

국가전략기술 첨단바이오의 중점기술인 합성생물학 시장의 글로벌 동향과 미래 전망

이도연*, 김근환*

*한국과학기술정보연구원 데이터분석본부 수도권지원
e-mail:dylee@kisti.re.kr

Global Market Trends and Future Prospects in the Synthetic Biology Industry: A Key Technology for Advanced Biotechnology

Doyeon Lee*, Keunwhan Kim*

*Division of Data Analysis, Korea Institute of Science and Technology Information

Abstract

As synthetic biology becomes increasingly important in addressing global issues such as the COVID-19 pandemic and climate change, as well as competing for technological supremacy, major countries around the world are increasing public and private investment to secure synthetic biology's core technologies and internalize supply chains. This study analyzes the global market trends, competitive landscape, and policy environment of synthetic biology, a next-generation biomanufacturing technology sector that contributes to the realization of the global bioeconomy and the country's rise to prominence. The global market for synthetic biology is expected to expand from 11.43 billion USD in 2022 to 35.69 billion USD in 2027, with an annual growth rate of 25.6%. Notably, market share is increasing in North America, Europe, Asia-Pacific, and Latin America, with our country establishing synthetic biology as a key technology for advanced biotechnology and designating it as a national strategic technology. Furthermore, the establishment of the "National Synthetic Biology Initiative" has laid the legal and policy foundation for enhancing the national-level biomanufacturing innovation capacity in the field of synthetic biology, indicating a future acceleration in related industry research, development, and investment. This research provides foundational information necessary for domestic companies to secure global competitiveness and respond to technological hegemony competition through the analysis of global market trends of the synthetic biology industry, thus contributing to the related academic-industrial-research ecosystem.

1. 서론

합성생물학(Synthetic Biology)은 기존의 생물학적 시스템을 공학적으로 활용하거나 재설계하여, 자연에 존재하지 않는 인공 생명체를 창출하는 혁신적인 기술 분야이다. 이 분야는 표준화된 생물학적 구성요소(바이오부품·모듈)를 조합하여 새로운 생명체나 생명 시스템을 설계, 제작, 합성하는 과정을 포함한다. 유전자 편집, 빅데이터, 인공지능(AI), 로봇공학, 그리고 전산학과 같은 다양한 융합기술을 바탕으로, 합성생물학은 바이오파운드리(Biofoundry)를 통해 설계(Design)-제작(Build)-검증(Test)-학습(Learn)까지의 전 과정을 자동화함으로써, 바이오산업의 고속화, 대량화, 저비용화를 실현하고 있다. 이는 의료, 제약, 에너지, 화학, 농업, 식품 등 광범위한 산업 분야에서 핵심적인 바이오 제조 기술로의 활용 가능성을 열어주고 있다. 합성생물학은 연구개발 활동의 증가, 시장 수요의 상승, 그리고 투자 확대 등의 성장 촉진 요인으로 인해 빠르게 발전하고 있다. 이 기술 분야는 글로벌 기술 패권 경쟁에서 중요한 역할을 하고 있으며, 전 세계적으로 공공 및 민간 부문에서의 투자와 연구개발이 확대되고 있다. 특

히, 미국, 영국, 일본, 중국 등의 국가들은 합성생물학을 전략 기술 분야로 지정하고, 바이오파운드리와 같은 핵심 인프라 구축을 통해 기술 주도권 확보에 주력하고 있다. 이러한 글로벌 동향은 합성생물학이 국가 차원에서 육성해야 할 전략기술임을 시사하며, 치열한 글로벌 기술패권 경쟁 속에서 선제적이고 전략적인 대응의 필요성을 강조한다. 본 연구에서는 합성생물학 산업의 글로벌 시장 동향 분석을 통해 국내 기업들이 글로벌 경쟁력을 확보하고 기술 패권 경쟁에 대응하기 위한 전략적 방안 마련 및 다각적인 기업 지원 정책 수립에 필요한 기초 정보를 제공함으로써 관련 산학연 생태계에 기여하고자 한다.

2. 정책 현황

2.1 해외 현황

합성생물학은 현대 사회가 직면한 다양한 글로벌 이슈와 기술 패권 경쟁에 중요한 역할을 하는 전략적 기술 분야로 자리매김하고 있다. 이 기술의 발전과 확산은 전 세계적으로 공공 및 민간 투자의 확대와 함께, 핵심 기술의 선점 및 공급망 내재화 노력이 강화되고 있는 추세를 반영한다. 본 연구에서는

각국의 합성생물학 분야에 대한 육성 전략과 이로 인해 예상되는 글로벌 시장 변화를 살펴보고자 하였다. 미국은 '미국혁신경쟁법'을 통해 합성생물학을 주요 10대 핵심기술 중 하나로 지정, 바이오경제의 연구개발 및 융합연구를 가속화하고 있다. 방위고등연구계획국(DARPA) 산하에 설립된 'BioMADE'를 통해, 앞으로 7년간 2억 7천만 달러의 투자를 계획하고 있다는 사실은, 미국이 제조 기술 연구개발에 얼마나 큰 비중을 두고 있는지를 보여준다. 또한, 바이든 행정부의 「국가 생명공학·바이오제조 이니셔티브」는 바이오 분야의 공급망 내재화와 미국 중심의 기술패권 유지 의지를 분명히 하고 있다. 영국은 합성생물학 분야를 전략적으로 육성하기 위해 「국가 합성생물학 로드맵」을 수립하고, 관련 연구-교육-산업 생태계의 구축을 위해 정부 주도하에 여러 합성생물학 센터 및 바이오파운드리를 설립했다. 이러한 조치들은 합성생물학 연구의 체계적인 발전과 상업화를 촉진하는 기반이 되고 있다. 일본은 '바이오전략 2019'를 통해 바이오와 디지털 기술의 융합을 통한 산업 경쟁력 강화를 목표로 삼았다. 'NEDO 스마트셀 프로젝트' 같은 구체적인 연구개발 프로젝트는 생물 정보와 AI 기술을 결합하여 생물 기능의 제어 및 활용을 모색하고 있다. 중국은 합성생물학을 국가 중점 과학기술 분야로 선정하고, 대규모 투자와 인프라 구축을 통해 급속한 발전을 도모하고 있다. 특히, 선전 지역에 대규모 바이오파운드리 구축을 위해 약 7,200억 원을 투입한 사례는 중국의 합성생물학 분야에 대한 의지를 보여준다.

2.2 국내 현황

우리나라의 바이오경제는 높은 성장 잠재력에도 불구하고, 범부처 협업과 핵심 인프라에 대한 투자가 부족한 상황이다. 최근 5년간(2016-2020) 정부 투자의 증가 추세를 보이고 있으나, 이러한 투자는 주로 대학 중심의 기초연구에 집중되어 있다. 이에 대응하여, 2022년 10월 발표된 국가과학기술자문회의에서는 「국가전략기술 육성방안」을 통해 첨단바이오 분야, 특히 합성생물학을 중점기술로 선정하였다. 과학기술정보통신부는 이를 뒷받침하기 위해 「국가 합성생물학 이니셔티브」를 수립하고 발표하였으며, 이는 합성생물학의 핵심기술 선점, 바이오파운드리의 구축 및 활용, 그리고 지속 가능한 생태계 조성을 주요 전략으로 제시하고 있다. 이러한 전략의 실현을 위해 (가칭) 「합성생물학 연구진흥 및 지원에 관한 법률」의 입법 발의를 계획하고 있으며, 이는 합성생물학 분야의 법적 토대를 마련하여 연구와 산업 발전에 필수적인 안정적인 환경을 조성하려는 목적을 갖는다. 추가로, 이 계획의 일환으로, '바이오파운드리 인프라 및 활용 기반 구축 사업'이 예비타당성 조사를 통과해, 2025년부터 2029년까지 5년간 총 1,263억 원을 투입하여 국내 바이오파운드리의 인프라 구축과 활용을

통한 바이오 제품의 개발 및 상용화 촉진을 목표로 국내 합성생물학 분야의 산학연 연구자를 대상으로 지원 서비스를 제공할 예정이다. 또한, 2023년 7월에는 산업통상자원부에서 바이오의약품 제조의 초격차 확보와 바이오 신산업 육성을 위한 「바이오경제 2.0 추진 방향」을 발표하였다. 이 계획에서는 국가 바이오파운드리 구축을 통해 바이오 개발과 공정의 표준화, 고속화, 자동화를 도모하고, 이를 통한 바이오 제품의 상용화를 촉진하기 위한 한국판 BioMADE 설립이 포함되어 있다. 이러한 다양한 정책과 계획은 합성생물학을 포함한 첨단바이오 분야의 발전과 글로벌 경쟁력 강화를 위한 우리나라의 의지를 분명히 하며, 합성생물학 분야의 성장과 발전을 위한 정부 차원의 지원과 노력을 총체적으로 보여준다.

3. 시장 동향 및 전망

3.1 지역별 시장 현황

합성생물학 시장은 2022년 기준 114억 3,150만 달러의 규모에서 2027년까지 연평균 25.6%의 성장률을 기록하며 356억 9,200만 달러에 이를 것으로 예측된다. 지역별로 보면, 북미가 45.7%의 점유율로 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 유럽, 아시아·태평양, 라틴 아메리카, 중동 및 아프리카 순으로 시장 규모가 나타났다. 북미는 주로 생명 과학 연구개발 증가, 의료 산업 성과 개선 노력, 고품질 연구 도구 수요 증가 등으로 인해 2027년까지 160억 달러에 이를 것으로 전망된다. 유럽과 아시아·태평양은 각각 연평균 25.9%와 27.0%의 성장률을 보여, 두 지역 모두 2027년에는 약 74억 달러 규모에 이를 것으로 보인다. 라틴 아메리카도 22.1%의 성장률로 2027년까지 11억 달러 규모를 형성할 전망이다. 이러한 성장은 각 지역별 주요 산업의 발전과 정부 정책, 연구개발 비용 증가, 엄격한 규제 요인 등에 기인한다.

[표 1] 지역별 글로벌 시장 현황 및 전망

구분	시장 현황 및 전망 (단위: 백만 달러)						CA GR (%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
북미	5,210	6,402	8,116	10,263	12,795	16,054	25.2
유럽	3,358	4,149	5,287	6,723	8,426	10,629	25.9
아시아·태평양	2,255	2,811	3,614	4,634	5,858	7,452	27.0
라틴 아메리카	434	521	644	794	964	1,177	22.1
중동 및 아프리카	172	200	238	281	326	378	17.0
계	11,431	14,087	17,903	22,676	28,320	35,620	25.6

3.2 응용분야별 시장 현황

합성생물학 시장은 의료, 산업, 식품 및 농업, 환경 등의 응용 분야로 나뉘며, 이 중 의료 부문이 가장 큰 시장 점유율(44.4%)을 차지한다. 2022년에 52억 1,010만 달러였던 의료 부문은 연평균 28.7%의 성장률로 2027년에는 약 183억 6,180만 달러에 이를 것으로 예상된다. 이러한 성장의 주요 요인은 신규 치료법 개발을 위한 연구개발과 이를 위한 자금 지원이다. 의료 부문 내에서 의약품 시장이 가장 큰 비중(59.3%)을 차지하며, 유전자 편집 기술을 기반으로 한 첨단 의약품 개발이 높은 성장률을 뒷받침한다. 산업 응용 부문도 34.5%로 두 번째로 큰 시장 점유율을 보이며, 바이오 연료와 재생 에너지 연구의 증가, 산업용 효소 사용의 확대 등으로 인해 2022년 39억 4,430만 달러에서 2027년까지 연평균 24.1%로 성장하여 2027년에는 약 116억 달러 규모로 성장할 것으로 예상된다.

[표 2] 응용분야별 글로벌 시장 현황 및 전망

구분	시장 현황 및 전망						CA GR (%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
의료 응용	5,210	6,584	8,579	11,144	14,263	18,361	28.7
의약품	3,087	3,878	5,023	6,486	8,251	10,557	27.9
신약 개발 및 치료제	1,630	2,105	2,801	3,715	4,853	6,373	31.4
인공 조직 및 조직 재생	493	601	754	942	1,159	1,430	23.7
산업 응용	3,944	4,803	6,034	7,562	9,340	11,609	24.1
식품 및 농업 응용	1,580	1,894	2,340	2,882	3,496	4,264	22.0
환경 응용	666	801.6	946.6	1,108	1,272	1,457	15.9
계	11,431	14,083	17,900	22,697	28,372	35,632	25.6

3.3 기술분야 및 도구별 시장 현황

기술적 관점에서 보면, 합성생물학 시장은 유전자 합성, 게놈 공학 및 편집, 시퀀싱 등의 기술 분야로 나누어지며, 유전자 합성이 27.7%로 가장 큰 시장 점유율을 보인다. 2022년에 17억 4,180만 달러였던 이 부문은 연평균 26.2% 성장해 2027년에는 55억 7,240만 달러에 이를 것으로 예측된다. 게놈 공학 및 편집은 15.0%의 점유율과 함께 가장 높은 연평균 29.4% 성장률을 보일 것으로 전망되며, 시퀀싱은 12.5% 점유율로 2022년 7억 8,480만 달러에서 2027년까지 24억 9,260만 달러로 성장할 것으로 예상된다. 이 기술들은 합성 DNA, 합성 RNA, 치료제 개발 증가와 유전자 합성 기술의 발전 등으로

인한 수요 증가에 힘입어 높은 성장률을 보인다. 합성생물학은 올리고뉴클레오티드 및 합성 DNA, 효소, 클로닝 기술 키트, 합성 세포, 새시 유기체 등의 혁신적 도구들의 개발을 촉진시키는데, 이러한 도구는 유전자 회로의 설계와 유전자 발현의 제어를 통해 세포의 기능을 조작하고, 원하는 결과를 세포로부터 추출하는 데 핵심적인 역할을 한다. 2022년 기준으로 올리고뉴클레오티드와 합성 DNA가 가장 큰 시장 점유율(45.9%)을 차지하며, 이 부문은 2022년 24억 230만 달러에서 2027년까지 연평균 26.9% 성장해 79억 1,930만 달러에 이를 것으로 예상된다. 다음으로 큰 점유율을 가진 효소 부문은 2022년 9억 8,360만 달러에서 연평균 26.1% 성장, 2027년에는 약 31억 3,860만 달러에 이를 것으로 추정된다. 클로닝 기술 키트 시장은 2022년 6억 8,210만 달러에서 2027년까지 21억 260만 달러에 이를 것으로 예상된다. 새시 유기체 부문도 연평균 24.7% 성장해 2027년까지 835만 달러에 이를 것이다.

[표 3] 기술분야 및 도구별 글로벌 시장 현황 및 전망

구분	시장 현황 및 전망						CA GR (%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
유전자 합성 (Gene Synthesis)	1,741	2,156	2,755	3,510	4,409	5,572	26.2
게놈 공학 및 편집 (Genome Engineering and Editing)	981	1,185	1,553	2,029	2,610	3,375	29.4
시퀀싱 (Sequencing)	784	970	1,237	1,574	1,975	2,492	26.0
생물정보학 (Bioinformatics)	704	856	1,073	1,343	1,657	2,056	23.9
클로닝 (Cloning)	638	787	1,001	1,271	1,589	2,001	25.7
부위 지정 돌연변이 유발 (Site-Directed Mutagenesis)	501	604	751	909	1,136	1,386	22.7
측정 및 모델링 (Measurement & Modeling)	338	464	557	666	781	919	18.2
미세유체학 (Microfluidics)	335	386	458	539	622	718	16.5
나노기술 (Nanotechnology)	194	231	284	349	421	512	21.4
계	6,229	7,643	9,673	12,214	15,213	19,044	25.0

출처 : Markets & Markets (2023), ASTI Market Insight (2024)

3.4 시장 경쟁 현황

합성생물학 글로벌 시장은 다양한 산업 분야에서 급속한 성장과 함께 경쟁이 치열해지고 있다. 합성생물학 플랫폼, 융합 기술, 첨단기술개발 등의 분야에서 기업들은 전략적 파트너

십을 통해 시장점유율을 확대하려는 노력을 기울이고 있다. 최근, 곡물, 화학, 석유, 제약 등 여러 산업 분야의 글로벌 기업들이 기술 선점을 위한 경쟁의 일환으로, 합성생물학으로 사업 확장을 추진하고 있다. 이 분야에서 주목받는 기업으로는 Cargill, DuPont, British Petroleum, Pfizer 등이 있다. 또한, 코로나19 팬데믹에도 불구하고 Amyris, Ginkgo, Zymergen과 같은 플랫폼 기업들이 대규모 투자를 유치에 성공하며 합성생물학 관련 기술과 설비 제공에 중요한 역할을 하고 있다. 합성생물학 분야의 글로벌 시장에서는 Thermo Fisher Scientific, Merck, Novozymes가 상위 3대 기업으로 꼽히며, 이들의 시리아점유율은 2022년 기준 전 세계 시장의 약 47-59%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이외에도 Agilent Technologies, Ginkgo Bioworks, Amyris, Precigen 등을 포함한 다수의 글로벌 기업들이 시장에서 활발한 활동을 보이며, 합성생물학의 연구 및 적용 분야에서 혁신을 주도하고 있다.

3.4 국내 시장 현황

현재 국내 합성생물학 산업은 초기 단계에 있어 국내 시장 규모는 아직 명확하게 집계된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 국내 시장 규모를 추정하지 못했지만, 합성생물학의 바이오산업 전반에 대한 파급효과를 고려할 때, 이 분야는 향후 중요한 시장을 형성할 것으로 보인다. 국내 기술 수준은 미국 대비 75%로 유럽 및 중국보다는 낮으나 일본과 비슷한 수준이며, 선도 국가들을 추격 중이다. 유전체 설계 및 제작 기술과 관련된 논문 및 특허 점유율은 낮은 편이지만, 최근 대기업을 중심으로 합성생물학을 활용한 사업 확장과 다양한 산업 분야에서의 수요 증가가 관찰되고 있다. CJ제일제당, 바이오니아, 제노포커스 등이 바이오파우더를 운영하고 있으며, 합성생물학 분야에서의 민간 독자적 구축에는 한계가 있어 정부 주도의 지원이 지속적으로 필요한 상황이다.

4. 결론 및 시사점

코로나19 팬데믹, 기후변화 등 글로벌 이슈 해결과 기술 패권 경쟁에서 합성생물학의 중요성이 날로 높아지면서, 세계 주요 국가들은 합성생물학 핵심기술 확보 및 공급망 내재화를 위해 공공 및 민간 투자를 늘리고 있다. 본 연구에서는 글로벌 바이오경제 실현 및 선도국가로의 도약을 목표로 하는 합성생물학 분야의 시장 동향, 정책 현황, 그리고 미래 전망을 종합적으로 분석함으로써, 합성생물학이 차세대 바이오 제조기술 분야에서 어떤 역할을 할 수 있는지에 대해 조명하였다. 글로벌 합성생물학 시장은 2022년에 114억 3,150만 달러의 시장 규모

를 가진 합성생물학은 2027년까지 연평균 25.6%의 성장률을 기록할 것으로 예측되며, 이는 북미, 유럽, 아시아-태평양, 라틴아메리카 지역에서의 시장 점유율 확대와 직결됨을 확인하였다. 이러한 급격한 시장 성장은 다양한 응용 분야의 수요 증가, 연구개발 자금의 확대, 글로벌 기업의 활발한 사업 확장, 국가별 산업 육성 정책의 증가 등에 기인하고 있다. 한편, 생물안전 및 윤리적 문제는 시장 발전의 잠재적 제약 요소로 작용할 수 있음을 인식해야 한다. 이러한 글로벌 시장 상황에 대응하여 우리나라는 첨단바이오 분야의 국가전략기술로 합성생물학을 선정하고, 「국가 합성생물학 이니셔티브」를 통해 합성생물학 분야의 바이오 제조 혁신 역량을 강화할 수 있는 법적 및 정책적 기반을 마련하였다. 이는 연구개발 및 투자 가속화를 촉진하며, '바이오파우드리 인프라 및 활용 기반 구축 사업'과 같은 실행 계획을 통해 합성생물학 산업의 지속 가능한 성장을 도모할 것으로 기대된다. 따라서 국내 기업들은 글로벌 시장에서의 선도적 위치 확보와 경쟁력 강화를 위하여 핵심 기술 선점, 정부 지원을 활용한 연구개발 강화, 제조 생산 협력, 그리고 산학연정간의 협력 체계 구축에 주력해야 할 것이다. 본 연구는 합성생물학 분야의 글로벌 시장 동향을 분석하고, 국내 기업 및 다양한 산학연 연구자들이 기술 패권 경쟁에 효과적으로 대응할 수 있는 전략을 마련하는 데 필요한 기초 정보를 제공함으로써, 관련 산학연 생태계 조성에 기여하고자 하였다.

5. 사사

본 논문은 2024년도 한국과학기술정보연구원(KISTI) 기본사업으로 수행된 연구입니다(K24L3M3C5).

참고문헌

- [1] Markets & Markets, "Synthetic Biology - Global forecast to 2027", 2023.01.
- [2] ASTI Market Insight, "합성생물학", 2024.03.
- [3] 관계부처 합동, "바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 생태계 조성 방안", 2021.10.
- [4] 과학기술정보통신부, "바이오 제조·디지털 혁신 투자방향(안)", 2022.12.
- [5] 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원, "2022 기술영향평가 보고서 및 단행본 - 합성생물학", 2023.02.
- [6] 식품의약품안전처·식품의약품안전평가원, "식의약 R&D 이슈 보고서 - 합성생물학", 2023.01.
- [7] 한국바이오협회·한국바이오경제연구센터, "합성생물학의 핵심 허브 : 바이오파우드리", 2022.08.
- [8] 과학기술정보통신부, "미래 바이오산업의 주도권을 선점하기 위한 '합성생물학 기술 선제적 대응 전략', 2021.07.
- [9] 산업통상자원부, "바이오경제2.0 추진방향", 2023.07.
- [10] 한국과학기술기획평가원, "2022년도 예비타당성조사 요구 국가연구개발사업 에타 대상선정 보고서", 2023.02.