



생태모방기술 분야별 시장동향과 미래성장성 분석

Market Trends and Future Growth
Prospects of Biomimicry Technology

제2편

환경 오염처리/제약, 화학 시장 분야

생태신기술팀, 소크라틱매니징(주)

발행일 2025년 12월
발행처 국립생태원 생태신기술팀
 충청남도 서천군 마서면 금강로 1210
 www.nie.re.kr
저자 이은옥, 옥기영, 소크라틱매니징(주)
편집제작 (사)아름다운사람들
© 국립생태원 2025
ISBN 979-11-6698-771-7 94400
 979-11-6698-769-4(세트)



Contents

연구방법론 소개	5
----------	---

I 생태모방 기술 시장 PEST 분석 9

» 1. 정책환경	9
» 2. 경제환경	21
» 3. 사회환경	32
» 4. 기술환경	52

II 환경 오염처리 63

» 1. 시장동향	63
» 2. 생태모방 환경 오염처리 기술 시장	71
» 3. 생태모방 환경 오염처리 기술 시장 미래 성장성	75

III 제약, 화학 시장 80

» 1. 시장동향	80
» 2. 생태모방 기술 제약/화학 시장	88
» 3. 생태모방 제약/화학 기술 시장 미래 성장성	93

IV 결론 99

» 1. 환경오염처리, 제약/화학 분야 미래 성장성 비교	99
» 2. 환경오염처리, 제약/화학 분야 생태모방 시장가치 비교	100

연구방법론 소개



1 ▶ 전체 시장동향 조사 및 분석 방법

생태모방 기술이 주로 활용되는 5대 분야 시장은 매우 방대한 시장이기 때문에 전체적으로 거시경제적 접근 방식인 Top-down approach 방식으로 전체 생태모방 기술 시장 동향 조사를 진행했으며 항목별로는 PEST 분석(거시환경분석; Political, Economic, Social and Technological analysis), 각 5대 배경시장 동향 조사 등이 이에 포함된다.¹⁾

시장동향은 크게 PEST 분석과 생태모방 기술 각 5대 분야 시장동향으로 나눠서 조사를 진행한다.

PEST 분석이란 정책, 경제, 사회, 기술 대외환경분석을 의미하는 것으로 이를 통해 생태 모방 기술 및 해당 시장에 대한 전체 시장동향을 조사 분석한다.

즉, 전체 생태모방 기술 및 해당 시장에 영향을 끼치게 될 정책, 경제, 사회, 기술적 요소를 검토하고 이에 대한 시장 영향력을 검토한다.

또한 생태모방 기술 각 5대 분야인 재료/소재, 환경 오염처리, 제약/화학, 자동차/항공우주, 건축/기계설계 시장은 각각의 시장 자체가 방대한 시장이며 각 분야 시장의 보편적인 시장동향을 조사한다.

각 분야 전체 시장에 대한 시장 특성, 집중되고 있는 세부 분야, 규모 등을 파악하기 위해 신뢰성 높은 McKinsey & Company, Atradius, United Nations, ICCA와 같은 기관자료를 활용했으며 각 해당 시장에서 지배력이 큰 주요 기업들에 대한 조사와 해당 기업들의 기술 개발 집중 분야를 조사한다.

1) Andreas Peichl, 2008. The Benefits of Linking CGE and Microsimulation Models: Evidence from a Flat Tax Analysis, IZA DP No. 3715. Top-down 및 Bottom-up 접근 방식은 경제학에서 보편적으로 사용되는 접근 방법론으로 이 문헌에서 명시적으로 정의 및 분류하고 있다.

2 5대 분야 생태모방 기술 시장 조사 및 분석 방법

생태모방 산업 특성, 전체 시장 규모, 생태모방 시장 규모 추정 등에서는 대체로 미시경제적 접근 방식인 Bottom-Up approach 방식으로 조사를 진행했으며 특히 생태모방 기술의 확장 특성 등 생태모방 기술의 시장성(성장성) 조사는 다중사례 연구 방식으로 진행한다.²⁾

각 5대 분야 시장에서 생태모방 기술이 개발, 상용화되고 있는 사례 등 응용되고 있는 현황을 집중, 조사함. 생태모방 기술을 직접 응용하고 있는 사례뿐만 아니라 비록 직접적 이지는 않지만, 응용 가능성이 높은 사례도 함께 조사한다.

특히 해당 시장에서 시장 영향력이 큰 기업들이 생태모방 기술을 개발하고 있는지 어떤 제품군을 개발하고 있는지 조사했으며 주요 기업 외에 신생기업, 스타트업들이 생태모방 기술을 개발하고 있는지 어떤 제품군을 개발하고 있는지 조사한다.

그리고 이렇게 생태모방 기술을 응용하고 있는 기술들의 개발, 상용화 단계를 함께 검토한다.

자료는 해당 업체들의 기술 소개 자료 및 홈페이지, 언론자료, 연구 및 특히 DB 등을 참고한다.

3 미래 성장성 종합 방법

생태모방 기술에 해당한다는 보편적으로 합의된 시장적 관점 또는 경제학적 기준 또는 통용되는 구체적인(체계적인) 개념적, 기술적 기준 규범(규격 등)이 명확하지 않기 때문에 이번 연구에서는 생태모방 기술의 시장 규모를 구체적으로 추정하는데 한계가 많았다. 더욱 이 전세계 모든 시장과 산업을 대상으로 생태모방 기술이 적용된 부분만을 선별해 그 규모를 산정하기에는 이번 조사와 같이 단일성 조사를 통해 파악하기에는 많은 한계가 있었다는 점을 알린다.

따라서 이 보고서에서 검토한 생태모방 기술의 시장 규모에 대한 내용으로 투자 결정, 경영 의사 결정 등을 위해 활용하기에는 적합하지 않고 주의가 필요하다는 점을 알린다. 이번 연구는 생태모방 기술이 시장에서 주로 어떤 부분에서 수용되고 확산되고 있는지 파악하고 예측하는데 초점이 맞춰졌기 때문이다.

2) Andreas Peichl, 2008. The Benefits of Linking CGE and Microsimulation Models: Evidence from a Flat Tax Analysis, IZA DP No. 3715. Top-down 및 Bottom-up 접근 방식은 경제학에서 보편적으로 사용되는 접근 방법론으로 이 문헌에서 명시적으로 정의 및 분류하고 있다.

우선 PEST 분석, 생태모방 기술 5대 시장에서의 공통 요소를 종합해 전체 보편적인 생태모방 기술에 대한 미래 성장성을 분석한다.

각 생태모방 기술 시장에서는 각 해당 시장에서의 주요 기업들의 생태모방 기술 응용 여부, 해당 시장 전체 시장에서의 집중개발 분야와 생태모방 기술 시장에서 집중, 개발되고 있는 분야의 비교 분석, 생태모방 기술의 확장 특성, 상용화 단계 등을 종합해 기술 수용 성과 성장성을 추정한다.

또한 시장에 대한 이해를 위해 각 해당 시장에서의 생태모방 기술 수용 규모(시장 규모)를 대략 추정함. 생태모방 기술 수용 규모 또는 생태모방 기술 시장 규모를 구체적으로 추산하기 위해서는 각각 시장별, 세부 산업별로 별도의 조사를 수행할 필요가 있지만, 대략적인 이해를 위해 각각의 전체 배경 시장 규모 대비 생태모방 기술 활용 기업 전체 매출액을 비교해 추정함. 연간 매출액이 확인할 수 있는 기업들의 매출액만 합산 추정한다. 각 5대 분야 생태모방 기술 시장 규모 추정은 공급적 측면의 Bottom-Up approach 방식으로 기업(사업체) 수준 미시자료를 상향식으로 집계하는 방법과 **기술 채택 여부만으로 기업을 포함시키는(기술을 하나라도 사용하는 기업들의 매출을 합산. 또한 생태모방 기술에 해당한다는 기준점이 다를 수 있기 때문에 대략적으로 생태모방 기술 관련 매출의 하한선과 상한선으로 추정되는 5%~60% 매출 비중 구간을 제시함.)** 이진 채택 집계 방법(extensive-margin)을 응용해 상한 규모를 추정한다.^{3), 4)} 이에 따라 생태모방 기술을 하나라도 활용하고 있고 매출이 확인되는 주요 기업의 전체 매출액을 조사하고 해당 기업들의 전체 매출을 합산한 다음 생태모방 기술의 매출 비중의 하한선과 상한선을 적용해 추정되는 시장 규모를 추정함(전체 매출규모의 5%~60%). 이후 상향식 집계와 정합화 방

-
- 3) Eric J. Bartelsman and Mark Doms, 2000. Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata, Journal of Economic Literature vol. 38, no. 3. 기업의 미시자료를 집계해 산업 전체 생산성, 총량 등 거시 현상을 체계적으로 설명한 대표적인 문헌 중 하나이며 경제학에서 기업(사업체) 수준 미시자료를 상향식으로 집계하는 방법의 기준 참고문헌으로 인정받고 있다.
- 4) Paul A. David, 2010. Zvi Griliches and the Economics of Technology Diffusion: Adoption of Innovations, Investment Lags, and Productivity Growth, SIEPR Discussion Paper No. 09-016 (Stanford, CA: Stanford Institute for Economic Policy Research) Zvi Griliches, 1957/10, Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change, Econometrica 25(4): 501-522. 이진 채택 집계 방식은 Griliches(1957) 문헌에서 응용한 이후 경제학에서 넓리 활용되고 있으며 이러한 방법론에 대한 설명은 David(2010) 문헌에서 정리하고 있다.

식을 응용해 추정된 생태모방 시장 규모를 전체 배경 시장 규모에 비교해 생태모방 기술이 전체 시장에서 차지하는 상한 비중을 추정.⁵⁾ 기업들의 매출액은 2024년 기준으로 했다.

5) UNSD, 2018. Handbook on Supply and Use Tables and Input–Output Tables with Extensions and Applications, UNSD, 2008, The System of National Accounts(SNA). 경제활동 측정의 국제 표준이 되고 있는 상형식 집계와 정합화 방식을 응용함. 대표적으로 경제활동 측정의 국제표준이 되고 있는 SNA (UN/EC/OECD/IMF/World Bank 공동)가 총량(분모)을 일관되게 산출하고 하위 추정치(분자)를 상위 총계에 맞추는 통계 규칙을 제공



1 정책환경

정책환경 부분에서는 전반적인 생태모방 기술 수요 및 시장을 포괄할 수 있으며 정권교체 영향을 받더라도 큰 변화가 어렵고 장기간 지속적인 영향을 끼치게 될 정책 요소를 검토했다.

이와 관련된 생태모방 기술 수요 및 관련 기술 시장에 영향을 끼치게 될 국내와 해외의 시장 영향력이 큰 정책 요소를 살펴본다.

가 해외 생태모방 기술 정책환경

생태모방 기술 수요 및 관련 시장에 영향을 끼치게 될 해외 주요 국가들의 배경정책과 생태모방 기술과 직접 관련된 정책을 살펴본다.

1) 해외 시장 배경 정책

가) 국제사회 기후협약 및 탄소중립(Net-Zero) 선언 현황

• 국제사회 기후협약

국제사회는 온실가스 배출로 인한 지구 온난화의 심각성을 인식하고 기후 위기에 공동으로 대응하기 위해 기후협약을 채택하고 있다.

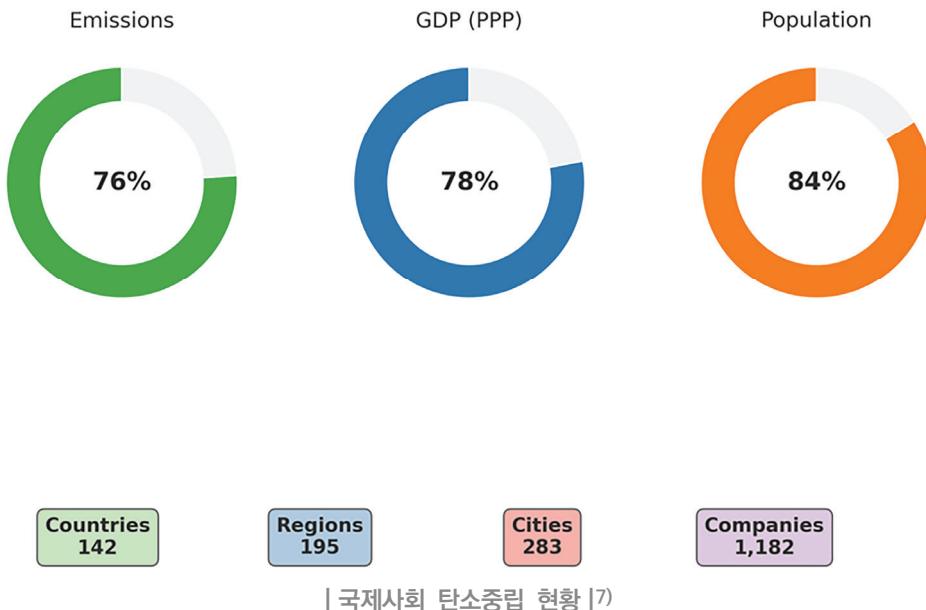
국제사회는 1992년 유엔기후변화협약(UNFCCC), 교토의정서(Kyoto Protocol), 2015년 파리기후협정(Paris Agreement)을 채택한 바 있으며 교토의정서가 2020년 만료됨에 따라 2020년 이후 국제사회는 ‘파리기후협정’과 ‘UNFCCC 협약’, IPCC ‘ 1.5°C 특별보고서’에 따라 기후변화에 대응해 오고 있다.⁶⁾

6) 탄소중립 정책포털. <https://www.gihoo.or.kr/menu.es?mid=a30209000000>

파리기후협정은 지구의 평균 온도 상승을 2°C 이하로 유지하고 1.5°C 이하로 제한하기 위해 노력해야 함을 명시하고 있다. 또한 IPCC가 발표한 ‘1.5°C 특별보고서’에서 지구 평균 온도 상승을 1.5°C 이내로 억제하기 위해서는 2030년까지 온실가스 배출량을 2010년 대비 45% 이상 감축해야 하며, 2050년에는 탄소중립(Net-Zero)을 실현해야 한다고 제시한다.

이에 따라 한국을 포함한 대부분 국가들은 2050년까지 탄소중립을 달성한다는 정책적 목표를 설정하고 있다.

- 국제사회 탄소중립 현황



UNFCCC (유엔기후변화협약)에 따라 탄소중립(Net-Zero)을 선언한 국가는 현재(25년 4월 기준) 142개국에 이르며 이는 전 지구 인류의 84%, 글로벌 전체 GDP의 78% 규모에 해당한다.

7) NET ZERO TRACKER, Data Explorer. <https://zerotracker.net/>

• 미국 파리기후협정 탈퇴와 제한적 영향

국제사회가 기후 위기에 공동으로 대응하기 위해 파리기후협정에 가입해 탄소중립 정책을 실행하고 있는 기조와 반대로 미국 트럼프 정부는 2025년 1월 파리기후협정에서 탈퇴한 바 있다.

하지만 미국의 파리기후협정 탈퇴가 국제사회 기후 위기 대응 기조에 영향은 제한적일 것이라는 전망이 많다. 우선 트럼프 정부는 파리기후협정의 상위 협정인 UNFCCC를 탈퇴하지 않아 당사국으로서 지위는 유지된다.⁸⁾

특히 트럼프 정부의 파리기후협정 탈퇴에도 캘리포니아주 및 뉴욕주 등 미국의 19개 주는 독자적인 탄소중립 목표를 설정하고 있다.⁹⁾

또한 미국의 24개 주지사가 참여한 ‘미국기후연합’, 5천여 명의 지역 정치인들이 서약한 ‘아메리카 이즈 올 인’, 350개 미국 도시 연합체인 ‘기후시장들’과 같은 주요 단체들은 24년 11월 공동 성명으로 트럼프의 취임에도 기후 대응에서 후퇴하지 않을 것이라고 밝혔으며 해당 단체들은 미국 전체 인구의 63%를 포함한다.¹⁰⁾

나) 주요국 녹색산업 활성화 정책

주요국들은 기후협정에 따른 탄소중립(Net-Zero) 정책을 이행하기 위해 녹색산업 활성화 정책을 강화하고 있다.

UNEP의 정의에 따르면 녹색산업(Green Industry) 또는 녹색경제(Green Economy)는 국제사회의 탄소중립 목표를 달성하기 위한 정책과 관련된 경제활동, 공공 및 민간투자 분야를 의미한다.

녹색산업 분야는 크게 ‘탄소배출 및 오염 감소’, ‘에너지 및 자원 효율성 향상’, ‘생물다양성 및 생태계 손실 예방’ 등으로 구분된다.

아래 주요국의 녹색산업 활성화 정책은 김은미, 이성희, 장한별(2023)의 ‘3. 주요국의 녹색산업 활성화 정책 특징’ 부분의 내용을 요약해 정리했다.¹¹⁾

8) 이해경, 2025. 미국의 파리협정 재탈퇴 의의와 시사점

9) 이신형, 2025. 트럼프 파리협약 탈퇴에도 미국 19개주 탄소중립 견지. ESG경제

10) 박기용, 2025. 트럼프, 두 번째 파리협정 탈퇴…유엔 기후협약도 떠날까. 한겨레신문

11) 김은미, 이성희, 장한별, 2023. ‘주요국의 녹색산업 활성화 정책 동향과 시사점’, KIEP 대외경제정책연구원

2) 해외 녹색산업 현황

가) EU(유럽연합)

EU는 23년 그린딜 산업계획(Green Deal Industry Plan)과 넷제로 산업법(Net-Zero Industry Act)을 발표하고 이를 통해 8대 핵심기술에 대한 재정지원을 확대하고 있으며 관련 제도 정비, 전문인력 양성 등도 추진하고 있다.

8대 핵심기술: ① 태양광·태양열, ② 수전해 설비(전해조)·연료전지, ③ 육상풍력·해양 재생에너지, ④ 지속가능한 바이오가스·메탄, ⑤ 배터리·저장, ⑥ 탄소 포집·저장, ⑦ 히트 펌프·지열에너지, ⑧ 그리드 관련 기술

EU는 8대 핵심기술에 대한 제조 역량을 강화해 2030년까지 연간 수요의 40%를 자체적으로 조달한다는 계획이다.

특히 관련 기술 산업에 보조금 규제를 한시적으로 완화하고 유럽수소은행 및 유럽국부펀드를 통해 민간의 자금 조달 과정을 지원하며 특정 지역에 한해 제3국의 보조금과 동일한 규모의 보조금이나 세제 혜택 제공한다.¹²⁾

나) 미국

미국은 21년 초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)이라고 불리는 PL 117-58, H.R.3684 규정과 22년 인플레이션 감축법(IRA)인 PL 117-169, H.R.5376 규정에 따라 청정에너지 관련 분야에 재정지원을 확대하고 지역별 네트워크를 구축하고 있다.

인플레이션 감축법(IRA) 재원의 65.7%인 2,590억 달러는 청정에너지 관련 사업들의 세제 혜택을 제공하기 위해 사용된다.

청정에너지 관련 보조금은 약 820억 달러, 인프라 개선 사업에 필요한 자금 조달 금융 지원에는 약 400억 달러가 책정된다.

또한 생산 기반 구축을 위해 175억 달러가 투입된다.

12) 김은미, 이성희, 장한별, 2023. 주요국의 녹색산업 활성화 정책 동향과 시사점. KIEP 대외경제정책연구원

다) 일본

일본은 21년 ‘그린성장전략’을 발표하고 23년 ‘GX추진전략’ 및 ‘GX추진법’을 발표한 이후 녹색산업에 대한 추진 방향을 설정하고 녹색전환(GX)사업에 대한 예산을 증액하고 있다.

‘그린성장전략’에 따라 녹색산업 관련 연구개발을 지원하기 위한 ‘그린 이노베이션 기금 2조 엔을 창설했다.

해당 기금은 그린성장전략이 선정한 14개 전략산업에 지원한다.

| 그린 성장전략 14대 전략 분야 |

구분	분야	내용
에너지	해상풍력	생산능력 확증(2040년까지 4,500만kW 수준)
	암모니아	암모니아의 화력발전 활용 확대(2030년까지 약 20%)
	수소	2050년까지 소비량 2,000만 톤으로 확대
	원자력	신형 원자로 기술개발, 국제협력
운송·에너지	자동차·축전지	2030년대 중반까지 신차를 전동차로 전환
	반도체·정보통신	파워 반도체 소비전력 2030년까지 반감
	선박	2050년까지 수소 등 대체연료로 전환
	물류	항만 등 탈탄소화 추진
	식료·농림수산	2050년까지 농림수산업 CO ₂ 배출 제로
	항공기	전동화 및 대체연료 기술개발
	카본 리사이클	효율성 증대 및 비용절감
가정·사무실	주택	2030년까지 신축주택 CO ₂ 배출량 평균 제로
	자원순환	바이오매스 활용 확대
	라이프사이클	지역별 탈탄소 비즈니스 추진

13)

향후 10년간 GX경제이행체 20조 엔을 발행할 계획이며 경제산업성은 24년도 예산안에서 기술 R&D와 스타트업 육성 등 대규모 녹색전환(GX) 추진 예산 총 1조 985억 엔을 책정했다.

또한 탈탄소화 지원 위한 투자특별세제(CN 세제)를 시행해 탈탄소화에 기여하는 제품(수소연료전지 등) 생산을 위한 설비 또는 생산공정 등의 탈탄소화를 위한 설비에 투자하려는 기업을 대상으로 10% 세액공제와 50% 특별감가상각 혜택을 제공한다.

13) 하세가와 요시유키, 2021. 성장 기회? 주목받는 일본의 그린 성장전략. kotra 해외시장뉴스

라) 프랑스

프랑스는 23년 녹색산업법(Green Industry Bill, Law no. 2023-973) 제정을 통해 친환경 투자 및 제도개선 계획을 이행하고 있다.

프랑스는 녹색산업법에 따라 친환경 분야인 태양광, 풍력, 배터리, 히트펌프 등 분야 투자에 대한 20~45%의 세액공제 제도를 추진하고 있으며 관련 산업에 대한 산업부지 조성, 공장 인허가 기간 단축 등을 추진하고 있다.

마) 캐나다

캐나다는 23년 청정기술 투자 세액공제 제도(Clean Hydrogen Investment Tax Credit)를 발표했다. 이 제도에 따라 캐나다 정부는 청정기술·제조 투자에 대한 30% 세액공제, 청정수소 탄소 집약도에 따른 차등적(15~40%) 세액공제, 청정 전력 생산을 투자 관련 15% 세액공제, 넷제로 기술 제조 기업의 소득세 인하 기한 연장(2029년 → 2032년) 등 내용을 발표한 바 있다.¹⁴⁾

3) 해외 생태모방 기술 정책 현황

생태모방 기술 연구에 공적 자금을 직접 투자하는 등 국가적 차원에서 생태모방 기술 개발에 지원하는 국가로는 미국, 독일, 한국, 프랑스, 영국, 일본이 등이 대표적인 국가로 분류된다.

해당 국가들은 생태모방 기술을 미래 핵심기술로 인식해 생태계의 특성을 연구하는 단계에서부터 실제 제품에 반영시키는 단계까지 다양한 형태로 연구개발을 지원하고 있다.¹⁵⁾

아래 미국, 독일, 프랑스, 영국의 생태모방 기술 정책 등 현황 내용은 Amir Lebdou (2022)의 3. The uneven policy landscape for nature-inspired innovation.¹⁶⁾ 부분의 내용을 요약해 정리했다.

14) 김은미, 이성희, 장한별, 2023. '주요국의 녹색산업 활성화 정책 동향과 시사점', KIEP 대외경제정책연구원

15) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

16) Amir Lebdou, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

가) 미국

미국은 국방부(Department of Defense), 에너지부(Department of Energy), 국립과학재단(National Science Foundation) 등 정부 부처가 생태모방 기술 개발을 선도하고 있다.

국방부의 DARPA(고등국방계획국; The Defense Advanced Research Projects Agency), 에너지부의 ARPA-E(고등에너지연구소; Advanced Research Projects Agency-Energy), 국립과학재단의 과학기술 촉진 프로젝트(The Global Innovation through Science and Technology initiative) 등이 대표적인 생태모방 기술 개발을 주도하는 정부 기관이다.

특히 Johnson (2010, 재인용: Amir Lebdioui, 2022), Kennedy 등(2015, 재인용: Amir Lebdioui, 2022)에 따르면 미국방부의 DARPA는 생태모방 기술 연구에 가장 많은 자금을 지원하는 단일 기관으로 평가된다. 미국방부는 생물학적 및 생태모방 기술에서 국방력을 증진할 수 있는 새로운 가능성을 오랫동안 모색해 왔다.¹⁷⁾

Henningan (2011, 재인용: Amir Lebdioui, 2022)에 따르면 DARPA에서 추진하고 있는 생태모방 기술 연구로는 나노 항공체 개발 프로그램(Nano air Vehicle program)이 대표적이며 벌새류 항공체 시제품 개발에만 400백만 달러 이상 투자되었다.¹⁸⁾ 투자 대상 업체는 AeroVironment사가 대표적이다.

Kennedy 등(2015, 재인용: Amir Lebdioui, 2022)에 따르면 DARPA는 이와 비슷하게 4족형 로봇 개발 프로젝트인 빅독(BigDog) 프로그램, 생태모방 기반 AI 기술 개발 등에 투자하고 있다.¹⁹⁾

17) Johnson, E.R., 2010. Reinventing biological life, reinventing ‘the Human.’. *Ephemera* 10(2), 177–193 Kennedy, E., Fecheyr-Lippens, D., Hsiung, B.K., Niewiarowski, P.H., Kolodziej, M., 2015. Biomimicry: a path to sustainable innovation. *Des. Issues* 31 (3), 66–73

재인용: Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

18) <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-2011-feb-17-la-fi-hummingbird-drone-20110217-story.html>,

재인용: Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

19) Kennedy, E., Fecheyr-Lippens, D., Hsiung, B.K., Niewiarowski, P.H., Kolodziej, M., 2015. Biomimicry: a path to sustainable innovation. *Des. Issues* 31 (3), 66–73,

재인용: Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

뉴욕주는 2009년부터 에너지 고효율 생태모방 기술 개발을 지원하고 있다.²⁰⁾

나) 독일

독일은 생태모방 기술 관련 연구개발을 하는 공공연구기관이 100개 이상인 것으로 파악된다.

독일 정부와 담당 부처인 연방교육연구부(Federal Ministry for Education and Research)는 생태모방 기술 연구 연합 기관인 BIOKIN (KompetenznetzBiomimetik)에 2001년 이후 1억 2천만 달러 이상을 투자해 오고 있다.

특히 생태모방 등 생체공학 관련 연구 기관들의 연합체인 BIOKON은 독일 내 주요 28개 연구 기관을 관리하고 있으며 관련 기술들의 상업적 및 산업적 가치, 공공적 가치를 증명하는 것을 목표로 활동 중이다.²¹⁾

다) 프랑스

프랑스 정부는 생태모방 기술 중심의 국가 생태전환 전략(Stratégie nationale de transition 'écologique vers un développement durable)을 마련한 바 있다.

Vertigo (2018, 재인용: Amir Lebdioui, 2022)에 따르면 프랑스 정부는 생태모방 기술의 경제적 가치에 주목하며 생태모방 기술로 인한 Nouvelle-Aquitaine 지역만의 GDP 가치를 5억 7천5백만 유로에서 32억 유로로 추산했으며 관련 일자리를 5,626개에서 31,082개로 추산했다.²²⁾

특히 프랑스 정부는 생태모방 기술 연구 센터인 CEEBIOS(Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme)를 2014년 설립한 이후 줄곧 운영해 오고 있으며 이와 함께 생태모방 기술 관련 고등교육 프로그램을 창설했다.

20) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

21) Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

22) Vertigo, 2018. Evaluation du potentiel de développement de la biomimétisme en région Nouvelle-Aquitaine. http://vertigolab.eu/wp-content/uploads/2018/01/Rapport-biomim%C3%A9tisme-en-NA_VF.pdf,

재인용: Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

Le Monde (2018, 재인용: Amir Lebdioui, 2022)에 따르면 CEEBIOS를 중심으로 프랑스 전역에 175개 이상의 연구 팀과 100개 이상의 업체들이 에너지, 건설, 화장품 등 산업분야에서 생태모방 기술 관련 연구를 하는 것으로 조사된다.²³⁾

CEEBIOS는 생태모방 기술에 대한 연구방법론 등 표준을 설립하는 활동을 포함한다.

또한 프랑스는 환경부에서 매년 생태모방 엑스포(Biomim'EXPO)를 개최하여 기업들이 생태모방 기술 사례를 공유하도록 지원하고 있다.²⁴⁾

라) 영국

영국 정부는 초기 단계의 생태모방 기술 연구 및 관련 업체들을 육성하기 위해 2002년 BIONIS (Biomimetics network for industrial sustainability) 및 NIM(Nature Inspired Manufacturing)을 설립했다.²⁵⁾

마) 일본

일본은 문부과학성에서 대학과 기업의 생태모방 로봇 및 제품 개발 연구 등을 지원하고 있다. 환경성은 제5차 환경기본계획(2018~2030)을 공표하고 생물의 뛰어난 기능을 모방·활용한 기술을 개발할 계획을 발표한 바 있다.²⁶⁾

4) 한국 생태모방 기술 정책환경

생태모방 기술 수요 및 관련 시장에 영향을 끼치게 될 주요 배경정책과 생태모방 기술을 직접 대상으로 하는 국내 정책 현황을 검토했다.

23) Le Monde, 2018. Biomim'etisme : la France peut, l'a aussi, ^etre une championne!, 18 July. <https://www.lemonde.fr/blog/alternatives/2018/07/18/biomimetisme-la-france-peut-la-aussi-etre-une-championne/>, 2018,

재인용: Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

24) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

25) Amir Lebdioui, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

26) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

가) 한국 시장 배경 정책

- 탄소중립·녹색성장 기본법 및 정부 탄소중립 정책

2018년 UN 산하기구 IPCC의 ‘지구온난화 1.5°C 특별보고서’ 발표 이후 주요국들의 탄소중립 협약에 동조해 한국 정부도 탄소중립 및 친환경 정책을 시행해 오고 있다.

한국에서는 ‘탄소중립·녹색성장 기본법’이 제정돼 2022년 3월 25일부터 시행됨으로써 국가전략 차원에서 2050년까지 장기간 친환경 저탄소 정책이 추진된다.

비전: 2050 탄소중립 + 환경·경제조화

전략 목표: 국가전략 + 중장기 온실가스 감축목표

이행체계: 탄소중립 녹색성장 기본계획

온실가스	기후위기 적응	정의로운 전환	녹색성장
기후변화영향평가	감시·예측	사회안전망	녹색경제
탄소인지 예산제도	기후위기 적응대책	특별지구	녹색산업
배출권·목표관리	지역 기후의 대응	사업전환	녹색기술
탄소중립 도시	물 관리	자산순실 최소화	조세제도
지역 에너지 전환	녹색국토	국민참여	녹색금융
녹색건축·교통	농림수산 전환	협동조합 활성화	정보통신
흡수원·CCUS	정읍센터	지원센터	순환경제
국제 감축사업			
종합정보관리			

| 탄소중립·녹색성장 기본법 체계 |²⁷⁾

‘탄소중립·녹색성장 기본법’은 온실가스 감축 목표를 이루기 위해 온실가스, 기후위기 적응, 정의로운 전환, 녹색성장 부문으로 이행체계를 갖추고 있으며 이는 생태모방 기술의 주요 특징인 친환경 및 에너지 저감 효과에 잘 부합한다.

특히 세부 이행 내용으로 온실가스 감축을 위한 녹색건축·교통, 흡수원·CCUS, 물관리, 녹색국토에 대한 내용과 이와 관련된 산업인 녹색산업을 양성하기 위한 내용으로 구성된다.

정부는 ‘탄소중립·녹색성장 기본법’에 따라 ‘탄소중립 녹색성장 국가전략 및 국가기본계획’을 설립하고 2030년까지 온실가스 40% 감축목표를 설정했다.

특히 감축목표를 달성하기 위해 감축 부문을 구체화하고 있다.

27) <https://www.gihoo.or.kr/menu.es?mid=a30210000000>

| 탄소중립 녹색성장 국가전략 및 국가기본계획 감축 부문 |

전환	산업	건물	수송	농축수산
<ul style="list-style-type: none"> 석탄발전 감축 원전+재생e 수요 효율화 	<ul style="list-style-type: none"> 핵심기술 확보 기업지원 배출권 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> 제로에너지 건축물 확대 그린 리모델링 	<ul style="list-style-type: none"> 무공해차 보급 철도·항공·해운 저탄소화 	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 농업구조 전환 어선 및 시설 저탄소화
폐기물	수소	흡수원	CCUS	국제감축
<ul style="list-style-type: none"> 지속 가능한 생산·소비체계 자원 순환 이용 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 청정수소 공급확대 수소활용 생태계 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 산림순환경영 내륙·연안습지 복원 및 보호 	<ul style="list-style-type: none"> 법령, 저장소 등 인프라 마련 기술 확보 상용화 연구개발 	<ul style="list-style-type: none"> 민관합동 지원 플랫폼 부문별 사업 발굴 및 이행

28)

세부 감축 부문을 명문으로 규정하고 있으며 석탄 발전 감축, 재생에너지, 폐기물의 지속 가능한 생산 및 소비 체계, 수소 활용 생태계 강화, 제로에너지 건축물 확대, 그린 리모델링, 흡수원 및 CCUS, 무공해차 보급, 철도 항공 해운 저탄소화, 어선 및 시설 저탄소화 등을 구체적인 감축 부문으로 계획하고 있다.

이는 생태모방 기술 5대 분야인 재료/소재, 환경오염 처리, 제약/화학, 차량/항공우주, 건축/기계설계 분야와 상당 부분 겹친다.

나) 한국 생태모방 기술 정책 현황

국내에서는 아직 ‘생태모방 기술’을 직접 체계적으로 육성하고 지원하는 정책적·법제적 제도는 마련되지 않았지만, 그 중요성에 대한 인식이 증가하면서 크고 작은 정책적 지원책이 여럿 시도되고 있다.

한국은 미국, 독일, 프랑스 등 주요국과 함께 정부 차원에서 생태모방 기술 개발에 직접 투자하는 등 생태모방 기술 지원 선도 국가로 평가된다.²⁹⁾

환경부는 2017년 부처별 혁신성장 선도 사업으로 ‘생태모방 기술 개발사업’을 선정했으며 2019년부터 2023년까지 총 312.5억 원(국고 250억 원) 지원해 생태모방 기반 환경오염관리 기술 개발 R&D 사업을 추진해 공기정화 식물 구조를 모방한 실내공기오염 저감 장치 등 8개 생물기능 모방 환경 기술 과제와 6개 Bridge 프로그램 선정해 연구한 바 있다.³⁰⁾

28) <https://www.gihoo.or.kr/menu.es?mid=a30201000000>

29) Amir Lebdouli, 2022. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development.

30) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

국립생태원은 2019년부터 생태모방지식 DB 구축 사업 진행, 2023년 말 184만 종 생물정보, 1,000만여 건 논문 특허 및 생태모방 사례 1,900여 건 등 제공 DB 개발을 완료했다.³¹⁾

국립생태원은 특히 생태모방에 적합한 생물·생태 특성을 발굴하는 연구를 추진하고 있다.

그 밖에 경상북도, 전라남도 등 지자체에서 생태모방 기술 산업 계획을 수립한 바 있다.³²⁾

제20대 및 21대 국회에서는 생태모방 기술 등 청색기술 연구기반 조성의 체계적인 지원을 내용으로 하는 ‘청색기술개발촉진법안’이 발의된 바 있다.³³⁾

국내 생태모방 생태연구는 해외에 비교하면 생물 기능 분석 및 모사 등 초기 단계에 머물고 있다고 평가된다.³⁴⁾

나 시사점

한국, 미국, 독일 등 주요국들은 지구온난화에 따른 탄소중립 정책을 이행하기 위한 국가 전략과 관련법을 제정하고 있으며 녹색산업을 전방위적으로 지원하고 있다.

대부분 국가는 2050년을 목표로 탄소중립 및 녹색산업 활성화 정책을 추진 중이다.

이에 따라 생태모방 기술과 관련된 시장은 적어도 2050년까지 국제사회의 탄소중립 기조에 영향을 받을 것으로 보인다.

생태모방 기술 관련 수혜 산업 분야는 포괄적이지만 특히 탄소저감 분야와 친환경에너지 분야에 크게 집중되고 있다.

국제사회의 탄소중립 정책 기조는 생태모방 신기술 시장이라는 구체적인 시장형성에 기초 동력이 될 것으로 보인다.

특히 직접적으로 탄소 저감 및 친환경에너지 효과가 있는 생태모방 기술 분야가 직접적인 수혜를 받아 시장에서 큰 기회 요인으로 작용할 것으로 예상된다.

31) 김백준, 심승우, 2024. 생태모방 정보를 한눈에...생태모방지식 DB오픈. 국립생태원

32) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

33) 이환주, 2020. 자연에서 힌트 얻는 ‘생태모방기술’ 2035년 76兆 시장 연다. 파이낸셜뉴스

34) 이동영, 2020. 생태모방 기술의 동향과 과제. 국회입법조사처

사실상 아직 생태모방 신기술 시장은 독립된 시장체계 및 규모를 갖췄다고 보기는 어려우며 시장형성 초기 단계 시장으로 분류할 수 있을 것인데 직접적인 정부 지원을 받을 수 있는 탄소 저감 및 친환경에너지 분야와 관련된 생태모방 기술 산업은 시장형성이 더욱 빠르게 진행될 것으로 보인다.

2 경제환경

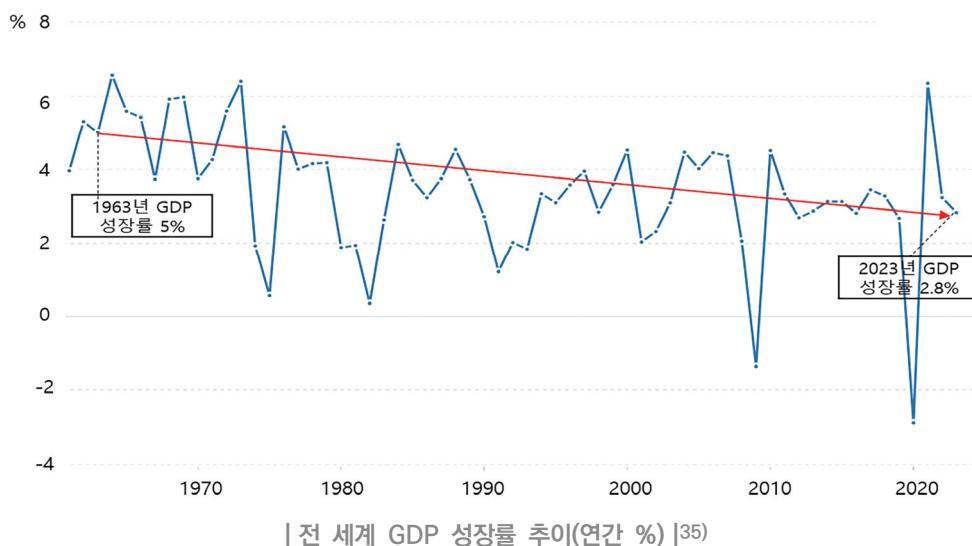
생태모방 기술을 활용하는 시장은 주요 5대 시장을 넘어 크게는 전산업 영역 전반에 걸쳐 있으므로 생태모방 기술을 활용하는 넓은 시장 범위에 영향을 끼치게 될 거시 경제 요소 및 중장기 요소를 살펴본다.

즉, 특정 세부 시장이나 특정 기업에 영향을 끼치는 부분적 요소가 아닌 생태모방 기술을 활용하는 여러 시장에 영향을 끼치게 될 거시 경제 지표 및 중장기 요소를 검토했다.

가 경제성장률 추이

전 세계 및 주요 국가들의 경제성장률(GDP) 변화 추이를 살펴보고 전반적인 생태모방 기술에 대한 수요 및 이와 관련된 시장에서의 시장 영향력 요소를 살펴본다.

1) 전 세계 GDP 성장률 추이



35) World Bank Group Data, GDP growth. data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG

전 세계 GDP 성장률은 1960년대 약 5~6% 수준에서 점차 하락해 2010년대 들어서 약 2%의 성장률을 나타내고 있다.

1963년 GDP 성장률 5%에서 2023년 GDP 성장률 2.8%로 절반 가까이 감소했다.

이에 따라 세계 경제는 장기적이고 지속적인 성장 둔화 추세인 것을 알 수 있으며 전 세계 경제는 성장동력이 한계에 다다랐다는 평가가 많다. 특히 1970년대 에너지 위기(오일 쇼크) 이후 반복적인 인플레이션 현상과 세계 경제 성장을 둔화가 지속 반복되고 있는 추세이다.³⁶⁾

전 세계 경제성장을 둔화의 주요 원인으로는 국제 정세 불안정과 이에 따른 에너지 가격 상승 및 에너지 인플레이션이 주로 지목된다.^{37), 38)}

2) 주요국 GDP 성장률 추이



한국 GDP 성장률은 1960년대부터 급격히 상승해 1990년도까지 10% 이상의 GDP 성장을 유지했지만, 1990년대부터 하락세를 나타내고 있다.

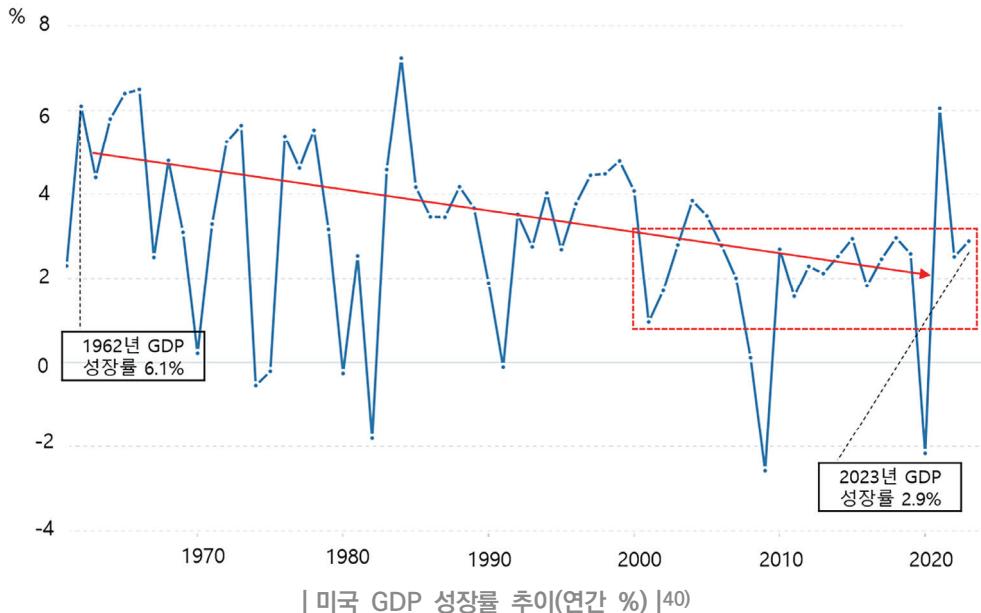
2012년부터는 2%대의 GDP 성장률이 유지됐으며 2023년에는 1.4%의 GDP 성장률을 기록했다.

36) Álvaro Pereira 등, 2022. OECD Economic Outlook 112. OECD

37) Álvaro Pereira 등, 2022. OECD Economic Outlook 112. OECD

38) Álvaro Pereira 등, 2024. OECD Economic Outlook 116. OECD

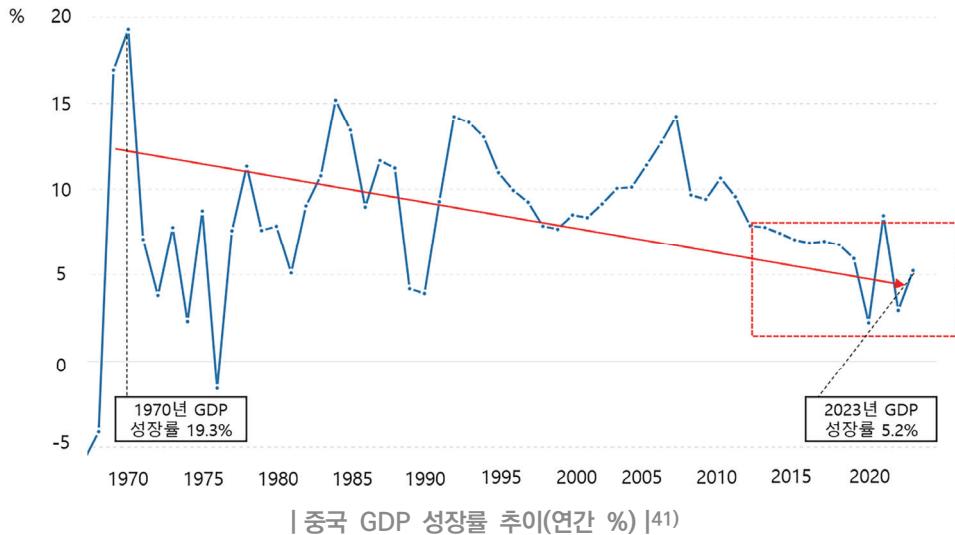
39) <https://www.index.go.kr/unity/potal/indicator/IndexInfo.do?cdNo=2&clasCd=2&idxCd=4201&upCd=1>



최대 경제국 미국의 GDP 성장률도 지속적인 둔화 추세를 나타내고 있다. 미국의 GDP 성장률은 높게는 7%대, 낮게는マイ너스 2%대를 보이며 비교적 큰 폭의 변동 폭을 나타냈지만, 전체적으로 꾸준한 하락세를 나타내고 있다.

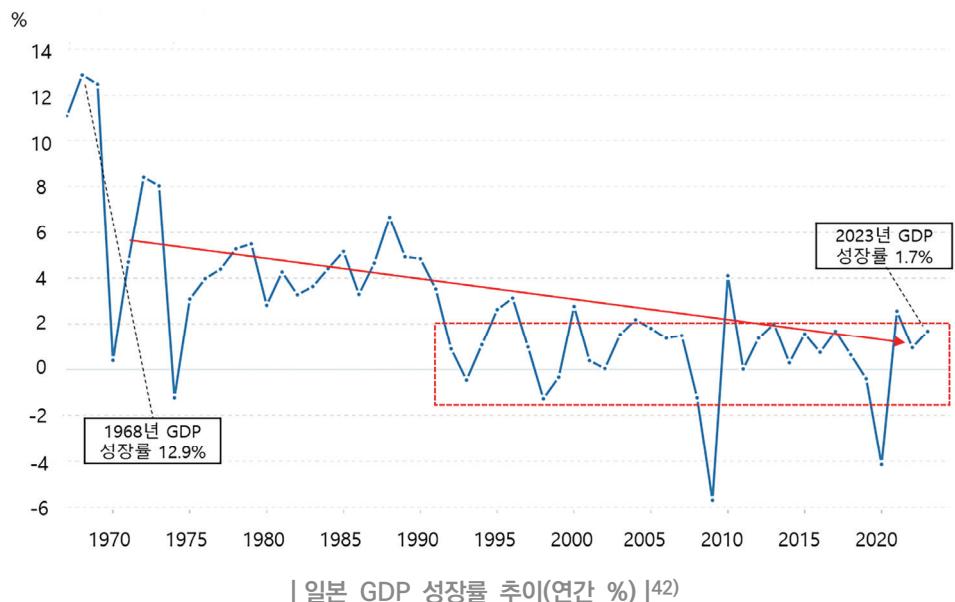
미국의 GDP 성장률은 1960년대부터 1990년대까지 대체로 4~6%대의 성장률을 기록했지만, 1990년부터 2000년도까지 대체로 3%대 성장률을 나타낸 이후 2010년도부터 2%대의 성장률을 나타내고 있다. 1962년 GDP 성장률은 6.1%였지만 2023년 GDP 성장률은 2.9%를 기록하면서 약 2배가량 하락했다.

40) World Bank Group Data, GDP growth. data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG



세계 경제의 성장동력 역할을 해오던 중국경제도 GDP 성장률이 장기간 뚜렷한 둔화세를 나타내고 있다. 중국 GDP 성장률은 1970년부터 2010년도까지 대체로 5~15%를 나타냈지만, 2010년도 이후부터 10% 아래의 성장률을 기록하고 있다.

2020년에는 2.2%, 2022년에는 3%의 GDP 성장률을 기록했다. 1970년 GDP 성장을 19.3%를 기록했지만, 2023년 GDP 성장률은 5.2%로 약 4배가량 감소했다.



41) World Bank Group Data, GDP growth. data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG

42) World Bank Group Data, GDP growth. data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG

일본은 선진국 가운데 장기적으로 가장 급격한 GDP 성장을 하락세를 기록하고 있는 국가로 분류된다. 1960년대에는 대체로 8~12%대의 성장을 나타냈지만, 1970년 중반부터 1990년대까지 3~6%대, 1990년 이후부터 2023년까지 대체로 1%의 성장을 기록하고 있다.

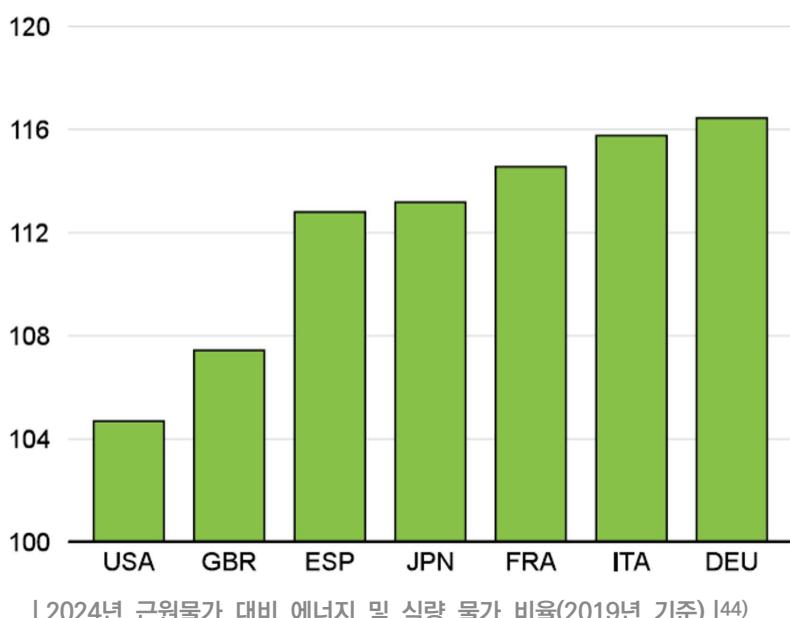
1968년 GDP 성장을 12.9%를 기록했지만 2023년 GDP 성장을 1.7%를 기록해 약 85% 감소했다.

나 에너지 인플레이션

인플레이션이 전 세계 경제성장을 둔화의 주요 원인이 되고 있으며 그 중 특히 에너지 가격 상승(에너지 인플레이션)이 근원물가상승(에너지 및 식량 품목 제외 물가 상승)에 비해 장기간 소비자신뢰(소비자 신뢰도, Consumer Confidence)에 상당한 영향을 끼쳐왔고 경제성장을 둔화에 기여하고 있다.⁴³⁾

아래에서는 에너지 인플레이션 및 에너지 가격 변동 동향을 검토하고 생태모방 기술 수요 및 관련 시장에서의 시장 영향력을 살펴본다.

1) 근원물가 대비 에너지 및 식량 물가 현황



43) Álvaro Pereira 등, 2024. OECD Economic Outlook 116. OECD

44) Álvaro Pereira 등, 2024. OECD Economic Outlook 116. OECD

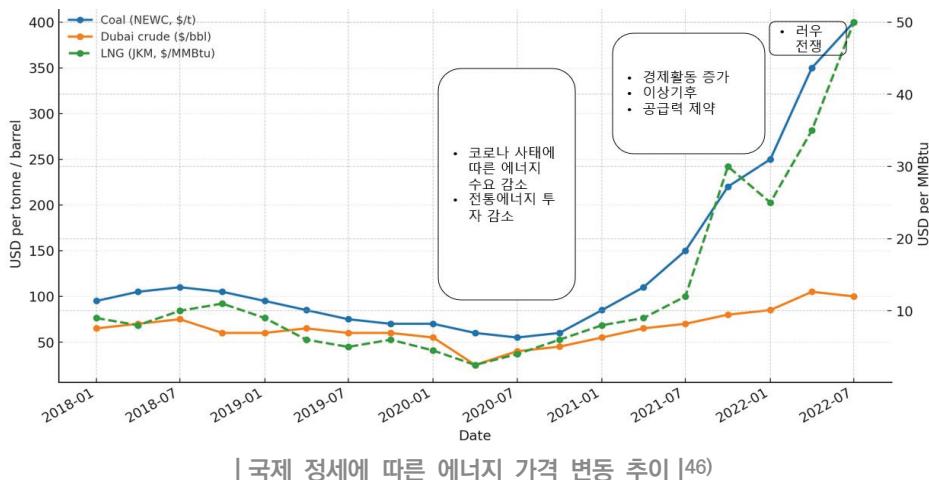
2024년 들어서 인플레이션이 비교적(Covid19 팬데믹, 우-러 전쟁 초기에 비해) 안정되고 있음에도 에너지 인플레이션은 오히려 확대되고 있는 것으로 조사된다.⁴⁵⁾

OECD에서 주요 7개국을 대상으로 ‘근원물가 대비 에너지 및 식량 물가 비율(Ratio of energy and food prices to core prices)’을 조사한 결과 2024 에너지 및 식량 물가는 2019년 대비 크게 증가한 것으로 나타났다.

각국의 2019년 비율을 100으로 봤을 때 2024년 미국은 104.6으로 4.6% 증가, 영국은 107.4로 7.4% 증가, 스페인은 112.7로 12.7% 증가, 일본은 113.1로 13.1% 증가, 프랑스는 114.5%로 14.5% 증가, 이탈리아는 115.7로 15.7% 증가, 독일은 116.4로 16.4% 증가했다.

산유국으로 분류되는 미국과 영국도 에너지 및 식량 물가가 근원물가 대비 뚜렷이 증가한 것으로 나타났으며 비산유국에 포함되는 독일, 프랑스, 일본 등은 그 비율이 크게 증가했다.

2) 주요 에너지원별 가격 추이



주요 에너지 가격은 국제 정세에 따라 큰 변동폭을 나타내고 있다. 또한 에너지 가격은 수요와 공급 상황에 매우 민감하게 영향을 받는다는 특징이 있다.

2020년에는 코로나19 바이러스에 따른 에너지 수요 감소와 국제사회의 탄소중립 정책 및 이에 따른 전통 에너지 투자 감소에 따른 영향으로 에너지 가격은 하락세를 나타냈

45) Álvaro Pereira 등, 2024. OECD Economic Outlook 116. OECD

46) 2023. 국제 에너지시장 동향 및 전망. 에너지경제연구원

다.⁴⁷⁾ 이는 탄소중립 정책에 따른 친환경에너지 투자가 전통 에너지 가격을 안정시킬 수 있다는 점을 시사한다.

2021년 들어서 코로나19 영향에 사회가 적응하고 위축됐던 경제가 다시 활성화되면서 에너지 수요가 증가했으며 이에 따라 2021년 상반기부터 점차 에너지 가격이 상승했으며 특히 하반기부터 석탄 및 LNG 가격이 크게 상승했다. 이는 에너지 수요 증가와 이에 따른 공급력 제약이 에너지 가격을 크게 변동시키고 있음을 알 수 있다.

2022년 2월에는 러시아가 우크라이나를 침공하면서 기존에 상승하던 에너지 가격이 더 큰 폭으로 상승했다.



1990년~2025년까지 장기간 주요 에너지 가격 변동 추이를 살펴보면, WTI유, Brent유, 천연가스 가격 모두 일정 기간(대략 2~5년 주기)마다 큰 폭으로 상승하고 다시 하락하는 변동 구간이 반복적으로 발생했다. 이는 주요 에너지 가격이 그만큼 불안정하다는 것을 의미한다.

원유가격은 지속적으로 가격이 상승했으며 큰 폭의 가격 변동 구간이 반복되고 있다. 천연가스 가격은 저점에서는 가격이 비슷하게 유지되고 있으나 변동 구간에서 변동폭이 원유가격에 비해 더 크게 나타난다.

47) 2023. 국제 에너지시장 동향 및 전망. 에너지경제연구원

48) 한국은행 금융경제. 세계경제. <https://snapshot.bok.or.kr/dashboard/F2>

2002년 1월 천연가스 가격은 MMBTU당 2.3달러에서 2005년 10월에는 13.6달러까지 상승했다. 이후 2006년 9월 4.9달러까지 하락. 우-러 전쟁이 발발한 시점인 2020년 2월 천연가스 가격은 MMBTU당 1.8달러에서 2022년 8월 8.8달러까지 상승한 이후 다시 하락세 구성했다.

1990년 1월 WTI원유 가격은 배럴당 22.6달러, Brent유 가격은 배럴당 21.0달러에서 지속적으로 상승해 2025년 WTI원유 가격은 68.2달러, Brent유 가격은 71.7달러까지 상승했다.

원유 가격은 2002년부터 가격이 크게 상승했다 다시 하락하는 변동 구간이 발생하기 시작했다. 2002년 1월 WTI원유 가격은 배럴당 19.6달러, Brent유는 20.0달러에서 2008년 WTI 134달러, Brent유 133.6달러까지 상승했으며 이후 다시 크게 하락해 2008년 WTI유 40.6달러, Brent유 40.5달러까지 하락했다. 이 같은 변동 구간이 2025년까지 반복된다.

다 사회 부채 비율 동향

친환경 산업으로 분류되는 생태모방 기술 시장은 정부 정책에 큰 영향을 받는 시장으로 정부부채 등 주요국 정부 재정 현황을 자세히 살펴볼 필요성이 높다.

시장에서 영향력이 큰 OECD 국가들의 국채 발행 규모, 국가 부채 추이, 재정수지 동향 등을 검토하고 생태모방 기술 수요 및 관련 시장에서의 시장 영향력을 살펴본다.

1) 주요국 정부부채 현황

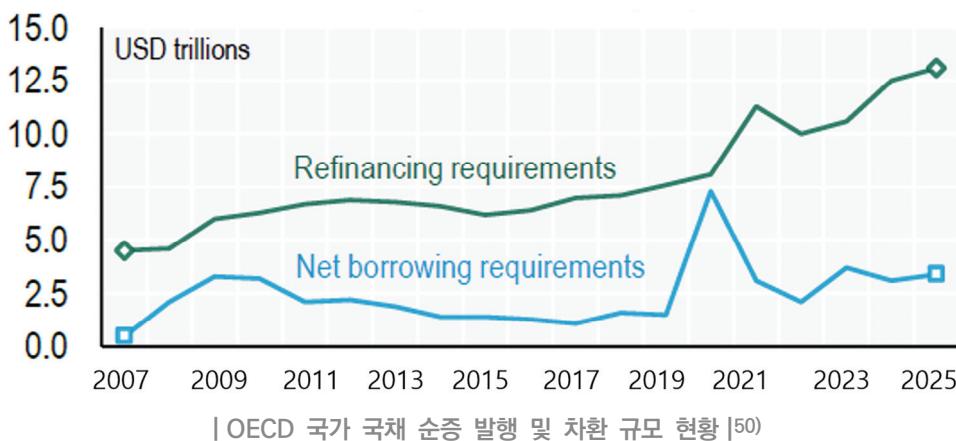


49) Serdar Çelik 등, 2025. OECD Global Debt Report 2025. OECD

OECD 국가들의 국채 발행 총액 규모(Gross borrowing requirements)는 2019년 코로나19 팬데믹 직후인 2020년 크게 증가했으며 이후 잠시 감소하는 듯했으나 2025년(예상)까지 지속적으로 상승하고 있다.

2020년 OECD 국가들의 국채 발행 규모는 15조 달러 규모를 기록했으며 이후 조금씩 감소해 2022년 12조 달러까지 감소했지만, 최근 다시 상승해 2023년 14조 달러, 2024년 16조 달러, 2025년 17조 달러까지 상승했다.

국채 발행 규모가 GDP에서 차지하는 비율은 2024년 및 2025년은 24%에 달한다.



OECD 국가들의 국채 발행 규모 증가는 국채 차환 규모(Refinancing requirements) 및 순증 규모(Net borrowing requirements)에 기인한다. 국채 차환 및 순증 규모는 모두 2019년 이후 크게 증가하고 있다.

2023년 차환 규모는 11조 달러 규모에서 2025년 13조 달러 규모로 증가했다.

순증 규모는 2023년 4조 달러 규모에서 2024년 3조 달러로 감소하고 2025년 3조 달러 수준으로 유지될 것으로 예상되지만, 2019년 코로나 팬데믹 이전 수준에 비하면 약 2배 정도로 크게 증가한 규모다.

국채 차환 및 순증 규모 그리고 전체적인 국채 발행 규모가 증가의 원인에는 코로나 팬데믹 직후 증가한 국채의 이자 지불, 기후변화에 대응하기 위한 에너지 변환 투자 비용, 인구 고령화, 세수 감소에 따른 것이다.⁵¹⁾

50) Serdar Çelik 등, 2025. OECD Global Debt Report 2025. OECD

51) Serdar Çelik 등, 2025. OECD Global Debt Report 2025. OECD

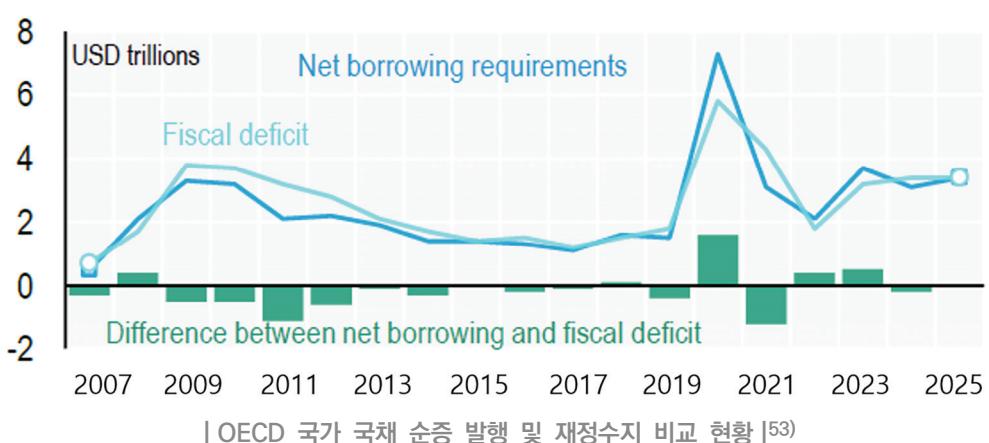
특히 기후변화 에너지 변환 투자 비용도 OECD 국가의 국채 발행 증가의 주요 원인이라는 점에 주목할 필요성이 있다.



국채 발행 규모 증가와 함께 OECD 국가들의 정부 총부채 규모(미상환 유통 국채, Outstanding central government marketable debt,)는 2007년부터 꾸준히 증가했다. 특히 코로나19 영향에 의해 2019년 이후 정부부채는 크게 증가했다.

2023년 이들 국가의 정부부채는 54조 달러로 2022년에 비해 4조 달러 증가했으며 2024년 55조 달러로 증가, 2025년에는 59조 달러로 증가했다.

GDP 대비 정부부채 비율은 2024년 84%에 이르며 2025년 85%로 증가했다.



52) Serdar Çelik 등, 2025. OECD Global Debt Report 2025. OECD

53) Serdar Çelik 등, 2025. OECD Global Debt Report 2025. OECD

OECD 국가들의 국채 발행(순증 발행) 규모가 증가할수록 재정적자 규모도 증가하며 국채 발행 규모가 확대될 경우 각국 정부는 재정적자 규모를 관리하기 위해 다시 국채 발행 규모를 축소하거나 유동성 확보 등의 정책을 실행하고 있다.

2020년 코로나19 충격으로 국채 순증 발행 규모는 크게 증가했으며 이들 국가는 이와 함께 유동성 확보(Liquidity buffer)를 통해 급격한 국채 발행에 대한 부담을 완화하도록 조치했다.

이에 따라 2020년 크게 늘어난 국채 순증 발행 규모에 비해 재정적자 수준이 더 낮게 기록된다. 즉, 순증 발행 규모와 재정적자 규모가 크게 차이 나는 이유는 OECD 국가들이 국채 순증 발행 규모에 대비해 다양한 유동성 확보(Liquidity buffer) 조치에 의한 것이다.

2021년에는 국채 순증 발행 규모를 크게 감소시켰음에도 재정적자 규모가 순증 발행 규모보다 더 크게 나타났다.

이와 같이 각국 정부는 2019년 코로나19 팬데믹 이후 증가하고 있는 국채 발행 규모 및 정부부채 증가에 대응하기 위해 재정 긴축 정책을 다양한 형태로 추진할 것으로 보인다.

라 시사점

전 세계 및 주요 국가들은 장기적으로 경제성장을 둔화를 겪고 있으며 이와 함께 에너지 안보 위기 증가와 에너지 인플레이션을 동시에 겪고 있는 상황이다.

특히 에너지 안보 위기 증가 및 오랫동안 지속되고 있는 에너지 인플레이션이 세계 경제 성장을 둔화와 전반적 인플레이션의 주요 원인이 되고 있다.

OECD도 세계 경제성장을 저하가 지속되는 주요 원인을 에너지 안보 위기 증가와 에너지 인플레이션 현상에 의한 것으로 보고 있으며 에너지 인플레이션이 소비지출 감소와 전반적인 인플레이션을 발생시키고 결국 경제성장을 둔화시키고 있다고 평가하고 있다.

이에 따라 각 국가가 에너지 가격 안정을 위해 에너지 효율성 기술 및 친환경 부문 투자는 불가피하며 OECD도 이를 권장하고 있는 상황이다.

이와 함께 국제사회의 탄소중립(넷제로) 정책의 필요성이 강화됨에 따라 에너지 효율성 기술 및 친환경·저탄소 부문 투자의 필요성은 더욱 높아지고 있다.

이는 생태모방 기술 시장에 대한 전반적인 시장 성장동력으로 작용하고 에너지 효율성 개선 및 친환경적 기능과 직접 관련된 산업은 큰 시장 기회 요소로 작용할 것으로 예상 된다.

또한 코로나19 팬데믹 이후 주요 국가들은 늘어난 재정수요에 따라 국채 발행량을 크게 늘리고 있으며 이에 따른 정부부채가 급격하게 증가한 상황이다.

이에 따라 주요국들은 향후 다양한 재정 긴축 정책을 추진을 해야 하는 상황이며 완만한 방식으로 진행된다 해도 기업·민간 경제에 부담이 증가할 수밖에 없을 것으로 보인다.

즉, 국가 및 기업 부채 증가와 탄소중립(넷제로), 에너지 인플레이션 현상을 동시에 절충해야 하는 현 상황에서 각국 정부와 기업들은 선택적, 우선적, 전략적 투자를 할 가능성이 높다. 즉 주요국들은 공적 자금에 있어 전략적 선택적 투자가 심화할 것으로 예상된다.

이에 따라 국제사회와 시장은 에너지 효율성 개선 및 친환경·저탄소 분야의 투자 집중화는 점차 심화할 것으로 보이며 생태모방 기술 중 에너지 효율성 개선 및 친환경저탄소 기능이 뚜렷한 분야의 기술 투자와 수요는 크게 증가할 것으로 보인다.

또한 민간·기업 부분에서도 장기적인 저성장 경제, 에너지비용 증가, 부채 증가 심화에 따라 에너지 비용 절감 효과가 있는 기술에 대한 수요는 크게 증가할 것으로 예상된다.

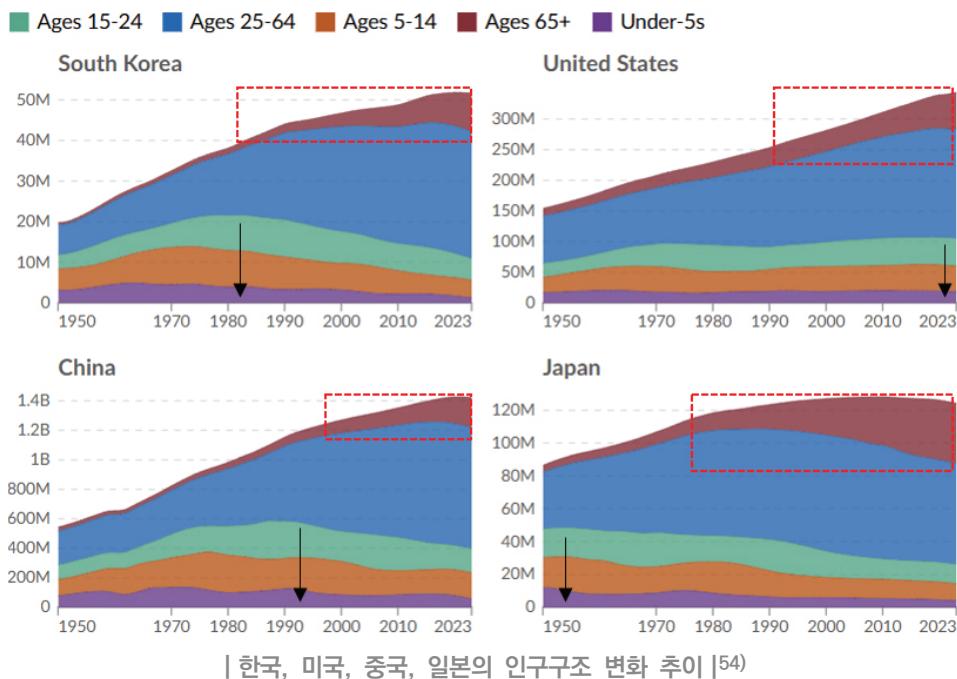
3 사회환경

가 인구구조 동향

주요 국가 및 지역의 인구구조, 연령 부양 비율 변화 추이를 살펴보고 생태모방 기술 수요 및 관련 시장에 끼칠 영향력을 살펴보도록 한다.

1) 연령별 인구구조

가) 주요 국가 연령별 인구구조 변화



주요 국가들은 대체로 대략 1990년대부터 65세 이상 인구가 크게 증가하고 있으며 64세 이하 연령 인구는 감소세를 나타내고 있다. 특히 어린 연령 계층일수록 인구 감소세가 크다.

한국, 일본, 중국은 대략 1990년대부터 65세 이상 인구가 크게 증가하고 있는 반면, 24세 이하 연령층은 큰 감소세를 나타내고 있다.

미국도 1990년 전후로 65세 인구가 지속적으로 증가하고 있다. 미국은 이미 인구 유입으로 64세 이하 인구가 대략 2020년까지 증가세를 유지할 수 있었지만 2020년 이후 감소세를 나타내고 있다.

25~64세 연령 인구는 한국, 중국의 경우 2015년 전후부터 감소세를 나타내기 시작했으며 일본의 경우 1990년대부터 감소세를 나타낸다.

54) Our World in Data, Age Structure, Population by age group. <https://ourworldindata.org/age-structure>

1990년 한국의 연령대별 인구는 5세 이하 337만 명, 5~14세 801만 명, 15~24세 909만 명, 25~64세 2,145만 명, 65세 이상 215만 명을 기록했지만 2023년 5세 이하 136만 명, 5~14세 432만 명, 25~64세 3,130만 명, 65세 이상 948만 명을 기록했다.

한국 등 주요 국가들은 이와 비슷하게 65세 이상 인구는 크게 증가하고 있는 반면, 어린 연령 계층일수록 인구가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

한국의 1990년 65세 이상 인구는 215만 명이었지만, 2023년 948만 명으로 4배 이상 증가했다.

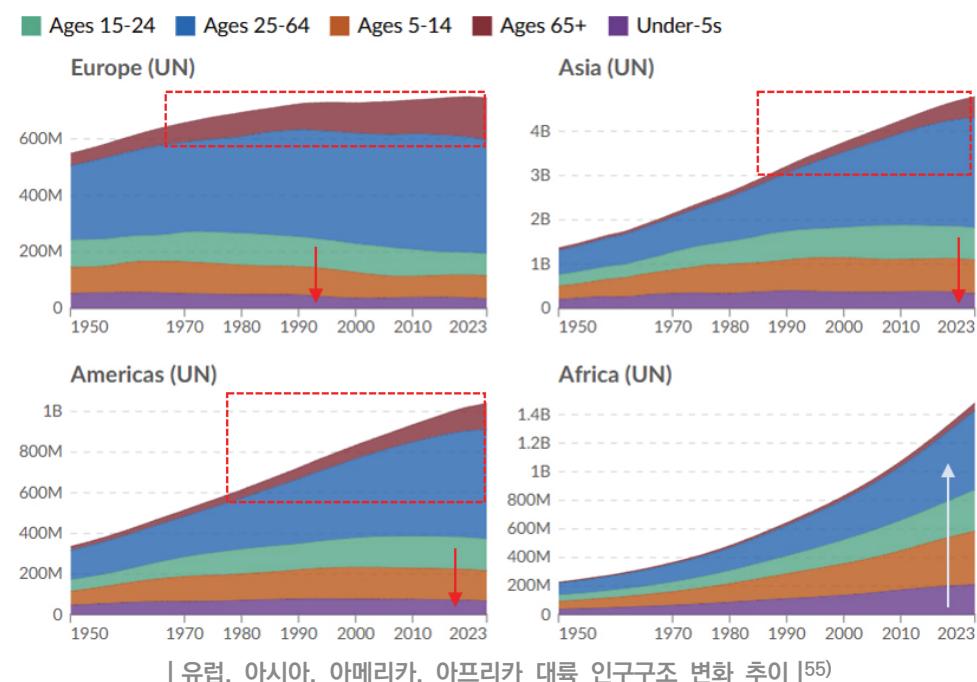
미국의 1990년 65세 이상 인구는 3,114만 명이었지만, 2023년 5,772만 명으로 증가했다.

일본의 1990년 65세 이상 인구는 1,500만 명이었지만, 2023년 3,665만 명으로 증가했다.

중국의 1990년 65세 이상 인구는 6,166만 명이었지만, 2023년 2억 362만 명으로 증가했다.

그 밖의 다른 국가들도 대부분 조사한 국가들의 인구변화와 비슷한 구조를 나타낸다.

나) 주요 대륙별 인구구조 변화



55) Our World in Data, Age Structure, Population by age group. <https://ourworldindata.org/age-structure>

주요 대륙인 아시아, 유럽, 아메리카 대륙은 주요 국가들의 인구변화와 마찬가지로 65세 인구는 증가하고 있는 반면, 64세 이하 연령층 인구는 감소세를 나타낸다.

반면, 주요 대륙 중 유일하게 아프리카만 64세 이하 모든 연령층이 증가하고 있으며 65세 이상 인구는 크게 증가하고 있지 않은 것으로 나타났다.

유럽의 1990년 65세 이상 인구는 9,185만 명이었지만, 2023년 1억 4,962만 명으로 증가했으며 이는 약 5천만 명 증가한 규모다.

아시아의 1990년 65세 이상 인구는 1억 5,444만 명이었지만, 2023년 4억 6,940만 명으로 증가했으며 이는 약 3배 증가한 규모다.

아메리카 대륙의 1990년 65세 이상 인구는 5,460만 명이었지만, 2023년 1억 3,027만 명으로 증가했으며 이는 2배 이상 증가한 규모다.

아프리카 대륙의 1990년 65세 이상 인구는 2,031만 명에서 2023년 5,304만 명으로 증가했지만 아프리카 전체 인구수인 14.8억 명에 비하면 굉장히 작은 규모다.

결국 65세 이상 인구 증가율이 높지 않은 아프리카 대륙도 65세 이상 인구가 증가하고 있으며 다른 주요 대륙인 아시아, 유럽, 아메리카 대륙은 65세 이상 인구가 크게 증가하고 있는 것이 특징이다.

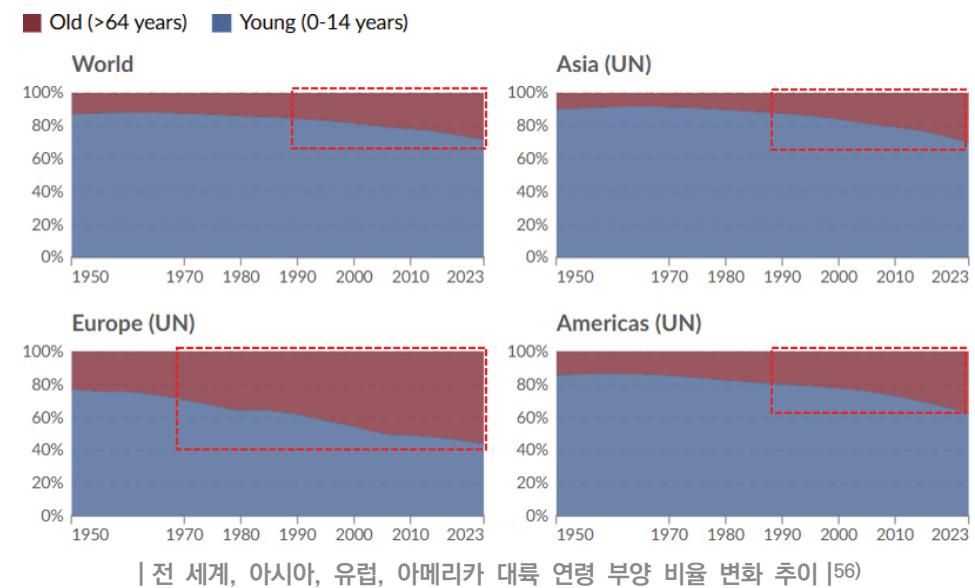
세계 경제 시장의 대부분을 차지하는 아시아, 유럽, 아메리카 대륙의 64세 이하 대부분의 연령층은 감소세를 나타낸다.

2) 연령 부양비율(Age dependency)

생산 가능 연령(15세 이상 64세 미만)에 대한 비생산 가능 연령(0~14세 및 65세 이상)의 비율인 부양비(Dependency Ratio)를 검토하고 생태모방 기술 시장에 대한 시장 영향력을 조사한다.

특히 연령에 따라 사회 생산 가능 인구가 비생산 연령을 부양하는 정도를 나타내는 연령 부양비(Age Dependency Ratio)를 중심으로 검토한다.

가) 주요 대륙별 연령 부양 비율 변화



전 세계 노년 부양 비율(64세 이상)은 1950년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 대략 1990년대부터 노년 부양비는 크게 증가하고 있다. 반대로 유소년 부양 비율(0~14세)은 지속적으로 감소세를 나타낸다.

1990년 전 세계 노년 부양 비율은 15.54%, 유소년 부양 비율은 84.46%였지만 2023년 노년 부양 비율은 28.53%, 유소년 부양 비율은 71.47%로 노년 부양 비율이 약 2배가량 증가했다.

주요 대륙인 아시아, 유럽, 아메리카 대륙도 비슷한 변화추이를 나타내고 있으며 특히 유럽의 노년 부양 비율 큰 증가세를 나타낸다.

1990년 유럽의 노년 부양비는 38.22%, 유소년 부양비는 61.78%였지만 2023년 노년 부양비는 56.41%, 유소년 부양비는 43.59%를 기록했다.

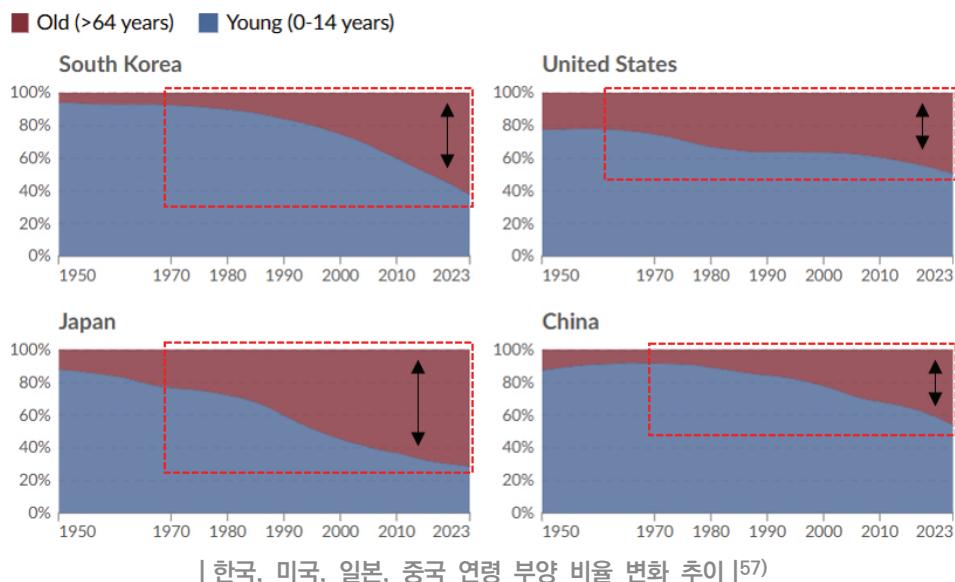
1990년 아시아의 노년 부양비는 12.36%, 유소년 부양비는 87.87%였지만 2023년 노년 부양비는 29.96%, 유소년 부양비는 70.04%를 기록했다.

56) Our World in Data, Age Structure, Age dependency breakdown by young and old dependents, 1950 to 2023. <https://ourworldindata.org/age-structure>

1990년 아메리카 대륙의 노년 부양비는 19.81%, 유소년 부양비는 80.19%였지만 2023년 노년 부양비는 37.50%, 유소년 부양비는 62.50%를 기록했다.

전 세계 및 주요 대륙들의 2023년 노년 부양비는 1990년에 비해 약 2배가량 증가세인 것을 알 수 있다.

나) 주요 국가별 연령 부양 비율 변화



주요 국가들인 한국, 미국, 일본, 중국의 노년 부양비는 전 세계 노년 부양비 증가율보다 더 크게 증가하고 있으며 마찬가지로 대략 1990년쯤부터 노년 부양비가 크게 증가하고 있는 추세를 나타낸다.

특히 한국과 일본의 노년 부양비는 크게 증가하고 있으며 2023년 기준 한국과 일본의 노년 부양비는 유소년 부양비를 크게 앞지른 상태다. 미국과 중국도 2023년 기준 노년 부양비가 50%에 근접한 상황이다.

1990년 한국의 노년 부양비는 15.91%, 유소년 부양비는 84.09%였지만 2023년 노년 부양비는 62.54%, 유소년 부양비는 37.46%를 기록했다. 이는 노년 부양비가 4배 이상 증가한 규모다.

57) Our World in Data, Age Structure, Age dependency breakdown by young and old dependents, 1950 to 2023. <https://ourworldindata.org/age-structure>

1990년 일본의 노년 부양비는 40.28%, 유소년 부양비는 59.72%였지만 2023년 노년 부양비는 71.67%, 유소년 부양비는 28.33%를 기록했다.

1990년 미국의 노년 부양비는 36.29%, 유소년 부양비는 63.71%였지만 2023년 노년 부양비는 49.74%, 유소년 부양비는 50.26%를 기록했다.

1990년 중국의 노년 부양비는 15.66%, 유소년 부양비는 84.34%였지만, 2023년 노년 부양비는 46.32%, 유소년 부양비는 53.68%를 기록했다. 이는 노년 부양비가 약 3배 증가한 규모다.

3) 시사점

전 세계 및 주요 국가들의 65세 이상 인구수 및 노년 부양 비율은 크게 증가하고 있는 반면, 64세 이하 특히 24세 이하 연령층 인구는 크게 감소하고 있고 유소년 부양비도 크게 감소하고 있는 상황이다.

이는 전세계적으로 노동 생산 인구 수가 감소하고 이에 따른 생산성이 감소하고 있는 것을 의미하며 이와 함께 노년층에 대한 부양 부담도 함께 증가하고 있다는 것을 의미한다.

특히 유럽, 한국, 미국, 중국, 일본 등 주요국들에서 이러한 생산 인력 감소 추세가 크게 진행되고 있으며 이는 생태모방 기술 시장에도 큰 영향력을 끼칠 것으로 보인다.

생산 인력 감소 현상은 부족한 인력을 충원하기 위해 새로운 기술의 도입을 필요로 할 것이며 실제로 이와 관련된 휴머노이드, 산업 자동화 설비, 스마트팩토리 등 새로운 기술 산업은 폭발적으로 성장하고 있다.

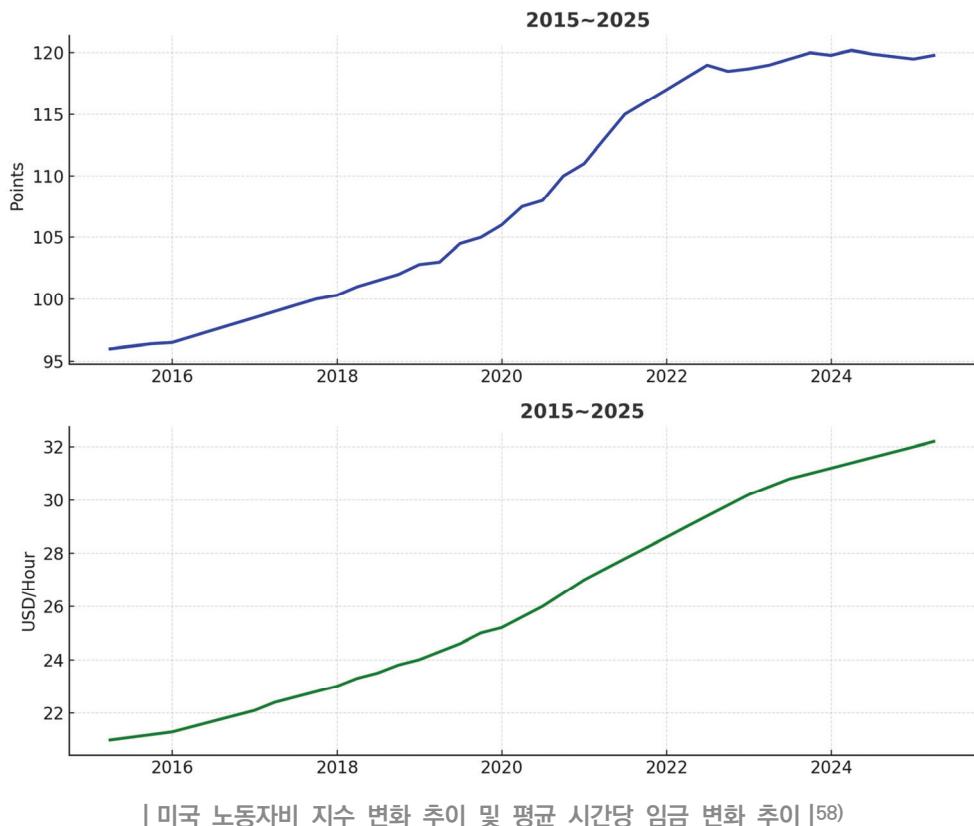
휴머노이드, 산업 자동화 설비, 스마트팩토리 등 기술은 생태모방 기술 5대 분야 시장 중 하나인 건축/기계설계 산업에 대부분 포함된다.

결국 AI 기술과 로봇, 기계설계의 융합으로 인간의 실질적인 노동력을 대체할 수 있는 휴머노이드, 설계 자동화 시스템, 스마트팩토리 등 기술 시장 진입이 가속화되고 있으며 이러한 기술을 더욱 발전시킬 수 있는 생태모방 건축/기계설계 분야 기술 시장은 큰 기회 요소로 작용할 것으로 보인다.

나 임금 및 인건비 증가 동향

미국, 유럽, 한국 등 주요국의 임금 및 인건비 동향을 살펴보고 생태모방 기술 수요 및 관련 시장에 끼칠 영향력을 검토한다.

1) 미국 임금 및 노동비 동향



미국의 평균 시간당 임금 및 노동비 지수는 최근 10년간 크게 증가하고 있다.

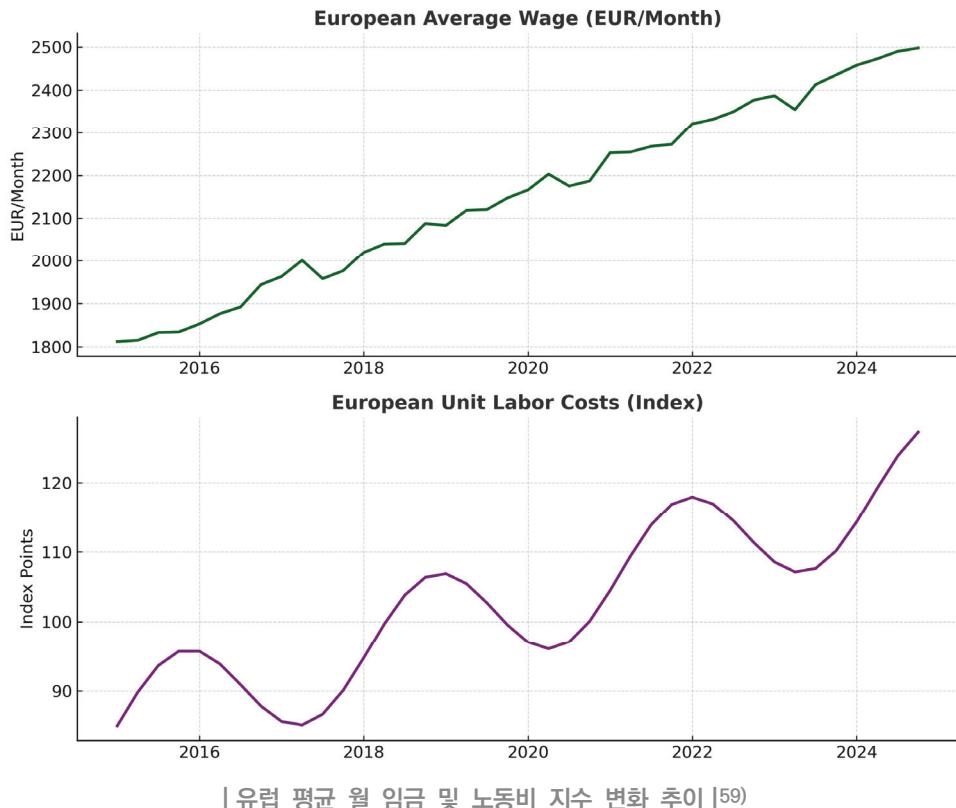
미국의 평균 시간당 임금은 2015년 3월 20.98달러에서 2020년 3월 24.98달러로 4달러 증가했으며 다시 2025년 3월 30.96달러로 약 6달러 증가했다.

임금, 급여세 등 고용주가 노동자의 노동을 위해 지불하는 합산 금액 지수인 노동비 지수 (Labor costs Index)도 최근 10년간 크게 증가세이다.

58) Trading Economics, United States Average Hourly Wages, United States, Nonfarm Unit Labor Costs. <https://tradingeconomics.com/united-states/unit-labour-costs-qoq>

미국 노동비 지수는 2015년 1분기 96.861포인트에서 2020년 1분기 106.381포인트로 증가했으며 2024년 1분기에는 120.718포인트로 크게 증가했다.

2) 유럽 임금 및 노동비 동향



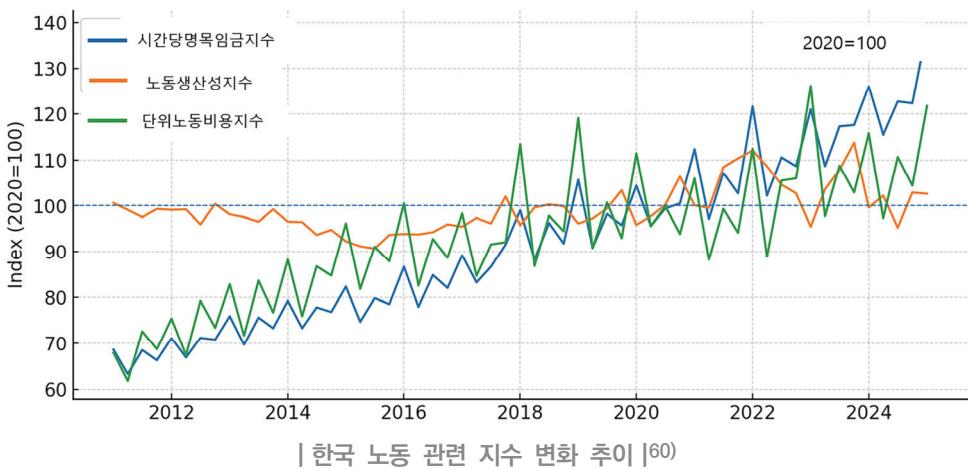
유럽의 임금 및 노동비 지수도 미국과 마찬가지로 최근 10년간 크게 증가하고 있는 추세다.

유럽의 평균 월당 임금은 2015년 1분기 1,860유로에서 2020년 1분기 2,120유로로 증가했으며 다시 2024년 1분기 2,520유로로 증가했다.

임금 및 급여세 등 고용주가 포괄적으로 지불하는 금액에 대한 지수인 노동비 지수는 2015년 2분기 92.9포인트에서 2020년 2분기 104포인트로 증가했으며 다시 2024년 2분기 119.4포인트로 증가했다.

59) Trading Economics, Euro Area Average Monthly Wage Per Worker, Euro Area, Labour Costs.
<https://tradingeconomics.com/euro-area/wages>

3) 한국 임금, 노동비, 생산성 지수 동향



최근 20년간 한국은 임금지수 및 노동비 지수가 크게 증가한 반면, 노동생산성지수는 크게 변동하지 않은 추세이다. 즉 임금 및 인건비는 크게 증가하고 있지만, 그에 비해 노동에 의한 생산성은 제자리 수준이 오랫동안 유지되고 있는 것이 특징이다.

이는 기업 입장에서 보면, 임금은 크게 늘고 있지만 그에 비해 생산성은 증가하지 않으므로 되도록 인건비를 줄이게 되는 원인이 될 수 있다.

2011년 1분기 시간당 명목 임금지수는 68.6p, 단위노동비용지수는 67.9p, 노동생산성지수는 100.6p로 임금지수와 노동비 지수는 비교적 낮은 반면, 노동생산성지수는 높은 수준이 유지됐다.

2016년 1분기 시간당 명목 임금지수는 86.6p, 단위노동비용지수는 100.5p, 노동생산성지수는 93.8을 기록하면서 임금지수 및 노동비 지수는 크게 증가한 반면, 노동생산성지수는 오히려 하락했다.

2024년 1분기 시간당 명목임금 지수는 125.5p, 단위노동비용지수는 118.6p, 노동생산성지수는 105.5p로 임금지수 및 노동비지수가 100p를 훌쩍 뛰어넘고 노동생산성지수는 23년 전과 비교해 5p만 상승한 것이 특징이다.

60) 한국은행 금융·경제, 노동 관련 지수. <https://snapshot.bok.or.kr/dashboard/100b>

4) 시사점

주요국인 미국, 유럽, 한국의 임금 및 노동비는 최근 증가세가 크게 유지되고 있으며 다른 대부분 주요 국가도 이와 비슷한 동향을 나타낸다.

이러한 추세는 인플레이션 현상과 함께 기업에 큰 부담 요소로 작용하기 때문에 되도록 인건비를 줄이려는 현상으로 이어지게 된다.

특히 한국과 같이 임금 및 노동비는 크게 상승하는 반면, 그에 비례해 노동생산성이 크게 증가하지 않는 국가에서는 인간의 노동력을 대신할 수 있는 휴머노이드, 자동화 시스템, 스마트팩토리 등 기술의 수요는 더 클 수밖에 없다.

이에 따라 생태모방 기술 중 휴머노이드, 스마트팩토리 등 산업 자동화와 관련된 분야와 관련된 건축/기계설계 산업은 큰 기회 요소로 작용할 것으로 예상된다.

특히 AI 기술과 로봇, 기계 설계의 융합으로 인간의 노동력을 대체할 수 있는 상품과 기술은 더욱 정교해지고 있으며 이에 따른 경쟁이 심화될수록 생태모방 기술에 대한 수요는 더 증가할 것으로 보인다.

다 기술 및 R&D 투자 동향

1) 주요국 국내총연구개발비(GERD) 동향

Region, country, or economy	GERD (PPP US\$billions)	R&D-performing sector: Share of total (percent)			R&D source of funds: Share of total (percent)			Other domestic	Rest of the world
		Business	Government	Higher education	Business	Government	Business		
United States ^b	806.0	77.6	8.3	10.4	3.7	67.9	19.9	5.5	6.7
EU-27	474.1	65.6	11.6	22.0	0.8	57.0	30.8	2.4	9.9
China	667.6	76.9	15.3	7.8	NA ^a	78.0	19.0	NA	0.2
Japan	177.4	78.6	8.4	11.9	1.2	78.1	15.5	5.9	0.6
Germany	153.7	66.9	14.8	18.3	NA	62.8	30.0	0.3	6.9
South Korea	119.6	79.1	9.8	9.1	2.0	76.1	22.8	0.8	0.3
United Kingdom	97.8	70.9	5.1	22.5	1.5	58.5	19.4	11.4	10.6
France	77.2	65.7	11.7	20.5	2.1	55.4	32.5	4.4	7.7

| 주요국 및 지역 GERD 현황 요약 | 61)

61) Francisco Moris, 2024. Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons.

국내총연구개발비(GERD)⁶²⁾가 가장 높은 최상위 국가는 미국, EU 연합 27개국, 중국, 일본, 독일, 한국, 영국, 프랑스 순이며 미국과 중국, 유럽이 전체 GERD의 대부분을 차지하고 있다.

특히 미국은 국내총연구개발비가 8,060억 달러(21년 기준)로 유로 연합 27개 국가와 비교해도 2배에 가까운 규모다.

이는 R&D 비중이 높은 ‘신기술’ 산업인 생태모방 기술 시장의 경우 미국 시장에 큰 영향을 받게 된다는 것을 의미한다.

국가별 GERD는 2024년 기준 미국 8,060억 달러, 중국 6,676억 달러, EU 27개국 4,741억 달러, 일본 1,774억 달러, 독일, 1,537억 달러, 한국 1,196억 달러, 영국 978억 달러, 프랑스 772억 달러를 기록했다.

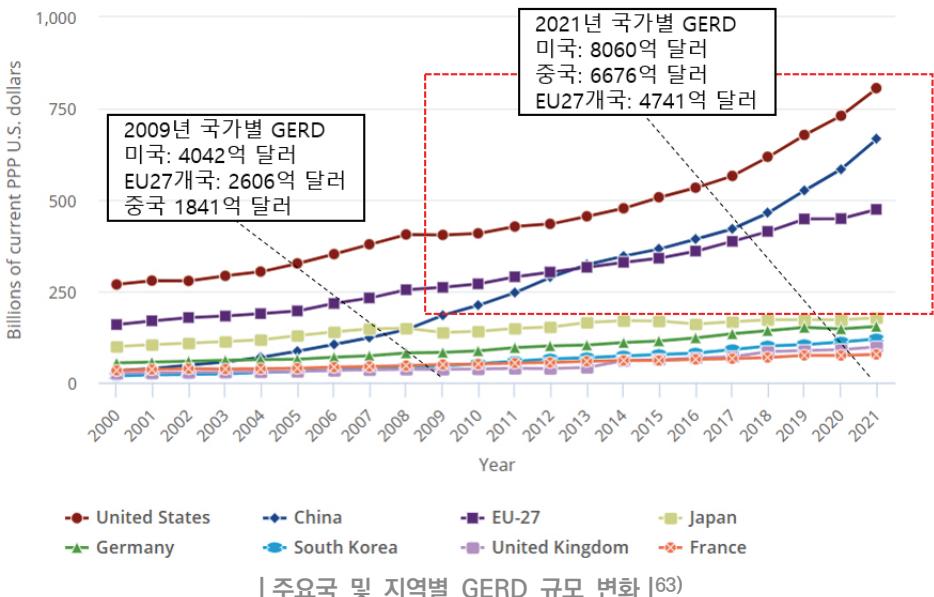
대부분 국가의 R&D는 수행 주체(performing sector)와 자금출처(source of funds) 모두 기업(Business)이 대부분을 차지하고 있다.

하지만 자금출처의 경우 정부의 비중이 높아지는 것이 특징이다. 즉 대부분 국가에서 R&D 수행은 기업이 수행하는 비중이 압도적으로 높지만, R&D 자금은 정부가 출자하는 비중이 비교적 높아진다는 것을 의미한다.

최대 R&D 지출 국가인 미국의 경우 R&D 수행 주체가 정부인 경우는 8.3%에 불과했지만, 자금출처가 정부인 경우는 19.9%를 차지하고 있다.

이러한 현상은 생태모방 기술과 같은 R&D 비중이 높은 ‘신기술’ 산업의 경우 정부의 정책에 비교적 큰 영향을 받게 된다는 점을 시사한다.

62) 기업, 정부, 고등교육기관, 비영리 기관 등 포함 기관이 R&D 수행 및 자금 출처한 연구비



미국, 중국, 유럽 27개국의 GERD 규모는 대체로 2009년 이후부터 급격히 증가해 다른 국가들에 비해 월등히 높은 수준에 이르고 있다.

미국, 중국, 유럽은 최근 GERD 규모가 다른 국가에 비해 압도적으로 큰 규모를 구성하고 있으며 특히 이들 국가는 장기간 높은 GERD 성장세를 나타내 R&D 중심 시장을 주도하고 있다.

이는 생태모방 기술 등 R&D 중심 ‘신기술’ 산업의 경우 미국과 함께 중국, 유럽의 시장 영향력도 점차 증가하고 있는 것을 의미한다.

2009년 미국의 GERD는 4,042억 달러, EU 27개국은 2,606억 달러, 중국은 1,841억 달러였지만 2021년 미국의 GERD는 8,060억 달러, 중국은 6,676억 달러, EU 27개국은 4,741억 달러로 크게 증가했다.

11년 동안 미국의 GERD는 약 2배, 중국의 GERD는 3배 이상, EU 27개국 GERD는 2배 이상 증가한 규모다.

63) Francisco Moris, 2024. Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons.

2) R&D 분야별 투자 현황

가) 미국 R&D 투자 동향

(Millions of dollars and percent)

Industry, NAICS code	Domestic net sales ^a	Domestic R&D ^b	R&D-to-sales ratio (%)
All industries, 21–33, 42–81	13,097,756	602,499	4.6
Manufacturing industries, 31–33	6,550,600	326,060	5.0
Chemicals, 325	1,309,684	109,490	8.4
Pharmaceuticals and medicines, 3254	624,341	100,220	16.1
Machinery, 333	427,096	17,730	4.2
Computer and electronic products, 334	778,262	101,063	13.0
Semiconductor and other electronic components, 3344	232,353	47,396	20.4
Electrical equipment, appliance, and components, 335	156,050	5,494	3.5
Transportation equipment, 336	1,014,159	50,760	5.0
Motor vehicles, bodies, trailers, and parts, 3361–63	623,254	26,391	4.2
Aerospace products and parts, 3364	311,988	21,468	i
Nonmanufacturing industries, 21–23, 42–81	6,547,157	276,439	4.2
Information, 51	1,703,835	147,855	8.7
Software publishers, 5112	303,134	39,049	12.9
Data processing, hosting, and related services, 518	562,172	45,192	8.0
Finance and insurance, 52	1,537,769	20,947	1.4
Professional, scientific, and technical services, 54	483,784	66,496	13.7
Computer systems design and related services, 5415	199,429	20,409	10.2
Scientific R&D services, 5417	82,907	34,142	i
			41.2

| 미국 내 기업 R&D 산업별 투자 현황(2021년 기준) |⁶⁴⁾

기업들의 미국 내 R&D 전체 투자(지출) 규모는 6,024억 달러 규모이며 그중 제조업 분야 R&D 투자 규모는 3,260억 달러 규모로 전체의 약 54%를 차지하고 있다.

기업들의 제조업 분야 R&D 중 화학/제약, 기계, 전자제품/반도체, 항공 장비 분야에서 매출 대비 높은 R&D 지출 비중을 나타낸다.

이는 기업들의 화학/제약, 기계, 전자제품/반도체, 항공 장비 분야에 있어 높은 신기술 수용성을 나타내는 것으로 이들 분야에서는 생태모방 기술도 수용성이 높을 것으로 예상된다.

(Millions of dollars and percent)

Industry, NAICS code	Domestic net sales ^a	Domestic R&D ^b	R&D-to-sales ratio (%)
All industries, 21–33, 42–81	13,097,756	602,499	4.6
Manufacturing industries, 31–33	6,550,600	326,060	5.0
Chemicals, 325	1,309,684	109,490	8.4
Pharmaceuticals and medicines, 3254	624,341	100,220	16.1
Machinery, 333	427,096	17,730	4.2
Computer and electronic products, 334	778,262	101,063	13.0
Semiconductor and other electronic components, 3344	232,353	47,396	20.4
Electrical equipment, appliance, and components, 335	156,050	5,494	3.5
Transportation equipment, 336	1,014,159	50,760	5.0
Motor vehicles, bodies, trailers, and parts, 3361–63	623,254	26,391	4.2
Aerospace products and parts, 3364	311,988	21,468	i
			6.9

| 미국 내 기업 제조업 분야 R&D 투자 현황 |⁶⁵⁾

64) Francisco Moris, 2024. Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons.

65) Francisco Moris, 2024. Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons.

기업들의 미국 내 제조업 R&D 투자 규모가 가장 큰 분야를 순서대로 살펴보면 화학/제약 분야 1,094억 달러, 컴퓨터 및 전자제품 분야 1,010억 달러, 수송 및 이동 장비 분야 507억 달러, 기계 분야 177억 달러, 전기장비 분야 54억 달러 순이다.

특히 화학 분야 R&D 중 제약 분야 R&D 투자는 1,002억 달러로 대부분을 차지하고 있으며 컴퓨터 및 전자제품 R&D 투자 중 반도체 R&D 투자가 473억 달러로 절반 정도를 차지하고 있다. 수송 및 이동 장비 분야 R&D 투자 중 자동차(Motor) 장비 R&D 투자는 263억 달러, 항공 장비 R&D 투자는 214억 달러 규모이다.

매출 대비 R&D 비중을 살펴보면, 전체 화학 분야도 8.4%로 높은 편이지만 그중 제약 분야 별도로는 16.1%로 상당히 높은 수준이다.

컴퓨터 및 전자제품 분야의 매출 대비 R&D 비중은 13.0%로 상당히 높은 편이지만 그 중 반도체 분야는 20.4%로 전체 산업 중 가장 높은 수준을 차지한다. 이는 급성장하는 AI 시장에 영향을 받았기 때문이다.⁶⁶⁾

항공우주 분야 R&D 분야의 매출 대비 R&D 비중은 6.9%로 전체 산업 평균 비중인 4.6%에 비해 역시 높은 수준이다.

반면, 수송 장비 관련 전체 매출액은 1조 141억 달러에 이르지만 R&D 투자는 5.0%인 507억 달러, 자동차 관련 매출액은 6,232억 달러에 이르지만 R&D 투자는 4.2%인 263억 달러에 불과하다.

이에 따라 화학/제약, 전자제품/반도체, 항공 장비 분야는 신기술 수용성이 높고 이는 해당 분야의 생태모방 수요로 이어질 가능성이 클 것으로 예상된다.

반면, 매출 대비 R&D 비중이 낮은 수송 장비 및 자동차 관련 분야는 R&D 금액 자체가 높아 생태모방 기술에 대한 잠재적 수요 및 시장 잠재력은 높지만, 비교적 신기술 수용성이 낮다고 볼 수 있다. 또한 해당 산업 내에서 다양한 영역으로의 기술 수요 확장성은 비교적 느릴 것으로 보인다.

매출 규모에 비해 R&D 비중이 낮은 산업은 기존 기술 기반 중심으로 사업을 운영하는 경향이 강하고 이에 따라 기술 혁신보다는 기존 시장 점유율 확대 등에 보다 집중하는 것이 특징이기 때문이다.

66) Francisco Moris, 2024. Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons.

결국 신기술 R&D 의존도가 비교적 낮은 수송 장비 및 자동차 분야 산업에서는 관련 생태모방 기술이 빠르게 개발된다고 하더라도 실제로 기술이 시장에 도입되는 시기는 트렌드 등 다양한 시장 상황에 따라 상대적으로 느릴 가능성이 높다.

이에 따라 생태모방 기술의 경우에도 수송 장비 및 자동차 분야에서는 기술 수용성에 대한 확장이 화학/제약, 반도체 등 분야에 비해 상대적으로 낮을 것으로 예상된다.

· Electricity, gas, steam and air conditioning supply; Water supply; sewerage, waste management and remediation activities	617.000
· Services of the business economy - sections G to N	
· Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles	12 850.000
· Transportation and storage	5 120.000
· Information and communication	149 551.000
· · Publishing activities	35 678.000
· · · Publishing of books, periodicals and other publishing activities	67.000
· · · Software publishing	35 612.000
· · Telecommunications	
· · Computer programming, consultancy and related activities	18 457.000
· · Information service activities	42 839.000
· Financial and insurance activities	13 965.000

| 미국 내 기업 주요 비제조업 분야 R&D 투자 현황 |⁶⁷⁾

미국 내 기업들은 연간(2020년 기준⁶⁸⁾) 오염관리 분야가 포함된 ‘전기, 가스, 스팀, 대기질, 물 자원 공급, 오염관리’ 분야 R&D에 6억 1,700 백만 달러를 지출함. 이는 위에서 살펴본 제약, 전자제품/반도체, 항공 장비 등 분야에 대한 R&D 투자 규모에 비해 비교적 작은 규모다.

하지만 해당 분야는 민간·기업 주도 산업이 아닌 정부 주도 산업으로 정부 R&D 예산 규모는 이보다 훨씬 많을 것으로 예상된다.

또한 미국 정부는 2020년 이후 ‘전기, 가스, 스팀, 대기질, 물 자원 공급, 오염관리’ 분야의 R&D 투자 규모를 기밀 또는 비공개 사항으로 처리하고 있다.

이에 따라 생태모방 기술의 주요 분야인 환경오염 처리 시장 및 관련 기술 수요는 아직 상대적으로 민간 기업보다는 정부를 중심으로 시장 성장이 촉진될 것으로 보이며 적극적

67) Business enterprise R&D expenditure by industry. OECD Data Explorer. <https://data-explorer.oecd.org>

68) 2021년 이후 미국 정부는 해당 정보를 비공개 처리하고 있으며 이에 따라 2020년 자료가 가장 최근 자료

인 정부 주도의 기술 투자 및 정책 추진이 민간 기업의 기술 수용성을 주도할 것으로 예상된다.

<i>Time period</i>	2020	2021	2022	2023	2024
<i>Socio-economic objectives</i>					
Total	169 901.000	161 885.000	186 876.000	198 941.000	₩ 203 919.000
· Total GBARD excluding GUF	169 901.000	161 885.000	186 876.000	198 941.000	₩ 203 919.000
· Exploration and exploitation of the Earth	1 778.000	2 519.000	2 026.000	2 375.000	₩ 2 306.000
· Environment	556.000	574.000	573.000	624.000	₩ 624.000
· Exploration and exploitation of space	14 206.000	11 566.000	14 552.600	10 920.000	₩ 11 033.000
· Transport, telecommunication and other infrastructures	1 926.000	1 911.000	2 496.000	2 038.000	₩ 1 970.000
· Energy	4 539.000	4 529.000	7 113.900	6 460.000	₩ 8 675.000
· Industrial production and technology	821.000	952.000	5 761.000	3 000.000	₩ 2 284.000
· Health	48 055.000	44 941.000	49 486.321	50 453.000	₩ 50 114.000
· Agriculture	3 061.000	3 222.000	3 904.798	3 442.000	₩ 3 457.000
· Education	581.000	588.000	719.000	581.000	₩ 767.000
· Culture, recreation, religion and mass media	28.000	28.000	28.000	28.000	₩ 32.000

| 미국 정부 주요 분야별 R&D 예산 현황 |⁶⁹⁾

미국 정부의 R&D 예산에서 생태모방 기술의 주요 분야인 환경오염 처리 기술과 관련된 분야는 ‘환경(Environment)’ R&D와 ‘에너지(Energy)’ R&D 영역에 포함된다.

미국 정부의 환경 R&D는 2020년 5.5억 달러에서 2024년 6.2억 달러로 비교적 크게 증가하지 않았지만, 에너지 R&D는 2020년 45억 달러에서 2024년 86억 달러로 크게 증가했다.

미국 정부 부처는 환경보호처(Environmental Protection Agency) 외에도 에너지부(U.S Department of Energy)의 바이오에너지부서(Bioenergy Technologies Office), 자동차 기술부서(Vehicle Technologies Office) 등에서 환경오염 처리에 대한 연구와 투자를 계속 해오고 있다.

특히 미국 에너지부의 바이오에너지부서(Bioenergy Technologies Office)에서는 탄소 배출·관리, 폐기물 관리 등을 부서의 주요 업무 목표(Mission)로 설정하고 적극적인 연구와 투자를 지속하고 있다.⁷⁰⁾

69) Government budget allocations for R&D, United States, OECD Data Explorer. <https://data-explorer.oecd.org/>

70) <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/bioenergy-technologies-office>

미국 정부의 ‘에너지’ 분야 R&D 예산 증가는 에너지부 등에서 하는 환경오염 처리 관련 분야 R&D 예산의 증가를 의미한다.

미국 정부의 환경, 에너지 관련 R&D 예산 증가는 생태모방 기술의 주요 분야인 환경오염 처리 기술 및 시장에서 큰 기회 요소로 작용할 것으로 보인다.

나) 한국 R&D 투자 동향

| 한국 내 기업 R&D 산업별 투자 현황 |

(단위: 10억 원)

년도	전체	농/임/어업	광업	제조업	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	수도 하수, 폐기물 처리, 원료재생업	건설업	서비스 부문	기타
2012	43,222.9	26.6	35.1	37,960.4	407.4	27.9	988.3	3,771.1	-
2013	46,559.9	26.2	25.3	41,254.0	322.7	33.4	960.1	3,938.2	-
2014	49,854.5	28.7	20.3	44,328.2	333.7	34.6	991.9	4,117.2	-
2015	51,136.4	31.3	23.4	45,822.4	338.8	52.5	750.6	4,117.4	-
2016	53,952.5	40.8	19.7	48,014.1	505.8	44.5	662.0	4,665.4	-
2017	62,563.4	36.8	12.0	55,986.7	586.8	43.7	676.8	5,220.7	-
2018	68,834.4	83.5	16.1	61,157.2	611.9	46.5	684.5	6,234.9	-
2019	71,506.7	61.5	8.4	62,555.0	590.4	51.2	657.8	7,582.3	-
2020	73,599.8	70.0	7.1	63,816.3	588.0	64.2	641.2	8,413.0	-
2021	80,807.6	61.9	7.0	69,556.0	557.6	63.0	643.3	9,918.8	-
2022	89,421.3	59.2	7.9	76,895.6	524.4	60.4	678.5	11,195.3	-

71)

한국 내 기업들은 R&D 투자(연구개발비)가 제조업 분야에 크게 집중되고 있으며 생태모방 기술의 5대 분야는 대부분 제조업 분야에 포함된다.

2022년 기준 한국 내 전체 기업 R&D 투자금 89조 원 중 76조 원은 제조업 R&D에 집중됐다.

생태모방 기술 중 환경오염 처리 기술과 관련된 ‘수도, 하수·폐기물 처리, 원료재생업’ 분야의 기업 R&D는 제조업에 비하면 매우 작은 규모를 차지하지만 꾸준한 성장률을 나타내고 있는 것이 특징이다.

71) 2024. 2024 산업기술통계. 한국산업기술진흥원

참고로 미국과 마찬가지로 한국은 환경오염 처리 분야 연구는 민간 기업보다는 정부가 주도하는 것으로 볼 수 있을 것이다.

2012년 ‘수도, 하수·폐기물 처리, 원료재생업’ R&D 규모는 270억 규모였지만 2022년 600억 규모로 성장했다.

| 한국 내 R&D 1,000대 기업의 제조업 R&D 투자 현황 |

(R&D 투자액이 1조 원 이상 부문만 정리)

(단위 10억 원, %)

구분	R&D 투자액			매출 대비 R&D 투자 비중	2020	2021	2022
	2020	2021	2022				
화학물질	2,313	2,119	2,375	2.34	1.88	1.93	
의약품	2,431	2,665	2,890	9.35	8.85	8.13	
전자부품·컴퓨터·영상·음향	27,347	29,914	32,197	9.23	8.33	8.75	
의료·정밀	853	984	1,021	8.78	7.78	7.52	
전기장비	4,456	5,292	5,857	7.42	7.24	6.19	
자동차 및 트레일러	7,841	7,903	8,882	4.72	4.24	4.11	
소계	49,385	52,869	57,523	5.41	5.04	4.69	

72)

(‘22년 기준) 제조업 산업 중 기업들의 R&D 투자 금액이 높은 산업은 ‘전자부품·컴퓨터·영상·음향’ 분야 32조 1,970억 원, ‘자동차 및 트레일러’ 분야는 8조 8,820억 원, 전기장비 5조 8,570억 원, 의약품 2조 890억 원, 화학물질 2조 3,750억 원, 의료·정밀 분야는 1조 원 규모 순이었다.

이들 산업 중 매출 대비 R&D 투자 비중이 높은 산업은 ‘전자부품·컴퓨터·영상·음향’ 분야 8.75%, ‘의약품’ 분야 8.13%, ‘의료·정밀’ 분야 7.52%, ‘전기장비’ 분야 6.19% 순이었다.

‘전자부품·컴퓨터·영상·음향’, ‘의약품’, ‘의료·정밀’, ‘전기장비’ 분야는 R&D 투자 금액도 높지만 매출 대비 R&D 투자 비중도 높아 생태모방 기술과 같은 신기술에 대한 수용도가 높다고 볼 수 있으며 구체적인 시장이 형성된다면 확장성(성장 속도)도 빠를 것으로 예상된다.

반면, ‘자동차 및 트레일러’ 산업의 경우 매출액 대비 R&D 비중은 4.11%, 투자 금액은 8조 8,820억 원으로 상대적으로 낮은 연구개발 비중을 보인다.

화학물질 산업의 경우에는 이보다 더 낮은 수준이며 매출액 대비 R&D 비중이 1.93%, 투자 금액은 2조 3,750억 원 규모로 낮은 규모다.

이에 따라 ‘자동차 관련 산업’ 및 ‘화학물질 산업’은 R&D 규모 자체가 크기 때문에 생태모방 기술에 대한 시장 잠재력은 높다고 볼 수 있으나 전체 매출 대비 낮은 R&D 비중에 따라 생태모방과 같은 신기술 수용성은 ‘의약품’ 등 산업과 비교했을 때 비교적 낮을 것이며 해당 산업 내에서 다양한 영역으로의 기술 수요 확장성은 비교적 느릴 것으로 예상된다.

3) 시사점

국내총연구개발비(GERD)가 높은 미국과 한국은 전체 R&D 투자(지출)금 중 제조업 분야에서 절반 이상이 투자되고 있다. 특히 전 세계 R&D 비중의 상당 부분을 차지하는 미국의 경우 제조업 분야 중 화학/제약, 전자제품/반도체, 항공 장비 분야에서 매출 대비 높은 R&D 지출 비중을 나타내고 있다.

이는 기업들의 화학/제약, 전자제품/반도체, 항공 장비 분야에 있어 높은 신기술 수용성을 나타내는 것으로 이들 분야에서는 생태모방 기술도 수용성이 높을 것으로 예상된다.

반면, 수송 장비 및 자동차 관련 분야는 R&D 금액 자체가 높아 생태모방 기술에 대한 잠재적 수요 및 시장 잠재력은 높지만, 매출 대비 R&D 비중이 비교적 낮아 생태모방 기술과 같은 신기술 수용성이 비교적 낮을 것으로 보인다. 또한 해당 산업 내에서 다양한 영역으로의 신기술 수요 확장성은 비교적 느릴 것으로 예상된다.

또한 환경 오염관리 관련 분야에 대한 기업들의 투자 규모는 화학/제약, 전자제품/반도체, 항공 장비 등 분야 규모에 비해 비교적 작은 부분을 차지한다.

하지만 환경오염 처리 분야에서 상당수 R&D 비중을 차지하는 에너지 관련 R&D 투자는 지속적인 증가세를 보이고 있다.

특히 환경오염 관리 관련 분야가 포함되는 환경 분야 연구는 민간·기업 주도가 아닌 정부 주도 영역으로 민간 기업보다는 정부를 중심으로 시장 성장이 촉진될 것으로 보이며 적극적인 정부 주도의 기술 투자 및 정책이 민간 기업의 기술 수용성을 주도할 것으로 예상된다.

4 기술환경

가 AI 기술 동향과 시장 영향

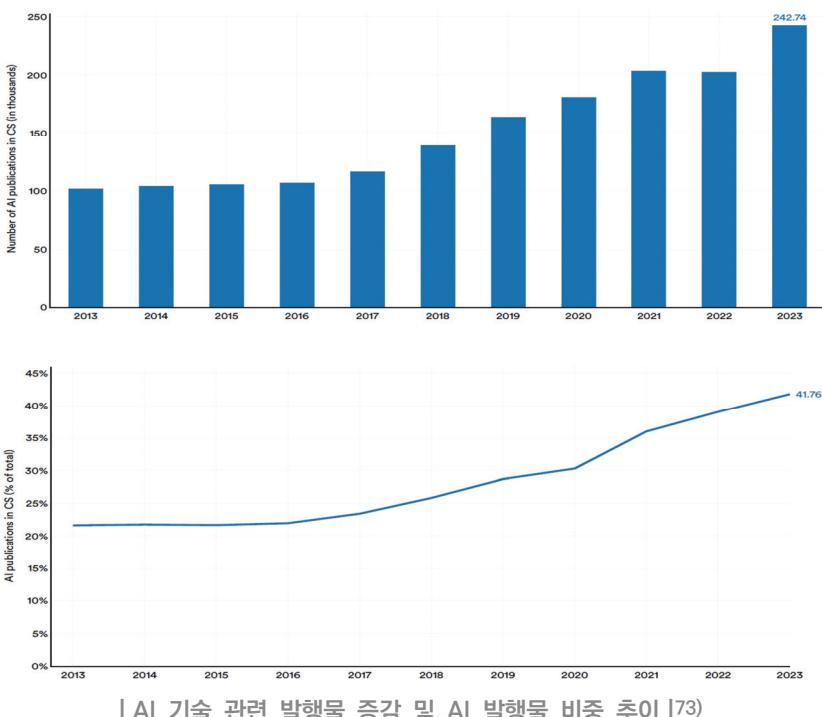
AI 기술은 거의 모든 산업과 시장에 막대한 영향을 끼치고 있으며 특히 테크(기술) 중심 산업과 시장에서 혁신적인 영향을 끼치고 있다.

생태모방 기술 시장은 뚜렷한 테크 중심 시장으로 AI 기술에 많은 영향을 받게 될 것이며 AI 기술은 산업뿐만 아니라 생태모방 기술과 관련된 학제간 연구 환경에도 큰 영향을 끼칠 것으로 보인다.

아래에서는 전체 AI R&D 환경 및 산업동향과 시장 영향력이 큰 빅테크 기업들의 주요 AI 기술 동향을 살펴보고 생태모방 기술 시장에 영향을 끼칠 요소를 검토한다.

1) 전체 AI 산업 동향

가) AI R&D 환경



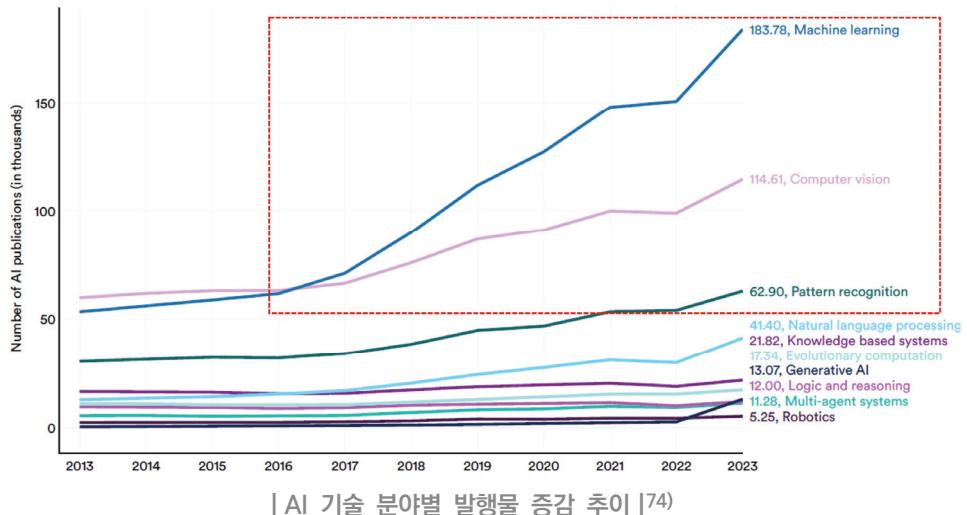
73) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.

2013년에서 2023년 사이 전 세계 AI 기술 관련 발행물은 2배 이상 증가했다. 2013년 AI 관련 발행물은 102,000건에서 2023년 242,000건으로 발행량이 증가했다.

또한 2023년 기준 전체 컴퓨터 공학(CS) 분야에서 AI 관련 발행물이 41.76%를 차지했다. AI 관련 발행물 비중도 2013년에 비해 2배 이상 증가했다.

AI 관련 발행물과 AI 관련 발행물의 비중이 증가함에 따라 AI 기술과 다른 학제 간 영향, 산업 및 시장 영향력은 크게 증가하고 있다.

생태모방 기술 시장은 뚜렷한 테크 분야로 이러한 AI R&D 영향력 확대에 크게 영향을 크게 받을 수밖에 없다.



AI 연구 세부 분야별 출판물은 머신러닝, 컴퓨터비전, 패턴인식 주제 출판물이 대부분을 차지한다. 2023년 기준 머신러닝 출판물은 18만 건, 컴퓨터비전 출판물은 11만 건, 패턴인식 출판물은 6만 건 출판됐다.

비중의 경우 전체 AI 출판물에서 머신러닝 출판물은 75.7%, 컴퓨터비전 출판물은 47.2%, 패턴인식 출판물은 25.9%를 차지했다.

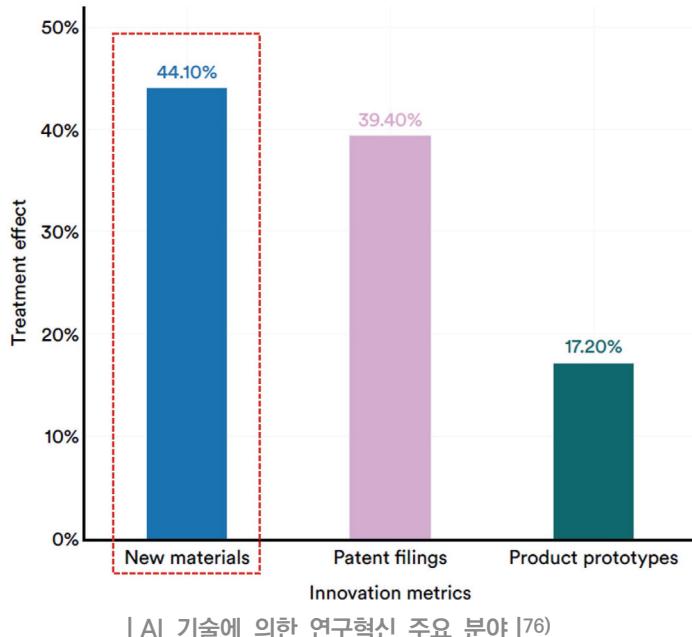
74) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.

이는 AI 연구가 머신러닝을 중심으로 컴퓨터비전 및 패턴인식 기술에 집중되고 있는 것을 나타낸다.

머신러닝, 컴퓨터비전, 패턴인식 AI 분야의 발전은 ‘신소재 및 화합물 개발’, ‘노동 및 산업 자동화’ 분야에서 학제 간 연구와 산업에 엄청난 기회 요소를 제공하고 큰 기술적 수요가 발생할 것으로 보인다.

특히 생태모방 5대 분야 중 ‘제약/화학’, ‘기계설계’ 분야에서의 AI 활용이 증가하면서 관련 생태모방 데이터의 수요도 증가할 것으로 예상된다.

심지어 2024년 노벨 화학상과 물리학상이 AI 관련 연구로 수여되었으며 AI 기술이 화학, 제약 분야에서 연구의 중심을 차지할 것으로 전망되고 있다.⁷⁵⁾



과학연구자 1,018명을 대상으로 진행한 한 조사에 따르면, AI를 사용했을 때 연구 생산성이 가장 큰 분야는 ‘신물질 개발’, ‘특히 서류작업’, ‘시제품 제작’ 분야인 것으로 나타났다.

75) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.

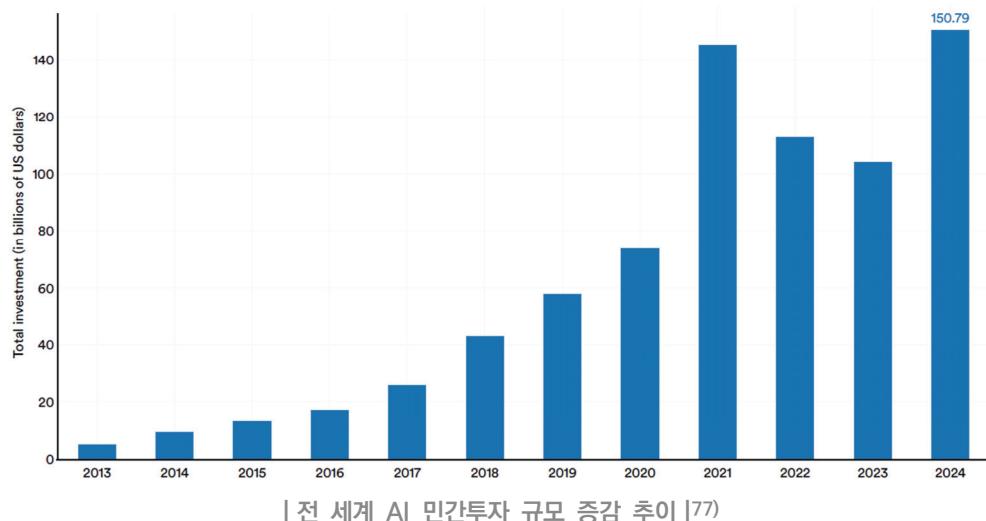
76) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.

특히 AI를 사용한 연구자는 그렇지 않은 연구자보다 ‘신물질’ 연구 분야에서는 44.1%, ‘특허 서류작업’ 분야에서는 39.40%, ‘시제품 제작’ 분야에서는 17.20%의 생산성 증가 효과를 경험했다고 답했다.

AI 기술이 현재(2023년 기준)에도 ‘신물질 개발’ 분야에서 큰 생산성 증대 효과를 가져오고 있으며 이에 따라 ‘신물질 개발’ 분야에서는 AI 기술이 거의 필수적인 기술이 될 것으로 보인다.

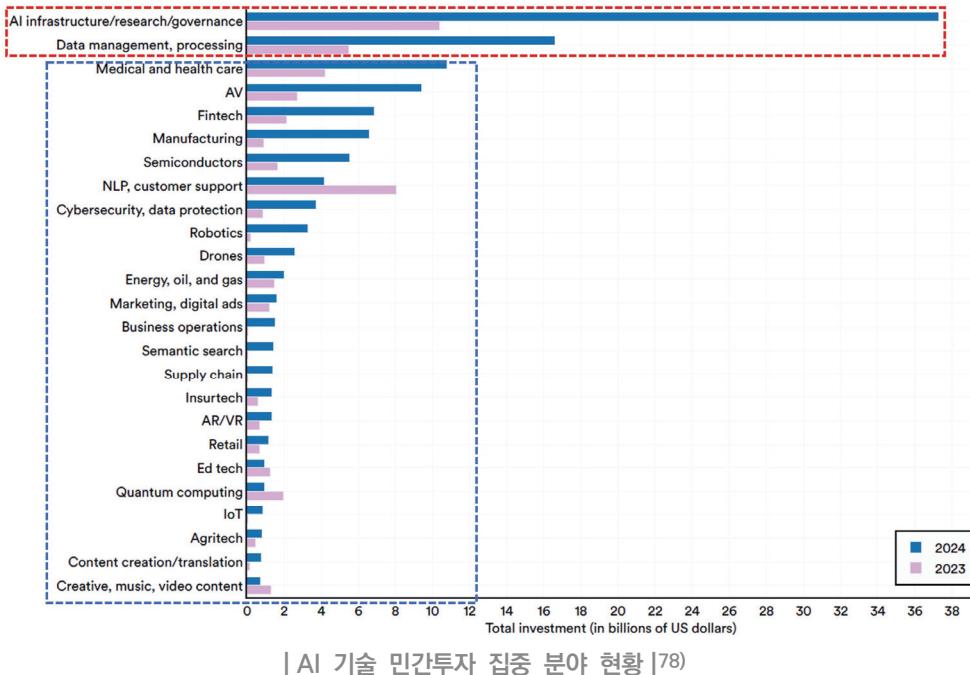
이는 생태모방 5대 분야의 경우 ‘재료/소재’, ‘제약/화학’ 분야에 해당한다.

나) AI 기술 투자 동향



AI 기술에 대한 민간투자는 2013년 이후 엄청난 규모로 증가하고 있는 추세이다. 2013년 AI 기술에 대한 민간투자는 약 1,500만 달러 정도로 추정되지만, 2024년 1,500억 달러 규모에 달하는 것으로 추정된다.

77) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.



| AI 기술 민간투자 집중 분야 현황 |⁷⁸⁾

AI 기술에 대한 민간투자는 ‘AI 기술 제반 연구(AI infrastructure/research/governance)’와 ‘데이터 관리 및 처리’ 분야에 크게 집중되고 있다.

‘AI 기술인프라 등 제반 연구’에 민간투자가 집중되고 있는 현상은 전반적인 AI 활용도가 증가하고 생태모방-AI 기술 학제 간 연구 환경에도 기회 요소로 작용할 것으로 보인다.

또한 ‘데이터 관리 및 처리’ 분야에 집중된 투자는 ‘제약/화학’, ‘재료/소재’에서 AI 활용도를 증가시킬 것이고 이에 따라 관련 생태모방 데이터 수요 증가로 이어지게 될 것이다.

그 외 AI에 대한 민간투자는 매우 다양한 영역에 고루 걸쳐 분포되어 있지만 대부분 ‘산업 및 노동 자동화’ 기술과 관련된 영역이며 해당 분야의 AI 활용 증가는 생태모방-AI 학제간 기술 데이터 수요 증가로 이어질 것으로 보인다.

2024년 기준 ‘AI 기술 제반 연구’ 민간투자는 373억 달러, ‘데이터 관리 및 처리’ 민간 투자는 166억 달러, 의학 및 헬스케어 AI 투자는 110억 달러 규모에 이른다.

78) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.

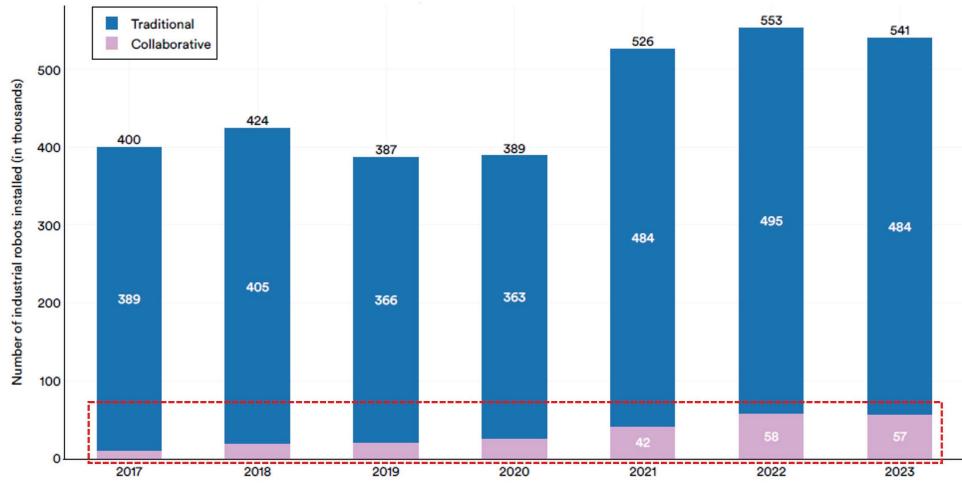


Figure 4.5.3

| 전통 개념 로봇 및 협업 로봇 산업현장 설치 증감 현황 |⁷⁹⁾

산업현장에 설치된 산업용 로봇은 전세계적으로 증가하고 있는 추세이며 특히, 산업용 로봇 중 협업 로봇(코봇)이 크게 증가하고 있다.

전체 산업용 로봇은 2017년 40만 대에서 2023년 54만대로 증가했으며 특히, 협업 로봇 비중은 2017년 2.8%에 불과했지만 2023년 10.5%로 크게 증가했다.

기존 개념의 전통 로봇은 자율성보다는 사람이 제어하는 도구에 가까운 개념의 로봇이라면 협업 로봇은 스스로 행동하는 자율성에 의해 사람과 함께 협업할 수 있는 더욱 사람에 가까운 로봇이다.

협업 로봇은 자율성을 기능하기 위해 센서, AI, 정교성, 안전성 등 보다 복합적인 기술들이 사용된다.

때문에 산업현장에서 필요로 하는 협업 로봇의 센싱, 운동성, 안전성 등 관련 R&D 수요가 증가할 것이며 이는 기계설계 분야 등에서의 생태모방 기술에 대한 수요 증가로 이어질 수 있을 것으로 예상된다.

79) Yolanda Gil, Raymond Perrault, 2025. Artificial Intelligence Index Report 2025, Human-Centered Artificial Intelligence.

2) 빅테크 기업 AI 기반 신소재·신약 개발 현황

기업		연구내용
빅테크	제약회사/빅테크	
OpenAI	Sanofi	<ul style="list-style-type: none"> 바이오테크 기업 포메이션바이오(Formation Bio)와 파트너쉽 체결('24.5.) <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 SW를 구축하고, 신약개발 수명 주기 전반에 걸친 맞춤형 솔루션 발명
	Moderna	<ul style="list-style-type: none"> 모더나-오픈AI 파트너십 구축('24.4.) <ul style="list-style-type: none"> - 오픈AI의 API를 기반으로 내부적으로 구축된 mChat01라는 자체 챗GPT를 도입하며 협업('23.~) 후, 확대하여 임상연구, 법무, 마케팅 등에 AI 활용
	Eli Lilly	<ul style="list-style-type: none"> 오픈AI와 협력하여 항생제 내성(AMR)을 극복하기 위한 새로운 항균제 개발을 시작('23.6.)
Meta	<ul style="list-style-type: none"> AI 기반 단백질 구조 예측 모델인 ESMFold 개발(구글의 AlphaFold와 경쟁) 	
NVIDIA의 BioNeMo	Recursion Pharmaceuticals	<ul style="list-style-type: none"> 엔비디아가 '23년 5,000만 달러(약 726억 원)를 투자한 AI 신약개발, 뇌혈관 기형(CCM) 치료제 후보물질인 REC-994 임상 2상 결과 공개('25.2.)
	Amgen	<ul style="list-style-type: none"> 엔비디아와 글로벌 제약사인 암젠(Amgen)이 협력하여 신약 연구를 위한 슈퍼컴퓨터 '프레이야(Freyja)'를 개발 중
	Genentech	<ul style="list-style-type: none"> 로슈(Roche) 자회사로 엔비디아와 다년간 전략적 연구 협력을 발표('23.11.) <ul style="list-style-type: none"> - 제넨텍의 생성형 AI 모델과 알고리즘을 엔비디아의 AI 슈퍼 컴퓨팅 플랫폼인 DGX 클라우드에 최적화하여 신약 발견과 개발을 가속화 추진
Google DeepMind의 GNoME	<ul style="list-style-type: none"> DeepMind 기반 AI 신소재 개발 모델 GNoMe 220만 개의 신소재 구조를 예측하였으며, 현재 이 중 700여 개의 후보 물질을 합성(2023년 기준) 	
Google DeepMind의 AlphaFold	<ul style="list-style-type: none"> 단백질 구조 예측하고 만들어내는 'AlphaFold' 최초 공개('18.12.) 이후 'Alpha Fold3'을 공개('24.5.) 알파프로티오(AlphaProtio)와 신약 후보 물질 발굴('24.11.) 	
Google의 Isomorphic Labs	<ul style="list-style-type: none"> 구글 딥마인드의 창립자/CEO가 설립('21.)한 AI 신약 자회사로 알파폴드(Alpha Fold)를 활용하여 신약개발 과정을 기존 5~10년에서 10배 단축을 목표로 함 	
	Eli Lilly	<ul style="list-style-type: none"> 구글과 협력하여 여러 표적에 대한 저분자 치료제를 개발할 계획
	Novartis	<ul style="list-style-type: none"> 구글과 협력하여 3개의 표적에 대한 저분자 치료제를 발굴 중

80), 81)

80) 윤희정, 2025. AI를 활용한 혁신 신약개발의 동향 및 정책 시사점. KISTEP

81) June Kim, 2023. 구글 딥마인드, AI로 신소재 700여 종 발견. MIT Technology Review

OpenAI, Meta, NVIDIA, Google 등 시장 영향력이 매우 큰 빅테크 기업들은 AI 기술을 활용해 신약, 신소재 등 신물질 개발에 투자하고 있다.

AI 기반 신물질·신소재 및 신약 개발 분야는 학술연구뿐만 아니라 실제로 주요 기업들이 매우 활발히 투자하고 개발하고 있는 분야이며 이는 해당 분야에서의 생태모방 기술 수용도 및 확장성이 크다는 것을 의미한다.

이에 따라 AI 기술-신소재 및 제약개발-생태모방 기술 학제 간 협업 환경도 활발히 진행될 수 있을 것으로 보인다.

3) 시사점

AI 기술 관련 발행물 발행량과 AI 분야 투자는 지속적으로 크게 증가하고 있다. 특히 AI 연구 및 투자는 머신러닝, 데이터 관리 및 처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 산업로봇 등 분야에 집중되고 있다.

이에 따라 주요 응용 분야인 ‘신소재 및 신약 개발’, ‘노동 및 산업 자동화’ 분야에서 AI 활용이 크게 증가할 것으로 보이며 생태모방 기술과의 학제 간 연구 환경도 증대될 것으로 보인다.

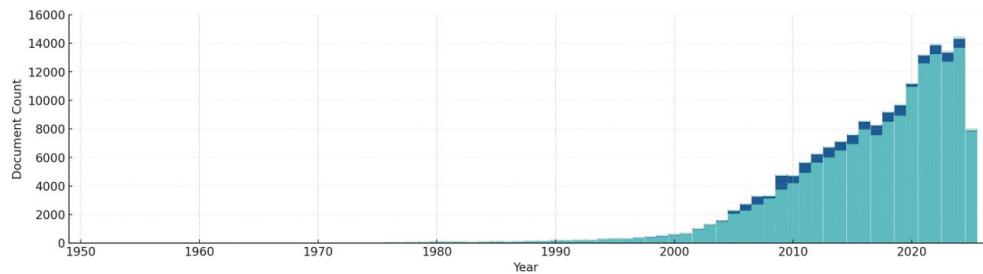
실제로 ‘신물질’ 분야 연구자들은 AI를 적극 활용하고 생산성 효과도 높은 것으로 인식하고 있으며 이에 따라 현재도 해당 분야에서는 AI 기술 활용이 많이 활용되고 있다.

생태모방 5대 분야의 경우 ‘재료/소재’, ‘제약/화학’, ‘자동화 관련 기계’ 분야에 해당하며 관련 분야 생태모방 데이터의 수요도 증가할 것으로 예상된다.

나 생태모방 기술 연구 환경

생태모방 기술의 연구 논문, 특히 현황 등 연구 환경과 관련된 현황을 살펴보고 기술 수요 및 시장 잠재력을 검토한다.

1) 생태모방 기술 연구자료 발행량 현황



| 전체 생태모방 기술(Biomimetics) 관련 연구자료 발행 추이 |⁸²⁾

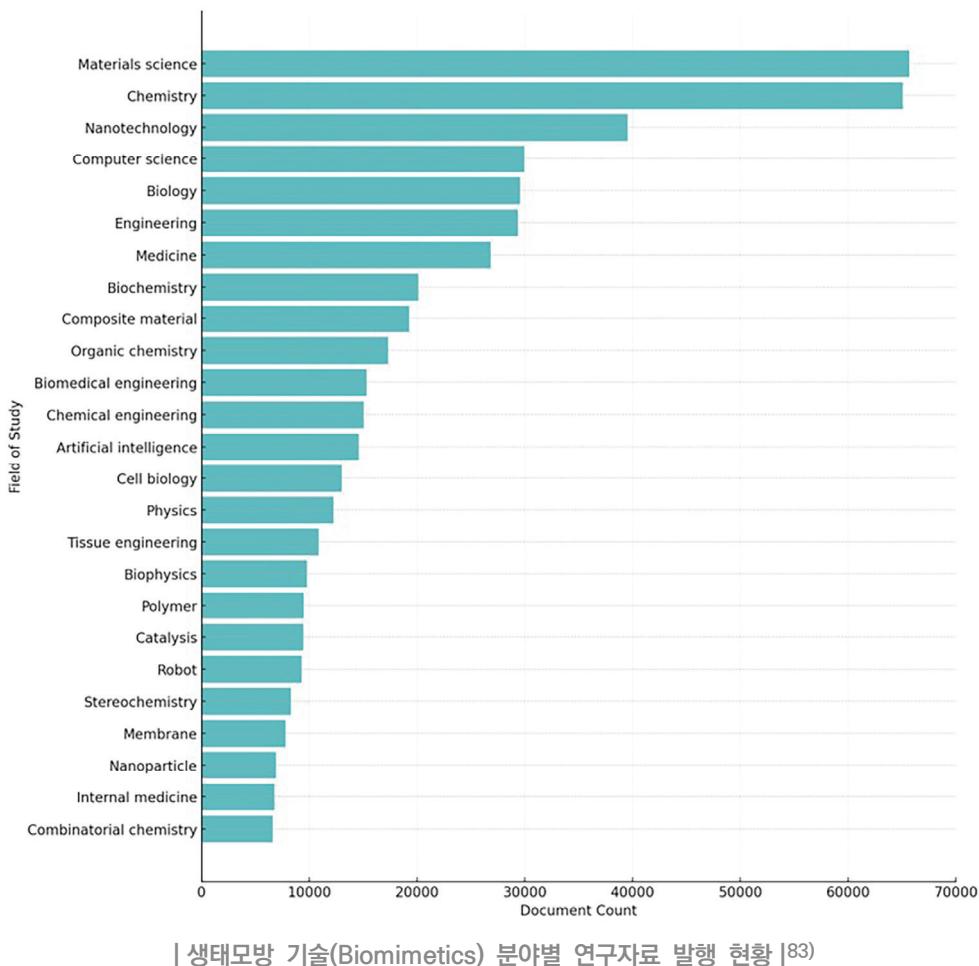
생태모방 기술(Biomimetics) 관련 연구 자료(대부분 학술지 논문)은 2000년대 이후 폭발적으로 증가하고 있다.

2000년 생태모방 기술 연구자료는 626개에 불과했지만, 2024년 14,474개로 크게 증가했으며 이는 23배 이상 증가한 규모다.

생태모방 기술에 대한 연구자료 발행이 크게 증가하고 있는 것은 전체 생태모방 기술 수요 및 시장 잠재성이 크게 증가하고 있는 것을 의미한다.

82) LENS.ORG, Scholarly works, Scholar Analysis, Biomimetics, <https://www.lens.org/lens/search/scholar/analysis?q=biomimetics>

2) 생태모방 기술 분야별 연구자료 발행 현황



생태모방 기술(Biomimetics) 관련 연구자료는 재료학, 화학 분야에서 압도적으로 높은 발행량을 차지한다. 재료학은 65,605건, 화학은 65,017건(2025년 5월 기준)을 기록했다.

이어서 나노테크놀로지, 컴퓨터과학, 생물학, 의약, 복합재료학, 바이오화학, AI, 화학공학, 바이오 메디컬 공학, 물리학, 로봇 분야가 상위 15위를 차지하고 있다.

발행량 상위 15위 내 분야는 주로 재료학, 화학, 컴퓨터 및 AI, 로봇, 의약/의공학, 생명공학 분야로 요약된다.

83) LENS.ORG, Scholarly works, Scholar Analysis, Biomimetics, <https://www.lens.org/lens/search/scholar/analysis?q=biomimetics>

15위 밖 주요 분야는 기계공학, 제어학(Control engineering) 등 기계 분야와 컴퓨터비전, 시뮬레이션, 스캐폴드 등 AI 관련 분야가 많이 차지한다.

분야를 전체적으로 다시 요약하면, 생태모방 기술 관련 연구가 가장 활발한 분야는 재료학, 화학, 제약, AI, 로봇 분야로 요약할 수 있다.

이에 따라 생태모방 기술 5대 분야의 경우 재료/소재, 제약/화학, AI 및 로봇 관련 기계설계 분야에 해당한다.

다만, 이는 연구자료 발행량 기준으로 시장 잠재력을 의미하며 실제 기업들의 기술 수용성 및 확장성을 살펴볼 필요성이 있으며 이를 위해 실제 기업들의 투자, 기술 개발, 시장 진입 현황 등의 기업 동향을 살펴봐야 한다.



1 시장동향

가 시장 특성 및 구성

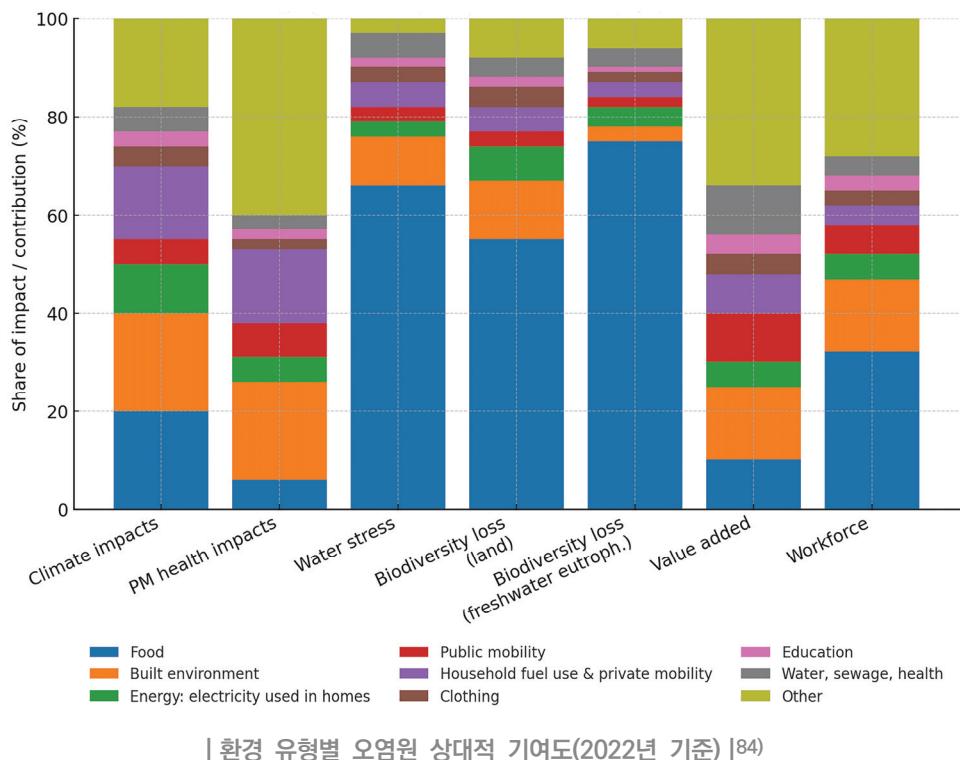
글로벌 환경오염 처리 시장은 지속 가능한 발전, ESG 경영 및 탄소중립에 대한 사회적 수요가 주요한 성장동력이 되고 있다.

환경오염 처리 시장은 크게 대기오염 처리, 수질오염 처리, 토양 및 지하수 오염처리, 폐기물 처리, 기타 오염처리 시장으로 구성된다.

규모별로는 폐기물 처리, 수질오염 처리, 토양 및 지하수 오염처리, 대기오염 처리 시장 순으로 큰 것으로 추정되며 이들 시장이 전체 환경오염 처리 시장의 대부분을 차지한다.

특히 폐기물 처리(Waste Management) 시장은 규모 면에서 전체 환경오염 처리 시장의 대부분을 차지하고 있으며 폐기물은 토지 및 지하수, 수질, 대기도 오염시키는 특징으로 인해 직접 폐기물 처리 시장뿐만 아니라 전체 환경오염 처리 시장에서 큰 영향력을 가진다.

1) 환경 부분별 오염 원인



글로벌 자연환경은 주로 식품, 건축, 에너지, 교통, 의류, 교육, 수도 관련 활동에 따라 오염을 받는 것으로 조사된다.

기후 환경의 경우 식품, 건축, 가정 에너지 관련 활동이 가장 큰 오염 기여도를 나타내고 있다.

수질 환경의 경우 식품 관련 활동이 압도적으로 큰 오염 기여도를 나타낸다.

토지 환경(생물종 손실)의 경우도 식품 관련 활동이 압도적으로 큰 오염 기여도를 나타내고 있으며 이어서 건축, 에너지 등 활동이 오염에 기여한다.

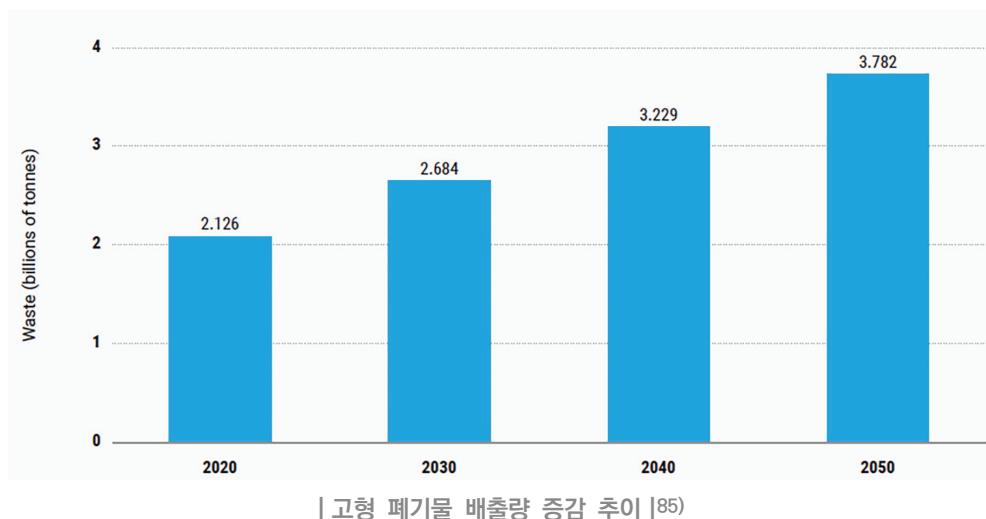
그 밖의 환경 부분에서도 대부분 식품과 건축, 에너지 부분이 큰 오염 기여도를 나타내고 있다.

84) Hans Bruyninckx, 2024. Global Resources Outlook 2024. United Nations Environment Programme

이는 환경오염 처리 시장에서 식품, 건축, 에너지 활동 관련 오염처리 기술 수요와 시장에 대한 잠재성이 크다는 것을 의미한다.

특히 고체 폐기물을 발생시키는 식품 관련 활동은 토지와 수질뿐만 아니라 기후에도 큰 오염 기여도를 나타내고 있기 때문에 환경오염 처리 시장에서 상당히 큰 비중을 차지할 것으로 보인다.

2) 고형 폐기물 구성 및 배출량 증가 추이



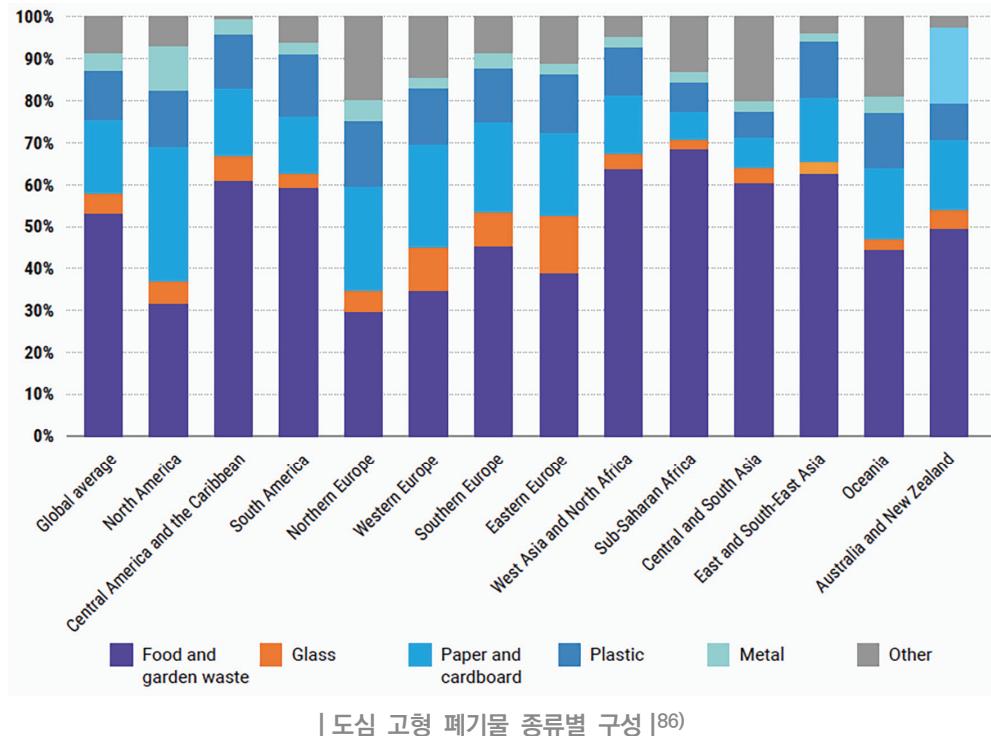
전체 폐기물 배출량에서 큰 부분을 차지하는 도심 고형 폐기물 배출량은 지금과 같은 정도의 오염처리 수준으로는 감당이 되지 않아 크게 증가할 것으로 예상된다.

UN은 2020년 글로벌 도심 고형 폐기물 배출량을 21억 톤으로 추정됐지만 2050년 37억 톤으로 크게 증가할 것으로 예상했다.

이러한 폐기물 배출량 증가 전망과 배출 처리 수요에 대한 증가는 전체 환경오염 처리 시장에 큰 성장동력이 될 것으로 보인다.

폐기물 처리 시장은 전체 환경오염 처리 시장의 대부분을 차지하고 있으며 폐기물은 토지, 수질, 대기 등 거의 모든 환경 유형에 영향을 끼치기 때문이다.

85) Zoë Lenkiewicz, 2024. Global Waste Management Outlook 2024. United Nations Environment Programme



전 세계 고형 폐기물은 여러 유형 중 식품 및 녹색 폐기물이 압도적으로 높은 부분을 차지하고 있으며 이어서 종이 및 골판지, 플라스틱 폐기물이 큰 부분을 차지하고 있다.

이를 봤을 때 환경오염 처리 시장에서 식품과 함께 종이 및 골판지, 플라스틱 오염처리 관련 수요가 클 것으로 예상된다.

나 주요 환경오염 처리 기업 기술 동향

환경오염 처리 관련 기업 동향을 살펴보도록 한다. 분야별로 폐기물 처리, 토양 및 지하수 오염처리, 대기오염 처리, 수질오염 처리로 구분해 주요 기업들의 기술 동향을 살펴보겠다.

86) 2024. Global Waste Management Outlook 2024, Figure 6. United Nations Environment Programme.

1) 폐기물 처리 관련 주요 기업 기술 동향

기업	기술 분야	주요 기술
Covanta, Suez, Hitachi Zosen Inova	폐기물 에너지화	소각 발전, 바이오가스
Veolia, Biogen, Anaergia	유기물 자원화	바이오가스, 퇴비화
TOMRA, AMP Robotics, Bollegraaf	AI 기반 재활용	로봇 비전, 광학 분류
Rubicon, Bigbelly, Enevo	AI 디지털 관리	IoT, AI 수거 예측
Clean Harbors, Stericycle, 374Water	유해/의료 폐기물 처리	SCWO, 고온 소각

주요 폐기물 처리 관련 기업들은 기존 전통적 처리 방식이었던 소각/매립의 방식에서 발전해 자원화(Waste-to-Resource), 에너지화(Waste-to-Energy), AI 활용 스마트 분류 및 데이터화 등 기술을 고도화 하고 있는 추세이다.

2) 토양 및 지하수 오염처리 관련 주요 기업 기술 동향

기업	기술 분야	주요 기술
AECOM	화학 산화(ISCO), 펌프 처리	복합오염 부지 대상 화학 산화(ISCO)
WSP Global	정밀오염도 조사, 토양정화	정밀오염도 조사, 토양정화
PeroxyChem	유기 오염 산화	유기 오염 정화 산화제, 미생물 조합 처리
OBG (현 Arcadis)	생물정화 기술	생물정화 기술, 토양 처리 기술
InSitu Remediation Services Ltd.	저온 열처리, 생물학적 처리	저온 열처리, 생물학적 처리
Geosyntec Consultants	스마트 진단, 모니터링	정밀 조사 및 시뮬레이션 기반 장기 오염 모델링
Envirosuite	스마트 진단, 모니터링	모니터링 SaaS, 환경 데이터 기반 리스크 관리
Geo-Solutions, TRS Group	고형화, 차단	고형화, PRB, 캡핑
TRS Group, Cascade	열처리, 첨단	ERH, TCH, 나노 정화

토양 및 지하수 오염처리 관련 주요 기업들은 물리적 또는 생물학적 오염 처리 기술과 함께 IT 기반 스마트 기술을 통합한 복합 처리 기술을 활용하는 추세이다.

3) 대기오염 처리 관련 주요 기업 기술 동향

기업	기술 분야	주요 기술
Carbon Clean, Fluor, Svante	탄소 포집	CCS, CCU, 고체 흡착제
FLSmidth, Thermax, Donaldson	미세먼지 제어	ESP, Bag Filter, 다단 필터링
MHI, B&W, GE Vernova	SOx/NOx 제거	SCR, SNCR, 습식 FGD
Anguil, Eisenmann, AirProtekt	VOC/악취 제거	RTO, 흡착, 광촉매, Biofilter
Envirosuite, Siemens, Aeroqual	스마트 제어	실시간 센서, AI 제어

대기오염 처리 관련 주요 기업들은 탄소 포집 관련 기술뿐만 아니라 미세먼지, 질소산화물, 황산화물, 휘발성유기화합물 등 다양한 오염물질 제거 분야에 있어 기술을 고도화하고 있는 것이 특징이다.

또한 AI 기반 예측제어 등 스마트 모니터링 및 제어 기술이 도입하고 있는 추세이다.

4) 수질오염 처리 관련 주요 기업 기술 동향

기업	기술 분야	주요 기술
Biohabitats, Terracon, WaterIQ Technologies	자연기반해법(NbS)	생태 습지, 저탄소 처리, LID
Aquatech, Gradiant, IDE	물 재이용·ZLD	RO(역삼투압) 및 결정화, 농축, 재이용
Veolia, Suez, Evoqua	고도처리	MBR, 생물학 및 막 분리, 고급 응집
Xylem, Ovivo, 374Water	미량 오염 제거	AOP, PFAS 제거, SCWO
Xylem, ABB, Ecolab	스마트 수처리	센서, AI, 디지털 트윈

수질오염 처리 관련 주요 기업들은 생태모방 기술과 비슷한 개념인 NbS(자연기반해법) 기술을 적극적으로 개발해 활용하고 있다.

Biohabitats사는 미국 내 여러 주에서 생태기반 수질 개선 프로젝트를 수행하고 있으며⁸⁷⁾ WaterIQ Technologies사는 초음파를 이용한 생물학 기반 조류 제어 시스템을 개발해 활용하고 있다.⁸⁸⁾ 또한 Terracon사는 저영향개발(LID)에 집중하고 있다.

87) <https://www.biohabitats.com/projects/>

88) <https://wateriqtech.com/products/>

또한 주요 관련 기업들은 물 재이용 기술, 스마트 수처리 시스템을 개발하고 있으며 기존 기술을 더욱 발전시키는 기술 고도화 추세를 나타내고 있다.

다 시장 규모 추정

부문별로 폐기물 처리, 수질오염 처리, 토양 및 지하수 오염처리, 대기오염 처리 시장 순으로 시장 규모가 큰 것으로 추정되며 전체 환경오염 처리 시장 규모는 약 1.7조 달러 규모로 추정된다.

1) 폐기물 처리 시장 규모

약 1.2조 달러 규모(2022년 기준)⁸⁹⁾

2) 수질오염 처리 시장 규모

약 3,507억 달러 규모⁹⁰⁾

3) 토양 및 지하수 오염처리 시장 규모

약 1,111억 달러 규모(2023년 기준)⁹¹⁾

4) 대기오염 처리 시장 규모

약 979억 달러 규모(2025년 기준)⁹²⁾

라 시사점

환경오염 처리 시장은 지속 가능한 발전, ESG 경영 및 탄소중립에 대한 사회적 수요에 의해 성장하고 있는 시장이며 크게 폐기물 처리, 수질오염 처리, 토양 및 지하수 오염처리, 대기오염 처리 분야로 구분된다.

89) Waste Management Market Size, Share & Trends Analysis Report. Grand View Research

90) 2025. Water and Wastewater Treatment Technologies: Global Markets. BCCresearch,

91) 2024. Environmental Remediation Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report. alliedmarketresearch

92) Air Pollution Control Systems Market. futuremarketinsights

전체 폐기물 배출량에서 큰 부분을 차지하는 도심 고형 폐기물 배출량은 지금과 같은 정도의 오염처리 수준으로는 감당이 되지 않아 크게 증가할 것으로 예상되며 이에 따라 전체 환경오염 처리 시장도 크게 성장할 것으로 보인다. 폐기물 관리 시장은 전체 환경오염 처리 시장의 대부분을 차지하기 때문이다.

기후, 수질, 토지 등 자연환경은 주로 식품, 건축, 에너지 관련 활동에 의해 오염 받는 것으로 조사되며 이에 따라 식품, 건축, 에너지 관련 오염처리 관련 분야의 시장 잠재력 또한 크다고 볼 수 있다.

폐기물의 유형으로는 식품 및 녹색 폐기물, 종이 및 골판지, 플라스틱 폐기물도 대부분을 차지하고 있으며 이에 따라 녹색 폐기물, 종이 및 골판지, 플라스틱 폐기물 처리 관련 시장 잠재력이 큰 상황이다.

주요 기업들은 폐기물 처리 관련 분야에서는 폐기물 에너지화, 유기물 자원화, AI 기반 재활용, AI 디지털 관리, 유해/의료 폐기물 처리 분야를 집중적으로 개발하고 있다.

토양 및 지하수 오염처리 관련 분야에서는 화학 산화(ISCO), 펌프 처리, 정밀오염도 조사, 토양정화, 유기오염 산화, 생물정화 기술, 저온 열처리, 생물학적 처리, 스마트 진단, 모니터링, 스마트 진단, 모니터링, 고형화, 차단, 열처리, 첨단 분야를 개발하고 있다.

대기오염 처리 관련 분야에서는 탄소 포집, 미세먼지 제어, SOx/NOx 제거, VOC/약취 제거, 스마트 제어 기술을 개발하고 있다.

수질오염 처리 관련 분야에서는 자연기반해법(NbS), 물 재이용·ZLD, 고도처리, 미량 오염제거, 스마트 수처리 기술을 개발하고 있다.

시장 규모는 약 1.7조 달러 규모로 추정된다.

2 생태모방 환경 오염처리 기술 시장

가 생태모방 기술 환경오염 처리 시장 특성 및 동향

1) 폐기물 처리 분야 생태모방 기술 동향

폐기물 처리 관련 분야 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Carbon8 Aggregates	자연의 탄소 석회화 과정을 모방한 급속 탄소 석회화 기술(ACT)을 개발 및 상용화했으며 'CO ₂ ntainer' 상품 등 이산화탄소와 폐기물이 시멘트나 골재 등 고형물로 전환되는 방식으로 폐기물 처리에 활용됨. ⁹³⁾ 탄소를 영구 저장할 수 있어 유럽을 중심으로 기술이 빠르게 확산
Mycocycle	균류 미생물 분해 프로세스 모방 아스팔트 등 폐기물을 분해해 단열재, 포장재 등으로 전환하는 기술 개발 ⁹⁴⁾
BioMiMetiC	나방 유충을 모사해 녹업 및 축산 식품 등의 생물성 폐기물을 단백질 및 비료로 전환하는 'entomo-conversion' 기술을 개발 ⁹⁵⁾
Hiro Technologies	버섯 균사체 생분해 시스템을 모방해 일회용 기저귀 플라스틱 분해 기술 개발 및 'MycoDigestible Diapers' 제품 상용화. ⁹⁶⁾ 기저귀 폐기물 분야에서 주목받음
Interwaste	나방, 균류 등 단순 생물 활용을 넘어 공정 설계 면에서 생물 및 습지 등 생태계 시스템을 모방해 자연 탄소 순환 공정, Delmas 플랜트, RDF 플랜트 등 폐기물 처리 기술 개발 및 상품 상용화 ⁹⁷⁾
특징	시장 영향력이 큰 기존 폐기물 처리 관련 기업들이 직접 생태모방 기술을 응용하고 있는 사례가 표면적으로 드러나는 경우는 많지 않으나 'Carbon8 Aggregates'과 같은 신생기업들의 생태모방 기술이 적용된 상품이 시장에서 큰 영향력을 발휘하고 있음

93) carbon8.co.uk

94) <https://www.healthcarepackaging.com/sustainability/sustainability/article/22419012/biomimicry-institute-highlights-startups-in-circularity-waste-reduction>

95) biomimetic.fr/uk

96) Evan Garcia, 2025. Texas startup sells plastic-eating fungi diapers to tackle landfill waste. reuters

97) <https://blog.interwaste.co.za/know-waste/innovation-at-interwaste-and-biomimetics>

2) 토양 및 지하수 오염처리 분야 생태모방 기술 동향

토양 및 지하수 오염처리 관련 분야 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Novobiom	버섯 균류 분해 효소 구성 및 생태적 분해 시스템을 모사해 토양 및 지하수 정화 기술 개발. ⁹⁸⁾ 특히 Novobiom은 'Veolia' 등과 같은 환경오염 처리 분야에서 시장 영향력이 큰 기업들과 협업하고 있어 주목됨 ⁹⁹⁾
Micronomix	식물 기반 유기 활성제(글루코스·아미노산 유도체)를 이용 폐수 및 토양정화 기술 'MicroMix Aqua' 개발 및 상용화. ¹⁰⁰⁾ 직접 생태모방 기술을 개발하고 있는지 아직 찾기 쉽지 않지만 생태모방 기술을 응용하고 있을 가능성 있음
Living Filtration System	기업 상품이 아닌 University of Oregon의 연구 프로젝트로 지렁이, 인간 소장 등 생체구조 모방한 농업 배수 기술 연구 ¹⁰¹⁾
Center for Fruit and Vegetable Innovation (Centro Ceres)	해당 기관은 칠레 공공연구기관이며 안데스 고지대 식물 Yareta의 구조적 특성을 모방 토양 재생, 생물다양성 보호 기능의 'BioPatch' 기술 연구 ¹⁰²⁾
Edaphos Engineering	곰팡이(균사체)의 토양정화 프로세스를 모방해 유해 오염물 정화 기술 개발 및 상용화 ¹⁰³⁾
FungiFix LLC	균사체 토양 오염물 흡수 및 분해 프로세스 모방해 토양정화 및 콘크리트 벽돌 원료화 기술 개발 ¹⁰⁴⁾
특징	토양 및 지하수 오염처리 분야에서 생태모방 기술을 응용하고 있는 기관들은 주로 비상장·스타트업과 공공연구기관, 대학 등이 많이 활동하고 있다. 특히 'Novobiom', FungiFix LLC와 같이 신생기업이지만 생태모방을 응용한 기술이 혁신적 친환경 등으로 사회적 주목을 받으며 시장 영향력을 확대하고 있는 것이 특징 특히 환경오염 처리 분야에서 연 매출 1조 원 이상 규모의 주요 기업들이 직접 생태모방 기술을 응용하고 있는 사례는 아직 뚜렷하게 드러나지는 않지만, 환경오염 처리 산업에서 가장 시장 영향력이 큰 기업 중 하나인 'Veolia'가 생태모방 기술을 개발하고 있는 'Novobiom'과 협력하고 있어 주목됨

98) novobiom.com

99) <https://www.futureisfungi.org/startup-winner-novobiom>

100) <https://www.environmental-expert.com/applications/advanced-biotechnology-solutions-for-land-reclamation-sector-14365>

101) <https://asknature.org/innovation/drainage-system-inspired-by-earthworm-and-human-digestive-systems/>

102) [https://www.raycandersonfoundation.org/articles/soil-restoration-innovation-wins-\\$100,000-biomimicry-global-design-challenge-ray-of-hope-prize#:~:text=A%20team%20from%20the%20Ceres,to%20big%20sustainability%20challenges%2C%20such](https://www.raycandersonfoundation.org/articles/soil-restoration-innovation-wins-$100,000-biomimicry-global-design-challenge-ray-of-hope-prize#:~:text=A%20team%20from%20the%20Ceres,to%20big%20sustainability%20challenges%2C%20such)

103) <https://www.swiss.tech/news/mushrooms-are-cleaning-polluted-soil>

104) fungifix.org

3) 대기오염 처리 분야 생태모방 기술 동향

대기 오염 처리 관련분야 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Metalmark Innovations, PBC	나비 날개 표면 구조, 나노 구조를 모방해 공기정화 촉매 기술 개발 및 관련 제품 'Tatama' 등 상용화 ¹⁰⁵⁾
Green City Solutions GmbH	이끼 서식지의 습지 여과 및 공기정화 시스템을 모방해 도시 공기정화 시스템인 'CityTree' 개발 및 상용화 ¹⁰⁶⁾
Refish	식물 잎·어류 아가미 구조 모방 PM 포집 기술 개발 ¹⁰⁷⁾
Urban Air Laboratory Pvt Ltd	인도 IIT대학에서 인큐베이팅한 기업. 식물 뿌리의 대기 오염물 흡수 및 분해 메커니즘 모방해 생태모방 공기정화 솔루션 'Ubreathe Life' 등 개발 및 상용화 ¹⁰⁸⁾
Neoplants	식물 뿌리에 서식하는 미생물 생태계, 미토콘드리아·효소 경로 등 모방, 식물 유전자 변형해 VOC 분해 효소 과발현 기술 등 개발해 GMO houseplant 제품 등 상용화 ¹⁰⁹⁾
특징	대기오염 처리 관련 기업 중 생태모방 기술을 개발하고 있는 기업들은 신생·스타트업 기업들이 많지만, 관련 기술은 상당수 상용화 단계에 진입했다. 이는 대기오염 처리 분야에서 생태모방 기술이 비교적 시장 수용성이 높다는 것을 의미함

4) 수질오염 처리 분야 생태모방 기술 동향

수질오염 처리 관련 분야 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Aquaporin A/S	세포막 단백질인 아쿠아포린(Aquaporin)을 모방해 멤브레인 기술 개발 및 '정수, 폐수 처리 관련 제품' 상용화 PHILIPS, 미국 NASA, 싱가포르 PUB 등 시장 영향력이 큰 기업, 기관과 협업 ¹¹⁰⁾
PUB (싱가폴 수자원청)	맹그로브 뿌리 구조, 아쿠아포린 단백질 모방해 담수화 멤브레인 개발 ¹¹¹⁾

105) <https://wyss.harvard.edu/technology/nanoarchitectures-for-air-purification/>

106) <https://sustainablebrands.com/read/citytree-nature-save-hot-polluted-cities#:~:text=Hot%20C%20Polluted%20Cities%3A-,Meet%20the%20CityTree,up%20to%204%C2%B0C>

107) <https://asknature.org/innovation/air-filtration-inspired-by-african-violets-and-filter-feeding-fish/>

108) <https://www.ubreathe.in/?srsltid=AfmBOoqohmbFR1wspPEmcEohQMplU1YxELYEM1I9r517CXWzl0Mqw1UU>

109) <https://www.fastcompany.com/91300603/neoplants-is-turbo-charging-houseplants-into-better-pollution-fighting-technology>

110) aquaporin.com

수질오염 처리 관련 분야 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Living Machine Systems, L3C	자연습지 등 모방해 폐수 정화 기술 개발 및 상용화 ¹¹²⁾
Sorbwater Technology AS	해조류의 다공성 구조가 오염물질 흡착하는 기능을 모방해 오염 응집제(Flocculant) 제품 'Sorbfloc' 개발 및 상용화 ¹¹³⁾
Organica Technologies	습지 생태계 모방해 수질 정화 온실 시스템 개발 및 상용화. 특히 'Veolia'와 JV 등 다양한 협업 및 공동사업 진행 ¹¹⁴⁾
BioGill	습지 및 수생동물의 아가미를 모방해 수질 정화 맴브레인 및 필터 개발 및 상용화 ¹¹⁵⁾
Floating Island International	습지 생태계 모방해 'BioHaven' 기술 등 수질 정화 기술 개발 및 상용화 ¹¹⁶⁾
BAUER Resources GmbH 및 자회사 Ecosy	습지 생태계 모방해 'ReedBox' 시스템 등 수질 정화 기술 개발 및 상용화 ¹¹⁷⁾
Eco Amet Solutions	습지 생태계 모방해 수질 정화 시스템 개발 및 상용화 ¹¹⁸⁾
특징	수질오염 처리 분야에서 생태모방 기술을 적극적으로 개발하고 있는 기업 및 기관들은 스타트업 및 중견기업 규모의 기업이 대부분이지만, 'Organica Technologies'는 생태모방 기술 관련해 Veolia, PHILIPS, 미국 NASA, 싱가포르 PUB 등과 같이 시장 영향력이 큰 기업과 다양한 공동사업을 진행하고 있다. 수질오염 처리 분야에서 습지 생태계를 모방한 기술과 해양생물의 세포 등을 모방한 맴브레인 필터 기술이 많이 개발되고 있음

- 111) <https://www.straitstimes.com/singapore/environment/mangrove-inspired-membranes-for-desalination-among-new-tech-being-tested-by-pub>
- 112) <https://www.engineeringforchange.org/solutions/product/the-living-machine/>
- 113) <https://businessnorway.com/solutions/sorbfloc-biodegradable-flocculant-for-greener-waste-water-treatment#:~:text=Sorbfloc%C2%AE%20is%20an%20eco,removed%20in%20the%20treatment%20process>
- 114) <https://www.veolia.com/en/solutions/treating-wastewater-with-plants>
- 115) https://thewaternetwork.com/article-Ffv/biogill-v3-L2ZPnI7u5_1XTXnYO0SVig
- 116) <https://www.floatingislandinternational.com/biohaven-technology.html>
- 117) <https://www.bauer.de/en/node/417>
- 118) https://ecoametsolutions.com/wp-content/uploads/2021/04/EAS_GH_Ecological-Constructed-Wetland_Portfolio.pdf

나 시사점

환경오염 처리 산업에서 생태모방 기술을 활용하고 있는 기업들은 규모 면에서 대부분 신생·스타트업 또는 중소기업이 대다수를 차지하고 있으며 비교적 큰 기업의 경우라도 연간매출이 1천억 원을 넘지 않는 중견기업들이 대다수 활동하고 있다.

연 매출이 수조 원에 이르는 Veolia, Clean Harbors, Stericycle, Suez, Biogen, TOMRA, Covanta 등 주요 기업들이 직접 단독으로 생태모방 기술을 개발하는 사례가 지금까지 많지 않지만, 신생기업들과 협업방식으로 생태모방 기술을 개발하고 있다.

생태모방 기술을 응용하고 있는 환경오염 처리 관련 기업들의 사업 기반을 살펴보면, 연구 및 테스트 기반 특성을 가진 기업들이 많이 활동하고 있으며 국가·정부·지자체·대학 등 공익적 성격의 기관이 설립해 운영하는 기업들이 많은 것이 특징이다.

생태모방 기술 개발 분야로는 탄소 석회화 기술, 폐기물 원료화 및 재활용 기술, 탄소 순환 공정, 생태적 분해 기술, 농업 배수 기술, 토양 재생 기술, 바이오 정화 기술, 공기정화 촉매 기술, 생태 공기정화 시스템, PM 포집 기술, 유전자 변형 VOC 분해 기술, 오염수 정화 멤브레인 기술, 필터, 폐수 정화 기술, 오염 응집제, 생태 수질 정화, 온실 시스템 등을 집중적으로 개발하고 있다.

개발 상품군으로 살펴보면 폐기물 자원화 및 에너지화 기술, 탄소 저감 공정, 생태 정화 시스템, 정화 멤브레인 및 필터, 오염 응집제 등이 집중적으로 개발되고 있다.

탄소중립 및 친환경 기술에 대한 사회적 수요 증가에 따라 생태모방 기술에 대한 투자와 개발, 기술 테스트 사례가 많이 등장하고 있으며 개발되는 제품 중 상당수는 상용화 단계에 이르고 있다.

3 생태모방 환경 오염처리 기술 시장 미래 성장성

가 전체 생태모방 기술 시장 미래 성장

국제사회는 지구 온난화에 따른 탄소중립 정책을 적극 추진함과 동시에 에너지 인플레이션에 따른 경제성장을 둔화 현상을 겪고 있으며 이에 따른 부채 증가와 재정 긴축을 필요로 하고 있다.

탄소 저감 및 에너지 효율 증대 특징을 갖는 생태모방 기술은 이러한 상황을 극복할 수 있는 주요한 대체 기술이 될 수 있기 때문에 전체 생태모방 기술 시장은 잠재력이 큰 기술 분야이다.

부채 증가와 재정 긴축에 의해 선택적·집중적 투자 및 정책 추진 필요성이 높아짐에 따라 생태모방 기술의 대체성은 더욱 커질 것으로 보인다.

특히 생태모방 기술 중 친환경 속성을 갖는 탄소 저감 또는 에너지 절감 효과 기능을 중심으로 생태모방 기술에 대한 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

생태모방 기술 5대 분야 중 환경오염 처리와 관련 R&D 금액은 화학/제약 등 산업에 비해 작은 규모를 차지하고 있지만, 탄소 저감 등 친환경에 대한 사회적 수요가 크게 증가함에 따라 미국 등 주요국의 정부 투자를 중심으로 규모가 점차 증가하고 있다. 이에 따라 환경오염 처리 시장에서 생태모방 기술 수요 또한 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

기업이 새롭게 투자하고 개발한 후 생태모방 기술을 실제 시장에 적용해 상용화(수익화) 까지 단계를 아우르는 ‘생태모방 신기술 시장’은 아직은 시장형성 초기 단계로 볼 수 있으며 정부 등 국가 정책에 큰 영향을 받는 시장으로 평가된다.

만약 범위를 넓혀 자연의 구조에서 영감을 얻어 만들어졌다는 범(광의의) 기술적 의미 (Nature Inspired)의 ‘생태모방’이라는 관점에서 봤을 때 ‘생태모방 기술 시장’은 이미 각 분야의 배경 시장에서 규모를 정확히 가늠하기 어려울 만큼 상당한 부분을 차지하고 있다.

특히 생태모방 기술의 주요 5대 분야 시장은 모두 광의의 생태모방 스펙트럼 기술을 활발히 응용하는 주요 시장이기 때문에 배경 시장의 시장 규모 또는 시장가치는 생태모방 기술 5대 분야 시장의 최대 잠재적 시장가치로 볼 수 있다.

나 생태모방 환경오염 처리 기술 시장 미래 성장성 종합

1) 주요 기업 활동

대부분 신생·스타트업 및 중소 규모 기업이 생태모방 기술을 개발하고 있다.

2) 기술 수용 범위

전체 산업 집중개발 분야:

지속가능 및 친환경, 탄소중립 관련 기술이 집중적으로 개발되고 있다. 폐기물 및 오염원의 자원화, 에너지화, AI 복합 처리, 재활용, 생물정화 및 생물학적 처리, 탄소 포집, 멤브레인 및 필터, 물 등 자원 재이용, NbS (자연기반해법) 등

생태모방 기술 집중개발 분야:

1. 오염수 정화 멤브레인 기술, 필터, 폐수 정화 기술, 오염 응집제, 바이오 정화 기술, 생태적 수질 정화 및 오염 분해 기술 등 정화 멤브레인 및 필터 기술 분야, 2. 탄소 석회화 기술 등 폐기물을 자원화 및 에너지화 기술 분야, 3. 생태 공기정화 시스템, 유전자 변형 VOC 분해 기술, 온실 시스템, 공기정화 촉매 기술 등 바이오 공기정화 기술 분야, 4. PM 포집 기술, 탄소 순환 공정 기술 등 저탄소 기술 분야 등

비교 정리:

폐기물 자원화 및 에너지화 기술, 저탄소 기술, 정화 멤브레인 및 필터 기술, 바이오 공기정화 기술, 포집 기술 등 분야에서 생태모방 기술이 집중적으로 개발되고 있으며 이는 전체 산업 집중개발 분야의 범위에 상당 부분 포함된다. 즉 생태모방 기술의 수용 범위가 넓다. 특히 수질오염 처리 분야에서 NbS(자연기반해법)의 활용으로 생태모방 기술의 응용 범위가 넓어지고 있다.

3) 확장 특성

생태모방 기술을 응용하고 있는 환경오염 처리 관련 기업들의 사업 기반을 살펴보면, 연구 및 테스트 기반 특성을 가진 기업들이 많이 활동하고 있으며 국가·정부·지자체·대학 등 공익적 성격의 기관이 설립해 운영하는 기업들이 많은 것이 특징이다.

환경오염 처리 산업에서 생태모방 기술을 활용하고 있는 기업들은 규모 면에서 대부분 신생·스타트업 또는 중소기업이 대다수를 차지하고 있으며 비교적 큰 기업의 경우라도 연간매출이 1천억 원을 넘지 않는 중견기업들이 대다수 활동하고 있다.

다만 이러한 중소 규모 기업들이 Veolia, PHILIPS, 미국 NASA, 싱가포르 PUB 등과 같이 시장 영향력이 큰 기업 및 기관과 다양한 공동사업을 진행하고 있다.

기술적으로는 폐기물 등 오염원의 자원화 및 에너지화, 수질오염 멤브레인 및 NbS(자연기반해법) 기술을 중심으로 생태모방 기술이 확장되고 있다.

4) 성장성 및 잠재성 종합

주요 기업들이 생태모방 기술을 직접 개발하고 있는 사례는 많지 않으나 신생기업들과 협업방식으로 기술 개발을 추진하고 있으며, 상용화 규모 또한 높고 기술 수용 범위도 매우 넓다. 하지만 연구 및 테스트 성격의 기업과 기술이 많은 것이 시장 특징이다. 이에 따라 환경오염 처리 시장에서의 생태모방 기술 수용도는 연구 테스트 중심의 성장 단계에 있으며 시장 성장성 및 잠재성은 매우 높을 것으로 보인다.

전체 환경오염 처리 시장 규모는 약 1.7조 달러 규모로 추정¹¹⁹⁾되며 이는 생태모방 기술 환경오염 처리 시장의 최대 잠재적 시장 규모에 해당한다.

생태모방 환경오염 처리 기술 시장 규모는 **약 24억 달러~290억 달러 규모로 추정**되며 전체 환경오염 처리 시장 규모(약 1.7조 달러)에서 약 0.1%~1.7% 정도를 차지하는 것으로 추정된다.¹²⁰⁾

119) 각 5대 시장 중 세부 시장을 나눠서 시장 규모를 파악한 경우는 해당 시장을 하나의 동일한 시장으로 보기 어렵고 추정자료도 별개의 시장으로 구분해 추산하고 있기 때문. 반면 재료/소재, 자동차/항공 분야와 같이 하나의 시장으로 파악한 경우에는 재료/소재, 자동차/항공우주 분야의 경우 상품과 기술을 완전히 구분하기 어렵고 개별적으로 구분해 시장 규모를 추산하기 어렵기 때문

120) 생태모방 기술 수용 규모 또는 생태모방 기술 시장 규모를 구체적으로 추산하기 위해서는 각각 시장별 및 세부 산업별로 별도의 조사를 수행할 필요가 있지만, 대략적인 이해를 위해 각각의 전체 배경시장 규모 대비 생태모방 기술 활용 기업 전체 매출액을 비교해 추정함. 연간 매출액이 확인 가능한 기업들의 매출액만 합산 추정

참고 각 5대 분야 생태모방 기술 시장 규모 추정은 공급적 측면의 Bottom-Up approach 방식으로 기업(사업체) 수준 미시자료를 상향식으로 집계하는 방법과 기술 채택 여부만으로 기업을 포함시키는(기술을 하나라도 사용하는 기업들의 매출을 합산. 또한 생태모방 기술에 해당한다는 기준점이 다를 수 있기 때문에 대략적으로 생태모방 기술 관련 매출의 하한선과 상한선으로 추정되는 5%~60% 매출 비중 구간을 제시함.) 이진 채택 집계 방법(extensive-margin)을 응용해 상한 규모를 추정했다.¹²¹⁾ ¹²²⁾ 이에 따라 생태모방 기술을 하나라도 활용하고 있고 매출이 확인되는 주요 기업의 전체 매출액을 조사하고 해당 기업들의 전체 매출을 합산한 다음 생태모방 기술의 매출 비중의 하한선과 상한선을 적용해 추정되는 시장 규모를 추정함(전체 매출규모의 5%~60%). 이후 상향식 집계와 정합화 방식을 응용해 추정된 생태모방 시장 규모를 전체 배경 시장 규모에 비교해 생태모방 기술이 전체 시장에서 차지하는 상한 비중을 추정했다.¹²³⁾ 기업들의 매출액은 2024년 기준.

관련 기업 전체 매출 합산 약 483억 달러 = Veolia (\$48.36 B). 생태모방 기술을 응용하고 있는 환경오염 처리 기업들은 대부분 비상장, 스타트업 기업들로 연간매출 정보가 없거나 규모가 미미한 수준. Philips 등 기업은 환경오염 처리 관련 기업으로 보기 어려워 합산에서 제외함

$$\frac{483\text{억 달러} \times (5\% \sim 60\%)}{1.7\text{조 달러}} \times 100 = 0.1\% \sim 1.7\%$$

-
- 121) Eric J. Bartelsman and Mark Doms, 2000. Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata, Journal of Economic Literature vol. 38, no. 3. 기업의 미시자료를 집계해 산업 전체 생산성, 총량 등 거시 현상을 체계적으로 설명한 대표적인 문헌 중 하나이며 경제학에서 기업(사업체) 수준 미시자료를 상향식으로 집계하는 방법의 기준 참고문헌으로 인정받고 있다.
- 122) Paul A. David, 2010. Zvi Griliches and the Economics of Technology Diffusion: Adoption of Innovations, Investment Lags, and Productivity Growth, SIEPR Discussion Paper No. 09-016 (Stanford, CA: Stanford Institute for Economic Policy Research) Zvi Griliches, 1957/10, Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change, Econometrica 25(4): 501–522. 이진 채택 집계 방식은 Griliches(1957) 문헌에서 응용한 이후 경제학에서 넓리 활용되고 있으며 이러한 방법론에 대한 설명은 David(2010) 문헌에서 정리하고 있다.
- 123) UNSD, 2018. Handbook on Supply and Use Tables and Input–Output Tables with Extensions and Applications, UNSD, 2008, The System of National Accounts(SNA). 경제활동 측정의 국제 표준이 되고 있는 상향식 집계와 정합화 방식을 응용함. 대표적으로 경제활동 측정의 국제표준이 되고 있는 SNA (UN/EC/OECD/IMF/World Bank 공동)가 총량(분모)을 일관되게 산출하고 하위 추정치(분자)를 상위 총계에 맞추는 통계 규칙을 제공

III

제약, 화학 시장



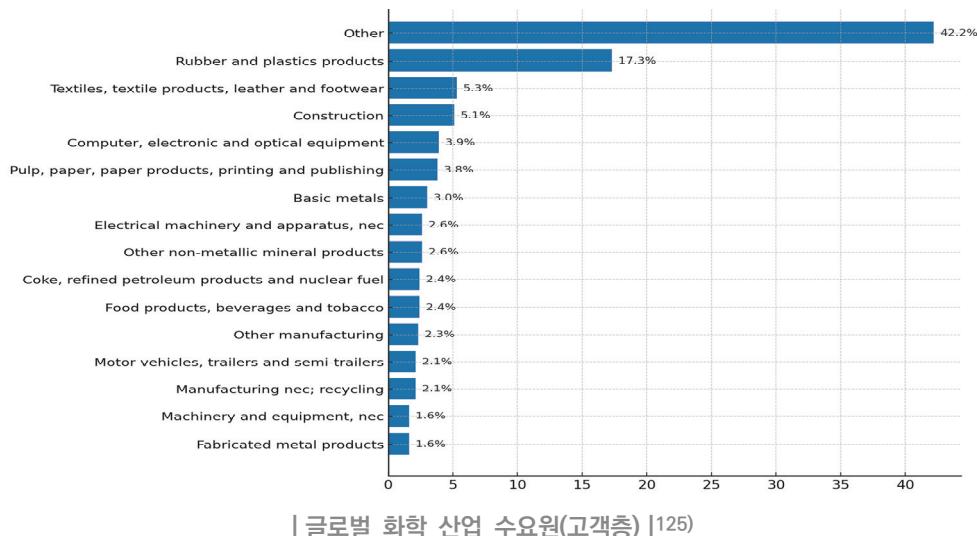
1 시장동향

가 화학 시장 특성 및 동향

최근 글로벌 화학 산업은 탄소중립 및 지속가능성에 대한 사회적 수요, 중국 시장 의존도 축소 등 공급망 재편, 글로벌 시장 성장을 저하 현상을 겪고 있으며 이에 따라 주요 기업들은 비용 절감, 기술 혁신 및 반도체 및 배터리 등 고부가가치 집중 전략을 이행하고 있다.

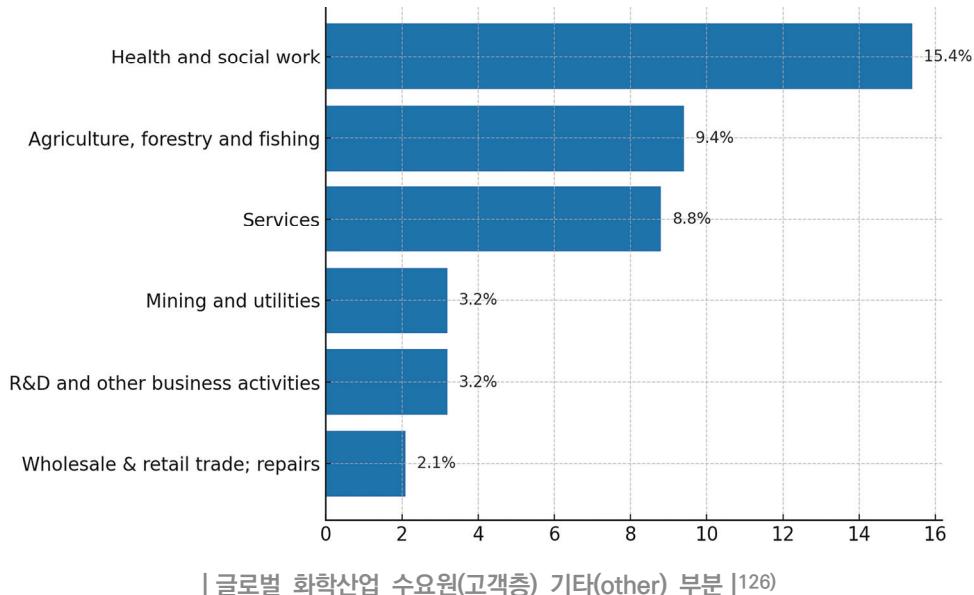
특히 주요 기업들은 플라스틱 계열 등 기존 전통 화학 제품 시장의 성장을 저하 및 수익 성 악화에 영향을 받아 고부가가치 제품인 배터리, 반도체 등 첨단 스페셜티 제품에 집중하고 있는 추세를 나타내고 있다.¹²⁴⁾

1) 화학 산업 주요 수요원(고객층)



124) David Yankovitz 등, 2024. 2025 Chemical Industry Outlook. Deloitte

125) 2019. The Global Chemical Industry: Catalyzing Growth and Addressing Our World's Sustainability Challenges. ICCA



글로벌 화학 산업의 상위 수요원을 품목군별로 살펴보면 ‘고무 및 플라스틱 제품’ 부분에서 17.3%, ‘직물 및 관련 제품, 가죽, 신발’ 부분에서 5.3%, ‘건설’ 부분에서 5.1%, ‘컴퓨터, 전자 및 광학 장비’ 부분에서 3.9%, ‘펄프, 종이 제품, 프린팅 및 출판’ 부분에서 3.8%를 차지하고 있다.

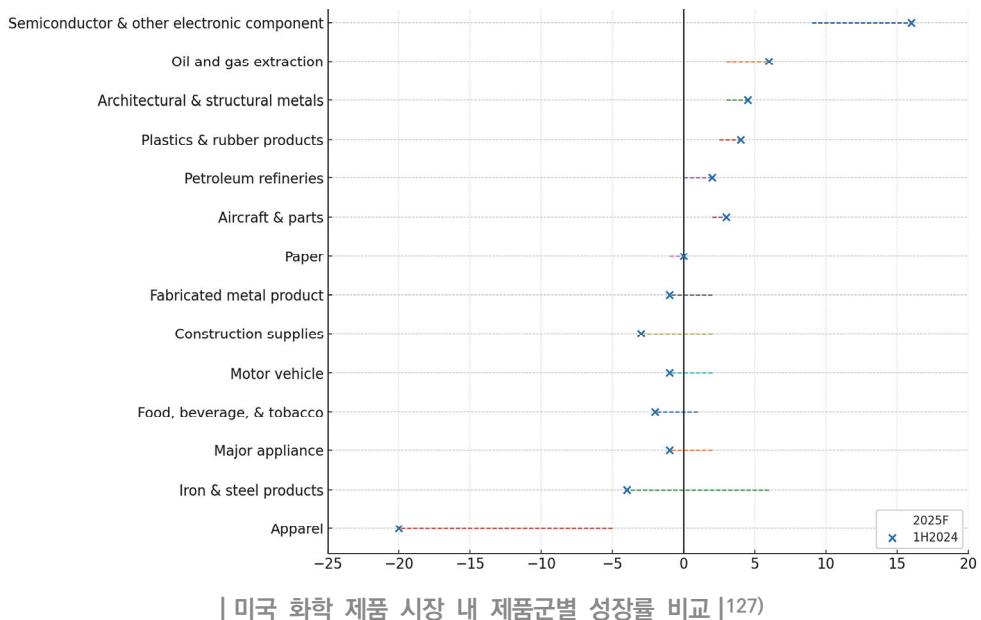
품목별 수요원이 아닌 기타 상위 수요원은 헬스 및 사회 부분이 15.4%, 농림수산 부분이 9.4%를 차지하고 있다.

이는 화학 산업이 기존 전통 제품군인 ‘고무 및 플라스틱 제품’, ‘직물 및 관련 제품, 가죽, 신발’ 등 산업에 의존도가 높다는 것을 의미한다.

하지만 이러한 전통 제품군에 대한 시장 성장을 저하와 탄소중립에 대한 사회적 수요 증가 등에 따라 화학 산업은 고부가가치 제품군인 반도체, 배터리 등 첨단 스페셜티 제품군에 대한 의존도를 증가시키고 있다.

126) 2019. The Global Chemical Industry: Catalyzing Growth and Addressing Our World's Sustainability Challenges. ICCA

2) 화학 제품 품목별 성장세



전 세계 화학 시장에서 상당 부분을 차지하는 미국 화학 제품 시장에서 ‘반도체 및 전자부품’ 제품군의 성장률은 다른 화학 제품군에 비해 압도적으로 높은 수준을 나타내고 있다.

2024년 ‘반도체 및 전자부품’, ‘오일 및 가스 추출’, ‘건축 금속’, ‘플라스틱 및 고무’ 제품군에서 기록적인 성장률을 나타냈지만, 2025년에도 해당 제품군들은 높은 성장률을 나타낼 것으로 예상된다.

특히 2022년에 제정된 미국 반도체 과학법(CHIPS and Science Act)은 반도체뿐만 아니라 반도체를 생산하는데 기반이 되는 ‘오일 및 가스’ 부분에도 투자하도록 촉진함으로써 해당 부분에서 높은 성장률을 보이고 있다.

또한 2022년에 제정된 클린에너지 산업을 촉진하고 있는 미국 인플레이션법(Inflation Reduction Act)은 친환경 제조 시설에 대한 건설을 촉진함으로써 ‘건축 금속’ 관련 제품이 높은 성장률을 나타낸다.

결국 화학 제품 시장에서 높은 성장률을 나타내고 있는 제품군은 첨단화학 제품 및 관련 제품군 그리고 친환경 관련 제품군인 것을 알 수 있다.

127) David Yankovitz 등, 2024/11. 2025 Chemical Industry Outlook. Deloitte

나 제약시장 동향

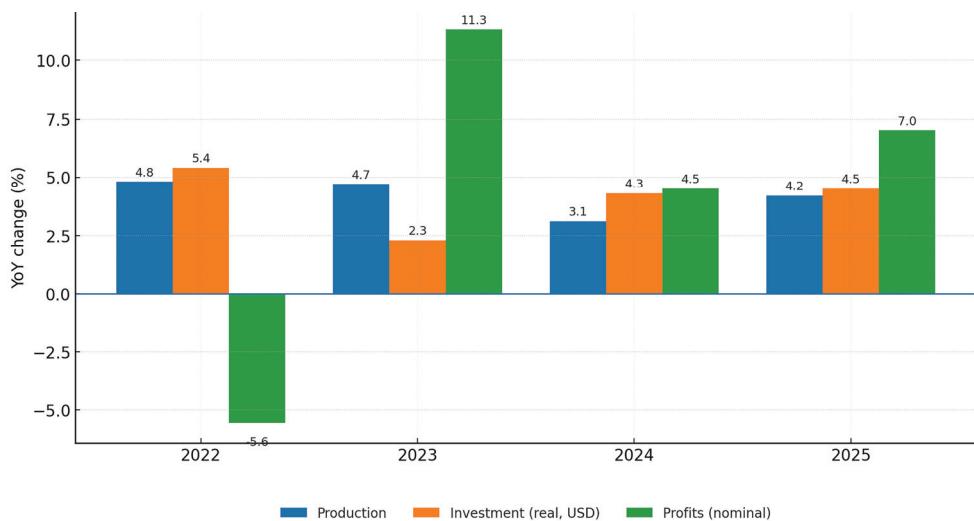
1) 제약시장 특성 및 동향

제약산업은 의약품이 인간의 생활에 필수재인 특성에 따라 다른 산업에 비해 경제적 여파와 사이클에 영향을 덜 받는 것이 가장 큰 특징이다.

또한 최근 전세계적으로 고령화 추세가 증가함에 따라 일반의약품(OTC), 제너럴 의약품, 만성질환 의약품 시장이 커지고 있는 추세이다.

아울러 기존 주요 선진국들 중심의 시장에서 개발도상국들을 중심으로 하는 이머징 마켓 (Emerging markets)에서의 시장 비중이 증가하고 있다.

기술적으로는 AI 기술이 임상시험 이전 단계 R&D에서의 효율을 크게 증가시킴으로서 전체적인 제약산업 생산성이 증가하고 있다.¹²⁸⁾



| 제약산업 전체 생산, 투자, 수익 추이 전망 |¹²⁹⁾

글로벌 제약산업은 코로나 팬데믹 발생한 2019년부터 2021년까지 코로나 바이러스 백신과 관련 장비에 대한 수요로 경이적인 성장률을 나타냈다.

2021년 제약산업은 2020년 대비 14%의 산업 성장률을 나타냈다.

128) 2025. Industry trends – Pharmaceuticals. Atradius

129) 2023. Global Pharmaceuticals Outlook. Atradius

주목할 점은 제약산업이 코로나 팬데믹 특수가 끝난 이후에도 3% 이상(생산량 기준)의 성장률이 예측되고 있다는 사실이다.

코로나 수혜가 끝날 무렵인 2022년 글로벌 제약산업의 생산량 성장률은 4.8%, 투자 성장률은 5.4%, 수익률은 -5.6%를 나타냈다.

2023년 생산량은 4.7%, 투자율은 2.3%, 수익률은 11.3%, 2024년 생산량은 3.1%, 투자율은 4.3%, 수익률은 4.5%, 2025년 생산량은 4.2%, 투자율은 4.5%, 수익률은 7.0% 성장할 것으로 예측된다.

이는 전체 제약 산업이 경제적 여파 및 사이클에 영향을 비교적 크게 받지 않고 지속적인 기술 R&D 투자가 유지되고 있다는 것을 나타낸다.

2) 질환군별 제약시장 현황

| 질환군별 상위 15개 글로벌 제약시장 현황 |

(단위: 십억 달러, %)

순위	질환군	2019	2019년 점유율	2026(F)	2026년 점유율	CAGR (19~26)
1	종양학 (Oncology)	145.4	16.0	311.2	21.7	11.5
2	항당뇨병 (Anti-diabetics)	51.0	5.6	66.9	4.7	3.9
3	면역억제제 (Immunosuppressants)	24.0	2.6	61.3	4.3	14.3
4	백신 (Vaccines)	32.5	3.6	56.1	3.9	8.1
5	항류마티즘 (Anti-rheumatics)	56.9	6.3	49.7	3.5	-1.9
6	항바이러스 (Anti-virals)	38.8	4.3	42.9	3.0	1.5
7	감각기관 (Sensory Organs)	23.8	2.6	35.1	2.5	5.7
8	기관지확장제 (Bronchodilators)	27.8	3.1	32.2	2.2	2.1
9	피부과학 (Dermatologicals)	13.8	1.5	32.0	2.2	12.7
10	다발성 경화증 치료제 (MS therapies)	22.7	2.5	25.0	1.7	1.4

순위	질환군	2019	2019년 점유율	2026(F)	2026년 점유율	CAGR (19~26)
11	항고혈압제 (Anti-hypertensives)	23.4	2.6	22.4	1.6	-0.6
12	항응혈제 (Anti-coagulants)	21.3	2.3	22.0	1.5	0.5
13	항정신병제제 (Anti-psychotics)	11.2	1.2	21.0	1.5	9.5
14	항섬유소 융해제 (Anti-fibrinolytics)	13.4	1.5	19.7	1.4	5.7
15	혈청&감마글로불린 (Sera&gammaglobulins)	11.5	1.3	19.5	1.4	7.8
합계		517.5	56.9	816.9	57.1	6.7

130)

글로벌 제약시장에서 상위 15 질환군별 제약 분야는 종양학, 항당뇨병, 면역억제제, 백신, 항류마티즘, 항바이러스, 감각기관, 기관지확장제, 피부과학, 다발성 경화증 치료제, 항고혈압제, 항응혈제, 항정신병제제, 항섬유소 융해제, 혈청 및 감마글로불린 약품이 차지하고 있다.

종양학, 항당뇨병 등 만성질환 관련 의약품이 가장 높은 비중을 차지하고 있으며 피부질환, 항정신병제제 관련 의약품도 상위 15위 내에 포함됐다.

특히 종양학, 면역억제제, 백신, 피부과학, 항정신병제제 관련 의약품은 26년 기준 8~14%의 연간 성장률을 나타낼 것으로 예상된다.

다 주요 화학/제약 기업 기술 동향

1) 주요 화학 기업 기술 동향

기업	기술 분야	주요 기술
BASF	생분해 소재	PLA 및 PBAT 혼합 생분해 수지
	탄소중립 기술	전력 기반 전기크래킹(E-cracking) 기술 개발
	탄소 회수 활용(CCU)	CO ₂ 기반 메탄올 파일럿 설비 운영
	배터리 소재	유럽 NCM 양극재 생산라인 가동
	디지털 화학	AI 기반 실험 최적화, 공정 디지털 트윈 확대

130) 신유원 등, 2021. 2020년 제약산업 분석 보고서. 한국보건산업진흥원

기업	기술 분야	주요 기술
Dow	순환 플라스틱	페플리에틸렌 열분해 후 Virgin급 화학 원료 생산
	탈탄소 공정	전기 가열식 나프타 분해로 CO ₂ 감축
	디지털 및 시뮬레이션 공정	공정 최적화, 에너지 절감
	건축/자동차용 고기능 폴리머	내구성·투습 제어 기능 강화
DuPont	EUV용 포토레지스트	반도체 하이엔드 공정 대응 소재
	수처리·환경 기술	PFAS 제거용 필터, 역삼투막
	고기능 필름/접착제	자동차·전자기기용 경량화 소재
	고온/고내화학성 소재	고온/고내화학성 등 산업용 특수섬유
SABIC	탄소저감 건축소재	내구성·단열 성능을 갖춘 건자재 개발
	Advanced Recycling	폐플라 열분해 원료를 나프타 대체
	CO ₂ 전환 소재	온실가스 저감 기반 촉매 공정 개발
	경량 복합 소재	EV 경량화용 고강도 수지 복합재
Evonik	고기능 계면활성제	환경친화적 청정제, 화장품 원료
	식품·바이오소재	대체육용 기능성 첨가제, 바이오플리머
	전기차용 실리카/플리머	타이어 저연비화 및 고내구화
	지능형 분자설계 플랫폼	AI 기반 소재 설계 자동화
LG화학	양극재/실리콘 음극재	배터리 핵심 소재 내재화
	PBAT/PLA 생분해 수지	중국·폴란드에 대규모 양산라인 구축
	바이오매스 기반 원료	폐식용유 기반 바이오-나프타 활용
	케미컬 리사이클링	폐플라스틱 해중합 기술 개발
Lyondell Basell	저탄소 폴리올레핀	바이오 기반 HDPE, LLDPE 생산
	공정 탈탄소화	수소 연료전지 기반 분해 공정 도입
	원료 재활용	폐플라스틱 분자 수준 재활용 화학적 재활용
	폴리머 디자인	재활용 구조 설계
Solvay	환경규제 대응 고분자	무불소계 내열 고분자 개발
	그린합성 촉매	용매 최소화 반응용 신규 촉매 플랫폼
	PPS·PEEK 고기능 수지	경량 고강도 소재로 항공·EV 활용
	고안정성 소재	배터리 바인더/전해질 첨가제

2) 주요 제약기업 기술 동향

기업	기술 분야	주요 기술
Pfizer, Sanofi, Recursion	AI 중심 R&D	AI를 활용한 후보물질 발굴, 예측 모델 기반 전주기 적용
J&J, Bayer, Merck	디지털 전환 가속화	제조·공급망 자동화, 데이터 기반 의사결정
Roche, Illumina, Novartis, Bluebird	맞춤형 치료 기술 확대	유전자 기반 약물·진단 개발
NIH, Google Health, Roche	오픈 이노베이션	정부, 스타트업, 빅테크와의 오픈 이노베이션
Pear, Akili	디지털 치료제	디지털 기술 기반 정신질환, 만성질환 관리에 새로운 치료 방법
Novartis, BASF	지속가능성	탄소중립·친환경 제조 공정 강화

라 시장 규모

1) 화학 시장 규모

약 5.6조 달러 규모(2024년 기준)¹³¹⁾

2) 제약시장 규모

2024년 기준 약 1.6조 달러 규모(2024년 기준)¹³²⁾

마 시사점

최근 글로벌 화학 산업은 탄소중립 및 지속가능성에 대한 사회적 수요, 중국 시장 의존도 축소 등 공급망 재편, 글로벌 시장 성장을 저하 현상을 겪고 있으며 이에 따라 주요 기업들은 비용 절감 및 기술 혁신 전략을 추진하고 있다.

특히 전통적인 제품군인 고무 및 플라스틱, 직물 및 가죽 제품 등 품목에 대한 의존도를 줄이고 및 반도체 및 배터리 등 고부가가치 제품을 집중적으로 개발하고 있다.

131) 2025. Chemicals Market Report 2025. research and markets

132) Pharmaceutical Market Size & Share Trends Analysis Report. Grand View Research

시장 성장률도 반도체, 전자부품, 건축 금속 등 스페셜티 제품군에서 높은 수준을 나타낸다.

최근 제약 산업은 전세계적으로 고령화 추세가 증가함에 따라 일반의약품(OTC), 제너럴 의약품, 만성질환 의약품을 중심으로 시장이 커지고 있는 추세이다.

상위 제품군으로는 종양학, 항당뇨병 등 만성질환 관련 의약품과 피부질환, 항정신병제제 관련 의약품이 차지하고 있다.

또한 제약 산업은 다른 산업에 비해 비교적 경제적 여파 및 사이클에 영향을 크게 받지 않고 지속적인 R&D 투자가 유지되는 특징을 갖는다. 이러한 특징으로 제약 산업에서 응용되는 생태모방 기술은 비교적 고도화된 수준으로 개발될 가능성이 높을 것으로 예상된다.

주요 화학 기업들은 생분해 소재, 재활용 소재, 탄소중립 생산 기술(탈탄소 공정), 탄소회수 및 활용, 배터리 소재, 디지털 및 시뮬레이션 공정, 순환 플라스틱, 고기능 폴리머, 포토레지스트, 수처리 필터 소재, 고기능 필름 및 접착제, 고온 및 고내화학성 소재, 탄소전환 소재, 경량 복합 소재, 고기능 계면활성제, 식품 및 바이오 소재, 실리카 및 폴리머, AI 기반 분자설계 기술, 친환경 고분자, 친환경 촉매, 고기능 수지, 고안정성 소재 등을 집중적으로 개발하고 있다.

주요 제약기업들은 AI 중심 R&D 기술을 개발하고 적용하고 있으며 제조·공급망 자동화, 데이터 기반 의사결정 등 관련 기술을 개발하고 있다. 또한 유전자 기반 약물 및 진단 기술, 디지털 치료제 등을 집중개발하고 있다.

시장 규모는 화학 시장의 경우 약 5.6조 달러, 제약시장의 경우 약 1.6조 달러 규모로 추정된다.

2 생태모방 기술 제약/화학 시장

가 생태모방 기술 제약/화학 시장 특성 및 동향

아래에서는 제약/화학 관련 기업들의 직접 생태모방 기술을 직접 응용하고 있는 사례, 응용 가능성이 높은 사례, 관련 현황 등을 검토했다.

1) 제약 기업 생태모방 기술 동향

제약 관련 기업 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Zimmer Biomet	연간매출 수조 원 규모 기업. 인간의 뼈 구조와 생체환경을 모방해 'OsseoTi', 'MTX' 등 임플란트 제품 개발 상용화 ¹³³⁾
Edwards Lifesciences	연간매출 수조 원 규모 기업. 인간이나 동물의 심장 판막을 모방해 'RESILIA Tissue' 등 심장 구조적 치료 임플란트 기술 개발 및 상용화 ¹³⁴⁾
Abbott	연간매출 수조 원 규모 기업. 자연 혈액 전도 메커니즘 모방해 심장 박동 조율기 'AVEIR DR' 등 개발 및 상용화 ¹³⁵⁾
Organogenesis	나스닥 상장 기업. 인간 피부 구조 모방해 세포 기반 피부 대체 재생 치료제 'Apligraf', 'Dermagraft' 등 개발 및 상용화 ¹³⁶⁾
Moderna	나스닥 상장 기업. LNP 바이러스 감염 메커니즘 모방해 mRNA 백신 개발 및 상용화 ¹³⁷⁾
Camurus	약물 전달 시스템 'FluidCrystal' 개발 및 상용화. ¹³⁸⁾ 직접 생태모방 기술을 응용한다고 설명하지는 않지만, 체내 물질 전이 메커니즘을 모사했을 가능성 높음
EyePoint Pharmaceuticals	약물 전달 시스템 'Durasert' 등 개발 및 상용화. 직접 생태모방 기술을 응용한다고 공개하지는 않지만, 체내 물질 전이 메커니즘을 모사했을 가능성 높음 ¹³⁹⁾
Biomatrica	물곰(tardigrade) 등 극한 환경에서 생리적 상태를 멈추는 크립토바이오시스(cryptobiosis)를 모방해 'RNAsable' 제품 등 생물학적 샘플 보관 기술 개발 및 상용화 ¹⁴⁰⁾
ExeVir	낙타과 동물의 단일 도메인 항체(VHH)를 모방해 인간 치료용 항체 개발 ¹⁴¹⁾
Soricimed	북부짧은고리땃쥐(northern short-tailed shrew)의 천연독소의 구조를 기반(모방)으로 합성해 항암제 펩타이드 개발 ^{142), 143)}
Fauna Bio	AI 이용 종 간 유전체의 진화 패턴 분석해 신약 후보물질 발굴. 제약 분야 시장 영향력이 'Eli Lilly'와 협업 ¹⁴⁴⁾
Fauna Bio	AI 이용 종 간 유전체의 진화 패턴 분석해 신약 후보물질 발굴. 제약 분야 시장 영향력이 'Eli Lilly'와 협업 ¹⁴⁵⁾
Fauna Bio	AI 이용 종 간 유전체의 진화 패턴 분석해 신약 후보물질 발굴. 제약 분야 시장 영향력이 'Eli Lilly'와 협업 ¹⁴⁶⁾
Celtic Biotech	방울뱀 독의 crotoxin 복합체 단백질 구조 기반(모방)해 항암제 후보 물질 및 합성 펩타이드 개발 ¹⁴⁷⁾
Isogenica	낙타과 동물 유래 단일 도메인 항체(VHH) 기반(모방)해 항체 개발. ¹⁴⁸⁾ 제약 분야 시장 영향력이 큰 'Charles River Laboratories' 등과 협업 ¹⁴⁹⁾

제약 관련 기업 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
Bioxodes	진드기 침 단백질 기반(모방)해 혈액 응고 및 염증 억제제 개발 ¹⁵⁰⁾
특징	시장 영향력이 큰 제약 기업들은 생태모방 기술을 백신, 인공조직, 조직 재생 치료제, 외과 접착제 등 개발 부분에서 집중적으로 이용하고 있다. 신약 개발 분야에서는 'Moderna' 등 주요 기업이 백신 등을 개발하고 있으며 스타트업·신생기업의 경우 생태모방 기술을 'Eli Lilly', 'Charles River Laboratories' 등 연간매출 규모가 1조 원 이상인 시장 영향력이 큰 기업들과 생태모방 기술 관련 협업을 진행하고 있음

2) 화학 기업 생태모방 기술 동향

화학 기업들은 재료/소재 산업에서도 상당 부분 중복되기 때문에 여기서는 이를 되도록 제외하고 화학 기업들의 '공정, 원료 생산' 부분 동향을 중점적으로 검토했다.

-
- 133) <https://www.zimmerbiomet.com/en/products-and-solutions/specialties/hip/osseotि-porous-metal-technology.html>
 - 134) <https://www.edwards.com/healthcare-professionals/products-services/surgical-heart/inspiris-resilia>
 - 135) cardiovascular.abbott/int/en
 - 136) <https://www.organogenesis.com/advanced-wound-care/science.html>
 - 137) <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10125326/>
 - 138) <https://www.camurus.com/science/technology/>
 - 139) <https://eyepointpharma.com/about/>
 - 140) <https://asknature.org/innovation/room-temperature-biological-sample-storage-inspired-by-anhydrobiosis/>
 - 141) <https://exevir.com/technology/>
 - 142) <https://www.soricimed.com/our-platform.htm>
 - 143) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech
 - 144) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech
 - 145) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech
 - 146) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech
 - 147) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech
 - 148) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech
 - 149) <https://isogenica.com/isogenica-and-charles-river-peptide-vhh-discovery/>
 - 150) Willow Shah-Neville, 2024. Six biomimicry biotech companies harnessing nature's wisdom to develop breakthrough drug candidates. labiotech

화학 관련 기업 생태모방 기술 응용 현황	
기업	주요 응용 현황
BASF	연 매출 수십조 원의 글로벌 기업. 자연물의 자기조립 메커니즘을 모방해 이산화탄소 포집용 MOF(금속유기구조체) 기술 개발 및 상용화 ¹⁵¹⁾ , 152)
Polymateria	자연 촉매 반응 및 미생물 분해 메커니즘 모방해 플라스틱 생분해 첨가제 'Lyfecycle' 개발 및 상용화 ¹⁵³⁾
Anodyne Chemistries	효소 구조와 동작 원리 모방해 전기 기반 화학 공정 설계 기술인 'Anzyme' 개발. 개미가 체내에서 품산을 생성하는 것과 같은 자연계 효소 기반 촉매 시스템을 모방함. 특히 이산화탄소를 원료로 품산, 포름알데하이드, 메탄올 등 화학물을 만드는 기술 ¹⁵⁴⁾
Colorifix	식물, 동물, 곤충, 미생물 등 색소 유전자 복제(모방)하고 이를 미생물 삽입한 후 색소를 대량 생산하는 기술 개발 및 상용화 ¹⁵⁵⁾
Carbios	자연 효소의 분해 메커니즘을 모방한 PET 플라스틱 재활용 기술 개발 및 상용화. ¹⁵⁶⁾ 특히 화장품 및 웰빙 제품 기업인 'L'OCCITANE'과 협업 ¹⁵⁷⁾
OrganoClick	다양한 자연물의 문자 구조를 모방해 셀룰로오스 섬유에 결합하는 'OrganoClick' 기술 개발 및 상용화 ¹⁵⁸⁾
Sudoc	자연 퍼옥시다제(peroxidase) 효소가 유해물질 산화 분해하는 메커니즘을 모방해 'TAML' 촉매 기술 개발 및 상용화 ¹⁵⁹⁾
Spintex Engineering	거미의 방사관 메커니즘을 모방한 섬유 공정 개발 ¹⁶⁰⁾
New Iridium	자연빛의 광합성의 에너지 전환 메커니즘을 모방해 화학적 광촉매 기술 개발 ¹⁶¹⁾
AZUL Energy	체내 헤모글로빈 전달 기능 및 구조를 모방해 희귀 금속 없는 촉매 기술 'AZUL' 개발 ¹⁶²⁾
Brokkr	전기생성 박테리아가 금속 광석을 용해하면서 전자를 방출하는 메커니즘을 모방해 금속 회수 공정 'bioleaching' 기술 개발 ¹⁶³⁾
Bionic Leaf	자연빛이 화학 에너지로 전환되는 광합성 메커니즘을 모방한 인공 광촉매 기술과 박테리아의 이산화탄소 흡수 메커니즘을 이용한 바이오연료 생산 기술 개발 ¹⁶⁴⁾
특징	화학 제품의 '공정, 원료 생산' 부분에서 생태모방 기술을 응용하고 있는 기업 중에는 업계 세계 최고 수준의 시장 영향력을 갖는 BASF가 있으며 그 외 대부분 스타트업·신생기업에 해당된다. 하지만 Carbios가 'L'OCCITANE'과 같은 글로벌 기업과 협업하는 등 생태모방 기술은 친환경 및 고효율성에 기반해 시장 영향력이 점차 확대 추세이다. 특히 탄소 포집 기술 및 탄소 원료 이용 공정 개발, 화학물질을 이용하지 않거나 오염물질을 배출하지 않는 기술 등 친환경 및 인체 안전성 특성을 중심으로 생태모방 기술이 확장하고 있음

151) <https://www.nature.com/articles/s42004-019-0184-6>152) <https://www.bASF.com/global/en/media/news-releases/2023/10/p-23-327>153) <https://www.polymateria.com/about-us/what-is-biotransformation/#:~:text=Polymateria's%20revolutionary%20Biotransformation%20technology%20is,proprietary%20formulation%20for%20plastics%20that>154) <https://asknature.org/innovation/low-carbon-chemical-production-inspired-by-ants-and-other-organisms/>

나 시사점

연간매출이 최소 1조 원 이상인 ‘Moderna’, ‘Zimmer Biomet’, ‘Edwards Lifesciences’, ‘Abbott’와 같이 시장 영향력이 큰 기업들은 제약 분야(인공조직 제품 포함)에서 직접적으로 생태모방 기술을 응용해 제품을 개발하고 상용화하고 있다.

제약산업 특성상 상용화 단계에 진입하기 위해서는 비교적 높은 투자와 기간이 소요됨에 따라 주로 큰 기업들을 중심으로 생태모방 기술이 응용된 제품들이 상용화되고 있지만, 신생 또는 중소 규모의 기업들도 생태모방 기술을 응용해 임상실험 등 개발 단계를 거치고 있다.

생태모방을 응용한 개발 분야로는 백신, 인공조직, 조직 재생 치료제, 외과 접착제, RNA 샘플 보관 기술, 치료용 항체, 항암제, 혈액 응고제, 신약 후보 물질 발굴 기술 등 부분에서 집중적으로 개발하고 있으며 그 외 다양한 분야에서 범생태모방 기술(Nature Inspired) 관점에서 광범위하게 응용되고 있는 것으로 보인다.

시장 영향력이 큰 제약기업들은 생태모방 기술을 백신, 인공조직, 조직 재생 치료제, 외과 접착제 등 부분에서 집중적으로 이용하고 있다. 제약 업계 세계 최대 기업 중 하나인 ‘Moderna’가 백신 개발 등 생태모방 기술을 응용해 신약을 개발하고 있으며 스타트업·신생 기업도 생태모방 기술을 많이 응용하고 있으며 특히 ‘Eli Lilly’, ‘Charles River Laboratories’ 등 연간매출 규모가 1조 원 이상인 시장 영향력이 큰 기업들과 생태모방 기술 관련 협업을 진행하고 있다.

화학 시장에서는 글로벌 최고 수준의 시장 영향력을 가진 BASF 등이 생태모방 기술을 개발하고 있으나 대부분 스타트업·신생기업이 생태모방 기술을 개발하고 있다.

-
- 155) Scarlett Buckley, 2024. Startup Using Biomimicry to Break Textile Dyeing Down to Its DNA. sustainablebrands
 - 156) <https://www.carbios.com/en/enzymatic-recycling/>
 - 157) <https://group.loccitane.com/group/news/loccitane-en-provence-and-carbios-present-pet-bottle-made-enzymatic-recycling-result>
 - 158) organoclick.com
 - 159) sudoc.com
 - 160) <https://www.spintex.co.uk/post/spintex-wins-the-ray-of-hope-prize-2021>
 - 161) <https://www.climateinsiders.com/portfolio/new-iridium>
 - 162) <https://asknature.org/innovation/clean-catalysts-for-energy-storage-inspired-by-hemoglobin/>
 - 163) brokkresources.com
 - 164) <https://wyss.harvard.edu/news/bionic-leaf-uses-bacteria-to-convert-solar-energy-into-liquid-fuel/>

다만, 스타트업·신생기업 규모의 기업들이 'L'OCCITANE'과 같은 글로벌 기업과 협력하는 등 생태모방 기술을 적용한 제품의 시장 영향력이 점차 확대되고 있다.

생태모방 개발 분야로는 이산화탄소 포집용 MOF(금속유기구조체) 기술, 플라스틱 생분해 첨가제, 플라스틱 재활용 기술, 전기 기반 화학 공정 설계, 금속 회수 공정, 유전자 복제 미생물 색소 생산 기술, 셀룰로오스 섬유 기술, 촉매 기술, 섬유 공정 등을 집중적으로 개발하고 있다.

화학 시장에서 생태모방 기술은 오염 부산물을 거의 발생시키지 않아 친환경 및 인체 안전성 특징을 중심으로 시장 영향력이 확대되고 있다.

③ 생태모방 제약/화학 기술 시장 미래 성장성

가 전체 생태모방 기술 미래 성장성

국제사회는 지구 온난화에 따른 탄소중립 정책을 적극 추진함과 동시에 에너지 인플레이션에 따른 경제성장을 둔화 현상을 겪고 있으며 이에 따른 부채 증가와 재정 긴축이 필요하다.

탄소 저감 및 에너지 효율 증대 특징을 갖는 생태모방 기술은 이러한 상황을 극복할 수 있는 주요한 대체 기술이 될 수 있기 때문에 전체 생태모방 기술 시장은 잠재력이 큰 기술 분야이다.

부채 증가와 재정 긴축에 의해 선택적·집중적 투자 및 정책 추진 필요성이 높아짐에 따라 생태모방 기술의 대체성은 더욱 커질 것으로 보인다.

특히 생태모방 기술 중 친환경 속성을 갖는 탄소 저감 또는 에너지 절감 효과 기능을 중심으로 생태모방 기술에 대한 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

미국, 한국 등 주요국의 산업별 R&D 동향을 살펴보면 화학/제약, 전자제품/반도체, 항공 장비 분야에서 매출 대비 높은 R&D 지출 비중을 나타내고 있으며 이에 따라 생태모방 기술 5대 분야 중 특히 화학/제약, 재료/소재 분야 중 전자제품/반도체 분야, 항공 장비 분야에서의 생태모방 기술 개발에 대한 잠재성은 크다고 볼 수 있다.

AI 기술 관련 발행량과 AI 분야 투자는 지속적으로 크게 증가하고 있으며 특히 뚜렷한 테크 분야인 생태모방 기술은 AI의 영향을 크게 받을 것으로 보인다.

AI 연구 및 투자는 머신러닝, 데이터 관리 및 처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 산업로봇 등 분야에 집중되고 있으며 이는 ‘신소재 및 신약 개발’, ‘노동 및 산업자동화’ 분야에서 학제간 연구와 산업에 엄청난 기회 요소를 제공하고 기술 수요를 촉진할 것으로 보인다.

실제로 ‘신물질’ 분야 연구자들은 AI를 적극 활용하고 있으며 생산성 효과도 높은 것으로 인식하고 있다. 생태모방 5대 분야의 경우 ‘재료/소재’, ‘제약/화학’, ‘자동화 관련 기계’ 분야에 해당하며 이에 따라 해당 분야 생태모방 기술 수요는 AI의 영향을 비교적 크게 받을 것으로 보인다.

생태모방 기술(Biomimetics) 관련 연구자료도 이와 비슷하게 재료/소재, 화학/제약, 기계설계 분야에서 높은 발행량을 나타내고 있으며 이에 따라 재료/소재, 화학/제약, 기계설계 분야에서 생태모방 기술은 비교적 시장에서의 응용 가능성이 높을 것으로 예상된다.

기업이 새롭게 투자하고 개발한 후 생태모방 기술을 실제 시장에 적용해 상용화(수익화) 까지 단계를 아우르는 ‘생태모방 신기술 시장’은 아직은 시장형성 초기 단계로 볼 수 있으며 정부 등 국가 정책에 큰 영향을 받는 시장으로 평가된다.

만약 범위를 넓혀 자연의 구조에서 영감을 얻어 만들어졌다는 범(광의의) 기술적 의미 (Nature Inspired)의 ‘생태모방’이라는 관점에서 봤을 때 ‘생태모방 기술 시장’은 이미 각 분야의 배경 시장에서 규모를 정확히 가늠하기 어려울 만큼 상당한 부분을 차지하고 있다.

특히 생태모방 기술의 주요 5대 분야 시장은 모두 광의의 생태모방 스펙트럼 기술을 활발히 응용하는 주요 시장이기 때문에 배경 시장의 시장 규모 또는 시장가치는 생태모방 기술 5대 분야 시장의 최대 잠재적 시장가치로 볼 수 있다.

나 생태모방 제약/화학 기술 시장 미래 성장성 종합

1) 주요 기업 활동

제약 분야에서는 연간매출 규모가 최소 1조 원 이상인 시장 영향력이 큰 다수의 기업이 생태모방 기술을 개발하고 있다.

화학 시장(재료/소재 분야 제외)에서는 대부분 비상장 또는 스타트업 규모의 기업들이 많이 활동하고 있다.

2) 기술 수용 범위

전체 산업 집중개발 분야:

제약 산업의 경우 AI 중심 R&D 기술, 제조·공급망 자동화, 데이터 기반 의사결정 등 관련 기술, 유전자 기반 약물 및 진단 기술, 디지털 치료제 등을 집중·개발하고 있다. 특히 제약의 경우 임상시험 이전 단계 R&D에서 AI 기술을 활용해 비용 절감 등 효율성 재고 추세가 강하다.

제품군의 경우 일반의약품(OTC), 제너럴 의약품, 종양학, 항당뇨병 등 만성질환 의약품, 피부질환, 항정신병제제 관련 의약품 등을 중심으로 개발하고 있다.

화학 분야의 경우 전통적인 제품군인 고무 및 플라스틱, 직물 및 가죽 제품군과 반도체, 배터리, 전자부품, 건축 금속 등 스페셜티 제품군을 중심으로 개발하고 있다.

생태모방 기술 집중개발 분야:

제약 분야의 경우 1. 백신, 치료용 항체, 항암제, 혈액 응고제, 신약 후보 물질 발굴 기술 등 기존 신약 의약품 분야, 2. 인공조직, 조직 재생 치료제, 외과 접착제 등 생체재료 의약 품 분야, 3. RNA 샘플 보관 기술 등 기타 분야에서 생태모방 기술이 집중, 개발되고 있다.

화학 분야의 경우 1. 이산화탄소 포집용 MOF(금속유기구조체) 기술, 플라스틱 생분해 첨가제, 플라스틱 재활용 기술 등 친환경 기술, 2. 유전자 복제 미생물 색소 생산 기술, 셀룰로오스 섬유 기술 등 바이오 기반 기술, 3. 전기 기반 화학 공정 설계, 금속 회수 공정, 촉매 기술, 섬유 공정 등 공정 기술에서 생태모방 기술이 집중, 개발되고 있다.

비교 정리:

제약 분야의 경우 백신, 항체, 신약후보물질 발굴 기술 등 신약 의약품 분야와 인공조직, 조직 재생 치료제, 외과 접착제 등 생체 치료 의약품 부분에서 집중적으로 생태모방 기술이 응용되고 있다. 신약 분야에서는 지금까지 백신 부분과 항체 분야에 생태모방 기술을 이용한 개발이 일부분에 집중되고 있지만 신약 후보 물질 발굴 기술 분야에서 생태모방 기술이 응용되고 있어 주목된다.

화학 분야의 경우 전체 화학 산업은 스페셜티 제품을 집중개발하고 있으며 화학 분야에서 개발되고 있는 생태모방 기술들도 대부분 스페셜티 제품에 해당함으로 생태모방 기술의 수용 범위는 넓은 상태이다.

3) 확장 특성

제약 산업 특성상 상용화 단계에 진입하기 위해서는 비교적 높은 투자금과 기간이 소요됨에 따라 주로 큰 기업들을 중심으로 생태모방 기술이 응용된 제품들이 상용화되고 있으며 신생 또는 중소 규모의 기업들도 생태모방 기술을 응용해 임상실험 등 개발 단계를 거치고 있다.

제약시장에서 영향력이 큰 기업들은 생태모방 기술을 백신, 항체 등 신약 부분과 인공조직, 조직 재생 치료제, 외과 접착제 등 생체 치료 의약품 부분에서 집중적으로 이용하고 있다. 신약 개발 분야에서는 Moderna가 백신 등을 개발하고 있으며 스타트업·신생기업도 생태모방 기술을 응용해 신약을 개발하고 있다. 특히 신생기업들은 ‘Eli Lilly’, ‘Charles River Laboratories’ 등 연간매출 규모가 1조 원 이상인 시장 영향력이 큰 기업들과 생태모방 기술 신약 개발 협업을 진행하고 있다.

신약 개발 분야에서 기술 수용 범위는 아직 일부분에 집중되고 있지만 수용범위가 확대될 가능성이 높을 것으로 예상된다.

화학 시장의 경우 대부분 스타트업·신생기업이 생태모방 기술을 개발하고 있지만, ‘L’OCCITANE’과 같은 글로벌 기업과 협력하는 등 생태모방 기술을 적용한 제품의 시장 영향력이 점차 확대되고 있다.

4) 성장성 및 잠재성 종합

제약/화학 분야 주요 기업들은 생태모방 기술을 직접적으로 개발하고 있는 사례들이 다수 드러나고 있으며 신생기업의 경우 주요 기업들과 공동으로 개발하는 경우가 많은 것이 특징이다. 특히 제약 분야에서 주요 기업들이 많이 활동하고 있어 기본적인 생태모방 기술 수용도는 높은 것으로 보인다.

반면, 화학 시장의 경우 비교적 기술 연구개발 단계에 머무르고 있는 사례가 아직은 많고 제약 산업의 경우에도 기술 수용 범위에 있어 백신, 항체 등 일부분에 집중되고 있기 때문에 기술 수용이 아직은 제한적인 단계로 볼 수 있다.

제약 산업의 경우 산업 특성상 연구개발 기간과 투자 규모가 작지 않음에도 꾸준히 R&D 가 수행된다는 시장 특성과 바이오 기술과 밀접한 특성으로 인해 범 생태모방(Nature Inspired) 관점에서 생태모방 기술 수용도는 높은 것으로 추정된다.

잠재성 및 기술 확산 속도 면에서 살펴보면, 화학/제약 산업에서의 AI 활용성이 매우 높아 생태모방 데이터의 활용 가능성이 높아지고 있고 신약후보물질 발굴 기술에 생태모방이 응용되고 있으며 생태모방 기술에 대한 기초 연구 추진 건수도 높아서 기술 확산 속도도 빠를 것으로 예상된다.

전체 제약시장의 규모는 약 1.6조 달러, 화학 시장은 약 5.6조 달러 규모로 추정¹⁶⁵⁾되며 이는 생태모방 기술 제약, 화학 시장의 최대 잠재적 시장 규모에 해당한다.

생태모방 제약 기술 시장 규모는 약 54억 달러~649억 달러 규모로 추정되며 전체 제약 시장(약 1.6조 달러)에서 약 0.3%~4% 정도를 차지하는 것으로 추정된다.

생태모방 화학(공정, 원료 생산) 기술 시장 규모는 약 36억 달러~483억 달러로 규모로 추정되며 전체 화학 시장(5.6조 달러)에서 약 0.06%~0.7% 정도를 차지하는 것으로 추정된다.¹⁶⁶⁾

165) 각 5대 시장 중 세부 시장을 나눠서 시장 규모를 파악한 경우는 해당 시장을 하나의 동일한 시장으로 보기 어렵고 추정자료도 별개의 시장으로 구분해 추산하고 있기 때문. 반면 재료/소재, 자동차/항공 분야와 같이 하나의 시장으로 파악한 경우에는 재료/소재, 자동차/항공우주 분야의 경우 상품과 기술을 완전히 구분하기 어렵고 개별적으로 구분해 시장 규모를 추산하기 어렵기 때문

166) 생태모방 기술 수용 규모 또는 생태모방 기술 시장 규모를 구체적으로 추산하기 위해서는 각각 시장별 및 세부 산업별로 별도의 조사를 수행할 필요가 있지만, 대략적인 이해를 위해 각각의 전체 배경시장 규모 대비 생태모방 기술 활용 기업 전체 매출액을 비교해 추정함. 연간 매출액이 확인 가능한 기업들의 매출액만 합산 추정

참고 각 5대 분야 생태모방 기술 시장 규모 추정은 공급적 측면의 Bottom-Up approach 방식으로 기업(사업체) 수준 미시자료를 상향식으로 집계하는 방법과 기술 채택 여부만으로 기업을 포함시키는(기술을 하나라도 사용하는 기업들의 매출을 합산. 또한 생태모방 기술에 해당한다는 기준점이 다를 수 있기 때문에 대략적으로 생태모방 기술 관련 매출의 하한선과 상한선으로 추정되는 5%~60% 매출 비중 구간을 제시함.) 이진 채택 집계 방법(extensive-margin)을 응용해 상한 규모를 추정했다.¹⁶⁷⁾ ¹⁶⁸⁾ 이에 따라 생태모방 기술을 하나라도 활용하고 있고 매출이 확인되는 주요 기업의 전체 매출액을 조사하고 해당 기업들의 전체 매출을 합산한 다음 생태모방 기술의 매출 비중의 하한선과 상한선을 적용해 추정되는 시장 규모를 추정함(전체 매출규모의 5%~60%). 이후 상향식 집계와 정합화 방식을 응용해 추정된 생태모방 시장 규모를 전체 배경 시장 규모에 비교해 생태모방 기술이 전체 시장에서 차지하는 상한 비중을 추정했다.¹⁶⁹⁾ 기업들의 매출액은 2024년 기준.

**관련 기업 전체 매출 합산
(제약)** 약 1,081억 달러 = Zimmer Biomet (\$7.68 B) + Edwards Lifesciences (\$5.44 B) + Abbott Laboratories (\$42.0 B) + Organogenesis Holdings (\$482 M) + Moderna (\$3.2 B) + Eli Lilly (\$45.04 B) + Charles River Laboratories (\$4.05 B) + Camurus AB (\$197.4 M)

$$\frac{1081\text{억 달러} \times (5\% \sim 60\%)}{1.6\text{조 달러}} \times 100 = 0.3\% \sim 4\%$$

**관련 기업 전체 매출 합산
(화학)** 약 730억 달러 = BASF (\$70.3 B) + L'OCCITANE (\$2.7 B) + OrganoClick (\$12.9 M) + Carbios (\$0.15 M)

$$\frac{730\text{억 달러} \times (5\% \sim 60\%)}{5.6\text{조 달러}} \times 100 = 0.06\% \sim 0.7\%$$

-
- 167) Eric J. Bartelsman and Mark Doms, 2000. Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata, Journal of Economic Literature vol. 38, no. 3. 기업의 미시자료를 집계해 산업 전체 생산성, 총량 등 거시 현상을 체계적으로 설명한 대표적인 문헌 중 하나이며 경제학에서 기업(사업체) 수준 미시자료를 상향식으로 집계하는 방법의 기준 참고문헌으로 인정받고 있다.
- 168) Paul A. David, 2010. Zvi Griliches and the Economics of Technology Diffusion: Adoption of Innovations, Investment Lags, and Productivity Growth, SIEPR Discussion Paper No. 09-016 (Stanford, CA: Stanford Institute for Economic Policy Research) Zvi Griliches, 1957/10, Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change, Econometrica 25(4): 501–522. 이진 채택 집계 방식은 Griliches(1957) 문헌에서 응용한 이후 경제학에서 널리 활용되고 있으며 이러한 방법론에 대한 설명은 David(2010) 문헌에서 정리하고 있다.
- 169) UNSD, 2018. Handbook on Supply and Use Tables and Input–Output Tables with Extensions and Applications, UNSD, 2008, The System of National Accounts (SNA). 경제활동 측정의 국제 표준이 되고 있는 상향식 집계와 정합화 방식을 응용함. 대표적으로 경제활동 측정의 국제표준이 되고 있는 SNA (UN/EC/OECD/IMF/World Bank 공동)가 총량(분모)을 일관되게 산출하고 하위 추정치(분자)를 상위 총계에 맞추는 통계 규칙을 제공

IV

결론



1 환경오염처리, 제약/화학 분야 미래 성장성 비교

구분	주요 기업 활동	기술 집중 분야	기술 수용 특성
환경오염 처리	대부분 신생·스타트업 및 중소 규모 기업들이 생태 모방 개발	정화 멤브레인 및 필터 기술 분야, 폐기물 자원화 및 에너지화 기술 분야, 바이오 공기정화 기술 분야, 저탄소 기술 분야	기술 수용 범위가 넓음. 중소 규모 기업들이 대부분 활동하고 있지만 Veolia, PHILIPS, 미국 NASA, 싱가포르 PUB 등과 같이 시장 영향력이 큰 기업 및 기관과 다양한 공동사업을 진행함으로써 시장이 성장하고 있음
제약/화학	제약 분야에서는 연간 매출 규모가 최소 1조 원 이상인 시장 영향력이 큰 다수의 기업이 생태모방 기술을 개발. 화학 시장(재료/소재 분야 제외)에서는 대부분 비상장 또는 스타트업 규모의 기업들이 많이 활동	제약의 경우 신약 의약품 분야, 생체재료 의약품 분야, 기타 분야. 화학의 경우 친환경 기술, 바이오 기반 기술, 공정 기술	제약 및 화학 시장 모두 기술 수용 및 확장 속도 빠를 것으로 예상 신약 개발 분야에서 기술 수용 범위는 아직 일부분에 집중되고 있지만 수용 범위가 확대될 가능성이 높을 것으로 예상 화학 시장의 경우 대부분 스타트업·신생기업이 생태모방 기술을 개발하고 있지만, 'L'OCCITANE'과 같은 글로벌 기업과 협력하는 등 생태모방 기술을 적용한 제품의 시장 영향력이 점차 확대 추세

2 환경오염처리, 제약/화학 분야 생태모방 시장가치 비교

구분	시장가치 비교
환경오염 처리	<ul style="list-style-type: none">생태모방 환경오염 처리 기술 시장 규모는 약 24억 달러~290억 달러 규모로 추정. 전체 환경오염 처리 시장 규모(약 1.7조 달러)에서 생태모방 환경오염 처리 기술이 차지하는 규모는 대략 0.1%~1.7% 정도로 추정
제약/화학	<ul style="list-style-type: none">생태모방 제약 기술 시장 규모는 약 54억 달러~649억 달러 규모로 추정. 전체 제약 시장(1.6조 달러) 규모에서 생태모방 재료/소재 기술이 차지하는 규모는 대략 0.4%~4% 정도로 추정생태모방 화학(공정, 원료 생산) 기술 시장 규모는 약 36억 달러~483억 달러 규모로 추정. 전체 화학 시장 규모(5.6조 달러)에서 생태모방 재료/소재 기술이 차지하는 규모는 대략 0.06%~0.7% 정도로 추정

170)

170) 각 5대 시장 중 세부 시장을 나누서 시장 규모를 파악한 경우는 해당 시장을 하나의 동일한 시장으로 보기 어렵고 추정자료도 별개의 시장으로 구분해 추산하고 있기 때문. 반면 재료/소재, 자동차/항공 분야와 같이 하나의 시장으로 파악한 경우에는 재료/소재, 자동차/항공우주 분야의 경우 상품과 기술을 완전히 구분하기 어렵고 개별적으로 구분해 시장 규모를 추산하기 어렵기 때문



생태모방기술 분야별 시장동향과 미래성장성 분석

Market Trends and Future Growth
Prospects of Biomimicry Technology

제2편

환경 오염처리/제약, 화학 시장 분야