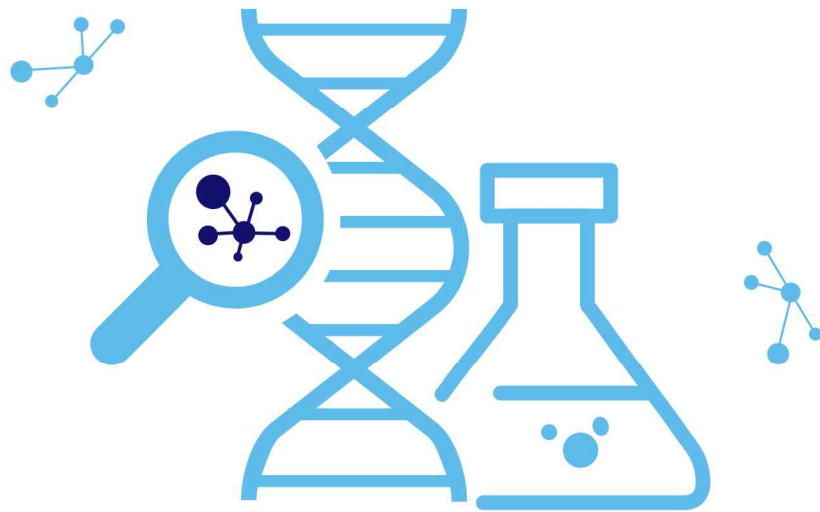


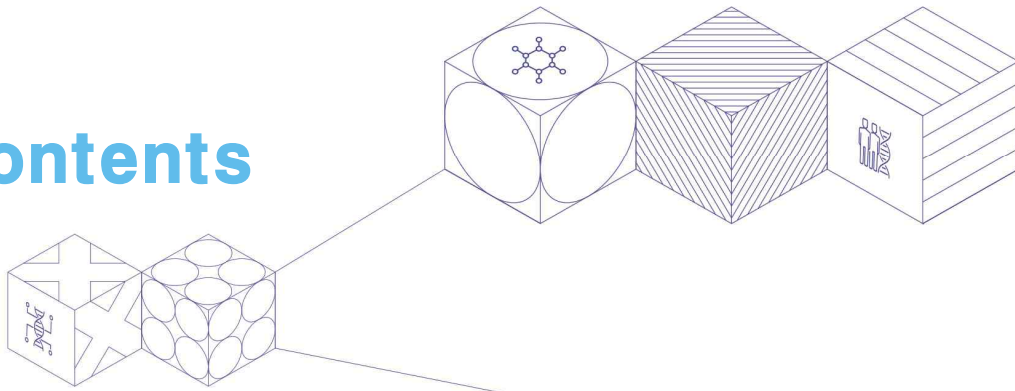
11

November

합성생물학 월간동향



Contents

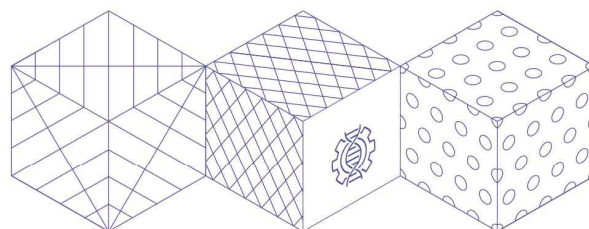


언론 모니터링

1. 과학기술정보통신부, 제1차 한-영 과학기술 혼성위원회 개최 1
2. 한-미 공동연구팀, mRNA를 이용한 암 진단 플랫폼 기술 개발 2
3. KAIST 연구팀, 친환경 미생물 플라스틱 생산 기술 개발 2
4. 마-이탈리아 공동연구팀, 자가 조립 가능한 DNA 기반 나노 구조 개발 4
5. 고베대 연구팀, 효모를 활용한 천연물 약물의 새로운 생산법 개발 4

정보 / 소식

1. 합성생물학의 미래: 주요 산업 영향과 중대한 도전 과제 6





01 | 언론 모니터링

1 과학기술정보통신부, 제1차 한-영 과학기술 혼성위원회 개최

- ◎ 과학기술정보통신부(이하 '과기정통부')는 합성생물학 등 핵심기술 협력 강화를 위해 제1차 한-영 과학기술혼성위원회를 개최('24.11.12)
 - 윤석열 대통령의 영국 국민 방문('23.11) 시 체결한 과학혁신기술 이행약정에 따라 개최되는 것으로 그간 과학기술을 담당하는 부처에서 개별적으로 운영하던 3개의 과학기술 협의체*를 통합
 - * 과학기술공동위원회(과기정통부), 보건의료혁신회의(보건복지부), 과학기술혁신 동반관계 위원회(산업통상자원부)
- ◎ 양국은 합성생물학 등 7개 기술을 논의 주제로 선정하여 각 분야 정책 공유 및 그간의 협력 현황을 점검하고, 공동 연구 및 인력 교류 등 협력 확대를 위한 세부 추진 방안을 구체화
 - 합성생물학 분야에서는 한-영 합성생물학 공동연구센터를 본격적으로 가동할 것과 '합성생물학 기술의 올바른 사용을 위한 책임있는 혁신'과 같은 정책 및 다학제적 협력을 통한 양국 협력의 범위 확장 논의
- ◎ 과기정통부 이창윤 제1차관은 제1차 혼성위를 시작으로 양국 연구자들 간의 더 활발한 교류와 공동 연구가 이루어질 수 있도록 지원할 것을 강조

출처: [머니투데이, 24.11.12](#)

2 한-미 공동연구팀, mRNA를 이용한 암 진단 플랫폼 기술 개발

- 한국생명공학연구원 강태준 박사 연구팀은 미 매사추세츠 종합병원, 하버드 의과 대학, 성균관대학교 연구팀과 함께 새로운 암 진단 플랫폼인 'SCOPE'*를 개발

* Self-amplified and CRISPR-aided Operation to Profile Extracellular Vesicles

- SCOPE는 종양세포가 방출하는 세포 외 소포체(Extracellular Vesicles, EVs)의 mRNA를 크리스퍼 유전자 가위(CRISPR-Cas13a)를 이용해 대폭 증가시켜 감지

- EVs에서 RNA를 빠르고 간단히 추출할 수 있는 폴리머(pDMAEA*) 코팅 튜브를 개발하여 RNA 추출 과정을 간소화하고 정확도를 높여 플랫폼의 신호 증폭 능력을 강화

* poly(2-Dimethylaminoethyl acrylate) : 환경에 따라 전하를 변환할 수 있는 폴리머로, 음전하를 띠는 RNA 등의 핵산을 결합하거나 방출하기에 적합

- 임상 현장에서 활용 가능하도록 SCOPE를 실행할 소형화된 장치와 자동화 시스템 설계

- SCOPE는 암 관련 바이오마커를 고효율로 감지하여 암 조기 진단 및 치료 반응 모니터링에 혁신적 변화를 가져올 것으로 기대

- 정확한 암 진단이 어려운 기존의 액체 생체검사법의 한계를 극복하고 주요 암 돌연변이를 전혀 없는 수준의 민감도로 검출할 수 있는 효율적인 시스템으로 평가
- 소량의 혈액만으로도 정확한 암 조기 진단이 가능하며, 빠른 결과와 간소화된 방식을 사용하여 임상과 연구 현장에서 활용도가 높을 것으로 전망

출처: [약업신문, 24.11.5](#)

3 KAIST 연구팀, 친환경 미생물 플라스틱 생산 기술 개발

- KAIST 생명화학공학과 이상엽 교수 연구팀은 시스템 대사공학을 이용해 PET 대체 유사 방향족 폴리에스터 단량체인 다이카복실산*을 고효율로 생산하는 미생물 균주 개발에 성공

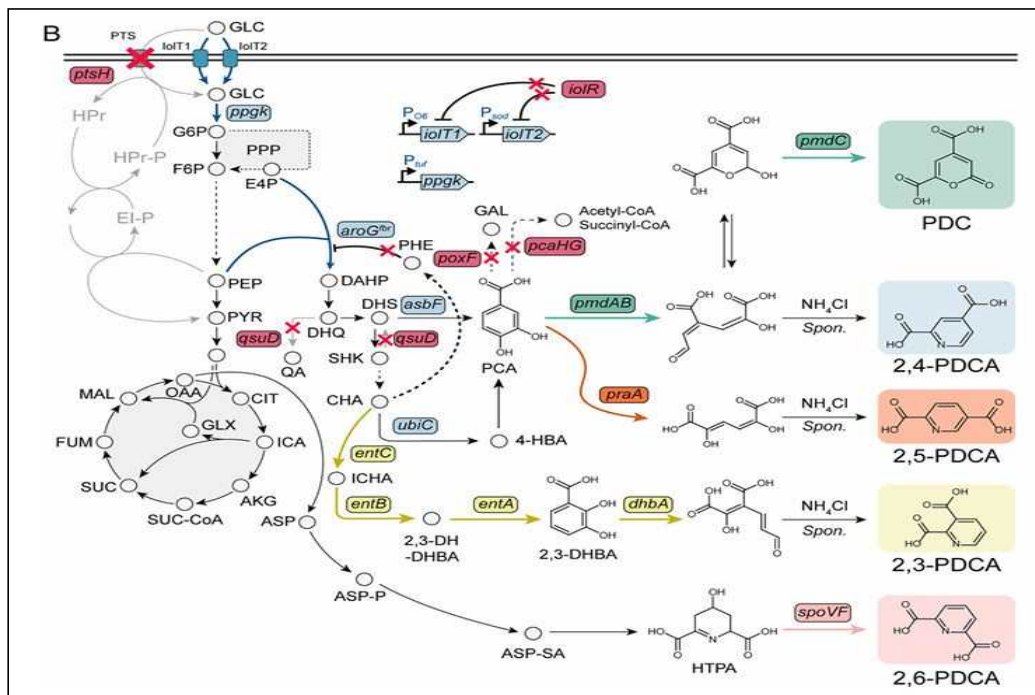
* 다이카복실산(Dicarboxylic acid)은 고분자로 합성할 경우 PET보다 물성이 더 뛰어나면서도 높은 생분해성을 가지고 있어 친환경적인 플라스틱 대체 소재로 주목받고 있음

- ① 아미노산 생산에 주로 사용되는 세균인 ‘코리네박테리움’을 변형해 만든 미생물 균주를 이용해 총 5종*의 유사 방향족 다이카복실산을 고효율로 생산

* 2-피론-4,6-다이카복실산(PDC), 2,3-피리딘 다이카복실산(2,3-PDCA), 2,4-피리딘 다이카복실산(2,4-PDCA), 2,5-피리딘 다이카복실산(2,5-PDCA), 2,6-피리딘 다이카복실산(2,6-PDCA)

- 여러 유사 방향족 다이카복실산의 전구체로 사용되는 프로토키테추산(Protocatechuate)의 대사 흐름을 강화하고 전구체의 손실을 방지하는 플랫폼 미생물 균주를 구축
- 세균이 더 효율적으로 자라고 많은 양의 물질을 만들 수 있도록 온도, 영양분 등 배양 환경을 최적화
- ② 해당 연구는 미생물 기반의 바이오 단량체 대량 생산 가능성을 확대하여 플라스틱 산업에서 석유화학 기반 소재를 대체할 수 있는 지속 가능한 기술적 기반을 제시할 것으로 전망
- 기존 화학적인 방법을 통한 유사 방향족 다이카복실산 생산 시의 유해 폐기물 생성 등의 문제점에 대한 대안을 제공
- 다양한 폴리에스터 생산 산업공정으로의 응용 및 유사 방향족 폴리에스터 생산에 관한 연구에의 활용 기대

〈유사 방향족 다이카복실산 생산 개요〉



출처: POPULAR SCIENCE, 24.11.7

4 마이탈리아 공동연구팀, 자가 조립 가능한 DNA 기반 나노구조 개발

- ◎ UCLA 사무엘리 대학 생명공학과 연구팀과 이탈리아 로마 토르 베르가타 대학의 화학과 연구팀은 공동 연구를 통해 합성 유전자 네트워크를 활용하여 DNA 기반 나노구조를 시간적으로 제어 가능한 방식으로 설계
 - 자연 세포의 신호 전달 체계가 비활성 상태의 전구체를 활성화하거나 비활성화함으로써 세포골격 등 동적 구조물을 조립하고 해체하는 원리를 모방
 - 이중교차 DNA 타일을 디자인하고, RNA 활성화 및 억제제를 생성하는 합성 유전자 네트워크를 활용하여 DNA 나노 구조의 조립을 시간적으로 제어
- ※ DNA와 RNA는 결합 특성을 예측 가능하고, 특정 서열 디자인을 통해 동적 회로와 조립을 가능하게 하는 특성이 있어 나노구조 설계에 이상적인 재료
- ◎ 해당 연구는 합성생물학과 DNA 나노 기술을 통합하여 동적이고 자율적인 나노 소재를 제작하는 새로운 패러다임을 제시
 - 향후 나노입자, DNA 오리가미(Origami)*, 코아세르베이트**와 같은 다양한 나노 구조와 결합하여 더욱 복잡한 자율 시스템으로 확장될 가능성 전망
- * DNA 분자를 정교하게 접어서 3차원 구조를 만드는 기술로 합성 유전자 네트워크를 이용해 DNA 오리가미의 조립 및 해체를 조정하여 더 복잡한 구조물 제작 가능
- ** 특정 조건에서 물질이 응집해 형성되는 액체-액체 상분리 구조로 생명체의 세포와 유사한 환경을 모사할 수 있어 인공 세포 연구에서 주로 활용

🌐 출처 : [NEWS MEDICAL, 24.11.4](#)

5 고베대 연구팀, 효모를 활용한 천연물 약물의 새로운 생산법 개발

- ◎ 일본 고베대 생명공학과 하스누마 토모히사 교수 연구팀은 효모를 활용한 합성 생물학 기술로 천연 물질인 아르테필린 C를 대량 생산할 수 있는 방법을 개발
 - 아르테필린 C는 항염증, 항암 효과로 인해 약리학적으로 중요한 물질로 여겨지며 자연에서의 공급이 제한적이기 때문에 이를 안정적으로 대량 생산할 방법이 필요

- 기존 효모(*Saccharomyces cerevisiae*) 대비 성장 속도가 빠르고, 높은 세포 밀도로 배양할 수 있는 *Komagataella phaffi* 효모를 사용해 아르테필린 C를 안정적으로 생산할 수 있는 방법을 개발
- ④ 효모 안에 *diprenyltransferase* 효소*를 암호화하는 유전자 *AcPT1*을 넣어 p-쿠마르산(p-CA)이라는 물질을 아르테필린 C로 전환
 - * p-쿠마르산에 고분자 탄화수소 구조인 프레닐기(prenyl group)를 추가하여 아르테필린 C 생성
 - 아르테필린 C를 만드는 데 필요한 프레닐 기질과 p-쿠마르산 공급을 강화하고, 효모가 잘 자라도록 글리세롤을 이용해 고밀도 배양을 시행
 - 이를 통해 아르테필린 C 사상 최고 생산량인 12.5mg/L 생산을 기록
- ④ 해당 연구는 아르테필린 C에 국한되지 않고, 향후 다양한 고부가가치 화합물의 대량 생산으로 확장될 것으로 기대
 - 효모와 합성생물학 기술을 결합한 방식은 경제성과 환경 친화성을 동시에 갖추고 있어, 지속 가능한 바이오 기반 사회 구축에 기여할 것으로 전망

🌐 출처: [EurekAlert!, 24.11.12](#)

합성생물학의 미래: 주요 산업 영향과 중대한 도전 과제

※ 출처: Blue Shift.(2024). The Brave New World of Synthetic Biology: Major Impacts, Significant Challenges. Arthur D. Little

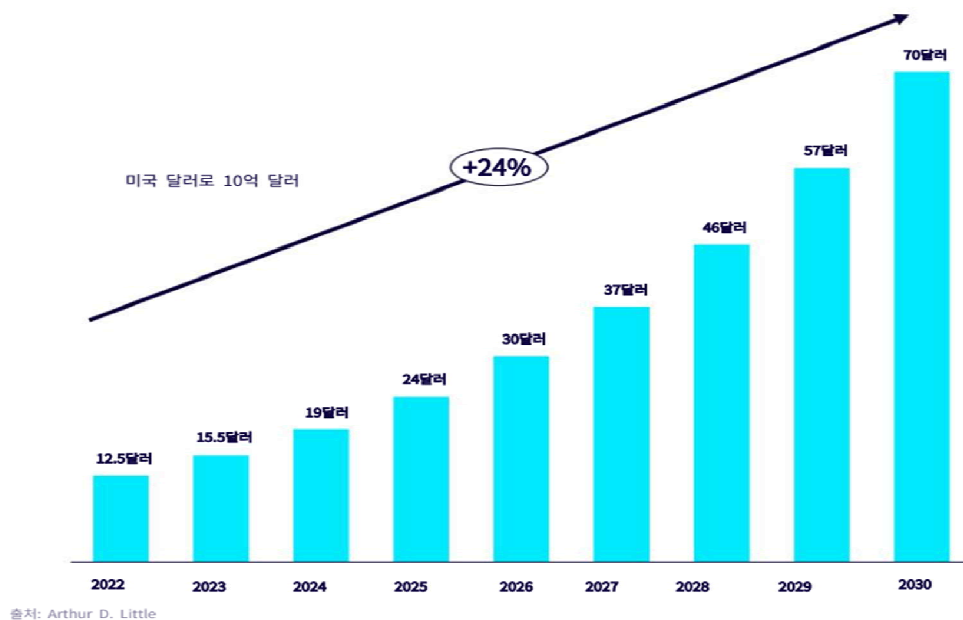
- ▣ 글로벌 컨설팅 회사 Arthur D.Little이 발표한 2024 합성생물학 전망 보고서는 합성생물학의 현황, 응용, 주요 산업적 영향과 도전 과제에 대해 다루고 있으며, 생물학적, 예술적, 철학적 관점에서의 융합적 논의를 포함
- ▣ 합성생물학은 헬스케어, 농식품, 화학, 제조, 에너지, IT 등을 포함한 여러 산업 분야에서 큰 변화를 일으킬 잠재력을 가지고 있으며, 이러한 다학문적 특성과 생태계 전반에 걸친 영향력으로 인해 사회적 논의와 비판적 담론이 필요
- ◎ 합성생물학은 생명과학과 물리과학의 융합을 기반으로, 생물학적 시스템을 의도적으로 설계하는 공학적 원칙과 시스템 사고 및 모듈화를 활용하여 생물학적 구성 요소의 상호작용을 이해하고 이를 활용하는 학문
 - 합성 식품, 바이오 배터리, 생물학적 컴퓨터 같은 새로운 제품 개발, 암 치료를 위한 유전자 및 세포 치료와 같은 기존 제품의 성능 강화, 지속 가능하고 효율적인 제조 및 생산 공정 개선이 주요 응용 분야
- ◎ 합성생물학의 발전은 정교한 유전자 편집 기술(CRISPR), 인공지능(AI)과 머신러닝(ML)의 활용, 지속 가능성, 건강 관리, 식량 안보, 혁신 제품에 대한 시장 수요 증가와 같은 요인에 의해 가속화
 - 미국 정부와 민간 부문의 투자 증가*, 주요 대학 및 산업 간의 협력도 합성생물학의 성장 촉진

* 미국 정부의 합성생물학 연구 자금은 2022년에 1억 6,100만 달러로 상승, 지난 5년 동안 공공 자금은 총 8억 2,000만 달러, 미국 민간 부문은 2022년에 약 80억 달러를 투자

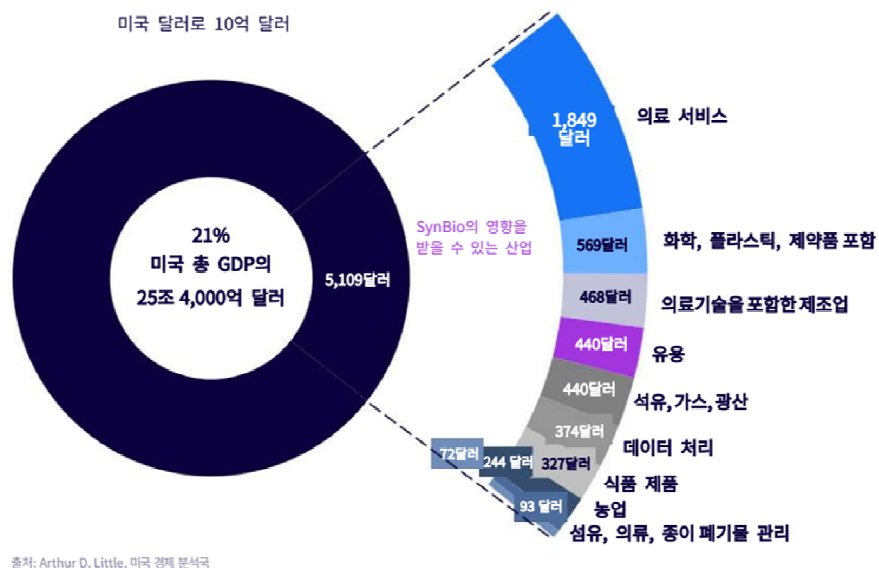
- 이러한 기술적 진보와 시장 수요에 힘입어 2023년 약 150억 달러였던 합성 생물학 시장 규모는 2030년까지 700억 달러에 이를 것으로 전망
- 특히 농업, 의료, 제조, 데이터 처리 등의 산업 부문에서 전 세계 생산량의 약 15~20%를 차지할 것으로 예측

※ 합성생물학의 영향을 받을 산업 부문(의료서비스, 화학, 제조 등)은 현재 미국 GDP의 약 20%를 차지하며, 이는 약 5조 달러에 해당

〈 2022-2030년 글로벌 합성생물학 시장 성장 전망 〉



〈합성생물학이 미국 GDP에 미치는 잠재적 영향〉



- 그러나 합성생물학은 윤리적 문제와 바이오 보안 등의 문제를 포함하여 다양한 도전 과제에 직면해 있음
 - 합성생물학은 동물 없이 우유나 고기를 생산하는 기술을 제공할 수 있으나 이에 대한 품질과 안전을 통제할 규제와 글로벌·경제적 영향에 대한 이해 필요
 - 최근의 사례*는 몇 가지 근본적인 질문을 해결해야 함을 보여줌: ▲누가 유전자나 세포를 소유하는가? ▲사회가 어떤 수준과 속도의 변화를 받아들일 수 있는가? ▲이러한 신기술의 위험은 무엇인가?
- * HeLa 세포 사건, 골든 라이스 논쟁, ‘우유’라는 용어 정의 등
- 이처럼 생명체 변형으로 인한 환경 및 건강상의 위험, 생물 무기화 가능성과 같은 윤리적 문제는 글로벌 규제와 표준화의 필요성을 제기
 - 상업적 생산으로의 확장과 비용 효율성 부족, 소비자의 부정적 인식 등 기술적, 경제적 장애도 극복해야 할 과제
- 합성생물학은 건강, 식량 공급 문제를 해결하며 농업, 헬스케어, 제조, 데이터 처리 등 다양한 산업에서 세계 경제의 약 15%-20%를 변화시킬 수 있는 잠재력 내재
 - 합성생물학 기술을 효과적으로 활용하려면 기술적 도전과 윤리적 논란을 해결하고, 지속 가능한 성장을 위한 전략적 접근이 필수적

〈 합성생물학 성장을 위한 주요 과제 〉

스케일업	여러 응용 분야에서 실험실에서 생산 규모로 확장하는 것은 기술적으로나 경제적으로 어려운 일입니다.	세포 치료제의 대량 생산 및 제조
가격 경쟁력	많은 SynBio 기반 제조 공정은 아직 기존 공정만큼 비용 경쟁력이 없습니다.	화석연료 대신 생물기반 원료로 화학제품 제조
소비자/대중 인식	SynBio 생산 제품에 대한 소비자 및 대중의 인식은 일부 분야에서 부정적입니다.	유전자 변형 식품
기술적 역량	일부 SynBio 기술 및 응용 프로그램은 사용 가능한 기술 용량(예: 데이터 관리 및 컴퓨팅 성능)에 의해 제한됩니다.	실리콘에서 약물 발견의 진전
변형 장벽	대규모로 기존 산업 공정을 SynBio 로 대체하려면 높은 자본 비용과 위험이 수반될 수 있습니다.	플라스틱 폴리머 및 파생물에 대한 생물학적 경로

출처: Arthur D. Little

▣ 합성생물학의 과학기술적 환경은 기초 학술 연구, 도구 및 기술 개발, 제품·서비스 개발이라는 3가지 그룹으로 나누어 검토

◎ (기초 학술 연구) 합성생물학의 다학문적 특성을 반영하며, 미국과 유럽이 주도적으로 투자하고 있지만 아시아에서도 활발히 연구 수행

- 인공지능(AI)과 합성생물학, 자동화의 융합은 데이터 마이닝, 대사 공학, 실험 자동화 등을 통해 연구 효율성 제고 가능

※ 세포 외 생물제조, AI와 합성생물학의 융합, 진핵생물의 대규모 DNA 합성, 진보된 3D 바이오프린팅, 다세포 유기체의 예측적 유전자 공학, DNA 기반 데이터 저장 분야는 향후 5~10년 내 성숙할 것으로 예상

- 미국에서는 MIT 생물공학부가 의료 및 생명과학 응용 연구를 선도하며, 노스웨스턴 대학교의 합성생물학 센터는 무세포 시스템, 포유류 시스템, 고성능 실험 도구, 윤리적 영향 등을 연구

- 미국의 스탠포드 대학교는 단백질 공학, 대사 공학, 유전체학, 조직 공학 등 광범위한 분야에서 연구 수행

- 유럽에서는 스위스 ETH 취리히가 생물학적 컴퓨팅과 포유류 세포를 다루는 기술 개발에 중점을 두고 연구 수행

- 영국 임페리얼 칼리지의 합성생물학 센터는 설계-제작-시험-학습 주기의 가속화, 컴퓨팅 모델링, 유전자 회로 엔지니어링 등을 집중적으로 연구

- 독일의 막스플랑크 합성생물학 연구 네트워크는 생명 모방 시스템, 마이크로 플루이딕 도구, 무세포 단백질 생산 등을 포함한 혁신적 기술 개발을 추진

- 아시아에서는 중국 선전 합성생물학 연구소, 싱가포르 SynCTI, 한국 KAIST 생명과학과 등이 합성생물학 연구를 선도

◎ (도구 및 기술 개발) 합성생물학을 구현하는 핵심 작업으로, 주로 설계(Design), 제작(Build), 분석(Analyze), 실행 지원(Enable)이라는 네 단계 워크플로우로 구분

- 설계 단계에서는 생물학적 시스템을 모델링하고 시뮬레이션하며, 제작 단계에서는 DNA 합성 및 전달 시스템이 활용되는데 일반적으로 가장 성숙도가 낮음

※ 제작 단계에서 de novo DNA 합성과 DNA/유전자 전달 시스템 등 핵심기술은 이미 대부분 상용화, 게놈 엔지니어링 도구(예: CRISPR)는 여전히 성숙 중이지만 높은 혁신 가능성을 내재

- 분석 단계는 차세대 시퀀싱(NGS)과 질량분석기술이 주요 도구로 사용되며, 실행 지원 단계에서는 자동화 기술과 대규모 발효 기술이 활용되고 있어 일반적으로 가장 성숙도가 높음

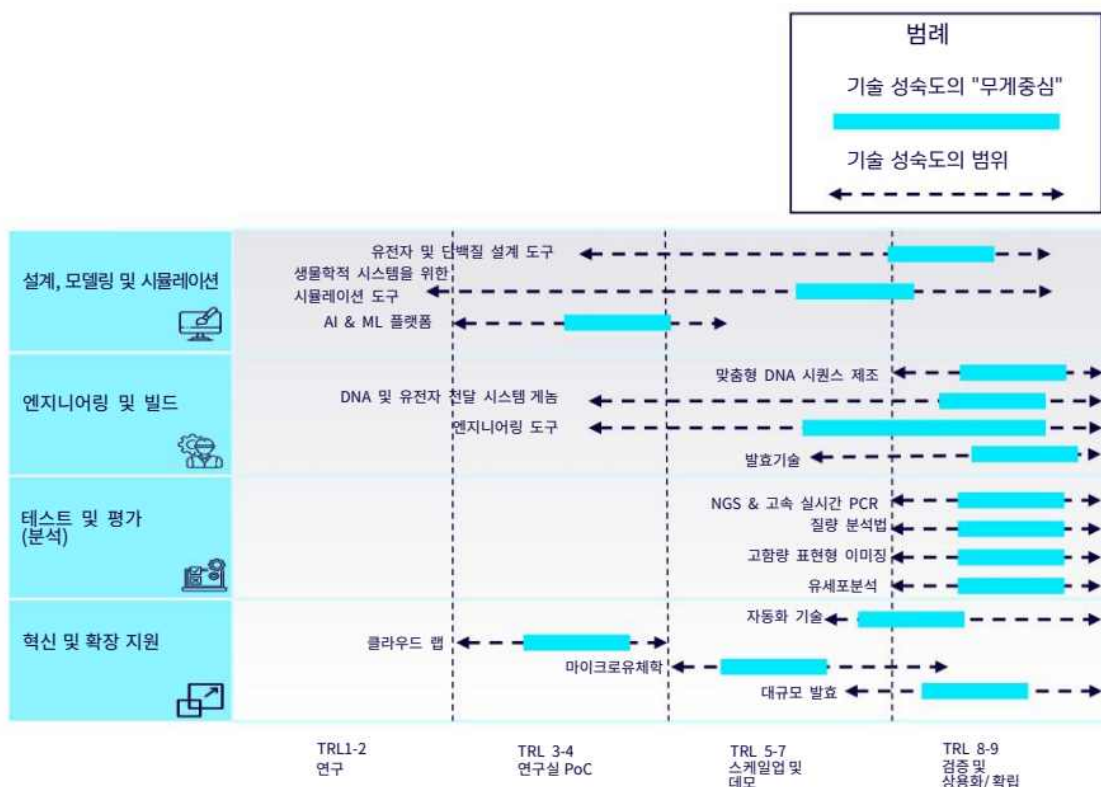
※ Illumina, Thermo Fisher 등 몇몇 대형 기업이 주도하고 있으며 차세대 시퀀싱에 대한 수요 증가로 시장이 빠르게 성장

- 확장 단계에서는 자동화 및 발효 기술이 상당히 성숙하고 확립되었으나, 클라우드 랩과 마이크로유체 기술은 성숙도가 낮고 대부분 스타트업이 주도

- 이들 도구의 성숙도는 단계별로 다르나, 각 도구나 기술들은 합성생물학 기술의 상업적 확대를 지원하며 지속적으로 성장 가능성을 보임

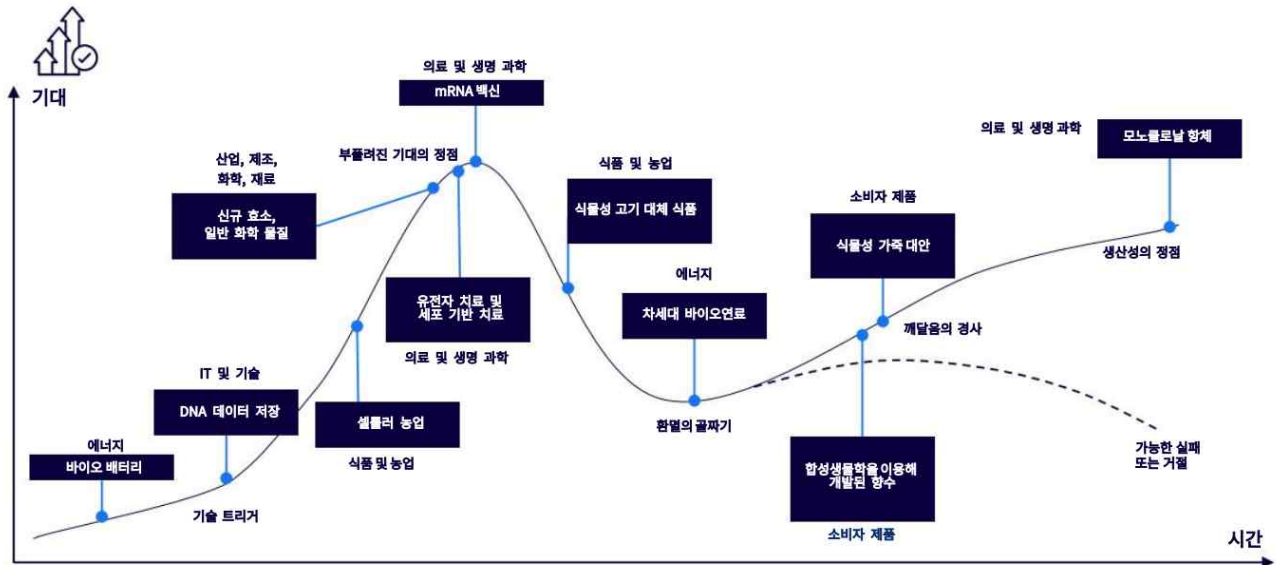
◎ (제품·서비스 개발) 각 응용 분야는 초기 단계부터 완전 상용화에 이르기까지 다양한 수준의 성숙도를 가지며, 백신 개발, 작물 개선, 바이오 연료 생성, DNA 기반 데이터 저장 등 광범위한 응용 가능성을 보임

〈 합성생물학 워크플로우 내에서 선택된 도구의 상대적 기술성숙도(TRL) 〉



- 합성생물학의 응용 및 산업 환경은 헬스케어, 생명과학, 농식품 분야를 중심으로 광범위한 응용 가능성이 전망되고 있으며, 응용 분야별로 초기 단계부터 상업화 단계까지 다양한 성숙도를 보이고 있음

〈 가트너 하이프 사이클에 맵핑된 합성생물학 응용 분야 〉



출처: Arthur D. Little, Nasdaq, SynBioBeta, Calvin Schmidt 합성 생물학 인덱스

- (헬스케어 및 생명과학) 헬스케어 및 생명과학 분야에서는 항체 치료제와 같은 성숙한 기술에서 유전자 치료제와 같은 초기 단계 기술까지 범위가 다양
 - 헬스케어와 생명과학에서는 만성 질환 증가, 개인 맞춤형 의학으로의 전환, 기존 치료법의 한계 극복이 주요 동력으로 작용
 - 조직 공학, 의료 기기, 백신, 줄기세포 및 세포 치료제, 유전자 치료 등의 분야에서 합성생물학 기술 활용이 활발
 - ※ 조직 공학 분야는 2030년까지 연평균 15% 성장, 바이오센서는 연평균 7%, 백신 분야는 연평균 10%, 유전자 치료제는 연평균 20% 성장 예상
 - CAR-T 세포 치료제와 같은 개인 맞춤형 치료법이 빠르게 성장 중이며, 줄기세포 및 세포 치료제 시장은 2022년 120억 달러에서 2030년 300억 달러로 성장할 것으로 예상

- ◎ (식품과 농업) 기후 변화와 인구 증가로 인한 지속 가능성 확보와 생산성 향상 요구가 합성생물학 기술 발전을 촉진하여 현재 상업화를 앞두고 있지만 시장 수용이 제한적인 상태
 - 작물 개량, 정밀 농업, 합성 식품 및 생물 복원과 같은 기술이 적용되고 있으며 'Impossible Foods'와 같은 기업이 합성 식품 시장을 선도
 - 농작물 육종의 경우 2022년 약 250억 달러에서 2030년 약 400억 달러로 성장이 예측되며, 합성 및 바이오 기반 식품 시장도 2022년 약 120억 달러에서 2030년 약 400억 달러로 성장 예상
 - 정밀 농업 시장은 2030년까지 약 150억 달러까지 성장할 것으로 예상되며, 생물정화 시장은 약 300달러로 확대될 전망
 - 규제 문제, 소비자의 인식 부족, 시장의 보수성 등은 여전히 도전 과제
- ◎ (제조·화학·소재) 산업 제조·화학·소재 분야에서는 지속 가능성과 탈탄소화 요구가 합성생물학 기술 발전의 핵심 동력이며, 효소 및 화학 소재의 수요 증가로 인해 성숙 단계로 도달 중
 - 미생물을 활용한 바이오 기반 제품 생산, 생물학적 특수 제품, 지속 가능한 제조 공정 등이 주요 응용 분야
 - 공정 효율성을 높이고 화석 연료 기반 공정을 대체하는 기술 개발 분야는 2030년까지 약 800억 달러로 성장할 전망

※ Ginkgo Bioworks와 같은 기업은 화학 산업에서 합성생물학 기술을 상업화

 - 생분해성 바이오 플라스틱 등 바이오 기반 특수제품 시장은 2022년 약 200억 달러에서 2030년 약 500억 달러로 성장 예측
 - 효소 시장은 2022년 약 100억 달러에서 2030년 약 300억 달러로 확대될 전망
 - 그러나, 높은 비용, 위험 회피, 협력 생태계의 부족이 주요 장애 요인
- ◎ (소비재) 지속 가능성, 개인 맞춤화 등에 대한 소비자의 관심 증가로 점차 상업화 진행 중

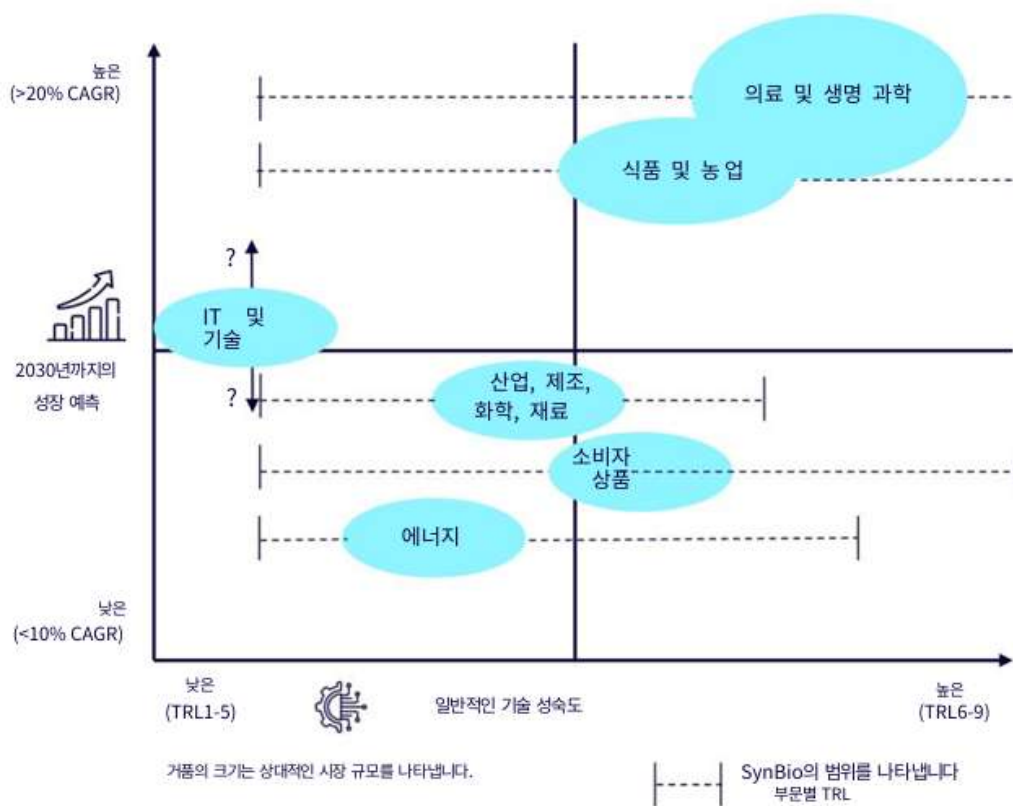
- 바이오 기반 향료, 식물성 가죽, 맞춤형 화장품 등의 응용이 두드러지나 생산 규모 확대와 소비자의 인식 개선은 여전히 극복 필요한 과제
- 향료 및 향수 분야 시장은 2023년 약 590억 달러에서 2030년 약 800억 달러로 성장 예측

※ Amyris와 같은 기업은 바이오 기반 향료와 스킨케어 제품을 상업화하며 시장을 주도

- 비건 패션 시장은 연평균 7.1% 성장률로 2030년 약 700억 달러까지 성장 예상
 - 바이오 기반 원료로 친환경적인 화장품 대체제를 개발하는 시장은 2023년 약 1200억 달러에서 2030년 약 2000억 달러로 성장이 예상
 - ◎ **(에너지)** 바이오 연료와 바이오 배터리를 통해 화석 연료 대안을 제시하며, 탈탄소화를 위한 솔루션을 제공할 것으로 기대되고 있으나 경제적, 기술적 장벽으로 인해 느린 성장을 보임
 - 바이오 연료, 바이오 전기 및 바이오 배터리와 같은 응용 기술이 초기 단계에 있으며 경제적 실행 가능성과 원료 공급 문제 극복 필요
 - LanzaTech은 오염 물질을 연료로 전환하는 기술 개발 중이며, 이 같은 생물정화 시장은 2030년 약 300억 달러로 성장 전망
 - 바이오 연료 시장은 2022년 약 60억 달러에서 2030년 약 600억 달러로 연평균 30% 이상 성장 예상
 - 바이오 배터리 분야는 아직 초기 단계로 2030년 이후 성장이 본격화될 전망
 - ◎ **(IT 및 기술)** DNA 기반 데이터 저장, 바이오컴퓨팅, 바이오 암호화와 같은 응용 기술이 초기 연구 단계에 머물러 있지만 향후 큰 시장을 형성할 가능성 존재
 - DNA 데이터 저장 기술은 높은 저장 밀도와 장기적인 데이터 보존이 가능해 잠재력을 내재하고 있지만 상업화까지는 최소 10년 이상이 필요
- ※ 2030년 약 50억 달러 규모로 초기 시장 형성될 것으로 예상

- 바이오 컴퓨팅 분야는 아직 연구 단계로 상용화까지 약 20년 이상 소요될 것으로 예상되며, 바이오 기반 암호화 역시 초기 단계로 상용화까지는 향후 10년 이상 걸릴 것으로 예상
- Microsoft 등은 DNA를 이용한 데이터 저장 기술 개발에 주력하고 있으며, Illumina은 차세대 시퀀싱(NGS) 기술의 선도 기업으로 방대한 유전체 데이터를 효율적으로 분석하고 저장하는 솔루션을 개발

〈 주요 합성생물학 시장 식별 〉



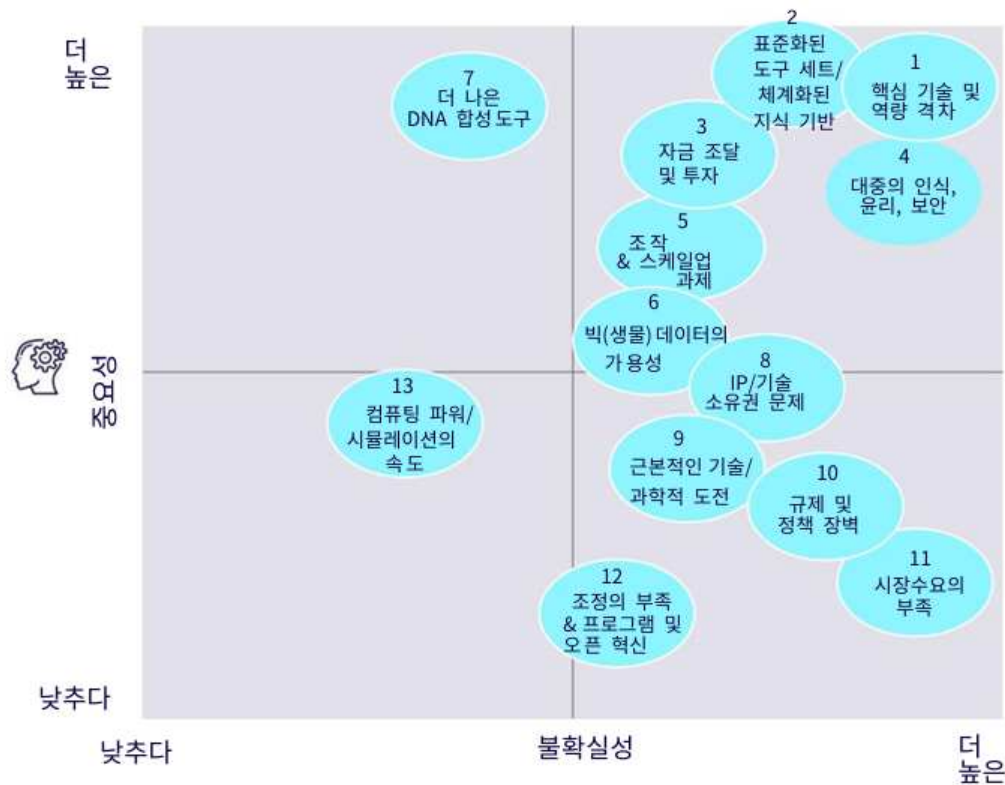
출처: Arthur D. Little

- ▣ 합성생물학은 현재 및 미래의 다양한 산업에 영향을 미칠 가능성이 있기에 합성 생물학의 비즈니스 영향을 평가하기 위해서 다음과 같은 단계를 따를 것을 제안
- ◎ (기회 식별) 합성생물학 기술이 비즈니스를 변화시키거나 새로운 기회를 창출할 수 있는 영역을 체계적이고 창의적으로 탐색

- 새로운 제품 개발, 새로운 원료의 사용, 기존 제품 성능 향상, 생산 공정의 지속 가능성 개선, 더 높은 효율성과 정밀도, 맞춤형 생산 등 체계적인 제품 및 프로세스 검토가 필요
- ◎ (매력도 평가 및 전략 개발) 잠재적인 비즈니스 사례를 검토하고 시장 가능성과 상업화 장벽을 고려한 전략 수립
 - 불확실성에 대비하기 위해 시나리오 기반 접근법을 활용하고 고부가가치 틈새 시장에 우선 집중하는 것이 효과적일 수 있음
- ◎ (역량 개발) 합성생물학 기술의 다학문적 특성으로 인해 내부 역량 강화와 함께 외부 파트너와의 협력이 필수적
 - 생태계 내 주요 플레이어와 협력하며 필요한 전문 기술을 확보 필요
- ◎ (생태계 참여 및 유지) 적극적인 참여를 통해 생태계 내에서 변화에 신속히 대응함과 동시에 윤리 및 규제 논의에 참여하여 지속 가능한 혁신을 도모
- ▣ 전반적으로 현재의 합성생물학 시장의 성공 여부는 기술적, 윤리적, 경제적 도전 과제로 인해 불확실한 상황에 직면해 있음
- ◎ 2023년 글로벌 전문가 설문조사에서는 합성생물학의 주요 도전 과제를 중요도와 5~10년 내 해결 가능성의 불확실성 수준에 따라 선정
 - 1위는 '핵심 기술 및 역량 격차 극복(유전자 편집 기술 포함)'이며, 2위는 표준화된 도구와 체계적인 지식 베이스 확보, 3위는 자금과 투자의 지속 가능성 확보로 선정
 - 이어 윤리적, 생물 보안 문제 및 부정적 대중 인식 극복(4위), 산업 수준의 제조를 위한 규모 확장과 도전 과제 해결(5위), 생물학 빅데이터 확보(6위)가 주요 도전 과제로 제시
 - DNA 합성 도구 개선(7위)은 중요 과제로 평가되었으나, 5~10년 내 해결 가능성은 더 높은 것으로 판단

- 이외에도 높은 불확실성을 지닌 다른 주요 과제로는 지식재산권(IP) 및 기술 소유권 문제(8위), 근본적인 과학적 및 기술적 문제 극복(9위), 규제와 정책 장벽 (10위), 낮은 시장 수요(경제성 미흡)(11위), 개방형 혁신 부족(12위) 등이 지목
- 컴퓨팅 성능과 시뮬레이션 속도(13위)는 합성생물학을 위한 중요한 지원 요소로 간주되며 5~10년 내 달성 가능성이 높은 것으로 평가

〈 2023년 글로벌 전문가 설문조사 결과: 합성생물학 시장 개발의 중요성과 불확실성 〉



- ◎ 합성생물학은 매우 다양한 분야를 포함하는 기술로 광범위한 응용 분야의 성장을 준비하고 있으며, 20년 내에 대규모 산업 변화를 일으킬 잠재력이 존재
- ◎ 기업들은 합성생물학의 다양성을 고려하여 각 기업에 적합한 특정 분야를 신중히 선택하고 현실적인 시장 기반 평가를 수행하여 성장 가능성과 기술 발전에 대비

저자 소개

◆ 노 푸 림 - 국가생명공학정책연구센터 연구원
- 전화 : 042-879-8390
- e-mail : purum5997@kribb.re.kr

◆ 박 주 이 - 고려대학교 오정리질리언스 연구원
- 전화 : 010-5627-6673
- e-mail : parkju_i@naver.com

◆ 이 유 림 - 국가생명공학정책연구센터 연구원
- 전화 : 042-879-8382
- e-mail : rimin9@kribb.re.kr

◆ 이 지 연 - 국가생명공학정책연구센터 연구원
- 전화 : 042-879-8376
- e-mail : jylee1@kribb.re.kr

◆ 문 성 훈 - 국가생명공학정책연구센터 책임기술원
- 전화 : 042-879-8372
- e-mail : shnb8@kribb.re.kr

◇ 본 자료의 내용은 국가생명공학정책연구센터의 공식적인 견해가 아니며, 자료의 내용을 인용할 시에는 출처를 반드시 밝혀 주시기 바랍니다.

◇ 본 자료는 “합성생물학 지식·정보 허브” 홈페이지(www.bics.re.kr/synbio_korea)에서 PDF로 다운로드가 가능합니다.