
바이오제조 혁신역량 강화를 위한 국가 합성생물학 육성전략[안]

2022. 12.



과학기술정보통신부

목 차

I . 추진배경	1
II . 글로벌 현황	3
III . 우리의 현주소 및 시사점	5
IV . 비전과 추진전략	7
V . 전략별 추진과제	8
1. 합성생물학 6대 전략기술 확보	8
2. 세계 최고 수준의 바이오파운드리 구축 및 활용 ..	11
3. 지속가능한 발전 생태계 조성	13
VI . 달라지는 모습	15
VII . 향후 추진일정	16

I. 추진배경

- 인공 생명시스템(세포)을 설계·제작·활용하는 합성생물학 기술이 미래 경제·사회·안보 등에 막대한 파급력 예상

- 기존 석유화학 중심의 제조산업을 바이오 기반으로 대체*하여 화학·환경·에너지 등 다양한 산업의 혁신 및 성장뿐 아니라 안보 역량 강화에도 기여



* 10년 내 기존 제조 산업의 1/3이상(약 30조 달러) 대체('22.3 BCG, '22.9 美 백악관)

※ (산업) 공급망 불안해소, 생산효율 향상 등, (환경) 환경 친화적 바이오소재 및 공정 개발로 탄소중립으로 전환 촉진 및 지속 가능한 경제성장 가능, (안보) 바이러스 제어, 생물무기 대응 등 이중용도(Dual-use)에 따른 국방 및 보건 안보 역량에 기여

- 세계 각국은 합성생물학을 전략기술로 선정하여 국가차원의 기술 우위 확보를 위한 패권 경쟁 중

- (美) 대통령 행정명령으로 바이오제조(Bio-Manufacturing) 혁신을 위해 R&D, 인프라, 인력양성 등 합성생물학 육성 의지 천명('22.9)

* National Biotechnology and Bio-manufacturing Initiative('22.9.12, 美 백악관)

- (中) 대규모 인프라 구축*, 산-학 연계형 연구개발 거점설치(10개 이상) 등을 통해 국가 주도형 빠른 추격 전략에 집중

* 선전 지역에 합성생물학 실증 인프라 구축 등 7,200억 원을 투자('17~)

- 우리나라도 '첨단바이오'를 경제·외교·안보 주도권 확보가 필요한 국가전략기술로 지정하고, 합성생물학을 선택·집중할 중점기술에 포함

- 이제는 합성생물학에 대한 기술·역량 진단 및 투자방향 설정, 기술 관리 및 운용체계 구축 등을 통해 기술 경쟁력 확보에 나서야 할 단계

⇒ 합성생물학 선도를 위한 미래의 청사진으로 핵심기술 확보^①, 인프라 구축^②, 법제도·기반 조성^③을 아우르는 국가 합성생물학 육성 전략 제시

참고1 합성생물학과 바이오파운드리 개요

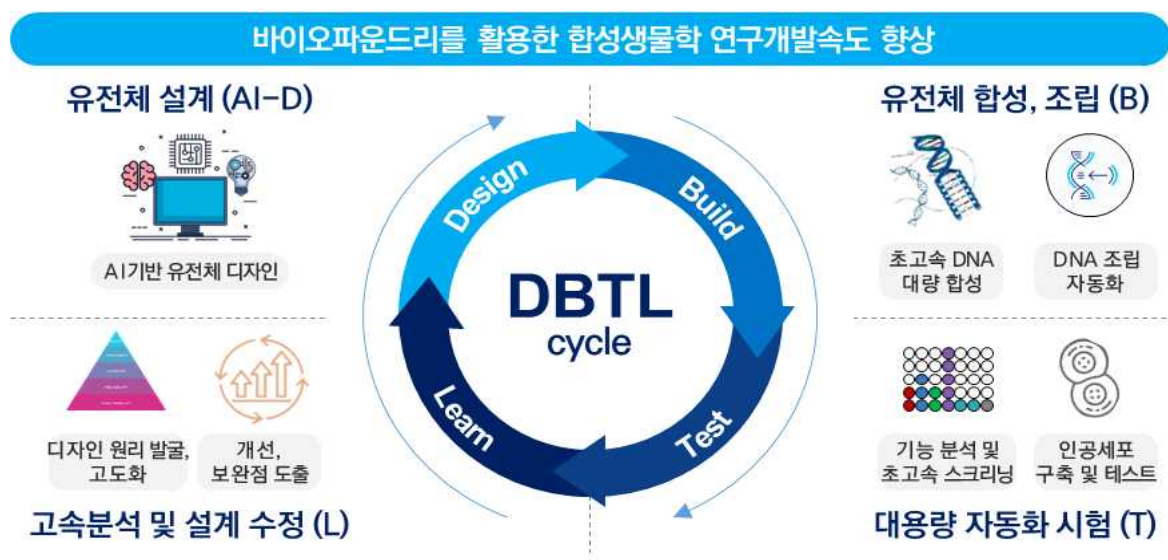
- (합성생물학) 생명과학의 바탕에 공학적 관점*을 도입해 생명체의 구성요소·시스템을 설계·제작하는 학문

- 생명체는 DNA의 소프트웨어이며, '유전자'라는 부품의 작동 방식에 의한 회로로 작동하는 기계라는 관점에서 공학적으로 합성·조합해 생명체 기능 조절



- (바이오파운드리) AI·Robot을 접목하여 합성생물학 쏘 과정(DBTL)을 표준화·고속화·자동화하여 생물학 실험 및 제조공정 지원 핵심인프라

- DBTL(설계(Design)-제작(Build)-시험(Test)-학습(Learn)) 과정을 통해서 유용한 인공세포 또는 바이오소재 개발·생산



II. 글로벌 현황

- ◇ 각국은 기술·경제 상황에 따라 R&D투자, 인프라 구축, 인력양성 등 합성생물학 육성을 위한 차별화된 전략을 구사



세계최고 수준의 기술경쟁력 지속 유지를 위한 합성생물학 투자 확대

- 바이오경제 산업 및 기술패권 경쟁에서 주도권을 갖기 위해 합성생물학 연구개발을 지원하고 국방, 에너지, 환경, 농업 등 산업 전반으로 파급
 - * 바이든 행정부, '국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브' 행정명령을 통해 바이오 제조의 핵심이 합성생물학임을 시사('22.9)
 - * DAPRA 산하 합성생물학 공공 전문연구기관 'BioMADE' 설립('21), 7년간 총 2억7천만 달러 투입



세계 최초 합성생물학 로드맵 수립 및 전국적 연구 생태계 조성

- 합성생물학 전략적 육성을 위한 로드맵*을 세계 최초로 수립하고, 국가 차원의 첨단 바이오파운드리 거점 육성
 - * 英 기업에너지산업전략부(BEIS), 'A Synthetic Biology Roadmap for the UK('12)'
 - * 합성생물학 연구-교육-산업 생태계 마련을 위해 2012년 이후 합성생물학 센터(7개) 및 바이오파운드리(3개)를 정부주도로 구축



인공세포(스마트셀) 중심으로 바이오제조 경쟁력 확보 전략

- 합성생물학을 공급망, 가치사슬 관점에서 국가 안보 차원의 중요한 기술로 인식하며, 바이오와 디지털 연계 플랫폼 활용 강조
 - * '바이오전략 2019'에서는 '포스트 4차 산업혁명'을 전망하며 바이오X디지털(스마트셀) 기반의 바이오산업 경쟁력 향상 추진



합성생물학 후발 주자지만, 기술패권경쟁의 핵심으로 빠른 추격 노력

- 기초 연구 강화를 위해 국가 중점 과학기술 분야로 합성생물학을 선정하고 단기간에 투자 확대 및 인프라 구축에 집중
 - * 선전 지역에 국가 바이오파운드리 클러스터 구축 중(약 7,200억 원 규모)

◇ 합성생물학 기반 신소재·혁신신약, 대체식품 성공사례가 잇따르며 미국, EU를 중심으로 **전문기업 출현 및 합성생물학 산업의 급속한 확대** 전망

□ 주요 글로벌 기업이 합성생물학 분야로 진출하여 사업 확장

- Cargill(농업 합성생물학 R&D 지원), DuPont(최초의 합성생물학 섬유 제품 Sorona 생산), Virgin Group(합성 바이오 기술 투자기업 Virgin Fuels 운영) 등 대기업 진출

□ 합성생물학에 대한 투자 확대 및 기업 간 연계 활발

- '21년도 합성생물학 스타트업에 총 178억 달러 투자 기록('22, Synbio Fund)
- 美 합성생물학 최대 플랫폼기업 Ginkgo Bioworks는 AI기반 유전자 재설계 기술을 갖춘 Zymergen을 3억 달러에 인수하며 사업 영역 확장('22.7)

◇ 합성생물학 관련 **글로벌 협력 및 표준화 논의 활발**

□ 합성생물학 기술적용을 위한 국제적 산업표준 및 규범 정립 관련 **글로벌 논의 진행 중**

- 국제표준기구(ISO)를 중심으로 합성생물학 관련 용어, 바이오뱅크 인프라, 분석 및 품질평가법, 바이오공정, 정보처리·통합 등에 대한 **표준화 진행 중**
- 합성생물학 기술개발 및 활용 촉진을 위한 **규제제도 정비 추진 중**
 - * 유전자가위(CRISPR 기술)를 비롯한 신규 합성생물학 기술을 이용한 경우 LMO 예외, 인공 조직·장기·생명체 개발 이후 동물실험 제한범위 등 논의

□ 합성생물학의 잠재적 위험성을 고려한 기술발전을 위해 생물안보, 생물안전성, 생명윤리 등의 관점에서 국제적 논의 진행 중*

- * 美 크레이그벤터연구소(JCVI)의 세계 최초 인공생명체 실험실 합성을 계기로 UN 생물다양성협약(CBD) 내 합성생물학 본격 논의
- 바이오테러 등의 위험성 가중으로 국가 차원의 안전성·안보 관리 노력* 및 다학제 간 관심 증대
 - * 합성생물학 연구의 이익과 위험에 대비하기 위한 논의(美 생명윤리대통령자문위원회), 합성생물학의 안전성 및 위험성에 대한 과학·인문·사회 통합 연구(英 임페리얼칼리지) 등

Ⅲ. 우리의 현주소 및 시사점

- ◇ 국내 합성생물학 기술 수준은 지속적으로 향상되는 추세이나 개별적 노력에 그치고 있어 체계적 기술관리 및 핵심기술에 대한 전략적 투자가 필요
- ◇ 유능한 BT·IT 인적 자원과 ICT-제조역량 등 우리의 강점을 활용하고 수요에 부합하는 인프라 및 제도적 기반이 마련된다면 성장 잠재력은 충분

□ **[R&D투자]** 그간 개별적 기초연구에 대한 정부의 투자는 지속되어 왔으나 개별 연구 성과의 체계적 결집 및 산업적 활용 미흡

- 합성생물학을 위한 별도의 사업 없이 개별 부처별로 R&D를 지원 중이며 임무지향적 프로젝트보다는 대학 중심의 기초연구에 집중

[2017~2021년, 5년 간 정부 R&D 투자 현황]



□ **[기술역량]** 국내 기술수준은 최고기술보유국(미국 100%) 대비 75%로 선도국가를 추격 중

- 국내 합성생물학 논문·특허의 선도국 대비 점유율*은 낮은 편이나, 양적·질적 수준은 증가 추세**

* 주요 7개국 중 한국의 논문·특허 점유율 : 논문(3.9%), 특허(2.7%)

** 최근 5년간 논문 증가율 8%, 특허인용지수(3.4)는 중국(1.4)의 2배 이상

- 전반적인 기술역량은 부족하나 유전자 편집기술, 전통적 방식의 미생물 개량, 대량생산 기술은 세계적 수준*

* CJ제일제당은 세계 수준의 발효·정제기술 보유로 5대 사료용 아미노산(라이신, 트립토판, 발린 등) 생산 세계 1위, 삼성바이오로직스는 세계 최대 바이오의약품 생산 역량

□ **[산업기반]** 국내 합성생물학 산업은 현재 태동기로, 바이오뿐 아니라 화학, 환경, 소재 등 산업적 수요에 기반한 급격한 시장 확대 전망*

* '21년 1.2억 달러에서 '31년까지 약 15배 성장 전망(The Business Research Company, '22)

○ 바이오 소재의 높은 해외 의존도(67%) 극복 등을 위해 대기업을 중심으로 합성생물학을 통한 바이오 공정전환 모색 중

* LG화학 (생분해성 신소재 개발), GS칼텍스 (탈석유화를 위한 친환경제품 생산), SKC (생분해성 바이오플라스틱 개발), CJ제일제당 (해양생분해 플라스틱 개발)

○ 한국은 세계적 수준 ICT 인프라*, 세계 최대 바이오 CMO 제조기반, 화학부문 글로벌 경쟁력 등 역량과 결합한다면 강력한 잠재력 발휘 가능성

* 세계 6위 중화학제조공장, 세계1위 메모리반도체, 세계2위 핸드폰 제조

□ **[법·제도기반]** 합성생물학 연구 원칙 및 방법, 기술적 활용에 대한 책임성·투명성 확보 등 합성생물학 육성을 위한 법·제도 기반 미비

○ 합성생물학 연구 허용범위, 연구자의 책임 및 리스크 최소화 의무 등 합성생물학 연구 및 산업화 촉진을 위한 법적 기반 미흡

* 미국은 "신중한 경계(prudent vigilance)"를 원칙으로 "책임있는 관리와 투명성"이 보장된다면 불확실한 리스크에 과학적 증거가 없어도 연구개발 허용(생명윤리연구위원회)

○ 인공 미생물 합성 승인, 합성 DNA 특허권 문제, 디지털 서열정보(DSI)의 이익공유* 등 합성생물학 산물의 활용 관련 사회적 논의 필요

* 개도국은 타국의 DSI 활용 시 이익공유 필요, 선진국은 제외를 주장함에 따라 국제합의 미완

□ **[생태계]** 합성생물학 전문인력 육성, 국내외 연구·산업 협력 촉진 등을 통해 지속가능한 발전 생태계 조성 필요

○ 국내 합성생물학 전문 인력 부족*에 따라 기존 BT, IT 우수 인력의 합성생물학 분야 전환 활용 및 신규인력 양성 필요

* 합성생물학 전문 인력(PI급)은 약 250명으로 추산(한국생물공학회 등)

○ 합성생물학 관련 국제 공조, 규제 및 표준화, 산업적 활용을 위한 민·관 간 글로벌 협력에 일원화된 창구없이 개별적으로 참여 중

* (과기부) OECD 바이오테크놀로지위(BNCT), (산업부) UN 생물다양성협약(CBD), (민간) 국제바이오파운드리연합(GBA), 아시아합성생물학회(ASBA)

IV. 비전과 추진전략



비전

합성생물학 육성을 통한
국가 바이오제조 혁신 가속화

우리의 지향점



산업전환 ▶ 향후 10년 내 제조 산업의 **바이오전환 30%** 달성



기술수준 ▶ 2030년까지 기술수준 **세계최고 대비 90%** 달성

3대 전략

1



합성생물학
6대 전략기술
확보

Technology

2



세계 최고 수준
바이오파운드리
구축 및 활용

Infra

3



지속가능한
발전 생태계 조성

Ecosystem

6대 핵심과제

▶ 합성생물학 전략기술
선정 및 집중 육성

▶ 거점·집적형 연구를
통한 기술혁신 주도

▶ 바이오파운드리
구축·확산

▶ 바이오파운드리 활용
바이오제조 혁신

▶ 국내·외 협력·연대
강화

▶ 합성생물학 성장기반
확충

V. 전략별 추진 과제

1 합성생물학 6대 전략기술 확보







1. 합성생물학 전략기술 선정 및 집중 육성

◇ 합성생물학 기술우위 확보가 가능한 6대 초격차 전략기술 육성을 위해 기술분류체계 및 중장기 로드맵 등 연구 혁신 체계 마련

① 합성생물학 6대 초격차 전략기술 확보

- 합성생물학 기술우위 확보를 위해 필수적이고 신산업·공급망·국가 안보 등을 종합적으로 고려한 전략기술을 선정*(‘23)하여 집중 육성
 - * (절차) 해외 사례 조사 → 국내 기술역량 및 수요 분석 → 6대 초격차·대체불가 기술 선정
- 국가적 연구역량을 결집할 수 있는 합성생물학 전담 R&D 프로그램 신설 및 기존 연구성과와 연계·활용 등 입체적 지원을 통해 전략기술 조기 확보
 - * (가칭) 합성생물학 핵심기술개발사업(핵심기술별 연 50~100억 원 규모)

[6대 초격차 전략 기술(안)]

분자 단계			세포 단계		
① DNA/RNA 디자인	② 단백질 설계	③ 대사경로 설계·제어	④ 미생물 기반 화학소재	⑤ 동물세포 기반 백신·치료제	⑥ 식물세포 기반 대체식품
					

② 합성생물학 기술분류체계 및 중장기 기술로드맵 마련

- R&D 투자 분석 및 사업관리 효율화 등을 위해 R&D→산업 전주기를 고려한 합성생물학 개념·범주·분류 기준 정립(‘23), 공식적인 분류체계*로 반영·활용
 - * 과학기술기본법 上 과학기술분류체계, 생명공학육성법 上 생명공학분류체계 등
- 주요국의 기술개발 단계, 산업화 실현 시기, 국내 기술역량 및 수준 등을 고려하여 핵심기술 개발 및 산업화를 위한 전략 지도 마련(‘23)
 - * 글로벌 기술 트렌드, 국내 기술개발 진도 및 수요 변화 등에 탄력적으로 대응할 수 있도록 주기적 로드맵 점검 및 보완(2년 주기)

참고2 6대 전략기술별 기술수준 및 확보전략(안)

※ 논문, 특허 등의 성과를 기반으로 전문가 의견을 수렴한 결과로, 향후 기술로드맵 수립 시 구체화 예정

분자단계	세포단계								
① DNA/RNA 합성생물학 기술 <ul style="list-style-type: none"> 미생물 인공세포 및 핵산 기반 센서·치료제 제작을 위한 필수기술 세계최고 대비 국내 기술수준(%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>세계최고(100)</th><th>한국(80)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(기술) Mfold, Cello 등 (성과) 유전자 회로(MIT)</td><td>(기술) Dsembler(생명연) (성과) DNA어셈블리</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 추진전략 <div> <div>단기(~5년)</div> <div>중장기(5~10년)</div> </div> <div> ▶ 핵산서열 설계기술개발 ▶ 어셈블리기술 고도화 </div> <div>→</div> <div> ▶ BioCAD 기술 개발 ▶ 통합소프트웨어 개발 </div> <p>[기술특성 고려] 합성생물학·ICT분야 협력 거점 구축 기반 원천기술 개발 가속화 → 신속한 초격차 확보</p>	세계최고(100)	한국(80)	(기술) Mfold, Cello 등 (성과) 유전자 회로(MIT)	(기술) Dsembler(생명연) (성과) DNA어셈블리	④ 미생물 기반 화학소재 생산 기술 <ul style="list-style-type: none"> 바이오 기반 석유대체, 탄소중립형 화학소재 생산용 미생물 세포 공장 제작 기술 세계최고대비 국내 기술수준(%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>세계최고(100)</th><th>한국(75)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(기술) 바이오기반 다양한 화학소재 상업화</td><td>(기술) 원천형 세포공장 개발연구, 일부 파일럿 시험</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 추진전략 <div> <div>단기(~5년)</div> <div>중장기(5~10년)</div> </div> <div> ▶ 산업용 새시 균주 제작 ▶ 고생산성 세포공장 확보 </div> <div>→</div> <div> ▶ 소재 맞춤형 개량 플랫폼 ▶ 스케일업 고도화 </div> <p>[기술-사업 연계] 생산성 극대화 미생물과 세계 최고수준 화학, 발효산업 연계 → 초격차 확보</p>	세계최고(100)	한국(75)	(기술) 바이오기반 다양한 화학소재 상업화	(기술) 원천형 세포공장 개발연구, 일부 파일럿 시험
세계최고(100)	한국(80)								
(기술) Mfold, Cello 등 (성과) 유전자 회로(MIT)	(기술) Dsembler(생명연) (성과) DNA어셈블리								
세계최고(100)	한국(75)								
(기술) 바이오기반 다양한 화학소재 상업화	(기술) 원천형 세포공장 개발연구, 일부 파일럿 시험								
② 단백질 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> 단백질 진단·치료제, 산업용 효소 등 산업 활용성 및 타분야 응용가능성 높은 핵심기술 세계최고 대비 국내 기술수준(%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>세계최고(100)</th><th>한국(100)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(성과) 센서용 단백질, 산업용 효소 등(워싱턴대)</td><td>(성과) 진단용 단백질, 인공항체 (KAIST)</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 추진전략 <div> <div>단기(~5년)</div> <div>중장기(5~10년)</div> </div> <div> ▶ 산업용 인공효소 확보 ▶ 인공 항체백신 확보 </div> <div>→</div> <div> ▶ 단백질 설계 플랫폼 소프트웨어 개발 </div> <p>[데이터 분석·활용] 빅데이터·AI기반 단백질/효소 설계 플랫폼 기술개발 집중 → 신속한 초격차 확보</p>	세계최고(100)	한국(100)	(성과) 센서용 단백질, 산업용 효소 등(워싱턴대)	(성과) 진단용 단백질, 인공항체 (KAIST)	⑤ 동물세포 기반 백신·치료제 기술 <ul style="list-style-type: none"> 백신, 치료제 등 바이오의약품 고효율 생산/제조 플랫폼 확보를 위한 필수 기반 기술 세계최고대비 국내 기술수준(%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>세계최고(100)</th><th>한국(60)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(기술) 산업용 세포주, 유전자 발현/전달 벡터 등</td><td>(기술) 자체 세포주 및 생산 공정 개발, 수입</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 추진전략 <div> <div>단기(~5년)</div> <div>중장기(5~10년)</div> </div> <div> ▶ 표준 세포주 및 시스템 ▶ 핵심 원부자재 고도화 </div> <div>→</div> <div> ▶ 맞춤형 고도화 세포주 ▶ 혁신 신약 개발 및 생산 </div> <p>[산업 자립화] 바이오의약품 제조혁신 자체기술개발 및 생산고도화 → 첨단바이오의약 개발 지원</p>	세계최고(100)	한국(60)	(기술) 산업용 세포주, 유전자 발현/전달 벡터 등	(기술) 자체 세포주 및 생산 공정 개발, 수입
세계최고(100)	한국(100)								
(성과) 센서용 단백질, 산업용 효소 등(워싱턴대)	(성과) 진단용 단백질, 인공항체 (KAIST)								
세계최고(100)	한국(60)								
(기술) 산업용 세포주, 유전자 발현/전달 벡터 등	(기술) 자체 세포주 및 생산 공정 개발, 수입								
③ 대사경로 설계·제어 기술 <ul style="list-style-type: none"> 바이오제조 및 치료용 미생물 인공세포 설계도 제작 핵심기술 세계최고 대비 국내 기술수준(%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>세계최고(100)</th><th>한국(100)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(기술) 가상세포, 유전자 가위 기술 등</td><td>(기술) 가상세포, 대사 역설계, 유전자가위 기술 등</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 추진전략 <div> <div>단기(~5년)</div> <div>중장기(5~10년)</div> </div> <div> ▶ 대사 역설계 선도 도전 ▶ 산업용 대사경로 솔루션 </div> <div>→</div> <div> ▶ 세계최초 인공대사 경로 유전체 설계 도전 </div> <p>[목표지향] 명확한 바이오제조 인공세포 설계 임무 로드맵 기반 거점구축 → 글로벌 선도 신격차 확보</p>	세계최고(100)	한국(100)	(기술) 가상세포, 유전자 가위 기술 등	(기술) 가상세포, 대사 역설계, 유전자가위 기술 등	⑥ 식물세포 기반 대체식품·소재 기술 <ul style="list-style-type: none"> 식품성능 및 환경영향 향상, 식품 안전성 확보 가능한 식물유래의 미래 먹거리·대체소재 기술 세계최고대비 국내 기술수준(%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>세계최고(100)</th><th>한국(60)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(기술) 다양한 식품신소재 단백질원 확보</td><td>(기술) 제한된 천연맛소재 생산</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 추진전략 <div> <div>단기(~5년)</div> <div>중장기(5~10년)</div> </div> <div> ▶ non-GM 식품신소재 ▶ 개발 속도 가속화 기술 </div> <div>→</div> <div> ▶ 안전, 효능 극대화 및 미래식품 산업화 </div> <p>[활용성 고려] 식품특성 고려, 인허가기관·관련부처 협력 원천기술 개발가속화 → 미래 K-푸드 확보</p>	세계최고(100)	한국(60)	(기술) 다양한 식품신소재 단백질원 확보	(기술) 제한된 천연맛소재 생산
세계최고(100)	한국(100)								
(기술) 가상세포, 유전자 가위 기술 등	(기술) 가상세포, 대사 역설계, 유전자가위 기술 등								
세계최고(100)	한국(60)								
(기술) 다양한 식품신소재 단백질원 확보	(기술) 제한된 천연맛소재 생산								

2. 거점·집적형 연구를 통한 기술혁신 주도

- ◇ 전략분야 육성의 거점 연구기관을 선정하고 명확한 임무와 목표 하에 국내 연구역량을 결집함으로써 6대 전략기술을 적시에 확보

1 전략기술별 거점 연구기관 육성

- 6대 전략기술의 혁신을 주도할 임무중심형 연구 거점 기관 (가칭 'Synbio-Hub')를 지정하고 국내 연구협력의 허브 역할을 수행('24~)
- 거점 연구기관을 중심으로 분야별 산·학·연 연구 협력체계를 구축하고 전주기적 융합연구를 통한 기술 축적 촉진

2 임무·목표지향적 연구수행체계 운영

- 연구거점별 명확한 임무와 목표를 설정하고 기간 내 목표 달성을 위해 유연한 사업관리 권한과 책임 부여, 도전적·경쟁형 R&D 허용

[연구거점 운영방안(안)]

구분	내용
임무·목표	·합성생물학 기술로드맵과 연계된 명확한 임무 설정 ·확보 대상 기술에 대한 범위, 달성 수준·기한 구체화
권한·책임	·과제구성, 인력관리 등 거점 운영 전반에 대한 재량권 부여 ·주기적 성과점검 결과에 따라 거점기관 교체 가능
지원·평가	·국제협력, 기술사업화, 인력양성·교류 등 패키지형 지원 ·거점별 유형(기반기술 확보/활용·실증)에 따른 평가지표 적용

3 합성생물학 정책·정보센터 운영

- 합성생물학 기술개발·활용을 효율적으로 지원하기 위한 정책·정보 전문기관을 지정하여 국내 합성생물학 연구 및 정책 수립 지원
- 전략분야에 대한 특허 및 시장환경, 주요국별 기술·정책·산업 동향 조사·분석, 기술교류 지원 등을 통해 거점기관의 효율적 임무수행 지원

* '합성생물학 지식정보포털'을 구축하고 수집된 정보를 온라인을 통해 공개

2 세계 최고 수준의 바이오파운드리 구축 및 활용

1. 바이오파운드리 구축 · 확산

◇ (1단계) 국가 바이오파운드리 → (2단계) 분야별 특화 공공 바이오파운드리 등 단계적 접근을 통해 전방위적 바이오제조 역량 강화

1 [1단계] 국가 바이오파운드리 우선 구축

- AI·로봇 등 ICT 기술을 접목하여 합성생물학 전 과정을 표준화·고속화·자동화하는 국가 주도 공공 바이오파운드리 구축('24~)
- 합성생물학 연구개발 속도 5배 향상 및 인공세포 설계-제작이 가능한 세계 최고 수준의 코어 인프라 구축 및 통합 운용역량 확보*
- * 첨단-장비 집적 및 연결, 데이터의 표준화 및 통합, 성능평가 및 검증 기술개발
- 신소재, 첨단 의약품 등 공급망·안보·산업적 전략 분야* 우선 활용
- * 의약품백질 고생산 세포주, 세포치료제, 내성·극복 항생제, 고부가 식의약/바이오플라스틱 소재 생산 등

[(예타) 「바이오파운드리 구축 및 활용기반 구축사업」 개요]

- 사업목적 : 바이오파운드리 인프라 구축·운영을 통해 합성생물학 기술 경쟁력을 제고하고 바이오경제 시대를 선도
- 사업기간 / 총사업비 : 2024년~2028년(5년) / 2,978억원(국고 2,904억원, 민간 74억원)
- 참여부처 : (주관) 과기정통부(1,726억원), (참여) 산업부(1,178억원)
- 주요내용 : 자동화, 고속화된 DBTL(Design-Build-Test-Learn) 순환시스템인 바이오파운드리 인프라를 구축하고 바이오제조 가속 성능을 검증

2 [2단계] 분야별 특화 공공 바이오파운드리 구축

- 농식품·해양·첨단신약·에너지 등 산업별 전문화된 인프라 및 서비스를 제공하는 권역별 공공 바이오파운드리를 구축('26~, 과기부·관련부처·지자체 공동)
 - 산업적 활용 촉진을 위해 지역 특화 산업, 전문인력 분포, 균형 발전 등을 고려하여 전문성 강화
 - 국가 바이오파운드리와 분야별·권역별 공공 바이오파운드리 연계 체계 구축
 - 국가 바이오파운드리(Hub)는 선도기술 확보 및 코어기능 수행, 권역별 바이오파운드리(Spoke)는 지역과 연계한 실증 및 산업화 지원 역할
- ⇒ '30년까지 바이오제조(Bio-manufacturing) 혁신 네트워크 완성

2. 바이오파운드리 활용 바이오제조 혁신

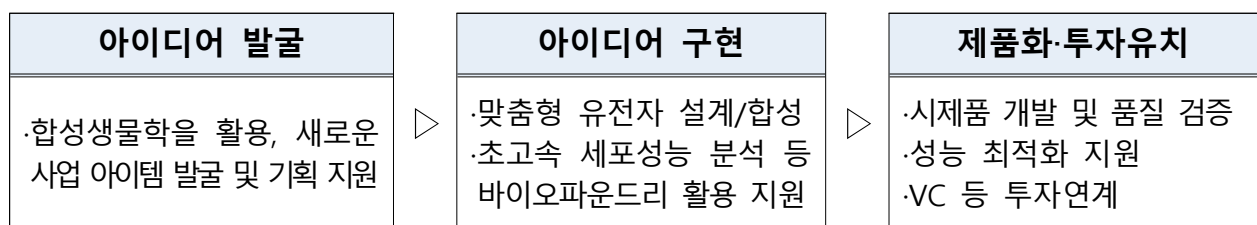
- ◇ 기업 및 시장 수요에 대응하여 바이오파운드리를 활용한 바이오제조/생산 효율화 제고 및 산업화 성과 조기 창출 지원 강화

1 기존 산업의 바이오제조 전환 촉진

- **민간 확산** 공공부문의 인프라 구축·운영 노하우 전수, 핵심 장비·부품개발 지원 등을 통해 전문 서비스 기업 탄생 및 대기업의 자체 구축·활용 촉진
 - * 공공·민간 바이오파운드리를 통해 생성된 데이터는 국가바이오스테이션을 통해 축적 및 공동 활용(유형에 따라 공개범위·방법 차별화)
- **공공 활용** 바이오헬스, 화학/환경, 식품/소재 등 기존 산업이 공공 바이오 파운드리를 활용하여 합성생물학 기반 제조공정으로 전환 지원*('27~)
 - * 제조공정 시뮬레이션, 바이오소재 생산 최적화 기술, 대량생산 플랫폼 설계 및 시험 생산 등을 지원하는 '(가칭) 합성생물학 기반 바이오제조 실증사업' 추진
 - * 美 생물제조 혁신 연구소(BioMADE, '21년 4월 설립)에서는 기업의 수요에 대응한 기술개발 및 실증사업 지원을 통해 합성생물학 제품의 사업화 촉진

2 혁신 바이오 기업 창업 및 성장 지원

- 예비창업가·혁신적 스타트업을 발굴하고 바이오파운드리를 활용하여 아이디어 기획부터 제품화까지 패키지로 신속 지원('27~)
 - * 바이오파운드리를 활용 개발 기술의 기술이전, 실험실 창업 등 기술사업화를 범부처가 체계적으로 지원하는 '(가칭) 합성생물학 이노베이터 지원 프로그램' 추진



3 지속가능한 발전 생태계 조성

1. 국내외 협력·연대 강화

◇ 정부가 R&D 투자, 기반 인프라 구축, 선행 사례 등 마중물 역할을 하고 민간이 주도적으로 산업적 성과를 창출하는 합성생물학 발전 생태계 구축

① 국내 합성생물학 혁신 거버넌스 구축

- **정부** 합성생물학 기술혁신 및 산업화 관련 부처의 역할 명확화, 생명공학종합 정책심의회* 및 국가과학기술자문회의(의장: 대통령) 등을 통해 정책·사업 조정

* 과기정통부 장관 주재, 8개 부처 차관급 및 생명공학분야 전문가 참석

- **민간** 합성생물학의 지속적인 육성·발전을 위한 ‘한국 합성생물학 발전협의회(KSBA)*’를 중심으로 바이오제조 산업 전환 주도

* 산학연 50여개 기관으로 구성된 민간 주도의 ‘한국 합성생물학 발전협의회’ 출범 (‘22.7.20) 및 3개 분과(기술·산업/네트워크·교육/정책·제도분과) 운영 중

② 글로벌 협력 파트너십 강화

- 산·학·연·관을 아우르는 ‘합성생물학 발전협의회’를 국제협력의 대표기구(Focal Point)로 하여 소통 역량 결집 및 국가 위상·영향력 확대

- OECD 바이오테크놀로지위원회(BNCT), 국제합성생물학학회(SB), 국제바이오 파운드리연합(GBA), 아시아합성생물학학회(ASBA) 등 국제 네트워크 참여 확대

- 주요국별 협력 거점*을 확보하고 환경, 안보 등 국제적 현안 공동 대응을 위한 전략적 연구협력 파트너십 강화

* (미국) Agile Biofoundry/버클리·MIT大, (영국) London Biofoundry/에딘버러·임페리얼大, (일본) 고베·규슈大, (중국) 선전고등기술원(SIAT), (호주) 연방과학산업연구기구(CSIRO) 등

- 합성생물학 데이터, 바이오부품 및 표기법(SBOL*), 연구 안전성 확보를 위한 규범 등에 대한 글로벌 논의 및 표준화에 주도적 참여

* Synthetic Biology Open Language : 합성생물학 정보 교환 및 처리를 위한 언어

2. 합성생물학 성장기반 확충

◇ 법제도 마련, 인력 양성, 사회적 인식제고 등 지속적·자생적 혁신 환경 조성

① 혁신을 촉진하는 법제도 확립 및 사회적 인식 제고

- (진흥법 제정) 혁신기술 확보가 국가 경쟁력과 직결됨에 따라 합성생물학 기술개발 및 산업화 촉진을 위한 제도 기반 마련
 - * (가칭) 「합성생물학 연구진흥 및 지원에 관한 법률」(‘23, 입법 발의)
- (규제 합리화) 혁신성과 위험성을 동반하는 합성생물학의 특성을 고려하여 위험의 객관적 평가 및 책임성 확보를 위한 연구체계 구축
 - 생명윤리법, 연구실안전법 등의 적용 범위를 명확히 하고 생물학적 위험성·윤리적 이슈 방지를 위한 지침 개발 및 규제 개선* 추진
 - * (일본) 특정배아 취급지침, 인간배아줄기세포 사용 지침 등 다수 지침 개발 및 적용
 - * 연구·산업현장에서 발생하는 규제 이슈에 대해서는 범부처 규제합동개선반을 통해 소관부처와 함께 개선 추진(생명공학육성법 제22조)
- (사회적 인식제고) 합성생물학 수용성 제고와 저변확대를 위해 기술영향평가 실시(‘22) 및 경연대회(가칭, K-iGEM*) 개최(‘24~)
 - * iGEM은 2004년부터 美 MIT에서 개최하는 합성생물학 기반의 새로운 아이디어 및 시스템 경진대회로, 연구자 커뮤니티 형성 및 합성생물학 생태계 구축 주도

② 합성생물학 전문인력 1,000명 양성(‘30)

- (핵심연구인력) 「바이오+AI+공학」 융복합 교육과정 개발 및 전문학과 설립(‘23~), 타분야 중시자의 재교육*을 통해 급증하는 합성생물학 연구 수요 대응
 - * IT, BT 분야 대학원생, 기업 연구자 대상 통합추가교육을 실시하여 합성생물학 분야 진입 유도
- (현장전문인력) 바이오파운드리 공정관리 등 산업계 인력 적기 공급을 위해 이론교육+현장실습이 통합된 교육프로그램 개발·운영(‘24~)
 - * 이론교육은 거점연구기관(Synbio Hub), 현장실습은 공공 바이오파운드리를 활용
 - * 현재 244개 기관이 바이오파운드리 활용 희망(‘22.10, 산학연 대상 수요조사 결과)

③ 바이오파운드리에 대한 민간 투자 촉진

- 민간의 참여 및 조기 성과 창출을 유도하기 위해 바이오파운드리 관련 국가연구개발사업의 민간 매칭 비율 완화(‘24~)
 - * 매칭비율은 과기정통부·사업소관 부처 협의를 통해 조정 가능(국가연구개발혁신법 및 시행령)
- 조세특례 적용, 신기술 인증, 혁신기업 지정, 공공조달 우선구매제도 활용 등을 통해 민간의 연구 및 인프라 투자 유도
 - * (가칭) 합성생물학 연구진흥 및 지원에 관한 법률」 제정(‘23.上)을 통해 법적 근거 마련

VI. 달라지는 모습

