합을 통해 보다 혁신적인 디자인 솔루션을 제시할 것으로 기대된다.

16) 유영선, 조민진, '파라메트릭 디자인 방법론을 적용한 바이오모픽 의상조각 모델링 프로세스와 구성요소 분석', 한국이상디자인학회지, 2019.06, Vol.21, No.2 p.115.

17) Verbrugghe, N., Rubiniacci, E., & Khan, A.Z. (2023). Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods. *Biomimetics*, 2023.03, Vol.8, Iss.1, 107. p14.

18) 아이리스 반 헤르펜의 디자인은 경계를 초월하고 다양한 분야를 통합하는 변형을 추구한다. 그녀는 자연의 패턴과 생명력을 탐구하며, 바이오미미크리(Biomimicry)와 같은 개념을 패션에 통합하여 새로운 형태와 텍스처를 창조하는 데 중점을 둔다.

irisvanherpen.com/(2024.12.04.)



[그림 4] 아이리스 반 헤르펜, 2012

3-3. 건축의 선행 사례

현대 건축에서 바이오모픽 디자인의 적용은 단순한 형태적 모방을 넘어 공간의 기능성과 지속가능성을 향상시키는 혁신적인 접근법으로 발전하고 있다. 건축가들은 자연의 구조와 시스템을 분석하여 이를 건축물에 적용함으로써 에너지 효율성, 환경 적응성 그리고 사용자 경험을 향상시키고 있다. 바이오모픽 건축의 대표적 사례로 스페인 바르셀로나의 사그라다 파밀리아 성당(Templo Expiatorio de la Sagrada Familia)(그림 5)¹⁹⁾을 들 수 있다. 안토니 가우디(Antoni Gaudí i Cornet)가 설계한 이 건축물은 나무의 구조를 모방한 기둥과 가지 형태의 아치를 통해 자연의 유기적 형태를 구현한다. 이러한 구조는 단순히 미적 요소를 넘어 하중 분산과 공간 활용의 효율성을 높이는 기능적 역할을 수행한다.



[그림 5] Templo Expiatorio de la Sagrada Familia

19) sagradafamilia.org/es/historia-del-templo (2024.12.05.)

또 다른 주목할 만한 사례는 베이징의 국립 수영 센터 '워터큐브'(그림 6)²⁰⁾이다. 이 건물은 물 분자의 구조를 모방한 외피 디자인을 통해 자연광의 유입을 최적화하고 열 효율을 높이는 동시에, 독특한 시각적 경험을 제공한다. 이는 바이오모픽 디자인이 기능성과 심미성을 동시에 추구할 수 있음을 보여주는 예시이다.



[그림 6] 베이징의 국립 수영 센터, 워터큐브

바이오모픽 건축의 특성을 능동적 조형성, 미완결성, 역동성으로 요약할 수 있다. 능동적 조형성은 공간 방문자와 구조물 간의 적극적인 상호작용을 통해 구현되며, 전이성과 비정형적 형태로 분석된다. 미완결성은 외부 환경에 대응하여 지속적으로 변화하는 형상을 의미하며, 연속적 공간구성과 내외부 공간의 모호한 경계로 표현된다. 역동성은 예측 불가능한 변위를 만들어내는 내재된 힘으로, 탈구축적 연결성과 중첩성으로 분석된다.²¹⁾ 동시대 바이오모픽 건축은 단순한 형태적 모방에 그치지 않고, 자연의 원리를 적용하여 환경 적응성과 지속가능성을 높이는 방향으로 발전하고 있다. 생체모방 기술을 활용한 자가정화 외피 시스템이나 자연 환기 시스템 등은 건물의 에너지 효율을 높이고 환경 영향을 줄이는 데 기여하고 있다. 이러한 바이오모픽 접근은 건축 공간을 통해 자연과의 연결성을 강화하고, 사용자의 웰빙을 증진시키는 데 중요한 역할을 한다. 더불어 바이오모픽 디자인은 현대 건축의 새로운 패러다임으로 자리잡아가며, 복잡하고 다원화되는 현대 건축의 공간 표현 양상을 이해하는 데 중요한 키를 제공하고 있다.

20) 워터큐브, 베이징 올림픽 수영장_베이징, 중국, 현대건축사, 월간 Concept, 2008.02, p.4.

21) 김정진, 이영수, '현대건축 공간구성의 바이오모픽 특성에 관한 연구', 대한건축학회, 2005.12, Vol.21, No.12 pp.122-125.

4. 바이오모픽 디자인의 지속가능성 분석

4-1. 재료 및 제작과정의 친환경성

바이오모픽 디자인은 자연의 원리를 모방하여 재료 선택과 제작 과정에서 높은 수준의 친환경성을 실현한다. 이러한 접근 방식은 네리 옥스만(Neri Oxman)의 'Aguahoja 프로젝트'(그림 7)²²⁾에서 잘 드러난다. 옥스만은 인공적 합성 물질 대신 생물의 생체재료를 기반으로 작품을 제작하여 환경 부담을 경감시키는 혁신적 방법론을 제시한다.



[그림 7] 네리 옥스만, 'Aguahoja' 프로젝트

옥스만의 작품은 과학, 공학, 디자인, 예술을 융합한 유기적 프로세스를 추구한다. 이는 단순히 미적 가치 창출을 넘어, 생태계와 조화를 이루는 지속가능한 미래를 위한 새로운 패러다임을 제시한다. 특히, 작품의 수명이 다한 후에도 생분해가 가능하도록 설계하여 환경 영향을 최소화하는 점이 주목할 만하다.

바이오모픽 디자인의 친환경성은 다음과 같은 방식으로 구현된다. 첫째, 자연에서 영감을 받은 생분해성 재료를 활용하여 제품 수명주기 종료 후 환경 부담을 최소화한다. 사례로서 네리 옥스만의 'Aguahoja 프로젝트'는 키틴, 셀룰로오스 등 자연에서 얻은 생분해성 재료로 제작되었다. 이 프로젝트는 건축 및 제품 디자인에서 생체 기반 재료를 사용하여 지속 가능한 미래를 위한 가능성을 제시한다. 이러한 재료들은 화학적 분해 없이 자연에서 스스로 해체될 수 있어 폐기물 처리를 위한 에너지 소비를 줄이고, 환경에 부정적인 영향을 최소화한다. 둘째, 자연의 화학 반응을 모방한 저독성, 저에너지 제조 공정을 개발하여 환경 오염을 줄인다. 사례로서 스피도의 'Fastskin 수영복'은 상어 비늘 구조를 모방하여 유체 역학적 효율성을 극대화함으

로써 에너지 소모를 줄이는 설계를 구현했다. 이러한 제조 공정은 환경 오염을 줄이고, 지속 가능한 자원 사용을 촉진하며, 기존 제조 방식에서 발생하는 문제를 해결한다. 셋째, 제품 기획 단계에서부터 재활용과 업사이클링을 고려하여 자원의 순환적 사용을 촉진한다. 사례로서 필립스의 'Microbial Home 프로젝트'는 가정에서 발생하는 유기 폐기물을 에너지로 전환하는 순환 시스템을 설계하였다. 이는 폐기물 최소화를 넘어 재활용 가능성을 극대화한 사례다. 이러한 접근은 제품의 전 생애주기를 고려하여 자원의 낭비를 최소화하고, 순환 경제를 활성화한다. 넷째, 지역에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용함으로써 운송에 따른 환경 부담을 줄인다. 지역 자원을 활용한 설계는 운송 과정에서 발생하는 에너지 소비를 줄이고, 지역 경제를 활성화하는 동시에 지속 가능성을 높이는 데 기여한다.

이러한 접근은 "제품의 기획 및 디자인 단계부터 환경에 미치는 악영향을 최소화하는 방안을 실천"하는 에코디자인(eco-design)의 원칙과 일치한다. 더 나아가 생태계를 복원하고 강화하는 재생적 디자인(Regenerative Design)으로 발전한다. 바이오모픽 디자인은 단순히 환경파괴를 줄이는 소극적 접근을 넘어, 지속 가능한 사회와 환경 구축을 위한 적극적이고 혁신적인 방법론으로 자리 잡고 있다. 인간과 자연의 공생을 추구하며, 환경을 고려한 혁신적 방안을 제시하고, 생태계와 조화를 이루는 새로운 접근 방식으로서 그 중요성이 더욱 부각되고 있다.

4-2. 에너지 효율성 및 자원 순환

바이오모픽 디자인은 자연의 에너지 효율적 시스템을 모방함으로써 높은 수준의 에너지 효율성과 자원 순환을 달성한다. 이러한 접근 방식은 다음과 같은 핵심 전략을 통해 구현된다. 첫째, 자연 에너지 변화 시스템을 모방한다. 광합성이나 생체 발광 등 자연의 에너지 변환 메커니즘을 응용하여 고효율 에너지 솔루션을 개발한다. 이는 기존의 인공적 에너지 시스템보다 더욱 효율적이고 지속 가능한 대안을 제시할 수 있다. 둘째, 폐기물 제로 원칙을 적용한다. 자연 생태계의 순환 원리를 적용하여 "제품의 폐기 및 소멸과 순환에 이르는 총체적 과정"을 설계한다. 이는 제품 수명주기 전반에 걸쳐 자원의 효율적 사용과 재활용을 극대화하는 접근 방식이다. 셋째, 스마트 에너지 관리 시스템이다. 생물의 적응 메커니즘을 모방한 지능형 에너지 관리 시스템을 통해 에너지 사용을 최적화한다. 환경 변화에 따라 유연하게 대응하며 에너지 소비를 조절하는 시스

22) oxman.com/projects/aguahoja (2024.12.05.)

템을 의미한다. 넷째, 자가 치유 능력 모방이다. 생물체의 자가 치유 능력을 모방하여 제품의 수명을 연장하고 자원 사용을 절감한다. 이는 제품의 내구성을 높이고 유지보수 비용을 줄이는 데 기여한다.

이와 같은 바이오모픽 접근은 "감소(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle), 리필(Refill), 재생(Regeneration)"의 5R 원칙을 실현하는 데 기여한다. 이는 단순히 자원 사용을 줄이는 것을 넘어, 자원의 순환적 사용과 재생을 통해 지속가능한 디자인 패러다임을 구축하는 것을 의미한다.

바이오모픽 디자인의 에너지 효율성과 자원 순환 전략은 현대 건축에서도 적극적으로 활용되고 있다. 예를 들면, 자연 환기 시스템을 모방한 건축 설계나, 태양광 추적 시스템을 활용한 에너지 효율적 외피 디자인 등이 이에 해당한다. 이러한 접근은 건축물의 에너지 소비를 줄이고 환경 영향을 최소화하는 데 기여하고 있다. 결론적으로 바이오모픽 디자인은 자연의 원리를 적용함으로써 에너지 효율성을 높이고 자원의 순환적 사용을 촉진한다. 이는 지속가능한 미래를 위한 혁신적인 디자인 솔루션을 제공하며, 인간과 자연의 공생을 추구하는 새로운 디자인 패러다임을 확립하는 데 기여하고 있다.

4-3. 친환경의 유기적 디자인 효과

바이오모픽 디자인의 유기적 특성은 다음과 같은 친환경적 효과를 창출한다. 첫째, 자연 형태를 모방한 디자인은 주변 환경과 조화롭게 융합되어 생태계 교란을 최소화한다. 안토니 가우디의 사그라다 파밀리아(Sagrada Familia)는 나무의 구조를 모방한 설계를 통해 구조적 안정성과 자연적 미학을 구현하며, 도심 환경에 자연스러운 조화를 이룬다. 그리고 생태적 건축 설계에서 자연환기 시스템을 모방한 사례는 에너지 소비를 줄이고, 생태계 교란을 최소화하는 데 성공했다. 이러한 디자인은 자연과 인간의 환경을 융합하며, 구조적 안정성과 시각적 조화로 생태적 균형을 유지한다. 둘째, 유기적 형태는 사용자와 제품 간의 정서적 연결을 강화하여 제품의 수명을 연장하고 불필요한 소비를 줄인다. 아이리스 반 헤르펜의 패션 디자인은 자연의 곡선을 모방하여 독창적이고 유기적인 미학을 표현함으로써 소비자와의 정서적 교감을 강화한다. 정서적 연결은 소비자 충성도를 높이고, 제품의 불필요한 교체 방지함으로써 자원 낭비를 줄이는 효과를 가진다. 셋째, 자연의 다기능적 구조를 모방함으로써 단일 제품이 다양한 기능을 수행하도록 하여 자원 사용을 최적화한

다. 다기능적 설계는 자원의 효율적 사용을 가능하게 하고, 환경적 영향을 최소화하는 지속 가능한 접근이다. 넷째, 자연의 구조를 모방함으로써 재료 사용은 줄이면서 성능은 향상시키는 최적화된 디자인을 실현한다. 이러한 접근은 "물리적 환경과 삶의 환경이 공존하는 보편적인 지속성 추구"라는 친환경 지속가능 디자인의 목표와 일치한다. 바이오모픽 디자인의 지속가능성 분석을 통해, 우리는 이 접근법이 단순히 형태적 모방을 넘어 진정한 의미의 생태학적 지속가능성을 실현할 수 있는 잠재력을 가지고 있음을 인식할 수 있다.

인류세 시대의 환경 위기에 대한 대안을 제시하는 바이오모픽 디자인은 인간 중심적 설계에서 생태계 중심적 설계로의 전환을 가능하게 한다. 또한 재료의 사용과 고민에 있어서 단순히 환경적 피해를 줄이는 것을 넘어, 생태계와 공존하는 사회를 구축할 수 있음을 상기한다. 이러한 접근은 인류세 시대를 살아가는 인간에게 책임 있는 디자인의 본질과 방향성을 제시하는 중요한 지침이 될 것이다.

4. 결론

본 연구는 인류세 시대의 바이오모픽 디자인이 지닌 자연모방의 미학적 원리와 지속가능성을 탐구하고, 이를 통해 생태계 회복력을 위한 디자인 연구를 모색하였다. 연구 결과를 종합하면 다음과 같은 주요 결론을 도출할 수 있다. 첫째, 인류세 시대에 바이오모픽 디자인은 자연의 원리와 시스템을 이해하고 적용하는 중요한 접근 방식으로 부각된다. 이는 단순한 형태적 모방을 넘어 지속가능성과 생태계 회복력을 구현하는 데 핵심적인 역할을 한다. 둘째, 바이오모픽 디자인은 재료 선택, 제작 과정, 에너지 효율성, 자원 순환 등 다양한 측면에서 높은 수준의 지속가능성을 달성할 수 있음을 보여준다. 이는 5R 원칙(Reduce, Reuse, Recycle, Regeneration, Refill)을 실현하는 데 기여한다. 셋째, 바이오모픽 디자인의 유기적 특성은 제품과 환경 간의 조화로운 통합을 가능케 하며, 이는 생태계 교란을 최소화하고 사용자와의 정서적 연결을 강화한다. 이러한 접근은 제품의 전 생애주기를 고려하는 총체적 접근으로서 "물리적 환경과 삶의 환경이 공존하는 보편적인 지속성 추구"라는 새로운 바이오모픽 디자인을 제시한다.

후속 연구 방향으로는 생물학, 재료공학, 환경과학 등 다양한 분야와의 학제간 협력을 통해 바이오모픽

디자인의 적용 범위를 확장하고 심화할 수 있다. 더 나아가 AI, IoT 등 첨단 디지털 기술과 바이오모픽 디자인의 융합 가능성을 탐구하여 더욱 혁신적인 디자인을 개발할 수 있을 것이다.

결론적으로, 바이오모픽 디자인은 인류세 시대에 직면한 환경위기에 대응하는 효과적인 전략이 될 수 있다. 이는 자연과의 조화, 지속가능성, 그리고 생태계 회복력을 중심으로 하는 새로운 디자인 패러다임을 제시하며, 미래 세대를 위한 책임 있는 디자인 접근법을 제공한다. 향후 연구를 통해 바이오모픽 디자인의 잠재력을 더욱 발전시키고 실제적인 적용을 확대함으로써 우리는 더욱 지속가능하고 회복력 있는 미래 디자인을 설계할 수 있을 것이다. 이와 같은 방향성은 단순한 트렌드를 넘어 인간과 자연 그리고 기술의 공존을 위한 필수적인 접근 방식으로 자리 잡아야 하며, 궁극적으로는 우리의 삶과 지구 환경 모두를 고려한 지속 가능한 미래를 위한 중요한 과제가 될 것이다.

참고문헌

1. 파울 크뤼첸 외, 김용우 외 번역, 『인류세와 기후 위기의 대가속』, 한울아카데미, 2022
2. 김상민, 이영준, 김선화, 인류세 담론에 기반한 스칸디나비아 디자인, 한국콘텐츠학회, 2020
3. 김지예, 인류세의 미술: 토마스 사라세노, 피에르 위그, 아리카 이의 작업을 중심으로. 서양미술사학회, 2021
4. 김정신, 이영수, 현대건축 공간구성의 바이오모픽 특성에 관한 연구, 대한건축학회, 2005
5. 김현주, 이재규, 바이오모픽 표현특성을 적용한 브랜드 쇼룸의 상호작용성에 관한 연구, 한국공간디자인학회, 2014
6. 권슬기, 강연미, '실리콘을 활용한 현대예술장신구의 바이오모픽 표현', 기초조형학연구, 2024
7. 남옥현, 임현수, 인류세(Anthropocene)의 시점과 의미, 지질학회지, 2016
8. 임민택, 바이오모픽 특성을 콘셉트로 활용한 공간 디자인 구성에 관한 연구, 한국공간디자인학회, 2019
9. 임현수, 이상헌, 김진철, 인류세(Anthropocene)의 시점과 의미. 지질학회지, 2016
10. 오경혜, 지속가능한 디자인의 생태미학적 연구, 한국디자인트렌드학회, 2005
11. 유영선, 조민진, 파라메트릭 디자인 방법론을 적용한 바이오모픽 의상조각 모델링프로세스와 구성요소 분석, 2019
12. 진부경, 이연서, 바이오모피즘의 생명체 영감에 기반한 페이스 아트 메이크업 표현 연구. 한국미용학회, 2023
13. Alloway, L.. Topics in American Art Since 1945. Norton & Company, 1975.
14. Bergson, H. Creative Evolution (A. Mitchell, Trans.). New York, 1911.
15. Henry Holt. Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. The "Anthropocene". 2000. 03, Global Change Newsletter. Global Change Newsletter, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 2021
16. Verbrugghe, N., Rubinacci, E., & Khan, A.Z. Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods. Biomimetics, 2023
17. 베이징 올림픽 수장장_베이징, 중국, 현대건축사, 월간 Concept. 2008
18. 2jsteinkamp.com
19. casabatllo.es
20. dezeen.com
21. irisvanherpen.com
22. lehmannmaupin.com
23. olafureliasson.net
24. oxman.com
25. petergal.com
26. sagradafamilia.org
27. steinkamp8/bodojaryo