ISSN 2508-2817 KiDRS Korea Institute of Design Research Society 통권 39호, 2026. Vol.11, No.2

자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 구성 요소 연구

A Study on the Constituent Elements of Biodesign Education Centered on Nature-Based Materials

주 저 자 : 장성연 (Jang, Sung Yun) 서울대학교 디자인학부 부교수
jang7047@snu.ac.kr

https://doi.org/10.46248/kidrs.2026.2.836

접수일 2026. 06. 09. / 심사완료일 2026. 06. 12. / 게재확정일 2026. 06. 15. / 게재일 2026. 06. 30.

Abstract

Biodesign has expanded toward treating biological processes and nature-based materials as both design resources and methods. In this context, material experiments using bio-derived materials, waste, and by-products have become increasingly important in design education. This study aims to identify the constituent elements and relationships of nature-based material-centered education by examining cases from overseas design universities. Seven major university cases were analyzed, focusing on commonly shared educational contents as well as distinctive characteristics of each institution.

The findings show that the educational orientations can be organized into three categories: ecological-circular orientation, which emphasizes ecological circulation and sustainability; materiality-experience orientation, which focuses on material properties and sensory experience; and integrative-expansive orientation, which connects design, science, making, and social value. The educational contents were derived as four areas: exploration of natural systems, experimentation with bio-based materials, cultivation and observation of living materials, and material transformation of waste and by-products. In terms of educational practice, material inquiry based on direct observation and experimentation appeared together with contextual inquiry, which examines material origins, formation processes, disposal and circulation, and ecological relationships. Material experience and formative transformation were identified as common axes that connect these educational contents to design ideation. By deriving these key elements and organizing them into an educational structure in which material inquiry, contextual understanding, and formative transformation are interrelated, this study provides a foundational perspective for specifying nature-based materials as educational content in domestic design education.

Keyword

바이오디자인 교육(Biodesign Education), 자연 기반 소재(Nature-Based Materials),
구성 요소(Constituent Elements)

요약

바이오디자인은 생물학적 과정과 자연 기반 소재를 디자인의 소재와 방법으로 다루는 방향으로 확장되어 왔으며, 이에 따라 생물 기반 소재, 폐기물, 부산물 등, 다양한 소재 실험이 디자인 교육의 주요한 교육 내용으로 부상하고 있다. 본 연구는 바이오디자인 관련 교육 및 연구를 전개하고 있는 해외 디자인 대학 사례를 통해 자연 기반 소재 중심 교육의 구성 요소를 도출하는 데에 목적이 있다. 이를 위해 해외 주요 7개 대학 사례를 분석, 공통적으로 다루는 내용과, 대학별 특이점을 도출하였다. 분석 결과 교육 지향점은 생태 순환과 지속가능성을 중시하는 생태 순환 지향, 소재의 물성과 감각 경험을 중시하는 물질성 경험 지향, 디자인과 과학, 제작, 사회적 가치를 연결하는 통합 확장 지향으로 정리되었다. 교육 내용은 자연 시스템 탐구, 생물 기반 소재 실험, 리빙 메터리얼의 배양과 관찰, 폐기물 및 부산물의 소재 전환이라는 네 영역으로 도출되었다. 교육 실행 방식에서는 재료를 직접 관찰하고 실험하는 물질적 탐구와, 재료의 출처, 생성 과정, 폐기와 순환, 생태적 관계를 이해하는 맥락적 탐구가 함께 나타났다. 이 과정에서 소재 경험과 조형 전환은 각 교육 내용을 디자인 발상으로 연결하는 공통 축으로 확인되었다. 본 연구는 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 주요 구성 요소를 도출하고, 이를 물질적 탐구, 맥락적 이해, 조형적 전환이 상호 연결되는 교육 구조로 정리함으로써, 국내 디자인 교육에서 자연 기반 소재를 교육 내용으로 구체화하기 위한 기초적 관점을 제시한다.

목차

1. 서론

1-1. 연구 배경

1-2. 연구 목적

1-3. 연구 방법

2. 이론적 배경

2-1. 바이오디자인의 개념과 교육적 확장

2-2. 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 의미

2-3. 자연 기반 소재의 소재 경험과 조형적 전환

3. 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 사례 검토 및 구성 요소 도출

3-1. 분석 대상 및 방법

3-1-1. 사례 선정 기준

3-1-2. 분석 항목 및 절차

3-2. 사례 검토를 통한 교육 구성 요소 도출

3-2-1. 사례별 자연 기반 소재 중심 교육 요소 검토

3-2-2. 자연 기반 소재 중심 바이오 디자인 교육 구조 도출

4. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구 배경

2000년대 후반 이후 디자인 분야에서는 생물학적 과정, 시스템, 자연 기반 소재를 디자인의 소재와 방법으로 다루는 바이오디자인에 대한 논의와 실천이 확대되어 왔다. Myers는 이러한 흐름을 지속가능한 건축과 제조를 향한 사회적 우선순위의 변화, 그리고 디자이너와 생물학자 사이의 협업 확대로 설명하며, 디자이너들이 자연의 형상을 모방하는 수준을 넘어, 생명 세계에서 관찰되는 과정과 시스템을 활용하여 에너지 및 자연 소재의 사용 방식을 새롭게 모색하고 있다고 보았다.[1] 이는 바이오디자인이 단순히 생명공학 기술의 적용에 한정된 실천이 아닌, 자연의 소재, 생물학적 과정, 생태적 시스템을 바탕으로 디자인의 소재 선택, 제작 방식, 협업 구조, 지속가능성의 기준을 재구성하는 흐름 속에서 이해될 수 있음을 보여준다.

이러한 바이오디자인 개념의 확장은 디자인 교육에서도 소재를 다루는 방식의 변화를 가져오고 있다. 바이오디자인 교육은 생물학적 지식이나 실험 기술을 전달하는 데 그치지 않고, 자연의 소재와 구조, 성장 과정, 감각적 특성을 디자인 발상과 조형 실험의 출발점으로 삼는 교육으로 전개되고 있다. 이와 같이 바이오디자인 교육에서 소재는 완성된 결과물에 적용되는 수단을 넘어, 디자인 발상과 조형 실험, 감각 경험, 지속가능성 이해를 연결하는 교육적 매개체로 작용한다.

이러한 변화는 해외 디자인 대학에서 더욱 활발히 전개되어 왔다. 예를 들어 Central Saint Martins는 MA Biodesign 설립을 통해, 생물학, 미생물학과 연계해 살아 있는 소재에 대한 실험을 디자인 교육과 결합하고 있으며, CSM Grow Lab을 기반으로 실험실 기반의 디자인 교육 환경을 제공한다. 이 외에도 많은 대학들이 Biodesign 관련 랩과 메이커스페이스를 구성, 학생들이 자연에서 영감을 받은 디자인을 학습하고 바이오소재를 실험할 수 있는 환경을 제공한다. 이처럼 바이오디자인 교육은 자연 기반 소재를 직접 다루는 실험적, 협업적 교육으로 전개되고 있으며, 소재를 단순히 사물의 외형적 속성으로 이해하는 것을 넘어, 물질적 특성과 생성 과정, 생태적 관계를 함께 탐색하는 교육적 대상으로 다루고 있음을 보여준다.

자연 기반 소재 중심의 바이오디자인 교육은 학생들이 기존 산업 소재를 선택하고 적용하는 방식에서 벗어나, 소재가 가지는 내러티브, 정서적 특성, 시간에 따른 물성의 변화를 디자인 과정 안에서 탐색하도록 한다는 점에서 새로운 소재 접근으로 볼 수 있다. 바이오디자인에서 자주 다루어지는 소재인 식물성 섬유, 셀룰로스, 균사체, 조류, 부산물, 패각류 폐기물 등은 단순한 대체 소재가 아닌 각각의 물리적, 의미적 특성을 바탕으로 새로운 디자인 가치를 형성하는 탐구 대상으로

1) William Myers, 『Bio Design: Nature + Science + Creativity』, Thames & Hudson, 2012, pp. 8-11.

다루어진다. 이와 같이 소재를 다루는 새로운 관점은 소재를 디자인 결과물에 적용되는 수단이 아닌, 디자인 발상과 경험 형성의 출발점으로 보는 TU Delft의 Karana 교수 및 연구자들이 제안한 Material Driven Design의 논의와도 맥을 같이 한다.[2)]

이러한 해외 대학들의 활발한 교육 활동에 비하여, 국내 디자인 교육에서는 바이오디자인을 체계적으로 다루는 사례와 논의가 아직 제한적이다. 특히 자연 기반 소재를 교육적 탐구 대상으로 이해하기 위한 논의는 충분히 축적되지 못한 상황이다.

1-2. 연구 목적

본 연구는 해외 디자인 대학의 바이오디자인 관련 교육 사례를 검토하여, 자연 기반 소재가 교육의 초점과 탐구 대상, 교육 내용, 실행 방식으로 어떻게 설정되고 구체화되는지를 분석한다. 이를 바탕으로 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 주요 구성 요소를 도출하고, 국내 디자인 교육에서 바이오디자인 교육을 체계적으로 논의하기 위한 기초적 교육 구조를 정리하는 데 목적이 있다.

1-3. 연구 방법

본 연구는 해외 디자인 대학의 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 사례를 문헌 기반으로 검토한다. 자료는 각 대학의 공식 웹사이트, 학위과정 및 교과목 설명, 연구랩, 메이커스페이스, 스튜디오 소개 자료, 프로젝트 아카이브, 관련 선행연구를 중심으로 수집한다.

분석 대상은 자연 기반 소재, 생물 기반 소재, 리빙 메터리얼, 폐기물 및 부산물, 자연의 구조와 작동 원리를 교육 내용으로 다루고, 이를 디자인 발상, 조형 실험, 소재 제작, 프로토타이핑, 감각 경험, 학제 간 협업과 연결하는 해외 교육 사례로 한정한다.

본 연구는 개별 대학을 하나의 고정된 유형으로 분류하여 보기보다는, 각 사례에서 반복적으로 나타나는 공통 요소와 사례별로 두드러지는 교육적 특성을 함께 파악하는 데에 초점을 둔다. 이를 위해 분석 항목을 소재 중심 초점, 대표 탐구 대상, 주요 교육 내용, 교육 실행 방식의 네 차원으로 설정하고, 분석 결과를 종합하여 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 주요 구성 요소를 도출한 뒤, 이를 교육 구조로 정리한다.

2. 이론적 배경

2-1. 바이오디자인의 개념과 교육적 확장

바이오디자인은 생물학, 생명공학, 자연 기반 소재, 생태적 사고를 디자인 과정과 결합하는 확장적 디자인 접근으로 이해될 수 있다. Myers는 바이오디자인을 생체모방, Cradle to Cradle, 그린디자인과 구별, 살아있는 유기체를 디자인의 필수 구성 요소로 통합하거나, 산업적, 기계적 시스템을 생물학적 과정으로 대체하는 접근으로 설명한다.[3)] 또한 살아있는 생명체를 매체로 활용하는 접근은 첨단 생명과학의 발전이 촉발한 자연관 및 인간 정체성의 근본적인 변화를 시각적으로 재정의하는 역할을 수행한다고 하였다.[4)] 이와 같이 바이오디자인은 친환경 디자인, 또는 자연의 외형을 참조하는 수준을 넘어, 생명체와 생물학적 과정, 자연 시스템과 자연 기반 소재를 디자인의 소재와 방법으로 다루는 실천으로 확장된다.

이러한 확장은 디자인에서 다루는 소재의 범위가 넓어지고 있다는 논의와도 연결된다. Karana 외는 오늘날 디자이너들이 미생물과 협업하여 소재가 생성될 조건을 조성하거나, 식물 뿌리의 성장, 박테리아의 습도 반응, 4D 프린팅과 같은 사례를 통해 살아 있고, 반응하며, 적응하는 소재를 다루고 있다고 설명한다.[5)] 이는 바이오디자인 교육에서 소재가 고정된 물질로 활용되는 것을 넘어, 성장, 반응, 변화, 환경과의 관계를 포함하는 동적인 대상으로 이해될 수 있음을 보여준다.

한편, 바이오디자인은 합성생물학과 디자인의 교차 영역에서도 논의되어 왔다. Ginsberg는 합성생물학에서 '디자인'이라는 용어가 과학과 디자인 분야에서 서로 다르게 이해된다는 점을 지적, 디자인이 단순히 생물학적 기술의 응용 결과물을 만드는 역할에 머무르지 않고, 생명공학 기술이 제기하는 사회적, 문화적 의미와

2) Elvin Karana, Bahar Barati, Valentina Rognoli, Anouk Zeeuw van der Laan, 'Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences', International Journal of Design, Vol.9, No.2, 2015, pp.35-54.

3) William Myers, 『Bio Design: Nature + Science + Creativity』, Thames & Hudson, 2012, pp. 8-11.

4) William Myers, 『Bio Art: Altered Realities』, Thames & Hudson, 2015, p. 8

5) Elvin Karana, Nithikul Nimkulrat, Elisa Giaccardi, Kristina Niedderer, Jeng-Neng Fan, 'Alive. Active. Adaptive: Experiential Knowledge and Emerging Materials', International Journal of Design, Vol. 13, No. 2, 2019, pp. 1-2.

미래의 가능성을 비판적으로 생각하는 역할을 할 수 있음을 제시한다.[6] 실제로 이러한 과학과 예술 및 디자인의 융합은 기술 개발 초기 단계에서부터 대안적 미래를 상상하게 하며, 생명공학에 내재된 가정들을 비판적으로 탐구할 수 있는 장을 마련한다.[7] 또한, 생명체를 단순한 디자인 소재로 도구화하는 과정에 내재된 지배 이데올로기와 윤리적 딜레마를 비판적으로 성찰하도록 촉구한다.[8] 이러한 논의가 본 연구의 중심 대상은 아니지만, 바이오디자인에서 물질과 생명체가 제작을 위한 소재로만 다루어지는 것이 아닌, 의미, 가치, 책임, 해석의 문제와 연결될 수 있음을 보여주며, 디자인이 인간 중심적 사고를 넘어 인간과 생태계 사이의 파괴된 유대를 회복하는 복원적 디자인으로 나아가야 함을 시사한다.[9] 이와 같이 바이오디자인은 생물학적 소재와 과정을 활용하는 실험적 실천인 동시에, 물질을 둘러싼 가치와 해석의 문제를 함께 다루는 접근으로 이해될 수 있다.

위의 논의를 바탕으로 본 연구는 바이오디자인을 생물 기반 소재, 리빙 메터리얼, 폐기물 및 부산물 기반 소재, 자연의 구조와 작동 원리를 디자인 교육 안에서 다루는 확장된 접근으로 이해한다. 그중에서도 본 연구는 자연 기반 소재가 디자인 발상과 조형 실험으로 연결되는 교육적 가능성에 주목한다.

2-2. 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 의미

자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육은 소재를 중심으로 디자인 발상과 실험 과정을 구성한다. 이때 자연 기반 소재는 단순히 친환경적 대체 소재나 결과물에 적용되는 물질에 그치는 것이 아닌, 소재의 출처, 생성 과정, 물성, 감각성, 시간성, 생태적 관계를 함께 지닌 탐구 대상으로 다루어진다.

이러한 관점은 Material Driven Design(MDD)의 논의와 연결된다. Karana 외는 MDD에서 소재가 단순히 무엇인가의 관점으로만 파악하는 것이 아닌, 그 소재가 무엇을 하는지, 무엇을 표현하는지, 무엇을 유발하는지, 그리고 사용자에게 어떠한 행위를 가능하게 하는지의 관점에서 이해해야 한다고 보았다.[10] 이는 소재가 디자인 과정의 후반부에 선택되는 수단이 아닌, 디자인 발상과 경험 형성의 출발점이 될 수 있음을 보여주며, 소재를 출발점으로 삼아 기술적, 경험적 특성화, 소재 경험 비전의 설정, 소재 경험 패턴의 구체화, 제품의 컨셉 설계로 이어지는 과정을 제시한다.[11]

Materials Experience 논의 역시 자연 기반 소재 중심 교육의 의미를 보강한다. Karana 외는 소재 경험을 소재에 의해 유발되는 감각적 감상, 의미, 감정, 사고가 결합된 경험으로 설명한다. 또한 이들은 소재 경험이 물리적 변화나 개인의 감상 체계에 따라 시간 속에서 변화할 수 있으며, 물리적 상호작용과 손을 통한 조작이 창의적 과정에 영향을 줄 수 있다고 보았다.[12] 이와 같이 손을 활용한 탐색은 소재를 수동적으로 관찰하는 방식이 아니라, 소재의 물성, 인상, 의미 가능성을 직접 탐색하게 하는 실천적 매개로 이해될 수 있다.

소재 경험이 손을 통한 조작과 물리적 상호작용을 통해 형성된다는 관점은, 디자이너가 직접 소재를 만들고 변형하는 DIY Materials 논의로 이어진다. Rognoli 외는 DIY Materials를 디자이너가 개인적 또는 집단적 자기 생산 실천을 통해 만들어내는 소재로 정의, 그것이 완전히 새로운 소재일 수도, 기존 소재를 수정하거나 발전시킨 것일 수도 있다고 설명한다. 이들은 감귤 껍질, 커피 찌꺼기, 설탕, 우유와 같은 유기성 소재와 부산물이 단순한 폐기 대상이나 대체 소재에 머무르지 않고, 디자이너의 실험적 제작 과정을 통해 새로운 물성, 제작 방식, 소재의 새로운 정체성을 형성할 수 있음을 보여준다.[13]

---

6) Alexandra Daisy Ginsberg, 'Design as the Machines Come to Life', in Alexandra Daisy Ginsberg, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, Drew Endy, 『Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature』, MIT Press, 2014, pp. 40-45.

7) Jane Calvert and Pablo Schyfter, 'What can science and technology studies learn from art and design? Reflections on 'Synthetic Aesthetics'', Social Studies of Science, Vol. 47, No. 2, 2017, p. 202.

8) Christina Cogdell, 'From BioArt to BioDesign', American Art, Vol. 25, No. 2, 2011, p. 28.

9) Paola Antonelli, Ala Tannir, 『Broken Nature: XXII Triennale di Milano』, La Triennale di Milano Electa, 2019, pp. 22-28.

10) Elvin Karana, Bahar Barati, Valentina Rognoli, Anouk Zeeuw van der Laan, 'Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences', International Journal of Design, Vol. 9, No. 2, 2015, p. 35.

11) Ibid., pp. 40-45

12) Elvin Karana, Owain Pedgley, Valentina Rognoli, 'On Materials Experience', Design Issues, Vol. 31, No. 3, 2015, pp. 16-17.

13) Valentina Rognoli, Massimo Bianchini, Stefano

이와 같이 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육은 소재를 '무엇으로 만들 것인가'의 문제로 한정하지 않는다. 이는 소재의 물질적 특성, 감각 경험, 생태적 맥락을 함께 탐색, 이를 디자인 발상과 조형 실험으로 전환하는 교육적 실천이라 할 수 있다.

2-3. 자연 기반 소재의 소재 경험과 조형적 전환

자연 기반 소재는 기존 산업 소재를 대체하는 지속가능성의 차원에 머무르지 않고, 형태와 표면, 구조와 마감을 탐구하게 하는 조형적 매개로 다루어진다. 각 소재는 고유한 색, 질감, 냄새, 투명성, 섬유성, 불균질성, 수축, 변색, 분해와 같은 지각적, 시간적 특성을 지닌다. 이러한 특성은 소재를 물리적으로 관찰하고 실험하는 과정에서 드러나며, 이후 형태, 표면, 구조, 마감의 방향을 설정하는 근거가 된다. 이와 관련하여 Rognoli 외는 바이오 기반 소재를 이해하기 위해 생애주기, 시간성, 출처, 제작 과정, 정체성을 함께 파악하는 materials biography의 관점을 제안하였다.[14] 이는 자연 기반 소재가 단순한 물성이나 기능의 차원을 넘어, 생성과 변화의 과정, 사용 이후의 순환, 소재가 지닌 정체성까지 포함하는 교육적 대상으로 다루어질 수 있음을 보여준다.

Ribul 외는 Material-Driven Textile Design을 통해, 순환경제 맥락에서 소재 개발이 이미 정해진 제품이나 응용 분야에 맞추어 이루어지는 것이 아닌, 원소재 상태에서부터 디자인 개입이 가능하다 보았다. 또한 MDTD 방법론을 통하여, 재생 셀룰로오스 소재를 탐색 및 활성화하는 과정에서 소재의 물성, 제작 조건, 촉각적, 시각적 특성이 새로운 제작 과정과 연결될 수 있음을 제시하였다.[15] 이는 자연 기반 소재 중심 교육에서 학생들이 먼저 형태를 정하고 소재를 적용하는 것이 아닌, 소재의 상태와 반응, 가공 가능성, 표면 특성을 탐색하면서 조형의 방향을 발견할 수 있음을 구체적으로 확인해준다.

이와 같이, 자연 기반 소재가 조형적으로 이어지는 과정은 소재의 물성을 형태로 옮기는 단순한 과정이 아니다. 수집, 전처리, 혼합, 배양, 성형, 건조와 같은 다양한 제작 과정을 거치면서, 색, 질감, 냄새, 투명도 등이 달라진다. 이러한 과정 중 나타나는 변화는 제작 과정의 불안정성이나 결함으로만 볼 수 없으며, 오히려 형태, 마감, 사용 경험을 결정하는 조형적 단서가 될 수 있다. 따라서 자연 기반 소재 중심 교육에서 조형은 고정된 형태를 사전에 계획하는 방식보다, 소재의 변화와 반응을 관찰하고 그 가능성을 해석하는 과정 속에서 형성된다.

3. 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 사례 검토 및 구성 요소 도출

3-1. 분석 대상 및 방법

3-1-1. 사례 선정 기준

본 장에서는 해외 디자인 대학에서 운영되는 바이오디자인 관련 교육 사례를 검토, 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 구성 요소를 도출한다. 본 연구는 바이오디자인 교육을 생명공학 기술이나 실험 지식의 전달에 한정하지 않고, 자연과 소재를 디자인 발상, 조형 실험, 감각 경험, 지속가능성의 이해와 연결하는 교육으로 보고 사례를 검토하였다. 특히 각 사례를 학교별 유형으로 고정하여 분류하기보다, 각 대학이 가지는 교육의 초점과 탐구 대상, 그에 따른 교육 내용과 실행 방식을 중심으로 분석하였다.

분석 대상은 대학 교육과 직접적으로 연결된 정규 과정, 연구랩, 메이커스페이스, 스튜디오 등으로 설정하였다. 이 가운데 자연 기반 소재, 생물 기반 소재, 살아 있는 소재, 폐기물, 부산물, 생체모방적 구조와 프로세스 등을 교육 내용에 포함하고, 이를 디자인 실험, 제작, 프로토타이핑, 학제 간 협업과 연결하는 사례를 중심으로 선정하였다. 이에 따라 Central Saint Martins, Rhode Island School of Design, Aalto University, TU Delft, Design Academy Eindhoven, Politecnico di Milano, Royal College of Art를 선정, 관련 교육 과정과 소재 실험 환경을 검토 대상으로 삼았다. 자료는 각 대학의 공식 웹사이트, 학위과정 및 교과목 설명, 교육 시설 및 연구 조직 소개 자료, 공식 프로젝트 아카이브를 중심으로 수집하였으며, 각 대학

Maffei, Elvin Karana, 'DIY Materials', Materials & Design, Vol. 86, 2015, pp. 692-694.

14) Valentina Rognoli, Bruna Petreca, Barbara Pollini, Carmem Saito, 'Materials biography as a tool for designers' exploration of bio-based and bio-fabricated materials for the sustainable fashion industry', Sustainability: Science, Practice and Policy, Vol.18, No.1, 2022, pp.762-763.

15) Miriam Ribul, Kate Goldsworthy, Carole Collet, 'Material-Driven Textile Design (MDTD): A Methodology for Designing Circular Material-Driven Fabrication and Finishing Processes in the Materials Science Laboratory', Sustainability, Vol. 13, No. 3, 2021, Article 1268, pp. 1, 4-5, 15.

교수의 논문등의 선행연구는 공식 자료에서 확인되는 교육 내용과 운영 맥락을 보완적으로 이해하기 위한 자료로 참고, 특정 교수나 연구자의 독립된 개인 사례가 아닌, 해당 대학의 연구와 교육 방향을 이해하기 위한 배경으로 활용하였다.

다만 본 연구는 바이오디자인 교육 전반을 포괄적으로 분석하는 것이 아닌, 자연 기반 소재의 탐색, 생성, 배양, 전환, 조형화와 직접적으로 연결되는 교육 요소를 중심으로 사례를 검토하였다. 따라서 생체모방, living systems, aquaponics, hydroponics와 같은 자연 시스템 기반 교육 내용은 자연 기반 소재의 구조적 이해, 물질 순환, 생물 기반 소재의 생성, 폐기물, 부산물의 전환, 조형 발상과 연결되는 경우에 한해 분석 범위에 포함하였다.

3-1-2. 분석 항목 및 절차

본 연구의 분석 항목은 소재 중심 초점, 대표 탐구 대상, 주요 교육 내용, 교육 실행 방식의 네 차원으로 구성하였다. 첫째, 소재 중심 초점은 각 사례가 자연 기반 소재를 어떠한 관점에서 교육의 중심에 놓는지를 파악하기 위한 항목이다. 둘째, 대표 탐구 대상은 각 사례에서 구체적으로 다루는 자연 기반 소재와 생명체의 범위를 검토하기 위한 항목이다. 셋째, 주요 교육 내용은 자연 기반 소재가 교육 안에서 어떠한 학습 영역으로 조직되는지를 살펴보기 위한 항목이다. 마지막으로, 교육 실행 방식은 이러한 교육 내용이 어떠한 환경과 과정 속에서 실행되는지를 검토하기 위한 항목이다.

분석 절차는 다음과 같다. 먼저 각 대학의 공식 자료를 바탕으로 바이오디자인 관련 교육 활동을 수집, 이를 소재 중심 초점, 대표 탐구 대상, 주요 교육 내용, 교육 실행 방식의 네 항목에 따라 [표 1]과 같이 정리하였다.

[표 1] 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 사례 분석 항목

분석항목	분석 관점 및 내용
소재 중심 초점	자연 기반 소재를 어떤 관점에서 교육의 중심에 두는가
대표 탐구 대상	무엇을 탐구 대상으로 삼는가
주요 교육 내용	무엇을 교육 내용으로 조직하는가
교육 실행 방식	교육이 어떠한 방식으로 실행되는가

다음으로 각 항목에서 반복적으로 나타나는 특징을 종합하여 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 주요 구성 요소를 도출하였다. 마지막으로 도출된 구성 요소를 종합하여 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 구조로 정리하였다.

3-2. 사례 검토를 통한 교육 구성 요소 도출

3-2-1. 사례별 자연 기반 소재 중심 교육 요소 검토

본 절에서는 앞서 설정한 분석 항목에 따라 7개 사례에서 자연 기반 소재가 어떠한 교육적 초점과 탐구 대상으로 설정되며, 주요 교육 내용과 실행 방식으로 어떻게 구체화되는지를 검토한다.

1) Central Saint Martins

Central Saint Martins는 본 연구의 분석 사례들 중 'MA Biodesign'이라는 명칭의 독립 석사 과정을 운영하는 유일한 사례이다. 디자인, 생물학, 미생물학, 바이오패브리케이션을 결합한 대학원 과정으로, 실험실 기반 리빙 메터리얼 교육을 운영한다. 이 과정의 교육 대상은 생물학적 사고와 디자인 실천을 통합적으로 다루고자 하는 디자인 전공자, 관련 분야 학습자이며, 교육 환경은 스튜디오와 바이오랩, 특히 살아 있는 소재 탐색을 위한 [그림 1]의 Grow Lab이 있다. 교육 내용은 미생물, 생물학적 과정, 리빙 메터리얼, 바이오패브리케이션, 실험 기반 프로토타이핑을 중심으로 하며, 교육 지향은 생명체와 디자인의 관계를 새롭게 설정하고 지속가능한 혁신 가능성을 탐색하는 데 있다.[16]

MA Biodesign 과정 개설에도 중요한 역할을 한 교수인, Carole Collet의 연구와 교육 활동을 보면 CSM의 바이오디자인 과정의 교육에 대하여 보다 구체적으로 이해할 수 있다. Collet는 Design for Sustainable Futures 분야에서 지속가능성, 생물학, 디자인의 관계를 교육과 연구 안으로 통합해 왔으며, CSM의 MA Biodesign 개설과 Design & Living Systems Lab의 활동을 통해 생명체와 생물학적 과정이 디자인 교육의 실험 대상이 될 수 있음을 제시하였다. 특히 Collet는 바이오디자인의 실천을 bio-based design, bio-informed design, bio-integrated design, bio-engineered design으로 구분하고, 이를 자연을 자원, 모델, 협력자, 재프로그램 가능한 대상으로 이해하

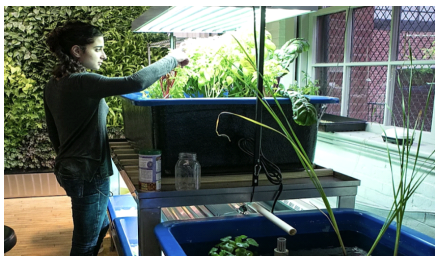
16) University of the Arts London, MA Biodesign, (2026.05.11.), www.arts.ac.uk/subjects/textiles-and-materials/postgraduate/ma-biodesign-csm

는 접근으로 설명한다. 이러한 구분은 CSM의 바이오디자인 교육이 생물학적 기술의 적용에 머무르지 않고, 자연 유래 소재, 생물학적 구조와 과정, 살아 있는 시스템을 디자인의 대상으로 다루고 있음을 보여준다.

[그림 1] Central Saint Martins의 Grow Lab, Photo: Ana Blumenkron[17)]

2) Rhode Island School of Design

Rhode Island School of Design의 Nature Lab과 Biodesign Makerspace는 자연 관찰, 생물학적 구조 탐색, 바이오소재 실험을 결합한 교육 사례이다. 이 사례의 교육 대상은 산업디자인, 텍스타일, 건축, 순수미술 등 다양한 디자인 및 예술 전공 학생들이며, 교육 환경은 자연사 표본, 생물학적 자료, 현미경 관찰 장비, 생물 거주 환경, 바이오소재 실험 공간으로 구성된다. Nature Lab은 RISD가 지향하는 가치를 잘 보여주는 공간으로, 자연사 표본과 생물학적 자료를 통해 학생들이 자연의 형태, 구조, 기능을 직접 관찰 및 탐구하도록 하며[18)], Biodesign Makerspace는 이러한 관찰을 제작과 실험으로 확장하는 공간으로 기능한다.[19)] 특히 아쿠아포닉스, 하이드로포닉스, 바이오소재와 같이 자연의 기술을 실험할 수 있는 시설을 갖추고 있으며, 여기서 [그림 2]의 아쿠아포닉스 시설은 단순한 식물 재배 장치라기보다, 물, 식물, 미생물, 어류, 영양 순환의 관계를 통해 생태적 시스템과 순환 구조를 이해하게 하는 교육적 장치로 볼 수 있다. 따라서 RISD의 소재 중심 교육은 자연 표본의 형태적 관찰에 머무르지 않고, 살아 있는 시스템, 생태적 순환, 생물 기반 제작 환경을 함께 경험하게 하는 방향으로 확장된다. 교육 과정에서는 학생들이 자연 표본과 생물학적 구조를 관찰하고, 현미경을 통해 미시적 구조를 탐색하며, 이를 자연에서 영감을 얻은 디자인 원리와 바이오소재 실험으로 발전시킨다. 교육 내용은 자연 관찰, 표본 연구, 구조 탐색, 생체모방적 사고, 생태 시스템 기반 학습, 바이오메터리얼 제작, 워크숍 중심 실험을 포함한다.



[그림 2] RISD의 Bio Design Makerspace의 Aquaponics system[20)]

RISD의 바이오디자인 교육은 Peter Yeadon 교수의 산업디자인 기반 바이오디자인 스튜디오를 통해 구체화된다. Yeadon은 2002년부터 RISD에서 advanced materials와 emergent materials를 중심으로 한 hands-on learning을 진행해 왔으며, 그의 바이오디자인 수업에서는 학생들이 다양한 바이오메터리얼을 직접 연구, 제품 및 시스템의 응용 가능성을 탐구한다. RISD Biodesign 프로젝트는 바이오메터리얼과 바이오시스템스의 범주로 제시되며, 이는 생물 기반 물질과 living system이 모두 디자인 교육의 탐구 대상이 될 수 있음을 보여준다. 따라서 RISD 사례는 자연 관찰, 생체모방, living system의 이해, 바이오소재 실험이 산업디자인의 제작, 프로토타이핑 교육과 결합되는 구조로 볼 수 있다.

3) Aalto University

Aalto University의 CHEMARTS는 화학공학, 소재과학, 예술, 디자인을 연결하는 학제 간 소재 교육 플랫폼으로 운영되어 왔다. 교육 대상은 디자인과 소재 연구를 결합하고자 하는 예술, 디자인 및 공학계열 학생들이며, 교육 환경은 [그림 3]의 CHEMARTS Lab으로, 실험, 제작 중심의 공동 작업 공간이다. 교육 과정에서는 학생들이 스스로 프로젝트를 설정, 바이오 소재를 활용한 제품 아이디어를 개발한다. 이 과정은 손으로 직접 실험, 반복적으로 프로토타이핑하며, 실험 과정과 결과를 체계적으로 기록, 소재 레시피를 개발하는 방식으로 운영된다. 교육 내용은 셀룰로스 기반 소재,

17) University of the Arts London, MA Biodesign, (2026.05.11.), https://www.arts.ac.uk/subjects/fine-art/postgraduate/ma-art-and-science-csm

18) Rhode Island School of Design, RISD Nature Lab, (2026.05.11.), naturelab.risd.edu

19) Rhode Island School of Design, Biodesign Makerspace, (2026.05.11.), biomaker.risd.edu/makerspace/index.html

20) Rhode Island School of Design, Biodesign Makerspace, (2026.05.11.), https://biomaker.risd.edu

식물성 원료, 폐기물 및 부산물의 소재화, 자연 기반 바이오매스, 지속가능한 소재 개발, 소재 레시피 탐색을 포함한다. 교육 지향은 자연 기반 자원과 순환 가능한 물질을 활용하여 지속가능한 소재와 제품 가능성을 탐구, 디자인과 소재과학의 협업을 통해 새로운 소재 문화를 형성하는 데에 있다.[21]

특히 CHEMARTS 운영에 중요한 역할을 해온 Pirjo Kääriäinen 교수는 바이오 기반 소재, 학제 간 협업, 지속가능한 소재 디자인, 실험적 디자인을 주요 관심 분야로 삼아 왔다. Kääriäinen 교수가 공동 저술한 「Exploring Bio-Based Materials in an Interdisciplinary Learning Environment: Outlining the Design Inquiry Cycle」은 CHEMARTS의 교육 환경을 디자인과 화학공학이 결합된 바이오 기반 소재 교육 사례로 분석하며, 교수자가 주제를 제공하기보다, 학생들이 스스로 소규모 소재 프로젝트를 설정하는 것을 중요히 하며, 탐구 과정을 전개하는 탐구 기반 학습의 구조를 제시한다.[22] 이는 CHEMARTS의 소재 교육이 단순한 소재 실험이 아닌, 학생 주도적 문제 설정, 실험, 프로토타이핑, 과정 기록을 통해 바이오 기반 소재의 가능성을 탐색하는 학습 구조임을 보여준다.

[그림 3] CHEMARTS LAB 환경[23]

한편, Aalto University의 Julia Lohmann 교수의 연구와 교육은 자연 기반 소재 논의를 생태적, 윤리적 관계의 차원으로 확장한다. 인간과 동식물의 관계를 구성하는 윤리적, 물질적 가치 체계를 탐구, 비판적 실천, 전환 디자인, 바이오소재, 협업적 제작을 주요 연구 관심사로 제시한다. 또한 그녀가 설립한 Department of Seaweed는 해조류와 조류를 지속가능한 제작 소재로 탐구하는 실천 기반 연구 공동체로, 해양 리터러시, 다종적 공감, 돌봄, 해양 생태계의 보호와 재생을 함께 다룬다.[24] 이와 같이, Aalto의 자연 기반 소재 연구는 물질의 기능적 개발을 넘어 인간, 생태계, 제작 행위의 윤리적 관계를 사유하는 방향으로 확장될 수 있음을 시사한다.

4) TU Delft

TU Delft의 사례는 Industrial Design Engineering에서 전개되는 Biodesign Master Class, Biodesign Lab을 중심으로 바이오디자인 교육 및 연구 환경을 제공하는 것으로 이해할 수 있다. Biodesign Master Class는 살아 있는 유기체와 바이오디자인의 기본 개념을 탐구하는 교육 프로그램이며, Biodesign Lab은 미생물과 리빙 메터리얼에 대한 이해를 바탕으로 실험할 수 있는 공간이다.[25]

이곳에서 Elvin Karana 교수의 Material Driven Design(MDD) 방법론은 중요한 이론적 기반을 제공한다. MDD는 소재를 완성된 디자인 결과물에 적용되는 수단이 아닌, 디자인 발상과 경험 형성의 출발점으로 삼는 방법론이다.[26] TU Delft의 소재 중심 교육은 이러한 관점을 바탕으로 리빙 메터리얼과 생물 기반 소재를 단순한 친환경 대체재로 다루기보다, 소재의 성장, 반응, 변화, 시간성을 디자인 경험과 조형 실험으로 전환하는 데에 초점을 둔다.

대표 탐구 대상은 리빙 메터리얼, 생물 기반 소재, 바이오 반응성을 지닌 재생적 소재이다. Karana 외는 박테리아, 조류, 균류, 식물과 같은 살아 있는 유기체의 성장과 색 변화가 디자인에서의 생태적 발자국을 낮추기 위한 새로운 소재 표현의 자원이 될 수 있다고 본

21) CHEMARTS, 『CHEMARTS Yearbook 2021–2023』, Aalto University, 2024, pp.4–7, chemarts.aalto.fi/wp-content/uploads/2024/10/CHEMARTS-2021-23web.pdf

22) Tarja-Kaarina Laamanen, Pirjo Kääriäinen, "Exploring Bio-Based Materials in an Interdisciplinary Learning Environment: Outlining the Design Inquiry Cycle", DRS2022: Bilbao, 2022, doi.org/10.21606/drs.2022.546.

23) Aalto University CHEMARTS, About teaching and learning, (2026.05.11.), chemarts.aalto.fi/index.php/about-teaching-and-learning/

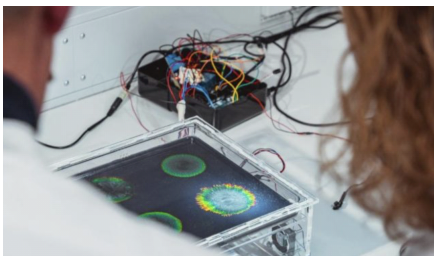
24) Julia Lohmann, (2026.05.13.), www.aalto.fi/en/department-of-design/julia-lohmann

25) TU Delft, Biodesign, (2026.05.13.), www.tudelft.nl/io/studeren/ide-master-classes/previous-master-classes/ide-master-classes-2023/biodesign

26) Elvin Karana, Bahar Barati, Valentina Rognoli, Anouk Zeeuw van der Laan, "Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences",International Journal of Design, Vol.9, No.2, 2015, pp.35-54.

다.[27] [그림 4]의 플라보박테리아 활용 프로젝트는 생물학적 반응이 디자인의 시각적, 물질적 표현으로 전환되는 양상을 보여주는 사례이다. 이와 함께 Karana 외는 균사체 기반 소재 사례를 통해 성장하는 소재가 지닌 미생물의 행위성, 시간성, 사회적 수용성의 문제를 Material Driven Design의 관점에서 다루며[28], 리빙 메터리얼이 단순한 소재 대체재가 아니라 디자인 과정에서 관찰하고 해석해야 할 능동적 소재임을 보여준다.

이에 따라 TU Delft 사례의 주요 교육 내용은 Biodesign Lab 기반 미생물 실험, 생물체의 배양, 유지, 관찰, 박테리아, 조류, 균류 등 살아 있는 유기체 기반 실험, 성장, 반응, 색 변화의 관찰, 소재 경험 분석과 반복적 조형 실험으로 나타난다.



[그림 4] Delft의 Biodesign Lab의 플라보박테리아 프로젝트[29]

5) Design Academy Eindhoven

Design Academy Eindhoven의 Studio Better Matter는 자연 기반의 순환적, 재생적 소재를 단순한 물질이 아닌, 동적 협력자로 다루며, 물질 전환과 생산 시스템을 비판적으로 탐구하는 스튜디오 사례이다.[30] 이와 같은 접근은 [그림 5]와 같이 적양파 껍질로 천연 염료를 추출하는 프로젝트를 통해 드러난다. 적양파 껍질은 폐기되어야 하는 부산물이지만, 색의 추출과 착색 과정을 거쳐 조형적 가능성을 지닌 소재로 전환된다.

대표 탐구 대상은 바이오 기반 소재, 생물 기반 소재, 살아 있는 소재, 그리고 반응성과 전환 가능성을 지닌 소재이다. Studio Better Matter는 디자인, 화학, 생물학을 가로지르며 바이오폴리머 블렌드, 조류, 목재와 균사체, 키틴, 실크 단백질, 박테리아 셀룰로스 등의 소재를 다룬다. 주요 교육 내용은 리빙 메터리얼 배양 탐구, 생물 기반 소재 실험, 소재 경험과 조형 전환, 소재의 촉각적, 구조적, 반응적 특성 탐구, 생산과 전환 과정의 맵핑으로 정리할 수 있다.

[그림 5] DAE Studio Better Matter의 자연 기반 소재 실험 과정[31]

본 스튜디오는 'Material Encounters', 'Ecologies of Production', 'Mediated Matter'라는 세 가지 틀을 통해 소재의 감각적, 구조적 특성, 수집, 가공, 폐기의 흐름, 과학 지식과 물질 행위성 사이에서 디자이너의 매개 역할을 탐구하도록 한다.

교육 실행 방식은 개별 연구, 그룹 협업, 외부 전문가와의 협업으로 나타난다. 또한 학생들은 실험적 제작, 연구 방법론, 학제 간 협업 역량을 익히며, 자신이 다루는 지속가능 소재 시스템의 장기적 실현 가능성과 윤리성을 비판적으로 검토하도록 요구된다. 또한, 이 사례의 특징은 소재의 역사와 서사, 사회정치적 함의, 생산 시스템의 전환 가능성을 함께 다루는 비판적, 사변적 스튜디오 교육을 지향한다는 점이다.

6) Politecnico di Milano

Politecnico di Milano의 B.Lab은 순환성과 재생성을 지향하는 바이오디자인 및 소재 디자인 연구실로, 지역적이고 재생가능한 자원, 유기물 및 무기 폐기 흐름, 미생물 및 비전통적 자원을 탐색하며, 이를 바이오패브리케이션, DIY적 접근[32]과 결합한다. 대표 탐구

27) Elvin Karana, Bahar Barati, Elisa Giaccardi, "Living Artefacts: Conceptualizing Livingness as a Material Quality in Everyday Artefacts", International Journal of Design, Vol.14, No.3, 2020, pp.37-53.

28) Elvin Karana, Davine Blauwhoff, Erik-Jan Hultink, Serena Camere, "When the Material Grows: A Case Study on Designing (with) Mycelium-based Materials", International Journal of Design, Vol.12, No.2, 2018, pp.119-136.

29) TU Delft Delta, Biodesign Lab: making new things from living materials, (2026.06.16.), delta.tudelft.nl/en/article/biodesign-lab-making-new-things-living-materials

30) Design Academy Eindhoven, Studio Better Matter, (2026.05.11.), www.designacademy.nl/page/9207/studio-better-matter

31) Ibid.

대상으로는 폐기 바이오매스, 유기 및 무기 폐기물, 조류, 균류, 균사체, 셀룰로스 등이 다루어진다.

이와 같이 B.Lab의 바이오디자인 교육은 순환적 자원 활용, 바이오패브리케이션, 리빙 소재의 배양과 관찰, 폐기 흐름의 전환을 포괄하는 소재 중심 연구와 교육으로 이해할 수 있다. 이 가운데 Valentina Rognoli 교수의 연구와 교육 방향은 디자이너가 손을 활용하여 소재를 직접 만들고 변형하며, 물성, 감각, 제작 가능성을 탐색하는 과정을 중요하게 다룬다는 점에서 B.Lab의 교육 방향과 맞물린다. 또한 'bio'를 디자인 과정에 능동적으로 개입하는 요소로 이해, 생물학적 물질이 지닌 행위성, 시간성, 제약을 관찰하고 조율하며 돌보는 과정을 교육의 중요한 내용으로 삼는다. [그림 6]은 DIY 기반 소재 개발 과정에서 사용되는 자연 기반 재료와 손을 활용한 실험의 예를 보여준다.

[그림 6] Politecnico di Milano의 DIY 소재 개발 실험, Photo by Ardila[33]

7) Royal College of Art

Royal College of Art의 사례는 Centre for Materials Science & Culture, Materials Science MPhil/PhD 과정, Biomaterials Lab을 중심으로 한 연구 기반 소재 교육 환경으로 이해할 수 있다. Centre for Materials Science & Culture 는 소재의 발명과 경험을 중심으로 환경 지속가능성, 인간 웰빙의 문제에 대응하는 연구, 소재 시스템의 혁신을 사회적, 경제적, 환경적 조건과 함께 다룬다.[34] Materials Science MPhil/PhD 과정 역시 "from invention to experience"를 방향으로, 순환적 소재, 생체모방적 소재 시스템, 디지털 소재, 인간의 소재 경험을 주요 연구 영역으로 다룬다.[35]

Sharon Baurley 교수는 RCA에서 바이오 디자인 교육에서의 중요한 역할을 한다. 그녀는 순환경제와 학제 간 인간 중심 디자인 방법을 바탕으로 새로운 제품 문화와 소재 시스템을 탐구하는 데 초점을 두며, 바이오소재를 개발하는 것에 머무르지 않고, 소재가 인간의 경험, 사회적 가치, 지속가능한 문화와 어떻게 연결되는지를 함께 탐구하는 방향으로 전개된다.

대표 탐구 대상은 생물 실험 대상, 재생, 순환적 소재 시스템, 바이오소재, 리빙 메터리얼, 생체모방 소재 시스템이다. RCA의 Biomaterials Lab은 생물안전 1등급 공간으로 운영, [그림 7]과 같이 철저한 위생 환경 아래 실험이 진행된다. 박테리아, 미생물, 미세조류, 균사체, 곰팡이 등의 소재 실험이 가능한 인프라와 기술적 전문성을 제공, 디자인, 소재과학, 미생물학, 생명공학, 첨단 제조, 분자생물학을 통합하는 학제 간 실천을 지원한다. 이 점에서 RCA 사례는 자연 기반 소재 중심 교육을 소재과학, 바이오소재 실험, 인간의 소재 경험, 디자인과 과학의 협업이 적극적으로 결합된 고도화된 연구 기반 교육으로 확장하는 사례로 볼 수 있다.

[그림 7] RCA의 Biomaterials Lab[36]

각 대학별 자연 소재 기반 바이오디자인의 교육 요소들을 종합해 정리하면 [표 2]와 같다.

32) Politecnico di Milano Department of Design, B.lab, (2026.05.11.), dipartimentodesign.polimi.it/en/research-groups/blab.

33) Politecnico di Milano, DIY-Materials, (2026.05.11.), dipartimentodesign.polimi.it/it/magazine/diy-materials

34) Royal College of Art, Centre for Materials Science & Culture, (2026.05.08.), www.rca.ac.uk/research-innovation/research-centres/centre-materials-science-culture/

35) Royal College of Art, Bio Lab Residencies, (2026.06.16.), www.rca.ac.uk/news-and-events/news/applications-now-open-for-the-second-year-of-materials-science-research-centre-bio-lab-residencies/

36) University of the Arts London, Grow Lab, (2026.05.11.), https://www.arts.ac.uk/colleges/central-saint-martins/student-life-at-csm/facilities/grow-lab.

[표 2] 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 구성요소

소재 중심 초점	대표 탐구 대상	주요 교육 내용	교육 실행 방식
Central Saint Martins			
생명체와 디자인의 관계를 새롭게 설정하고 지속가능한 혁신 가능성을 탐색	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 -생물학적 시스템 -생활환경 시스템 예) 미생물, 리빙 메터리얼, 바이오패브리케이션 소재, 에너지, 물, 공기, 폐기물 흐름	-배양 탐구 -생물 기반 소재 실험 -자연 시스템 탐구 -생물학적 시스템과 디자인 사고의 관계성 탐구 -데이터 수집, 분석, 기록, 시각화 -반복 프로토타이핑 -바이오패브리케이션 학습	-MA Biodesign 과정을 통한 학습 -Grow Lab 기반 실험 -생물학, 미생물학 전공과의 협업 -워크숍, 현장 조사
Rhode Island School of Design			
자연사 표본, 생체모방, biomaterials, biosystems를 통해 자연의 구조와 물질 순환을 디자인 발상과 제작으로 연결	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 -자연 표본과 생체 구조 -생체모방 및 순환 시스템 예) 자연사 표본, 식물 구조, 패각 구조, 바이오플라스틱, SCOBY 기반 박테리아 셀룰로스, 균사체 복합재, 아쿠아포닉스 시스템	-바이오메터리얼/ 바이오시스템스 -배양 탐구 -생물 기반 소재 실험 -자연 시스템 탐구 -폐기물 및 부산물 전환 실험 -반복 프로토타이핑 -아쿠아포닉스, 하이드로포닉스 실험	-Nature Lab 기반 관찰 -Biodesign Makerspace 기반 실험 -바이오소재 워크숍 -오픈소스 공유 및 프로토타이핑
Aalto University			
디자인과 화학공학의 협업을 통해 바이오 기반 소재, 식물 기반 소재, 재생 가능한 자원, 폐기 흐름을 지속가능한 소재 개념과 조형 실험으로 전환	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 -재생 가능한 원료 -폐기물, 부산물 예) 식물, 목질 기반 소재, 셀룰로스, 나노셀룰로스, 리그닌, 수피, 목질 부산물, 식물성 바이오매스, 해조류, Ioncell 섬유	-생물 기반 소재 실험 -폐기물 및 부산물 전환 실험 -자연 시스템 탐구 -소재 경험과 조형 전환 -소재의 윤리적, 생태적 관계 탐구 -소재 리터러시 -학생 주도적 탐구 -손 기반 실험 -소재 레시피 개발	-CHEMARTS Lab 기반 실험 -소재 레시피 개발 및 공유
TU Delft			
소재 경험, MDD 방법론, 리빙 메터리얼, 재생적 디자인을 연결하여 소재의 성장, 반응, 시간성을 디자인 경험과 조형 실험으로 다룸	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 -재생 가능한 원료 예) 균사체, 박테리아, 생물 기반 소재, 성장, 반응, 변화하는 소재	-배양 탐구 -생물 기반 소재 실험 -Material Driven Design 방법론 기반 탐구 -소재 경험과 조형 전환 -소재 경험 분석	-Biodesign Lab 기반 실험 -Biodesign Master Class 운영
Design Academy Eindhoven			
바이오 기반의 순환적, 재생적 소재를 중심으로 소재를 수동적 물질이 아닌, 능동적 협력자로 다루며, 물질 전환과 생산 시스템을 비판적으로 탐구	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 예) 바이오폴리머, 조류, 목재, 균사체, 키틴, 실크 단백질, 박테리아 셀룰로스, 식물기반 색채 소재	-배양 탐구 -생물 기반 소재 실험 -소재 경험과 조형 전환 -비판적, 사변적 접근 (윤리성, 소재의 사회정치적 함의) -소재의 서사와 역사 탐구 -장기적 실현 가능성에 대한 탐구 -실험성이 높은 탐구 -손 기반 제작 탐구	-Studio Better Matter 기반 실험 -학제간 랩 협업, 외부 전문가 협업
Politecnico di Milano			
순환성과 재생성을 지향하는 바이오디자인 및 전환을 위한 소재 디자인 실험, 비전통적 자원과 폐기 흐름을 새로운 소재 가능성으로 전환	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 -지역적 자원 -비전통적 자원 -폐기 흐름과 재생 가능한 자원 -리빙 메터리얼 예) 폐기 바이오매스, 유기 및 무기 폐기 흐름, 조류, 균류, 균사체, 박테리아 셀룰로스	-배양 탐구 -생물 기반 소재 실험 -폐기물, 부산물 전환 -소재 경험과 조형적 가치 탐구 -바이오패브리케이션 학습 -DIY적 학습	-B.Lab 기반 실험 -학제 간 협업
Royal College of Art			
소재의 발명과 경험을 중심으로, 재생적, 순환적 시스템 안에서 바이오소재, 소재과학, 인간 경험, 디자인과 과학 협업	-생물 기반 소재 -리빙 메터리얼 - 재생적, 순환적 소재 시스템 예) 박테리아, 균류, 미세조류, 식물, 균사체, 곰팡이, 프로그래머블 바이오소재, 생체모방 소재 시스템	-배양 탐구 -생물 기반 소재 실험 -자연 시스템 탐구 -인간의 경험, 사회적 가치 탐구 -바이오소재 3D 프린팅 및 장비 기반 탐구	-생물안전 1등급 BioLab 기반 실험 -소재과학, 미생물학, 분자생물학, 생명공학과 협업

3-2-2. 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 구조 도출

사례분석 결과, 대부분의 대학에서 다루는 소재, 방법, 환경 등은 유사한 면이 많았다. 다만 각 대학별 차이도 나타났다. CSM은 독립 학위 과정, RISD는 Nature Lab 기반의 자연 관찰 환경, Aalto는 소재 리터러시, TU Delft는 Material Driven Design 방법론을 활용한 학습, DAE는 물질 전환에 대한 사변적 접근, Polimi는 DIY적 제작, RCA는 과학과 적극적 협업에서 특징을 보인다. 이처럼 각 대학의 사례는 공통점과 차별점을 동시에 지닌다. 이에 본 절에서는 반복적으로 확인되는 공통 요소를 중심으로 하되, 특정 사례에서 두드러지는 요소라도 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 성격을 설명하는 데에 중요하다고 판단되는 경우는 교육 구조에 포함하였다.

사례들을 종합하면 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 구성 요소는 교육 지향점, 교육 내용, 소재 경험과 조형 전환, 교육 실행 방식의 관계로 정리할 수 있다. 먼저 교육 지향점은 생태 및 순환 지향, 물질성 및 경험 지향, 통합 및 확장 지향으로 나타난다. 생태 및 순환 지향은 지속가능성, 순환성, 재생성, 윤리적, 생태적 관계, 지역 자원과 연결된다. 물질성과 경험 지향은 소재 중심 발상, 물질 변화 인식, 감각 경험, 소재 리터러시와 관련된다. 통합 및 확장 지향은 학제 간 사고, 자연과 과학의 연결, 디자인 발상의 확장, 비판적이며 사변적 접근을 포함한다.

교육 내용은 자연/시스템 탐구, 생물 기반 소재 실험, 리빙 메터리얼 및 배양 탐구, 폐기물 및 부산물 전환의 네 영역으로 구체화된다. 자연/시스템 탐구는 자연의 구조와 작동 원리를 관찰, 이를 소재 발상과 조형 원리로 전환하는 영역이다. 생물 기반 소재 실험은 식물, 동물, 미생물 유래 소재 등의 조형 가능성을 탐색하는 영역으로, 생물에서 유래했지만, 교육에서는 주로 추출, 가공, 혼합, 성형하는 재료로 다루는 영역이다. 리빙 메터리얼 및 배양 탐구는 박테리아 셀룰로스, 조류, 균사체처럼 성장과 변화 가능성을 지닌 소재를 다루는 영역이며, 폐기물 및 부산물 전환은 유기성 폐기물, 농식품 부산물, 지역 자원 등을 새로운 소재 가능성과 생태적, 사회적 가치로 전환하는 영역이다.

이때 소재 경험과 조형 전환은 네 가지 교육 영역을 디자인 발상으로 연결하는 공통 축으로 작용한다. 자연 기반 소재의 색, 질감, 수축, 변색, 불균질성 등은 단순히 관찰되는 속성이 아닌, 감각 경험, 형태, 구조, 생태적 의미, 사회적 가치 형성으로 확장되는 단서가 된다. 이러한 점에서 자연 기반 소재는 친환경 대체재에 머무르지 않고, 물성, 감각, 조형, 의미를 통합적으로 매개하는 디자인 발상의 매체로 이해될 수 있다.

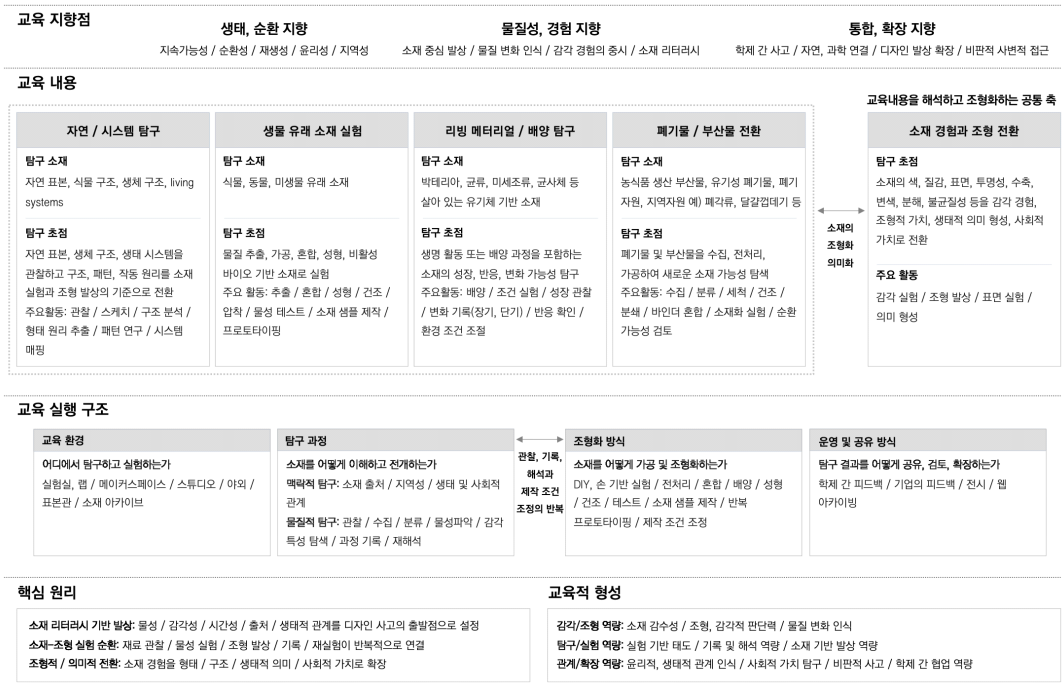
교육 실행 구조는 자연 기반 소재를 탐구하고 실험하는 교육 환경, 소재를 이해하고 해석하는 탐구 과정, 이를 형태로 전환하는 조형화 방식, 탐구 결과를 검토하고 확장하는 운영 및 공유 방식으로 정리된다. 이 가운데 탐구 과정과 조형화 방식은 엄격히 분리되는 단계라기보다, 소재의 물질적 변화에 대한 관찰과 제작 조건의 조정이 반복적으로 이루어지는 순환적 관계를 형성한다. 탐구 과정은 소재의 출처, 지역성, 생성 과정, 폐기와 순환 가능성, 생태적, 사회적 관계를 파악하는 맥락적 탐구와, 소재를 관찰, 수집, 분류하고 물성 및 감각적 특성을 파악하는 물질적 탐구로 구성된다. 조형화 방식은 혼합, 배양, 성형, 건조, 테스트, 소재 샘플 제작, 반복 프로토타이핑, 제작 조건의 조정 등을 통해 소재의 가능성을 구체적인 형태와 구조로 전환하는 과정이다. 따라서 배양, 건조, 테스트, 기록과 같은 행위는 단순한 제작 절차에 그치지 않고, 소재의 반응을 관찰하고 다시 조형 조건을 조정하게 하는 탐구적 제작 과정으로 작동한다. 이러한 실행은 실험실, 바이오랩, 메이커스페이스, 스튜디오, 야외 및 지역 현장, 표본관과 소재 아카이브 등 다양한 교육 환경에서 이루어지며, 운영 및 공유 방식은 학제 간 피드백, 외부 전문가 및 기업과의 협업, 전시, 웹 아카이빙 등을 통해 탐구 결과를 검토하고 확장하는 방식으로 나타난다.

결과적으로 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 핵심 원리는 소재 리터러시 기반 발상, 소재와 조형의 순환적 실험, 조형적, 의미적 전환으로 정리된다. 소재 리터러시 기반 발상은 물성, 감각성, 시간성, 출처, 생태적 관계를 디자인 사고의 출발점으로 삼는 것이다. 소재와 조형의 순환적 실험은 소재 관찰, 물성 실험, 조형 발상, 기록, 재실험이 반복적으로 연결되는 과정이다. 조형적, 의미적 전환은 소재 경험을 형태, 표면, 구조, 생태적 의미, 사회적 가치로 확장하는 과정이다. 이러한 원리는 학생들이 소재를 감각적으로 판단하고, 실험적으로 탐구하며, 자연과 디자인의 관계를 확장적으로 이해하도록 한다.

본 연구에서 정리한 내용은 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 표준 모델을 제안한 것은 아니다. 이는 해외 사례에서 확인되는 주요 구성 요소와 그 관계를 구조화한 것으로, 각 대학의 교육 철학, 전공 기반, 실험 환경, 지역 자원, 교수진의 연구 방향에 따라 다르게 강조되거나 재구성될 수 있다. 이상의 구성 요

소를 구조화하여 정리하면 [표 3]과 같다.

[표 3] 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육 구조



4. 결론

본 연구는 해외 디자인 대학의 바이오디자인 관련 교육 사례를 검토하여, 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 구성 요소와 그 관계를 도출하고자 하였다. 이를 위해 자연 기반 소재가 교육 안에서 어떠한 탐구 대상으로 설정되고, 디자인 발상과 조형 실험, 감각 경험, 지속가능성 이해와 어떻게 연결되는지를 중심으로 사례를 분석하였다.

사례 검토 결과, 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육은 자연 기반 소재를 단순한 제작 소재나 지속가능한 대체재로 다루기보다, 관찰, 실험, 전환, 해석의 과정을 통해 디자인 발상과 조형 실험을 이끄는 출발점으로 다루고 있었다. 구체적으로 각 사례에서는 자연 시스템의 관찰, 생물 기반 소재 실험, 리빙 메터리얼 및 배양 탐구, 폐기물과 부산물의 전환이 주요 교육 내용으로 나타났으며, 이러한 내용은 소재를 직접 다루는 물질적 탐구와 소재의 출처, 생성 과정, 폐기와 순환, 생태적 관계를 이해하는 맥락적 탐구를 통해 실행되었다. 이 과정에서 소재 경험과 조형 전환은 개별 교육 내용을 디자인 발상으로 연결하는 핵심 축으로 작용하였다.

사례들은 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육이 특정한 소재 제작법을 익히는 데 그치지 않고, 학생들이 소재의 물성, 감각성, 생성 과정, 생태적 맥락을 함께 이해하도록 한다는 점을 보여준다. 자연 기반 소재는 고정된 상태의 소재가 아닌, 수집, 전처리, 혼합, 배양, 건조, 성형, 분해와 같은 과정 속에서 변화하는 대상으로 다루어진다. 따라서 바이오디자인 교육에서의 조형은 미리 정해진 형태를 소재에 적용하는 방식이 아닌, 소재의 반응과 변화 가능성을 관찰하고 해석하는 과정 속에서 형성된다. 이러한 점에서 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육은, 소재를 읽고, 실험하고, 그 가능성을 조형적, 의미적 언어로 전환하는 교육이라 할 수 있다.

본 연구는 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육을 개별 학교의 사례나 특정 소재 유형의 나열로 파악

하지 않고, 사례들에서 반복적으로 나타나는 교육 내용과 실행 방식을 종합하여 교육 구조를 정리했다는 데에 의의가 있다. 다만 본 연구는 각 대학의 공개된 문헌 자료를 중심으로 사례를 검토하였기 때문에, 교수자의 지도 방식, 학생들의 경험 등을 분석하는 데에는 한계가 있었다. 향후 연구에서는 담당 교수자의 인터뷰, 수업 및 워크숍 과정 관찰, 학생 결과물 분석 등을 통해 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육이 실제 교육 현장에서 어떻게 실행되고, 학생들의 디자인 발상과 조형 실험에 어떠한 영향을 미치는지를 보다 구체적으로 검토할 필요가 있다. 이를 통해 자연 기반 소재 중심 바이오디자인 교육의 실행 방식과 교육적 효과를 보다 구체적으로 논의할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Alexandra Daisy Ginsberg, ‘Design as the Machines Come to Life’, in Alexandra Daisy Ginsberg, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, Drew Endy, 『Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology’s Designs on Nature』, MIT Press, 2014.
2. CHEMARTS, 『CHEMARTS Yearbook 2021-2023』, Aalto University, 2024.
3. Paola Antonelli, Ala Tannir, 『Broken Nature: XXII Triennale di Milano』. Milan: La Triennale di Milano Electa, 2019.
4. William Myers, 『Bio Art: Altered Realities』. London: Thames & Hudson, 2015.
5. William Myers, 『Bio Design: Nature + Science + Creativity』, Thames & Hudson, 2012.
6. Christina Cogdell, 'From BioArt to BioDesign', American Art, Vol. 25, No. 2, 2011.
7. Elvin Karana, Bahar Barati, Valentina Rognoli, Anouk Zeeuw van der Laan, ‘Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences’, International Journal of Design, Vol.9, No.2, 2015.
8. Elvin Karana, Bahar Barati, Elisa Giaccardi, ‘Living Artefacts: Conceptualizing Livingness as a Material Quality in Everyday Artefacts’, International Journal of Design, Vol.14, No.3, 2020.
9. Elvin Karana, Davine Blauwhoff, Erik-Jan Hultink, Serena Camere, ‘When the Material Grows: A Case Study on Designing (with) Mycelium-Based Materials’, International Journal of Design, Vol.12, No.2, 2018.
10. Elvin Karana, Nithikul Nimkulrat, Elisa Giaccardi, Kristina Niedderer, Jeng Neng Fan, ‘Alive. Active. Adaptive: Experiential Knowledge and Emerging Materials’, International Journal of Design, Vol.13, No.2, 2019.
11. Elvin Karana, Owain Pedgley, Valentina Rognoli, ‘On Materials Experience’, Design Issues, Vol.31, No.3, 2015.
12. Jane Calvert, Pablo Schyfter, 'What can science and technology studies learn from art and design? Reflections on 'Synthetic Aesthetics'', Social Studies of Science, Vol. 47, No. 2, 2017.
13. Miriam Ribul, Kate Goldsworthy, Carole Collet, ‘Material-Driven Textile Design (MDTD): A Methodology for Designing Circular Material-Driven Fabrication and Finishing Processes in the Materials Science Laboratory’, Sustainability, Vol.13, No.3, 2021.
14. Tarja-Kaarina Laamanen, Pirjo Kääriäinen, ‘Exploring Bio-Based Materials in an Interdisciplinary Learning Environment: Outlining the Design Inquiry Cycle’, DRS2022: Bilbao, Design Research Society, 2022.
15. Valentina Rognoli, Bruna Petreca, Barbara Pollini, Carmem Saito, ‘Materials biography as a tool for designers’ exploration of

bio-based and bio-fabricated materials for the sustainable fashion industry', Sustainability: Science, Practice and Policy, Vol.18, No.1, 2022.

16. Valentina Rognoli, Massimo Bianchini, Stefano Maffei, Elvin Karana, 'DIY Materials', Materials & Design, Vol.86, 2015.
17. biomaker.risd.edu
18. chemarts.aalto.fi
19. dipartimentodesign.polimi.it
20. naturelab.risd.edu
21. www.aalto.fi
22. www.arts.ac.uk
23. www.designacademy.nl
24. www.rca.ac.uk
25. www.tudelft.nl