



규제와 정책

IUCN, 합성생물학 및 자연보전에 관한 최초의 글로벌 정책 채택

국제자연보전연맹*은 합성생물학 기술을 자연보전 분야에서 어떻게 연계할 것인지에 관한 최초의 글로벌 정책을 공식 채택하였다. 이는 아부다비에서 10월에 개최된 IUCN 세계자연보전총회에서 정부, 비정부기구, 원주민 단체 등 IUCN 회원들의 승인으로 최종 확정되었다.



규제와 정책

생명연-싱가포르대-대전시, 첨단 바이오제조 국제협력 생태계 구축

한국생명공학연구원(KRIBB)은 11월 12일 싱가포르 국립대학교(NUS)에서 대전광역시, 대전테크노파크와 함께 합성생물학 기반 첨단바이오제조 분야 국제 공동연구 및 협력 생태계 구축을 위한 업무협약(MOU)을 체결했다.



글로벌 이벤트

경연을 넘어, 미래를 그리는 iGEM 2025의 성공적 개최

세계 최대 규모의 합성생물학 경연대회인 iGEM 2025가 10월 28일부터 31일까지 프랑스 파리 컨벤션센터에서 개최되었다. 전 세계 65개국 이상에서 400여 개 팀, 4,600명이 넘는 참가자가 모여 다양한 혁신적 프로젝트를 선보였다.



국내 이벤트

‘대전 합성생물학 기반 첨단 바이오제조 글로벌 혁신특구 포럼’ 개최

대전테크노파크(대전TP)는 2025년 11월 4일 ‘대전 합성생물학 기반 첨단 바이오제조 글로벌 혁신특구 포럼’을 개최했다. 이번 행사는 중소벤처기업부가 추진하는 ‘규제자유특구 혁신주간’ 프로그램의 하나로 마련되었으며, 대전시와 중기부, 질병관리청, 합성생물학 관련 기업과 전문가 등 30여 명이 참석하여 차세대 바이오제조 산업의 정책·기술·안전 관리 체계에 대해 논의했다.



국내 이벤트

‘한국합성생물학발전협의회’ 합성생물학 전문인력양성사업 수주 및 킥오프 워크숍 성료

첨단 바이오 기술 패권 경쟁이 심화되는 가운데, 미래 바이오 경제를 이끌 핵심 인재 양성을 목표로 하는 ‘합성생물학 전문인력양성사업’이 본격적인 궤도에 올랐습니다. 과학기술정보통신부는 첨단 바이오 제조 역량을 강화하고 합성생물학 분야의 고급·융합 인재를 체계적으로 양성하기 위해 2025년 신규과제 공모를 추진했으며, 최근 성공적인 사업 착수보고 및 교류의 장을 마련했습니다.



기술 동향

인간 염색체 이식 성공으로 ‘합성 인간 프로젝트(SynHP)’의 본격 연구 시작

사회·과학적으로 막대한 영향력을 미친 인간 게놈 프로젝트(HGP)는 과학자들이 DNA 속 유전정보를 바코드처럼 읽을 수 있게 했다. 2000년 해독 초안이 나온 지 25년 후, 이제는 DNA 분자를 단순히 읽는 것을 넘어 인간 유전체(게놈)의 일부를 실험실에서 인공적으로 합성하는 도전이 시작되었다.



기술 동향

바이오파운드리 기술로 온실가스를 ‘친환경 바이오소재’로 전환

국가바이오파운드리사업단 이승구 박사 연구팀이 대표적 온실가스인 메탄을 친환경 바이오 소재로 전환하는 핵심 기술을 확보하며 차세대 바이오 제조 혁신의 가능성을 보여주었다.



기술 동향

합성생물학, 바이오의약 혁신의 핵심 동력으로 부상

합성생물학은 생물학적 시스템을 공학적으로 설계·구축하는 분야로, 농업·환경·에너지 산업을 발전시켰으며 최근에는 바이오의약 분야에서도 새로운 혁신 동력으로 부상하고 있다. 최근 업계에서는 초소형 CRISPR 시스템, 유전자 회로 기반 치료제, AI·자동화 플랫폼 등 다양한 기술이 개발되면서 기존 치료 전략의 한계를 보완하는 사례가 늘고 있다.

IUCN, 합성생물학 및 자연보전에 관한 최초의 글로벌 정책 채택

규제와
정책

국제자연보전연맹*은 합성생물학 기술을 자연보전 분야에서 어떻게 연계할 것인지에 관한 최초의 글로벌 정책을 공식 채택하였다. 이는 아부다비에서 10월에 개최된 IUCN 세계자연보전총회에서 정부, 비정부기구, 원주민 단체 등 IUCN 회원들의 승인으로 최종 확정되었다.



2025 IUCN 세계자연보전총회. (출처 : revive&restore)

합성생물학은 유전자를 새롭게 설계하거나 조합해 생물을 제작하고 조정하는 기술로 멸종위기종의 유전적 회복이나 침입 외래종 제거 등 자연보전 분야에서 잠재적 이익을 제공할 수 있다. 그러나 생태계 교란 등 예상치 못한 위험성도 높아 오랜 기간 논쟁의 대상이 되어 왔다. IUCN은 이러한 기술 특성을 고려해 이번 정책에서 과학적 검토와 사회적 논의를 바탕으로 한 균형 잡힌 접근을 제시하며, 자연보전과 기술혁신 사이에서의 '신중한 균형'을 강조했다.

새로 채택된 정책은 합성생물학의 자연보전 활용 여부를 사례별로 면밀히 평가하도록 규정하고, 기술 도입 과정에서 영향을 받을 수 있는 원주민 및 지역사회의 '자유롭고(Free), 사전적이며(Prior), 충분한 정보에 의한 동의(Informed Consent)'를 필수 원칙으로 명시했다. 또한 회원국과 단체들이 기술을 이해하고 정책을 마련할 수 있도록 교육과 역량 강화의 중요성을 강조했다.

정책 개발 과정에는 폭넓은 의견 수렴 절차가 동원되었다. IUCN은 처음으로 '시민총회(Citizens' Assembly)'를 구성해 8개의 다양한 지역과 배경을 대표하는 15명의 참여자가 집중 교육을 받은 뒤 80개 권고안을 제시하도록 했다. 이후 전문가와 회원들로부터 800건 이상의 의견이 수렴되며 정책 초안이 정교화되었다. 생물다양성협약(CBD)도 전체 과정에 관찰자로 참여해 논의의 투명성을 높였다.

IUCN은 이번 정책이 합성생물학 기술에 대한 찬반 입장을 밝히는 것이 아니라, 기술의 잠재력을 활용하되 자연보전 원칙을 최우선에 두는 의사결정 체계를 마련하는 데 의미가 있다고 설명했다. 아울러 각국 정부와 CITES, CBD 등 다른 국제 환경협약에서도 이 정책을 참고해 합성생물학 관련 정책 수립에 나설 것을 권고했다.

이번 정책 개발에는 독일 연방 환경부와 고든·베티 무어 재단(Gordon and Betty Moore Foundation)이 재정적으로 기여하였으며, 국제유전공학·생명공학센터(ICGEB)와 원 플래닛 솔루션즈(One Planet Solutions)가 교육과 조정 과정을 담당했다.

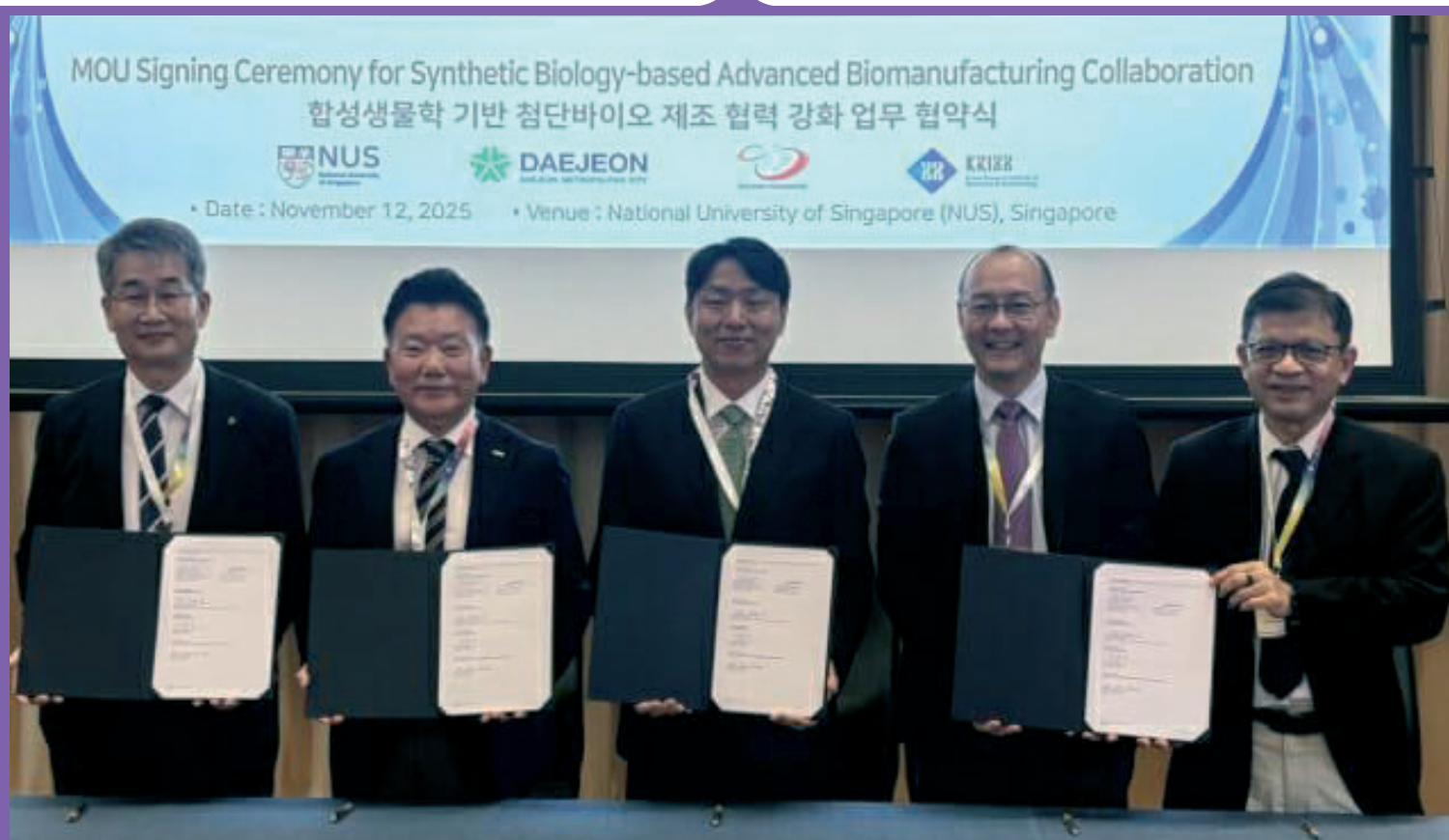
*IUCN(International Union for Conservation of Nature)은 전 세계 정부·시민사회·전문가가 참여해 자연보전 정책을 만들고 과학적 평가를 수행하는 국제기구

생명연-싱가포르대-대전시, 첨단 바이오제조 국제협력 생태계 구축

규제와 정책

한국생명공학연구원(KRIBB)은 11월 12일 싱가포르 국립대학교(NUS)에서 대전광역시, 대전테크노파크와 함께 합성생물학 기반 첨단바이오제조 분야 국제 공동연구 및 협력 생태계 구축을 위한 업무협약(MOU)을 체결했다.

이번 협약은 생명연이 추진 중인 글로벌 바이오 혁신 네트워크 강화 전략과, 대전시·중소벤처기업부가 조성 중인 '합성생물학 기반 첨단바이오제조 글로벌 혁신특구' 사업과 연계해 아시아 대표 바이오제조 허브 구축을 목표로 마련됐다.



합성생물학 기반 첨단바이오 제조 협력 강화 업무 협약식. (출처 : 한국생명공학연구원)

한국생명공학연구원은 기초연구와 산업 간 연계를 강화해 실증 중심의 국제 공동연구 플랫폼을 확대할 계획이다. 현재 바이오파운드리 베타 시설을 운영하며 기업 협력 연구를 진행 중이며, 국가 바이오파운드리 구축 사업을 통해 연구 인프라를 단계적으로 확대하고 있다.

싱가포르는 합성생물학과 지속가능한 바이오제조 분야를 국가 전략으로 육성하고 있다. 싱가포르 국립대 산하 SynCTI(합성생물학 연구센터)와 SINERGY(싱가포르 합성생물학 산학연 컨소시엄)는 고처리량 자동화 균주 엔지니어링, 차세대 바이오소재, 산업형 바이오파운드리 운영 등에서 글로벌 경쟁력을 확보하고 있으며, 세계 최초로 세포배양식품 판매를 승인하는 등 규제·기술·시장 연계를 선도하고 있다.

대전시도 이날 싱가포르 국립대와 별도의 MOU를 체결해 첨단 바이오제조 분야 공동 연구 및 국제협력을 추진하기로 했다. 대전시는 중기부 글로벌 혁신특구 지정에 따라 2029년까지 총 272억 원을 투입해 합성생물학 기반 바이오제조 생태계를 구축할 계획이다.

이번 협약에 따라 양측은 합성생물학 기반 실증 연구, 공동 R&D, 정보 및 인재 교류를 추진한다. 협약식에는 최성아 대전시 정무경제과학부시장, 대전테크노파크, 한국생명공학연구원 관계자 등이 참석했으며, 협약 후 공동 세미나가 진행됐다.

최성아 부시장은 “합성생물학 분야 글로벌 선도기관인 싱가포르 국립대와의 협약은 대전 지역 바이오기업의 글로벌 경쟁력을 강화하는 디딤돌이 될 것”이라며 “이번 협약을 기반으로 대전이 혁신적인 신기술과 신소재 개발을 주도하는 대한민국 대표 바이오 도시로 성장할 수 있게 하겠다”고 말했다.

경연을 넘어, 미래를 그리는 iGEM 2025의 성공적 개최

글로벌
이벤트

세계 최대 규모의 합성생물학 경연대회인 iGEM 2025가 10월 28일부터 31일까지 프랑스 파리 컨벤션센터에서 개최되었다. 전 세계 65개국 이상에서 400여 개 팀, 4,600명이 넘는 참가자가 모여 다양한 혁신적 프로젝트를 선보였다. 행사 기간에는 메인 프로그램인 iGEM Competition뿐 아니라 합성생물학의 윤리·안전·보안 문제를 다루는 'Responsibility Conference', 글로벌 리더들이 분야의 도전 과제와 미래 방향을 논의하는 'SB 8.0 conference', 바이오산업의 지속 가능한 성장 전략을 다루는 'BioInnovation Summit', 다양한 전시와 실시간 소통이 이루어지는 'BioInnovation Fair' 등 다양한 행사가 함께 진행되었다. 이 기간 동안 합성생물학의 산업적 잠재력과 사회적 영향력을 둘러싼 활발한 논의가 이어지며, 미래 바이오경제의 핵심기술로서의 중요성이 다시 한번 확인되었다.



iGEM 2025. (출처 : iGEM 홈페이지)

경연대회에 참가한 팀의 소속 국가의 비중을 살펴보면, 중국팀 46%(190팀), 미국팀 12%(51팀), 캐나다 4%(18팀) 등으로 중국의 참여가 매우 적극적인 것으로 분석된다. 한국은 6팀이 참여하였으며 아직 소규모이나 지속적으로 참여를 이어나가고 있다. iGEM에서 다루는 **15개 주제*** 중에서는 치료제 영역이 17.6%(72팀)으로 가장 많았고 그 다음으로 생물복원 12.3%(50팀), 바이오제조 11.5%(47팀), 진단과 농업이 각 7.6%(31팀) 등으로 참여가 집중되었다.

iGEM 우승팀은 각 섹션별(고등학생/대학생/대학원생) 한 팀씩 선정된다. 올해의 고등학교 그랑프리 수상은 중국의 GreatBay-SCIE팀의 'ArMOLDgeddon'이라는 곰팡이 제거 효소 프로젝트가 선정되었다. 학부 그랑프리로는 캐나다 맥길대 팀이 설계한 다세포성 결합시스템 'Cohera'가, 대학원 그랑프리로는 체코의 Brno Czech Republic 팀이 'NitroDuck'이라는 개구리밥 유전공학 툴킷 프로젝트로 수상을 하였다.

경연대회 외 글로벌 리더들의 담화, 인터뷰, 강연 등을 통해서 합성생물학의 미래 산업화를 둘러싼 핵심 논의가 이어졌다. 참석자들은 AI·자동화·바이오 설계 기술을 기반으로 합성생물학을 '공학적 플랫폼 산업'으로 확장하는 전략을 집중적으로 토론했고, 과학을 시장과 연결하기 위한 생태계 구축을 주제로 상업화 전략, 스케일업 기술, 지식재산(IP) 보호 등이 논의되었다. 또한 탄소 포집 미생물, 식물·세포 기반 생산 플랫폼, 지속가능한 바이오 소재 사례가 소개되며, 그린테크와 헬스테크가 동일한 설계 원리를 공유한다는 점에서 합성생물학이 기후·에너지·의료 문제를 동시에 해결할 수 있는 핵심 기술로 부상하고 있다는 평가가 나왔다. 안전성과 윤리 측면에서도 책임 있는 기술 활용을 위해 바이오보안, 윤리, 정책 협력 체계를 강화해야 한다는 의견이 제기되었다.

이처럼 iGEM은 단순한 학생 경진대회를 넘어 연구·산업·정책·사회가 함께 참여하여 미래 합성생물학을 논의하는 글로벌 플랫폼으로 진화하고 있는 것으로 보인다.

* 농업, 생물복원, 기후위기, 보존, 패션 및 화장품, 식품 및 영양, 진단, 감염병, 종양학, 치료제, 바이오제조, 기초 발전, 소프트웨어 및 AI, 우주, 예술 및 디자인

‘대전 합성생물학 기반 첨단 바이오제조 글로벌 혁신특구 포럼’ 개최

국내
이벤트

대전테크노파크(대전TP)는 2025년 11월 4일 ‘대전 합성생물학 기반 첨단 바이오제조 글로벌 혁신특구 포럼’을 개최했다. 이번 행사는 중소벤처기업부가 추진하는 ‘규제자유특구 혁신주간’ 프로그램의 하나로 마련되었으며, 대전시와 중기부, 질병관리청, 합성생물학 관련 기업과 전문가 등 30여 명이 참석하여 차세대 바이오제조 산업의 정책·기술·안전 관리 체계에 대해 논의했다.



글로벌 혁신특구 포럼. (출처 : 대전TP)

구체적으로 ▲LMO(유전자변형생물체) 관리·이행 체계 ▲LMO 위해성 심사 사례 ▲법률·보안 컨설팅 등 상업용 LMO 기반 제조·생산 실증에 필요한 다양한 정보가 공유됐으며, 기관 간 협력 구조 강화 방안이 함께 논의되었다.

대전시는 지난 5월 국내 최초로 ‘합성생물학 기반 첨단 바이오제조 글로벌 혁신특구’로 지정된 이후 기술 실증부터 인증·해외 진출까지 지원하는 전주기 산업 클러스터 구축에 속도를 내고 있다. 글로벌 혁신특구는 기존 규제자유특구를 고도화한 모델로, 첨단기술의 실증을 넘어 국제 경쟁력 확보를 목표로 한다.

특히 대전TP는 법령상 특례를 적용받아 1등급 LMO 생산시설에서 제조된 산업·식품·농축산용 공정을 보건의료용 위해성 심사에 활용할 경우 중복 자료를 제출하지 않아도 되도록 지원한다. 이를 통해 기업들의 심사 기간을 대폭 단축하고 제품 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대된다.

또 한국생명공학연구원, KAIST, 대전TP 등 특구 참여기관들은 합성생물학 기반 바이오파운드리와 공공 LMO 생산시설을 연계한 플랫폼 구축을 추진해 생산 효율성과 안전성을 동시에 확보할 계획이다.

김우연 대전TP 원장은 “이번 포럼은 특구 참여 기관들이 실증과 사업화를 위해 필요한 협력 구조를 재정비한 의미 있는 자리였다”며 “기업·기관·정부가 긴밀히 협력해 대전을 글로벌 바이오제조 중심지로 성장시키겠다”고 강조했다.

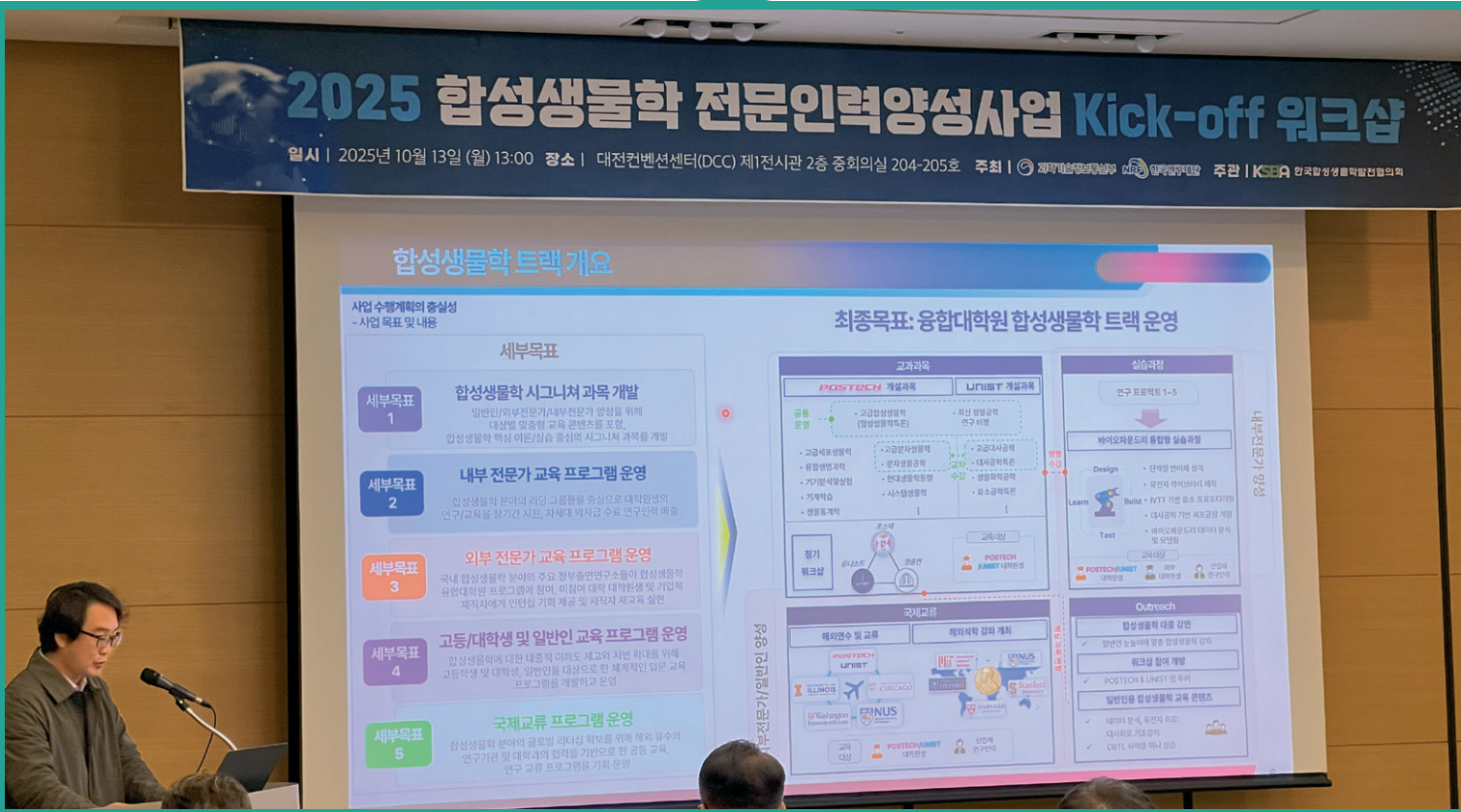
‘한국합성생물학발전협의회’ 합성생물학 전문인력양성사업 수주 및 kick-off 워크샵 성료

국내
이벤트

첨단 바이오 기술 패권 경쟁이 심화되는 가운데, 미래 바이오 경제를 이끌 핵심 인재 양성을 목표로 하는 ‘합성생물학 전문인력양성사업’이 본격적인 궤도에 올랐습니다. 과학기술정보통신부는 첨단바이오 제조 역량을 강화하고 합성생물학 분야의 고급·융합 인재를 체계적으로 양성하기 위해 2025년 신규과제 공모를 추진했으며, 최근 성공적인 사업 착수보고 및 교류의 장을 마련했습니다.



이번 신규과제 공모는 2025년 4월 11일 과기정통부 공고(제2025-0416호)를 통해 발표되었습니다. 본 사업은 산학연 협력을 기반으로 합성생물학 6대 전략기술(DNA/RNA 디자인, 단백질 설계, 대사·유전자회로 설계·제어, 미생물 기반 화학소재, 동물세포 기반 백신·치료제, 식물세포 기반 대체식품) 분야에서 미래 핵심 인재를 양성하는 것을 목표로 합니다. 사업은 2025년 7월 1일부터 2029년 12월 31일까지 4년 6개월(3+2년) 동안 진행되며, 1차년도에는 6개월간 약 26억 원의 정부지원연구개발비가 투입될 예정입니다. 총 4개 분야에서 약 15개 내외의 과제가 선정되었습니다.



이 가운데 한국합성생물학 발전협의회(KSBA)는 사업의 중추 역할을 담당하는 [분야 4] ‘합성생물학 혁신인재양성 인프라 구축’ 과제의 연구개발기관으로 선정되었습니다. 김동명 연구책임자가 이끄는 해당 분야는 총괄 사업운영 및 성과관리, 참여기관 간 협력 체계 구축, 교육·홍보 인프라 조성 등을 담당하게 되며, 1차년도에는 약 1.5억 원의 연구개발비가 지원됩니다.

특히 사업 홈페이지 구축, 뉴스레터 제작 및 배포, 착수보고회 및 성과교류회 개최 등을 통해 사업 성과를 효과적으로 확산하는 핵심적인 역할을 맡습니다. 또한 분야 1, 2, 3의 모든 참여기관은 총괄 과제와의 유기적인 협력 체계를 유지해야 하며, 이를 통해 사업 전체의 연계성과 시너지를 극대화하도록 설계되었습니다.

사업의 성공적인 출발을 알리는 ‘2025년 합성생물학 전문인력양성사업 kick-off 워크샵’은 2025년 10월 13일 DCC 중회의실에서 개최되었습니다. 과기정통부와 한국연구재단, 그리고 KSBA가 공동으로 주최·주관한 이날 워크샵에는 약 80여 명의 과제책임자, 공동연구자, 실무 담당자들이 참여했습니다. 워크샵에서는 김동명 연구책임자의 개회사를 시작으로, 분야 1-2-3 기술과제별 연구책임자들이 연구 계획을 소개하고 향후 협력 방향을 공유했습니다. 또한 GERC 사업단 강조아 팀장이 우수 총괄운영 사례를 소개하며 사업 운영의 실질적인 노하우를 전달했고, 권길광 연구원이 바이오파운드리 인력양성사업을 소개하며 관련 분야 간 협력 가능성을 논의했습니다.

이번 kick-off 워크샵을 통해 참여 연구자들은 분야별·기관별 협력의 중요성을 재확인했으며, 사업 초기에 구축된 협력 기반이 향후 5년간의 성과 창출에 중요한 토대가 될 것이라는 공감대를 형성했습니다. KSBA는 앞으로도 총괄 운영 기관으로서 체계적인 사업 지원과 성과 확산을 위해 최선을 다할 예정입니다.

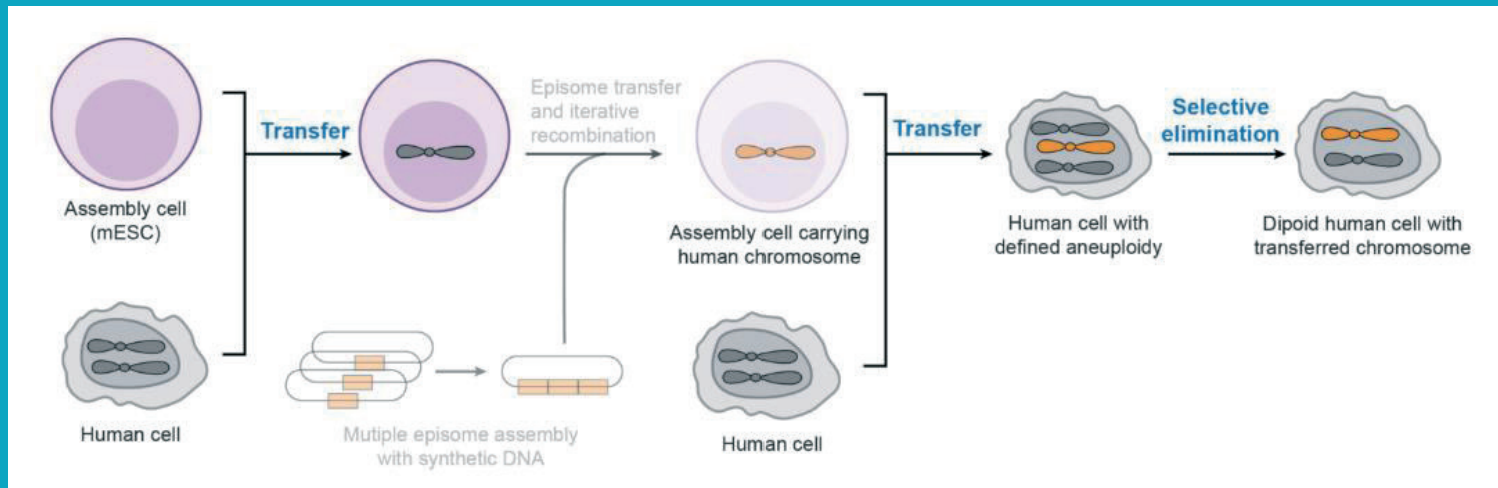


인간 염색체 이식 성공으로 ‘합성 인간 프로젝트(SynHP)’의 본격 연구 시작

기술 동향

사회·과학적으로 막대한 영향력을 미친 인간 게놈 프로젝트(HGP)는 과학자들이 DNA 속 유전정보를 바코드처럼 읽을 수 있게 했다. 2000년 해독 초안이 나온 지 25년 후, 이제는 DNA 분자를 단순히 읽는 것을 넘어 인간 유전체(게놈)의 일부를 실험실에서 인공적으로 합성하는 도전이 시작되었다. 바로 2025년 6월 공식 출범된 ‘합성 인간 프로젝트(Synthetic Human Project, SynHP)’이다. 이는 영국 웰컴트러스트가 1,000만 파운드를 지원하고, 케임브리지, 옥스퍼드, 임페리얼, 맨체스터, 켄트 출신 연구자들이 참여하여 2030년까지 5년간 진행되는 협력 프로젝트로, 인간 유전체를 합성하기 위한 기초적이고 확장 가능한 도구, 기술, 방법을 개발하는 것을 목표로 한다.

본 프로젝트는 생명과학의 이해와 기술적 진보, 차세대 치료법 등 의료적 응용 가능성 등의 긍정적인 기대와 동시에 맞춤 아기, 생물무기, 인간 변형 등의 생명윤리·사회적 논란을 함께 이야기하며 시작되었다. 그리고 공식 출범 약 5개월 후, 본 연구의 핵심 초기 단계를 실험적으로 입증한 연구 결과가 발표되며 SynHG 프로젝트가 본격화되고 있다.



합성 인간 프로젝트(SynHP). (출처 : MRC Laboratory of Molecular Biology)

이번 연구는 케임브리지 분자생물학연구소(LMB)에서 수행되었다. 연구팀은 기존 미생물에서 전체 게놈 합성이 가능했던 사례(*E. coli*, *Mycoplasma*)와 달리, 인간 염색체는 크기가 매우 커 미생물에서 조립할 수 없다는 점을 지적하며 새로운 합성 파이프라인을 제시했다. 논문에서 연구팀은 먼저 인간 세포에서 분리한 염색체를 쥐 배아줄기세포(mESC)로 옮겨 조작한 뒤, 손상 없이 이를 다시 인간 세포로 이식하는 데 성공했다. 이식된 인간 세포에서는 기존 동일 염색체 사본을 제거해 정상적인 두 사본 구조를 유지하도록 설계했으며 이 과정에서 염색체에 손상이 생기지 않았다는 점을 실험으로 확인했다. 즉 ‘염색체 이식’과 ‘염색체 손상 없는 복원’이라는 기술적 기반 실험을 보여준 결과이다. 이 과정은 향후 해당 ‘조립 세포(assembly cell)’ 내에서 인공적 유전자 재설계를 수행하기 위한 핵심 기반으로 평가된다.

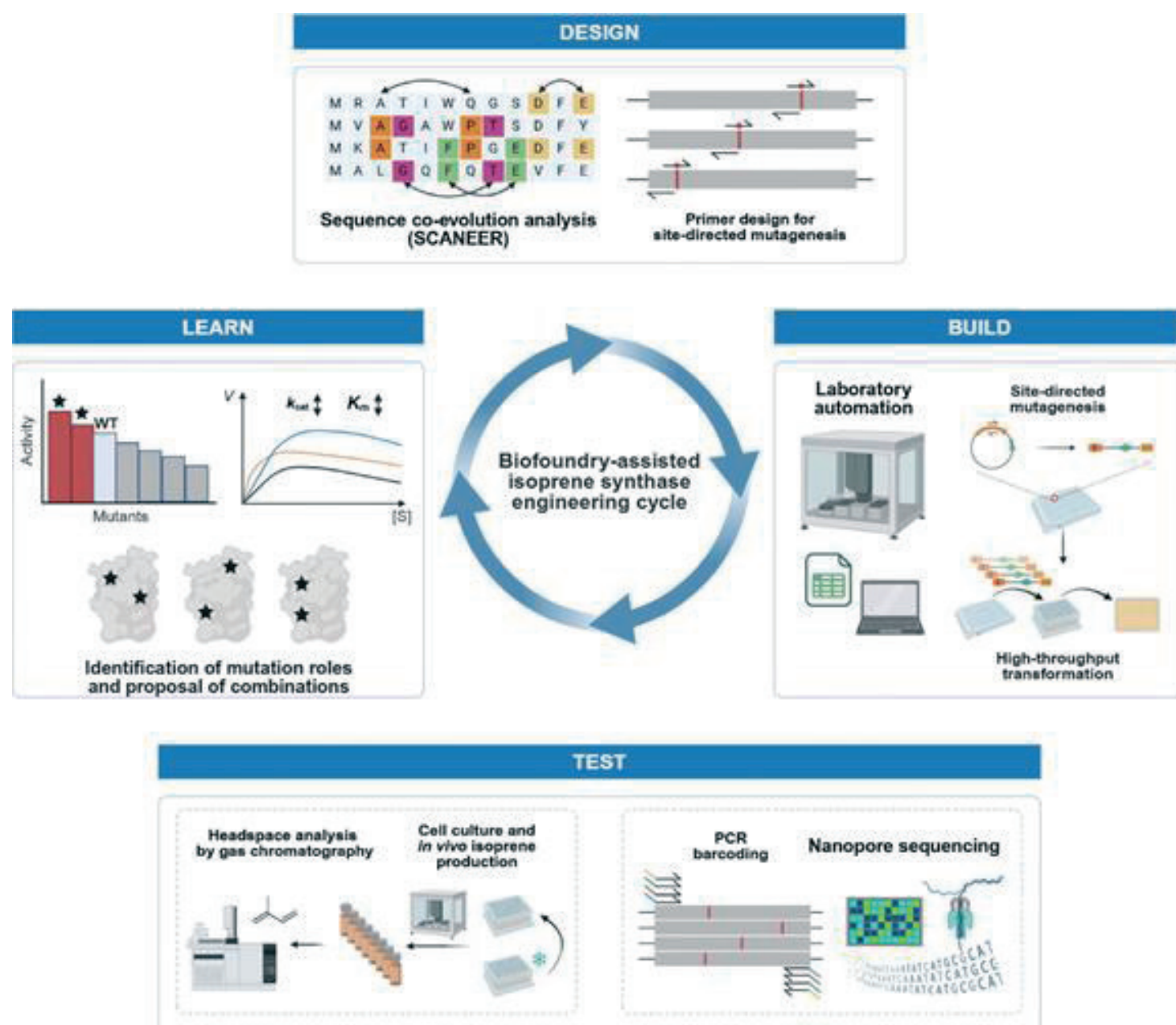
연구팀은 이번 성과가 완전한 합성 인간 염색체 또는 전체 합성 유전체 구현을 향한 긴 여정의 출발점으로, 여전히 상당한 연구가 필요하다고 설명했다. 아울러 켄트대학교 조이 장(Joy Zhang) 교수가 이끄는 ‘Care-full Synthesis’ 프로그램을 통해 각국 시민사회와 협력하며 대규모 게놈 합성 기술의 사회·윤리적 쟁점에 선제적으로 대응하는 연구도 병행하고 있어, 향후 안전하고 책임 있는 연구 생태계 조성에 기여할 것으로 기대된다.

* 이번 연구는 웰컴트러스트와 영국 의학연구위원회(MRC)의 지원과 베링거 잉겔하임 재단(Boehringer Ingelheim Fonds), 케임브리지 커먼웰스(the Cambridge Commonwealth), 유럽·국제 신탁(European and International Trust), 마리 스클로도프스카-퀴리 프로그램(Marie Skłodowska-Curie Actions)의 추가 지원을 받아 진행되었다.

바이오파운드리 기술로 온실가스를 ‘친환경 바이오소재’로 전환

기술
동향

국가바이오파운드리사업단 이승구 박사 연구팀이 대표적 온실가스인 메탄을 친환경 바이오 소재로 전환하는 핵심 기술을 확보하며 차세대 바이오 제조 혁신의 가능성을 보여주었다. 연구팀은 ‘바이오파운드리 자동화 실험 체계(워크플로)’를 구축하고 이를 활용해 온실가스인 메탄을 산업용 원료인 ‘이소프렌’으로 전환하는 효율을 크게 높인 연구 결과에 대해 10월 14일에 밝혔다. 연구 성과는 국제 학술지 ‘Trends in Biotechnology’ 9월 12일자 온라인판에 게재되었다.



바이오파운드리 자동화 실험 체계 구축. (출처 : 한국생명공학연구원)

바이오파운드리란 기존 사람이 수행하던 실험보다 최소 5배에서 수십 배 빠르게 생명체 구성 요소를 설계하고 검증할 수 있어 글로벌 바이오 제조 혁신의 중심 기술로 주목받고 있다. 연구팀은 이번 연구에서 레고 블록처럼 유연하게 확장 가능한 반자동화 워크플로를 구축했다. 이 시스템을 통해 단백질 변이 수백 종을 신속하게 제작·분석하고, 샘플 준비, 유전자 조립, 미생물 도입 등의 전 과정을 자동화하며 단계별로 실험 속도를 4배에서 최대 36배 빠르게 향상시켰다.

연구는 산업적 활용도가 높지만 기존 효소의 성능이 부족했던 이소프렌 합성 효소(ispS) 개선에 적용되었다. 이소프렌은 타이어·접착제·연료첨가제 등에 쓰이는 글로벌 핵심 화학 소재로, 대량 생산 기술 확보가 중요하다. 연구팀은 바이오파운드리 기반 워크플로를 통해 효소 활성 최대 4.5배 향상, 열 안정성 증가, 메탄자화균을 이용한 이소프렌 전환 반응을 대폭 향상시키는데 성공했다. 특히 메탄을 이소프렌으로 전환하는 효율은 지금까지 보고된 결과 가운데 가장 높은 수준이며, 탄소배출 저감과 화학원료 자급이라는 두 과제를 동시에 해결할 수 있는 기술적 해법으로 평가된다.

이번 성과는 미국 에너지부(DOE) 산하 공공 바이오파운드리 ‘에자일 바이오파운드리(Agile Biofoundry)’와의 공동 연구로 진행되었으며, 과학기술정보통신부 바이오·의료기술개발사업, 석유대체친환경화학기술개발사업, 개인기초연구사업 등 정부 지원을 받아 수행되었다.

연구진은 “계산 설계, 자동화 실험, 대규모 데이터 검증을 하나로 통합한 확장형 워크플로를 제시한 점에서 큰 의미가 있다”고 말하며 “메탄 기반 친환경 소재 생산 기술은 글로벌 기후·에너지 문제 해결에 중요한 전환점이 될 것”이라고 강조했다.

합성생물학, 바이오향약 혁신의 핵심 동력으로 부상

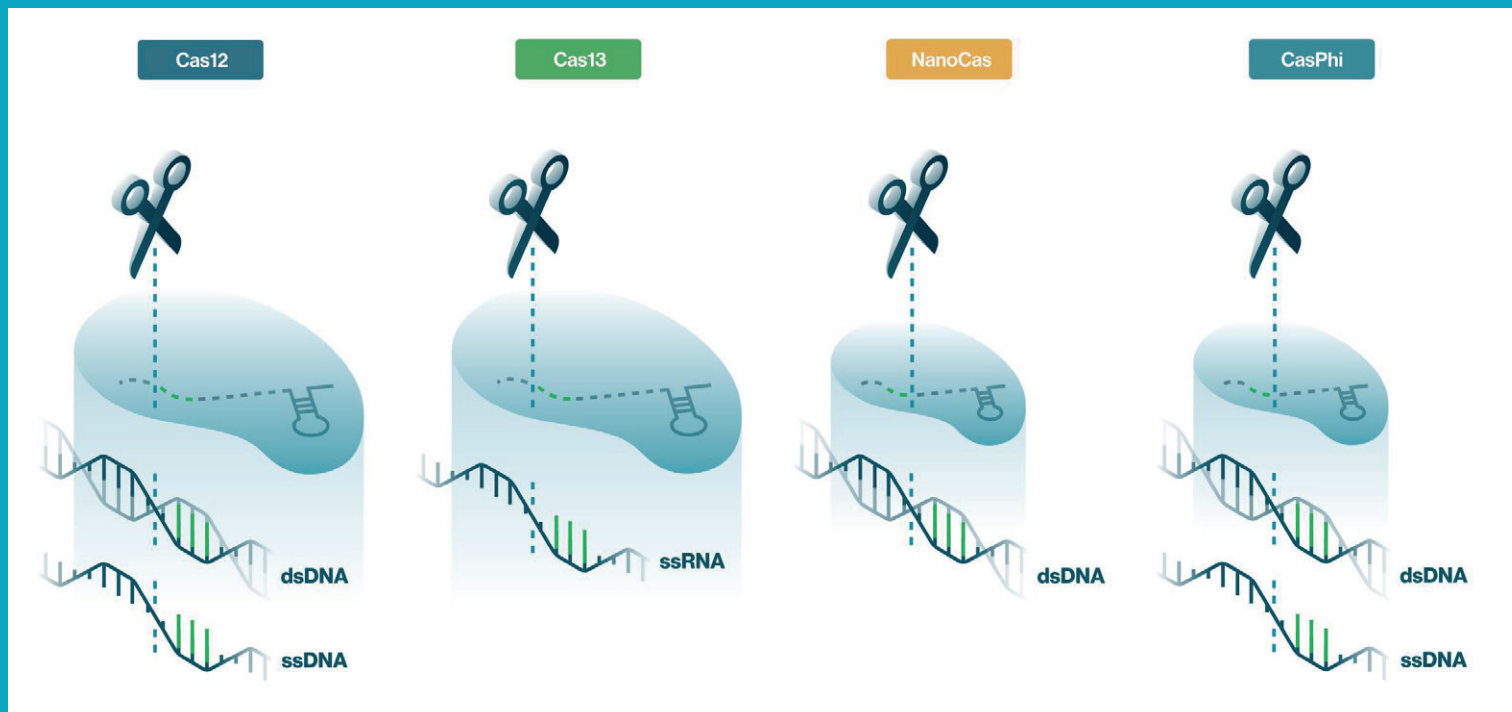
기술 동향

합성생물학은 생물학적 시스템을 공학적으로 설계·구축하는 분야로, 농업·환경·에너지 산업을 발전시켰으며 최근에는 바이오향약 분야에서도 새로운 혁신 동력으로 부상하고 있다. 최근 업계에서는 초소형 CRISPR 시스템, 유전자 회로 기반 치료제, AI·자동화 플랫폼 등 다양한 기술이 개발되면서 기존 치료 전략의 한계를 보완하는 사례가 늘고 있다. 이러한 변화는 합성생물학이 미래 의료·생명공학의 핵심 플랫폼으로 자리 잡을 것으로 전망된다.

바이오향약 산업의 영향력 있는 글로벌 전문지 GEN에서는 합성생물학을 바이오향약품 개발에 적극적으로 활용하고 있는 4개 기업의 사례를 소개했다.

초소형 CRISPR 기술 - Mammoth Biosciences

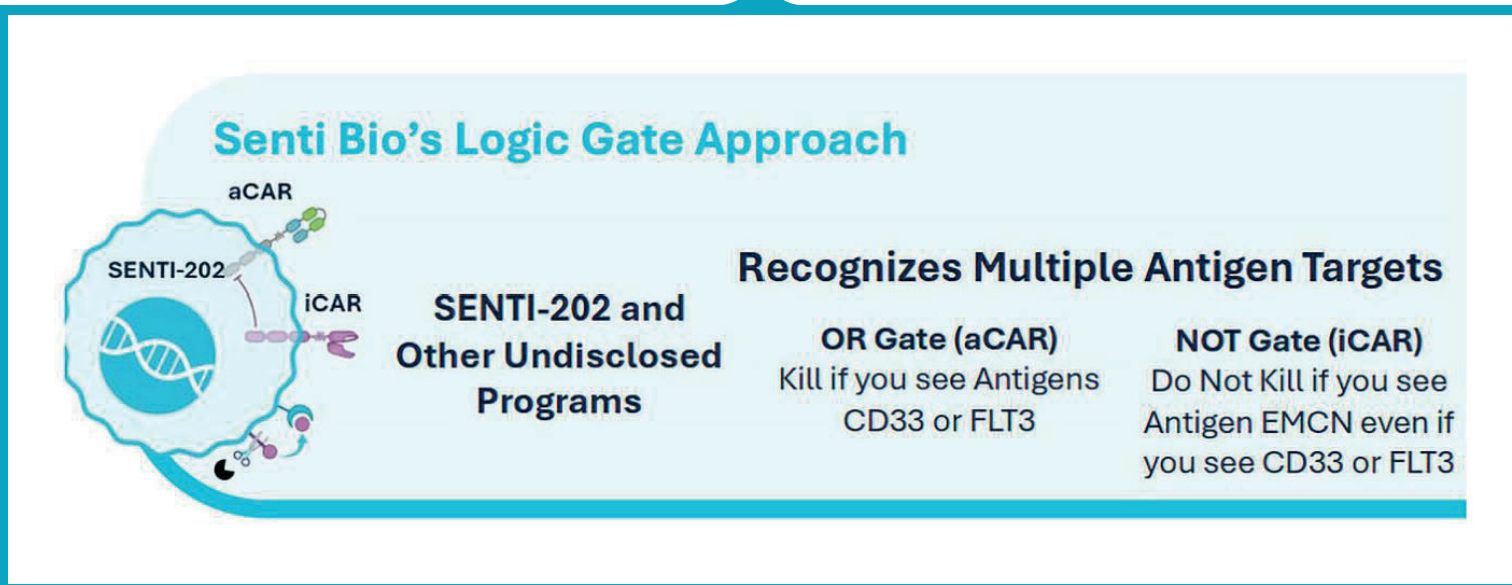
크리스퍼(CRISPR) 유전자가위 기업 Mammoth Biosciences는 자연계에 존재하는 다양한 CRISPR 시스템을 탐색하고, 이를 머신러닝과 자동화 로봇 기술로 개량해 기존 Cas9보다 크기가 최대 3분의 1로 작은 초소형 시스템을 개발했다. 이러한 초소형 시스템은 뇌·근육 등 전달이 어려운 조직에 대한 유전자 치료제 개발 가능성을 넓히고 있다. 현재 Mammoth Biosciences는 혈중 중성지방과 연관된 APOC3 유전자를 표적하는 치료제 'MB-111'을 임상 진입 단계에 두고 있다. Mammoth Biosciences의 CEO Trevor Martin 박사는 초소형 CRISPR 시스템을 기반으로 향후 뇌질환, 근육질환 같은 난치 유전질환 치료가 가능해질 것이라 전망한다.



초소형 CRISPR 기술. (출처 : Mammoth Biosciences)

유전자 회로 기반 프로그래밍 세포치료제 - Senti Bio

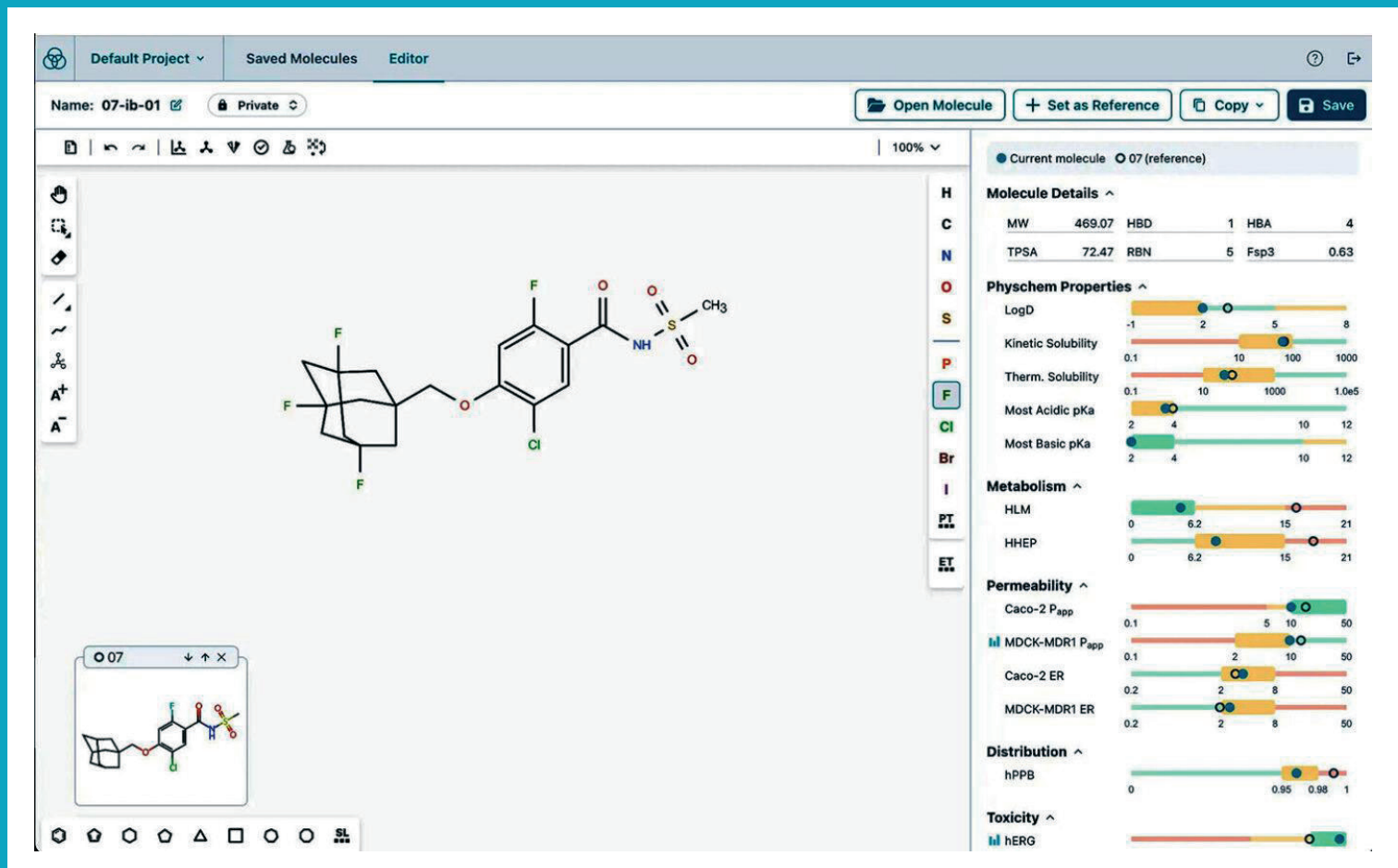
암 정밀치료 분야에서도 합성생물학 기반 접근이 주목된다. Senti Bio는 DNA 기반 '유전자 회로(gene circuits)'를 활용해 세포가 암세포와 정상세포를 구분해 반응하도록 설계하는 기술을 개발했다. 회사의 주요 프로그램인 'SENTI-202'는 CD33 또는 FLT3를 가진 급성골수성백혈병(AML) 세포만을 선택적으로 제거하고, 정상 줄기세포 표지자인 EMCN을 가진 세포는 보호하는 '논리회로(logic gate)' 기반의 면역세포치료제다. 초기 임상 1상에서 일부 환자에게 완전 관해(Complete Remission, CR) 사례가 보고되며 안전성과 치료 가능성을 확인했다. 기업 연구팀에서는 향후 고형암, 자가면역질환, 유전자치료 등으로 본 기술이 확장 적용될 수 있을 것으로 전망한다.



Senti Bio's Logic Gate Approach. (출처 : Senti Bio)

AI·자동화를 접목한 차세대 약물 발견 - Inductive Bio&Ginkgo Datapoints

합성생물학은 신약개발 방식에도 변화를 가져오고 있다. Inductive Bio와 Ginkgo Datapoints는 AI와 자동화 실험실을 결합한 '랩-인-더-루프(lab-in-the-loop)' 플랫폼을 구축해 실험 가설 도출과 검증 속도를 획기적으로 높이고 있다. 해당 플랫폼은 수백만 개의 분자 설계를 가상으로 탐색한 뒤 우선순위를 정해 자동화 실험으로 검증하고, 그 결과를 다시 AI 학습에 반영하는 순환 구조를 갖추고 있다. 세 회사(Inductive Bio, Ginkgo Datapoints, Tangible Scientific)는 이러한 랩-인-더-루프 인프라를 바이오 제약업계 전체가 사용할 수 있는 것을 목표로 구축하고 있다. Inductive Bio는 소분자 신약 개발을 위한 AI 모델을 제공하고, Ginkgo Datapoints는 고처리량 자동화 실험실 분석을 도입해 분자를 검사할 것이며, Tangible Scientific은 샘플의 안전한 보관 및 처리를 조율함으로써 3사의 협력이 기대된다. 이러한 AI·자동화 접목은 신약 개발을 단순히 빠르게 하는 것을 넘어 더 안전하고 혁신적인 신약 탐색을 가능하게 할 것으로 기대된다.



lab-in-the-loop. (출처 : Inductive Bio)

미생물 공학 - Isomerase

미생물 기반 바이오제조 혁신도 주목받고 있다. Isomerase는 효소·단백질·천연물 기반 소재를 목표로 기계학습, 군주 엔지니어링, 발효 기술을 활용해 고객사의 후보물질을 실제 의약품으로 구현하는 역할을 수행하고 있다. 회사는 특히 천연물 기반 신약 후보 개발과 효율적인 바이오촉매 생산을 강화하고 있으며, 발효 기반 공정은 화학적 합성 대비 유해 용매가 필요 없고, 비용과 환경 부담을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

국내에서도 몰젠바이오(MolGen Bio), 리신바이오(LysinBio) 등의 기업에서 합성생물학 기반 플랫폼을 활용해 신약 개발에 나서면서 합성생물학의 영향력이 실제 제약산업으로 점차 확대되고 있다. 업계 전문가들은 합성생물학 기술이 의약품 설계·제조 패러다임을 '생물학 기반 발견'에서 '엔지니어링 기반 프로그램 설계'로 전환시키고 있다며, 이 기술이 향후 암·유전질환·희귀질환 치료에 새로운 돌파구를 제시할 것으로 전망하고 있다.