

논문접수일 : 2021.9.24      심사일 : 2021.10.10      게재확정일 : 2021.10.25

## 바이오디자인과 활용 기술의 유형 연구

Study of Types of Bio-design and Convergence Technology

주저자 : 김 지 은

연세대학교, 인간생애와 혁신적 디자인

**Jieun Kim**

Department of Human life & innovation design, Yonsei University

교신저자 : 이 지 현

연세대학교, 인간생애와 혁신적 디자인

**Jeehyun Lee**

Department of Human environment & design, Human life & innovation design, Yonsei University

*ez2@yonsei.ac.kr*

www.kci.go.kr

## 1. 서론

- 1.1. 연구의 배경 및 목적
- 1.2. 연구방법

## 2. 이론적 배경

- 2.1. 바이오디자인과 융합 기술
  - 2.1.1. 바이오디자인
    - (1) 바이오디자인의 정의
    - (2) 바이오디자인의 유형
  - 2.1.2. 융합 기술의 경향

## 3. 바이오디자인의 유형

- 3.1. 바이오디자인의 유형과 특성
  - 3.1.1. 생물체의 구조적 형태의 구현
  - 3.1.2. 생물체의 기능과 메커니즘의 구현
  - 3.1.3. 생물체의 효율적 생태시스템 구현

## 4. 바이오디자인의 융합기술 유형

- 4.1. 바이오디자인에 활용된 융합기술 유형과 특성
  - 4.1.1. 디지털 패브리케이션
  - 4.1.2. 스마트 테크놀로지
  - 4.1.3. 바이오 테크놀로지

## 5. 결론

## 참고문헌

## 논문요약

**연구배경** 최근 이상적인 디자인의 실현을 위한 디자인 연구가 확대되고 있는 흐름 속에서 '바이오디자인'은 융합기술의 발전을 기반으로 미래 디자인 연구를 주도하고 있다고 할 수 있다. 바이오디자인은 생명체와 생태계 연구를 기반으로 보다 더 기능적이고 지속가능한 혁신적인 재료와 새로운 생산 공정 방법을 제공할 수 있는 디자인 연구를 통해 사회적 문제 해결과 지속 가능한 디자인의 미래를 제시할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 바이오디자인의 개념과 유형, 그리고 바이오 디자인에서 활용하는 융합기술의 유형과 범주를 파악하려하였으며, 이를 통해 바이오디자인의 확장 가능성에 대해서 연구하고자 하였다.

**연구방법** 연구방법은 문헌조사와 사례연구를 병행하였다. 국내의 전문서적, 논문, 인터넷 자료 등을 통한 문헌 연구를 실시하였으며 인터넷 사이트와 전문서적 등을 통하여 사례조사를 실시하였다. 현재까지 조형예술, 건축, 디자인 등 다양한 분야에서 연구된 바이오디자인의 개념을 살펴보고 바이오디자인의 특성에 대한 선행연구를 실시하였다. 2000년 이후에서 현재까지의 바이오디자인 사례를 수집하여 대표적인 디자인 사례들을 중심으

로 디자인에 인용된 생물의 생물학적 특성, 디자인 표현의 특성, 디자인 공정의 방법과 활용된 기술 등에 대한 연구를 하였다. 이를 바탕으로 바이오디자인과 융합 기술의 유형과 유형별 특성을 연구하였다.

**연구결과** 바이오디자인의 유형은 세 가지 유형으로 분류할 수 있었다. 첫째, '생물체의 구조적 형태의 구현'은 생물체의 외적 형태를 비롯한 구조적 형태를 구현하는 방식으로 가시적, 심미적 구현이 주된 방식이라 할 수 있다. 둘째, '생물체의 기능 및 메커니즘의 구현'은 생물체의 내적 기능과 생물체의 행동을 구현하는 방식으로 기능성 위주의 기술적 구현이라 할 수 있다. 셋째, 생태시스템의 구현은 생물체가 살아가는 생태계의 자연법칙과 규범 그리고 심리적 기능 및 윤리성, 상징성을 구현하는 방식이라 할 수 있다. 그리고 바이오 디자인 구현에 활용되는 주요 융합기술의 유형은 컴퓨터 기반의 디자인 구현 기술로 컴퓨터로 디자인 제품의 외형, 구성 재료, 제조공정 등 제품을 생산하는 모든 공정을 가능하게 하는 기술을 의미하는 '디지털 패브리케이션'과 사물인터넷, 빅데이터 기술을 중심으로 물리적, 생물학적 기술을 디지털 정보 기술로 결합하여 보다 다양한 프로그램으로 디자인 개발이 가능하게 하며 이를 상호작용 할 수 있도록 하는 기술의 유형이라 할 수 있는 '스마트 테크놀로지', 그리고 생물의 기능과 정보를 활용하고 유용한 특성을 활용하는 기술로 디자인 생산, 가공의 전 과정에서 보다 더 효율적이고 친환경적인 제작 방법을 개발하기 위해 유전공학과 같은 생물학을 활용하는 기술이라고 할 수 있는 '바이오테크놀로지'로 분류 할 수 있었다.

**결론** 본 연구는 바이오디자인 개념을 기반으로 디자인과 과학기술의 이상적인 융합 연구의 사례를 보여줌과 동시에 디자인에 적용 되는 과학기술의 활용 방향성과 그 범위를 확장하고자 하였으며, 디자인에 영감을 주는 생물이 가지는 미적 가치와 지속가능한 기술의 활용에 대한 기초연구 자료를 제공하고자 하였다.

## 주제어

바이오디자인, 바이오 테크놀로지, 융합 기술

## Abstract

**Background** Recently, convergence design research is expanding to realize ideal design, and "Bio-Design" is leading design research as a future design based on convergence technology. Therefore, this study identified the types and categories of new technologies that can be used in a wide range of technology fields based on the analysis of the concept and type of biological design, and attempted to study the possibility of expansion of biological design.

**Methods** A literature review and case study were conducted

at the same time, previous studies were conducted through literature source such as domestic and foreign books and papers, and case studies were conducted through researching for related keywords on Internet sites. The type and characteristics of biological design, and the types of convergence technologies shown in biologicak design, and the characteristics of each were analyzed.

**Result** Biological design types could be classified into 'implementation of structural forms of organisms', 'implementation of functions and mechanisms of organisms', and 'implementation of ecological systems'. The types of major convergence technologies used to implement bio-design could be classified into 'digital fabric', 'smart technology', and 'biotechnology'.

**Conclusion** This study attempted to expand the direction and scope of use of science and technology applied to design while showing examples of ideal convergence research between biological design and science and technology. In addition, it was intended to provide basic research data on the aesthetic value and sustainable technology of creatures that inspire design.

#### Keyword

Bio-design, Biotechnology, Convergence technology

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 디자인 산업은 기술 융합을 기반으로 현대 사회와 다가올 미래의 사회적 문제 해결과 사회적 책임에 대한 인식 강화, 그리고 이상적이고 미래 지향적인 디자인의 실현을 위한 융합 디자인의 확대를 도모하고 있다. 더불어 디자인 산업에서는 미래 디자인을 근본적으로 변화하도록 자극하는 핵심적인 디자인의 가능성을 생물학과의 결합으로 인식하고 있다(Bridle 외, 2013). 디자인 분야에서 생물학과 결합하여 생물체가 가지고 있는 다양한 기능을 가진 제품을 개발, 생산하고 있으며 전통적인 재료 및 공정에 대한 생물학 기반의 대안적 개발과 연구에 집중하고 있다. 이러한 최근 디자인 산업의 변화의 흐름에 따라 '바이오디자인'은 혁신적인 디자인 소재 개발과 새로운 생산 공정 방식을 제공할 수 있는 가능성을 가진 디자인 연구 분야로 더욱 부각되고 있다(Grushkin, 2021). 보다 더 기능적이고 지속가능한 혁신적인 재료와 공정을 만들기 위한 새로운 움직임이라고 할 수 있는 바이오디자인은 지속 가능한 미래를 위한 가능

성을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 4차 산업혁명시대의 새로운 패러다임에 맞는 기술 융합 디자인 방법이라 할 수 있는 바이오디자인의 개념과 유형별 특성을 연구하고자 하였다. 그리고 바이오디자인에 활용 가능한 새로운 융합 기술의 유형과 범주를 파악하려하였으며 보다 혁신적인 디자인 방법으로 바이오디자인의 확장 가능성에 대해서 연구하고자 하였다.

### 1.2. 연구방법

본 연구에서는 최신 과학 기술을 활용하여 현재 활발하게 연구 개발되고 있는 바이오디자인의 유형과 유형별 특성, 그리고 바이오디자인에 활용된 융합 기술의 유형을 분석하고자 했다. 먼저, 바이오디자인의 개념과 특성에 대한 연구와 유형 분류를 위해 바이오디자인과 밀접한 연계성을 가지고 있는 '바이오모픽(Biomorphic), 바이오미메틱스(biomimetics), 바이오미미크리(biomimicry)'와 같은 생체모방의 개념에 대한 연구를 선행하였다. 또한 '생체모방'을 비롯해 '생명공학', '합성 생물학', '유전학' 등 생물학 연구를 기반으로 생물체와 생태계의 특성을 차용하여 구현된 조형예술과 건축, 디자인의 구체적인 사례들의 특성과 유형을 분석한 연구 자료들에 대한 선행연구를 병행하였다. 선행연구의 결과, 먼저 바이오디자인의 유형을 분류하는 기준이 될 수 있는 항목과 속성으로 '디자인에 인용된 생물의 생물학적 특성'이 중요한 요인이 될 수 있음을 도출할 수 있었으며, '디자인에서 나타나는 디자인 표현의 특성'과 '디자인구현을 위해 활용되는 디자인 공정의 방법과 활용된 기술의 특성'에 따라 바이오디자인의 유형을 구체적으로 분류할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 바이오디자인의 개념과 유형을 보다 더 체계적이고 차별적으로 유형화하기 위해서는 바이오디자인 구현에 활용되는 융합기술의 유형에 대한 연구 또한 더불어 병행되어야 한다는 것을 도출할 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 미래 디자인의 아이디어를 제공하는 바이오디자인 그리고 최신 융합기술과 관련된 국내외 전문서적과 논문, 인터넷 매체자료 등을 통한 문헌연구를 실시하였으며, 2000년대 이후부터 현재까지 전문서적, 인터넷 웹 사이트 등에 발표된 총 400여점의 바이오디자인 사례를 대상으로 실증연구를 실시하였다. 문헌연구와 사례분석을 통해 바이오디자인의 개념과 유형, 그리고 이와 관련된 주요 최신 융합 기술의 유형과 특징에 대해 살펴보았으며, 앞으로의 바이오디자인과 기술의 융합적 발전 전망에

대해 살펴보고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 바이오디자인과 활용 기술

#### 2.1.1. 바이오디자인

##### (1) 바이오디자인의 정의

‘바이오디자인(bio-design)’은 1980년대 초 독일의 디자이너 Colani 의해 처음 탄생한 용어로 생물학(bio)에 디자인(design)이 결합한 단어로 생체학 디자인이라고 부른다. Colani에 의해 바이오디자인은 “자연계 내부의 근본적이고 유기적인 원칙으로 인공 유기체를 디자인한다.”라고 정의되며, 생체를 형성하고 있는 곡선으로 하는 인체공학적인 디자인으로 생명체 특유의 곡선미를 살린 역동적인 느낌이 있다는 것이 특징으로 정의된다. 큐레이터 William Myers(2018)는 바이오디자인은 “생물학에서 영감을 받은 디자인 및 기존의 디자인 제작 방식을 넘어서는 다음 단계의 디자인이다. 생체모방이나 대중적이지만 막연한 개념의 그린 디자인과 달리 바이오디자인은 디자인의 필수 구성 요소로 살아있는 유기체를 통합하여 완성된 작업의 기능을 향상시키는 것을 의미한다.”라고 정의하고 있다.

바이오디자인의 최초의 시작은 생체모방, 생물체를 형성하는 곡선의 형태에 집중하는 디자인 개념에 가까운 것이었다. 그러나 최근 디자인 산업이 바이오메디컬 분야에서 바이오디자인개념을 더욱 적극적으로 도입하면서 바이오디자인의 정의가 보다 더 광범위한 인터페이스에서 작동하는 디자인 개념으로 인식되기 시작했음을 알 수 있다(Myers, 2015; Collet, 2017). 과거 바이오디자인의 경향은 대부분 살아있는 생물체의 특성을 간접적으로 차용하는 경향을 보였지만, 최근 세포, 유기체, 생물학적 재료 및 기술의 형태, 살아있는 시스템 등을 도입함에 따라 바이오디자인은 살아있는 생물체를 실제로 디자인 재료와 소재로 직접적으로 활용하는 디자인 개념으로 발전하고 있다(Vickers, 2016). 따라서 바이오디자인의 아이디어는 살아있는 재료를 사용하여 특성이 강화된 제품을 만드는 것으로 개념이 확장되고 있으며, 생체 모방 및 합성 생물학, 유전학과 같은 보다 더 복잡하고 다양한 분야와의 융합을 통해 혁신적 디자인을 구현하는 것으로 정의된다(Karana 외, 2019). 또한 오늘날의 바이오디자인은 식물학, 해부학, 생명공학, 신경 과학과 같은 다양한 생명 과학 분야와 예술, 디자인 분야의 학제 간 관심을 결합하여 보다 더 지속 가능한 사회

가 될 수 있는 방법을 탐구하는 디자인 개념으로도 정의된다(Attias 외, 2019). 보다 더 지속 가능한 방법을 만들기 위한 설계 시스템을 만드는 것에 새로운 목표를 두고 있으며, 지속 가능한 활동을 강화하고 실제 환경에서 지속 가능한 디자인의 잠재적인 사용을 장려하기 위해 살아있는 재료와 협력한다는 디자인 개념으로 바이오디자인을 정의하고 있다(Grushkin, 2021).

생체모방디자인의 개념에 대한 다양한 선행 연구를 기반으로 최근 새로이 확장되고 있는 바이오디자인의 개념과 경향을 연구한 결과, 생명 공학의 잠재력과 살아있는 생물체의 능력을 연구하는 디자인 방법으로 바이오디자인은 다음과 같은 몇 가지 특성이 관찰된다. 첫째, 바이오디자인은 생물체의 외적 형태와 내적 기능 그리고 생체 시스템에 대해 연구를 기반으로 하고 있으며 디자인하는 제품에 영향을 미칠 수 있는 유기체를 주요한 대상으로 인식하고 있다(Vickers, 2016; Collet, 2017; Karana 외, 2019). 둘째, 바이오디자인은 디자인 제품의 수명 주기를 고려해 제품의 수명을 연장하고 다음 수명의 주기를 위한 공급 원료의 활용할 수 있는 가능성에 대해 연구한다(Grushkin, 2021). 그 개념에는 제품이 영향을 미치는 환경부터 분해하는 과정까지를 포함된다. 이러한 사고는 제품이 어떻게 만들어지는지는 과정을 비롯해 제품을 사용하는 동안, 그리고 제품을 버릴 때 어떤 일이 발생하는지까지를 고려하는 디자인 사고라고 할 수 있다. 셋째, 바이오디자인은 우리 일상에 대한 단기적인 관점에서 벗어나 보다 더 장기적이고 지속가능한 가능성을 모색하는 관점을 가지고 있다. 넷째, 바이오디자인의 잠재성과 가능성의 확장 및 발전에는 융합기술의 발전과 그것을 활용하는 방법에 대한 연구가 커다란 원동력이 된다.

##### (2) 바이오디자인의 유형

본 연구에서는 생체 기반의 디자인에 관한 여러 연구들(Holstius 외, 2004; Benyus, 2010; Lee, 2013; Parkes & Dickie, 2013; Baumeister, 2014; Kapsali, 2016; Collet, 2017; Camere & Karana, 2018; Karana 외, 2019; Myers, 2018; Grushkin, 2021)의 이론적 고찰을 통해 바이오디자인 체계를 이해하는 이론적 근거를 마련하였으며, 여러 학자들에 의해 정의된 바이오디자인의 개념을 고찰하고 바이오디자인 유형 분류의 기준이 될 수 있는 항목과 속성을 구체화하였다.

바이오디자인 개념과 밀접한 연계성을 가지고 있는 ‘바이오모픽, 바이오메틱스, 바이오미미크리’와 같

은 생체모방의 디자인의 개념과 디자인 방법에 대한 연구들을 중심으로 바이오디자인의 유형을 분류하는데 중요한 항목이 되는 요인으로 ‘생물의 생물학적 특성’과 ‘디자인에 나타나는 조형적 특성’ 그리고 ‘디자인 접근원리와 방법’이 중요한 항목이 될 수 있음을 도출하였다. 또한 보다 더 차별적이고 확장적인 연구를 위해 바이오디자인 구현을 위해 활용되는 ‘디자인 공정의 방법과 재료의 특성’과 ‘활용된 기술의 특성’에 따라 바이오디자인의 유형을 구체적으로 분류 할 필요가 있다는 것을 도출할 수 있었다.

따라서 먼저 바이오디자인의 사례들을 조사하고 그 특성을 위에서 언급한 분석한 결과를 토대로 먼저 ‘디자인 공정의 방법과 재료의 특성’에 따라 바이오디자인의 유형을 분류한 결과, 바이오디자인은 크게 ‘실제로 살아있는 생물체의 조직과 같은 매체를 직접적으로 사용하여 새로운 디자인을 구현하는 유형’과 ‘살아있는 생물체 혹은 살아있는 자연이 가지고 있는 생물학적 특성 및 기능을 개념적으로 채택하여 새로운 디자인 방법을 구현하는 유형’으로 나눌 수 있었다.

다음으로 Benyus(2010)와 Baumeister(2014)가 제시한 바이오미미크리 디자인과 생체모방 디자인의 개념과 유형을 분류하는 기준 항목인 ‘디자인에 나타나는 생물의 생물학적 특성과 조형적 특성’ 그리고 ‘디자인 접근 원리와 표현 방법’을 중심으로 보다 더 세분화하여 바이오디자인을 유형화한 결과, ‘생물체의 구조적 형태 구현’, ‘생물체의 기능 및 메커니즘 구현’, 그리고 ‘생태 시스템 구현’과 같은 세 가지 유형으로 바이오디자인의 유형을 분류할 수 있었으며 각 유형별 특성에 대해 연구한 결과는 다음과 같다.

첫째, 생물체의 구조적 형태의 구현은 생물체의 외적 형태를 비롯한 구조적 형태를 조형적으로 구현하는 방식으로 가시적, 심미적 구현이 주된 방식이라 할 수 있다. 이는 생물체의 유기적 형태의 형식과 기하학적 패턴 및 구조의 형식을 구현한다(Baumeister, 2014). 둘째, 생물체의 기능 및 메커니즘의 구현은 생물체의 내적 기능과 생물체의 행동을 구현하는 방식으로 기능성 위주의 구현, 기술적 구현이라 할 수 있다. 신체보호의 기능, 신체기능 강화 및 확장을 구현하는 등의 방식으로(Baumeister, 2014) 생명체의 내적 기능과 행동을 조형적 기능적으로 구현한다. 셋째, 생태시스템의 구현은 생물체가 살아가는 생태계의 자연법칙과 규범을 구현하며 심리적 기능 및 윤리성, 상징성을 구현하는 방식이라 할 수 있다. 구체적으로 환경과 변화 감지 및 반응, 생성, 소멸, 성장, 회복, 치유 등과 같은 순환적 시스템의 구현이라 할 수 있

다(Benyus, 2010).

[표 1] 선행연구를 통한 바이오디자인의 유형화

디자인 유형 분류 기준 항목	생물학, 생체모방 기반의 디자인 유형		
생물의 특성 (Benyus, 2010).	생물 고유의 외적 특성	생물 고유의 내적 특성	생태 환경과 상호 작용적 특성
생체모방의 방법 (Baumeister, 2014)	자연의 형태와 구조의 모방	자연의 프로세스와 생물의 기능 및 메커니즘의 모방	생태시스템 의 모방
디자인 접근 원리와 방법 (김지은, 2015; 한왕모, 2020)	형태의 재현적 구현 - 생명체의 유기적 형태와 패턴, 구조	기능의 기술적 구현 - 생물학적, 물리적, 화학적 기능	숙성의 상징적 구현 효과적인 생태계의 운영 원칙과 속성
표현 방법에 따른 분류 (유연재와 최정화, 2019)	유기적 곡선 구조와 기하학적 생체패턴의 표현	생물 기관의 기능을 강조 생물의 자기조직화 성질과 성장 메커니즘의 표현	재활용 가능한 재료 사용 순환적 구조와 시스템의 표현



바이오디자인 유형
<b>생물체의 구조적 형태의 구현</b> :생물체의 외적 형태구현 비롯한 구조적 형태를 구현 가시적, 심미적 구현이 주된 방식 생물체의 유기적 형태의 형식과 기하학적 패턴 및 구조의 형식을 형태적 조형적으로 구현
<b>생물체의 기능 및 메커니즘 구현</b> :생물체의 내적 기능과 생물체의 행동을 구현 기능성 위주의 구현, 기술적 구현 신체보호의 기능, 신체기능 강화 및 확장을 구현하는 방식 생명체의 내적 기능과 행동을 조형적 기능적으로 구현
<b>생태 시스템 구현</b> :생물체가 살아가는 생태계의 자연법칙과 규범을 구현 심리적 기능 및 윤리성, 상징성을 구현하는 방식 구체적으로 환경과 변화 감지 및 반응, 생성, 소멸, 성장, 회복, 치유 등과 같은 순환적 시스템의 구현

## 2.1.2. 디자인 융합 기술의 경향

Klaus Schwab(2016)은 4차 산업혁명을 “디지털 혁명인 3차 산업혁명에 기반을 두고 있으며, 디지털, 물리적, 생물학적인 기존 영역의 경계가 사라지면서, 융합되는 기술적인 혁명”이라고 정의하였다. 4차 산업혁명에서 주목할 물리학적 기술로서 3D 프린팅 기술이 부상하고 있으며 디지털 기술에서는 사물인터넷, 빅데이터 등이 생물학적 기술에서는 유전공학, 합성생물학, 조직공학이 부상하고 있다(Schwab, 2016). 특히 3D 프린팅 기술의 도입으로 기존의 제작방법에서

는 실현 할 수 없었던 새로운 조형적 구조의 실현이 가능해지면서 디지털 기술은 디자인 분야에 새로운 미적 조형성을 제시하고 있으며 다양한 재료의 사용이 가능한 3D 프린팅의 활용 가능성은 더욱 증가하고 있다. 또한 사물인터넷, 빅데이터 기술의 발전은 다양한 기술과 데이터들이 보다 더 광범위하게 활용될 수 있게 한다. 다양한 기술과 데이터들이 원활하게 상호작용하고 융합 할 수 있도록 하는 디지털 기술의 발전은 스마트 디자인의 발전을 가속화 하고 있다(이인식, 2013). 더불어 생물학적 기술은 동물 세포, 식물 세포, 균류, 미생물들을 활용한 소재를 개발하는 기술을 필두로 환경과 생물체 보호를 위해 지속적으로 연구되고 있으며 다양한 가능성을 보여주고 있다(권성하와 나진, 2019). 새로운 기술들의 등장은 더욱 다양하고 새로운 형태의 바이오디자인이 실현 가능하게 하였다. 그리고 보다 폭넓은 개념의 바이오디자인의 실질적 구현을 가속화하는 원동력이 되었다.

4차 산업혁명시대에 디자인 융합 기술의 유형에 대한 선행연구(Sarah, Braddock & Marie, 2007; 나미정과 박순천, 2012; 이인식, 2013; 강태진, 2016; Schwab, 2016; 한왕모, 2017; 유연재와 최정화, 2019)를 기반으로 최근 바이오디자인의 구현에 활용되는 주요 융합 기술의 종류를 바이오디자인의 유형에 따라 분류한 내용은 다음과 같다[표 2].

[표 2] 바이오디자인에 활용되는 융합기술의 유형

활용 기술의 유형	융합 기술의 특성과 가능성	대표적 기술
디지털 패브리케이션 : 구조적 형태 구현 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 기반의 3차원 입체적 형태를 구현하는 기술</li> <li>- 일정하고 정밀한 형태 제작 및 조립 가능</li> <li>- 유연성, 안정성 있는 3D 프린팅 소재 개발</li> <li>- 복합소재(Multi-material) 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 절삭 가공기술</li> <li>- 디지털 적층 가공기술</li> </ul>
스마트 테크놀로지 : 기능과 매커니즘의 구현 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 연결기술 기반으로 다양한 기능이 결합된 신소재 및 디자인 개발 기술</li> <li>- 디지털 정보처리 결과가 현실세계의 움직임을 제어하는 체계가 가능하도록 하는 기술</li> <li>- 디지털세계에서 물리적 세계와 사이버 세계간의 상호작용 가능하게 하는 기술</li> <li>- 웨어러블 스마트디자인 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 연결 기술</li> <li>- 디지털 정보 처리 기술</li> <li>- 사물 인터넷 기술</li> <li>- 웨어러블 테크놀로지</li> <li>- 나노 테크놀로지</li> </ul>
바이오 테크놀로지 : 생태 시스템의 구현 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물학의 발전을 기반으로 다양한 디자인 아이디어 확대를 가능하게 하는 기술</li> <li>- 자연분해가 가능한 신소재를 비롯한 대체적 소재와 순환적 디자인의 구조 개발 기술</li> <li>- 동물 보호를 위한 소재 개발</li> <li>- 새로운 생산 및 공정 체계 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생명공학기술</li> <li>- 유전학</li> <li>- 합성 생물학</li> <li>- 조직공학</li> <li>- 생물학적 오염처리기술</li> <li>- 품종 개량기술</li> </ul>

생물체의 구조적 형태를 디자인으로 구현하는 데 활용되는 핵심 기술은 디지털 정삭, 적층 가공기술이며 생물체의 기능 및 매커니즘을 구현하는 디자인 유형에 활용되는 핵심 기술은 디지털 연결 및 정보처리 기술, 사물 인터넷 기술, 웨어러블 테크놀로지와 나노 테크놀로지가 대표적인 기술이라 할 수 있다. 그리고 생태시스템을 구현하는 디자인 유형에는 유전학, 합성생물학, 조직공학, 생물학적 오염처리 기술 및 품종 개량 기술과 같은 생명공학 기술들이 주요한 핵심 기술이라고 할 수 있다. 따라서 바이오디자인 구현에 활용되는 주요 융합기술의 종류에 대한 선행연구를 기반으로 바이오디자인에 활용되는 융합기술의 유형을 ‘디지털 패브리케이션’, ‘스마트 테크놀로지’, ‘바이오테크놀로지’로 분류할 수 있었다. 첫째, ‘디지털 패브리케이션’은 컴퓨터 기반의 디자인 구현 기술로 컴퓨터로 디자인 제품의 외형, 구성 재료, 제조공정 등 제품을 생산하는 모든 공정을 가능하게 하는 기술을 의미한다. 둘째, ‘스마트 테크놀로지’는 사물인터넷, 빅데이터 기술을 중심으로 물리적, 생물학적 기술을 디지털 정보 기술로 결합하여 보다 다양한 프로그램으로 디자인 개발이 가능하게 하며 이를 상호작용할 수 있도록 하는 기술의 유형이라 할 수 있다. 셋째, ‘바이오테크놀로지’는 생물의 기능과 정보를 활용하고 유용한 특성을 활용하는 기술로 디자인 생산, 가공의 전 과정에서 보다 더 효율적이고 친환경적인 제작 방법을 개발하기 위해 유전공학과 같은 생물학을 활용하는 기술이며 살아있는 생물체를 직접적으로 활용하여 지속 가능하고 환경 친화적인 새로운 혁신적 재료를 개발할 수 있는 원동력이 되는 기술이라 할 수 있다.

### 3. 바이오디자인의 유형

#### 3.1. 바이오디자인의 유형과 특성

##### 3.1.1. 생물체의 구조적 형태의 구현

‘생물체의 구조적 형태의 구현’은 생물체의 외형적 특성을 인용하는 디자인으로 생물체의 구조적 형태의 절제된 아웃라인과 생태학적 형태에 따른 유기적 형태를 표현하고 있으며(Harman, 2013) 기하학적 생체 패턴을 형성하는 기하학적 패턴과 구조의 형식을 표현하고 있다(Baumeister, 2014). 생물체가 에너지를 절약하고, 생물의 기능을 최대한 발휘하도록 최적화된 생물체의 외형적 특성을 인용하는 디자인은 비정형성, 유동성, 구조성을 강조하고 있으며 생명체가 가지




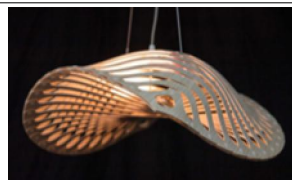

는 유기성을 강조하고 있다. 자연의 유기성을 강조하고 자연과 유사한 형태, 빛, 색상 등을 구현하는 것과 같은 방법을 디자인에 차용함으로써 재현적이고 명시적인 표현방법을 보여주고 있다(Harman, 2013). 따라서 ‘생물체의 유기적 형태를 구현’한 대표적인 디자인 사례는 첫째, 유기적인 곡선과 볼륨 구조로 외형을 구성하는 것을 통해 3차원적인 입체감을 구현하는 사례와 둘째, 기하학적인 생체 패턴과 모듈 구조를 입체적인 구조와 형태로 디자인하는 사례로 유형을 나누어 볼 수 있다.

생물체의 생태학적 형태에 따른 유기적 형태를 표현한 건축물 디자인 사례는 스페인 세비야 메트로폴 파라솔은 거대한 버섯을 닮은 거대한 파라솔을 연상시키는 구조물로 유기적으로 천을 짜듯이 엮은 물결 모양의 구조를 폴딩 기법을 적용하여 기하학적인 패턴을 형성한 작품이다. 이 구조물은 세비야의 새로운 만남의 공간, 즉 과거와 현재, 땅과 하늘이 연결되는 상호교류의 장소로 사용된다. 제품디자인의 사례로 David Trubridge가 디자인한 바다 속 생명체, 바다 주위를 떠다니는 미세한 구조류의 형태를 반영한 작품이 있다. CNC 컷 대나무 합판의 곡선 조각으로 만들어져 유선형의 곡선과 볼륨감을 나타낸 조명으로 아름다운 그림자를 드리울 수 있도록 설계되어 생명체의 외적형태를 자연스럽고 따뜻한 감성으로 표현하였다. 그리고 BUID사의 분리가 가능한 모듈식 가구 제품은 기하학적인 형태의 모듈을 연속적으로 이어붙이는 방식의 디자인으로 뛰어난 안정성을 지니며 생물체의 효율적인 기하학적 형태와 구조를 구현한 디자인이다. Noa Raviv Stratasys의 의상 디자인은 유기적이고 연속적인 곡선과 기하학적 패턴으로 구성된 3차원적인 입체감을 살린 외형 구조를 구현해, 생동감 넘치는 유기적인 형태의 생명력을 조형적으로 표현하고 있다. Iris van Herpen는 기하학적 생체 패턴구조를 기하학적인 입체 모듈로 구현해 착용자의 신체를 재디자인하는 방식으로 디자인을 구현하고 있다. 3D 프린팅으로 작은 모듈형 피스들을 만든 뒤 옷으로 조합시켜 만든 디자인 구현하였다. 모듈식 성장방식에 따라 나타나는 기하학적 생체패턴을 3차원의 입체적인 패턴형태로 구현해 이것을 축소, 확대, 변형하면서 반복적으로 표현하는 방법을 보여준다.

이러한 생물에서 발견되는 외적 형태와 특징적 구조를 인용하여 표현하는 바이오디자인의 유형은 과학 기술의 발달과 함께 보다 더 독특하고 다양한 형태와 성질을 가진 디자인의 구현을 가능하게 하며 다양하고 혁신적인 방식으로 발전이 가속화 되고 있다. 바이오 디자인의 첫번째 유형인 ‘생물체의 구조적 형태

구현’의 특성과 사례를 정리한 내용은 [표 3]과 같다.

[표 3] 생물체의 구조적 형태 구현의 특성

<b>유형 1.</b>	<b>생물체의 구조적 형태 구현</b>
<b>생물학적 특성</b>	생물체의 외적, 구조적 형태의 특성을 인용 - 생존과 적응, 성장과 번식을 위해 생성된 생물체의 외적 형태의 특성
<b>디자인 표현 특성</b>	비정형성, 유동성, 구조성, 규칙성, 반복성, 확장성
<b>디자인 접근원리와 방법</b>	심미성 위주의 구현 유기생명체의 외적 형태 특징을 구현 생물학적 기하학적 패턴과 모듈형 구조 구현
<b>디자인 사례</b>	 <p>Metropol Parasol. (2015). <a href="https://www.spain-holiday.com">https://www.spain-holiday.com</a></p> <p>생물학적 기하학적 패턴과 모듈형 구조 구현</p>
	 <p>신칸센 고속열차. (1996). <a href="http://ko.wikipedia.org/wiki/신칸센">http://ko.wikipedia.org/wiki/신칸센</a></p> <p>생물체의 유기적 외적 형태의 구현</p>
	 <p>Modular furniture from BUID. (n.d.). <a href="https://mblogthumb-phinf.pstatic.net">https://mblogthumb-phinf.pstatic.net</a></p> <p>생물체의 기하학적 패턴과 모듈형 구조 구현</p>
	 <p>Deep Sea Creatures from David Trubridge. (2016). <a href="https://design-milk.com">https://design-milk.com</a></p> <p>생물체의 유기적 외적 형태 구현</p>
	 <p>Iris van Herpen from Borrelli-Persson. (2017). <a href="https://www.vogue.com">https://www.vogue.com</a></p> <p>생물체의 기하학적 패턴과 모듈형 구조 구현</p>



	 <p>Noa Raviv's 3D Printed Couture. (2016).  <a href="https://www.yellowtrace.com">https://www.yellowtrace.com</a>  생물체의 유기적 외적 형태와  기하학적 패턴 구조 구현</p>
--	---

### 3.1.2. 생물체의 기능 및 메커니즘 구현

생물은 오랜 기간 동안 변화하는 생태환경 속에서 자신을 보호하고, 번식하며 생존을 위해 진화되어왔다. 생물은 생존을 위해 기능화 된 생물체 표면과 내부의 화학물질을 이용하여 스스로를 보호하고 동시에 공격, 번식 기능 등을 수행한다(Baumeister, 2014). '생물체의 기능 및 메커니즘을 구현하는 디자인'은 이러한 자연의 법칙과 원리에 따른 생물체의 다양한 기능을 인용하고 있다. 명시적 방법을 통해 생태, 생물학적 기능의 체계를 디자인에 도입하고 기술적으로 구현하는 디자인의 유형으로 첨단 과학기술의 결합을 통해 더 기능적이고 다양한 디자인 구현의 잠재력을 보여주고 있다. 자연 생명체가 가지는 기능성, 기계성, 연결성, 복합성, 가변성 등을 강조한다. 최근에는 디지털, 스마트 기술이 접목되어 더욱 다양한 기능과 기술이 융합된 미래형 디자인으로 구현되고 있다. 여러 가지 형태와 기능이 결합되어 창출되는 다기능적으로 활용 가능한 디자인의 개발은 생물의 특징과 닮아있는 생물체의 가변적 구조와 생태 메커니즘을 동시에 디자인으로 구현해낸 결과물이라고 할 수 있다.

공학과 생물학의 만남으로 다양한 동식물들의 기능과 행동 메커니즘을 연구하여 탄생된 디자인들이 대표적인 사례라고 할 수 있다. 코끼리 코의 기능과 작동 메커니즘을 모방한 인공팔 로봇 'Bionic Arm(유연재와 최정화, 2019)'은 장애를 가진 사람들의 팔을 대체할 수 있도록 개발되었다. 디자이너 Kamei의 Amphibio는 수중에서 생존하는 수중 잠수 곤충에서 영감을 받아 수중 호흡을 지원하는 마스크 디자인 제품을 발표하였는데, 이 제품은 3D 프린팅 액세서리로 얼굴, 목 및 가슴에 마스크로 착용 가능한 웨어러블 제품이다. 이러한 디자인들은 환경적응에 최적화된 생물의 기능을 모방하여 극한지역이나 재난현장을 비롯해 일상생활에서도 인간을 보호하거나 신체기능을 강화하고 대체할 수 있는 역할을 한다. 이 이외에도 날다람쥐에서 영감을 받아 제작된 공기 주입형 비행

수트, 달팽이 겹질의 구조와 기능을 모방한 헬멧 디자인 등과 같이 생물의 기능에서 영감을 받아 신체기능을 강화하고 확장시키는 디자인을 개발한 사례들이 있다. 또 다른 사례들은 신체기능을 강화하고 확장시키는 동시에 디자인 제품과 사용자 사이의 상호작용을 통해 편안함을 주는 기능적 요인을 디자인에 적용하고 있다. 외부 물리적인 충격과 위험한 환경으로부터 사용자의 신체를 보호하고, 안전에 대한 심리적 욕구 또한 충족시킬 수 있도록 구현된 또 다른 디자인으로 Ying Gao의 디자인은 특수 제작된 소재에 빛과 영상을 투영하여 신체와 주변 환경에 반응하여 선택적으로 색과 형태의 변화가 가능하도록 구현된 디자인이다. 이 작품은 주변의 변화를 감지, 추적하는 센서가 달려 있는 작은 모터에 의해 형태가 퍼지거나 말리기도 하고, 주변에 반응하여 스스로 빛을 발산하기도 한다.

이러한 미래형 바이오디자인의 대표적인 사례들은 생물의 기능적 형태와 구조, 생체 기능과 메커니즘 등을 디자인에 응용하여 디자인의 기능을 강화하고 다양화하였으며, 더불어 심리적 안정의 욕구도 충족시키는 기능까지도 확장적으로 구현하고 있다. 바이오 디자인의 두번째 유형인 '생물체의 기능 및 메커니즘 구현'의 특성과 사례를 정리한 내용은 [표 4]와 같다.

[표 4] 생물체의 기능 및 메커니즘 구현의 특성

유형 2.	생물체의 기능 및 메커니즘 구현
<b>생물학적 특성</b>	생물체의 내적 외적 기능 및 행동 인용 주변 환경에 반응 및 상호 작용성을 인용
<b>디자인 표현특성</b>	기능성, 기계성, 연결성, 복합성, 가변성, 상호작용성
<b>디자인 접근원리와 방법</b>	기능성 위주의 구현 생물학적 기능의 모방과 구현 신체 보호의 기능성 구현 신체기능 강화 및 확장의 가능성을 구현 주변 환경에의 적응과 상호 작용성을 구현 물리적, 화학기능들을 구현
<b>디자인 사례</b>	 <p>Bionic Arm Inspired By Elephant Trunk from Festo. (2010). <a href="https://sites.psu.edu">https://sites.psu.edu</a>  생물체의 내적 외적 기능 및 행동 인용</p>



	 <p>A film made from structural protein materials. from Spiber Inc. (2019). <a href="https://synbiobeta.com/">https://synbiobeta.com/</a></p> <p>생명체의 내적 외적 기능 및 행동 인용</p>
	 <p>UVEX 헬멧 from 3D printer and 3D printing news. (2015). <a href="https://www.3ders.org">https://www.3ders.org</a></p> <p>생명체의 내적 외적 기능 및 행동 인용</p>
	 <p>Amphibio, a 3D-printed 'gill' that a lightweight solution for underwater breathing from Jun Kamei. (2018). <a href="http://www.junkamei.com/">http://www.junkamei.com/</a></p> <p>생명체의 내적 외적 기능 및 행동 인용과 주변 환경에 반응 및 상호 작용성을 인용</p>
	 <p>Tony SuitsH. From S-Bird-Tony-Suits. (2018). <a href="http://wickedwingsuits.com">http://wickedwingsuits.com</a></p> <p>생명체의 내적 외적 기능 및 행동 인용</p>
	 <p>Ying Gao from Flowing water, standing time. (2019). <a href="http://yinggao.ca">http://yinggao.ca</a></p> <p>주변 환경에 반응 및 상호 작용성을 인용</p>

### 3.1.3. 생물체의 효율적 생태시스템 구현

자연은 기본적으로 서로 상호작용하며 다른 생물체의 서식지를 훼손하거나 파괴하지 않고 생명활동을 유지할 수 있는 특성을 지니고 있다. 생명의 활동방식에 있어 에너지를 재사용 하는 방식은 모든 자원과 에너지를 순환적으로 사용하는 생태시스템에 해당하는

다(Shedroff, 2009). 또한 스스로 정화작용을 하는 생태 시스템에서 볼 수 있듯이 생태계를 구성하는 요소들은 순환적인 구조를 통해 생태 환경의 균형을 스스로 조절한다(Baumeister, 2014). ‘생물체의 효율적인 생태시스템을 적용한 디자인’은 자연이 스스로 시스템을 조절하며 자생하는 성향을 인용하는 것으로 자생적 생산관리와 에너지의 효율적 재활용을 디자인에 활용한다. 자연의 속성, 유기체의 항상성, 생성과 소멸, 실존의 원리 등을 강조하고 있다. 변화, 성장, 증식, 확장, 분열, 번식, 진화와 같은 자연의 속성을 명시적이고 암시적 표현을 복합적으로 사용해 상징적으로 보여주고 있다(Benyus, 2010). 그리고 연속성, 가변성, 항상성, 순환성, 상호작용성과 같은 자연의 속성을 첨단과학기술의 결합 등을 통해 구현하고 있다.



효율적인 생태시스템을 적용한 디자인은 환경오염을 최소화하고 지속적으로 사용 가능한 재료를 개발하거나, 순환적 시스템을 디자인에 차용해 자연 생물체의 효율적 생태시스템 구현함으로써 미래 지향적 디자인으로 구현되고 있다. 더불어 자원과 에너지를 순환적으로 사용하는 효율적 생태시스템을 적용한 혁신적인 디자인 생산 구조로 구현되고 있기도 하다.



자연의 뛰어난 정화 시스템을 활용해 폐수를 정화하는 장치를 개발하거나 태양열 발전소, 환기시스템 설계 등을 만들어 낸 사례들이 자연의 자생적이고 효율적인 생태시스템을 적용한 대표적인 디자인 사례라고 할 수 있다. 친환경적인 디자인 아이디어로 탄생된 Warka Water 또한 대표적인 사례 중 하나로 공기 중의 수분이 풀잎에 이슬로 맺히는 자연의 원리를 착안하여 디자인 된 제품이다. 설치비용이 저렴하고 지속적으로 재활용할 수 있어서 물이 부족한 아프리카 지역에서 활용되고 있다. 또 다른 사례로 Hy-fi의 Biomason 벽돌은 박테리아를 사용하여 주변 온도에서 내구성 있는 시멘트를 '성장'하여 온실 가스를 배출하지 않고 지속 가능한 건축 자재를 생산한다. 성장 과정은 수경법과 유사하며 미생물과 혼합된 장치는 벽돌을 단단하게 하는 특수 용액을 공급한다. 같은 맥락에서, The Living은 2014년에 완전히 생분해성 재료로 만든 원형 타워를 건설했다. 이 구조물은 버려진 옥수수 줄기와 버섯에서 특별히 개발된 살아있는 뿌리 유사 구조의 조합을 통해 제조되었다. 재활용 재료를 활용하는 방식으로 환경에 피해를 주지 않고, 지속적이고 효율적인 방식으로 구현된 디자인 사례이다. Studio Klarenbeek Dros에서는 조류로 만든 바이오 플라스틱을 만들어 합성 플라스틱을 완전히 대체할 수 있는 잠재력을 가진 재료를 만들었다. 그리고 디자이너 Suzanne Lee와 NEFFA사에서는 성장

하는 곰팡이를 이용해 성장, 증식하는 소재를 개발하여 디자인함으로써 '생성과 소멸'이라는 순수한 자연의 실존의 원리 강조하고 있다. 환경 문제 인식이 커지면서 생산 및 가공의 과정에서 보다 더 효율적이고 친환경적인 제작 방법을 연구하는 사례들이 확대되고 있다. Natsai Audrey Chieza는 섬유의 생산과정, 정련, 탄화, 염색, 후처리 등의 가공 과정 등에서 박테리아, 균류 등의 생태분해자 들을 이용하여 유해 물질이 덜 발생하도록 하는 등 환경 친화적 방법을 지속적으로 개발 연구하고 있다(권성하와 나건, 2019). 더불어 친환경적인 미래 소재로 주목받고 있는 바이오소재는 자연적으로 분해가 가능해 환경에 전혀 피해를 주지 않기 때문에 최소한의 자원과 에너지를 최대한 효율적으로 이용하는 생태시스템을 구현한다.

바이오디자인에서는 가공과정에서의 활용에서부터 새로운 소재개발에 직접 활용하는 사례들까지 다양한 사례들이 나오고 있는데, 환경 문제와 지속가능성에 대한 인식을 바탕으로 디자이너들은 기존 소재에서 벗어나 직접 소재 디자인 아이디어를 실현하기 위해 융복합 연구를 활발하게 진행하고 있다. 바이오 디자인의 세번째 유형인 '생물체의 효율적 생태시스템 구현'의 특성과 사례를 정리한 내용은 [표 5]와 같다.

[표 5] 생물체의 효율적 생태시스템 구현의 특성

유형 3.	생물체의 효율적 생태시스템 구현
<b>생물학적 특성</b>	생명체의 효율적인 생태 시스템을 인용 순환적 생태시스템의 법칙과 규범을 인용
<b>디자인 표현 특성</b>	상징성, 연속성, 비예측성, 가변성, 효율성, 항상성, 순환성, 진화성
<b>디자인 접근원리와 방법</b>	내적 속성과 상징성 위주의 구현 효과적인 생태계 운영 원칙 적용 및 구현 재사용, 보관과 같은 생태 시스템의 구현 생물체와 생태환경의 순환적 시스템 구현
	 <p>Hy-fl. A mycelium-hybrid structure from kate orff-scape. (2014). <a href="https://www.designboom.com/">https://www.designboom.com/</a></p> <p>효율적인 생태 시스템을 인용</p>  <p>Warka Water. (2015). <a href="http://www.architectureandvision.com/">http://www.architectureandvision.com/</a></p> <p>효율적인 생태 시스템을 인용</p>

	 <p>3D-printed vessels created a bioplastic from studio klarenbeek &amp; dros. (2018). <a href="https://inhabitat.com/">https://inhabitat.com/</a></p> <p>효율적인 생태 시스템을 인용</p>
	 <p>Fabric dyed with bacteria by Natsai Audrey Chieza &amp; Faber Futures. (2018). <a href="https://impakter.com">https://impakter.com</a></p> <p>순환적인 생태 시스템의 법칙과 규범을 인용</p>
	 <p>Jacket prototype by NEFFA. (2018). <a href="https://impakter.com">https://impakter.com</a></p> <p>순환적인 생태 시스템의 법칙과 규범을 인용</p>
	 <p>BioBomber jacket from Suzanne Lee. (2016). <a href="https://www.dezeen.com">https://www.dezeen.com</a></p> <p>순환적인 생태 시스템의 법칙과 규범을 인용</p>

#### 4. 바이오디자인의 기술 유형

##### 4.1. 바이오 디자인에 활용된 융합기술 유형과 특성

##### 4.1.1. 디지털 패브리케이션(Digital fabrication)

디지털 전환의 가속화가 디자인 산업에 가져온 가장 대표적인 변화는 기존의 수작업이나 물리적인 공장 가동으로 이뤄지던 디자인 제작 과정이 디지털 컴퓨터 기술 기반 제작과정으로 변화하게 한 것이다. 컴퓨터 기반의 디자인 구현 기술의 발달은 디자인 제품의 외형, 구성 재료, 제조공정 등 제품을 생산하는 모든 공정의 디지털화를 가능하게 하였으며, 이러한 기존 제조업을 디지털 화하는 기술을 의미하는 것이 디지털 패브리케이션이다(Bickel 외, 2018). 디지털 패

브리케이션의 대표적인 기술은 디지털 컴퓨터 기반의 프린팅, 커팅, 조각, 모형화 등이며, 주로 사용되는 기기는 3가지로, CNC 밀링머신(CNC Milling Machine), 레이저 절단기(Laser Cutter), 3D 프린팅이다(이종석 외, 2015). 먼저, CNC 밀링머신은 가공물을 원하는 형상대로 소성 절삭하는 기기인 일반 밀링 머신에 수치 자동 제어 기술이 탑재된 자동 가공 장비를 말한다. 레이저 절단기는 레이저 광선을 통해 재료의 일부분을 녹이거나 증발시켜 절단하는 기기다. 높은 정확성을 가지고 있어 결과물에 흠집이 거의 나지 않으며, 후 처리 과정이 필요 없다는 장점을 가지고 있다. 3D 프린팅은 적층가공방식으로 물질을 겹겹이 프린팅해서 3차원의 물체를 만들어 내는 기술이다. 3D 프린팅 방식은 현재 20여 가지의 조형방식이 상용화되고 있다(최성권, 2014). 이러한 디지털 기술의 발달에 의한 디지털 패브리케이션, 3D 모델링의 발달은 바이오디자인영역에서 더욱 활발히 진행되고 있다. 특히 바이오디자인의 유형 중에서도 생물체의 구조적 형태를 구현하는 디자인 유형의 경우, 여러 과학자와 기술자들과의 협업으로 3D 프린팅을 기반으로 하는 디지털 패브리케이션 기술을 이용해 다양한 조형미를 구현하는 시도를 하고 있다.

대표적인 디자이너 Joris Laarman은 과학자와 엔지니어, 프로그래머, 예술가 등과 함께 Studio Joris Laarman Lab을 2004년에 설립해 Maker chair, Gradient Chair 등 제품들을 선보였는데, 이것은 무상 공개한 설계 도면에 각자의 아이디어를 덧입히는 메이커 무브먼트(Maker Movements)가 적용된 디자인 사례로 디지털 패브리케이션을 예술적으로 활용한 사례라고 할 수 있다. 뉴질랜드 New Plymouth에 Patterson Associates가 디자인한 Len Lye Art Museum은 흥미하게 보는 각도에 따라 살짝 색이 바뀌는 파사드가 특징적인 디자인으로 그 지역에서 생산하는 스테인레스 스틸을 unroll-rolling 방법을 사용하여 금속 마감을 하였다. 이 건축 디자인은 디지털 패브리케이션 기술을 통해 유기적인 곡면의 형태의 변화를 구현하는 동시에 흥미하게 보는 각도에 따라 살짝 색이 바뀌는 등의 의도한 빛의 반사와 색상의 변화, 왜곡 등을 효과적으로 구현하고 있다. 자동차 제조에도 3D 프린터 활용을 통한 디지털 패브리케이션 기술의 활용 영역이 확대되고 있다. 2015년 9월 프랑크푸르트 모터쇼에서 프랑스 기반의 자동차 브랜드 Pugeot의 'Fractal' 컨셉카가 구체적인 사례 중 하나이다. 차량의 실내 바닥과 도어부분에 물고기 비늘 모양의 특수 소재를 사용하였으며 이것을 3D 프린터로 제작하여 적용함으로써 차체 중량을 줄이는

것 뿐 아니라 디자이너의 창의적인 조형을 완벽히 구현해냈다(김은혜, 2017). 세계적인 패션 디자이너와 함께 일해 온 Catherine Wales는 2013년 첫 개인 컬렉션인 'Project DNA'를 통해 8종류의 3D 프린팅 패션 소품 디자인을 공개하였는데 염색체 구조에서 영감을 받아 디자인 한 코르셋은 마치 영클어진 실타래처럼 복잡하고 어지러운 패턴이 특징이다. 이렇게 3D 프린팅은 전통적인 제작하는 방식보다 다양한 형태적 조형성을 확장한다.

또한 디지털 패브리케이션 기술의 발달로 3D 프린터를 통해 두 개 이상의 재료를 혼합하여 하나의 모델에 여러 다양한 재료를 동시에 분사하여 새로운 물성을 표현하는 것이 가능한 복합소재의 구현이 가능해졌다. 이러한 기술은 유연성이 조절 가능하여 부드러운 고무부터 딱딱한 플라스틱까지 다양한 성질을 만들 수 있어 의류를 포함하여 신발, 액세서리 디자인 등에 매우 널리 사용되고 있다(권성하와 나건, 2019). 최근 다양한 스포츠 브랜드에서는 최적화 된 러닝화 제작을 위해, 제조 공정 과정에서 3D 프린팅 기술을 적용하고 있다. 2015년 Adidas는 Materialise와 함께 발등을 감싸는 직물까지도 3D 프린터로 출력해 맞춤형 운동화 개발 프로젝트인 'Adidas Futurecraft 3D'를 공개했고 이후 실제 3D 프린팅 된 신발인 'Adidas 3D Runner'를 판매했는데 한평판 형태로 궁극의 맞춤형을 제공함으로써 3D 프린팅 기술의 활용 레벨을 한 단계 성장시켰다.

디지털 패브리케이션 기술의 발달은 독특한 성질과 형태를 가진 기하학적 패턴을 일정한 조직과 구조로의 조형적 구현이 가능하게 하였으며 기하학적 생체 패턴의 3차원의 입체적인 형태로 구현이 보다 더 다양하고 정밀하게 이루어지게 했다. 레이저 커팅, 3D 프린팅을 통해 독특한 형태의 모듈을 일정하고 정밀하게 제작 및 조립가능하게 하는 등 디지털 패브리케이션 기술의 발달은 생태계의 복잡성과 다양성을 보다 더 새롭고 다양한 방식으로 표현이 가능하게 하였다. 생산시간이 오래 걸리고 그에 따른 비용 소비가 크기 때문에 아직 높은 활용도를 보이고 있지는 않지만 3D 프린팅 기술은 새로운 조형미의 제시 가능성을 보여주고 있다. Digital fabrication의 특성과 향후 전망을 정리한 내용은 [표 6]과 같다.

[표 6] 바이오 디자인 구현에 활용되는 기술의 유형 Digital fabrication.

유형 1.	Digital fabrication
특성	- 구조적 형태의 구현 - 생물의 독특한 성질과 형태의 일정하고 정밀한

	제작 및 조립이 가능함. - 기하학적 생체패턴의 3차원의 입체적 형태 구현이 가능함. - 유연성, 안정성 있는 3D 프린팅 소재 개발. - 복합소재(Multi-material) 개발. - 친환경 소재 및 디자인 개발.	
대표 기술	디지털 절삭/ 적층 가공 기술 CNC 밀링머신(CNC Milling Machine) 레이저 절단기(Laser Cutter) 3D프린팅 (3D Printing)	
향후 전망	- 다양한 3D 프린팅 소재 및 방법 개발 확대. - 다양한 콘셉트 디자인 개발 확대. - 구조적 한계성 극복을 위한 디자인연구 확대. - 새로운 조형성을 나타내는 디자인의 성장 및 발전 확대.	
사례	 Aqua Tower. (2010). <a href="https://studiogang.com/project/aqua-tower">https://studiogang.com/project/aqua-tower</a>	 Len Lye Art Museum. (2015). <a href="https://pattersons.com/civic/len-lye-contemporary-art-museum/">https://pattersons.com/civic/len-lye-contemporary-art-museum/</a>
	3D 프린팅 기술과 3D 모델링 기술로 유기적 소재와 형태 구현	CNC, 디지털 절삭 기술과 디지털 모델링 기술로 유기적 형태와 컬러 구현
	 Loris Laarman, Makerchair. (2014). <a href="https://www.jorislaarman.com/work">https://www.jorislaarman.com/work</a>	 Peugeot Fractal. (2015). <a href="http://www.peugeotdesignlab.com/en/studio/concept-cars/peugeot-fractal">http://www.peugeotdesignlab.com/en/studio/concept-cars/peugeot-fractal</a>
	3D 프린팅 기술과 기하학적 모듈의 조합을 통한 디자인 구현	3D 프린팅 기술로 특수 소재 개발과 생물학적 형태의 디자인 구현
	 Adidas 3D Runne. (2016). <a href="https://news.adidas.com/us/Latest-News">https://news.adidas.com/us/Latest-News</a>	 Catherine Wales. Project DNA. (2013). <a href="https://www.dezeen.com">https://www.dezeen.com</a>
	3D 프린팅 기술로 유연성 조절이 가능한 플라스틱 소재 개발 및 맞춤형 디자인 구현	3D 프린팅 기술과 레이저 커팅 기술을 활용한 복잡한 모듈의 구조 구현

#### 4.1.2. 스마트 테크놀로지(Smart technology)

스마트 테크놀로지는 ICT기술과 융합하여 정보처리 능력을 가지고 있는 기술이 적용되면서 기존 보다 더 스마트해지는 기술을 의미한다(신혜영, 2017). 스마트 테크놀로지는 사물인터넷, 빅데이터 기술을 중심으로 물리적, 생물학적 기술을 디지털 정보 기술로 결합하여 보다 다양한 프로그램으로 디자인 개발이 가능하게 하며 다양한 상호작용이 가능하게 한다(이동우와

이성훈, 2012). 감지·제어, 통신, 작용·동작, 저장, 신호 처리 기능 등의 스마트 기능을 갖춘 기술을 의미하며 움직임을 감지하는 센서 개발, 감지한 움직임을 기기에 전달해서 데이터를 분석하고 이를 활용한 다양한 프로그램들을 개발하여 상호작용 할 수 있도록 하는 기술 등이 대표적인 스마트 기술의 유형이라 할 수 있다(권성하와 나권, 2019). 따라서 ICT, IOT, Big Data, AI, CPS(Cyber Physical System), 3D프린터 등에 대한 이해 및 적용은 스마트 기술에서 핵심적인 요소이다(공회정, 2018). 최근에는 디지털 제어방식의 기능, 디지털 컬러 기능, 생체신호 센싱 기능, 에너지 수확 기능 등 첨단 스마트 테크놀로지를 기반으로 생물체의 기능 및 매커니즘을 스마트한 웨어러블 디자인으로 성공적으로 구현하는 것이 가능해졌다.

스마트 기술을 활용한 디자인 사례의 하나인 Fresh Air Modules는 개인용 웨어러블 공기 청정기이다. 신선한 공기를 제공하는 모듈식 운동 구조의 공기 청정기로 모듈을 사용하여 집을 장식할 수도 있고 웨어러블 액세서리로 착용할 수도 있다. 앱에 연결하면 좋아하는 장소의 향기에 대한 추억도 저장할 수 있다. 또 다른 사례, 휴대 전화 충전기가 내장된 Creative Arts & Technology의 클러치는 이동 중에 핸드백 자체의 너트와 볼트에 이미 내장된 충전기를 통해 휴대 전화의 충전이 가능한 스마트 기술이 내장된 제품이다. Android 및 iOS 앱을 통해 제어되는 스크롤 텍스트와 애니메이션 아트를 보여주는 전면 LED 디스플레이가 내장되어있어 스마트 폰을 통해 색상을 변경하고 애니메이션을 적용 할 수도 있다. 매우 상호작용적인 스마트 기술을 기반으로 개발된 웨어러블 디자인의 성공적인 사례이다. 이처럼 스마트 기술은 ICT 기술을 활용하여 효율성, 초연결 시스템을 바탕으로 외부와 내부의 자연스러운 조화와 편의성을 제공하는 동시에 사용자의 감성적인 부분을 자극하는 디자인 구현을 가능하게 한다(공회정, 2018).

특히 패션 디자인 산업은 웨어러블 플랫폼을 바탕으로 사물 인터넷, 건강관리 등 다른 산업과의 융합을 통해 창의적인 바이오디자인 개발에 집중하고 있다. 웨어러블 기술 개발과 스마트 섬유의 성장으로 유기적이고 광범위한 영역의 전자 장치가 가능한 경량섬유, 안전의류, 에너지 회수와 저장이 가능한 섬유 등의 개발이 활발하다. 디자이너 Pauline van Dongen는 태양에너지를 활용하여 스마트 폰이나 각종 모바일 기기를 충전할 수 있는 의상 웨어러블 'Solar Dress'를 선보였으며, Tommy Hilfiger는 태양전지 패넬을 활용해 전자기기를 충전할 수 있는 구조로 디자인된 태양광 패넬을 탑재한 스마트 점퍼를 선보였



다. 일상생활에서도 에너지를 절약하고 효율적으로 사용하기 위한 디자인들이 다양한 형태로 스마트 테크놀러지와 결합되어 제품화되고 있다.

또한 스마트 기술은 개인의 건강을 모니터링 하여 건강한 삶을 유지할 수 있도록 돕고 있으며, 의료기기와 융합하여 위급상황에 대처가 가능하도록 하고 있다. 우주공간, 산악 조난과 같은 특수 상황에 적합한 형태로 안전을 도모하는 디자인을 구현하는데 활용됨으로써 인간 생명 존중의 가치를 실현하고 있다. Xenoma e-skin은 신체의 움직임이 VR, AR, MR로 전송되는 스마트 기술이 응집된 디자인 사례로 상체 14개의 부분에 센서가 인체의 움직임을 감지하여 게임, e-스포츠, 건강 프로그램 등에 전송하여 활용할 수 있도록 구현되었다(권성하와 나건, 2019).

주변 환경에 반응하고 그것을 감성적으로 표현하는 웨어러블 디자인으로는 Rainbow Winters의 디자이너 Amy Winters가 개발한 환경에 반응하는 의상이 있다. 패션 디자이너 Ying Gao는 주변 환경에 반응하고 상호작용하는 웨어러블 디자인을 지속적으로 선보이고 있다. Ying Gao는 주변주파수를 감지하기 위해 특수 제작된 핀으로 만들어진 음성 활성화 패브릭으로 제작된 의상을 선보였다. 착용자의 목소리를 감지하고 그에 반응하여 옷이 스스로 물결과 같은 움직임을 생성하고 수축과 확장을 만들어낸다. 또 다른 디자인 사례는 마치 살아있는 것처럼 주변 사람들의 색상에 반응하여 물결 치고, 확장하고, 수축하며 환경에 반응하는 옷이다. 주변 상황에 따라 반응하는 이 옷은 광센서뿐만 아니라 라즈베리 PI 컴퓨터에 연결된 소형 카메라를 사용하여 환경에 대한 정보를 수집하고 수집된 데이터를 활성화하여 직물이 물결치거나 움직이거나 색이 변화하도록 한다. 또한 반사 유리, 실리콘 등과 같은 소재를 활용해 색상이 끊임없이 변화하는 카멜레온과 같은 특징을 가진 패브릭을 개발하여 사용하였다. 이와 같은 주변 환경에 반응하고 상호작용하여 만들어지는 스마트 웨어러블 디자인의 사례는 무형 네트워크에 실체를 부여함으로써 새롭게 형성되는 독특한 미적 감각과 감성을 잘 보여주고 있으며 감성적 웨어러블 디자인의 방향성을 잘 보여주는 디자인 사례이다. Smart technology의 특성과 향후 전망을 정리한 내용은 [표 7] 과 같다.

[표 7] 바이오 디자인 구현에 활용되는 기술의 유형 Smart technology.

유형 2.	Smart technology
특성	- 디지털 정보처리 결과가 현실 세계의 움직임을 제어하는 체제 가능하게 함.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디지털 세계에서 물리적 세계와 사이버 세계간의 상호작용 가능하게 함.</li> <li>- 디지털 연결을 기반으로 다양한 기능성이 결합된 신소재 및 디자인 개발.</li> <li>- 웨어러블 스마트 디자인 개발.</li> </ul>
대표 기술	사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System) ICT(정보통신기술), IoT(사물인터넷기술) Big Data(빅데이터), AI(인공지능) 웨어러블 기술(Wearable Technology) 나노 기술(Nano Technology)
향후 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물체의 기능과 매커니즘이 결합된 다양한 콘셉트의 디자인 개발 확대.</li> <li>- 다양한 기능적 측면의 높은 활용 가능성 확대.</li> <li>- 착용성, 편리성 등 향상된 기능의 일상화.</li> <li>- 몸의 움직임을 디바이스에 연결하여 의료, 게임 등 다양한 프로그램 개발 및 디자인 적용의 확대.</li> <li>- 감성과 감수성을 자극할 수 있는 소통 중심의 디자인 개발 확대.</li> <li>- 융합 기술의 상호작용성이 확대된 디자인 개발 및 연구의 확대.</li> </ul>
사례	<div>  <p>Fresh Air Modules Radhika Seth. (2013) <a href="https://www.yankodesign.com/2013/07/08/fresh-air-modules/">https://www.yankodesign.com/2013/07/08/fresh-air-modules/</a></p> </div> <div>  <p>CAT Clutch. (2016). <a href="https://www.architecturaldigest.com/story/this-new-om/2013/07/08/fresh-air-mpurse-charges-your-phone">https://www.architecturaldigest.com/story/this-new-om/2013/07/08/fresh-air-mpurse-charges-your-phone</a></p> </div> <div>  <p>Wearable Solar by paulinevandongen. (2013). <a href="https://www.paulinevandongen.nl/portfolio/wearable-solar-dress/">https://www.paulinevandongen.nl/portfolio/wearable-solar-dress/</a></p> </div> <div>  <p>Rainbow Winters by Amy Winters. (2021). <a href="http://www.rainbowwinters.com">http://www.rainbowwinters.com</a></p> </div> <div>  <p>Xenoma e-skin. (2017). <a href="https://www.gadgenda.com/e-skin-by-xenoma">https://www.gadgenda.com/e-skin-by-xenoma</a></p> </div> <div>  <p>Incertitudes: sound activated clothing by Ying Gao. (2013). <a href="http://yinggao.ca/interactifs/incertitudes/">http://yinggao.ca/interactifs/incertitudes/</a></p> </div>

#### 4.1.3. 바이오테크놀로지(Biotechnology)

바이오테크놀로지는 생물의 기능과 정보를 활용하고 유용한 특성을 활용하는 기술로 최근 좀 더 실생활에 가까운 분야에까지 그 영향력을 넓히고 있으며 디자이너들과 과학자들의 융합 연구로 다양한 아이디어들이 주목받고 있다. 생산, 가공의 전 과정에서 보다 더 효율적이고 친환경적인 제작 방법을 개발하기 위해 생물학을 이용한 기술 개발과 연구가 활발하게 진행되고 있다. 최근 유전자 활성화 및 편집 기술이 발달하면서 유전자 변이를 통해 DNA 데이터를 기록하여 생체 세포를 변형할 수도 있고 유전자 변형 동식물도 만들 수 있는 기술 개발이 가능해졌으며 (Schwab, 2016), 생소한 조직공학 연구를 통해 자연을 인간들의 방식으로 개발하는 연구가 이루어지고 있다 (Grushkin, 2021). 생물학적 기술에 대한 연구가 활발해짐에 따라 자연을 모방하고 활용하는 데에 그치지 않고 가공과정에서 직접적으로 생물을 사용하고 있으며 새로운 혁신적 소재들을 개발하기 위해 더욱 적극적인 연구가 활발하게 진행되고 있다. 권성하와 나건 (2015)의 연구에 따르면, 생물학적 기술이 활용된 새로운 소재 사례는 미생물을 활용한 사례와 동물세포를 활용한 사례, 원세포를 활용한 사례로 크게 나누어 볼 수 있다. 미생물 연구는 주로 박테리아와 균류, 효모류 등을 활용한 연구이고 기존의 생태분해자였던 미생물을 생산자로 만들어 생분해성이 가능한 새로운 소재를 만드는 연구가 활발하다. 또한 동물세포를 활용한 사례는 대부분 조직공학기술을 이용하여 개발이 이루어지고 있으며 합성생물학을 기반으로 원세포를 활용하여 새로운 소재를 만드는 연구들이 진행 중이다. 생물학 분야와의 융복합으로 생분해 가능한 소재들의 개발은 지속적으로 연구되고 있다.

네덜란드의 유명한 3D 프린터 건축회사인 DUS Architects가 슈퍼 3D 프린터로 출력한 건축물들은 단순히 3D 프린터로 인쇄한 것이 아니라 바이오 재생 플라스틱을 활용하여 지었다는 것이 특징이다. 이 바이오 재생 플라스틱은 추후에 재활용이 가능한 소재로, 3D 프린터를 통해 출력 가능한 다양한 생물 소재 개발의 가능성을 보여주는 예라고 할 수 있다. 이탈리아의 스타트업인 Orange Fiber는 나노 테크놀로지의 도움으로 감귤주스 부산물로 만든 최초의 원사를 제공한다. 최근에는 다양한 디자인 분야의 브랜드들과 협업을 통해 바이오테크놀로지를 활용한 다양한 디자인 제품을 선보이고 있다. Orange Fiber & TECLA 3D House는 2021년 공감하는 건축, 새로운 기술 및 지속 가능성의 조합으로 TECLA(Technology

and Clay)와 협업하여 흙을 원료 3D 프린팅 한 최초의 친환경 주택을 제작했다. 그리고 내부 인테리어에는 Orange Fiber의 감귤 주스 부산물에서 얻은 지속 가능한 직물이 사용되었다. Orange Fiber & TECLA 3D House는 지속가능성을 추구하는 철학을 반영하여 제작되었다.

성장하는 합성 생물학은 다양한 산업 분야의 문제를 해결하는 데 도움이 되도록 설계되고 있다. David Benjamin은 합성 생물학과 건축을 결합하여 새로운 복합 건축 자재를 설계하고 있다. 이 프로젝트에서 박테리아는 세 가지 자연적 특성의 조합을 통해 건축 자재를 제조하는 공장이 된다. 박테리아는 유연한 직물과 같은 물질과 단단한 벽돌과 같은 물질을 생성할 수 있으며 복잡하고 자가 조직화된 패턴을 생성한다. 이러한 특징을 결합한 실험에서 두 가지 다른 유형의 유전자 변형 박테리아가 영양소가 들어 있는 큰 페트리 접시에서 혼합되고 이들의 성장과 상호 작용을 통해 뚜렷한 단단하고 유연한 영역을 가진 평평한 재료 시트가 생성된다. 이러한 새로운 복합 재료는 기존 방법보다 더 높은 성능과 더 낮은 환경 영향으로 건축 환경을 설계 및 제조하는 데 도움이 되는 미래형 건축 재료와 건축 디자인 아이디어를 제공한다.

Studio Klarenbeek & Dros의 'Viled Lady 1.0' 스톨은 'mycelium chair(균사체 의자)'로 균사체의 성장 매체, 형태, 3D 프린팅 출력 공정 및 재료의 작동 조합 등을 연구하여 제작된 디자인으로 버섯 뿌리 또는 균사체의 내부 구조를 활용한 디자인이다. 내부에는 단단한 부피에 균사체가 들어 있고 이것은 접종된 배지의 압출 후에 경화되는 프로세스로 제작이 되며, 포자가 있는 곰팡이의 자실체 묶음이 의자 껍질의 작은 이음새를 통해 터져 나온다. 생물체의 내부 구조와 생태시스템을 구현한 바이오디자인의 유형이자 바이오테크놀로지가 통합적으로 결합된 디자인 결과물이라고 할 수 있다. Studio Klarenbeek & Dros는 새로운 가치 제안을 위해 바이오테크놀로지 기반 소재 개발에 집중하고 있다. 비생분해성 플라스틱의 대안으로서 바이오 소재의 잠재력을 연구하고 있으며 지속적으로 혁신적인 디자인 제품으로 생산할 수 있도록 바이오디자인을 개발을 하고 있다.

이렇게 바이오테크놀로지를 기반으로 하는 바이오디자인의 대표적인 유형들은 대체적 디자인 생산 연구에 집중하고 있는데, 패션디자인에서도 스텔라 매카트니, 비비안 웨스트 우드와 같은 디자이너들과 소수의 기업들은 소재 생산의 대체 수단을 실험하고 있다. 가죽이나 면과 같은 전통적인 재료의 사용을 피하고 바이오 프린팅을 통해 생성된 실험실에서 자란

합성 재료로 자연의 재료를 대체하려고 한다. 대체 생산 실험실에서 재배한 가죽, 오렌지 섬유, 버섯 기반 가방 그것이 대표적인 사례이다. 네덜란드 회사 NEFFA의 창립자 인 Aniela Hoitink는 버섯의 뿌리인 미셀리아에서 자란 직물을 만들었다. 곰팡이는 이음새 없이 옷을 만들기 위해 함께 붙어 디스크에서 재배된다. 회전하는 원사, 직물, 절단 패턴 및 봉제의 류단계를 건너뛰면서 생산 단계 전반에 걸쳐 폐기물을 줄일 뿐만 아니라 물, 농지 및 운송과 같은 자원을 줄이고 있다. 재료는 또한 뒤에 낭비되거나 남지 않는다. 착용 후, 단순히 땅에 옷을 묻을 수 있으며 이것은 자연적으로 분해된다. 미생물에 의해 옷이 만 들어지고 염색되며, 효소에 의해 청바지, 데님 룩이 만들어지고 양모가 줄어들지 않도록 섬유를 씻고 표백하는 데에도 미생물이 일상적으로 사용되고 있다. 스포츠웨어 브랜드와 협업하던 Bolt Threads는 자연을 영감으로 삼아 보다 지속 가능한 최첨단 소재를 발명하고 혁신적인 Mylo™ 소재를 세상에 선보이기 위해 adidas, Kering, lululemon 및 Stella McCartney와 같은 디자인 브랜드와 장기간 협업 계약을 맺어 바이오소재의 다양한 활용 가능성을 보여주고 있다.

패션에서는 이렇게 소재의 생산 과정과 염색, 후처리 등의 가공 과정 등에서 박테리아, 균류 등을 이용하여 유해 물질이 덜 발생하도록 하는 친환경적 방법을 개발을 위해 바이오테크놀로지를 적극적으로 활용하고 있다. 환경 문제와 지속가능성에 대한 인식을 바탕으로 생물학적 기술을 활용하여 환경오염 없이 생산 가능하며 자연분해가 가능한 섬유를 개발하기 위해 노력하고 있으며 새로운 디자인 아이디어와 비전을 실현하기 위한 연구를 활발하게 진행하고 있다.

생물학적 기술을 소재 개발에 적용하면 섬유 개발 과정과 제품의 관리과정에서의 화학 약품의 사용을 줄여 환경오염을 줄일 수 있고, 소재를 얻기 위한 동물의 희생을 줄일 수 있으며, 기능성을 가진 살아있는 유기체 소재를 직접 재배할 수 있게 된다. 따라서 생물학을 통해서 새로운 생산 체계를 배울 수 있으며 대체 미래로 가는 새로운 가능성에 대해 이야기 할 수 있다. 반면, 바이오 테크놀러지는 살아있는 유기체를 활용하는 기술이기 때문에 안전성과 위생에 대한 안전장치와 생명 복제에 대한 가치관과 윤리의식에 대한 해결이 필요한 기술 분야로 아직 해결해야 할 문제가 많이 남아있다. 앞으로 이러한 문제를 해결하면서 새로운 소재 개발과 친환경적 디자인 생산체계를 안정적으로 개발할 수만 있다면, 바이오 테크놀러지를 통해 보다 더 이상적인 미래디자인을 제안할 수 있을 것이다. Biotechnology의 특성과 향후 전망을 정

리한 내용은 [표 8]과 같다.

[표 8] 바이오 디자인 구현에 활용되는 기술의 유형 Biotechnology.

유형 3.	Biotechnology	
특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 생물학의 발전과 이를 이용한 다양한 디자인 아이디어 확대.</li> <li>- 대체적 소재와 순환적 디자인의 구조 개발.</li> <li>- 환경오염으로 방지를 위한 자연분해가 가능한 신소재의 개발.</li> <li>- 동물 보호를 위한 소재 개발.</li> <li>- 새로운 생산 및 공정 체계 연구 가속화.</li> </ul>	
대표 기술	유전학(Genetics) 합성생물학(Synthetic Biology) 조직공학(Tissue Engineering)	
향후 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미생물, 균류 등을 활용한 친환경 바이오 소재의 일반화.</li> <li>- 바이오 소재의 개발 및 활용으로 친환경성 증가.</li> <li>- 환경 친화적 생산, 가공 과정 연구 확대.</li> <li>- 바이오 기술 융합 디자인 연구의 확대.</li> <li>- 바이오 소재 관련 규제 및 법규, 사람들의 인식으로 인한 발전 한계 예상.</li> <li>- 다양한 콘셉트 디자인으로 사회적 문제 제기 및 논의 유도 확대.</li> </ul>	
사례	 DUS Architects. (2004). <a href="https://houseofdus.com">https://houseofdus.com</a>	 Orange Fiber & TECLA. 3D House. (2021). <a href="http://orangefiber.it">http://orangefiber.it</a>
	바이오재생 플라스틱 소재 개발	지속 가능한 자연친화적 소재 개발
	 Viled Lady 2.0: mycelium chair. (2013). <a href="https://www.ericklarenbeek.com">https://www.ericklarenbeek.com</a>	 Living Architecture by David Benjamin. (2018). <a href="http://thisisalive.com/bio-computation/">http://thisisalive.com/bio-computation/</a>
	군사체의 성장 대체 개발과 3D 프린팅 출력 공정 개발	유전자 변형 기술, 박테리아 자가조직 건축 소재 개발
	 Faber Futures Textile Design by Natsai Chieza. (2018). <a href="http://www.natsaiaudrey.co.uk">http://www.natsaiaudrey.co.uk</a>	 Mylo™ By boltthreads. (2020). <a href="https://boltthreads.com">https://boltthreads.com</a>
	미생물을 이용한 친환경 염색 가공 기술 개발	동물 대체 소재 개발

#### 4. 결론



바이오디자인은 오늘날 과학기술의 발전으로 더욱 다양한 형태로 확장되었으며 그 적용범위와 활용 가능성이 다양화되고 확대되고 있다.

본 연구에서는 바이오디자인의 개념을 바탕으로 바이오디자인의 유형을 분류하였으며 각 유형별 특성과 디자인 사례를 분석하였다. 그리고 바이오디자인과 기술의 융합 연구의 사례를 보여줌과 동시에 디자인에 적용 되는 과학기술의 활용 방향성을 제시하고 범위를 확장하고자 하였다. 최근 바이오디자인에 적용된 표현특성과 활용된 기술의 유형과 특성 그리고 향후 전망은 다음과 같이 나타났다.

첫째, 바이오 디자인의 유형은 ‘생물체의 외적 형태를 비롯한 구조적 형태를 구현하는 방식’과 ‘생물체의 내적 기능과 행동 및 매커니즘을 기능성 위주로 구현하는 방식’, 그리고 ‘생물체 그 자체를 혹은 생물체가 살아가는 생태계의 자연법칙과 규범을 구현하는 방식’으로 분류되었다.

둘째, 폭넓은 개념의 바이오디자인의 실질적 구현을 가속화하는 원동력이 되는 주요 융합 기술의 유형은 ‘디지털 패브리케이션’, ‘스마트 테크놀로지’, 그리고 ‘바이오테크놀로지’로 분류할 수 있었다. 디지털 패브리케이션 기술에서는 3D 프린팅이 부상하고 있으며 스마트테크놀로지는 사물인터넷, 빅데이터, 사이버물리시스템 등이 바이오테크놀로지는 유전 공학, 합성 생물학, 조직 공학 등이 부상하고 있다. 특히, 3D 프린팅과 유전공학이 결합하여 생체 조직 프린팅이 발명되고, 바이오테크놀로지가 디지털, 사이버물리시스템으로 연결되면서 새로운 디자인 혁신이 일어나고 있다.

셋째, 기술의 발전을 기반으로 가속화 된 융합 기술 활용을 통한 바이오디자인 산업의 변화와 발전 방향은 다음과 같이 확인되었다.

디지털 기술의 발달로 인한 제작 방식의 변화는 기존의 제작방법에서는 실현할 수 없었던 새로운 조형적 구조의 실현이 가능해지게 하였으며 바이오디자인 분야에서는 이러한 기술 융합의 발전에 힘입어 새로운 미적 조형성을 제시하고 있다. 다양한 재료의 사용이 가능한 3D 프린팅의 활용 가능성은 더욱 증가하고 있으며 이로 인해 더 다양하고 새로운 구조적, 조형적 디자인의 실현 가능성은 지속적으로 발전하고 있다.

더불어 사물인터넷, 빅데이터 기술을 기반으로 나노 테크놀로지, 웨어러블 테크놀로지 등과 같은 디지털 기술의 발전과 바이오테크놀로지의 상호 융합이 더 광범위하게 가능할 수 있게 되었다. 다양한 기술과 데이터들이 원활하게 상호작용하고 융합 할 수 있

도록 하는 스마트 기술의 발전은 미래 디자인의 발전을 가능성을 확장시킨다는 것을 확인 할 수 있다.

그리고 바이오테크놀로지의 발전은 동물 세포, 식물 세포, 균류, 미생물 등을 활용한 혁신적 소재를 개발하는 기술을 필두로 환경과 생물체 보호를 위한 연구를 지속적으로 진행되도록 하는 원동력이 되고 있으며 미래 디자인산업에 다양한 가능성을 보여주고 있다는 것 또한 확인 할 수 있었다.

이러한 시대적 흐름과 융합 기술의 발전에 따라 다각도로 진보하고 있는 바이오디자인은 인간이 직면한 다양한 과제들을 해결하기 위한 잠재력과 가능성을 지니고 있는 디자인 영역이라 할 수 있다. 따라서, 융합 기술과 바이오디자인의 융합이 가진 잠재력을 미래에는 일상화할 수 있도록 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 바이오디자인의 유형과 디자인 표현 방법의 특성을 분석하고 디자인에 적용 되는 과학기술의 활용 유형과 방향성에 대한 분석을 함으로써 디자인에 영감을 주는 생물과 생태계가 가지는 미적 가치와 지속가능한 융합 기술의 활용에 대한 기초연구 자료를 제공하고자 하였으며, 더 나아가 이 연구가 좀 더 일상적으로 적용 및 활용 가능한 디자인의 개발에 기초적인 이론 자료와 창의적인 바이오 디자인교육을 위한 유용한 자료가 될 수 있기를 기대해 본다.

## 참고문헌

- 강태진. (2016). 패션, 공학을 입다. Seoul : Nanok.
- 공회정. (2018). 제4차 산업혁명시대의 디자인과 디자이너 방향성에 관한 기초연구. 한국디지털정책학회, 16(4), 307-312.
- 김은혜. (2017). 자동차 디자인 분야에서의 3D 프린팅 기술 적용 범위 연구. 한국디자인문화학회지, 23(1), 87-100.
- 김지은, 이지현 (2015). 자연모사적 패션디자인의 유형 및 의미해석. 한국복식학회, 65(4), 19-30.
- 김효숙, 강인애. (2015). 패션분야의 3D 프린팅 활용 현황에 관한 연구. 한국의상디자인학회, 17(2), 131-136.
- 김효진, 김성달. (2018). 텍스타일스트럭처와 연계된 3D 프린팅 개발 유형 분석. 한국패션비즈니스학회, 22(2), 1-13.
- 권성하, 나 건. (2015). 바이오테크놀로지를 활용한 패션 소재 개발 특성. 한국기초조형학회, 17(1), 47-57.
- 권성하, 나 건. (2019). 4차 산업혁명 시대의 패션 텍스타일 패브리케이션 경향에 관한 연구. 한국기초조형학회, 20(5), 41-54.

- 나미정, 박순천. (2012). 현대패션디자인에 나타난 IT기술융합현상에 관한 연구. 한국디자인문화학회, 18(3), 129-140.
- 신혜영. (2017). 스마트 기술과 지속가능한 가치가 융합된 섬유, 패션 디자인 사례 연구. 한국디자인문화학회지, 23(2), 359-376.
- 유연재, 최정화. (2019). 현대패션에 적용된 생체 모방의 표현 특성과 내적의미 연구. 한국패션디자인학회, 19(1), 37-54.
- 윤수인, 강혜승. (2010). 패션과 기술이 결합된 웨어러블 하이브리드 의류분석. 한국디자인학회, 23(3), 5-15.
- 이동우, 이성훈. (2012). 스마트 기술 기반의 융복합 응용 동향 및 미래. 한국디지털정책학회, 10(2), 147-152.
- 이종석, 황정아, 김경아. (2015). 3D 프린팅을 활용한 패션제품 개발 연구. 브랜드디자인학회, 13(1), 147-162.
- 이주현. (2014). 스마트 패션의 오늘과 미래. 패션정보와 기술, 11, 2-10.
- 최성권. (2014). 3D 프린팅기술과 건축적 활용. 대한건축학회, 58(2), 17-25.
- 한왕모. (2020). 4차 산업혁명에 대한 텍스타일 디자인의 대응 방안. 한국 디자인 트렌드 학회, 57, 125-138.
- 현창희. (2008). IT 기반 융합정책 방향. 전자통신동향분석, 23(2), 1-12.
- Allen, R. (2011). Biomimetics. (Gong, M. H., Trans.). (Original work published 2010). Seoul : Sigmabooks.
- Attias, N., Danai, O., Tarazi, E., Pereman, I., & Grobman, Y. J. (2019). Implementing bio-design tools to develop mycelium-based products. *The Design Journal*, 22(1), 1647-1657.
- Baumeister, D. (2014). *Biomimicry resource handbook*. missoula : Biomimicry 3. 8.
- Benyus, M. J. (2010). *Biomimicry*. (Choi, D. C., Trans.). (Original work published 2009). Seoul : Sistema.
- Bridle, H., Vrieling, A., Cardillo, M., Araya, Y., & Hinojosa, L. (2013). Preparing for an interdisciplinary future: A perspective from early-career researchers. *Futures*, 53, 22-32.
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organ-isms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, 570-584.
- Collet, C. (2017). Grow-made textiles. *Proceedings of the International Conference of the DRS*. *Special Interest Group on Experiential Knowledge and Emerging Materials*, 24-37.
- Forbes, P. (2012). *Delusion and deception-Mimicry and camouflage*. (Lee, H. E., Trans.). (Original work published 2011). Seoul : Kaci.
- Green, J. (2015). *Design for the future: 80 Practical ideas for a sustainable world*. Princeton Architectural Press.
- Grushkin, D. (2021). *What Is Biodesign? Issues in Science and Technology*.
- Harman, J. (2013). *The shark's paintbrush: Biomimicry and how nature is inspiring innovation*. (Lee, Y. L., Trans.). (Original work published 2013). Seoul : Across.
- Kapsali, V. (2016). *Biomimetics for designers*. London: Thames & Hudson.
- Karana, E., Ninkulrat, N., Giaccardi, E., Niedderer, K., & Fan, J. N. (2019). Alive. Active. Adaptive: Experiential knowledge and emerging materials. *International Journal of Design*, 13(2), 1-5.
- Keune, S. (2017). Co-designing with plants. Degrading as an overlooked potential for interior aesthetics based on textile structures. *The Design Journal*, 20(1), 4742-4744.
- Myers, C. J. (2015). Computational synthetic biology: Progress and the road ahead. *IEEE Transactions on Multi-Scale Computing Systems*, 1(1), 19 - 32.
- Myers, W. (2018). *Beyond biomimicry*. In *Bio design*. London: Thames & Hudson.
- Parkes, A., & Dickie, C. (2013). A biological imperative for interaction design. In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems on - CHI EA '13*, 2209-2218.
- Sarah, E., Braddock, C. & Marie, O. (2007). *Techno*. London : Thames & Hudson.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. UK: Currency.
- Shedroff, N. (2009). *Design Is the Problem: The Future of Design Must be Sustainable*. New York: Rosenfeld.
- Vickers, C. E. (2016). The minimal genome comes of age. *Nature Biotechnology*, 34(6), 623-624.
- William, M. (2018). *Biodesign natural science creativity*. London: Thames & Hudson.
- <https://www.spain-holiday.com> (2021.8.20.).
- <https://www.vogue.com> (2021.8.20.).
- <https://www.yellowtrace.com> (2021.8.20.).
- <http://www.dynamicarchitecture.net> (2021.8.20.).

- <https://www.3ders.org> (2021.8.20.).
- <https://artistsspace.org> (2021.8.20.).
- <https://www.visitsingapore.com> (2021.8.20.).
- <http://www.architectureandvision.com> (2021.8.20.).
- <http://www.junkamei.com/work#/amphibio/>(2021.8.26)
- <https://impakter.com> (2021.8.26.).
- <https://www.dezeen.com/2014/02/12/movie-biocouture-microbes-clothing-wearable-futures/>(2021.8.20.).
- <http://www.epnc.co.kr> (2021.8.20.).
- <https://web.archive.org/web/20071227111320/>(2021.8.20.).
- [http://www.dynamicarchitecture.net/Self\\_Powerd.htm#](http://www.dynamicarchitecture.net/Self_Powerd.htm#)(2021.8.20.).
- <https://www.ericklarenbeek.com> (2021.8.21.).
- <https://houseofdus.com> (2021.8.21.).
- <http://orangefiber.it> (2021.8.21.).
- <http://thisisalive.com/bio-computation/> (2021.8.13.).
- <http://www.natsaiaudrey.co.uk> (2021.8.13.).
- <https://boltthreads.com> (2021.8.13.).
- <https://www.yankodesign.com/2013/07/08/fresh-air-modules/> (2021.8.10.).
- <https://www.architecturaldigest.com/story/this-new-purse-charges-your-phone> (2021.8.13)
- <https://www.paulinevandongen.nl/portfolio/wearable-solar-dress/> (2021.7.9)
- <http://yinggao.ca/interactifs/incertitudes/> (2021.7.9.).
- <https://www.gadgenda.com/e-skin-by-xenoma> (2021.7.9.).
- <http://www.rainbowwinters.com> (2021.7.9.).
- <http://www.peugeotdesignlab.com/en/studio/concept-cars/peugeot-fractal> (2021.7.10.).
- <https://studiogang.com/project/aqua-tower>
- Adidas 3D Runner (2021.8.27.).
- <https://news.adidas.com/us/Latest-News> (2021.8.27.).
- <https://pattersons.com/civic/len-lye-contemporary-art-museum/> (2021.9.10.).
- <https://www.jorislaarman.com/work> (2021.8.6.).
- <https://www.dezeen.com/2013/06/27/project-dna-3d-printed-accessories-by-catherine-wales/> (2021.7.23).
- <https://www.designboom.com/> (2021.7.23.).
- <https://inhabitat.com/> (2021.7.23.).