2022 - 00

미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 기획 연구

(A Study on Planning of the Direction of the Future Bio R&D)

연구기관 : 한국생명공학연구원
연구책임자 : 김홍열

2022. 5. 11

과 학 기 술 정 보 통 신 부

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의 개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 ○ ○ ○

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀하

“ 미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 기획 연구 "에 관한 연구의 최종보고서(초안)을 별첨과 같이 제출합니다.

2022. 3. 18.

연구기관명 : 한국생명공학연구원
연구책임자 : 김 흥 열
연 구 원 : 김 무 웅
연 구 원 : 문 성 훈
연 구 원 : 박 성 훈

※ 연구기관 및 연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한 기관 및 자의 명의임.

목 차

1. 요약 ····· 1

(1) 주요 추진 경과 ····· 1

(2) 주요 내용 ····· 2

2. 바이오 유망 연구분야 및 전략기술(안) ····· 30

3. 바이오 분야별 R&D 추진현황 및 지원방향

(1) 신약 분야 ····· 34

(2) 재생의료 분야 ····· 39

(3) 미래유망(공통핵심) 기술 분야 ····· 43

(4) 정밀의료 분야 ····· 47

(5) 감염병 분야 ····· 49

(6) 바이오 연구자원 분야 ····· 52

(7) 뇌연구 분야 ····· 55

(8) 인프라, 인력양성 분야 지원 방향 ····· 57

4. 바이오 기초-원천 연계방안 ····· 63

5. 바이오 혁신 트렌드를 반영한 과기정통부 바이오 R&D 포지셔닝 93

6. 바이오 출연기관 협의체 제안 및 논의사항 ····· 101

7. 바이오 유망 연구분야 및 전략기술 지원방향(안) ····· 121

8. 미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 도출 ····· 125

1. 요약

(1) 주요 추진 경과

□ 미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 수립을 위한 TF 구성

○ 담당공무원, 국내 연구자 등 최신 정보를 공유하고 미래 바이오 R&D 발전 방향 논의를 위한 TF 구성 및 운영

※ TF 기본 구성 : (과기정통부) 기초원천연구정책관, 생명기술과장, 담당자, (한국연구재단) 국책연구본부 신약, 차세대바이오, 뇌첨단의공학 단장, 기초연구본부 생명과학 단장, (국가생명공학정책연구센터) 센터장, 정책연구개발실장, 정보분석실장

※ 코로나19 상황을 고려하여 전문가 세미나 및 회의는 화상으로 진행

□ 바이오 미래유망, 미래전략 기술 조사

○ 미중 기술패권 경쟁, 사회문제 대응, 도전적 R&D 지원을 위한 바이오 유망 연구분야 및 전략기술 도출 논의

□ 바이오 분야 R&D 추진현황 조사 및 지원방향 도출

○ 신약, 재생의료, 미래유망(공통핵심) 기술, 정밀의료, 감염병, 바이오 연구자원, 뇌연구, 인프라/인력양성 등 바이오 분야 R&D 추진현황 및 지원방향 논의

□ 바이오 혁신 트렌드를 반영한 바이오 R&D 포지셔닝 도출 및 논의

○ 플랫폼바이오, 디지털바이오, 혁신시스템 내 촉진자(facilitator)로서의 과기정통부 역할 및 R&D 포지셔닝 논의

□ 바이오 출연기관 협의체 자문 및 논의

○ 바이오 분야의 출연연간 협업 및 소통 강화를 통한 세계적 연구성과 창출을 위해 구성·운영(19.3월~) 중인 '바이오 출연기관 협의체'를 통해 미래 바이오 분야 차별화된 역할 도출 등을 위한 의견수렴

□ 미래 바이오 핵심지원 분야 R&D 아이템 발굴

○ 플랫폼바이오, 디지털 융합 레드바이오, 디지털 융합 그린바이오 및 화이트 바이오 분야의 미래 R&D 주제 논의

□ 미래 바이오 분야 R&D 발전방향 도출에 관한 최종 검토 및 자문

○ 디지털 전환 추세 속에서 바이오 연구개발 패러다임 변화를 주도하고, 국가 R&D 공백 해소 등 정책적 중요도 및 시급성을 고려하여 전략기술 선정

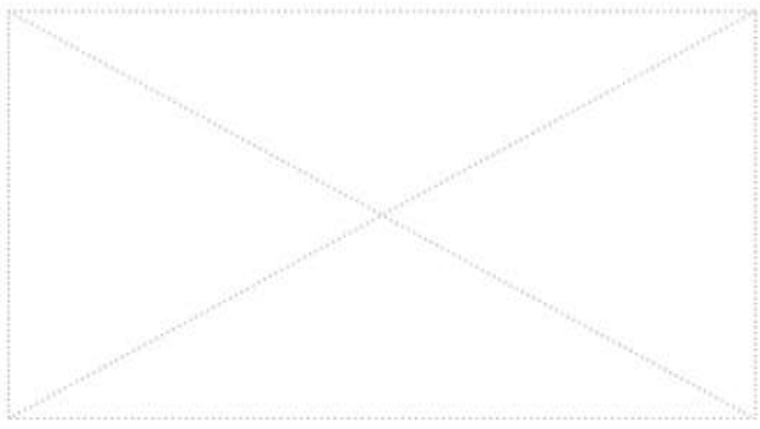
구 분 / 연구내용	연 구 기 간					
	‘21.10	‘21.11	‘21.12	‘22.1	‘22.2	‘22.3
미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 수립을 위한 TF 구성						
바이오 미래유망, 미래전략 기술 조사						
바이오 정부 R&D 추진 현황 조사						
바이오 혁신 트렌드를 반영한 바이오 R&D 포지셔닝 분석						
바이오 출연기관 협의체 자문 및 논의						
미래 바이오 핵심지원분야 R&D 아이템 발굴						
중간보고서 제출						
미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 도출						
최종 검토 회의						
최종보고서 제출						

(2) 주요 내용

□ 바이오 연구개발 동향 및 트렌드 전망

○ 생명과학은 생명(Life)과 관련된 모든 분야와 융합하여 새로운 이론, 지식 및 기술 등을 창출하고 건강·인구·자원·환경 등 글로벌 사회문제 대응에 필수적인 분야로,

– 생명과학의 연구성과는 레드(보건·의료)·그린(농업·식품·자원)·화이트(화학·에너지) 바이오에 응용될 수 있으며, 다양한 응용분야에 공통적으로 적용되어 기술 발전과 제품개발을 혁신하는 플랫폼바이오의 중요성이 날로 높아지고 있는 추세

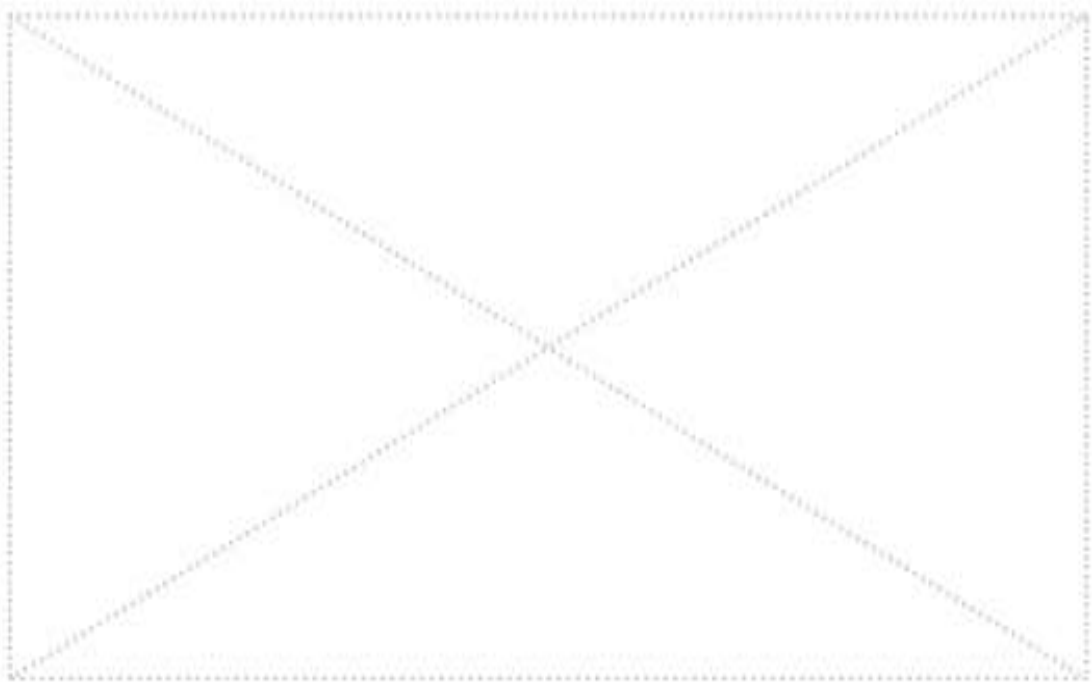


○ 최근 유전체분석기술, 유전자편집기술, 세포 리프로그래밍기술처럼 레드, 그린, 화이트바이오 전반에 영향을 미치는 플랫폼바이오가 바이오 기술과 산업 전반의 혁신을 가속화

– 특히 코로나19를 통해 플랫폼바이오의 중요성이 강조되고 있는데, 바이러스 유전체 시퀀싱, 구조 분석, 백신 개발 등에 있어 핵심적인 역할을 담당

○ 플랫폼바이오는 생명현상을 해석하고, 이해(Real, 생명분석)하고, 이러한 현상을 실제 세포나 장기에 도입하여 검증(Artificial, 인공생명)하고, 더 나아가 가상의 공간에서 유용한 기능을 설계, 예측(Virtual, 가상생명) 하는 방향으로 발전할 것으로 전망

- Real, Artificial, Virtual 간의 선순환 혁신을 통해 방대한 바이오 데이터가 축적되고, 또한 플랫폼바이오 기술들이 동반 진보할 것으로 기대
- 근본적으로 플랫폼바이오는 레드, 그린, 화이트바이오 혁신의 속도를 향상시키는 엔진으로 작동할 것으로 예측



□ 바이오 미래유망, 미래전략 기술 조사

○ 15년 이후 국내외 유관기관에서 발표한 바이오 관련 미래유망기술을 검토하여 통합, 레벨 조정 등을 통해 도출

※ 대상 기술('15년~) : 바이오 미래유망기술(생명공학정책연구센터, 후보기술 포함), 해외기관 미래유망기술(MIT, 세계경제포럼), 국내기관 미래유망기술(KISTI, KISTEP)

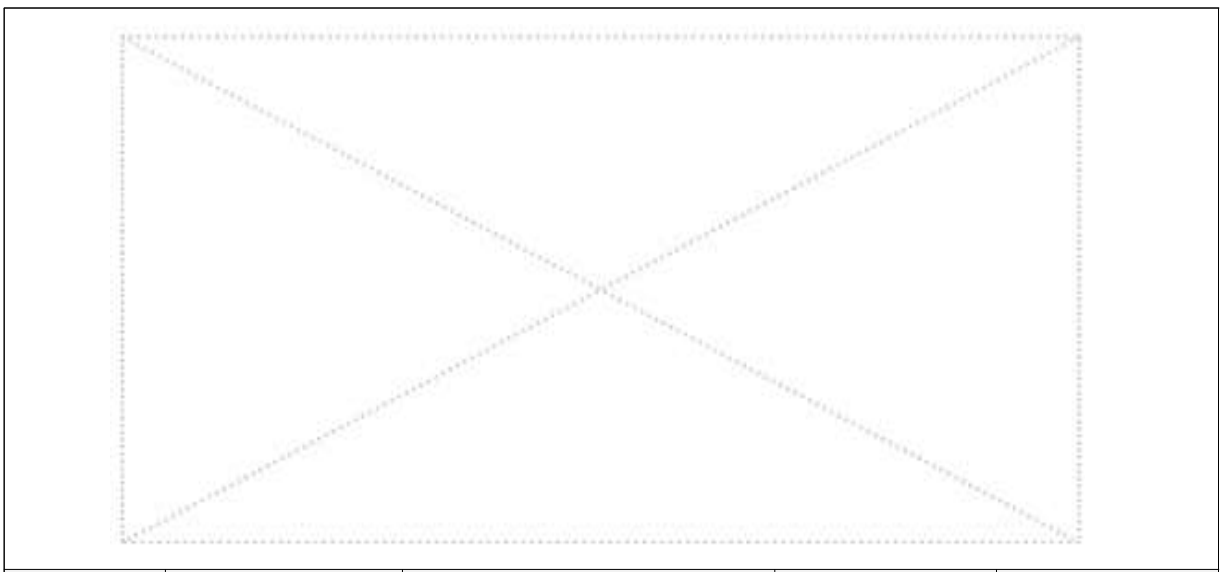
○ 생명공학정책연구센터는 바이오 분야의 혁신 연구성과(논문) 키워드 분석을 기반으로 플랫폼(공통기반), 레드, 그린, 화이트바이오 미래유망기술을 발굴

※ 2021년 바이오 미래유망기술은 코로나19 팬데믹 대응을 위한 기술을 포함하여 발굴

(포스트 팬데믹 대응기술)

분야	2021년 10대 바이오 미래유망기술
플랫폼바이오 (Platform Bio)	▶ **생물 유래 화학다양성 확보 기술**(Chemical diversity in nature) ▶ **개인 맞춤형 체외 면역시스템**(*in vitro* personalized immune system) ▶ **인공지능 기반 단백질 모델링**(AI based protein modeling)
레드바이오 (Red Bio)	▶ **합성 면역**(Synthetic immunity) ▶ **단일세포 교정기술**(Single cell repairing) ▶ **나노백신/나노항체**(Nanovaccine/Nanobody)
그린바이오 (Green Bio)	▶ **세포배양 축산 기술**(Cellular agriculture) ▶ **식물 마이크로바이옴 엔지니어링**(Plant microbiome engineering)
화이트바이오 (White Bio)	▶ **친환경 고분자 생산 미생물**(Eco-friendly polymer producing microbe) ▶ **빅데이터 기반 생태건강성 평가 기술** (Ecological health assessment using bio big data)

○ 도출된 핵심전략기술의 그룹화를 위해 바이오 분야 R&D 트렌드와 향후 적용 및 발전 가능성을 반영하여 아래와 같이 카테고리 설정



카테고리	플렛폼바이오	레드바이오		그린바이오	화이트바이오
구분	생명분석	신약	재생의료	자원	소재·제조
	인공생명	의료기기	감염병	식품	에너지
	가상생명	정밀의료	뇌/노화	농업	환경

카테고리	구분	유망 연구분야 및 전략기술(안)	개념	생명공학정책연구센터 바이오 미래유망기술(후보기술 포함)	해외 선정(MITWEF)	국내 선정(KISTIKISTEP)
플랫폼 바이오	생명분석 (Real)	차세대 시퀀싱	기존 시퀀싱 프로세스에 비해 향상된 기술을 지칭하는 용어로, 비용, 시간, 해독 길이 등을 크게 발전	2015년 차세대유전체분석 칩 2021년 생명발달 시퀀싱		2017년 KISTI 개인 유전자 분석 서비스
		차세대 이미징	다양한 첨단 분석기법을 활용하여 생체 분자의 분포, 입체 구조 등을 연구	2019년 신경/정신질환 맞춤형 뉴로 이미징 2020년 Cryo-EM 생체분자 구조분석기술		
		단일세포 분석	1개의 세포를 분리하여 해당 세포의 유전체, 전사체, 단백체 등을 분석	2017년 단일세포 유전체 분석기술 2019년 단일세포 다중오믹스 시각화기술 2020년 공간 오믹스 기반 단일세포 분석기술		
		세포발달지도	수정된 난자에서 태아에 이르기까지의 인간 발달 과정을 이해하고 통합 지도로 매핑	2015년 4D 세포 추적기술 2019년 크리스퍼 바코드 맵 2019년 조직별 면역세포 세포체 지도	2017년 MIT 세포지도 2017년 WEF 인간세포 도감	
	인공생명 (Artificial)	차세대 유전자편집	CRISPR 유전자가위의 한계를 극복한 기술로 효율성과 정확성을 향상해 활용	2017년 유전자 편집을 통한 질병치료기술 2018년 생체 내 유전체 편집기술 2018년 유전자 드라이브기술 2019년 크리스퍼 바코드 맵 2019년 미토콘드리아 유전체편집을 통한 대사조절기술 2020년 프라임 에디팅	2018년 WEF 유전자 드라이브	2018년 KISTI 유전자편집
		세포운명전환	분화된 세포에 유전자 또는 화합물 등 도입하여 목적하는 세포로 전환	2017년 생체 내 직접교차분화기술 2017년 후성유전학적 발생/분화 조절기술		
		오가노이드	줄기세포 등을 3차원 배양법으로 다시 응집 · 재조합하여 만든 장기 특이적 세포집합체를 제작하고 연구	2017년 합성 면역공학 2018년 합성배아 2018년 오가노이드 기반 생체모사기술 2021년 개인 맞춤형 체외 면역시스템	2015년 MIT 뇌 오가노이드 2016년 MIT 면역공학 2018년 MIT 인공배아	
		3차원 생체조직칩	인체 유래 3차원 세포 공배양 기술과 혈류 모사 유체역학 기술을 융합하여 조직 또는 장기의 세포 간 상호 작용 및 미세환경을 체외(in vitro)에서 재현	2015년 Regeneration-on-a-chip 2020년 장기관류시스템	2016년 WEF 장기 칩	

		마이크로바이옴	개별 미생물 분석에서 유전체학에 기반을 둔 숙주(인체, 동·식물 등)와 미생물 군집 간의 상호작용 연구	2015년 개인 맞춤형 마이크로바이옴 2018년 환경오염물질 분해 마이크로바이옴 2021년 인체 마이크로바이옴 최적화 2021년 식물 마이크로바이옴 엔지니어링		2017년 KISTI 휴먼 마이크로바이옴 분석 2018년 KISTI 휴먼 마이크로바이옴
		합성생물학	유용한 기능을 가진 DNA를 합성하여 세포에 도입한 후 예측 가능한 시스템을 구축	2019년 자기조직화 다세포 구조 2019년 플라스틱 분해 인공미생물 2020년 무세포 합성생물학 2021년 광호흡 대사경로 리모델링 2021년 바코드 미생물 2018년 인공효소 체인 2019년 유전자회로 공정 예측기술	2016년 WEF 시스템 대사공학	2016년 KISTI 합성세포기술
	Virtual (가상생명)	생체분자 3차 구조 예측	데이터와 AI 기술을 활용하여 단백질의 3차 구조 및 수용체와 결합한 단백질 복합체 구조 등을 예측	2015년 바이오 빅데이터 인공지능 알고리즘 2018년 막단백질 구조 지도 2021년 인공지능 기반 단백질 모델링		
		가상인간 모델링	가상의 생리학적 인간 모델을 만들어 생명현상 연구 및 의료연구에 활용	2015년 Human 빅데이터 분석을 위한 가상인간 모델링	2020년 WEF 가상환자	
레드바이오	신약	AI 신약개발	인공지능을 활용하여 후보물질 탐색에서부터 임상시험 최적화에 이르는 신약개발 전과정에서의 시간과 비용 크게 단축	2015년 지능형 환자 맞춤약	2018년 WEF 인공지능 기반 분자 디자인 2020년 MIT AI-발견 분자	
		차세대항체치료제	기존 항체체료제 보다 효과적이며 적용 범위가 넓은 항체치료제 개발	2021년 나노항체		
		면역치료제	인체의 면역시스템을 활성화시켜 암 세포 등 질병 세포와 싸우게 하는 치료법	2019년 암 오가노이드 연계 면역세포 치료기술 2020년 면역세포치료제 활성화 백신	2016년 MIT 면역공학	2018년 KISTI 면역세포치료
		항암백신	암 특이 항원을 암환자에게 투여하여 면역시스템을 활성화시킴으로써 암을 예방하거나 치료하는 면역치료제	2018년 차세대 항암백신	2019년 MIT 맞춤형 암 백신	
	의료기기	웨어러블 진단	사용자의 신체에 착용하여 일상 생활에서 건강 상태 확인 및 질병 진단	2015년 생체인식 웨어러블 디바이스 2017년 모바일 인공지능 진단기술	2019년 MIT 손목에 차는 심전도 측정기	2015년 KISTEP 바이오스탬프 2021년 KISTEP 비침습 생체정보 기반의 심혈관질환 관리 기술
		실시간/현장 진단	의료/검사시설이 아닌 현장에서 즉시 질병이나 병원체 등을 진단	2015년 체내 이식형 스마트 바이오센서 2017년 현장 적용 바이러스 진단기술 2021년 종이 바이오칩		2015년 KISTEP 스마트폰 이용 진단기기 2020년 KISTEP 실시간 건

						강 모니터링 기술 2021년 KISTI 현장진단기기
		신개념진단 (유전자가위, 캡슐형 등)	유전자편집기술을 활용한 진단, 알약 크기의 캡슐형으로 삼킬 수 있어 손쉽게 진단 가능		2019년 MIT 소형 캡슐형 장기 검사기	
		액체생체검사	혈액, 타액, 소변 등에 존재하는 DNA 조각을 분석해 암 등 질병의 진행을 진단	2017년 순환 종양세포 DNA 탐지기술 2020년 실시간 액체생검	2015년 MIT 액체 생체검사 2017년 WEF 액체 생체검사	
		동반 진단/치료	특정 의약품을 사용하기 위해 약물의 반응성 및 안전성을 미리 예측하기 위한 진단		2018년 WEF 맞춤의약을 위한 진보된 진단	
		디지털치료제	소프트웨어를 활용해 질병이나 장애를 예방하고 관리, 치료하는 기술	2020년 디지털치료제	2018년 WEF 디지털 약물 2020년 WEF 디지털 의료	
		의료용 로봇	의료 현장의 다양한 분야에 로봇 기술을 융합해 보다 안전하고 편리한 의료 서비스를 제공하는 기술	2015년 줄기세포치료제/재생의약 의식용 로봇수술 기술 및 장비		
	정밀의료	유전적 예측	유전체 정보를 활용하여 심장질환, 유방암 등 질병 및 비만, 탈모, IQ 등을 예측 가능	2015년 차세대유전체분석 칩	2015년 MIT DNA 인터넷 2018년 MIT 유전적 운세 2019년 MIT 조산아 예측	2018년 KISTI 암진단/예측 바이오마커
		건강관리 앱	스마트폰 앱 및 스마트 기기를 통해 운동, 식습관, 스트레스 등을 관리할 수 있는 서비스 제공	2015년 사이버 메이트 헬스케어2015년 아바타 유전체를 이용한 건강 게임툴		2018년 KISTEP 스마트타투 기술
	재생의료	세포유전자치료제	세포나 유전자를 교정 등 활용 하여 질병을 치료	2017년 유전자 편집을 통한 질병치료기술 2018년 생체 내 유전체 편집기술 2020년 알츠하이머 치매를 위한 세포치료	2017년 MIT 유전자치료 2.0 2020년 MIT 초도도화 맞춤의약	
		인공/이종장기	인체의 장기를 대체하기 위해 돼지와 같은 동물 및 3D 바이오프린팅 기술 등으로 만들어진 장기	2015년 유전자 교정세포 3D 프린팅 2020년 키메라 인공장기		2016년 KISTI 바이오 프린팅 2017년 KISTI 바이오잉크 2017년 KISTI 바이오프린팅으로 제작된 인공장기와 조직 2019년 KISTEP 3D 프린팅 인공장기
	감염병	차세대백신	mRNA백신, 나노백신, 범용(universal) 백신 등 더 효과적인 백신을 신속, 정확하	2021년 바이러스 칵테일 백신	2017년 WEF 게놈백신 2021년 MIT mRNA 백신	

			게 제작	2021년 나노백신/나노항체		
		감염병 대응 AI	AI 기반 칵테일 치료제, 돌연변이 예측, 사망률 예측 등 데이터 분석에 의한 감염병 대응	2017년 역학정보분석기술		
		유전자가위 치료제	유전자가위 기반의 범용치료제, 항생제 내성균 사멸기술 등			2015년 KISIT 슈퍼박테리아 대응기술
	뇌/노화	뇌-컴퓨터 인터페이스	인간의 뇌와 컴퓨터를 연결해 뇌신경 신호를 실시간 해석하여 활용	2020년 단일 신경세포 트래킹	2015년 WEF 뉴로모픽기술 2017년 MIT 마비역전기술	2015년 KISTI 뇌신경 모방 반도체 소자 2015년 KISTI 생각대로 움직이는 기계 제어 기술 (뇌-기계 인터페이스)
		단일뉴런 분석	단일뉴런의 유전자 발현, 단백체 결합, 연결성, 신경활성 변화 등을 종합하여 신경조직 간 네트워킹을 파악	2018년 단일 뉴런 분석기술		
		기능증강 가상현실	인지 및 신체 기능을 강화하기 위해 가상현실 기술 활용	2015년 인지/감각기능 증강용 가상현실 2017년 가상 진료기술		
		노화속도계	신체 기능별 노화 속도를 측정할 수 있는 마커를 발굴해 개인별 노화 속도를 예측, 진단	2015년 퍼스널 노화속도계		
		항노화 신약	노화 과정을 지연·예방하거나 노화 관련된 기능 저하를 를 조기 탐지하고 치료	2019년 역노화성 운동모방 약물 2020년 조직 내 노화세포 제거기술	2020년 MIT 항노화 신약	
		운동효과 바이오닉스	근력 등 인간의 능력을 향상시키기 위한 인체공학적 로봇 디자인 및 제작	2015년 운동효과 바이오닉스		2016년 KISTI 신체 증강 기술 2019년 KISTEP 손실된 인체감각을 대체하는 기기용 소재
그린 바이오	**자원**	유전자편집 농작물	유전자편집기술을 통해 우수한 형질을 보유한 농작물을 제작하는 기술	2019년 미토콘드리아 유전체편집을 통한 대사조절기술 2021년 광호흡 대사경로 리모델링	2016년 MIT 농작물 유전자 편집2015년 WEF 정밀한 유전공학 기술	
	식품	인공육	전통 축산업을 대체하기 위해 세포배양 등으로 육류를 제조하는 기술	2018년 인공육류 생산기술 2021년 세포배양 축산기술	2018년 WEF 실험실 생산 인공육류 2019년 MIT 소고기 없는 버거	
	농업	디지털농업	식물 재배시설에 디지털 기술을 결합하여 농업 효율과 생산 효율을 증대시키는 기술		2017년 WEF 정밀농업	2018년 KISTEP 스마트팜 기술

		식물공장	기후나 계절의 영향을 받지 않는 시설 내에서 유용물질을 생산하도록 작물을 재배하는 기술	2018년 식물공장형 그린백신 2020년 엽록체 바이오공장		
		애완동물 의약	애완동물의 유전체 염기서열 분석을 통해 확보된 유전정보를 바탕으로 각 애완동물의 특성에 맞게 치료하는 기술	2020년 애완동물 유전체의약		
화이트 바이오	소재	바이오파운드리	로봇과 AI 기술을 융합한 바이오 첨단기술로서 DNA 조립에서부터 세포 개량까지의 복잡한 과정을 빠른 순환 공정으로 구현	2020년 바이오파운드리		
		친환경 플라스틱	재생가능한 원재료로 만들어지는 플라스틱, 미생물에 의해서 분해되는 생분해성 플라스틱 등 바이오 기반의 플라스틱	2019년 플라스틱 분해 미생물 2021년 친환경 고분자 생산 미생물	2019년 WEF 순환경제를 위한 바이오플라스틱	2019년 KISTEP 친환경 바이오플라스틱 필름
	에너지	탄소순환형 바이오에너지	이산화탄소 저감 및 탄소자원화 능력을 갖는 광합성 세포공장 시스템 등을 통해 에너지를 생산하는 기술	2018년 탄소자원화 광합성 세포공장		
	환경	오염물질 분해 마이크로바이옴	박테리아, 나방 등의 분해효소를 활용하여 플라스틱, 비닐 등 환경 오염물질을 해결하는 기술	2018년 환경오염물질 분해 마이크로바이옴 2019년 플라스틱 분해 미생물	2019년 WEF 환경오염을 줄이는 더 스마트한 비료 2020년 WEF 저탄소 시멘트	
		환경오염 진단	환경 보존을 위해 장기적 관점에서 미세 플라스틱 등 오염물질의 독성 및 유해성을 평가하는 기술	2019년 미세플라스틱 유해성 장기 평가 기술		2017년 KISTEP 미생물 활용 환경복원 기술
기타		생명체 모사 정보 저장	생물학적·인공적 정보를 살아있는 세포 내에서 처리하고 저장할 수 있도록 DNA를 역동적인 기록 매개체로 활용	2019년 DNA 기록기술/분자레코딩	2019년 WEF DNA 데이터 저장	
		DNA 앱 스토어	생물의 DNA 정보를 검색하거나 유전체 데이터를 온라인에서 판매하는 비즈니스 모델		2015년 WEF 디지털 게놈 2016년 DNA 앱 스토어	
		가상진료	가상현실기술을 활용하여 의사의 진료 등이 원격으로 가능케 하는 기술	2017년 가상 진료기술		2016년 KISTI 의료용 가상현실 응용 기술

□ 바이오 분야 R&D 추진현황 조사 및 지원방향 도출

○ (신약) 신약개발의 생산성 향상과 실패위험 최소화*를 위한 해결책으로 ‘플랫폼기술’ 주목

– 유전자·세포·RNA치료제 등 다양하고 새로운 모달리티(Modality, 혁신 치료법)의 등장과 확산으로 기존 경쟁질서를 재편할 수 있는 기회가 도래함에 따라, 신약개발 기초연구*가 무엇보다 중요한 상황

○ 신약분야 부처별 정부 R&D 투자 추이('11~'19)

(단위: 억 원, %)

구분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	연평균 증가율
범부처*	신약개발 연구비	150	295	394	297	253	273	297	330	400	13.1
	BT 대비 비중	–	–	53.1	43.9	38.5	39.5	32.6	29.4	42.3	–
과기부	**신약개발 연구비**	**807**	**515**	**522**	**745**	**1,089**	**1,214**	**1,456**	**1,421**	**1,655**	**9.4**
	BT 대비 비중	**8.5**	**5.1**	**5.4**	**7.4**	**9.2**	**10.0**	**10.9**	**10.6**	**11.0**	**–**
복지부	신약개발 연구비	953	919	1203	1277	1647	1170	1257	1388	1395	4.9
	BT 대비 비중	31.0	24.0	31.3	31.5	36.7	26.1	29.0	30.7	31.0	–
산업부	신약개발 연구비	729	386	387	251	148	200	212	254	266	−11.8
	BT 대비 비중	17.5	8.9	11.8	7.7	4.0	5.3	7.0	8.5	9.7	–
식약처	신약개발 연구비	159	188	147	215	193	200	208	159	145	−1.1
	BT 대비 비중	28.9	32.2	24.3	31.0	26.6	33.0	34.7	31.2	32.4	–

* 과학기술정보통신부, 보건복지부, 산업통상자원부
※ 자료원: 한국과학기술기획평가원(2021), 2019년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석

○ 과기정통부 지원 세부 현황(2021년 연구재단 국책연구본부 관리과제 기준)

– 신약 기초연구부터 후보물질 발굴·최적화, 기반기술 개발, 인공지능·가속기 등 첨단기술을 활용한 신약개발 등 다양한 영역을 폭넓게 지원 중

– 또한 기초·원천연구성과가 사업화로 연계될 수 있도록 첨복재단 신약개발지원센터를 통해 산·학·연 신약개발 생태계 지원

사업명	내역사업		지원규모(백만 원) '17년	'18년	'19년	'20년	'21년	비고
바이오·의료	신약개발	타겟발굴·검증	6,538	7,233	4,893	1,541	3,008	'20년 일몰
		기반기술	26,320	26,400	34,253	28,032	21,022	
		신약파이프라인	7,387	8,917	16,472	21,717	22,512	
		인공지능신약플랫폼	–	–	7,500	8,333	9,000	
범부처전주기신약개발(예타)			11,000	11,000	9,549	500	–	'20년 종료
국가신약개발사업(예타)			–	–	–	–	15,048	'21년 신규
합계			51,245	53,550	72,667	60,123	70,590	

○ 신약분야에는 아직까지 밝혀지지 않은 새로운 영역이 다수 존재*하며 신약 기초연구는 혁신을 촉발하는 과정에서 핵심. 과기정통부의 지속적인 투자와

관심 필요

* 인간 단백질(19,613개)에서 승인된 타겟물질은 3%(672개)에 불과(Human Protein Atlas)

– 또한, 제약기업 등 민간이 주도하기 어려운 도전적, 모험적 기초연구에 대해서도 과기정통부의 지속적인 투자 중요

* NIH 기초연구는 FDA에서 승인된 210개 혁신신약에서 84개가 연관(PNAS, '18)

– 혁신기술과의 융합, 플랫폼기술 활용을 통해 선제적 타겟 발굴 및 검증, 우수 후보물질 발굴 등의 신약개발 기초연구 강화 필요

○ (재생의료) 난치성 질환의 근본적 치료 대안으로 부각되면서 주요국의 정부 및 민간 투자가 증가하여 글로벌 재생의료 산업의 성장 요인으로 작용

○ 과기정통부 지원 세부 현황

(단위: 건, 억원)

구분		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
세포재생기술개발사업	과제	22	25	18	18	1	1	1
	예산	106.8	115.8	63.9	63.9	9.7	10	10
조직재생기술개발사업	과제	1	1	5	5	9	9	8
	예산	10.0	10.0	40.3	40.3	51.5	48.3	35.2
줄기세포기반신약 스크리닝시스템개발사업	과제	3	3	1	1	2	1	-
	예산	70.0	70.0	16.6	16.6	22.6	8.5	-
줄기세포기반융복합 원천기술개발	과제	-	-	-	7	35	34	32
	예산	-	-	-	47.1	116.5	140	152
줄기세포치료제기술개발	과제	5	5	5	3	18	12	5
	예산	40.0	40.0	38.8	24.9	83.2	49.2	24.5
줄기세포분화기술개발	과제	-	-	-	-	3	3	-
	예산	-	-	-	-	6.5	3.6	-
줄기세포연구산업 인프라구축	과제	-	-	3	3	3	1	1
	예산	-	-	11.0	11.0	10.1	5	5
줄기세포연구산업	과제	24	19	35	34	3	3	-
	예산	126.0	113.5	156.5	141.5	25.9	19.2	-
줄기세포원발굴기술개발	과제	-	-	-	2	14	14	8
	예산	-	-	-	9.1	46.5	43.9	20.7
줄기세포원천기술확보촉 진지원사업	과제	1	1	1	1	1	-	-
	예산	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	-	-
범부처재생의료기술개발 사업	과제	-	-	-	-	-	-	51
	예산	-	-	-	-	-	-	64.11
합계	과제	56	54	68	74	89	78	106
	예산	356.8	353.3	331.0	358.4	376.4	327.7	311.5

○ 기존 범부처재생의료기술개발사업과의 중복성을 고려하여 차별성이 있으며, 융복합 협업이 필요한 새로운 다학제간 연구 개발 사업 필요

– 국제 경쟁력이 강화된 신소재·신기술의 재생의료 원천기술 개발이 요구

○ 새로운 재생의료 기반 연구를 통해 확장성 있는 원천기술 및 소재 개발 필요

– 줄기세포 기반 세포치료제 개발에서 필수적인 생체 내 작용기전 예측이 가능하도록 조직(tissue)/세포 기원(origin) 특이적 줄기세포 지도(stem cell atlas) 작성 및 이를 활용한 원천기술 개발

– 각 target disease에 가장 효과적인 줄기세포주를 개발할 수 있는 원천 세포주 개발

○ 줄기세포의 다양한 기능을 활용한 기능 강화 면역관용 세포 개발

– 줄기세포 및 줄기세포의 유효 생체 분자, 생체재료에 면역관용 engineering 기술 적용을 통해 범용적으로 사용될 수 있는 재생의료 기술개발

– 유전자 발현조절의 핵심 인자인 non-coding RNA 발현의 제어를 통하여 기능이 강화된 면역세포 개발

○ 원천플랫폼 기술 및 소재 개발

– 다양한 분야에 적용 가능한 원천 플랫폼 기술 및 소재를 개발/확보함으로써 국내외 다양한 환경변화에 선제 대응이 가능하고 글로벌 경쟁력을 강화시킬 수 있는 연구개발 시스템 구축

○ (미래유망/공통핵심기술) 혁신적 신기술(바이오 공통핵심기술*)은 바이오산업 혁신의 구심점 역할을 하면서 새로운 기술 및 산업 창출의 원동력으로 작용

○ 과기부 개인기초연구사업을 통해 혁신·도전적인 요소기술들에 대한 연구개발이 이루어지고 있으나, 개발된 기초원천 기술의 신속한 확산 및 신산업 창출로의 연계에는 한계가 있음

– 이에 파급력 높은 주요 선도형 기술에 대한 지원전략을 수립하고, 이를 바탕으로 범정부적 연구개발을 위한 사업을 통해 “기초·원천기술 → 사업화”의 연구개발 전주기 지원 추진

대상 기술	지원 현황
마이크로바이옴	▪ (유관사업) - 과기부 바이오·의료기술개발 - 과기부 한국생명공학연구원 연구운영비지원 - 과기부·농식품부·보건복지부 포스트게놈다부처유전체 - 해수부 빅데이터기반해양바이러스제어 및 마린바이오틱스개발 ▪ 전주기 지원을 위한 “(가칭) 국가 마이크로바이옴 이니셔티브” 등 범정부

	사업 추진
합성생물학	▪ (유관사업) - 과기부 바이오·의료기술개발 - 과기부 한국생명공학연구원 연구운영비지원 - 농진청 바이오그린연계 농생명혁신기술개발 - 농진청 차세대바이오그린21 ▪ 관계부처 합동 “바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 기술 육성 전략” 수립 추진 ▪ 합성생물학 기술을 기반으로 한 “바이오파운드리 구축 및 활용 기술개발사업” 추진
바이오빅데이터 분석	▪ (유관사업) - 과기부·복지부·질병청·산업부 바이오빅데이터구축시범 ▪ 100만 명급 바이오 빅데이터 분석기술 개발을 위한 범정부 사업 추진('23~, 과기부, 복지부, 산업부, 질병청, 예타 중)

○ 그 외 대부분의 미래유망 공통핵심기술에 대한 연구개발 지원은과기부 중심으로 이루어지고 있으며, 그밖에도 복지부, 질병청, 식약처, 산업부에서 일부 관련 분야 지원 중

대상 기술	지원 현황
차세대 유전자 편집	▪ (유관사업) - 과기부, 기초과학연구원연구운영지원비, 사업/장비·시스템구축비 - 복지부, 임상연구인프라조성-희귀난치성질환유전자치료기반기술개발
오가노이드	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 - 과기부, 안전성평가연구소연구운영비지원-첨단독성예측기술개발 - 과기부, 복지부, 범부처재생의료기술개발 - 식약처, 의약품등안전관리-첨단바이오의약품안전관리 - 질병청, 국가보건의료연구인프라구축-장애극복을위한난치성질환치료기반구축
단일세포 분석	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 과기부, 대구경북과학기술원연구운영비지원
인간화 동물모델	▪ (유관사업) - 국가마우스표현형 분석기반구축
가상 인체모델	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 산업부, 국가표준기술개발및보급
생산기술 자동화	▪ (유관사업) - 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 추진 예정
바이오칩	▪ (유관사업) - 산업부, 3D생체조직칩기반신약개발플랫폼구축사업 - 식약처, 안전성평가기술개발연구(일부지원)
유전자/단백질 합성	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발
바이오 신소재 제작	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발

대상 기술	지원 현황
	- 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 - 농식품부, 농식품기술개발-맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발 - 산업부, 산업기술알키미스트프로젝트 - 농식품부, 고부가가치식품기술개발 - 중기부, 창업성장기술개발

○ 미래유망 기술, 바이오 공통핵심기술 지속 발굴·지원 필요

– 타 부처에서는 지원하기 어려운 과기정통부 고유의 지원 영역

– 현재 유망한 기술 분야는 바이오파운드리 등 합성생물학, 바이오 이미징, 시공간 단일세포 분석, 바이오칩 등이 있음

– 단, 신약, 감염병(백신, 치료제 등), 줄기세포, 조직·재생의료, 뇌, 의료기기 등 직접적으로 산업화 연계 가능한 분야의 기반기술은 별도로 구분하고 바이오 분야에 공통적인 기반·핵심기술 개발로 지원 범위를 명확화 필요

○ 개발 필요기술 예시

– 신개념 염기서열 분석·편집 기술

– 바이오 이미지 획득을 위한 시료 마련 및 이미지 분석 기술

– 암 등 특정 세포 기반 시공간 단일세포 통합 분석(오믹스 정보, 소기관 실시간 위상 변화 등) 기술

– 합성생물학 기반 인공생명체 제작 기술

– 유전자 드라이브(기후변화에 따른 질병매개 해충의 특정 유전자를 종 전체로 확산시켜 개체번식을 제어하는 기술)

– 인공효소 체인(효소연쇄반응 공정) 기반 바이오연료 및 소재 생산 기술

– 초병렬 DNA 올리고 합성 기술

– DNA 기록기/분자 레코딩 기술

– 세포유래물질(엑소좀) 생산용 세포 표준화 기술

– 면역 시스템을 재구성한 인간화 동물모델 개발

○ (정밀의료) 글로벌 정밀의료 시장은 동반 진단, 바이오마커, 표적치료제, 약물유전체, 분자진단 등으로 구성

○ 바이오 빅데이터 분석기술이 동일하게 활용되며, 차세대 염기서열 분석 및 동반 진단 기술, 헬스케어 서비스 관련 기술을 포함

대상 기술	지원 현황
오믹스 기반 정밀의료기술	▪ (유관사업) – 과기부, 오믹스기반정밀의료기술개발
차세대 염기서열 분석	▪ (유관사업) – 과기부, 기초과학연구원연구운영지원비, 사업/장비·시스템구축비 – 과기부, 광주과학기술원연구운영비지원
동반 진단	▪ (유관사업) – 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 – 복지부, 암연구소및국가암관리사업본부운영
웨어러블 진단	▪ (유관사업)

대상 기술	지원 현황
	- 과기부, 범부처전주기의료기기연구개발 - 과기부, ICT R&D 혁신 바우처지원 - 산업부, 국가표준기술개발 및 보급
원격 건강관리	▪ (유관사업) - 중기부, 창업성장기술개발

○ 정밀의료 분야는 미래유망(공통핵심)기술 분야에서 지원하는 기초원천기술과 연결시켜 별도 과제·사업화를 고려할 필요

– 정밀의료는 ICT를 포함하는 융복합 성격이 강한 보건의료 연구 분야로서 웨어러블 진단 및 헬스케어 서비스 관련 기술 외에는 바이오 빅데이터 분석 기술 등이 상당 부분 중복되는 영역

○ 정밀의료 분야의 목적을 고려하여 뇌(디지털치료), 의료기기 등의 기기 기반 임상적용(헬스케어)이 가능한 분야를 별도 구분 필요

○ 개발 필요기술 예시

– 멀티오믹스 분석기술

– 인공지능 기반 오믹스-임상 정보 통합 분석 신기술

– 실시간 바이오 정보 기반 원격 진단 및 치료 시스템 구축

○ (감염병) MERS, 코로나19 등 반복적인 신·변종 감염병의 위협이 거세지고 있어, 감염병 대응관련 예측/진단/치료/예방 연구개발 필요성 증대

○ 감염병 분야 R&D 상위계획인 '국가 감염병 대응 기술개발 추진전략'의 3차 계획('22~'26) 수립 예정이며 이에 따른 지원 필요

– 3차 추진전략 구상에 따라 신·변종 바이러스 기초·기전연구, 백신· 치료제 개발 및 플랫폼 기반 기술, 확산예측 등을 위한 빅데이터 분석 기술, 방역관제 등을 위한 ICT 기술, 백신 국산화 기술, One-health 기반 기술, 동물감염병 대응 기술 등 지원 필요

○ 감염병 분야는 최근 코로나19 백신이나 치료제 개발 등 특정 질병을 대상으로 한 요소기술 개발을 제외하면 핵심기술 특정이 어려운 융합 연구분야로 크게 과기부와 복지부가 지원

대상 기술	지원 현황
감염병 예측, 진단, 치료, 예방 기술	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 과기부, 신·변종감염병대응플랫폼핵심기술개발 - 과기부, 신종바이러스융합연구단/한국생명공학연구원/한국화학연구원/안전성평가연구소 지원

대상 기술	지원 현황
	- 다부처, 방역연계범부처감염병연구개발 - 복지부, 감염병위기대응기술개발 - 복지부, 감염병 예방·치료 기술개발 - 질병청, 감염병관리기술개발연구 - 식약처, 의약품등안전관리
다제내성균 제어 기술	▪(유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 다부처, One health 항생제내성균 다부처 공동대응
동물감염병 대응 관련 기술	▪(유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 농식품부, 가축질병대응기술개발 - 농식품부, 농림축산검역검사기술개발 - 환경부, 야생동물첨단연구사업 - 해수부, 수산생물방역체계구축 - 해수부, 수산시험연구 - 해수부, 수산실용화기술개발 - 해수부, 차세대수산물품질관리 및 검역시스템 구축

○ 코로나19 위기 상황 중 감염병 R&D에서 제외된 공백 분야 지원

– 최근 2년 간 과기정통부 지원은 대부분 코로나19 관련 기전, 치료제 및 백신 연구개발에 집중

– 다제내성균에 대한 연구개발이 미미한 수준으로 지원되고 있으나, 곧 과제가 종료되는 상황

– 코로나19 외 바이러스(호흡기, 모기매개 바이러스병 등)와 기후변화 관련 감염병인 중증혈소판감소증후군(SFTS), 말라리아, 치쿤구니아, 뎅기 등에 대한 체계적 연구 지원 필요

○ 기업요구형 기초-응용 교량형 연구

– 기업에서 요구하는 감염병 진단, 백신, 치료제의 수요 발굴을 통하여 맞춤형 기초 연구 지원 필요

– 백신, 치료제 개발에 필요한 PK/PD시스템과 동물모델을 백신, 치료제의 특성에 맞추어 개발

○ One-health 관점에서의 동물 간, 동물유래 감염병 연구

– 복지부에서 지원할 수 없는 분야로, 국토부, 농식품부, 산림부 등과 공동으로 앞으로 발생 가능성이 높은 아프리카돼지열병, 조류독감 등 인간에 전파 가능한 감염병에 대한 연구개발 지원 필요

※ 단, 농식품부, 해수부 등에서 관리하는 가축과 수산생물에만 해당되는 질병 관련 연구개발은 별도로 이루어질 필요

○ 국제협력을 통한 국내 감염병 R&D 역량 강화

- 과기정통부 내 기존 감염병 국제협력 과제의 경우 개발도상국 지원을 통한 조기 감염병 진단 및 대응에 초점
- 앞으로는 감염병 관련 기초원천 연구역량 강화를 위하여 선진국과의 인력 교류 확대와 공동 연구지원을 통해 연구개발 격차 해소 필요

○ 개발 필요기술 예시

- Mix-and-match 백신 개발

※ 신/변종 감염병 대응 백신의 다른 형태(mRNA, 또는 단백질, 약독화 균 등)와 다른 감염경로(전신, 점막 등)의 혼합에 의한 신개념 백신

- 인수공통감염병 병원체 특이적 변이예측 및 백신 디자인 플랫폼 구축
- 상하부 호흡기 통합 마이크로바이옴 분석 기반 숙주 특이적 호흡기 감염질환 정밀예측 기술
- 마이크로바이옴-대사체-면역시스템 변화에 따른 질병 예방 및 치료 기술
- 다제내성균 출현 제어 및 원천방지 기술
- 내성 출현 차단가능 슈퍼 항생제 개발
- 항생제 퍼시스터 현상 분자 기전 및 제어 기술
- 미생물 상호작용 기반 미생물 대사체 정밀 디자인에 의한 항생제 내성균 제어기술
- 마이크로바이옴 기반 동물감염병 예방 기술

○ (바이오 연구자원) 기술 발전에 따라 R&D의 재료(부분품)로만 인식되던 생명연구자원(데이터+소재)이 R&D혁신을 견인하는 핵심 요소로 부각

○ 바이오산업 혁신 TF 참여를 통해 관계 부처 합동으로 '생명연구자원 빅데이터 구축 전략*' 마련('19)

*「제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획('20~'25)」

○ 수립된 전략에 따라 관계부처 유관사업을 통합하여 '다부처 국가생명연구자원 선진화 사업'으로 재편하고, 이에 대한 계속지원을 위해 적정성 재검토 대상 사업내용 기획 추진 중

대상 기술	지원 현황
바이오 연구소재 활용기반 조성 (소재 및 데이터)	▪ (유관사업) - 다부처, 다부처 국가 생명연구자원 선진화 사업
바이오 소재 개발 (그린)	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 - 농식품부, 농식품기술개발-맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발 - 산업부, 산업기술알키미스트프로젝트

대상 기술	지원 현황
	- 농식품부, 고부가가치식품기술개발 - 중기부, 창업성장기술개발
바이오 소재 개발 (화이트)	▪ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 - 과기부, 기후변화대응기술개발-C1가스리파이너리 - 과기부, 광주과학기술원연구운영비지원 - 과기부, 대구경북과학기술원연구운영비지원 - 과기부, 해양·극지기초원천기술개발-해양기초원천기술개발 - 해수부, 해양수산생명공학기술개발-해양수산바이오신소재 개발

○ 활용기반 조성은 다부처 국가생명연구자원 선진화 사업을 통해 수행 중으로 '활용가능한' 연구자원의 수집 관련 기술 지원 필요

– 연구소재 및 데이터 정보 표준화 및 통합 관리 기술, 시료 장기보관·유지 기술 등

○ 연구자원의 활용을 기반으로 한 연구개발 지원 필요

– 그린·화이트 바이오 개념에 해당하는 연구소재(균주, 천연물 등) 및 연구데이터(오믹스 등) 활용을 기반으로 한 연구개발 지원을 통해 수집된 자원의 활용성 검증 및 수정·보완사항 도출 가능

○ 개발 필요기술 예시

– 유용연구소재 발굴, 표준화, 보존·관리 기술

– 바이오 연구 데이터 표준화 및 품질관리 기술

– 바이오 연구 데이터 활용 플랫폼 구축

– 개인맞춤형 정밀 프리/프로/포스트바이오틱스 개발

– 컬쳐로믹스 기반 난배양성 마이크로바이옴 실물자원 라이브러리 뱅킹 플랫폼

– 유전자 편집체 제작 및 유용물질 생산용 세포공장 기술 확립에 활용 가능한 식물 전형성능 기반 세포분화조절 기술

– 메탄, CO2 등 자연 유기물 기반 식물성장조절 세균 개발

– 다양한 플라스틱을 분해 가능한 인공미생물 개발

– 친환경 고분자 소재 생산 미생물 개발

○ (뇌연구) 초고령화 가속화로 퇴행성 뇌질환(알츠하이머, 파킨슨 등) 증가, 코로나19 장기화 및 급격한 사회변화로 인한 정서불안(중독, 우울증, 조현병, 불안장애 등) 환자 증가

○ 뇌에 대한 근원적 이해 도전과 뇌질환 극복을 통한 국민 부담 경감 및 삶의 질 제고, 뇌연구 기반 신기술 창출을 목표로 정부 지원 중

- (부처별 지원) 과기부가 83.9%(1,529.1억 원)로 가장 높은 비중으로 지원하고 있으며 복지부 174.5억원(9.6%), 다부처 59억원(3.2%), 교육부 33.1억원(1.8%), 산업부 25.8억원(1.4%) 순

- (실천과제 지원) 인간 뇌이해를 위한 뇌연구 고도화(638.2억원, 35.0%), 생애주기별 맞춤형 건강 뇌 실현(774.0억원, 42.5%), 4차 산업혁명 대응 창의적 연구개발(160.3억원, 8.8%), 혁신적 뇌생태계 구축(70.6억원, 3.9%), 뇌산업 육성(1.5억원, 0.1%) 등

* 출처 : 2021년 뇌연구촉진시행계획 중 2020년 정부 투자 실적

○ 뇌 연구와 국내 강점분야인 정보통신 및 임상기술 등을 뇌연구에 접목하여 뇌연구의 한계 돌파를 위한 학제간 융합 연구 중점 지원

○ 기술 중심의 뇌산업 육성을 위한 구체적인 방안을 마련하여 뇌관련 기업 창업 지원 강화 및 뇌산업 육성

○ (인프라, 인력양성) ICT기반의 초연결과 초지능의 4차 산업혁명으로 물리적 (physical), 생물학적인(biological) 기존 영역의 경계가 사라지는 새로운 융합시대 도래

- (인프라 투자규모) 21년 계획(총 3조 3,340억원) 기준, 2,371억원(7.1%) 규모(vs R&D 2조 9,894억원, 89.5%)

- 21년 시설 및 기반구축 영역(약 2,371억원)의 주요 투자 부처는 과기정통부 (약 1,222억원), 복지부(약 624억원), 농식품부(약 270억원) 등

※ (관계부처별 투자비중) 과학기술정보통신부 51.5%, 보건복지부 26.3%, 농식품부 11.4%, 산업통상자원부 7.9%, 해양수산부 2.6%, 식약처 0.2% 등

- (인력양성 투자규모) 21년 계획(총 3조 3,340억원) 기준, 1,134억원(3.4%) 규모(vs R&D 2조 9,894억원, 89.5%)

- 21년 인력양성 영역(약 1,134억원)의 주요 투자 부처는 교육부(약 820억원), 복지부(약 172억원), 산업부(약 59억원) 등

※ (관계부처별 투자비중) 교육부 72.3%, 복지부 15.2%, 산업부 5.3%, 농식품부 3.5%, 과기정통부 3.3%, 식약처 0.2%, 해수부 0.2%

○ 기존 인프라사업은 해당 분야 중심의 단순 지원, 시설 운영 등을 중심으로 사업을 추진하고 있어서 트랜드 변화에 대한 대응이 미흡

- 융합·디지털 전환 등 대응하고 바이오 연구혁신을 유도할 핵심원천기술 확보를 위해서는 국가차원에서 종합적이고, 전략적인 지원 인프라(연구 컨설팅, 데이터 생산 등 종합지원이 가능한 규모 있는 플랫폼)이 필요

○ 부처별 단기간 필요인력 중심의 인력양성 사업 추진으로 융합영역을 주도할 전문인력 양성은 미흡

- 분야간의 융합에 따른 연구혁신을 주도권 확보를 위해서는 기술중심의 새로운 융합인력 양성에 과기부의 역할이 매우 중요

□ 기초-원천 연계 방안

○ 기초연구사업과 국책사업의 연계를 위한 상향식 방식 시도 필요

- 기초연구로부터 원천기술 확보를 위한 기초사업-국책사업의 연계는 '성과 이어달리기' 방식 보다는 '상향식 연구주제 도출' 방식 추진 필요
- 기초연구 특성상 개별 '기초연구 결과(성과)'의 활용 성공 가능성을 가늠하기 어렵기 때문에 '개별성과'에 대한 '기초-원천 연계'의 추진에 한계점 있음
- 특정 연구주제의 다양한 기초연구 수행을 통해 축적된 연구역량 및 성과가 해당주제의 '원천기술 확보' 국책사업 추진을 통해 의미있는 원천기술 성과의 확보 가능성이 높아질 것임

⇒ 기초연구 성과분석을 통한 상향식 국책사업 주제 도출 방식 필요

○ 기초연구사업의 스토리텔링 형식의 성과분석 추진

- 기존의 정량적 성과분석의 한계를 인식하고 기초연구의 특성을 감안하여 연구자 중심의 전문가적 시각에서의 성과분석 추진
- 분야별 성과분석위원회를 구성하여 분석대상 연구분야(연구주제) 발굴, 국내외 연구동향 분석, 기초연구사업의 지원현황 분석, 원천기술 확보 방안 제안 등 심층적 분석 실시
- 기초연구사업 성과분석을 통한 국책사업 연구주제 제안

○ 기초연구사업 성과분석을 통한 기초-원천 연계 연구주제 발굴(안)

- 바이오분야 기초연구사업과 국책연구사업의 연구자 중심의 주제 도출 및 연계 (기초 성과분석위원회 → 국책 기획위원회)

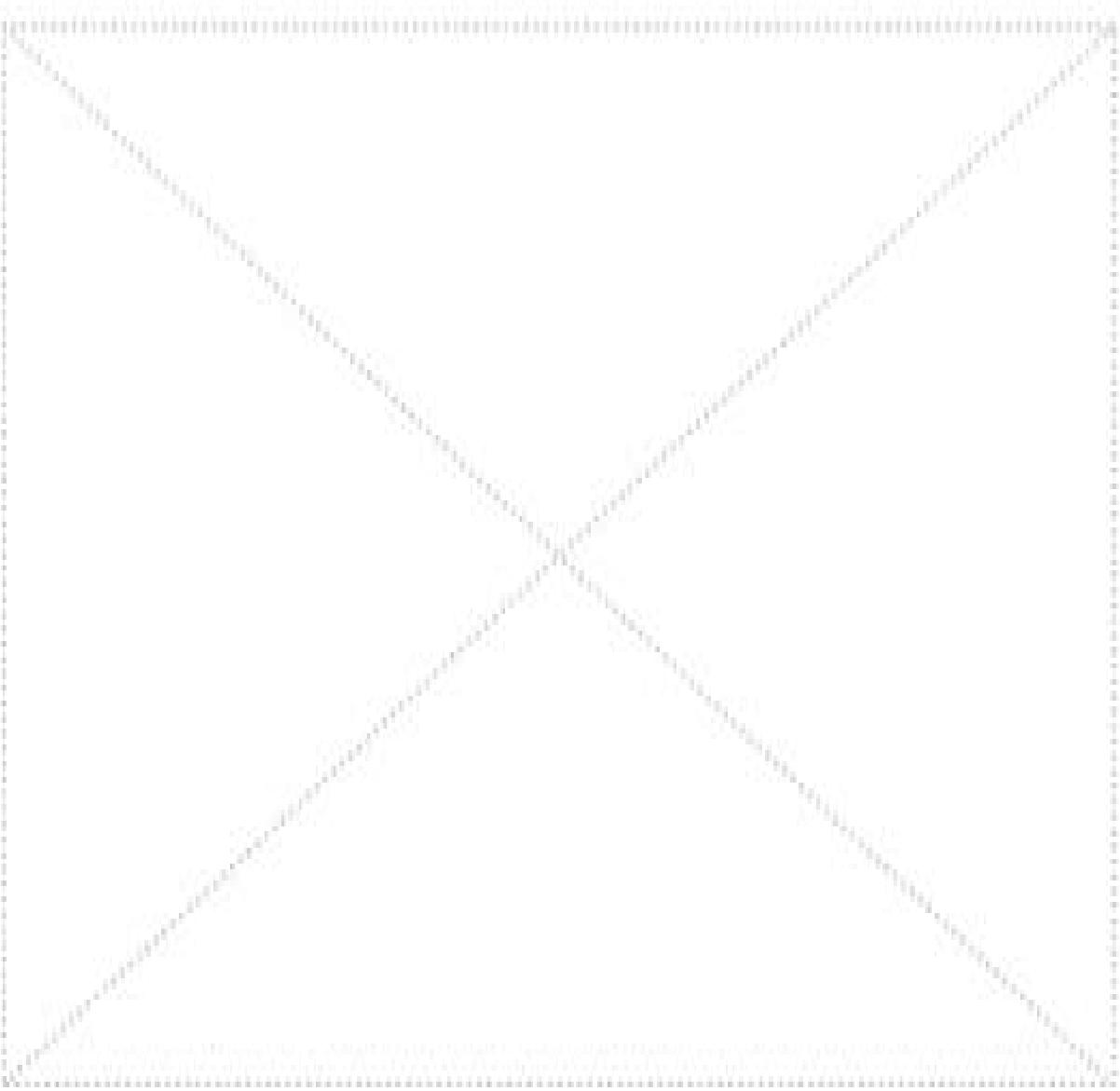
<table>
<tr><th colspan="3">기초연구사업
(기초연구)</th><th>국책연구사업
(원천기술)</th><th>기대효과</th></tr>
<tr><th>성과분석위원회</th><th colspan="2">분석주제별 소위원회</th><th>기획위원회</th><th rowspan="2">-기초연구/원천기술 연구역량제고
-기초-원천연계 연구성과 제고</th></tr>
<tr><td>-분석대상 설정
.Bio hot topic
.핵심기술분야</td><td>-주제별 전문가 소위원회 구성
-기초사업 지원현황 및 성과 분석</td><td>-분석분야의 원천기술 확보 위한 연구주제 제안</td><td>-제안된 주제 검토
-국책사업 과제 기획 및 공모</td></tr>
</table>

	구분	내용	비고
분석 보고서 구성	1.분석주제 설명	1. OOOOOOOO란?	
	2.주제 중요성	2. 왜 주목받고 있나?	
	3.최근연구경향	3. 최근 많은 연구가 이루어지고 있나?	
	4.국내외 동향	4. 최근 국내·외 연구 동향은?	
	5.기초사업 현황	5. 기초연구사업 지원 현황은?	
	6.기초연구 제안	6. 향후 기초연구사업에서 어떤 연구들이 필요한가?	
	7.원천기술 제안	7. 기초연구사업 결과들이 원천기술 확보로 이어지려면?	**국책 연계**

□ 바이오 혁신 트랜드를 반영한 바이오 R&D 포지셔닝 도출

○ (플랫폼바이오) 과학적 발견을 촉진함과 동시에 다양한 기술·산업의 혁신을 유도

※ Real(생명분석) : 유전체분석, 이미징기술 등, Artificial(인공생명) : 유전자편집, 세포 리프로그래밍, 합성생물학 등, Virtual(가상생명) : AI기반 구조예측, 가상인간 모델링(휴먼 디지털 트윈) 등



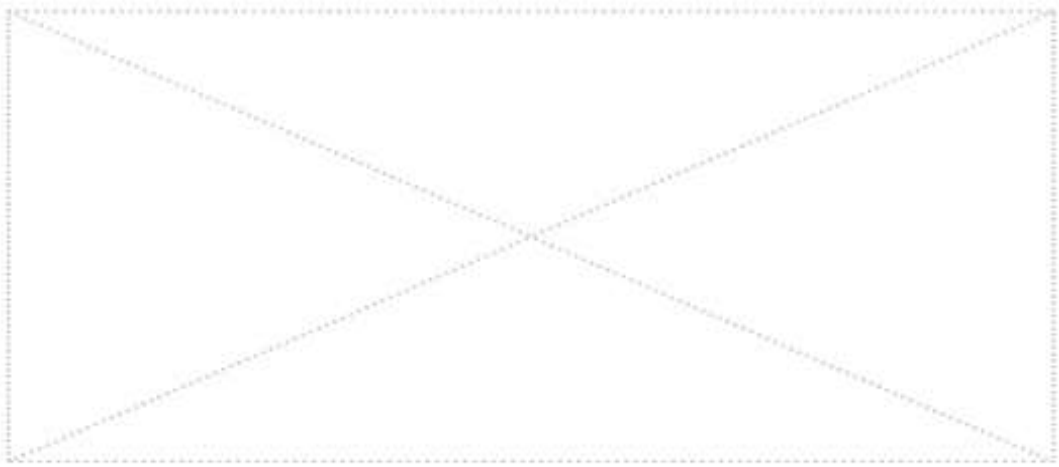
○ (디지털바이오) 전례 없이 많이 생산되는 바이오 데이터를 기반으로 바이오 혁신기술과 디지털 융합 가속화

※ (플랫폼바이오+디지털) 단백질 3차구조 예측, (레드바이오+디지털) AI 신약개발, 디지털치료제, (그린바이오+디지털) 디지털농업, (화이트바이오+디지털) 바이오파마4.0

○ (혁신시스템 내 촉진자) 딥테크 스타트업의 초기 위험을 제거하고, 사회적 수용성 확대와 비즈니스 생태계 중간자 역할 수행

– 특히, 과기정통부 산하 출연연은 생태계 내 핵심요소로 대학과 기업(대, 중소·벤처기업) 사이의 가교 역할 중요

※ (산업현장 문제해결 니즈) 동물모델 활용체계 구축, 산업화 공정 개발 등, (과학적 발견 및 기초연구 촉진) 바이오공통기반기술 개발 등



○ R&D ⇨ R&I(Research & Innovation) 전환에 따른 Innovator로서 과기정통부 역할

※ (사례) 영국 연구혁신기구(UK Research and Innovatin) : 영국의 비정부·공공기관으로 7개 연구회, Innovate UK, Research England를 통합하여 2018년에 설립

□ 바이오 출연기관 협의체 자문 및 논의

○ 과기정통부의 바이오 R&D 역할을 대표할 수 있는 키워드 중요

– 플랫폼바이오, 디지털바이오와 같은 키워드 좋다고 생각

– 기초연구, 원천기술 보다 효과, 혜택을 키워드로 표현

○ 바이오 관련 출연기관의 역할 및 키워드 논의

– 대학, 기업에서 담당하기 힘든 영역으로, ▲사회문제 해결, 재난 대응, ▲효율적인 인프라(데이터, 자원, 기장비 등) 지원, ▲기업연계형 R&D(중개연구, 임상지원 등) 강화, ▲도전적·장기적 연구 등 제안

○ 이제는 출연기관의 역량을 결집하여 미션을 달성하는 전략 필요

– (Why) 메가트렌드 대응, 이슈 해결 및 출연기관의 역할을 위해,

– (What) 임무(목표, 미션)를 설정하고,

※ UN SDGs를 가치 목표 체계로 설정 가능

– (How) 각 기관의 강점을 융합하고, 협력하여 임무를 성공!

※ 임무 달성을 위해 각 출연기관의 역량과 강점을 반영한 로드맵(Who, When 개념 포함) 수립

○ 출연기관별 제안내용

<table>
<tr><th>기관</th><th>Why</th><th colspan="2">What</th><th>핵심연구·기술/필요사항</th></tr>
<tr><td rowspan="8">생명연</td><td rowspan="2">국가적 바이오분야 혁신성과 창출을 통한 성장동력 확보</td><td colspan="2">글로벌 바이오 혁신 신약 개발</td><td>단일세포, 유전자편집, AI신약개발, 오가노이드</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">바이오신약분야 산학연 연계 및 역할분담을 통한 국가연구개발 사업 연계형 전담 사업 지원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바이오 R&D 활성화를 위한 국가 바이오 허브 역할 강화</td><td colspan="2">국가 R&D 핵심기반기술 인프라 구축</td><td>바이오파운드리, 마이크로 바이옴, 국가바이오데이터, 인공단백질 구조 연구</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">플랫폼바이오 실현을 위한 바이오인프라 기반 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바이오경제 선도를 위한 R&CD기반 산학연 네트워크 구축</td><td colspan="2">성과확산 체계 강화 및 혁신주체간 연계 활성화</td><td>테크비즈 클러스터 구축
기술창업 지원 프로그램</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연병 협력 네트워크 구축 및 R&D 실증형 사업 확대</td></tr>
<tr><td rowspan="6">화학연</td><td rowspan="2">First-in-class 신약개발 경쟁에서 초격차 기술 확보</td><td colspan="2">이종화합물 결합을 통한 신개념 치료제 개발</td><td>타겟단백질 분해 기술
(프로탁, 분자글루, LYTAC, AUTAC)</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연 및 출연연간 융합연구를 통한 혁신 신약 플랫폼 구축 및 신물질 발굴</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국가위협 감염병 대응 기술 확보</td><td colspan="2">다제내성 슈퍼박테리아 내성 극복</td><td>약물 내성 항생제 개발 연구</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연병간 역할 분담을 통한 차세대 항생제 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기후변화와 환경 문제로 인한 농업 생산성 증진 및 안전한</td><td colspan="2">국민 건강 보호를 위한 안전한 합성 및 천연 작물 보호제 개발</td><td>저독성 작물 보호제 개발 연구</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연병간 역할 분담을 통한 차세대 작물 보호제 개발</td></tr>
</table>

	먹거리 제공			
안전성 평가 연구원	동물대체기술 개발을 통해 개발도상국의 수입 제품에 대한 진입장벽을 강화하고, 국내 산업을 보호하고 수출 경쟁력 향상	동물 없는 실험실 만들기		줄기세포, 오가노이드, 센서, 의공학, 독성학, 수의학 등
		How	OECD 가이드라인에 맞는 유효성/안전성평가기술 확보	
	• 초일류 바이오 R&D 국가중심기관으로의 도약이 필요 • 일류국가에서도 아직 실현하지 못한 기술 개발 • 국가적 차원의 기술개발과 기술진흥을 위한 출연(연)의 역할에 대한 기대감	신체의 일부(팔, 다리 등)를 프린팅		생체재료, 바이오프린팅, 줄기세포, 조직공학, 의공학 등
		How	기계연의 프린팅기술, 생명연의 줄기세포 기술, KIST의 생체재료 기술, ETRI의 센서 및 인공신경 기술, 등 출연연이 확보하고 있는 원천기술을 기반으로 재건기술 개발	
KIST	출연기관의 역할, 국민 삶의 질과 안전 제고를 위한 과학기술적 해법 제시	출연(연) 주도 '판데믹 상시대응 국가 R&D 시스템' 구축		– (예방) 바이러스 확산모델 활용 방역 정책기술, 백신, 예방용 물품 등 – (방역) 신속진단, 비대면 진단, 현장 방역처리 기술 등 – (치료) 원격치료, 치료제 개발, 응급의료 등
		How	┌(정부) 판데믹 대응 요소기술 개발사업 지원 └(연구) 판데믹 대응 요소기술 개발·확보 → 다양한 요소기술들의 체계적/유기적 적용 필요 → 출연(연) 중심 대응 종합 R&D 체계 정립	
원자력 의학원	출연기관의 역할, 방사선재난 의료대응	방사선사고시 피폭 환자 진단 치료 기술 확보 및 실용화		방사선피폭 선량평가기술, 방사선피폭 환자치료기술
		How	한국원자력의학원 국가방사선비상진료센터, 전국 31개 방사선비상진료기관 협력 기술개발	
	출연기관의 역할, 미래 인류의 위험성 대비	환경오염물질의 체내거동 SPECT/PET영상 평가		합성기술, 방사성동위원소 표지, 동물모델, 영상평가 기술
		How	잠재적인 독성물질에 방사성동위원소를 표지하여 동물모델에 투여 후 체내분포 및 독성평가	
	출연기관의 주도적 역할, 산학연 연계 R&D 강화	연구 주도형 우주 생명공학 기반 의료 체계 확립		물질과 반물질 반응 기반 우주방사선 효과에 따른 치료 기법의 다양성 연구
		How	우주 방사선 물질을 만들 수 있는 가상의 공간을 실현할 수 있는 치료 시스템 구축, 우주방사선을 만들어내어 암 및 난치병 치료에 적극 활용 – (출연연) 한국원자력의학원 같은 우주방사선 연구 기반의 치료 시스템 구축이 가능한 기관 주도 – (학교·교육기관): 입자 물리학에서 입자–반입자와의 상호 작용을 통한 인공우주방사선 발생기술 기초연구 – (기업) 바이오칩(Biochip)은 DNA, 단백질 등의 생체물질들을 작은 기판 위에 고밀도로 집적화한 초소형 칩으로 극미량의 시료를 초고속으로 분석하여 유전정보, 생물학적 반응이 가능한 신소재의 제품화가 가능한 도전 벤처기업/중소기업으로 개방형 혁신 시장을 주도할 수 있는 선도 기업 권장	
	출연기관의 역할, 효율적 인프라 지원	치매질환 등 뇌질환 평가용 방사성의약품을 이용한 비임상 및 임상 영상 평가		임상용 뇌질환 진단용 방사성의약품 및 개발중인 방사성의약품 생산 및 공급, 모델 평가, 영상평가기술

		How	뇌질환 관련 신약 개발에 대한 비임상 모델에서의 유효성 평가 및 후모불질에 대한 뇌질환 진단용 방사성의약품 개발	
	출연기관의 역할, 메가트랜드 대응	기초-응용-임상 연구 활성화		감염병, 희귀병 연구 인프라, 천연물-화합물 인프라
		How	출연기관연합의 전주기 연구 협의체 구성, 예산 편성	
식품 연구원	디지털시대 전환 대응을 위해 식품과학기술을 활용한 디지털 건강관리시스템 개발 필요	고령자의 맛 인지 개선을 위한 H.O.M.E* 건강관리시스템구축		합성생물학, 뇌/노화 관련 세포/전임상/임상연구, 생체분자 3차구조 예측, 진단 기술 등
		How	▪ 미각/후각의 복합작용으로 발생하는 맛 통합인지 정보 DB화 ▪ 노화/퇴행성 뇌질환/대사증후군/호흡기 관련 감염병 등에 의한 맛 인지 변화 데이터 확보 ▪ 맛인지 정보 기반 감염병/질병 자가 건강관리 시스템 개발 ▪ 맛 감퇴·상실 개선 소재 개발 및 디지털 재활 시스템 제작 *H.O.M.E: 헬스케어(Healthcare), 온라인(Online), 무인화(Manless), & 홈코노미(Economy at Home)	
한국뇌 연구원	미래를 대비하는 뇌연구 수행을 위해 뇌질환극복 및 뇌기능 향상을 위한 R&D 강화	뇌신경망 및 뇌질환 중점 연구		뇌손상 제어기술 차세대 진단(액체 생검 등) 및 치료제(디지털 치료제, 전자약) 고위 뇌기능 활용 및 장애 극복기술
		How	• 뇌연구 분야 산·학·연·병 협력체계 구축을 통한 융합 연구수행 • 허브-스포크 기반 융합 뇌연구 • 첨단 뇌연구 인프라(장비·시스템, 실험동물, 뇌조직은행, 정책센터) 활용 및 연계 사업 확대	
	출연기관의 역할, 뇌질환 극복 및 뇌 작동 원리 활용 산업의 조기 선점을 통한 글로벌 주도권 확보	뇌연구 혁신주체 간의 연계·활용 및 성과창출·확산을 위한 클러스터 사업 추진		첨단 뇌연구 인프라 구축 글로벌 네트워크 구축 뇌산업 생태계 조성
		How	첨단 인프라 공백분야 발굴 및 구축 지원 및 글로벌 네트워크 협력 사업 확대	
한의연	디지털 대전환 대응	한의 디지털 헬스 기술 개발		생체신호 측정기술, 인공지능 진단·예측기술, 바이오피드백기반 치료기술
		How	바이오&ICT 융합 연구	
	인체 과학 난제 해결	바이오 융합 기반 생명현상 한의 이론 규명		뇌과학, 마이크로바이옴, 생체 자극 정량화 기술 등
		How	기초기반 연구원간 협력	
	사회적 관심질환 극복	만성·난치성질환, 정신·환경성 질환등에 대한 치료기술 확보를 통한 행복한 삶 실현		전사체 네트워크 분석을 통한 유효 한의처방 약리기전 규명
		How	바이오&한의학 융합 연구	
	바이오 자원 플랫폼 기반 조성	지속가능한 한약(천연물) 자원 확보		자원 감별기술, 효능 평가 기술
		How	천연물(식물, 해양, 광물등) 자원 확보 기관간 자원 데이터 공유·통합	
	(출연기관 공통 역할) 바이오 분야 공공서비스 제공	R&D와 산업과 연계 혁신		빅데이터 구축·공유·활용
		How	바이오 R&D 관련 인프라 및 데이터 공유 및 공공서비스 제공	
ETRI	디지털 대전환 대응	환자 맞춤형 최적 치료 솔루션을 위한 메디칼 트윈 개발		휴먼트윈 모델링및 AI기반 분석/예측과 오가노이드 기반 인공실험체
		How	환자의 건강 정보를 위한 휴먼트윈과 환자 맞춤 치료제를 위한 바이오트윈으로 개인 맞춤형 정밀의료 제공	

□ 미래 바이오 핵심지원 분야 R&D 아이템 발굴

○ 플랫폼, 레드바이오(구분 수준), 그린, 화이트바이오(카테고리 수준) 분야 성과목표(R&D 아이템) 제안

카테고리	구분	목표	미래유망기술	국내외 지원현황
플랫폼 바이오	생명분석 (Real)	생명탄생, 발달 및 질병을 이해할 수 있는 **생명발달지도 완성**	• 4D 세포 추적기술 ('15, 정책센터) • 공간오믹스 기반 단일세포 분석기술('20, 정책센터)	-(EU) 라이프타임 이니셔티브 발표('20) -(국내) 바이오의료기술개발, 범부처 재생의료사업 등에서 연간 90~100개 과제 단위 지원(키워드: 단일세포, 오가노이드, 이미징)
		신생아 유전체 분석을 통해 질병 조기발견·치료·예방 지원하는 **차세대 유전체 분석칩 개발**	• 차세대 유전체분석칩(NGS)('15,정책센터)	-(미·영) 신생아 게놈 시퀀싱 파일럿 프로젝트 추진 -(국내) 질병청 등에서 한국인 칩 개발 과제 추진 중
	인공생명 (Artificial)	생명발달, 난임·불임에 대한 연구 기회를 제공할 **인간배아모델 제작**	• 합성배아('18,정책센터) • 인공배아('18,MIT)	-(미) 인간 줄기세포 배양을 통해 발생 초기 배반포 모사 구조체 연구 추진 -(국내) 과제단위 연구 지원
		생태계 및 시스템 내에서 원치 않는 유전자 변이를 제거하는 유전자 복원기술 (유전자가위, 유전자 드라이브 기술의 안전한 통제)	• 유전자 드라이브 기술 ('18,정책센터/WEF)	-(미) DARPA 안전 유전자 프로그램 추진(4년간 6500만달러 투자, '17) -(국내) 관련 연구과제 미검색
		유전자 편집기술, 오가노이드 기술을 활용한 생명과학 연구 툴/플랫폼 구축	• 뇌 오가노이드 ('15,MIT) • 오가노이드 기반 생체 모사기술('18,정책센터) • 개인맞춤형 체외 면역 시스템('21,정책센터)	-(미) 인류 진화유전적 연구 및 감염병 연구에 유전자 편집 및 오가노이드 기술 적극 활용 -(국내) 오가노이드 관련 연간 90~100개, 유전자 편집 관련 200~250개 과제 규모 지원
		인공유전체 합성, 인공생명체 제작을 위한 차세대 DNA writing 기술 개발	• 전장유전체 합성 ('20, WEF)	-(미) 크레이그 벤터 연구소, 인공생명체 'JCVI-syn3A' 합성 -(글) 인간 유전체 합성을 위한 Human Genome Project-Write 논의 시작('16) -(국내) 생명연, KAIST, 연세대 등은 박테리오파지와 같은 매우 간단한 인공 유전체 제작을 위한 연구를 수행
	가상생명 (Virtual)	**Human digital twin 기반의 개인 맞춤형 평생 건강관리 지원**	• 사이버 메이트 헬스케어('15,정책센터) • 가상환자('20, WEF)	-(해외) 환자의 심장상태 모사, 디지털 브레인 트윈 등 대규모 사업 추진 -(국내) 생리학, 신경과학, 의공학, 임상약리 등 영영의 100여명 기초연구
레드 바이오	신약	**혁신신약 후보물질 발굴 및 대규모 기술이전**	• 지능형 환자 맞춤약 ('15,정책센터)	-(미) NIH, 글로벌 제약사 알츠하이머 등 5개 질환에

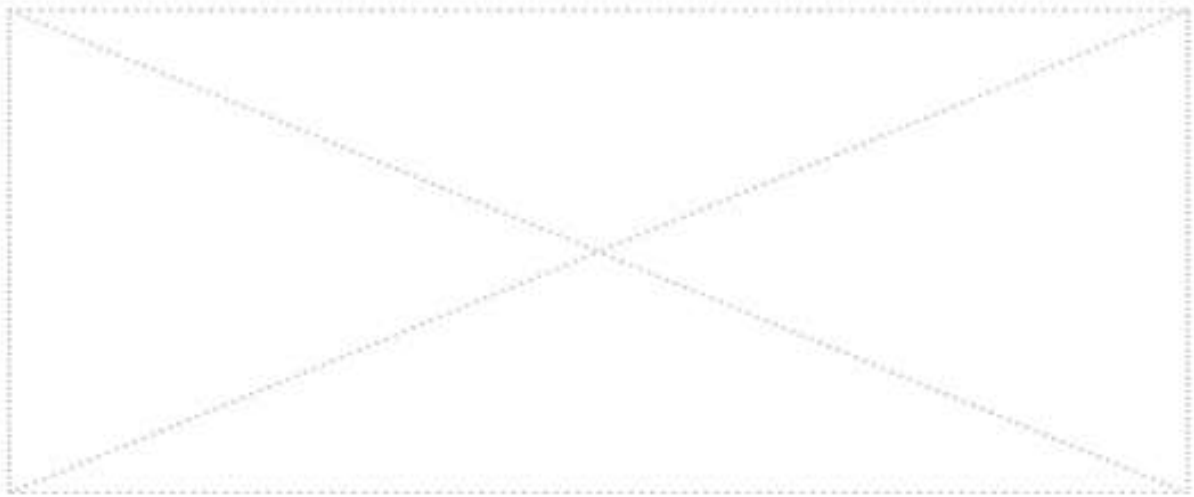
		(신약개발 패러다임 전환 시기에 한국이 새로운 주도국으로 진입할 수 있도록 기여)	• 인공지능 기반 단백질 모델링('21,정책센터) • AI기반 분자 디자인('18,WEF) • AI 발견분자('20,MIT)	대한 공동신약 프로젝트 진행('14~) -(유럽) 블록체인을 사용하여 개인정보를 보호하면서 AI를 통해 화합물 정보를 분석·제공하는 프로젝트('19-'22) -(일) AMED 중심 의약품 실용화를 위한 표적탐색부터 임상연구까지 전주기 지원 -(국내) 신약 기초연구부터 후보물질 발굴, 기반기술 개발,인공지능·가속기 등 첨단기술 활용 신약개발 등 다양한 영역 폭넓게 지원 중 (국가신약개발(다부처), 바이오의료기술(신약개발) 인공지능활용 혁신신약개발('22 신규) 신약기반 기초기반기술('22 신규))
			• Cryo-EM 생체분자 구조분석기술('20,정책센터)	
			• 유전자편집을 통한 질병치료기술('18) • 단일세포 교정기술('21) • 초고도화 맞춤의약('20,MIT) • 유전자치료 2.0('17,MIT)	
			• 차세대 항암백신('18) • 암-오가노이드 연계 면역세포치료기술('19) • 나노항체('21) • 합성면역('21) • 면역공학('16,MIT) • 맞춤형 암 백신('19,MIT) • 면역세포치료('18, KISTI)	
	재생의료	**재생의료 핵심 원천기술 확보와 임상연계를 통한 재생의료 치료기술 경쟁력 확보** (난치성 치료의 새로운 패러다임 제시, 치료범위 확대로 시장 창출)	• 유전자 교정세포 3D 프린팅('15) • 생체 내 유전체 편집 기술('18) • 후성유전학적 발생·분화 조절기술('18)	-(해외) 기초·원천 중심의 태동기에서 임상을 통한 검증 등 성장기 초입에 위치 -(국내) 세포치료제 지원에 집중 ·선진국과 기술수준 격차가 크지 않고 잠재력 보유 ·범부처 재생의료기술개발 사업을 추진 중이나, 신규기술 및 장의적 자유공모 과제 지원 부재
	뇌	**Brain-computer interface 개발** (뇌질환 치료, 사지마비 환자들의 인공사지 조절 등 의학적 활용 이외에도 군사 등 다양한 산업에 응용)	• 뉴로모픽기술('15,WEF) • 마비역전기술('17,MIT)	-(미) 하버드, 폴리머 메쉬 타입 뉴럴레이스 개발 등 -(국내) 과제단위 연구(한양대, KAIST 등 소수)
		뇌연구 기법/장비 개발 (유전학적, 광학적, 전기생리학적 실험기법/도구의 개발로 뇌신경과학 연구 지원)	• 단일 뉴런 분석기술('18) • 단일 신경세포 트래킹('20)	-(해외) 10mm의 silicone probe shank에 약 1,000 개의 recording sites를 집적시킨 probe를 개발 등 -(국내) 세포외기록법으로 100-200개 정도의 신경세포 신호 측정, IBS, 서울대, KIST, DGIST 등에서 관련 연구 수행 중
		뇌질환 극복 기술 개발 뇌기능 원리 연구결과를 기반으로		-(해외) 뇌질환 이해가 충분치 못해 큰 성과가

		뇌질환 표적 발굴, 진단, 치료 중심의 미충족 의료수요 해결을 위한 뇌질환 극복 기술		없었지만, 최근 축적된 뇌과학 지식 및 기술의 발달로 신약개발 성공 사례가 도출 -(국내) 뇌질환 극복을 위한 뇌과학 선도융합기술개발 사업 예타 추진 중
		뇌질환·뇌공학 융합 정신질환 관리 시스템 다양한 센서를 기반으로 정신질환의 객관적인 진단 및 상태 모니터링 기술을 개발하고, 이를 기반으로 적절한 치료약물이나 치료기술 들의 적용이 이루어지는 정신질환 관리 시스템 개발	• 정신건강 진단·치료 기술('16, KISTEP)	-(해외) 정신 장애 환자들의 뇌 네트워크 연결성을 기반한 MRI 데이터를 바탕으로 한 진단기술 개발 -(국내) 정신질환의 체계적 관리 기술 개발을 위해 원천기술 개발부터 임상 적용까지 포함하는 융합연구 프로그램 지원
		뇌기능 조절 기술 개발 원천성이 높은 뇌의 근본적인 작동 원리 규명을 통해 뇌질환 극복 및 뇌 관련 산업을 주도해 나갈 수 있는 세계적인 경쟁력을 확보를 위한 뇌연구 생태계 구축	• 광유전학('16, WEF)	-(해외) 대규모의 연구비 지원을 통해 뇌기능 및 작동원리 이해를 통해 인간 건강을 증진시키는 전략을 지난 수십년 간 꾸준히 추진 -(국내) 뇌세포, 뇌회로, 고위뇌기능 원리 기반 뇌기능 조절 기술
그린바이오 화이트바이오		**친환경 소재, 연료 개발** (생명자원과 바이오기술을 결합하여 친환경 바이오화학소재/ 연료 개발과 안전하고 건강한 미래 먹거리 공급 지원)	• 세포배양 축산기술 ('21) • 실험실 생산 인공육류 ('18, WEF) • 소고기 없는 버거 ('19,MIT) • 탄소자원화 광합성 세포공장('18) • 플라스틱 분해 인공 미생물('19) • 친환경 고분자 생산 미생물('21) • 순환경제를 위한 바이오 플라스틱('19,WEF) • 미생물활용 환경복원 기술('17, KISTEP) • 친환경 바이오플라스틱 필름('19,KISTEP)	<해외> -(그린) 세계 시장규모는 1,700 억달러(연간 8% 성장률)로 성장 예상 -(화이트) 전세계 바이오 플라스틱 생산능력이 '23년 262만톤으로 증가 전망 <국내> -(그린) 국내 시장규모는 '19년 4.5조원, '30년 12.3조원 예측 -(화이트) 바이오플라스틱 국내시장 '10년 35만톤→'20년 280만톤 이상 고성장 예상
촉진자		**유전자 암호화 라이브러리 (DNA-encoded library, DEL) 합성법 원천기술 확보를 통한 유효물질 발굴 지원** (국가 신약 유효물질 대량 확보)		-(영) GSK에서 DEL 활용, 약 4-5개월 만에 77억개 화합물 스크리닝 후 후보물질 발굴, 임상2상 진입 -(국내) 대구신약개발지원센터 기반기술구축사업에서 DEL 합성 및 스크리닝법 구축 과제 진행 -(국내) 한국화학연구원 및 일부대학에서 관련연구 수행 중

□ 미래 바이오 분야 R&D 발전방향 도출

○ 4차 산업혁명, 디지털 전환 추세 속에서 바이오 연구개발 패러다임(플랫폼화, 딥테크 융합, 전략기술 선점 등) 변화

– 글로벌 트렌드와 수요, 위기를 해결하기 위해 혁신적인 바이오기술(유전체 분석기술, 유전자 편집기술, 세포 리프로그래밍 등)이 디지털 기술(빅데이터, AI, 모바일, IoT, 블록체인 등)과 융합되면서 새로운 트렌드를 형성



○ 글로벌 트렌드 및 바이오 연구개발 패러다임 변화를 반영하여 미래 바이오 분야 R&D 발전방향을 바이오 전략기술 육성으로 설정

– 바이오 전략기술 전주기 관리체계 구축하여 미래가치에 주안점을 두고 국내 잠재력, 기술·산업적 파급력, 정책적 중요도 등을 종합적으로 고려하여 전략기술을 선정

○ 전략기술 확보를 위해 임무중심형 사업 기획 및 프로젝트 책임형 관리 및 효율적 연구, 성과 활용을 위한 기획 및 기술관리 강화

– 전략기술의 성격, 핵심 목표 등에 따라 사업관리 및 성과 활용 등 차별화

– 연구역량 결집 및 효율적 기술 확보를 위한 국내외 연구협력체계 구축

○ 전략기술의 주기적 보완 및 선제적 규제 정비, 바이오 전략기술의 기술영향평가 등 실시

– 민관전문가 협의체를 통해 목표 변경 및 전략기술 추가·변경 가능

– 빠르게 변화하는 바이오 기술혁신 및 환경변화가 반영되도록 선제적 규제 검토

※ 전략기술 등 자세한 내용은 대외 발표가 되지 않은 관계로, 보고서 내

포함하지 않음

□ 기대성과 및 효과

○ 미래사회 변화에 따른 사회적 요구사항 등을 반영하기 위한 바이오 분야의 정부 역할 및 부처별 역할을 점검하는데에 활용 가능

○ 다수 부처가 수행 중인 바이오 분야 R&D의 정부 역할과 과기정통부의 역할을 정립하고, 향후 과기정통부가 나아가야 할 차별화된 전략 마련에 참고

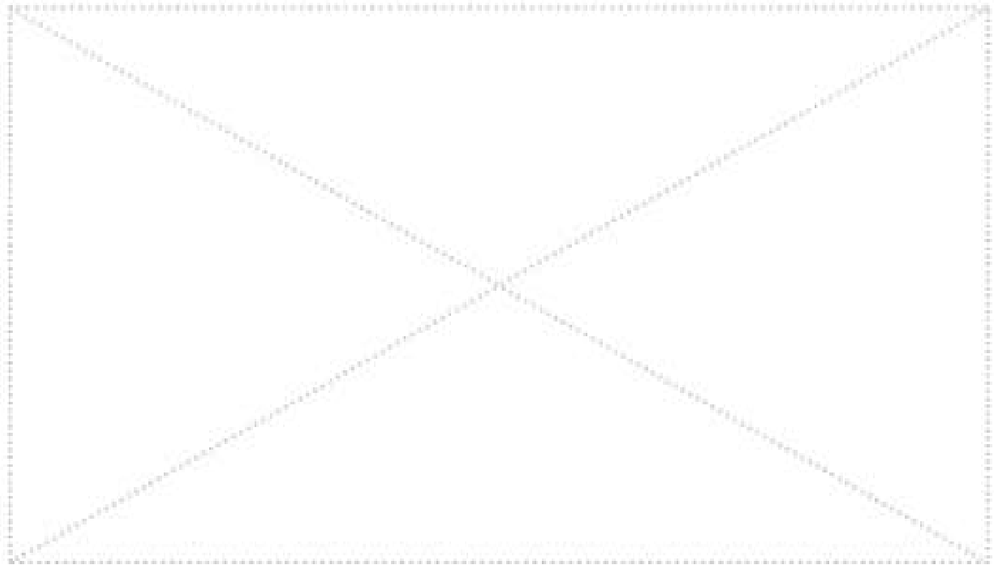
○ 과기정통부가 바이오·헬스 분야의 플랫폼 부처로서 역할 모색 및 타 부처와의 연계, 차별화 전략 발굴에 기여할 것으로 기대

2. 바이오 유망 연구분야 및 전략기술(안)

○ **(도출 방법)** ‘15년 이후 국내외 유관기관에서 발표한 바이오 관련 미래유망기술을 검토하여 **통합, 레벨 조정** 등을 통해 도출

※ 대상 기술(’15년～) : 바이오 미래유망기술(생명공학정책연구센터, 후보기술 포함), 해외기관 미래유망기술(MIT, 세계경제포럼), 국내기관 미래유망기술(KISTI, KISTEP)

○ **(분류·구분)** 바이오 분야 **R&D 트렌드와 향후 적용 및 발전 가능성**을 반영하여 아래와 같이 **카테고리** 설정



카테고리	플렛폼바이오	레드바이오		그린바이오	화이트바이오
구분	생명분석	신약	재생의료	자원	소재·제조
	인공생명	의료기기	감염병	식품	에너지
	가상생명	정밀의료	뇌/노화	농업	환경

카테고리	구분	유망 연구분야 및 전략기술(안)	개념	생명공학정책연구센터 바이오 미래유망기술(후보기술 포함)	해외 선정(MITWEF)	국내 선정(KISTIKISTEP)
플랫폼 바이오	생명분석 (Real)	차세대 시퀀싱	기존 시퀀싱 프로세스에 비해 향상된 기술을 지칭하는 용어로, 비용, 시간, 해독 길이 등을 크게 발전	2015년 차세대유전체분석 칩 2021년 생명발달 시퀀싱		2017년 KISTI 개인 유전자 분석 서비스
		차세대 이미징	다양한 첨단 분석기법을 활용하여 생체분자의 분포, 입체 구조 등을 연구	2019년 신경/정신질환 맞춤형 뉴로 이미징 2020년 Cryo-EM 생체분자 구조분석기술		
		단일세포 분석	1개의 세포를 분리하여 해당 세포의 유전체, 전사체, 단백체 등을 분석	2017년 단일세포 유전체 분석기술 2019년 단일세포 다중오믹스 시각화기술 2020년 공간 오믹스 기반 단일세포 분석기술		
		세포발달지도	수정된 난자에서 태아에 이르기까지의 인간 발달 과정을 이해하고 통합 지도로 매핑	2015년 4D 세포 추적기술 2019년 크리스퍼 바코드 맵 2019년 조직별 면역세포 세포체 지도	2017년 MIT 세포지도 2017년 WEF 인간세포 도감	
	인공생명 (Artificial)	차세대 유전자편집	CRISPR 유전자가위의 한계를 극복한 기술로 효율성과 정확성을 향상해 활용	2017년 유전자 편집을 통한 질병치료기술 2018년 생체 내 유전체 편집기술 2018년 유전자 드라이브기술 2019년 크리스퍼 바코드 맵 2019년 미토콘드리아 유전체편집을 통한 대사조절기술 2020년 프라임 에디팅	2018년 WEF 유전자 드라이브	2018년 KISTI 유전자편집
		세포운명전환	분화된 세포에 유전자 또는 화합물 등 도입하여 목적하는 세포로 전환	2017년 생체 내 직접교차분화기술 2017년 후성유전학적 발생/분화 조절기술		

		오가노이드	줄기세포 등을 3차원 배양법으로 다시 응집 · 재조합하여 만든 장기 특이적 세포집합체를 제작하고 연구	2017년 합성 면역공학 2018년 합성배아 2018년 오가노이드 기반 생체모사기술 2021년 개인 맞춤형 체외 면역시스템	2015년 MIT 뇌 오가노이드 2016년 MIT 면역공학 2018년 MIT 인공배아	
		3차원 생체조직칩	인체 유래 3차원 세포 공배양 기술과 혈류 모사 유체역학 기술을 융합하여 조직 또는 장기의 세포 간 상호 작용 및 미세환경을 체외(in vitro)에서 재현	2015년 Regeneration-on-a-chip 2020년 장기관류시스템	2016년 WEF 장기 칩	
		마이크로바이옴	개별 미생물 분석에서 유전체학에 기반을 둔 숙주(인체, 동·식물 등)와 미생물 군집 간의 상호작용 연구	2015년 개인 맞춤형 마이크로바이옴 2018년 환경오염물질 분해 마이크로바이옴 2021년 인체 마이크로바이옴 최적화 2021년 식물 마이크로바이옴 엔지니어링		2017년 KISTI 휴먼 마이크로바이옴 분석 2018년 KISTI 휴먼 마이크로바이옴
		합성생물학	유용한 기능을 가진 DNA를 합성하여 세포에 도입한 후 예측 가능한 시스템을 구축	2019년 자기조직화 다세포 구조 2019년 플라스틱 분해 인공미생물 2020년 무세포 합성생물학 2021년 광호흡 대사경로 리모델링 2021년 바코드 미생물 2018년 인공효소 체인 2019년 유전자회로 공정 예측기술	2016년 WEF 시스템 대사공학	2016년 KISTI 합성세포기술
	Virtual (가상생명)	생체분자 3차 구조 예측	데이터와 AI 기술을 활용하여 단백질의 3차 구조 및 수용체와 결합한 단백질 복합체 구조 등을 예측	2015년 바이오 빅데이터 인공지능 알고리즘 2018년 막단백질 구조 지도 2021년 인공지능 기반 단백질 모델링		
		가상인간 모델링	가상의 생리학적 인간 모델을 만들어 생명현상 연구 및 의료연구에 활용	2015년 Human 빅데이터 분석을 위한 가상인간 모델링	2020년 WEF 가상환자	
레드바이오	신약	AI 신약개발	인공지능을 활용하여 후보물질 탐색에서부터 임상시험 최적화에 이르는 신약개발 전과정에서의 시간과 비용 크게 단축	2015년 지능형 환자 맞춤약	2018년 WEF 인공지능 기반 분자 디자인 2020년 MIT AI-발견 분자	
		차세대항체치료제	기존 항체체료제 보다 효과적이며 적용 범위가 넓은 항체치료제 개발	2021년 나노항체		
		면역치료제	인체의 면역시스템을 활성화시켜 암 세포 등 질병 세포와 싸우게 하는 치료법	2019년 암 오가노이드 연계 면역세포 치료기술 2020년 면역세포치료제 활성화 백신	2016년 MIT 면역공학	2018년 KISTI 면역세포치료
		항암백신	암 특이 항원을 암환자에게 투여하여 면역시스템을 활성화시킴으로써 암을 예방하거나 치료하는 면역치료제	2018년 차세대 항암백신	2019년 MIT 맞춤형 암 백신	
	의료기기	웨어러블 진단	사용자의 신체에 착용하여 일상 생활에서 건강 상태 확인 및 질병 진단	2015년 생체인식 웨어러블 디바이스 2017년 모바일 인공지능 진단기술	2019년 MIT 손목에 차는 심전도 측정기	2015년 KISTEP 바이오스탬프 2021년 KISTEP 비침습 생체정보 기반의 심혈관질환 관리 기술
		실시간/현장 진단	의료/검사시설이 아닌 현장에서 즉시 질병이나 병원체 등을 진단	2015년 체내 이식형 스마트 바이오센서 2017년 현장 적용 바이러스 진단기술 2021년 종이 바이오칩		2015년 KISTEP 스마트폰 이용 진단기기 2020년 KISTEP 실시간 건강 모니터링 기술 2021년 KISTI 현장진단기기
		신개념진단 (유전자가위, 캡슐형 등)	유전자편집기술을 활용한 진단, 알약 크기의 캡슐형으로 삼킬 수 있어 손쉽게 진단 가능		2019년 MIT 소형 캡슐형 장기 검사기	
		액체생체검사	혈액, 타액, 소변 등에 존재하는 DNA 조	2017년 순환 종양세포 DNA 탐지기술	2015년 MIT 액체 생체검사	

			각을 분석해 암 등 질병의 진행을 진단	2020년 실시간 액체생검	2017년 WEF 액체 생체검사	
		동반 진단/치료	특정 의약품을 사용하기 위해 약물의 반응성 및 안전성을 미리 예측하기 위한 진단		2018년 WEF 맞춤의약을 위한 진보된 진단	
		디지털치료제	소프트웨어를 활용해 질병이나 장애를 예방하고 관리, 치료하는 기술	2020년 디지털치료제	2018년 WEF 디지털 약물 2020년 WEF 디지털 의료	
		의료용 로봇	의료 현장의 다양한 분야에 로봇 기술을 융합해 보다 안전하고 편리한 의료 서비스를 제공하는 기술	2015년 줄기세포치료제/재생의약 의식용 로봇수술 기술 및 장비		
	정밀의료	유전적 예측	유전체 정보를 활용하여 심장질환, 유방암 등 질병 및 비만, 탈모, IQ 등을 예측 가능	2015년 차세대유전체분석 칩	2015년 MIT DNA 인터넷 2018년 MIT 유전적 운세 2019년 MIT 조산아 예측	2018년 KISTI 암진단/예측 바이오마커
		건강관리 앱	스마트폰 앱 및 스마트 기기를 통해 운동, 식습관, 스트레스 등을 관리할 수 있는 서비스 제공	2015년 사이버 메이트 헬스케어2015년 아바타 유전체를 이용한 건강 게임툴		2018년 KISTEP 스마트타투 기술
	재생의료	세포유전자치료제	세포나 유전자를 교정 등 활용 하여 질병을 치료	2017년 유전자 편집을 통한 질병치료기술 2018년 생체 내 유전체 편집기술 2020년 알츠하이머 치매를 위한 세포치료	2017년 MIT 유전자치료 2.0 2020년 MIT 초도도화 맞춤의약	
		인공/이종장기	인체의 장기를 대체하기 위해 돼지와 같은 동물 및 3D 바이오프린팅 기술 등으로 만들어진 장기	2015년 유전자 교정세포 3D 프린팅 2020년 키메라 인공장기		2016년 KISTI 바이오 프린팅 2017년 KISTI 바이오잉크 2017년 KISTI 바이오프린팅으로 제작된 인공장기와 조직 2019년 KISTEP 3D 프린팅 인공장기
	감염병	차세대백신	mRNA백신, 나노백신, 범용(universal) 백신 등 더 효과적인 백신을 신속, 정확하게 제작	2021년 바이러스 칵테일 백신 2021년 나노백신/나노항체	2017년 WEF 게놈백신 2021년 MIT mRNA 백신	
		감염병 대응 AI	AI 기반 칵테일 치료제, 돌연변이 예측, 사망률 예측 등 데이터 분석에 의한 감염병 대응	2017년 역학정보분석기술		
		유전자가위 치료제	유전자가위 기반의 범용치료제, 항생제 내성균 사멸기술 등			2015년 KISIT 슈퍼박테리아 대응기술
	뇌/노화	뇌-컴퓨터 인터페이스	인간의 뇌와 컴퓨터를 연결해 뇌신경 신호를 실시간 해석하여 활용	2020년 단일 신경세포 트래킹	2015년 WEF 뉴로모픽기술 2017년 MIT 마비역전기술	2015년 KISTI 뇌신경 모방 반도체 소자 2015년 KISTI 생각대로 움직이는 기계 제어 기술(뇌-기계 인터페이스)
		단일뉴런 분석	단일뉴런의 유전자 발현, 단백체 결합, 연결성, 신경활성 변화 등을 종합하여 신경조직 간 네트워킹을 파악	2018년 단일 뉴런 분석기술		
		기능증강 가상현실	인지 및 신체 기능을 강화하기 위해 가상현실 기술 활용	2015년 인지/감각기능 증강용 가상현실 2017년 가상 진료기술		
		노화속도계	신체 기능별 노화 속도를 측정할 수 있는 마커를 발굴해 개인별 노화 속도를 예측, 진단	2015년 퍼스널 노화속도계		
		항노화 신약	노화 과정을 지연 · 예방하거나 노화 관련된 기능 저하를 를 조기 탐지하고 치료	2019년 역노화성 운동모방 약물 2020년 조직 내 노화세포 제거기술	2020년 MIT 항노화 신약	

		운동효과 바이오닉스	근력 등 인간의 능력을 향상시키기 위한 인체공학적 로봇 디자인 및 제작	2015년 운동효과 바이오닉스		2016년 KISTI 신체 증강 기술 2019년 KISTEP 손실된 인체감각을 대체하는 기기용 소재
그린 바이오	**자원**	유전자편집 농작물	유전자편집기술을 통해 우수한 형질을 보유한 농작물을 제작하는 기술	2019년 미토콘드리아 유전체편집을 통한 대사조절 기술 2021년 광호흡 대사경로 리모델링	2016년 MIT 농작물 유전자 편집2015년 WEF 정밀한 유전공학 기술	
	식품	인공육	전통 축산업을 대체하기 위해 세포배양 등으로 육류를 제조하는 기술	2018년 인공육류 생산기술 2021년 세포배양 축산기술	2018년 WEF 실험실 생산 인공육류 2019년 MIT 소고기 없는 버거	
	농업	디지털농업	식물 재배시설에 디지털 기술을 결합하여 농업 효율과 생산 효율을 증대시키는 기술		2017년 WEF 정밀농업	2018년 KISTEP 스마트팜 기술
		식물공장	기후나 계절의 영향을 받지 않는 시설 내에서 유용물질을 생산하도록 작물을 재배하는 기술	2018년 식물공장형 그린백신 2020년 엽록체 바이오공장		
		애완동물 의약	애완동물의 유전체 염기서열 분석을 통해 확보된 유전정보를 바탕으로 각 애완동물의 특성에 맞게 치료하는 기술	2020년 애완동물 유전체의약		
화이트 바이오	**소재**	바이오파운드리	로봇과 AI 기술을 융합한 바이오 첨단기술로서 DNA 조립에서부터 세포 개량까지의 복잡한 과정을 빠른 순환 공정으로 구현	2020년 바이오파운드리		
		친환경 플라스틱	재생가능한 원재료로 만들어지는 플라스틱, 미생물에 의해서 분해되는 생분해성 플라스틱 등 바이오 기반의 플라스틱	2019년 플라스틱 분해 미생물 2021년 친환경 고분자 생산 미생물	2019년 WEF 순환경제를 위한 바이오 플라스틱	2019년 KISTEP 친환경 바이오플라스틱 필름
	에너지	탄소순환형 바이오에너지	이산화탄소 저감 및 탄소자원화 능력을 갖는 광합성 세포공장 시스템 등을 통해 에너지를 생산하는 기술	2018년 탄소자원화 광합성 세포공장		
	환경	오염물질 분해 마이크로바이옴	박테리아, 나방 등의 분해효소를 활용하여 플라스틱, 비닐 등 환경 오염물질을 해결하는 기술	2018년 환경오염물질 분해 마이크로바이옴 2019년 플라스틱 분해 미생물	2019년 WEF 환경오염을 줄이는 더 스마트한 비료 2020년 WEF 저탄소 시멘트	
		환경오염 진단	환경 보존을 위해 장기적 관점에서 미세 플라스틱 등 오염물질의 독성 및 유해성을 평가하는 기술	2019년 미세플라스틱 유해성 장기 평가기술		2017년 KISTEP 미생물 활용 환경복원 기술
기타		생명체 모사 정보저장	생물학적·인공적 정보를 살아있는 세포 내에서 처리하고 저장할 수 있도록 DNA를 역동적인 기록 매개체로 활용	2019년 DNA 기록기술/분자레코딩	2019년 WEF DNA 데이터 저장	
		DNA 앱 스토어	생물의 DNA 정보를 검색하거나 유전체 데이터를 온라인에서 판매하는 비즈니스 모델		2015년 WEF 디지털 게놈 2016년 DNA 앱 스토어	
		가상진료	가상현실기술을 활용하여 의사의 진료 등이 원격으로 가능케 하는 기술	2017년 가상 진료기술		2016년 KISTI 의료용 가상현실 응용기술

3. 바이오 분야별 핵심기술 및 지원 방향

1 신약 분야

□ **국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술**

○ **(현황)** 신약은 전형적인 **지식기반 고부가가치 산업 : High Risk, High Return**

* 똑똑한 신약은 특허 출원·등록 후 20년간 시장독점권을 통해 수조원의 수입 창출 가능

– **연구개발 집약도**(혁신성의 지표)*가 **높은 산업**이나, **생산성****은 **지속적 감소** 추세

* 제약바이오산업(15.4%) > 소프트웨어, 컴퓨터산업 (10.8) > 장비산업(8.4) 順(미국, '20)

** 신약개발비용 2.5배증가('00~'13), 대상환자수 감소(69.0만명('10) → 14.6만명('14))

– 다만, **글로벌 제약바이오시장**은 **연평균 6.4%** 증가하여 **'21년 0.79조달러**에서 **'26년 1.4조 달러**로 성장 기대 (evaluate Pharma, '21.5)

· 그 중에서도 특히 **바이오의약품**이 차지하는 **처방의약품 비중**은 **지속 성장***

* 바이오의약품 비중 추이 : ('12) 19% → ('20) 30% → ('26) 38%

○ **(혁신기술과의 융합) 새로운 혁신기술**의 **등장**으로 새로운 과학적 발견과 복잡한 생명현상 이해 등 그간 알 수 없었고, 할 수 없었던 연구개발이 가능

⇒ 과학과 기술이 만나 **'파워커플**(Power couple)'을 **형성** (science, '18)

– **(AI·데이터) IT기술**의 급진적 **발전**에 **바이오**가 긴밀히 **연결***되어 신약개발 **효율성을 제고**하고 **새로운 가치**를 **창출**하는 등 **성장기회** 제공

* (예) DNA를 디지털 데이터 저장매체로 개발('18), 복잡한 단백질 구조 규명('20)

· 전 세계적으로 **보다 많은 유전자 정보를 수집**하고 **그 비밀을 풀기 위해 바이오 빅데이터 플랫폼**을 앞다투어 **구축** 중

※ △게놈아시아 100K 프로젝트('16~'19), △영국, the 100K 게놈 프로젝트('12~'17) △지구 바이오게놈 프로젝트('18~'28), △미국, All of Us 프로그램('15~'24) 등

– **(대형 시설장비) 방사광가속기, 극저온전자현미경**(cryo-EM) 등 **최첨단 대형 시설장비**를 활용하여 바이러스 관찰, 단백질 구조 분석 등 **근본적**인 **원인분석**과 **해결방법** 제시

※ 극저온전자현미경을 통해 코로나19 바이러스 돌기단백질 이미지 촬영성공('20.8) 등

☞ **최첨단 시설장비활용**은 **데이터 전략**(활용,서비스)과도 **상호 밀접한 관계**

○ **(플랫폼기술의 부상) 신약개발**의 **생산성 향상**과 **실패위험 최소화***를 위한 해결책으로 **'플랫폼기술'** 주목

* 임상1상 단계의 후보물질이 미국 FDA 최종허가를 득하고 시장에 출시될 확률은 7.9%

– 신약개발에 **범용적**으로 **활용**될 수 있는 **유전자 편집**, **유전자 전달체**, **오가노이드** 등 **플랫폼기술**이 급속히 발달하고 있으며,

· **플랫폼기술***을 **기반**으로 **지속적인 후보물질 발굴**이 가능하므로 실패에 대한 **위험 분산** 및 **높은 부가가치** 창출이 기대됨

– **동물시험**에 대한 **윤리적 논란** 해소와 다양한 질환의 **발생학적 연구**와 **항상성 유지** 등에 결정적 역할을 하는 **'오가노이드' 부상**

· 다만, **표준화**와 **검증된 배양배지**의 **상용화**가 중요한 요소

○ **(오픈 이노베이션) 대학, 병원, 벤처, 기업** 등 다양한 혁신주체와의 협업을 통해 **신약개발 성공가능성** 극대화 ⇒ **'오픈 이노베이션*'** 확대

* 기업 자체 역량에만 의존하지 않고, 외부기관·기업과의 기술공유 또는 협업하는 방식

– 그간 주로 **내부 R&D**를 통해 **후보물질을 발굴**하였으나, **파이프라인 고갈 우려**와 **비용과다** 등의 문제점 보완을 위해 외부와의 **공동연구 확산**

* 초기 파이프라인(전임상,1·2상) : '09~'17년까지 총 1,489개 프로젝트 감소

· **혁신 주체간의 협력**은 **신약개발 성공률 제고**에도 기여

※ 협력 vs. 비협력 성공률 비교: [1상] 36.7% vs 29.5%, [2상] 78.2% vs. 71.4%

○ **(혁신치료법의 등장) 유전자·세포·RNA치료제** 등 **다양**하고 **새로운 모달리티**(Modality, 혁신 치료법)의 **등장과 확산**으로 **기존 경쟁질서를 재편할 수 있는 기회**가 **도래**함에 따라, **신약개발 기초연구***가 **무엇보다 중요한 상황**

* (분야 예) 신약발굴(drug discovery) 및 플랫폼 기술개발 등

□ 핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황

○ 신약분야 부처별 정부 R&D 투자 추이('11~'19)

(단위: 억 원, %)

구분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	연평균 증가율
범부처*	신약개발 연구비	150	295	394	297	253	273	297	330	400	13.1
	BT 대비 비중	–	–	53.1	43.9	38.5	39.5	32.6	29.4	42.3	–
과기부	**신약개발 연구비**	**807**	**515**	**522**	**745**	**1,089**	**1,214**	**1,456**	**1,421**	**1,655**	**9.4**
	BT 대비 비중	**8.5**	**5.1**	**5.4**	**7.4**	**9.2**	**10.0**	**10.9**	**10.6**	**11.0**	**–**
복지부	신약개발 연구비	953	919	1203	1277	1647	1170	1257	1388	1395	4.9
	BT 대비 비중	31.0	24.0	31.3	31.5	36.7	26.1	29.0	30.7	31.0	–
산업부	신약개발 연구비	729	386	387	251	148	200	212	254	266	−11.8
	BT 대비 비중	17.5	8.9	11.8	7.7	4.0	5.3	7.0	8.5	9.7	–
식약처	신약개발 연구비	159	188	147	215	193	200	208	159	145	−1.1
	BT 대비 비중	28.9	32.2	24.3	31.0	26.6	33.0	34.7	31.2	32.4	–

* 과학기술정보통신부, 보건복지부, 산업통상자원부
※ 자료원: 한국과학기술기획평가원(2021), 2019년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석

○ 과기정통부 지원 세부 현황(※ 2021년 연구재단 국책연구본부 관리과제 기준)

– **신약 기초연구**부터 **후보물질 발굴·최적화**, **기반기술** 개발, 인공지능·가속기 등 **첨단기술**을 **활용**한 **신약개발** 등 **다양한 영역**을 **폭넓게 지원** 중

– 또한 **기초·원천연구성과**가 **사업화**로 **연계**될 수 있도록 첨복재단 **신약개발지원센터**를 통해 산·학·연 신약개발 생태계 지원

사업명	내역사업		지원규모(백만 원)					비고
			'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	
바이오·의료	신약개발	타겟발굴·검증	6,538	7,233	4,893	1,541	3,008	'20년 일몰
		기반기술	26,320	26,400	34,253	28,032	21,022	
		신약파이프라인	7,387	8,917	16,472	21,717	22,512	
		인공지능신약플랫폼	-	-	7,500	8,333	9,000	
범부처전주기신약개발(예타)			11,000	11,000	9,549	500	-	'20년 종료
국가신약개발사업(예타)			-	-	-	-	15,048	'21년 신규
합계			51,245	53,550	72,667	60,123	70,590	

○ 차세대 혁신신약 연구개발 추진 현황

- 인공지능 신약개발 플랫폼 구축사업

구분	내용
사업규모	'19~'21년(3년) / 총 446억 원(*과기부 284억 원, 복지부 162억 원)
사업목적	글로벌 신약개발에 필요한 **인공지능 플랫폼을 구축**하여 **신약개발에 소요되는 시간과 비용을 대폭 단축**
주요내용	후보물질 발굴, 스마트 약물감시 등 **신약개발 단계별 인공지능 플랫폼을 개발하고 신약개발에 적용** ▸ 데이터 확보·표준화 → 인공지능 솔루션 개발 → 예측 결과물의 실험적 검증 추진
참여부처	과기정통부, 보건복지부

- 가속기 기반 신약개발지원 사업

구분	내용
사업규모	'19~'23년(5년) / 총 458억 원 (* 세포막단백질 국비 229억 원, 시설·장비 구축 지방비 229억원)
사업목적	4세대 방사광가속기를 활용하여 **질환표적 세포막 단백질 연구**를 통해 구조기반 **신약개발 국가 경쟁력 확보**
주요내용	세포막단백질 구조와 기능 규명을 위한 **공동연구 체계 구축** 및 세포막단백질 구조·기능 관련 **전문 인력 양성**
참여부처	과기정통부

- 3D 생체조직칩 기반 신약개발플랫폼 구축사업

구분	내용
사업규모	'20~'23년(3년) / 총 406억 원(*과기부 123.3억 원, 산업부 282.7억 원)
사업목적	3D 생체조직을 활용한 **차세대 약물평가 플랫폼 구축 및 서비스 개발**을 통해 신약 개발 가속화, 임상시험 비용 절감 및 신산업 창출
주요내용	3D 생체조직칩 기반의 약물평가 플랫폼 구축을 통해 **신약후보물질들의 약효 및 독성을 조기에 보다 정확하게 예측**하고, **동물대체 시험법 확보**를 통한 비임상 연구분야 신산업 경쟁력 제고
참여부처	과기정통부, 산업부

□ 핵심기술별 과기정통부 지원 방향

○ 신약분야에는 아직까지 밝혀지지 않은 **새로운 영역**이 다수 존재*하며 **신약 기초연구**는 **혁신을 촉발**하는 과정에서 **핵심적 역할**을 수행하므로 **과기정통부의 지속적인 투자와 관심 필요**

* 인간 단백질(19,613개)에서 승인된 타겟물질은 3%(672개)에 불과(Human Protein Atlas)

○ 또한, 제약기업 등 민간이 주도하기 어려운 **도전적, 모험적 기초연구**에 대해서도 **과기정통부의 지속적인 투자** 중요

* NIH 기초연구는 FDA에서 승인된 210개 혁신신약에서 84개가 연관(PNAS, '18)

○ **혁신기술과의 융합**, **플랫폼기술** 활용을 통해 선제적 타겟 발굴 및 검증, 우수 후보물질 발굴 등의 **신약개발 기초연구 강화 필요**

< 신약개발 효율화를 위한 플랫폼 활용 기술 예>

○ DEL(DNA-Encoded Library) 플랫폼 활용 기반 선도물질 스크리닝

① **(필요성) 신규 라이브러리 구축 및 혁신 스크리닝 기술 개발** 필요성 대두

- 기존 구축된 화합물 라이브러리의 경우 화합물 수에 비례하여 저장공간이 **기하급수적으로 늘어나게 됨**에 따라, **공간적 제약**이 발생. 또한 화합물 수 증가에 따른 스크리닝 **소요시간 및 비용 증가**에 따라 **보완책이 요구**

② **(기술개요) DNA 암호를 활용한 스크리닝 기술**로 방대한 저분자 물질을 보유한 라이브러리를 바탕으로 **단기간에 선도물질에 대한 효율적인 스크리닝**이 가능해 **신약 후보물질 발굴 기회**를 높일 수 있을 것으로 기대

③ **(장점)** 보관 용이성, 대규모 라이브러리 적용 가능, 스크리닝 및 라이브러리 구축 소요 시간 단축 (초고속-저비용)

2 재생의료 분야

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ **(현황)** 재생의료 분야는 미래 바이오 경제 시대 도래에 발맞추어, 국가 新성장동력으로 성장할 **잠재력이 매우 큼**

– 글로벌 재생의료 시장은 '17년 226억 달러에서 **'28년 2,142억 달러 규모로 22.7%로 성장할 것으로 전망***

<재생의료시장 규모(2017~2028년)>

※ 자료원: 재생의료전략연구소(SCRM)(2018), 글로벌 재생의료 시장 동향

– 작년 경제 불황에도 불구하고 세계 재생의료 산업에 **전년 대비 50% 증가한 199억 달러(약 22조 원)의 자금이 조달**되어 **재생의료 개발 관련 1,085개사가 총 1,220건의 임상 (152건이 임상 3상)을 수행 중**

○ **(난치성 질환의 대안) 난치성 질환의 근본적 치료 대안**으로 부각되면서 주요국의 정부 및 민간 투자가 증가하여 **글로벌 재생의료 산업의 성장 요인**으로 작용

○ **(중점 육성)** 주요국들은 국가 차원의 인프라 구축*과 관련 규제의 합리화 및 제도적 지원**을 통해 **재생의료 분야를 중점 육성 중**

* 미국 NCRM, 캐나다 CCRM 등 / ** 미국 21세기치유법('16.12월), 유럽 첨단 치료제제법('07.11월), 일본 재생의료 등 안전성 확보 등에 관한 법률('14.11월)

○ **(치료제 개발의 문제점)** 효과적이고 영향력 있는 **기초연구의 부족**으로 줄기세포 기반 치료제 개발의 효율이 떨어짐

□ 핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황

○ 과기정통부 지원 세부 현황(※ 2021년 연구재단 국책연구본부 관리과제 기준)

– 재생의료 분야의 핵심·기초 원천기술부터 치료제·치료기술 임상단계까지 전주기 지원 중

사업별 재생의료 분야 지원 과제 예산

(단위: 건, 억원)

구분		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
세포재생기술개발사업	과제	22	25	18	18	1	1	1
	예산	106.8	115.8	63.9	63.9	9.7	10	10
조직재생기술개발사업	과제	1	1	5	5	9	9	8
	예산	10.0	10.0	40.3	40.3	51.5	48.3	35.2
줄기세포기반신약 스크리닝시스템개발사업	과제	3	3	1	1	2	1	–
	예산	70.0	70.0	16.6	16.6	22.6	8.5	–
줄기세포기반융복합 원천기술개발	과제	–	–	–	7	35	34	32
	예산	–	–	–	47.1	116.5	140	152
줄기세포치료제기술개발	과제	5	5	5	3	18	12	5
	예산	40.0	40.0	38.8	24.9	83.2	49.2	24.5
줄기세포분화기술개발	과제	–	–	–	–	3	3	–
	예산	–	–	–	–	6.5	3.6	–
줄기세포연구산업 인프라구축	과제	–	–	3	3	3	1	1
	예산	–	–	11.0	11.0	10.1	5	5
줄기세포연구산업	과제	24	19	35	34	3	3	–
	예산	126.0	113.5	156.5	141.5	25.9	19.2	–
줄기세포원발굴기술개발	과제	–	–	–	2	14	14	8
	예산	–	–	–	9.1	46.5	43.9	20.7
줄기세포원천기술확보 촉진지원사업	과제	1	1	1	1	1	–	–
	예산	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9	–	–
범부처재생의료기술개발사업	과제	–	–	–	–	–	–	51
	예산	–	–	–	–	–	–	64.11
합계	과제	56	54	68	74	89	78	106
	예산	356.8	353.3	331.0	358.4	376.4	327.7	311.5

○ 범부처재생의료기술개발사업 추진 현황

구분	내용
사업규모	**'21~'30년(10년) / 총 5,955.5억 원**
사업목적	재생의료 분야의 **핵심·기초 원천기술**부터 **치료제·치료기술 임상단계까지 전주기 지원**을 통한 **난치 질환 극복 및 미래 바이오 경제 시대의 글로벌 경쟁력 확보**
지원내용	○ 재생의료 분야 핵심·원천기술 개발, 연계기술·치료제·치료기술 개발 및 조기 임상 적용 지원 ① **(재생의료 원천기술개발)** 재생의료 핵심 원천기술 확보 및 확장성을 고려한 新기술 개발 지원 -(미래 재생의료 원천기술) 3D바이오프린팅 등 新기술 융합을 통해 미래 유망한 원천기술 개발 -(차세대 치료제 후보도출 기술) 기존 연구로 부족하거나 잠재력 높은 기술로 치료제·치료기술 개발 연구에 활용성 높은 원천기술 개발 ② **(재생의료 연계기술개발)** 원천기술 개발 영역에서 발굴한 新기술 검증 목적의 응용기술 및 치료제 확보기술 개발 지원 -(차세대 재생의료 응용기술) 원천기술에서 발굴한 新기술을 검증하여 본격적인 치료제·치료기술 개발이 가능하도록 연계·지원 -(치료제 확보기술) 타겟 질환이 정해진 치료제·치료기술이 전임상연구를 완료하고 임상단계에 진입할 수 있도록 연계·지원 ③ **(재생의료 치료제·치료기술개발)** 현재 임상연구(TRL 6~7) 중인 질환 타겟 치료제·치료기술의 임상 2상 완료 및 치료제 품목허가(TRL 9) 지원 -(허가용 임상 시험 프로그램) 식약처 IND승인을 통해 임상 2상 완료 및 치료제를 품목허가할 수 있도록 지원
참여부처	과기정통부, 보건복지부

□ 핵심기술별 과기정통부 지원 방향

○ 기존 범부처재생의료기술개발사업과의 중복성을 고려하여 **차별성이 있으며, 융복합 협업**이 필요한 새로운 **다학제간 연구 개발 사업** 필요

– 국제 경쟁력이 강화된 신소재·신기술의 재생의료 원천기술 개발이 요구됨

○ 새로운 재생의료 기반 연구를 통해 **확장성 있는 원천기술 및 소재 개발 필요**

– 줄기세포 기반 세포치료제 개발에서 필수적인 생체 내 작용기전 예측이 가능하도록 조직(tissue)/세포 기원(origin) 특이적 줄기세포 지도(stem cell atlas) 작성 및 이를 활용한 원천기술 개발

– 각 target disease에 가장 효과적인 줄기세포주를 개발할 수 있는 원천 세포주 개발

○ 줄기세포의 다양한 기능을 활용한 **기능 강화 면역관용 세포 개발**

- 줄기세포 및 줄기세포의 유효 생체 분자, 생체재료에 면역관용 engineering 기술 적용을 통해 범용적으로 사용될 수 있는 재생의료 기술개발
- 유전자 발현조절의 핵심 인자인 non-coding RNA 발현의 제어를 통하여 기능이 강화된 면역세포 개발

○ **원천플랫폼 기술 및 소재 개발**

- 다양한 분야에 적용 가능한 원천 플랫폼 기술 및 소재를 개발/확보함으로써 국내외 다양한 환경변화에 선제 대응이 가능하고 글로벌 경쟁력을 강화시킬 수 있는 연구개발 시스템 구축

3 미래유망(공통핵심)기술 분야

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ 혁신적 신기술이 바이오산업 전반의 패러다임 변화 촉진

– **혁신적 신기술**(바이오 공통핵심기술*)은 **바이오산업 혁신의 구심점** 역할을 하면서 **새로운 기술 및 산업 창출의 원동력**으로 작용

* 바이오분야(레드, 그린, 화이트)의 경계를 허물고 공통적으로 활용되는 기반 기술(예 : 유전자 편집기술은 질병 진단·치료, 종자개량 등 다양한 활용분야에서 기술혁신을 주도)

○ 마이크로바이옴, 합성생물학 등 **바이오 공통핵심기술**을 **바탕**으로 **건강, 식품, 에너지, 환경** 등 다양한 분야에서 **신기술·신산업 창출 중**

– 단, 미래 파급력이 큰 핵심 기술에 대한 국내 **연구개발 투자**는 선진국 대비 **저조**하며 **기술력 또한 열위**

※ 국내 마이크로바이옴, 합성생물학 등 바이오 핵심기술 투자규모는 미국 대비 1/30 미만 (국내 바이오분야 전체 투자규모는 미국 국립보건원(NIH) 투자 대비 1/10 수준)

○ **「바이오 연구개발 고도화 전략('20)」**에서는 중점지원 대상 공통 핵심기술을 다음과 같이 선정

– **(범용플랫폼기술)** 마이크로바이옴 분석, 합성생물학 기술, 차세대 유전자 편집, 바이오 빅데이터 분석

– **(분석·공정기술)** 오가노이드, 단일세포 분석, 인간화 동물모델, 가상 인체모델, 생산기술 자동화

– **(미래유망융합기술)** 바이오칩, 유전자/단백질 합성, 바이오신소재 제작, 인공세포 제작

□ 핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황

○ 과기부 개인기초연구사업을 통해 **혁신·도전적인 요소기술들에 대한 연구개발**이 이루어지고 있으나, 개발된 기초원천 기술의 **신속한**

확산 및 신산업 창출로의 연계에는 한계가 있음.

○ 이에 파급력 높은 주요 선도형 기술에 대한 지원전략을 수립하고, 이를 바탕으로 **범정부적 연구개발**을 위한 사업을 통해 **"기초·원천 기술 → 사업화"**의 **연구개발 전주기** 지원 추진

< 주요 선도형 기술 지원 현황 >

대상 기술	지원 현황
마이크로바이옴	■ (유관사업) – 과기부 바이오·의료기술개발 – 과기부 한국생명공학연구원 연구운영비지원 – 과기부·농식품부·보건복지부 포스트게놈다부처유전체 – 해수부 빅데이터기반해양바이러스제어 및 마린바이오틱스개발 ■ 전주기 지원을 위한 "(가칭) 국가 마이크로바이옴 이니셔티브" 등 범정부 사업 추진
합성생물학	■ (유관사업) – 과기부 바이오·의료기술개발 – 과기부 한국생명공학연구원 연구운영비지원 – 농진청 바이오그린연계 농생명혁신기술개발 – 농진청 차세대바이오그린21 ■ 관계부처 합동 "바이오 제조혁신을 위한 합성생물학 기술 육성전략" 수립 추진 ■ 합성생물학 기술을 기반으로 한 "바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업" 추진
바이오빅데이터 분석	■ (유관사업) – 과기부·복지부·질병청·산업부 바이오빅데이터구축시범 ■ 100만 명급 바이오 빅데이터 분석기술 개발을 위한 범정부 사업 추진('23~, 과기부, 복지부, 산업부, 질병청, 예타 중)

○ 그 외 대부분의 미래유망 공통핵심기술에 대한 연구개발 지원은 과기부 중심으로 이루어지고 있으며, 그밖에도 복지부, 질병청, 식약처, 산업부에서 일부 관련 분야 지원 중

< 미래유망 공통핵심기술 지원 현황 >

대상 기술	지원 현황

대상 기술	지원 현황
차세대 유전자 편집	■(유관사업) – 과기부, 기초과학연구원연구운영지원비, 사업/장비·시스템구축비 – 복지부, 임상연구인프라조성–희귀난치성질환유전자치료기반기술개발
오가노이드	■(유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 – 과기부, 안전성평가연구소연구운영비지원–첨단독성예측기술개발 – 과기부, 복지부, 범부처재생의료기술개발 – 식약처, 의약품등안전관리–첨단바이오의약품안전관리 – 질병청, 국가보건의료연구인프라구축–장애극복을위한난치성질환치료기반구축
단일세포 분석	■(유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 과기부, 대구경북과학기술원연구운영비지원
인간화 동물모델	■(유관사업) – 국가마우스표현형 분석기반구축
가상 인체모델	■(유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 산업부, 국가표준기술개발및보급
생산기술 자동화	■(유관사업) – 바이오파운드리 구축 및 활용기술개발사업 추진 예정
바이오칩	■(유관사업) – 산업부, 3D생체조직칩기반신약개발플랫폼구축사업 – 식약처, 안전성평가기술개발연구(일부지원)
유전자/단백질 합성	■(유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발
바이오 신소재 제작	■(유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 – 농식품부, 농식품기술개발–맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발 – 산업부, 산업기술알키미스트프로젝트 – 농식품부, 고부가가치식품기술개발 – 중기부, 창업성장기술개발
인공세포 제작	–

□ 핵심기술별 과기정통부 지원 방향

○ 미래유망 기술, 바이오 공통핵심기술 지속 발굴·지원 필요

- 타 부처에서는 지원하기 어려운 과기정통부 고유의 지원 영역
- 현재 유망한 기술 분야는 바이오파운드리 등 합성생물학, 바이오 이미징, 시공간 단일세포 분석, 바이오칩 등이 있음.
- 단, 신약, 감염병(백신, 치료제 등), 줄기세포, 조직·재생의료, 뇌, 의료기기 등 직접적으로 산업화 연계 가능한 분야의 기반기술은 별도로 구분하고 바이오 분야에 공통적인 기반·핵심기술 개발로 지원 범위를 명확화 할 필요가 있는 것으로 판단됨.

○ 개발 필요기술 예시

- 신개념 염기서열 분석·편집 기술
- 바이오 이미지 획득을 위한 시료 마련 및 이미지 분석 기술
- 암 등 특정 세포 기반 시공간 단일세포 통합 분석(오믹스 정보, 소기관 실시간 위상 변화 등) 기술
- 합성생물학 기반 인공생명체 제작 기술
- 유전자 드라이브
  · 기후변화에 따른 질병매개 해충의 특정 유전자를 종 전체로 확산시켜 개체 번식을 제어하는 기술
- 인공효소 체인(효소연쇄반응 공정) 기반 바이오연료 및 소재 생산 기술
- 초병렬 DNA 올리고 합성 기술
- DNA 기록기/분자 레코딩 기술
- 세포유래물질(엑소좀) 생산용 세포 표준화 기술
- 면역 시스템을 재구성한 인간화 동물모델 개발

4 정밀의료 분야

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ 글로벌 정밀의료 시장은 **동반 진단, 바이오마커, 표적치료제, 약물 유전체, 분자진단** 등으로 구성

– 유전체 분석 및 진단과 의약품(암 분야 표적치료제)이 가장 큰 비중 차지

– **국내**의 정밀의료 시장은 **임상 활용이 가능한 유전체 분석을 제공하는 일부 기업에 국한**되어 형성

○ 주요 핵심기술은 **대규모 유전체·유전자 정보 분석 및 환자마다 다른 임상정보와 라이프로그 정보와의 통합분석 기술**이며, 이를 바탕으로 **맞춤 항암표적치료부터 헬스케어 서비스 제공**까지 가능

□ 핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황

○ 바이오 빅데이터 분석기술이 동일하게 활용되며, **차세대 염기서열 분석 및 동반 진단 기술, 헬스케어 서비스 관련 기술**을 포함

< 정밀의료 핵심기술 지원 현황(바이오 빅데이터 분석 제외) >

대상 기술	지원 현황
오믹스 기반 정밀의료기술	■ (유관사업) – 과기부, 오믹스기반정밀의료기술개발
차세대 염기서열 분석	■ (유관사업) – 과기부, 기초과학연구원연구운영지원비, 사업/장비·시스템구축비 – 과기부, 광주과학기술원연구운영비지원
동반 진단	■ (유관사업) – 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 – 복지부, 암연구소및국가암관리사업본부운영
웨어러블 진단	■ (유관사업) – 과기부, 범부처전주기의료기기연구개발 – 과기부, ICT R&D 혁신 바우처지원 – 산업부, 국가표준기술개발 및 보급
원격 건강관리	■ (유관사업) – 중기부, 창업성장기술개발

□ **핵심기술별 과기정통부 지원 방향**

○ 정밀의료 분야는 미래유망(공통핵심)기술 분야에서 지원하는 기초원천기술과 연결시켜 별도 과제·사업화를 고려할 필요

– 정밀의료는 ICT를 포함하는 융복합 성격이 강한 보건의료 연구분야로서 웨어러블 진단 및 헬스케어 서비스 관련 기술 외에는 바이오 빅데이터 분석 기술 등이 상당 부분 중복되는 영역임.

○ 정밀의료 분야의 목적을 고려하여 뇌(디지털치료), 의료기기 등의 기기 기반 임상적용(헬스케어)이 가능한 분야를 별도 구분 필요

○ 개발 필요기술 예시

– 멀티오믹스 분석기술

– 인공지능 기반 오믹스–임상 정보 통합 분석 신기술

– 실시간 바이오 정보 기반 원격 진단 및 치료 시스템 구축

5 감염병 분야

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ MERS, 코로나19 등 반복적인 **신·변종 감염병의 위협**이 거세지고 있어, 감염병 대응관련 **예측/진단/치료/예방 연구개발** 필요성 증대

○ **전염병 발생 예방·예측** 및 **질병 발생** 시 **유기적인 방역**을 위해 각국은 **스마트 가축방역 시스템 운영 중**

※ EU 동물질병통지시스템(ADNS, '12~), 미국 동물건강보고시스템(NAHRS, '13~) 등

○ 감염병 분야 R&D 상위계획인 **'국가 감염병 대응 기술개발 추진전략'의 3차 계획('22~'26) 수립 예정**이며 이에 따른 지원 필요

- 3차 추진전략 구상에 따라 **신·변종 바이러스 기초·기전연구, 백신·치료제 개발 및 플랫폼 기반 기술, 확산예측 등을 위한 빅데이터 분석 기술, 방역관제 등을 위한 ICT 기술, 백신 국산화 기술, One-health 기반 기술, 동물감염병 대응 기술** 등 지원 필요

□ 핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황

○ 감염병 분야는 최근 코로나19 백신이나 치료제 개발 등 특정 질병을 대상으로 한 요소기술 개발을 제외하면 핵심기술 특정이 어려운 융합연구분야로 크게 과기부와 복지부가 지원

< 감염병 연구개발 지원 현황 >

대상 기술	지원 현황
감염병 예측, 진단, 치료, 예방 기술	■ (유관사업) - 과기부, 바이오·의료기술개발 - 과기부, 신·변종감염병대응플랫폼핵심기술개발 - 과기부, 신종바이러스융합연구단/한국생명공학연구원/한국화학연구원/안전성평가연구소 지원 - 다부처, 방역연계범부처감염병연구개발 - 복지부, 감염병위기대응기술개발

대상 기술	지원 현황
	– 복지부, 감염병 예방·치료 기술개발 – 질병청, 감염병관리기술개발연구 – 식약처, 의약품등안전관리
다제내성균 제어 기술	■ (유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 다부처, One health 항생제내성균 다부처 공동대응
동물감염병 대응 관련 기술	■ (유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 농식품부, 가축질병대응기술개발 – 농식품부, 농림축산검역검사기술개발 – 환경부, 야생동물첨단연구사업 – 해수부, 수산생물방역체계구축 – 해수부, 수산시험연구 – 해수부, 수산실용화기술개발 – 해수부, 차세대수산물품질관리 및 검역시스템 구축

□ 핵심기술별 과기정통부 지원 방향

○ 코로나19 위기 상황 중 감염병 R&D에서 제외된 공백 분야 지원

– 최근 2년 간 과기정통부 지원은 대부분 코로나19 관련 기전, 치료제 및 백신 연구개발에 집중

– **다제내성균**에 대한 연구개발이 미미한 수준으로 지원되고 있으나, 곧 과제가 종료되는 상황

– **코로나19 외 바이러스**(호흡기, 모기매개 바이러스병 등)와 **기후변화 관련 감염병**인 중증혈소판감소증후군(SFTS), 말라리아, 치쿤구니아, 뎅기 등에 대한 체계적 연구 지원 필요

○ 기업요구형 기초-응용 교량형 연구

– 기업에서 요구하는 감염병 진단, 백신, 치료제의 수요 발굴을 통하여 맞춤형 기초 연구 지원 필요

– 백신, 치료제 개발에 필요한 PK/PD시스템과 동물모델을 백신, 치료제의 특성에 맞추어 개발

○ One-health 관점에서의 동물 간, 동물유래 감염병 연구

- 복지부에서 지원할 수 없는 분야로, 국토부, 농식품부, 산림부 등과 공동으로 앞으로 발생 가능성이 높은 아프리카돼지열병, 조류독감 등 인간에 전파 가능한 감염병에 대한 연구개발 지원 필요

※ 단, 농식품부, 해수부 등에서 관리하는 가축과 수산생물에만 해당되는 질병 관련 연구개발은 별도로 이루어 질 필요

○ 국제협력을 통한 국내 감염병 R&D 역량 강화

- 과기정통부 내 기존 감염병 국제협력 과제의 경우 개발도상국 지원을 통한 조기 감염병 진단 및 대응에 초점
- 앞으로는 감염병 관련 기초원천 연구역량 강화를 위하여 선진국과의 인력 교류 확대와 공동 연구지원을 통해 연구개발 격차 해소 필요

○ 개발 필요기술 예시

- Mix-and-match 백신 개발

※ 신/변종 감염병 대응 백신의 다른 형태(mRNA, 또는 단백질, 약독화 균 등)와 다른 감염경로(전신, 점막 등)의 혼합에 의한 신개념 백신

- 인수공통감염병 병원체 특이적 변이예측 및 백신 디자인 플랫폼 구축
- 상하부 호흡기 통합 마이크로바이옴 분석 기반 숙주 특이적 호흡기 감염질환 정밀예측 기술
- 마이크로바이옴-대사체-면역시스템 변화에 따른 질병 예방 및 치료 기술
- 다제내성균 출현 제어 및 원천방지 기술
- 내성 출현 차단가능 슈퍼 항생제 개발
- 항생제 퍼시스터 현상 분자 기전 및 제어 기술
- 미생물 상호작용 기반 미생물 대사체 정밀 디자인에 의한 항생제 내성균 제어기술
- 마이크로바이옴 기반 동물감염병 예방 기술

6 바이오 연구자원 분야

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ 기술 발전에 따라 R&D의 재료(부분품)로만 인식되던 생명연구자원(데이터+소재)이 R&D혁신을 견인하는 핵심 요소로 부각

– (데이터) 최근 선진국에서는 수집 목적·분야별 축적·활용하던 데이터를 **상호 연계·통합 분석하고자 기존 데이터 DB간 연계 강화**를 추진 중

※ 미국 NCBI는 소재정보(BioSample) 중심으로 보유 데이터 연계를 지속 추진

※ AI 기반 융복합 데이터(화합물, 유전체, 약물 등) 활용으로 신약개발 단축(10년→3년)

– (실물소재) 연구 재료이자 결과물인 바이오 소재의 특성상 세계적으로 **각 분야 소재 무기화, 혁신화***가 가속

* 원숭이 등 주요 소재의 국외 반출을 제한하고, 미생물합성 공정기술 확보를 통해 원하는 인공 미생물을 합성하는 등 소재 확보 경쟁 격화

○ 정부 지원 R&D를 통해 **다종·다량의 데이터가 생성**되고 있으므로, 국가 차원의 **바이오 데이터 통합 수집·관리·활용 기술 필요**

※ 부처별로 다양한 데이터 생산·제공 사업을 경쟁적으로 착수(바이오빅데이터 구축(유전체 데이터), 정밀의료기술개발사업(오믹스 데이터), 스마트팜지원사업(농업 데이터) 등)

□ 핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황

○ 바이오산업 혁신 TF 참여를 통해 관계 부처 합동으로 **‘생명연구자원 빅데이터 구축 전략***’ 마련('19)

* 「제3차 국가생명연구자원 관리·활용 기본계획('20~'25)」

○ 수립된 전략에 따라 **관계부처 유관사업을 통합하여 ‘다부처 국가생명연구자원 선진화 사업’으로 재편**하고, 이에 대한 계속지원을 위해 **적정성 재검토 대상 사업내용 기획 추진** 중

< 바이오 연구자원 지원 현황 >

대상 기술	지원 현황
바이오 연구소재 활용기반 조성 (소재 및 데이터)	■ (유관사업) – 다부처, 다부처 국가 생명연구자원 선진화 사업
바이오 소재 개발 (그린)	■ (유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 – 농식품부, 농식품기술개발–맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발 – 산업부, 산업기술알키미스트프로젝트 – 농식품부, 고부가가치식품기술개발 – 중기부, 창업성장기술개발
바이오 소재 개발 (화이트)	■ (유관사업) – 과기부, 바이오·의료기술개발 – 과기부, 한국생명공학연구원연구운영비지원 – 과기부, 기후변화대응기술개발–C1가스리파이너리 – 과기부, 광주과학기술원연구운영비지원 – 과기부, 대구경북과학기술원연구운영비지원 – 과기부, 해양극지기초원천기술개발–해양기초원천기술개발 – 해수부, 해양수산생명공학기술개발–해양수산바이오신소재 개발

□ 핵심기술별 과기정통부 지원 방향

○ 활용기반 조성은 다부처 국가생명연구자원 선진화 사업을 통해 수행 중으로 '활용가능한' 연구자원의 수집 관련 기술 지원 필요

– 연구소재 및 데이터 정보 표준화 및 통합 관리 기술, 시료 장기 보관·유지 기술 등

○ 연구자원의 활용을 기반으로 한 연구개발 지원 필요

– 그린·화이트 바이오 개념에 해당하는 연구소재(균주, 천연물 등) 및 연구데이터(오믹스 등) 활용을 기반으로 한 연구개발 지원을 통해 수집된 자원의 활용성 검증 및 수정·보완사항 도출 가능

○ 개발 필요기술 예시

- 유용연구소재 발굴, 표준화, 보존·관리 기술
- 바이오 연구 데이터 표준화 및 품질관리 기술
- 바이오 연구 데이터 활용 플랫폼 구축
- 개인맞춤형 정밀 프리/프로/포스트바이오틱스 개발
- 컬쳐로믹스 기반 난배양성 마이크로바이옴 실물자원 라이브러리 뱅킹 플랫폼 개발
- 유전자 편집체 제작 및 유용물질 생산용 세포공장 기술 확립에 활용 가능한 식물 전형성능 기반 세포분화조절 기술
- 메탄, CO2 등 자연 유기물 기반 식물성장조절 세균 개발
- 다양한 플라스틱을 분해 가능한 인공미생물 개발
- 친환경 고분자 소재 생산 미생물 개발

7 뇌연구 분야

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ 초고령화 가속화로 퇴행성 뇌질환(알츠하이머, 파킨슨 등) 증가

– 2025년 초고령 사회 진입이 예상되고 뇌질환의 사회경제적 비용은 ’25년 46조원으로 전망

※ **(핵심기술)** 뇌혈관질환으로 손상된 뇌세포 재건 기술, 뇌전증 환자의 약물 난치성 극복 기술 등 **뇌신경계 질환 원인 규명 및 치료·예방 기술**

○ 코로나19 장기화 및 급격한 사회변화로 인한 정서불안(중독, 우울증, 조현병, 불안장애 등) 환자 증가

– 세계 정신건강(우울증, 조현병, 불안장애) 환자 수는 5억 9,400명으로 세계적으로 정신건강 문제가 매우 심각

※ **(핵심기술)** 고위험군 대상 정신증 예방기술, 기분장애 재발 예측기술, 불안장애 종류별 생물학적 병인에 따른 진단기술 등 **뇌신경계 질환 원인 규명 및 치료·예방 기술**

※ **(핵심기술)** 신체-뇌 의사소통(body-brain communication) 규명 및 이를 활용한 **뇌기능 조절 기술**

○ 뇌작동 원리 이해 및 뇌질환 진단·치료를 위한 고해상도 광학기술, 뇌-컴퓨터 연결기술(BCI), 전자약 등 이학, 의약학, 공학을 접목하고 적용하는 융합분야 확대

– BCI 시장은 ’20년 14.6억 달러에서 ’25년 25억 달러 전망, 글로벌 신경자극 전자약 시장은 ’20년 48.5억 달러에서 ’30년 115.3억 달러 전망

※ **(핵심기술)** 최소 침습적 대용량 뇌신경 신호 측정 및 뇌자극 기술, 디지털 변환 기술 등 **뇌신호 관측 및 조절기술**

※ **(핵심기술)** 고해상도 이미징, 실시간 신경전달물질 분석, 단세포 수준 에너지대사 분석 기술 및 장비

□ **핵심기술별 정부 전략 및 지원 현황**

○ **뇌에 대한 근원적 이해** 도전과 **뇌질환 극복**을 통한 국민 부담 경감 및 삶의 질 제고, **뇌연구 기반 신기술 창출**을 목표로 정부 지원 중

– **(부처별 지원)** 과기부가 83.9%(1,529.1억 원)로 가장 높은 비중으로 지원하고 있으며 복지부 174.5억원(9.6%), 다부처 59억원(3.2%), 교육부 33.1억원(1.8%), 산업부 25.8억원(1.4%) 순

– **(실천과제 지원)** 인간 뇌이해를 위한 뇌연구 고도화(638.2억원, 35.0%), 생애주기별 맞춤형 건강 뇌 실현(774.0억원, 42.5%), 4차 산업혁명 대응 창의적 연구개발(160.3억원, 8.8%), 혁신적 뇌생태계 구축(70.6억원, 3.9%), 뇌산업 육성(1.5억원, 0.1%) 등

* 출처 : 2021년 뇌연구촉진시행계획 중 2020년 정부 투자 실적

○ **뇌신경계 질환 원인 규명 및 치료·예방 기술**을 중심으로 정부 지원

– **(뇌신경계 질환 원인 규명 및 치료·예방 기술)** 과기부는 '뇌과학 원천기술개발사업'을 통해 뇌과학 4대 분야 핵심 원천기술 확보하고 있으며 '미래뇌융합기술개발사업'을 통해 4차 산업혁명 핵심기술 (인공지능, 빅데이터 등)과 뇌과학을 융합하는 패키지형 R&D 사업을 지원

– **(뇌신경계 질환 원인 규명 및 치료·예방 기술)** 과기부와 복지부는 국가치매극복기술개발 사업(치매극복연구개발사업단)을 통해 치매의 예방·진단·치료분야에서 실용화 성과창출을 위한 기술개발 지원

– **(뇌신호 관측 및 조절기술)** BCI, 전자약 등은 과기부 개인집단 기초연구지원 및 출연연 내부 사업을 통해 연구 진행

□ **핵심기술별 과기정통부 지원 방향**

○ 뇌 연구와 국내 강점분야인 정보통신 및 임상기술 등을 뇌연구에 접목하여 뇌연구의 한계 돌파를 위한 학제간 융합 연구 중점 지원

○ 기술 중심의 뇌산업 육성을 위한 구체적인 방안을 마련하여 뇌관련 기업 창업 지원 강화 및 뇌산업 육성

8	인프라, 인력양성 분야 지원 방향

□ 국내외 환경변화, 트랜드에 따른 핵심기술

○ ICT기반의 **초연결과 초지능의 4차 산업혁명**으로 물리적(physical), 생물학적인(biological) **기존 영역의 경계가 사라지는 새로운 융합** 시대 도래

※ 새로운 융합영역에 대한 새로운 관점과 이해를 추구할 새로운 융합인력이 지속적으로 요구되는 시점

○ 바이오기술은 타 분야와 접목*, 첨단 디지털 기술(Data-Network-AI)의 융합**을 통해 신기술과 신산업 창출 중

* (전자+바이오) 바이오센서, (화학+바이오) 생분해성 플라스틱 등

** AI 활용시 신약 후보물질 발굴시간이 1/2~1/4수준으로 줄어들 것으로 예상

○ 기술혁신에 따른 **규제 진부화가 빠르게 진행**되어 합리적 규제를 위한 **과학적 근거에 입각한 규제과학 육성**이 필요

※ 신기술/신분야가 생겨나면서 과거에 있던 기술이나 분야에서적용 되었던 규제형태가 안 맞게 되는 현상하고, 아직 어떤 규제를 해야 하는지 잘 모름

새로운 융합분야 도출, 데이터 기반의 기술혁신에 대응한 연구혁신을 유도할 플랫폼기반의 인프라와 경계 영역을 아우르는 융합인력 양성에 대한 전략적 지원 방향 모색이 필요

□ 인프라, 인력 양성 분야의 정부지원 현황(출처 : 생명공학육성시행계획)

<인프라(시설 및 기반구축)>

○ (투자규모) 21년 계획(총 3조 3,340억원) 기준, **2,371억원(7.1%)** 규모(vs R&D 2조 9,894억원, 89.5%)

○ '21년 시설 및 기반구축 영역(약 2,371억원)의 주요 투자 부처는 과기정통부(약 1,222억원), 복지부(약 624억원), 농식품부(약 270억원) 등

※ (관계부처별 투자비중) **과학기술정보통신부 51.5%**, 보건복지부 26.3%, 농식품부 11.4%, 산업통상자원부 7.9%, 해양수산부 2.6%, 식약처 0.2% 등

<인프라(시설 및 기반구축 영역) 부처별 투자실적 및 계획>

(단위 : 백만원)

구 분	과기정통부	농식품부	산업부	복지부	해수부	식약처	합계
2020실적	82,533	16,695	7,252	66,241	5,328	553	178,602
2021계획	122,212	26,950	18,782	62,396	6,210	553	237,103
증감률(%)	48.1	61.4	159.0	Δ5.8	16.6	0.0	32.8

<부처별 인프라(시설 및 기반구축) 사업 현황>

구분	세부사업명	내역사업명	사업 시작	사업 종료	'20년 실적	'21년 계획
과기정통부	다부처국가생명연구자원 선진화사업	다부처국가생명연구자원선진화사업	2021.1.	계속	-	78,728
	한국생명공학연구원 연구운영비지원	바이오인프라선진화	2019.1.	2024.12.	15,663	14,839
	안전성평가연구소 연구운영비지원사업	안전성약리연구동환경개선사업	2019.1.	2021.12.	1,500	4,000
		노후시설보수사업	2003.1.	계속	2,300	2,300
		장비·시스템구축비	2019.1.	계속	2,139	2,139
		감염병대응안전성평가인프라 개선사업	2021.1.	2021.12.	-	2,000
		정책연구및성과확산	2019.1.	계속	697	802
	바이오•의료기술개발사업	바이오혁신기반조성	2002.8.	계속	47,622	8,600
	한국원자력의학원 연구운영비지원	실험동물기반방사선의학연구	2013.1.	2020.12.	498	-
		국가RI신약센터운영	2020.1.	2021.12.	4,245	4,245
		방사성동위원소생산및응용연구 인프라구축·운영	1991.1.	계속	540	1,167
		방사선의학연구고도화운영지원	1996.1.	계속	618	792
	기초연구기반구축사업	전문연구정보활용사업	1995.1.	계속	2,100	2,600
	가속기기반신약개발 지원사업	가속기기반신약개발지원사업	2019.6.	2023.12.	4,611	-
		소계			82,533	122,212
농식품부	산림소재생산기반구축	스마트산림바이오혁신성장거점조성	2019.1.	2024.12.	7,150	13,000
	동물용의약품산업종합지원	동물용의약품효능안전성평가 센터구축	2020.1.	2023.12.	500	6,000
		식물백신기업지원시설건립	2018.1.	2021.12.	2,760	690
	곤충미생물산업육성지원	유용미생물은행	2019.1.	2023.12.	4,850	4,825
		농축산용미생물효능평가지원	2017.1.	계속	435	435
		복합미생물분석장비구축	2020.1.	2020.12.	1,000	-
	종자산업기반구축	디지털육종전환지원	2021.1.	계속	-	2,000
		소계			16,695	26,950
산업부	바이오산업기술개발사업	첨단정밀의료산업화플랫폼구축사업	2021.4.	2023.12.	-	4,825
		중화항체면역치료제개발센터	2021.4.	2023.12.	-	2,895
		3D생체조직칩실증상용화인프라구축	2021.4.	2024.12.	-	1,000
	바이오나노산업개방형 생태계조성촉진	바이오사업화촉진지원	2016.7.	계속	1,091	1,793
		치과생체흡수성소재부품중소 파트너지원	2018.7.	2023.6.	1,500	1,500
		디지털헬스케어생태계구축지원	2019.9.	2024.8.	1,300	1,300
		안과광학의료기기글로벌화지원사업	2019.9.	2025.8.	1,300	1,300
		임상데이터기반근골격계인체 모사융합기술지원	2021.1.	2025.12.	-	1,000
		건강보험빅데이터기반진료지원 플랫폼개발	2021.1.	2024.12.	-	800
	바이오분야 국제협약이행사업	바이오분야국제협약이행사업	2014.1.	계속	2,061	2,369
		소계			7,252	18,782

구분	세부사업명	내역사업명	사업 시작	사업 종료	'20년 실적	'21년 계획
복지부	국가보건의료연구 인프라구축	줄기세포은행운영및표준화기반구축	2012.1.	계속사업 (경상적연구사업)	6,357	6,034
		항바이러스제약물평가실험실 운영	2020.6.	계속사업 (경상적연구사업)	3,000	5,843
		확진자멀티오믹스데이터수집및 예후예측모델개발	2020.6.	계속사업 (경상적연구사업)	8,830	5,200
		국가바이오빅데이터구축사업	2020.1.	2021.12.	2,205	4,207
		희귀질환연구인프라구축	2017.1.	계속사업 (경상적연구사업)	3,170	3,004
		기후변화급만성질병연구	2013.1.	계속사업 (경상적연구사업)	2,009	1,909
		여성건강기반기술개발연구	2012.1.	계속	1,629	1,547
		장애극복을위한난치성질환치료 기반구축	2019.1.	계속사업 (경상적연구사업)	1,400	1,326
		고령화대응연구기반구축	2021.1.	계속	-	750
		질병극복임상연구데이터자원화	2012.1.	계속사업 (경상적연구사업)	448	632
	국가보건의료연구 인프라구축	대용량인체자원정보생산기반구축	2020.6.	계속사업 (경상적연구사업)	2,500	400
		신종코로나바이러스치료제및 백신후보물질발굴	2020.2.	2020.12.	1,000	-
		동물모델을활용한코로나치료제연구	2020.3.	2020.12.	1,000	-
		혈청역학및임상특성연구	2020.6.	2020.12.	2,000	-
	보건의료생물자원종합 관리(R&D)	인체자원은행특성화지원	2008.1.	계속	3,000	5,000
		바이오뱅킹서비스플랫폼 구축·운영	2013.3.	계속	853	1,453
		혁신형바이오뱅킹컨소시엄지원	2016.9.	계속	1,396	1,200
	국가바이오빅데이터구축 시범사업	국가바이오빅데이터구축시범사업	2020.5.	2021.12.	4,267	7,250
	공공백신개발지원센터 건립및운영(R&D)	백신후보물질효능평가시스템 구축및운영	2020.1.	2022.12.	1,500	5,523
		공공백신개발·지원센터건립	2017.1.	2020.12.	10,829	-
	바이오헬스기술비즈니스 생태계조성사업	보건산업혁신창업센터운영	2018.3.	계속	5,103	3,853
		보건산업기술중개 및 마케팅지원사업	2017.2.	계속	1,245	2,495
	다부처국가생명연구자원 선진화사업(R&D)	바이오연구데이터활용기반조성 (데이터센터)	2021.1.	계속	-	2,510
	보건의료인프라연계창업 지원사업	지역클러스터-병원연계창업 인큐베이팅지원사업	2019.3.	계속	2,400	2,160
	미세먼지기인질병대응 연구(R&D)	미세먼지질병연구표준실험실구축	2019.1.	2023.12.	100	100
		소계			66,241	62,396
해수부	해양생물자원관운영	해양생물자원관운영	2015.4.	계속	4,040	4,040
	해양수산신산업육성및 기업투자유치지원	해양바이오산업화인큐베이터조성	2020.1.	2023.12.	1,288	1,670
		해조류활성소재인증생산시설	2021.1.	2023.12.	-	500
		소계			2,070	6,210
식약처	의약품품질고도화	의약품허가심사컨설팅 (맞춤형지원)	2014.7.	계속	553	553
		소계			553	553

○ 기존 인프라사업은 해당 분야 중심의 단순 지원, 시설 운영 등을 중심으로 사업을 추진하고 있어서 트랜드 변화에 대한 대응이 미흡

○ 융합·디지털 전환 등 대응하고 바이오 **연구혁신을 유도할 핵심 원천기술 확보**를 위해서는 **국가차원에서 종합적이고, 전략적인 지원 인프라**(연구컨설팅, 데이터 생산 등 종합지원이 가능한 규모 있는 플랫폼)이 필요

<인력 양성>

○ (투자규모) 21년 계획(총 3조 3,340억원) 기준, 1,134억원(3.4%) 규모(vs R&D 2조 9,894억원, 89.5%)

○ '21년 인력양성 영역(약 1,134억원)의 주요 투자 부처는 교육부(약 820억원), 복지부(약 172억원), 산업부(약 59억원) 등

※ (관계부처별 투자비중) 교육부 72.3%, 복지부 15.2%, 산업부 5.3%, 농식품부 3.5%, 과기정통부 3.3%, 식약처 0.2%, 해수부 0.2%

<인력양성 영역 부처별 투자실적 및 계획>

(단위 : 백만원)

구 분	과기정통부	교육부	농식품부	산업부	복지부	해수부	식약처	합계
2020실적	3,750	76,416	2,000	3,019	18,733	0	265	104,183
2021계획	3,750	81,987	4,000	5,963	17,225	250	265	113,440
증감률(%)	0.0	7.3	100.0	97.5	Δ8.1	-	0.0	8.9

<부처별 인력양성 사업 현황>

구분	세부사업명	내역사업명	사업 시작	사업 종료	'20년 실적	'21년 계획
과기정통부	혁신형의사과학자 공동연구사업	혁신형의사과학자공동연구사업	2019.7.	2022.12.	3,750	3,750
		소계			3,750	3,750
교육부	4단계두뇌한국21사업	4단계두뇌한국21사업	2020.9.	2027.8.	76,159	81,849
	의과학자육성지원	의과학자육성지원	2008.3.	2022.3.	257	138
		소계			76,416	81,987
농식품부	농식품기술개발	농식품기술융합창의인재양성 (특수대학원)	2020.4.	2023.12.	2,000	4,000
		소계			2,000	4,000
산업부	바이오나노산업개방형 생태계조성촉진	바이오인력양성	2014.3.	계속	3,019	5,963
		소계			3,019	5,963

복지부	보건의료인재양성지원사업(일반회계)	글로벌인재육성	2019.7.	2022.6.	12,150	9,425
		연구인재성장지원	2019.7.	2022.12.	3,750	3,750
	보건의료인재양성지원사업(기금)	교육훈련지원	2018.7.	2023.3.	1,083	2,800
		글로벌인재육성	2017.4.	2021.12.	1,750	1,250
소계					18,733	17,225
해양부	해양바이오산업화지원	해양바이오전문인력양성	2021.1.	계속	-	250
소계					-	250
식약처	바이오의약품 국제경쟁력강화	첨단바이오의약품마중물사업	2015.1	계속	265	265
소계					265	265

○ 부처별 단기간 필요인력 중심의 인력양성 사업 추진으로 융합영역을 주도할 전문인력 양성은 미흡

○ 분야간의 융합에 따른 **연구혁신을 주도권 확보**를 위해서는 **기술중심의 새로운 융합인력 양성**에 과기부의 역할이 매우 중요

□ 핵심기술별 과기정통부 지원 방향

<인프라>

○ **(정책방향)** 기술블록화에 따른 글로벌 공급망 변화, 데이터기반의 바이오기술 혁신 등으로 **바이오연구의 자생력 강화**를 위한 **국가차원의 독립된 지원시설 운영, 기존 데이터와 자원의 활용과 연계**로 바이오기술혁신을 지원하는 **실질적인 인프라 운영**이 필요

○ **(바이오 코퍼실리티 활성화)** 국가 바이오 전략 R&D의 **거점화·공용화·네트워크화의 핵심적 기능 수행 및 데이터 플랫폼 역할 강화**를 위한 핵심 바이오 R&D 시설·장비 공동 활용 지원시설

※ 연구방식이 데이터 기반 생명현상 이해, 급속한 빅사이언스화로 고속화·거대화, 다학제(물리, 화학, 생물, 정보, 공학 등) 융합에 대응한 핵심기반연구(예: 바이오파운드리)

○ Core-facility : **국가 전략 R&D**를 위한 **핵심 시설·장비를 집적**한 공동 활용 지원 시설

- 특정 연구그룹에 속하지 않으면서 인력이나 장비를 전략적이고 유연하게 운영할 수 있을 정도로 충분히 규모가 큰 독립 주체
- 실험기획부터 실험, 데이터 추출, 분석, 공유의 실험 全과정을 지원하는 컨설팅 기능을 포괄 수행

○ **(데이터와 자원 활용과 연계)** 기존 R&D 사업으로 생산된 데이터와 자원에 대한 수집은 진행되고 있으나, 활용에 대한 구체적인 방안 필요

※ ① 신규사업 추진시 기존 data와 소재 활용 실적 제시를 의무화, ② 산학연 활용 목적의 미션 지향형 데이터 표준화, ③ 공급망 변화에 대응한 바이오 연구소재 개발 등

<인력양성>

○ **(정책방향)** 산업체 요구, 협력 및 융합 분야에 필요한 전문인력 등에 대해서 전체를 포함하는 인력양성계획을 수립하기 보다는 **실질적으로 필요한 영역에 시의성 있는 인력양성을 우선 추진**한 후에, 국가차원의 **장기적인 인력양성 계획을 수립·추진**하는 것이 더 효율적인 것으로 판단

○ **(타 분야→바이오 전환인력)** 분야간 경계가 모호하고, 새로운 분야 창출에 따라 전자, 화학·소재, 에너지 등의 전문인력을 바이오분야로 전환되는 융합인력 양성

※ 타 분야(전자, 화학·소재, 에너지 등)에서 융합연구 사업 추진시, 타 분야 R&D 사업(수행주체 : 출연연, 산업체) 내에 바이오 전환 융합인력 양성 프로그램 사업 추진

○ **(바이오+타 분야 융합의 신융합 인력)** 디지털 전환시대에 바이오의 새로운 융합분야 창출과 확대로 첨단기술이 접목된 신기술분야의 바이오 신융합 인력 양성

※ 출연연 간의 협력 및 융합 R&D를 위한 융합 분야별로 전문융합인력 양성 사업 추진(생명연-ETRI, 화학연, 기계연 등)

※ 기술혁신 분야(예시) : 합성생물학, 마이크로바이옴, 바이오 디지털트윈 등

○ **(규제과학 전문인력)** 기술혁신에 근거하여 신기술/신산업 창출로 새로운 규제적용 및 개선의 중요성 요구에 따른 바이오 규제과학 전문인력 양성

※ (신규 인력양성) 새로운 분야의 규제과학 전문인력 양성 교육과정 마련(예: 바이오 규제과학 법학전문대학)을 위한 관련 부처 간의 협력(과기부-교육부-식약처)

* 각 대학별 법학전문대학원의 주력 분야 : 이화여대-생명윤리, 충북대-과

학기술법, 충남대-특허분야, 서울대-빅데이터 등

※ (현장인력 양성)신규 R&D 사업 기획시, 규제관련 전문가 참여를 필수 조건으로 하여 개발될 특화기술에 대한 새로운 규제 발굴 및 개선 내용 제안

4. 기초-원천 연계 방안

□ 기초연구사업과 국책사업의 연계를 위한 상향식 방식 시도 필요

○ **기초연구로부터 원천기술 확보를 위한 기초사업-국책사업의 연계**는 **'성과 이어달리기' 방식 보다는 '상향식 연구주제 도출' 방식 추진** 필요

- 기초연구 특성상 개별 '기초연구 결과(성과)'의 활용 성공 가능성을 가늠하기 어렵기 때문에 '개별성과'에 대한 '기초-원천 연계'의 추진에 한계점 있음
- 특정 연구주제의 다양한 기초연구 수행을 통해 축적된 연구역량 및 성과가 해당주제의 '원천기술 확보' 국책사업 추진을 통해 의미있는 원천기술 성과의 확보 가능성이 높아질 것임

⇒ **기초연구 성과분석을 통한 상향식 국책사업 주제 도출 방식 필요**

○ **기초연구사업의 스토리텔링 형식의 성과분석 추진**

- 기존의 정량적 성과분석의 한계를 인식하고 기초연구의 특성을 감안하여 **연구자 중심의 전문가적 시각에서의 성과분석 추진**
- **분야별 성과분석위원회를 구성**하여 분석대상 연구분야(연구주제) 발굴, 국내외 연구동향 분석, 기초연구사업의 지원현황 분석, 원천기술 확보 방안 제안 등 심층적 분석 실시

⇒ **기초연구사업 성과분석을 통한 국책사업 연구주제 제안**

□ 기초연구사업 성과분석을 통한 기초-원천 연계 연구주제 발굴(안)

○ 바이오분야 기초연구사업과 국책연구사업의 연구자 중심의 주제 도출 및 연계 **(기초 성과분석위원회 → 국책 기획위원회)**

기초연구사업 (기초연구)			국책연구사업 (원천기술)	기대효과
성과분석위원회	분석주제별 소위원회		기획위원회	
-분석대상 설정 .Bio hot topic .핵심기술분야	-주제별 전문가 소위원회 구성 -기초사업 지원현황 및 성과 분석	-분석분야의 원천기술 확보 위한 연구주제 제안	-제안된 주제 검토 -국책사업 과제 기획 및 공모	-기초연구/원천기술 연구역량제고 -기초-원천연계 연구성과 제고

○ 생명과학분야 성과분석위원회 분석보고서 구성

	구분	내용	비고
분석 보고서 구성	1.분석주제 설명	1. OOOOOOOO란?	
	2.주제 중요성	2. 왜 주목받고 있나?	
	3.최근연구경향	3. 최근 많은 연구가 이루어지고 있나?	
	4.국내외 동향	4. 최근 국내·외 연구 동향은?	
	5.기초사업 현황	5. 기초연구사업 지원 현황은?	
	6.기초연구 제안	6. 향후 기초연구사업에서 어떤 연구들이 필요한가?	
	7.원천기술 제안	7. 기초연구사업 결과들이 원천기술 확보로 이어지려면?	**국책연계**

○ 기초연구(생명) 성과분석위원회 추진 현황('20년 2건 → '21년 7건)

2020년 (2건)	
구분	분석 주제
소위원회 1	단일세포 시퀀싱 분석 기술 (Single-cell Sequencing)
소위원회 2	유전자가위 기술 (genome editing technology)

2021년 (7건)		
구분	분석 주제	비고
소위원회1	빅데이터 생물학-유전체 및 후성유전체 기초연구	완료
소위원회2	퇴행성 관절 질환 기초연구	진행
소위원회3	COVID-19 면역반응 연구	완료
소위원회4	mRNA 백신	진행
소위원회5	바이오 인공 장기 - 동물 기반	진행
소위원회6	식물세포 분화조절 기술	완료
소위원회7	줄기세포 및 오가노이드	진행

○ (예시) 원천기술 확보를 위한 연구주제 제안 (2건 예시)

분석 년도	분석 주제	기초연구사업 결과들이 원천기술 확보로 이어지려면?
2020	단일세포 시퀀싱 분석 기술 (Single-cell Sequencing)	①단일세포 시퀀싱을 위한 mRNA 캡처 효율 개선 ②동결보존 시료의 단일세포 시퀀싱 방법개발 ③단일세포 멀티오믹스 관련 기술 ④단일세포 이미징 및 시각화 기술
2021	빅데이터 생물학 -유전체 및 후성유전체 기초연구	①유전체 및 후성유전체 생체 빅데이터의 표준화 ②유전체 및 후성유전체 빅데이터 분석 방법 개발 ③바이오마커로 활용할 수 있는 신규 후성유전학적 지표 발굴 ④생체 빅데이터 생산을 위한 시퀀싱 장비의 대중화 및 활용도 증가

[별첨] 기초연구사업(생명) 성과분석 보고서 2건

별첨1. 단일세포 시퀀싱 분석 기술(Single-cell Sequencing)(2020년 소위원회1)

별첨2. 빅데이터 생물학 (Big Data Biology) (2021년 소위원회1)

단일세포 시퀀싱 분석 기술_기초연구본부 선정 R&D 이슈 연구동향(20)

2020-00호 (2020.12.00.) / 생명과학단

1. 단일세포 시퀀싱 분석 기술(Single-cell Sequencing)

○ 단일세포 시퀀싱은 **하나의 세포로부터 DNA 또는 RNA를 추출하여 증폭하고 염기서열을 파악하여 세포의 특징을 분석하는 기술**을 의미함.

☞ 단일세포 시퀀싱 분석 기술이란 좀 더 자세히 말해, **동일한 세포로부터 유래된 세포들 사이에서도 환경에 따라 여러 특성에 차이를 보이는 개별 세포의 유전자 발현 프로파일을 분석하는 방법**을 일컬음.
☞ 마이크로어레이 또는 일반적인 RNA 시퀀싱 분석은 유전자의 수백만 개 세포의 유전자 발현 정도를 평균화하지만, 단일세포 시퀀싱 분석 기술은 **개별 세포의 계보, 종류, 질환, 변이 등에 대해 정확한 정보를 제공**함.
※ 출처: [BRIC View, 뇌종양에서의 단일세포 RNA 시퀀싱을 이용한 전사체 연구동향, 임창임], https://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=report&id=3105

2. 왜 주목받고 있나?

○ 최근 단일세포 시퀀싱을 이용한 **줄기세포 또는 희귀한 세포군의 전사체(transcriptome)의 특징 및 종양의 이질성(heterogeneity)** 등의 분석이 가능함.

☞ 단일세포 시퀀싱은 **한 조직 내 존재하는 다양한 세포들을 동시에 분석**할 수 있으며, 발생(embryogenesis), 면역학(immunology), 신경학(Neurology) 및 암 연구 등 다양한 분야에 응용할 수 있음.
☞ **한 조직 내 이질성(heterogeneity) 비교**뿐만 아니라 정상 체세포와 전이성 암세포의 유전자 발현 프로파일링을 통해 **바이오마커 발굴**이 가능함.
※ 출처: [BRIC View, Single cell genomics 연구 및 기술 동향, 노규형], http://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=report&id=2421

3. 최근 많은 연구가 이루어지고 있나?

○ 최근 차세대염기서열분석 기술 발달로 인해 **단일세포 유전체 분석관련 논문 출판이 지난 수년간 급증**하고 있음.

- 단일세포 시퀀싱 관련 논문 출판 수 변화(참고자료1)

○ 최근 단일세포 시퀀싱 분석 기술 관련 연구 현황은 다음과 같음.

분 야	연구 내용
신경학	허혈성 심부전 모델에서 single cell real time RT-PCR 방법을 이용한 시상하부 세포의 전압의존성 K채널의 발현 변화양상 조사
	Single-cell transcriptomics 기반 치과 통증질환 제어기술 개발
면역학	신개념의 신약 스크린 기술
	면역학과 암 연구에 적용한 다중 단일 세포 프로테오믹스를 위한 마이크로칩 플랫폼
	췌장암 마커 검출을 위한 혈액 세포 다중 분석 시스템 개발
	약물 연구 및 개발을 위한 단일세포 분석도구
조직학	오믹스 데이터 통합 분석을 통한 인트론 내재 기능서열 및 질병 연관 변이 동정연구
	단일 세포 전사체 기반 폐암 전이-치료예측 기술개발
	단일 세포 전사체 기반 유방암 subtype 재정립 및 조기진단 subtype-specific 바이오마커 발굴
줄기세포	가임력 증진을 위한 원시난포활성화 기전 연구
	단일 세포 전장전사체 서열 분석을 통한 연골조직으로의 줄기세포분화 최적화 배양 조건에 관한 연구
응용기술	단일세포 수준의 다중오믹스 분석 응용
	단일세포 수준의 공간 네트워크 분석 기술

4. 최근 국내·외 연구 동향은?

○ **(글로벌)** 글로벌 단일세포 시퀀싱 분석시장은 **2017년 17억 달러에서 연평균 17.8%의 성장률을 형성할 것으로 기대되며 2025년 약 56억 달러 규모를 형성**할 전망임(생명공학정책연구센터 2018.4., 참고자료2).

■ 본 시장의 성장은 **단일세포 분석 제품의 기술 발전, 세포 기반 연구에 대한 정부 자금 지원 증가, 생명공학 및 바이오 의약품 산업의 성장, 암 연구에 단일세포 분석의 광범위한 적용, 개인화된 의학의 집중력증가** 등에 의해 추진될 계획임.

■ 반면, 만성질환 및 전염병 등 단일세포 분석 응용의 소비단가가 높은 경우가 본 예측 시장의 성장을 어느 정도 제한할 것으로 예상함.

■ 세계 시장 전망 기간 중 가장 높은 성장세를 보이는 시장은 북미, 유럽, 아시아-태평양, 중남미, 중동 그리고 아프리카 순으로 구분됨. 특히, 아시아-태평양 시장은 예측기간 동안 가장 높은 성장세를 보일 것으로 예상함. 이는 **많은 환자 인구의 분포와 정부의 R&D 투자 증가, 아시아 CRO(Contract Research Organization; 임상시험 대행 기관)에 대한 약물 발견 서비스 등의 시장이 단일 세포 분석 수요를 주도하는 주요 요인**이라 할 수 있음.

■ 단일세포 분석 관련 연구에 대한 2017년 글로벌 점유율은 아메리카 6.6%(6.0억 달러), 유럽 28.4%(4.7억 달러), 아시아태평양 17.8%(3.0억 달러), 라틴아메리카 13.2%(2.2억 달러), 중동&아프리카 3.9%(0.7억 달러) 순임.

■ 2017년 단일세포 유전체 분석 응용 분야별 글로벌 점유율은 암(Cancer) 37.2%(약 6.1억 달러), 면역계 24.7%(약 4.1억 달러), 줄기세포(Stem cell) 12.3%(약 2.0억 달러), 기타 25.8%(약 4.3억 달러) 순임.

■ **줄기세포 연구 분야의 단일세포 분석 응용은 정부의 지원증가와 함께 암 연구의 접목이 본 시장의 성장을 이끄는 주요 요인으로 작용할 것으로 예측**하고 있음.

■ NGS는 본 기술 시장에서 가장 빠른 접목과 더불어 성장하고 있는 부문임. 따라서, 20% 이상의 높은 성장률을 기록할 것으로 예상하며, 암과 같은 만성질환에 대한 약물 발견에 단세포 분석의 접목이 증가함에 따라 추진됨.

○ **(미국) 단일세포 시퀀싱 분석을 접목한 난치성 질환에 대한 치료 가능성이 기대됨**(바이오스펙테이터 2018.12.).

■ 미국의 유전체 관련 회사 '10x GeOOOOOO'는 단일세포 시퀀싱분야에 연구 접목 시장을 개척하고 있으며, **유전자 발현과 같은 생물학을 연구**하는 가장 정확한 방법은 **단일세포 수준에서 그 정확성이 높아지며 이를 희귀질환 치료에 접목할 시, 그 유용성이 극대화될 것이라고 언급**함.
■ 미국의 유전체연구 관련 회사 'ThermoOOOOOO ScienOOOOO'사는 최근 **단일 세포를 통한 희귀질환 치료연구 동향에 맞춰 최적의 자사 애플리케이션을 개발**해 오고 있음.
- 대표적인 애플리케이션으로, **'Single Cells-to-CT kit'**를 예로 들 수 있으며, 단일세포 연구를 위해 표준화된 플랫폼을 통해 유전자 발현 분석용 워크플로우를 제공함.
■ 미국 텍사스 대학교의 'MD Anderson 암 연구소' Nicholas 교수팀은 단일세포 유전체 분석을 통해 유방암에서 유전적 돌연변이의 축적과 100여 가지 이상의 암 세포군이 존재함을 확인함.
- 소량의 암 세포군이 약물 저항성이나 암의 분화에 관여하고 있음을 시사하였음.
■ 미국 하버드 의과 대학의 Harber 교수팀은 유방암 전이 과정에서 **단일 CTC(Circulating Tumor Cell; 순환종양세포)와 CTC 군집과의 전이 능력을 비교**함.
- CTC 군집이 단일 CTC에 비해 높게 발견되는 원인을 밝힘.

○ **(미국)** 캘리포니아 샌디에이고 의과 대학 연구팀, 단일 세포 유전자 발현 분석기법을 기반으로 **사람의 정원줄기세포(SSC)를 시험관에서 배양하는 방법을 밝힘**(국제학술지 'PNAS'에 발표 2020.7.13.).

○ **(미국)** 텍사스 대학교 MD Anderson 암 연구소, 단일세포 DNA 시퀀싱 방법을 통해 **123명의 급성골수성백혈병(AML) 환자의 clonal 구성과 돌연변이 내력을 보고함**(국제학술지 'Nature Communications'에 발표 2020.10.21.).

○ **(스웨덴)** 스웨덴 Karolinsk 연구소 연구팀, 단일세포 수준에서 **전염기시퀀싱과 유전자 발현의 조인트 분석 방법(DNTR-seq)을 개발함**(국제학술지 'Molecular cell (2020)'에 발표 2020.11).

○ **(독일)** Single Cell Omics Germany, 전산학적인 방법과 실험 방법, 전문지식 등을 공유할 수 있는 협력 플랫폼 구축 등 **단일세포 기반 독일 내 연구 네트워크 구축함**(https://www.singlecell.de/).

○ **(한국) 단일세포 시퀀싱 분석을 통해 줄기세포 치료제 연구 활성화를 이룸**(재단법인 미래의학연구재단 2019.3.).

■ **단일세포 RNA 시퀀싱(scRNA-seq) 기술의 발전으로 면역 체계에 대한 종합적인 분석 가능해졌음.**
- **scRNA-seq**를 사용하면 **건강 및 질병에 관련된 면역세포 집단을 특성화**하고, **면역 반응을 유도하는 확률적인 유전자 발현의 변화를 파악**하며, **면역세포의 발생 경로를 재구성하는 연구를 수행이 가능**함[BRIC View. 2019.9.24.].
■ 경희대학교 주경민 센터장이 이끄는 단일세포 네트워크 연구팀은 **단일세포 전장 전사체 분석을 통해 연골조직으로의 줄기세포 분화 최적화 배양 조건 확립**함(2019.11.).
- 연골세포로 분화되는 줄기세포의 단일 세포 전장 전사체 분석을 위한 파이프라인을 구축
- 단일세포 전사체 분석을 통한 연골세포로의 분화능 분석 및 새로운 분화 바이오마커를 발굴

- 최종 결과에 기반을 둔 최적의 연골 세포 분화 배양 조건 확립
- 'International Journal of Genomics'에 논문 게재(2018.3.)

■ 성균관대학교 이OO 교수팀은 **단일세포 수준 유전자 분석 기술을 응용하여 항암치료 응용 및 줄기세포 분화기전 발굴 및 치료제 개발에 관한 연구 진행**함(2016.12. 출범).
- 단일 세포 transcriptome/epigenome dynamics 분석을 통한 세포 분화/재생 연구
- 세포재생/섬유화 신호 네트워크 핵심 표적 유전인자 발굴을 목표로 함.
- 줄기세포 분화효율 증대 인자의 노화 및 질환 pathophysiology 측면에서의 역할 분석

■ 삼성서울병원 박OO 유전체연구팀은 **대장암 조직으로부터 단일세포 수준의 유전자 분석 기술을 응용하여 암의 성장과 전이 과정에 영향을 미치는 암의 미세환경 조사**함(2020.8.18. 동아사이언스 기재).
- 국내 대장암 환자 23명과 벨기에 환자 6명의 대장암 조직으로부터 단일 세포 분리 및 전장 유전체 정보 분석 진행
- 대장암 조직 내 근섬유아세포와 골수성 세포(골수를 이루는 줄기세포 중 하나)가 면역 억제 기능을 하는 것을 밝힘.
- 이 세포들이 면역 억제 유도체인 TGF-β의 과다발현을 유도하는 것을 밝힘.
- 이번 연구를 통해 암세포가 아닌 주변 미세환경세포를 통해 암치료제를 개발하는 것이 가능하다고 밝힘.
- 세계적인 저명 SCI급 저널 'Nature genetics'에 논문 게재(2020.5.)

○ **(한국)** 단일 세포 수준의 전사체 정보 분석을 통해 전이/재발 가능성이 높은 **'호발암성 질환 진단' 및 방사선, 약물, 면역 치료반응 등에 관한 '치료예측 기술'개발을 진행 중임**(2017~2022).

■ **차세대 염기서열 분석기술(NGS)**을 활용한 **단일세포 수준 전장 전사체 분석을 위해 호발암성 임상 시료를 확보하고, 이로부터 단일세포 단위의 분리 기법을 확립**함.
- 선암종 단일세포(single cell of adenocarcinoma, 선암종 진단 관련 임상 시료 10건 이상), Whole Genome (mRNA), RNA-sequencing

■ **분리된 단일 세포로부터 전장 전사체(total mRNA)를 추출한 뒤 차세대염기서열분석 방법을 이용하여 전사체 정보를 확보**함. 이를 기반으로 **단일 세포 수준의 아형 분류 기술을 확립**하고 **치료반응과의 상관관계 분석을 통해 바이오마커 발굴을 진행 중**임.

■ **발굴한 바이오마커의 유효성을 검증하고 실 진단 분야에서의 치료예측 가능성과 분자적 수준의 기전을 규명**하여 웹 데이터베이스 구축 및 공개함.
- 마커 유효성 검증(신규환자 100례 이상 확보)
- 세계적 저명 SCI 학술지'Nature Communication'에 논문 게재 (2020.5.)

○ **(한국) 다양한 질환 모델을 활용하여** '단일세포 수준의 다중오믹스 분석 응용'에 기반, **질환의 진단 및 치료 기술개발 진행 중임**(2019~2023).

■ **단일세포 수준의 다중오믹스(후성유전체, 전사체, 그리고 단백체 등)** 분석을 통해 빅데이터 생산 및 치료와 관련한 표적 바이오마커 발굴 및 응용기술을 개발 중임.
- 질환 모델: 다양한 병적 상태를 나타내는 세포주로 오가노이드, 동물, 환자 유래 암종 세포 등

■ 암세포 질환 모델로부터 도출된 후보 바이오마커 또는 작용 기전에 관한 분석 기술에 대한 유효성을 검증하고 질환자 대상 활용 기술 확보함.

- 세계적 저명 SCI 학술지'Genome medicine'에 논문 게재(2020.2.)

■ 다양한 종류의 세포를 포함한 **생체시료로부터 단일 세포 수준의 단백체(Proteome)분석에 관한 분석 원천기술을 개발**하고 있음.

- 단일 세포 수준의 단백체분석기술 확립(최소 1,000개 이상의 단백질 pool에 대한 측정/분석이 가능한 기술)

○ **(한국)** 다양한 질환 양상을 보이는 세포 간 미세환경 내부 상호작용의 효율적인 분석을 위한 **'단일 세포 수준의 공간네트워크 분석 기술' 개발 진행 중임**(2020~2024).

■ **단일 세포 수준의 공간네트워크 분석을 위해 질환 관련 임상조직 시료를 확보, 오믹스 분석 빅데이터 생산 및 분석 기술을 확립**함.

- 질환 모델: 질환 및 정상 대조군 임상조직 시료 확보(각 군별 10례 이상 시료 확보)
- 조직 내 세포들의 위치 정보를 포함한 단일 세포 수준의 오믹스 분석 데이터베이스화 진행
- 데이터 비교분석을 통해 특이적 네트워크 모델 구축 및 상용화
- 상위 10% SCI 학술지'Cell Stem Cell'에 논문 게재(2020.10.)

■ 질환자들로부터 획득한 시료로부터 **종적(longitudinal)분석을 통해 단일세포 수준에서 만성 질환의 발병 또는 재발에 관한 동적 네트워크 분석 기술을 확립**하고자 함.

- 종적(longitudinal) 시료 및 임상 데이터 확보(환자별 3회 이상의 시기별 확보)
- 단일 세포 수준에서의 멀티 오믹스 분석을 활용하여 네트워크 분석 기술 확립
- 추가적 환자 약 20명 이상에 대한 다이나믹 네트워크 분석을 통해 데이터 신뢰도 향상
- 질환의 진행 및 관련 주요 표현형(발달, 진행, 그리고 저항성 등)에 대한 세포군 규명 및 응용
- 해당 분석 기술에 기반을 둔 질환 진단, 예측 및 치료 기술 확보

○ **(한국)** 카이스트 박OO 박사, 영국 캠브리지대학 연구팀과 함께 단일세포 RNA 시퀀싱을 이용한 **파킨슨병 관련 유도만능줄기세포(iPSC)-유래 뉴런의 세포독성 및 유전적 스트레스에 관한 반응 연구를 수행함**(국제학술지'Cell Reports'에 발표 2020.10.13.).

○ **(한국)** 단일세포 프로파일링 분석을 기반으로 항원 접촉 없이도 면역력 갖추**는 선천성 T세포 분화과정을 밝힘**(연합뉴스기재 2020.8.31.).

○ **(한국) 질병관리청/국립보건연구원 COVID19 환자 면역세포 관련 단일세포 정보 생산/분석을 진행함**(2020).

■ 질병관리청 바이러스질환연구과, **「2020년 5차 긴급현안지정 국가연구개발사업 학술연구용역(단일세포 전사체 프로파일링을 이용한 COVID19 환자 면역세포 특성 정밀분석)」** 사업을 진행함.

- PMBC와 plasmablast에 대한 scRNA-seq 및 scBCR-seq을 통한 COVID19 환자 20명 면역세포 전사체 분석

■ 질병관리청 헬스케어인공지능연구과, 용역(**코로나19 확진자 멀티오믹스 데이터 생산 및 자원화**)사업을 진행함.

– PBMC 단일세포 (경증 60명, 중증 60명 시계열 (3point), 정상인 30명, 인플루엔자 30명) 등

○ (단일세포 시퀀싱 정보 포털)

프로젝트명	연구 내용	URL
Genotype-Tissue Expression(GTEx) project	인체 내 54개 조직에 대해 eQTL 마커 발굴	https://gtexportal.org/home/
Human cell atlas (single cell portal)	신경, 폐, 간, 삼장 세포 등 인간의 세포타입 별 세포 레퍼런스 지도(cellular reference map)구축	https://www.humancellatlas.org/
Human Biomolecular Atlas Program(HuBMAP)	인체 내의 기관, 조직의 세포 수준 3차원 지도 작성	https://hubmapconsortium.org/
Single cell portal	290개 연구, 약 1100만 세포 관련 정보 제공	https://singlecell.broadinstitute.org/single_cell
Single cell expression atlas	인간을 비롯한 14종, 175개 연구를 통해 약 3백80만 세포 관련 정보 제공	https://www.ebi.ac.uk/gxa/sc/home

5. 기초연구사업 지원 현황은?

○ 지원과제 현황

구분	2018	2019	2020
지원과제수(건)	2	5	23
지원액(백만원)	85	280	4,156

연구책임자	과제명	사업명	총 연구기간
이OO 삼성서울병원	차세대 영상 분석 기술을 이용한 암미세환경의 정량적 영상분석과 발암과정중의 종양내 시간적 공간적 이질성에 대한 영상 추적	중견연구	2016.6.1 ~2019.5.31
주OO 성균관대학교	단일세포 네트워크 연구센터	선도연구센터지원	2016.12.1 ~2023.8.31
김OO 가톨릭대학교 (성의교정)	단일 세포 전사체 기반 시스템 수준의 종양내 이질성 및 미세환경 특성 연구	기초연구기반구축	2017.6.1 ~2020.5.31
이OO 가톨릭대학교 (성의교정)	종양이질성 기반 다발성골수종 약물저항성 경로 발굴	이공학개인기초연구지원	2017.6.1 ~2020.5.31
고OO 연세대학교	두경부 전암 및 진행암 단세포 유전체 분석을 통한 암 진행 기전 연구 및 선제적 제어전략 개발	전략공모	2017.11.1 ~2021.10.31
김OO	Ph(+)급성림프구성 백혈병을 포함한	중견연구	2018.9.1

연구책임자	과제명	사업명	총 연구기간
전남대학교	만성골수구계종양에서 Single cell RNA sequencing을 통한 치료 바이오마커 개발		~2021.8.31
김OO 아주대학교	난치성 두경부암에서 single-cell transcriptome기반 종양내 비균질성과 종양미세환경분석을 통한 치료저항성 암 극복 정밀제어 치료전략 개발	중견연구	2018.3.1 ~2023.2.28
손OO 서울대학교	단일 세포 전사체 탐색법을 이용한 비만 유발 유전자 Sim1과 Irx3의 시상하부 조절 기전 규명	기초연구기반구축	2018.9.1 ~2019.8.31
엄OO 가톨릭대학교 (성의교정)	단일세포 유전체 기반 암 미세환경 내 면역세포 특징 규명	기초연구기반구축	2018.6.1 ~2021.5.31
현OO 연세대학교	미세유체 칩 기반 연속적 액적형성 기술을 이용한 단일 순환희소세포의 분리 및 분석 시스템 개발	신진연구	2018.3.1 ~2021.2.28
이OO 울산과학기술원	단일 세포 염기서열과 CTC 분석을 통한 췌장암의 간 전이 기전 연구 및 바이오마커 발굴	신진연구	2018.3.1 ~2021.2.28
김OO 서울아산병원	단일세포 유전체 분석을 통한 위암 환자의 HER2 표적치료 반응성에 따른 종양침윤 면역세포와의 관계 규명	개인기초연구	2018.6.1 ~2021.5.31
우OO 성균관대학교	단일세포 전사체 데이터 기반 조직내 면역세포조성 예측 모델 개발	개인기초연구	2018.6.1 ~2019.7.26
이OO 서울아산병원	종양에 침윤한 B 림프구의 유전체 분석 및 기능 연구	개인기초연구	2018.6.1 ~2021.5.31
이OO 고려대학교	초고주파 초음파를 이용한 단일 세포 특성평가 및 분리 기술개발	개인기초연구	2018.6.1 ~2023.5.31
박OO 전북대학교	6축 전자기장 제어 시스템을 이용한 Microfluidic Sieve 기반의 전이 암 세포 분리 연구	중견연구	2019.3.1 ~2024.2.29
김OO 한국과학기술원	초고처리량 영상기반 유세포분석기 및 세포분리에 응용 가능한 관성흐름 기반의 미세유체 플랫폼 개발	개인기초연구	2019.9.1 ~2020.8.31
윤OO 아주대학교	단일세포 시퀀싱 기술을 이용한 간암발생모델 프로파일링	학문균형발전지원	2019.6.1 ~2022.5.31
조OO 서강대학교	현미경 DNA 서열 분석법을 이용한 후성유전 및 전사조절인자 관찰	중견연구자지원사업	2020.3.1 ~2023.2.28
주OO 한국화학기술원	MosaiClone: 체세포 돌연변이에 의한 인체 세포 이질성의 근본적 규명 연구	리더연구자지원사업	2020.6.1 ~2029.2.28
김OO 대구경북과학기술원	비침습 조기 산전 확진검사를 위한 임신부 혈액 내 태아세포 분리용 관성 원심 미세유체기술 개발	기초연구실지원	2020.7.1 ~2023.2.28
홍OO 성균관대학교	단일세포 전사체 기반 간전이 대장암 환자의 전이 기작 추적	기초연구기반구축	2020.6.1 ~2022.5.31
윤OO	단일세포 전사체 데이터를 통한 범 종양	기초연구기반구	2020.6.1

연구책임자	과제명	사업명	총 연구기간
한양대학교	시그니처 프로그램 발굴	축	~2022.5.31
조OO 서울과학기술대학교	전혈로부터 비정상 세포 분리 및 검출을 위한 관성 유체역학과 음파영동 현상이 통합된 미세유체칩 개발	기본연구	2020.6.1 ~2023.2.28
장OO 울산과학기술원	단일세포유전체 분석을 활용한 지방 줄기세포 분화의 하위유형 정밀 분석을 통해 글루코세레브로사이드에 의한 새로운 지방 분화 기전 규명	학문균형발전지원	2020.6.1 ~2023.5.31

○ 성과현황 (단위 : 건)

구분	SCI 논문수	JCR 상위 10%	JCR 상위 5%	피인용 상위 1% 논문	기술실시 계약
2017	19	7	5	-	-
2018	34	12	9	-	-
2019	34	14	8	-	1
2020	9	4	4	1	-

○ 기초연구사업 주요 연구 결과 ※ 종료과제를 중심으로 연구결과 조사

★ 다발성골수종에 대한 종양이질성 분석으로부터 약물저항성 경로 발굴

<연구책임자>

■ 이OO(가톨릭대학교(성의교정))

<성과내용>

■ 다발성 골수종의 효과적인 항암치료를 위하여 종양의 치료 저항성 극복이 요구됨.

■ 종양의 진행과 전이과정 중 수반되는 종양 이질성을 단일세포 전사체 시퀀싱을 통해 도출하고, 치료 저항성의 원인이 되는 신호전달체계를 발굴함.

■ Genome Research(IF 10.101)에 논문 발표

★단일세포 분석을 통한 항암 개인맞춤 치료법 발굴

<연구책임자>

■ 주OO(성균관대학교)

<성과내용>

■ 기존의 연구는 암 조직을 하나의 단위로 분석함으로써 암 조직의 특성을 정확히 분석하기 어려운 한계가 있었음.

■ 암 조직으로부터 세포를 분리한 후, 이 세포들을 단일세포 단위로 분석함으로써 암 조직의 특성을 더 정확히 분석할 수 있도록 하였음.

■ 본 연구로부터 암 환자별로 적합한 개인 맞춤 치료법을 찾기 어려웠던 기존의 문제점을 해결할 수 있었음.

■ Genome Biology(IF 13.214)에 논문 게재

★ 차세대영상분석기술을 통한 암미세환경 정량분석
<연구책임자> ■ 이OO(삼성서울병원) **<성과내용>** ■ 기존의 연구는 유전체 불안정성과 암 미세환경에 관련된 특성을 반영할 수 있는 영상분석 기법은 아직 제대로 구현되지 못했으며 특히 암미세환경에 대한 이미지 인포메틱스에 대해선 전혀 시도된 바가 없음. ■ 본 연구에서는 암 발생 과정의 클론성 진화를 검증할 수 있음을 동물 모델과 환자 데이터의 양 축에서 모두 확인하고 정량분석 방법을 구축하여 적용할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, 이를 기반으로 한 정량분석에 성공함. ■ 발암 과정과 치료 전후의 암 기반 영상을 이용해 in vivo로 비침습적 추적이 가능하므로 암에 대한 스크리닝이나 치료 평가에 적용함으로써 암환자의 최적의 치료 평가와 생존율 감소에 기여할 것으로 기대됨. ■ Oncologist(IF 5.306)에 논문 게재
★ 질병의 복합적 특성 분석을 위한 광음향/초음파이미징 기술개발
<연구책임자> ■ 김OO(서강대학교) **<성과내용>** ■ 기존의 연구는 단일광을 이용하는 광음향 다중 이미징(multi-imaging) 기술이 없고, 실시간으로 질병의 환자 맞춤형, 복합적 특성을 파악하여 치료전략을 구성하기 어려운 한계가 있었음. ■ 마이크로버블 초음파 조영제의 크기를 마이크로 플루이딕 시스템을 통하여 원하는 크기의 균일한 마이크로버블을 제조하는 데 성공하였음. ■ 다중 표적을 위해 특정 표적분자 혹은 세포에 대한 표적능을 부여하기 위하여 extracellular vesicle(EVs)이라는 물질을 마이크로버블과 융합하였고, 융합된 마이크로버블의 표적능이 더 우수한 것을 검증하였음. ■ Theranost(IF 8.063)에 논문 게재

6. 향후 기초연구사업에서 어떤 연구들이 필요한가?

BRIC View (2020.1.) ※ 고경표 박사 (NIAMS/NIH)	**<단일세포 다중체학(multi-omics) 연구>** **■단일세포시퀀싱을 응용한 다중체학분석기술 개발** – 단일세포를 이용한 유전체와 전사체 시퀀싱, 후성유전체와 전사체 시퀀싱 및 전사체와 단백질 측정 등 여러 분석방법의 통합 연구가 필요함. **■단일세포 내의 다중체학 분석 기술 적용 분야** – 특정한 세포 계통 내에서의 동적 변화 재구성 연구, 기관 혹은 종 전체를 구성하는 세포 간의 상호작용과 기능들을 설명하는 지도책(atlas) 프로젝트 (예: 국제 인간 세포 지도(Human Cell Atlas) 컨소시엄), 세포군 분류 및

	신규 타입의 세포 발굴 등에 적용할 수 있음.
BRIC View (2017.6.) ※ 이혜미 교수 (충남대)	**<유전자 발현 연구에서 세포 이질성 해결을 위한 단일세포 시퀀싱 분석 적용>** **■암세포 발생 기전 이해를 위한 단일세포 프로파일링 분석** – 암세포는 다양한 특성의 세포 집단으로 단일세포 프로파일링 분석을 통해 암 세포 발생에 대한 보다 직접적인 분자생물학적 증거를 찾을 수 있을 것임. **■조직 분화/발생 기전 이해를 위한 단일세포 프로파일링 분석** – 다양한 생물 종들에 대한 초기 발달 과정의 전체적인 유전자 발현 양상 변화에 대한 이해가 아직 명확히 밝혀져 있지 않음. **■신경 분야에 대한 단일세포 프로파일링 방법 적용** – 고령화 시대에 치매와 같은 뇌질환 극복을 위한 뇌과학 연구가 국가적으로 많은 관심을 받고 있음. – 복잡한 뇌세포들의 기존에 밝혀지지 않은 새로운 뉴런 타입들을 단일세포 프로파일링 방법을 적용하여 찾아낼 수 있을 것으로 판단됨. **■면역 세포에서의 단일 세포 분석** – 면역 반응의 효율은 각 단계에 관련된 다수의 다른 세포의 조화 및 균형에 의존하므로 단일 세포 상태에 대한 포괄적인 그림을 제공하는 '오믹스 분석'이 요구됨.
연구자 조사 결과 ※ 조윤신 교수 (한림대)	**<인간 생체 조직별 단일세포 eQTL 및 후성유전체 데이터 기반 구축>** **■특정 질환의 원인유전자 발굴을 위한 기반 자료**로서 **동일인으로부터 생산된 유전체 데이터와 전사체 데이터의 확보가 필요**함. – 현재 **GTEx(Genotype-Tissue Expression) portal**이 세계적으로 가장 규모가 큰 eQTL 기반의 데이터베이스지만 이곳에 탑재된 유전체/전사체 정보는 **다수의 heterogeneous한 세포들로부터 확보된 것이므로 더 정밀한 질환 유전자 발굴을 위한 분석에는 한계**가 있음. – GTEx portal은 유럽인을 대상으로 확보된 데이터이며, **아시안 인구집단을 대상으로 한 단일세포 eQTL portal은 세계 최초의 데이터베이스가 될 것**임. ■유전체 및 전사체 데이터에 덧붙여 단일세포에서의 후성유전체 데이터를 확보한다면 다중오믹스 분석이 가능해질 것이며, 이로부터 질환의 발생 기전을 보다 정밀하게 파악할 수 있게 될 것임.
연구자 조사 결과 ※ 한규동 교수 (단국대)	**■조직별 단일세포내 이동성 유전인자 분자세포생물학적 차이 검증** – **이동성 유전인자(Transposable Element)의 특이적인 발현은 조직별로 차이를 보이고 있음.** 일반적으로 생식세포와 신경세포에서 다발현을 보인다고 알려졌으나, 단일세포 단위에 분석을 통해 세밀한 분석은 이루어지지 않고 있음. – 조직별 단일세포단위의 이동성 유전인자 transcriptome reference를 마련하고, 이동성 유전인자 삽입 다형성에 있어 체세포 변이(Somatic mutation)와 단일세포내 이동성 유전인자 발현에 상관관계 규명이 필요함. **■감염에 따른 조직 내 단일세포군간의 발현 차이 분석** – 코로나19와 같은 **호흡기 감염질환 연구**에 있어 **상/하기도, 폐 조직을 구성하는 세포들에 단일세포 프로파일링을 진행**하여, 감염병 질환에 관련된 세포군들을 선별하고 감염에 따른 단일세포별 유전자 발현 반응의 정도 차이를

	관찰하여 진단 및 시약개발에 필요한 기초/응용 데이터 구축이 필요함.
연구자 조사 결과 ※ 문상훈 박사 (아이크로진)	**■미량의 세포를 이용한 질환 진단에 단일세포 분석기술 활용** – **고령 임산 증가와 관련하여 유전질환 진단 필요성 및 수요가 증가**하고 있음. 임산부의 혈액에 포함된 미량의 태아 세포를 단일세포 프로파일링을 통해 분석함으로써 비침습적 산전진단에 활용할 수 있음. – 순환종양세포(circulating tumor cell)는 초기 암의 발생, 진행 및 치료 효과와 관련된 혈액생체표지자로 활용 가능하고 또한, 암의 전이에 매우 중요한 역할을 한다고 알려져 있음. 혈액 속에 떠돌아다니는 순환종양세포는 매우 소량으로 단일세포 시퀀싱을 통해 암 연구에 활용될 수 있음.

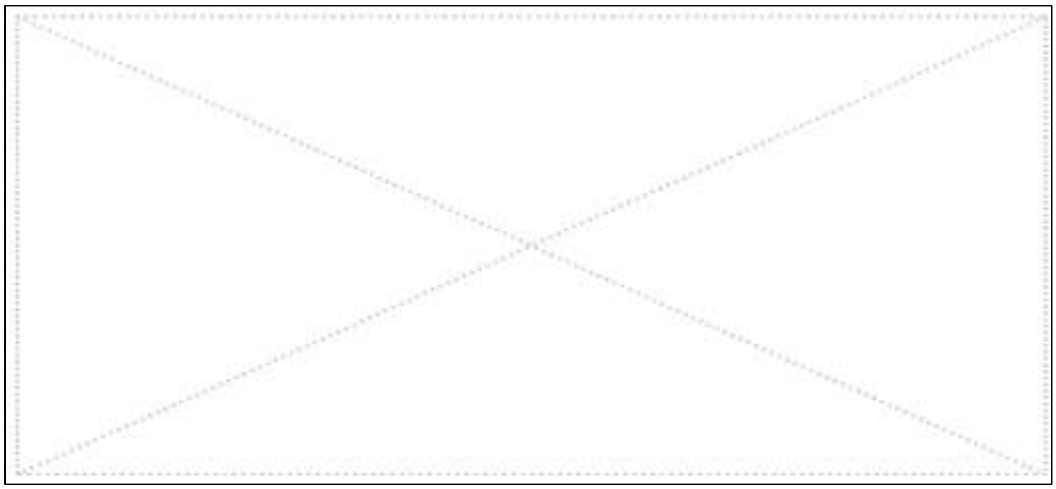
7. 기초연구사업 결과들이 원천기술 확보로 이어지려면?

연구자 조사 결과 ※ 문상훈 박사 (아이크로진)	**① 단일세포 시퀀싱을 위한 mRNA 캡처 효율 개선** ■현재 mRNA 캡처 효율 문제 등으로 인해 약하게 또는 높지 않게(weakly or moderately) 발현하는 유전자들을 분석하지 못하는 문제들을 효율적인 캡처 방법 개발을 통해 해결할 수 있으며, 또한 높은 단일세포 시퀀싱 방법의 가격을 낮추는 데 도움을 줄 것으로 보임. **② 동결보존 시료의 단일세포 시퀀싱 방법개발** ■Fresh cell의 분리 여부는 현재 단일세포 시퀀싱 기술의 선행 조건임. 이로 인해 바이오뱅크 등에서 보존하고 있는 동결 보존된 조직 등을 활용하는데 한계가 존재함. 따라서 동결보존 또는 고정된 조직(cryopreserved or fixed tissue)을 시퀀싱 할 수 있는 기술의 개발은 임상연구 활용을 위해 매우 중요할 것으로 판단됨. **③ 단일세포 멀티오믹스 관련 기술** ■암 등의 질병은 단일세포 수준에서 클론의 이질성(clonal heterogenity)이 발생하며, 이로 인한 유전자 발현 변화를 살펴볼 수 있는 기술은 질병을 이해하는데 매우 중요함. ■현재 멀티오믹스 분석을 위한 다양한 방법들이 시도/개발되고 있지만 아직은 더 많은 발전이 필요함. 단일세포 수준에서 서로 다른 마커들을 통합 분석하기 위한 시퀀싱 프로토콜 및 컴퓨팅 기술이 질병의 이해 및 치료 방법개발에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨. **④ 단일세포 이미징 및 시각화 기술** ■단일세포 수준의 각 세포별 공간/위치 정보를 추출하는 기술(multiplexed single cell imaging)은 전체 조직 내 모든 유전자의 발현정보를 파악하는 데 있어 매우 중요한 기술로, 현재 multiplexed ion-beam imaging 등의 방법들이 개발되어 있으나 유전자 수, 스캐닝 속도, 높은 기기 가격 등의 한계가 있음. 향후 집중 지원을 통한 원천기술 확보 필요성이 있을 것으로 판단됨.

본 브리프는 한국연구재단의 공식 의견이 아닌 집필진의 견해이며 동 내용을 인용 시 출처를 밝혀야 합니다.

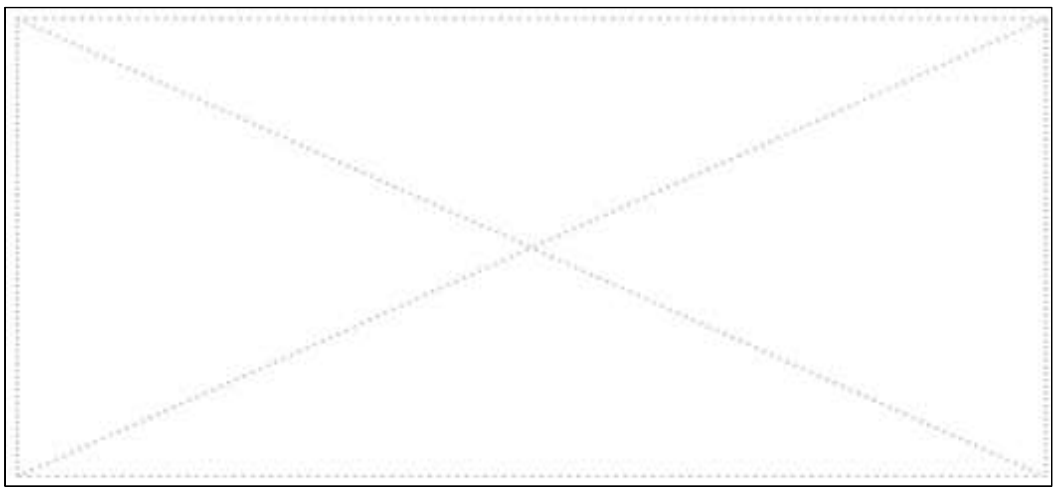
참 고 자 료

※ 참고자료1 (출처: tylerjburns.com 및 교육과학기술부 주관 과제'종양 이질성을 극복할 수 있는 단일 세포 유전체 분석을 이용한 NGS 자료에서 암에 관련 바이오마커 검출 분석 개발')



<최근 Single-cell 분석 응용 논문 게재 동향>

※ 참고자료2 (출처: MARKETSANDMARKETS)
(https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/single-cell-analysis-market-171955254.html)



<최근 단일세포 분석 응용 분야 시장 전망>

빅데이터 생물학-유전체 및 후성유전체 기초연구

기초연구본부 선정 R&D 이슈 연구동향(20)

2021---호 (2021.--.--.) / 생명과학단

1. 빅데이터 생물학(Big Data Biology)

○ 빅데이터 생물학은 **대용량의 생물학적 정보를 효율적으로 정리하고 해석하여 다양한 생명체와 그 생물학적인 현상을 분석**하는 연구 분야를 의미함.

☞ 빅데이터 생물학 분야에서의 유전체학 및 후성유전체학은 **특정 세포의 전체 유전자를 포함하는 게놈의 구조, 기능, 변형 및 교정 등에 대한 연구를 비롯하여 유전물질의 다양한 변형과 발현조절을 대용량 데이터를 활용하여 연구하는 분야**를 일컬음.

☞ 빅데이터 생물학 연구는 방대한 양의 **유전체 및 전사체 정보를 분석하고 해석하기 위한 다양한 컴퓨터 프로그램 및 통계학적 활용 기술과의 융복합적 연구**를 통해 현대 생명과학 기술의 변화를 이끌고 있음.

※ 출처: [한국바이오협회 Bio economy report, 바이오 빅데이터-데이터가 생명을 살린다., 김태형], https://www.ibric.org/myboard/read.php?id=3616&Board=report

2. 왜 주목받고 있나?

○ 최근 DNA 및 단백질을 포함한 다양한 생체고분자 분석기술의 발전에 따라, 생명 유전정보와 질병 사이의 관계에 대한 생물학적 정보가 급증하고 있음.

☞ 생체고분자는 살아있는 생물체에 의해 생성되는 중합체로, 단량체 분자들이 공유 결합으로 연결되어 큰 구조를 형성한다. DNA나 단백질은 뉴클레오타이드(nucleotide)와 아미노산 단량체가 모인 중합체임.

☞ 생체고분자 중합체의 서열 정보는 DNA 유전정보와 큰 연관성을 가지고 있음. 특히 DNA 염기서열 분석을 통해 얻은 **중합체 서열 정보는 현재 생체 빅데이터의 근본**이 되고 있음.

※ 출처: [KIST 융합연구정책센터, 유전체 기반 정밀의료 연구동향, 박순영], https://crpc.kist.re.kr/user/nd88987.do?View&boardNo=00005813

○ 인구고령화 및 빅데이터 생물학의 발달로 보건의료의 패러다임이 의료소비자인 개인맞춤형 의료로 변화하고 있으며, 이를 통해 질병에 대한 정확한 진단, 질병 조기 발견 및 예방이 가능할 것이라는 기대감과 함께 유전체 기반의 정밀의료에 대한 수요가 증가하고 있음.

☞ 정밀의료(precision medicine)는 환자마다 다른 유전적, 환경적 요인 등을 통합적으로 고려하여 환자에게 적정한 약과 용량으로 사용하는 의료서비스임.

☞ 정밀의료와 맞춤의학을 혼용하여 많이 사용하고 있으나, 미 국립연구회의(National Research Council, 2016) 자료에 의하면 맞춤의학이 특정 개인을 위한 치료법이라는 오해 소지가 있어 정밀의료로 사용함을 권장하고 있음.

※ 출처: [KIST 융합연구정책센터, 유전체 기반 정밀의료 연구동향, 박순영],

https://crpc.kist.re.kr/user/nd88987.do?View&boardNo=00005813

○ 유전정보의 변화 없이도 유전자발현을 조절할 수 있는 후성유전학적 현상들에 대한 새로운 시각이 새롭게 주목받고 있으며, 이러한 현상들을 유전 현상과 연결하여 분석할 수 있는 새로운 후성유전체 분석방법에 대한 연구 필요성이 대두되고 있음.

☞ 후성유전학적 주요 기전으로는 DNA 메틸화, 히스톤 단백질 변형 및 비암호화 RNA의 역할 등이 알려져 음. 이들의 변화를 전장 DNA 수준에서 연구하는 것을 후성유전체학이라고 함

☞ 전장 유전체 수준에서 후성유전학을 이해하기 위해서는 새로운 측면의 후성유전학적 기전들이 심도 있게 연구되어야 하며, 이를 위해 2010년대 이후부터 주로 사용하기 시작한 next-generation sequencing 분석 기술과 함께 새로운 실험기술들의 개발이 지속적으로 필요한 상황임

※ 출처: [BRIC View 동향리포트, 후성유전체에 대한 연구동향, 한남식], https://m.ibric.org/miniboard/view_report.php?Board=report&id=2295&type=1&filename=pdf_0002295.pdf

3. 최근 많은 연구가 이루어지고 있나?

○ 생물학 분야에서 빅데이터라는 용어는 최근 유전체 및 후성유전체 연구의 핵심 키워드로 자리 잡기 시작했는데, 유전체 및 후성 유전체 데이터는 빅데이터의 3대 요소라 할 수 있는 데이터의 규모(volume), 처리 및 저장속도(velocity), 데이터 종류의 다양성(variety) 3대 요소를 모두 포함하고 있음.

○ 생물학 분야 빅데이터는 소위 차세대 시퀀싱 기술(NGS, Next Generation Sequencing)에 기반한 다양한 종류의 오믹스 데이터, 즉, 유전체학(Genomomics), 전사체학 (transcriptomics), 단백체학 (proteomics), 후성 유전체학 (epigenomics) 및 대사 유전체학 (metabolomics)등의 연구를 통하여 얻어진 데이터를포함함.

○ 유전체 및 후성 유전체를 포함한 생물학 분야의 빅데이터를 다양한 개인정보(유전정보, 생활습관 등)와 통합하여 정밀 맞춤 의료를 실현하고, 효율적인 진단 및 치료에 응용하고자 하는 헬스케어 시스템과의 결합 추진하고자 하는 전 세계적인 노력이 가속화되고 있음. 본 이슈 리포트에서는 유전체 및 후성 유전체 빅데이터 분야가 최근 어떻게 성장 발전하고 있는지 집중하여 살펴보고 간단히 기술하고자 함.

(1) 유전체 분야

○ 1990년에서 2003년까지 진행되었던 인간유전체사업(human genome project)을 통한 인간표준게놈서열의 완성은 생물학 연구의 새로운 패러다임 전환을 가져옴.

○ 2000년대 중반 개발된 NGS 기술의 보급과 성장으로 인해 유전체 빅데이터

생산에 필요한 비용을 획기적으로 낮출 수 있게 되어, 연간 유전체 빅데이터 생산량이 페타(petabyte, 1015 byte) 수준으로 증가했고, 매년 2배 이상 증가하고 있음.

○ 인간유전체사업을 통해 새로이 구축한 시퀀싱 기술과 컴퓨팅 기술, 그리고 유전체 기반 빅데이터를 분석하기 위한 생물정보학 방법론의 등장과 맞물려 유전체 연구는 전 세계적으로 생물학 연구의 필수적인 방법론으로 자리 잡았으며, 새로운 헬스케어에 대한 패러다임의 전환과 더불어 맞춤정밀의료 실현에 있어 핵심 분야로 인식됨.

○ 아래 그림은 2013년부터 현재까지 진행된 유전체사업(Complete Genome Projects)을 통해 완성된 유전체의 수 및 유전체 사업의 수를 보여주는 도표로 드래프트 유전체까지 포함하면 한 해 평균 30,000건 이상의 유전체 서열이 완성되어 발표되고 있는 정도로 활발히 유전체 연구 진행되고 있음(Genome Online Database, https://gold.jgi.doe.gov/statistics).

<게놈 서열 분석 프로젝트(1997년~2021년)>

○ 유전체 시장의 시퀀싱 가격 하락(인간유전체사업 10년 동안 하나의 표준 유전체 서열이 완성되었고, 이때 시퀀싱 비용이 약 10억 달러로 추산되고 있음. 현재는 하나의 유전체 서열 결정에 약 150만원 이하의 비용)에 따라 더욱 급속도로 성장하고 있으며 결과적으로 시퀀싱 기반 산업의 눈부신 성장을 가져온 계기가 되었음(출처: 미래에셋대우 리서치센터, 참고자료 1).

○ 유전체 빅데이터의 생산 및 분석은 신약개발, 질병의 초기 진단과 예방 국방, 농업, 수산, 식품, 환경, 에너지 등 거의 모든 산업 영역에 막대한 파급효과를 미칠 것으로 기대되어, 우리나라를 비롯한 여러 선진국에서 경쟁적으로 투자를 확대해 나가고 있는 상황임.

○ 사물기반 인터넷(IoT, Internet of Thing)과 유전체 정보의 융합 연구를 통하여 환자에 대한 다양한 정보(생활패턴, 바이털정보, 유전체정보)가 결부된 의료의사결정시스템(Clinical Decision Supporting System) 개발하고 있음.

(2) 후성 유전체분야

○ ENCODE (Encyclopedia of DNA Elements)는 인간 유전체에 존재하는 유전자 발현 조절 요소의 위치와 기능을 밝히기 위한 대규모 프로젝트로, 9년 동안 진행되었고 2012년에 30편의 관련 논문이 발표되었으며 현재 수많은 연구들이 ENCODE 데이터베이스에 축적된 후성유전체(히스톤 조절 마크, TFBS, DNase I hypersensitivity site등)를 참조하여 진행되고 있음 (https://www.encodeproject.org/).

○ 우리나라는 국립보건원 질병관리본부 형질연구과에서 아시아국가 최초로 국제인간후성유전체컨소시엄(IHEC)에 가입하여'한국인 당뇨/비만 등 만성질환 관련 타겟세포 유래 메틸롬, Chip-Seq, miRNA-seq을 포함하는 참조 에피유전체 지도 11종의 후성유전체 데이터를 생산하여 IHEC에 공개함. IHEC은 2011년부터 6년간 전세계 8개 국가의 9개 기관이 참여한 국제컨소시옴으로 인간유전체사업 이후 최대 규모의 국제 공동연구임(질병관리청 국립보건원, https://kdca.go.kr/contents.es?mid=a40503040000).

○ 인간유전체 관련 기술에 대한 특허는 인간유전체사업 이후 폭발적으로 증가하였고, 현재까지도 꾸준히 증가하고 있는 상황임. 미국의 출원 건수가 가장 많고, 일본과 영국도 활발하게 특허출원 진행 중임. 우리나라의 경우도 꾸준히 증가하여 국내 유전체 관련 특허 중 질병 분석 관련 건수는 거의 1000여 건에 이르는 것으로 추정됨(출처: Bric view, 이혜미, 2018, 참고자료2).

4. 최근 국내·외 연구 동향은?

(1) 해외 연구 동향

■ 암의 예방과 조기진단의 중요성이 커지면서 여러 암에 대한 진단검사가 가능한 제품도 개발되고 있음. Illumina는 다중 암 선별검사 제품인 Galleri를 출시 예정이며, Exact Sciences는 ctDNA와 단백질 바이오마커의 상관관계를 활용한 CancerSEEK이라는 다중암선별검사 제품을 개발 중임 (출처: 미래에셋대우 리서치센터).

■ 2011~2020년까지 진행된 임상시험을 분석한 결과 임상 1상에서 최종 승인까지 성공률은 7.9%에 불과하지만, 유전체 및 후성유전체 분석에 기반을 둔 바이오마커를 활용하여 환자군을 선별하면 성공률은 15.6%로 상승하게 된다고 알려짐.

■ 2010년 중반 이후 유전체 분석시장은 임상 서비스 시장으로 확대되기 시작했음. 암, 태아의 염색체 및 돌여변이를 찾기위한 비침습적 산전검사(NIPT), 유전성질환검사, 질병예측검사, 개인 유전자 검사시장등 다양한 제품 등장하기 시작했음. 이 과정에서 인바이테(NVTA US), 나테라(NTRA US), 가던트 헬스(GH US) 같은 유전체 임상 서비스 기업들이 새롭게 주목받고 있음.

■ Grandview Research에 의하면 글로벌 유전체 분석 시장은 2020년 40억 달러 로 추정되며, 연평균 14% 성장하여 2028년에는 117억 달러 규모로 성장할 것으로 기대됨.

가. 유전체-후성유전체 유래 임상 적용 제품 개발 산업 연계된 연구성과

○ 주로 연구목적으로 실험실에서 진행하던 유전체 분석이 점점 임상 현장으로 영역 확대하고 있음. 특히, 암관련 연구에서 암체세포 돌연변이를 동정하고, 관련하여 조기진단이나 표적항암제 개발, 혹은 치료의 예후를 예측하는 바이오마커 개발 등 기초 연구의 임상 현장 적용을 위한 중개 연구 활발히 일어나고 있음.

○ 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 효율적인 질병 진단과 치료를 위한 새로운 헬스 케어 패러다임 기술 확보 및 플랫폼 구축을 추진하고 있음. 유전체 및 후성 유전체는 이러한 새로운 헬스케어 패러다임 기술에 있어서 핵심 데이터 중 하나로, 시장규모는 2013년 111억 달러이었으며 2018년 약 200억 달러로 성장하여 연평균 12% 가량 성장할 것으로 전망되고 있음(Bric View, 2018).

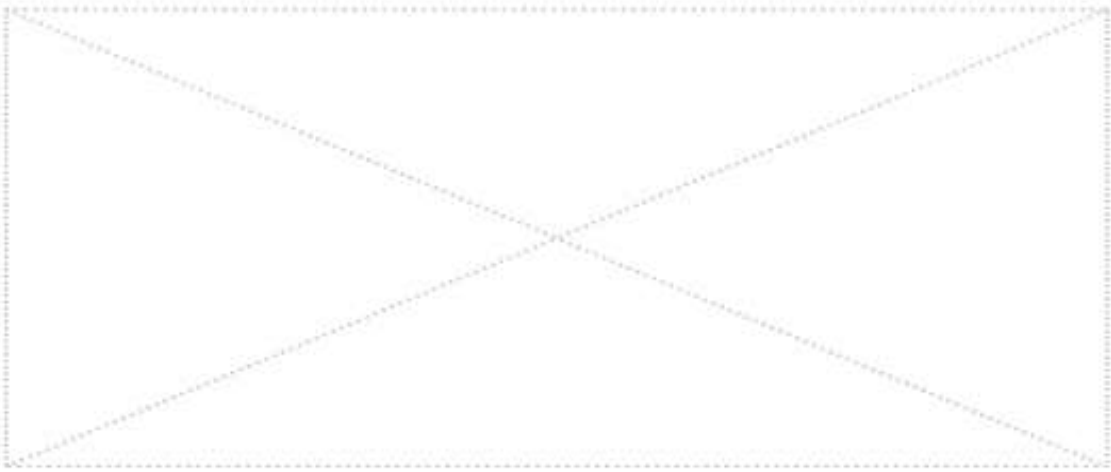
○ 미국의 오바마 정부 시절, 2015년과 2016년 연달아 Precision Medicine Initative와 Cancer Moonshot Initiative를 연달아 발표하여 유전체 및 후성유전체 데이터와 임상데이터의 통합, 그리고 새로운 컴퓨터 기술의 접목을 통한 새로운 헬스케어 패러다임 구축이 시작되어 현재까지 급속한 성장과 발전이 진행되고 있음.

나. 유전체-후성유전체 데이터 생산 및 분석 기업 성장과 관련된 연구성과

○ 유전체 연구의 발전은 유전체 데이터 생산기술 및 분석기술의 발전과 관련 산업들의 성장을 촉진하고 장비의 개발과 유전체-후성유전체 분석 기술 개발함.

○ 초기의 유전체 분석시장은 유전체 연구를 진행하는 실험실이 주도했으며, 이 과정에서 유전체 분석 장비 회사와 유전체 서열분석 업체가 가장 큰 성장을 하였음(출처: 미래에셋대우 리서치센터).

■ 유전체 시장은 아래의 표와 같이 분류됨(BRIC view, 2018). 핵산 추출 및 정제, PCR, 시퀀싱, 마이크로어레이 등은 유전체 기술 시장으로, 신약개발 및 진단, 학술연구, 농업 및 동물 연구, 맞춤의학, 과학적 수사기법 및 해양생물학이 유전체 응용시장에 해당함.



○ 지역별 유전체 시장은 2013년부터 2018년까지 연평균 성장률이 아시아·태평양 지역은 13.4%, 유럽은 12.9%, 북미는 12.7% 및 기타 국가는 7.6%으로 발전할 것으로 예측됨(출처: 미래에셋대우 리서치센터).

○ 유전체 분석 시장은 DNA 시퀀싱 기업들이 주도하고 있음. 또한 이들 기업은 DTC (Direct-To-Consumer) 분야로 확장해 나가면서 사업 다각화에 박차를 가하고 있음. 유전자분석 및 진단·예측 서비스업체로는 23앤드미, 파운데이션메디슨, 미리어드제네틱스 등이 있음 (출처: 미래에셋대우 리서치센터).

○ 임상유전체 시장 규모가 2019년 55억 달러 (6조 2,298억원)에서 2024년 연평균 19.8 % 성장한 135억 5천만 달러 (15조 3,480억원)로 성장할 것으로 예측함 (출처: 미래에셋대우 리서치센터).

○ 글로벌 임상 유전체 분석 시장 점유율은 19년 기준 Illumina(21.3%, 1조 3,261억원)의 시장 점유가 가장 높았으며 뒤를 이어 Thermo Fisher Scientific(9.0%, 5,628억원), BGI(8.6%, 5,348억원), Eurofins(7.5%, 4,654억원), IDT (6.5%, 4,032억원) 순으로 시장점유가 높음(출처 : 메드월드뉴스(http://www.medworld.co.kr, 참고자료3).

○ 질환별로는 생활건강 분야와 암 분야에서 WGS(전장 유전체 분석) 및 NGS (차세대 염기서열 분석)기반 CDx (동반진단)는 각각 장기적인 시장 성장을 주도할 것으로 전망됨(출처: 메드월드뉴스 (http://www.medworld.co.kr).

○ 유전체 분석은 기존 서비스에 인공지능 또는 블록체인과 같은 신기술을 접목하면서 새로운 비즈니스 모델을 선보이고 있음. 예로써 소파아, 아이카본엑스(iCarbonX) 과 같은 기업은 인공지능 알고리즘을 이용하여 유전체를 분석해 제공하고 있음. 또한, 네불라 지노믹스는 블록체인 기술을 도입하여 해킹이 불가능하고 개인이 중심이 되어 데이터가 거래될 수 있는 플랫폼을 제공하고 있음(출처: 김태형의 게놈이야기, http://www.biospectator.com/view/news_view.php?varAtcId=5135).

(2) 국내 연구 동향

○ 유전체 및 전사체 정보 분석을 통해 **질병의 발생 원인 및 진단 바이오마커로 사용할 수 있는 신규 유전자군의 발굴**이 진행되고 있음.

■ 아주대학교 허○ 교수, 가톨릭대학교 김○○ 교수 연구팀은 위암 중 예후가 나쁜 **'미만형 위암'에 대한 전사체 분석**을 통해 미만형 위암의 진행과 관련된 단일세포 수준의 치료 표적을 발굴했음.

- 젊은 환자에 호발하고 예후가 나쁜 것으로 알려진 미만형 위암은 기존 치료 방법에 의한 반응률이 매우 낮아 새로운 치료 표적 발굴이 요구되고 있음.
- 연구팀은 미만형 위암으로 수술을 받은 환자들의 정상위조직, 암이 시작되는 표재

성 부위, 그리고 암이 진행함에 따라 침윤이 진행된 부위에서 각각 시료를 채취하여 단일세포의 전사체 분석을 시행하였음.

- 암세포 이외의 섬유모세포, 혈관세포 등으로부터 암세포의 악성도 증가와 면역기능의 약화를 조절하는 **CCL2와 같은 분비 단백질들이 미만형 위암의 침윤 부위에서 많이 발현**되어 있음을 규명하였음. 이번 연구를 통해 미만형 위암에서 종양미세환경을 표적으로 하는 새로운 바이오 마커를 제시하였음.
- 세계적인 저명 SCI급 저널 'Clinical Cancer Research'에 논문 게재(2021.8.)

■ 광주과학기술원(GIST) 조○○ 교수 연구팀은 출생 성비 균형을 조절하는 RNA로 포유류 정자에서 단백질을 만들지 않는 **긴 비암호화 RNA(long non-coding RNA)가 출생성비 균형에 관여한다**는 생쥐모델에서의 연구결과를 발표하였음.

- 사람을 포함한 포유류에서 성별은 아버지로부터 X염색체를 가진 정자를 물려받는지 또는 Y염색체를 가진 정자를 물려받는지에 따라 결정됨. 따라서 각 염색체를 가진 정자의 양과 질은 출생 성비의 균형을 유지하는 데 중요한 역할을 하고 있음.
- 연구팀은 RNA-sequencing 방법을 사용하여 긴 비암호화 RNA가 정소에 많은 점에 주목하여 26개의 정소 특이적 비암호화 RNA와 Teshl 유전자를 발굴했음.
- 이번 연구를 통해 현재 성장하고 있는 RNA 치료제 시장을 바탕으로 테쉴(Teshl)을 활용한 난임 진단 마커 개발 및 난임 치료제 개발에 도움을 줄 수 있을 것 임.
- 세계적인 저명 SCI급 저널 'Science Advances'에 논문 게재(2021.6.)

■ 서울대학교 백○○ 교수, 강원대학교 이○○ 교수, 아주대학교 박○○ 교수팀은 mRNA-seq을 통한 전사체 분석을 활용하여 **태반 발달과정에서의 후성유전학적 기전을 발견**하였음.

- 수정란이 제대로 착상하고 발달하려면 구형의 세포덩어리인 배반포가 추후 태반이 될 외층과 배아줄기세포로 분화해야 하는데, 그 과정에서의 후성유전학적 변화 양상을 유전체 정보 분석을 진행함.
- 배반포의 분화단계 중 태반으로 발달해 나아가는 영양외배엽에서 PHF6 후성유전인자의 기능이 중요함을 배아줄기세포를 이용해서 밝혔음.
- 세계적인 저명 SCI급 저널 'Nucleic Acids Research'에 논문 게재(2020.7.)

○ **유전체 및 전사체 정보 분석의 고도화 및 후성유전체 통합연구가 지속적으로 진행되고 있음.**

■ 한국과학기술원(KAIST) 송○○ 교수 연구팀은 **백혈병 유발 인자의 후성유전 코드 인식으로 인한 DNA와 히스톤의 결합구조가 불안정하게 되는 과정**을 규명하였음.

- 연구팀은 백혈병을 일으키는 DOT1L이 후성유전적으로 DNA 구조에 어떻게 영향을 미치는지 연구하고, DOT1L은 유비퀴틴화 된 히스톤에 결합해 DNA와 히스톤이 응축된 뉴클레오좀의 구조를 불안정하게 유도하는 것을 밝혔음.
- 연구팀은 최신 기술인 초저온 전자현미경을 통해 연구를 수행하였음.
- DOT1L이 아미노산을 이용해 유비퀴틴화된 히스톤에 결합하면, DNA가 히스톤으로부터 분리되고, 응축되어 있던 유전체가 전체적으로 불안정해짐을 발견함.
- 백혈병 유발 인자이며 메틸화 효소로 널리 알려진 DOT1L 단백질이 유비퀴틴 히스톤 코드를 인식하는 기작과 유전체를 불안정화 하는 기능을 규명하였고, 본 연구

를 통해 혼합형 백혈병의 치료법 개발에 새로운 단서를 제공할 것으로 판단됨.
- 세계적인 저명 SCI급 저널 'Genes & Development'에 논문 게재(2019.3.)

■ 인공 후성유전 조절 효소(CRISPR Epigenome Editors)에 의한 DNA de/methylation 또는 histone modification을 통한 유전자발현을 조절방법이 제시됨.
- 세포 신호전달에 관여하는 유전자 발현의 강화 또는 억제를 위한 세포 신호전달 조절 플랫폼으로서의 CRISPR-Cas9을 활용하고, 후성유전조절 효소와의 융합 연구가 최근 활발히 진행되고 있음.
- DNA염기서열의 유전자의 발현을 조절하는 가장 중요한 후성유전학적 조절 매케니즘은 DNA methylation, histone modification 그리고 chromatin remodeling이 있음.
- CRISPR-Cas9 기반 후성유전조절 툴은 DNA binding 모듈에 효소 역할이 가능한 epigenetic modifier 도메인의 융합으로 통해 이루어지며, 인공 유전자 발현 조절 시스템을 이용하여 원하는 유전자의 정밀한 프로모터(promoter) 및 인핸서 부위(enhancer region)의 인위적 조절이 가능함.
- 이러한 CRISPR-Cas9 플랫폼을 활용한 후성유전체 편집을 통해 환자 맞춤형 정밀 의학의 새로운 가능성으로 주목받고 있음.

※ 출처: [분자세포생물학회 웹진 연구마당, 세포 신호전달 조절 인공 후성유전조절 효소 플랫폼로서의 CRISPR-Cas 시스템, 이충일],
https://www.ksmcb.or.kr/webzine/2103/content/research_01.html

○ **포스트게놈 다부처 유전체 사업을 통한 유전체 연구 활성화 및 생체 유전체 빅데이터 분석을 위한 표준안을 마련 중에 있음**(포스트게놈 유전체 사업단 2021.08.)

■ 유전정보를 포함하고 있는 **DNA의 시퀀싱 기술(DNA sequencing technology)의 급격한 발전**으로 다양한 생명체의 유전정보 분석 및 질병 관련 연구들이 가능해짐

■ 각 정부 부처별 특성에 맞게 세부 연구들이 진행 중이며, 이로부터 생산된 생체 빅데이터의 통합 및 분석 고도화를 위한 연구들이 진행되고 있음.
- 유전체 분석 기술 등 연구 기반 확보(과학기술정보통신부·산업통상자원부)
- 개인별 맞춤의료를 실현하기 위한 질병 진단 치료법 개발(보건복지부)
- 동·식물, 해양생물 등 유전정보를 활용한 고부가가치 생명자원 개발(농림축산식품부·농촌진흥청·산림청·해양수산부)
- 질병기전 규명 유전체 연구, Host-Microbe Interaction, 인간게놈 표준지도 작성, 국제협력 공동연구, 유전체 전문인력 양성 등 부처 간 공동연구 사업 또한 활발히 진행되고 있음.

■ 과학기술정보통신부는 유전체 분석에 대한 전반적인 인프라를 구축하는 사업을 진행하고 있고, 세부 사업을 다음과 같이 진행하여 다양한 기초연구와 연결될 수 있도록 하고 있음.
- 유전체 정보분석 기반구축사업, 다중오믹스 신기술개발 사업, 생명현상 유전체 연구 사업.
- 또한 이들 사업에서 생산된 생체 빅데이터는 국가생명연구자원정보센터(Korean Bioinformation Center, KOBIC)에서 생명정보의 확보 및 관리를 진행하고 있음

○ (국내 유전체 정보 포털)

프로젝트명	연구 내용	URL
포스트게놈 다부처 유전체사업	정부 7개 부 및 청에서 생산된 생체 유전체 빅데이터 보관 및 관리, 통합 운영	http://kpgp.or.kr/
Korean Bioinformation Center, KOBIC	과학기술정보통신부 주관 생체빅데이터 운영	https://www.kobic.re.kr/
Clinical & Omics Data Archive, CODA	보건복지부 주관 생체빅데이터 운영	https://coda.nih.go.kr/coda/frt/index.do
Industrial Genome Information Center, INGIC	산업통상자원부 주관 생체빅데이터 운영	https://www.ingic.or.kr/#!/
MAGIC	해양수산자원부 주관 생체빅데이터 운영	http://www.magic.re.kr/portal/main

5. 기초연구사업 지원 현황은?

○ 지원과제 현황

구분	2018	2019	2020	2021
선정과제수(건)	17	29	34	31
지원액(백만원)	3,636	1,808	3,144	5,345

※ 연구사업통합지원시스템(e-R&D)에서 '유전체, 빅데이터, 생물정보학' 키워드 검색을 통해 지원과제 추출(선정년도 기준)

※ 2021년도는 상반기 선정 기준임.

연구책임자	소속	과제명	사업명	총 연구기간
김○○	순천향대학교	고감도 하이씨를 이용한 고령화 마우스 렌즈 상피세포의 유전체 3차 구조 분석	중견연구자 지원사업	2019-03-01 ~ 2022-02-28
정○○	공주대학교	De novo 말초신경병 돌연변이의 젠더-특이성과 가벼운 증상의 후성유전체학적 기전 규명	중견연구자 지원사업	2019-09-01 ~ 2023-02-28
최○○	고려대학교	국내자생 독버섯 유전체로부터 신규 아마톡신계 독소 유전자 발굴 및 생합성 클러스터 예측 플랫폼 개발과 활성 독소의 전합성 연구	중견연구자 지원사업	2019-09-01 ~ 2023-02-28
백○○	경북대학교	주요 약용 절지동물 자원들의 유전체학적 분석 및 계통적 기원 탐색	중견연구자 지원사업	2020-03-01 ~ 2023-02-28
한○○	중앙대학교	RNA 바이러스 유전체 서열 비교 분석을 통한 계통학 및 분자진화학적 연구	중견연구자 지원사업	2020-03-01 ~ 2023-02-28
박○○	원광대학교	다배체 가지과 종 유전체 편집기반 양적형질 최적화 기술개발 연구	중견연구자 지원사업	2020-09-01 ~ 2024-02-29
노○○	서울대학교	식물 면역의 후성유전학적 조절 메커니즘	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2025-02-28
김○○	삼육대학교	인삼 유전체 기원 추적을 위한 PLOP-FISH 및 CRISPR/dCas9 염색체 표지 기법 활용 두릅나무과 식물 비교 분자세포유전체학적 분석	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2026-02-28
김○○	한국기초과학지	단일세포 전사 오믹스 기반 신규한 비알콜성	중견연구자	2021-03-01

연구 책임자	소속	과제명	사업명	총 연구기간
	원연구원	지방간염 조절 메커니즘 연구	지원사업	~ 2026-02-28
김○○	고려대학교	국화목 소기관유전체 진화양상규명 및 핵유전체를 이용한 계통관계정립	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2025-02-28
허○○	서울대학교	DNA 탈메틸화에 의한 식물 후성유전체 재설계 프로세스 연구	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2024-02-29
정○○	전북대학교	유전체학 및 지질체학 기반 프리온 질환 신규 생체 표지자 발굴 및 분자 유전학적 기전 연구	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2024-02-29
장○○	동국대학교	Multi-omics 빅데이터와 AI를 이용한 한국인 특이적 대장암 예방 바이오마커 발굴 및 진행성 대장 선종 타입에 따른 암 발전 위험도 예측	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2026-02-28
조○○	한국과학기술원	바이오 케미컬 생산성 증대를 위한 크리스퍼 기술 기반 최소유전체 대장균 구축	중견연구자 지원사업	2021-03-01 ~ 2024-02-29
최○○	서울대학교	Variants of unknown significance의 고효율 기능 평가법 구축 - 뇌발달 유전자 GABBR2를 대상으로	중견연구자 지원사업	2019-03-01 ~ 2021-02-28
조○○	충북대학교	환형동물의 뇌 발생 및 중추신경 재생의 진화발생(Evo-Devo)학적 연구	중견연구자 지원사업	2019-03-01 ~ 2023-02-28
서○○	부산대학교	기능성 다중 오믹스 접근법을 통해 벼 병원성 Burkholderia glumae Type 6 secretion system을 매개로 한 기주 및 다른 미생물과의 상호 작용 연구	중견연구자 지원사업	2019-03-01 ~ 2022-02-28
김○○	숙명여자대학교	DNA 손상 복구 및 DNA 복제 과정에서 TONSL 복합체의 기능연구	중견연구자 지원사업	2019-09-01 ~ 2023-02-28
이○○	서울대학교	대안적 텔로미어 유지의 새로운 기전 규명	중견연구자 지원사업	2020-03-01 ~ 2025-02-28
백○○	서울대학교	RNA-결합 단백질에 의한 마이크로RNA 타겟팅 조절 기작의 규명을 통한 새로운 종류의 암 유발 논코딩 돌연변이 발굴	중견연구자 지원사업	2020-06-01 ~ 2025-02-28
김○○	중앙대학교	3차원 유전체 분석을 통한 휴먼-EBV 유전자 상호 조절기작 규명	기본연구	2019-06-01 ~ 2022-02-28
권○○	세종대학교	유전체 규모의 분석을 이용한 필수적 스플라이싱 인자의 RNA 인식에 대한 연구	기본연구	2019-06-01 ~ 2021-02-28
이○○	인천대학교	비유전독성 발암물질에 의한 세포의 형질전환과정에서 DNA 메틸롬 프로파일링을 통한 후성유전학적 분석	기본연구	2019-06-01 ~ 2022-02-28
심○○	세종대학교	Pan genome 분석을 통한 토마토 세균성 궤양병의 저항성에 관여하는 신규 유전자의 탐색 및 분자표지 개발	기본연구	2019-06-01 ~ 2022-02-28
이○○	경북대학교	MLL 관련 융합유전자에 의한 급성 골수성 백혈병의 발병 기작 연구	기본연구	2019-06-01 ~ 2021-02-28
정○○	아주대학교	연관성분석과 실험분석을 통해 발굴된 폐경성 및 약물성 골다공증 연관 유전자 ANXA6, ENO1의 골대사 조절 기전 규명	기본연구	2019-06-01 ~ 2020-05-31
오○○	대구경북과학기술원	해마 모시신경세포의 기능 및 분자수준의 이형성 연구	기본연구	2020-06-01 ~ 2021-05-31
김○○	충남대학교	희귀 방선균류의 다양성 및 유전체 기반 생리활성 연구	기본연구	2020-06-01 ~ 2023-02-28
조○○	대구대학교	멧돼지 개체군에 대한 경관유전학적 연구	기본연구	2020-06-01 ~ 2022-02-28
김○○	중앙대학교	암세포 유전체 유지 기전의 새로운 조절인자로서 RNA 변형체, N6-메틸아데노신(m6A)의 역할 연구	기본연구	2020-06-01 ~ 2022-02-28
조○○	국립암센터	단일세포전사체를 이용한 위암미세환경의	기본연구	2020-06-01

연구 책임자	소속	과제명	사업명	총 연구기간
		분자적 특징 규명		~ 2021-05-31
이○○	울산대학교	자가면역질환인 궤양성대장염의 중증도 및 약물 반응 예측을 위한 유전체 분석	기본연구	2021-06-01 ~ 2023-02-28
유○○	가톨릭대학교	무의 돌연변이체와 핵심집단을 이용한 포자체형 자가수분 방지기구의 구명	기본연구	2021-06-01 ~ 2024-02-29
임○○	숭실대학교	RNA-Chromatin interactome을 이용한 RNA 매개 3D 유전체 구조 및 전사허브 조절 연구	기본연구	2021-06-01 ~ 2024-02-29
정○○	공주대학교	신경근 시냅스 기반 말초신경계 손상 네트워킹 연구실	기초연구실 지원사업	2021-03-01 ~ 2024-02-29
백○○	대구경북과학기술원	NGS 데이터를 이용한 운동신경회로의 진화 기전 연구	학문균형발전지원사업	2019-06-01 ~ 2024-05-31
조○○	한림대학교	인구집단에서의 질환 예측모델 및 제어물질 개발을 위한 유전체실용화 연구	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2023-05-31
김○○	한국생명공학연구원	질병위험도예측 마커선발 및 의료영상정보 통합분석 기술개발	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2023-05-31
허○○	한양대학교	생식세포의 발달과정에서 RNA에 결합하는 THO/TREX 복합체가 전이인자를 억제하고 유전체 항상성을 유지하는 기능 규명	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2023-05-31
정○○	이화여자대학교	등각류의 적응진화와 유전적 다양성의 관계 분석	학문균형발전지원사업	2021-06-01 ~ 2025-05-31
김○○	한국생명공학연구원	인공지능기술과 유전체 분석의 융합연구를 통한 무궁화 디지털 육종 플랫폼 개발	학문균형발전지원사업	2021-06-01 ~ 2025-05-31
정○○	서울대학교	고인골의 총유전체 분석을 통한 한국인의 유전자 역사 연구	생애 첫 연구	2019-09-01 ~ 2020-08-31
정○○	수원대학교	유전체 발현 프로파일과 유전자 기능손실 데이터의 통합적 분석을 통한 합성치사 규명	생애 첫 연구	2019-09-01 ~ 2022-02-28
조○○	충북대학교	비음수 최소제곱법을 활용한 변이 패턴-유전자 발현 시계열 연관 분석	생애 첫 연구	2020-03-01 ~ 2023-02-28
NGUYEN○○	울산과학기술원	단세포 발현 빅데이터 차원축소 및 분류를 위한 안정적이고 확장가능한 인공지능 및 딥러닝 모델 개발	신진연구지원사업	2019-03-01 ~ 2021-02-28
김○○	충남대학교	장내 마이크로바이옴-바이롬 상호작용에 대한 통합적 이해 연구	신진연구지원사업	2019-03-01 ~ 2024-02-29
김○○	경상국립대학교	반려견의 공격적 기질 관련 유전 마커 발굴	신진연구지원사업	2020-03-01 ~ 2025-02-28
조○○	한국과학기술원	염색질 운동과 전사 인자 집합체의 상호작용이 유전자 발현 조절에 미치는 영향 연구	신진연구지원사업	2020-03-01 ~ 2023-02-28
안○○	고려대학교	Noncoding mutation 연구를 위한 범주형 연관성 방법론 개발 및 신경발달장애 원인 pathogenic enhancer mutation 규명	신진연구지원사업	2020-03-01 ~ 2025-02-28
강○○	충북대학교	만성 염증 환경에서 대식세포의 선천성 면역기억 형성에 대한 후성유전체적 조절 기전 연구	신진연구지원사업	2020-03-01 ~ 2024-02-29
이○○	숭실대학교	기계학습 기반 종양 미세환경과 유전자 발현 관련성 분석	신진연구지원사업	2021-03-01 ~ 2026-02-28
이○○	광주과학기술원	인체 조직 전사체 내 마이크로바이옴 검출을 통한 인체-마이크로바이옴 상호작용 연구	신진연구지원사업	2021-03-01 ~ 2026-02-28
이○○	서울시립대학교	암 조직 유래 단일 세포의 유전체 구조 변이, 크로마틴 구조, DNA 메틸화의 동시 프로파일링을 통한 암 발생 기전 연구	신진연구지원사업	2021-03-01 ~ 2024-02-29
전○○	성균관대학교	고형암 환자 유래 Cell Free mRNA 전사체	신진연구지	2021-03-01 ~

연구 책임자	소속	과제명	사업명	총 연구기간
		분석법을 이용한 항암 치료 저항성 기전 연구	원사업	2025-02-28
오○○	창원대학교	전장유전체 스크리닝을 이용한 지의류 특이 대사물질 생산하는 지의내생균 발굴	신진연구지원사업	2021-03-01 ~ 2024-02-29
조○○	서울대학교	비교의학 질환 연구센터	선도연구센터지원사업	2021-06-01 ~ 2028-02-29
고○○	삼성서울병원	림프절변연부림프종의 암화과정에 관여하는 유전체 및 후성유전체의 통합연구	재도약연구	2019-03-01 ~ 2020-02-29
민○○	서울대학교	이중제한효소인식부위 주변DNA(ddRAD) 염기서열분석 방법을 이용한 국내 너구리 집단구조 규명	학문균형발전지원사업	2019-06-01 ~ 2022-05-31
박○○	숭실대학교	AIDoctor: 다수질환 예방을 위한 한국인 특이적인 종양과 동반질환(자가면역질환중심) 패턴 마이닝 및 예방 마커 후보 발굴	학문균형발전지원사업	2019-06-01 ~ 2022-05-31
김○○	이화여자대학교	항암제 전임상 시험을 위한 PDX 마우스 유전체 서열 분석법 개발	학문균형발전지원사업	2019-06-01 ~ 2020-07-31
김○○	중앙대학교	유전체 및 단백질체 분석을 통한 환경 내성균 항생제 내성 유전자의 발현 조절 및 전파 가능성 분석	학문균형발전지원사업	2019-06-01 ~ 2022-05-31
박○○	세종대학교	비만 조절과정에서 ASXL family에 의한 후성유전학적 기전 규명	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2023-05-31
함○○	중앙대학교	UHRF1의 아세틸화에 의한 유전체 DNA 메틸화 유지 기전 규명과 아세틸화 UHRF1을 이용한 대장암 세포 증식 억제 메커니즘 확립	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2022-05-31
박○○	가천대학교	유전자 편집으로 인한 다운스트림 효과를 예측하는 인공지능 설계 모델 개발 연구 - 암유전체 빅 데이터의 TP53을 중심으로	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2023-05-31
이○○	한국과학기술원	고대인과 현대인의 집단유전체 비교분석을 통한 인간의 뇌 발달과정 및 인지기능의 진화적 기원 탐색과 규명	학문균형발전지원사업	2020-06-01 ~ 2022-05-31

○ 성과현황

(단위 : 건)

구분	SCI 논문수	JCR 상위 10%	JCR 상위 5%	기술실시 계약
2018	14	4	3	1
2019	54	10	5	2
2020	93	11	12	1

○ 기초연구사업 주요 연구 결과

※ 우수성과과제를 중심으로 연구결과 조사

★ 텔로미어 의한 염색체 말단 구조 변화와 유전체 불안정성 특징 규명

<연구책임자>

■ 이○○(서울대학교)

<성과내용>

■ 예쁜꼬마선충을 모델로 하여 일반적인 반복서열이 아닌 다른 구성을 가지는 형태로 텔로미어가 재구성됨을 확인함. Pacific Biosciences long-read sequencing 기술을 이용하여 예쁜꼬마선충의 4개 Alternative lengthening of telomeres (ALT) survivors (ALT1, ALT2, ALT3 and ALT4)를 분석하였음.

■ 유전체, 전사체, 단백질체 분석을 적용하여 ALT 세포의 분자적인 특징을 규명함. 본 연구를 통해 인간 세포에도 다양한 형태의 텔로미어가 존재할 가능성을 제시함.
■ Nucleic Acids Research (IF 16.971)에 논문 발표

★ 악성 종양의 전사체 특성 규명을 통한 면역항암 치료 기술 개발

<연구책임자>
■ 남○○(성균관대학교)

<성과내용>
■ Mesenchymal GBM-associated TAM (MA-TAM)의 전사체의 특성을 규명했고, MACRO 유전자 발현이 높은 TAM (MARCO high-TAM)이 교모세포종 세포들의 mesenchymal 분화와 치료 내성 유도를 일으킴을 증명하였음.
■ anti-MACRO 치료 항체를 제작하여 처리하였을 땐, mesenchymal transformation이 억제됨을 확인하여 뇌종양 치료에 기여할 수 있음.
■ Genome Biology (IF 13.583)에 논문 발표

★ 라이보솜의 새로운 단백질 합성 기작 규명

<연구책임자>
■ 이○○(중앙대학교)

<성과내용>
■ 비브리오균에 존재하는 다양한 rRNA 유전자의 기능 규명을 통해, 이 이종 rRNA를 포함한 라이보솜이 특정한 mRNA(messenger RNA)들로부터 선별적으로 단백질을 합성하는 능력을 갖고 있다는 사실을 규명함.
■ 라이보솜이 세포내에서 생성되는 mRNA를 이용해 단백질로 발현되는 과정에서 단순한 중간 연결자 역할을 한다는 기존의 견해를 바꾸는 데 큰 의의가 있으며, 환경 변화에 따라 필요한 mRNA가 라이보솜에 의해 선별되어 단백질 합성이 더욱 효과적으로 이뤄진다는 새로운 개념의 유전자 발현 조절과 세균의 환경변화 대응 메커니즘을 제시함.
■ Nature Microbiology (IF 17.745)에 논문 발표

★ 식물의 병저항성 높여주는 미생물 발견

<연구책임자>
■ 김○○(연세대학교)

<성과내용>
■ 메타유전체 분석과 미생물 배양 및 효능 검정을 통해 병저항성과 관련된 식물 마이크로바이옴의 구조와 기능을 처음으로 밝혀냄.
■ 풋마름병에 잘 견디는 토마토의 뿌리 근처 토양에서 번성하는 특정 미생물이 식물병 발생과 진전을 억제하는 것을 발견하여 병저항성 식물이 병원균에 대항하기 위해 미생물을 이용한다는 것을 확인하였음.
■ Nature Biotechnology (IF 54.908)에 논문 발표

6. 향후 기초연구사업에서 어떤 연구들이 필요한가?

연구자 조사결과 (※ 최선심 교수, 강원대)	**① 유전체 및 후성유전체 통합연구사업** ■ 국내 연구자원 확보 및 분양 유전체 및 후성유전체 데이터베이스 구축과 연구자들의 접근성을 높이

	기 위한 연구 필요함. 현재는 분야 연구자들이 주요 데이터의 분양을 TCGA, ICGC, ENCODE 등 해외 데이터베이스(Data base, DB)에 의존하고 있는 형편. DB 구축과 분양에 관한 이슈는 지난 10여 년에 걸쳐 꾸준히 제기되고 있으나, 매우 규제가 심한 개인정보보호에 관한 법률과 연구자들의 지나친 경쟁이 이러한 DB 구축을 어렵게 하고 있는 실정임. ■ 유전체 및 후성유전체 데이터와 약물반응성 데이터와의 통합 – 소위 pharmacogenomics라고 하는 분야로 약물에 대한 개인적인 반응의 차이를 주는 변이나 후성 유전체 마커를 찾는 연구 일부 연구그룹을 통해 진행되고 있으나, 영국의 UK바이오뱅크와 같은 규모의 데이터베이스 구축과 서로 다른 데이터의 통합이 요구됨. **② 개인 맞춤 정밀의료 적용 가능한 유전체/후성유전체 발굴 및 검증 사업** ■ 만성질환(고혈압, 당뇨, 암 등), 자가면역질환, 드물게 발생하는 유전병(rare genetic disease)등 유전적 혹은 후성유전적 원인이 작용하는 질병을 타겟으로 단기적 혹은 장기적 목표에 따라 유전체/후성유전체 연구를 계획할 필요가 있다고 생각함. ■ 학교/연구소/병원/기업이 참여하는 유전체/후성유전체 기초연구과제가 도출되어, 병원이 가지고 있는 임상자료와 데이터를 학교와 연구소가 연구하여 결과를 도출하여 궁극적으로 기업화를 목표로 하는 과제 필요하다고 생각함. ■ 유전적 혹은 후성유전적 문제 뿐 아니라 각 개인의 생활 방식 (식습관, 운동정도, 흡연, 술)이 결부되어 있는 만성질환의 경우 효율적인 연구를 위하여 유전체와 생활 데이터를 통합하는 플랫폼의 구축이 필요함. 이때 병원이 가지고 있는 EHR (Electronic Health Record)과 EMR (Electronic Medical Record) 데이터의 공유와 통합, 표준화가 필수적이고, 이에 관한 기초 연구도 필요함. **③ 유전체 및 후성유전체 빅데이터 분석 인력 양성사업** ■ 통합 연구에 필요한 생물정보학 기술 개발 및 연구자 육성 유전체 및 후성 유전체 통합 연구에 있어서 필수적으로 생물정보학 분석 기술 필요함. 새로운 생물정보학 분석 기법이나 통계기법의 개발도 중요하지만 생물학적 질문에 대한 이해에 기반 한 통합 분석이 요구된다고 생각함. 더불어, 생물학을 전공하는 연구자들에게 필요한 코딩 교육과 분석 기술을 잘 교육할 수 있는 안정적인 교육 프로그램이 필요함.

7. 기초연구사업 결과들이 원천기술 확보로 이어지려면?

연구자 조사 결과 (※ 김정웅 **교수,**	**① 유전체 및 후성유전체 생체 빅데이터의 표준화작업 필요** ■ 국내외 유전체 및 후성유전체 연구에서 실질적인 생체 빅데이터를 생산하기 위

중앙대)	한 시퀀서(sequencer)의 역할이 중요하고, 어떤 종류의 시퀀싱 플랫폼을 사용하는지에 따라 같은 종류의 시료라도 서로 다른 실험 결과를 만들어냄. 따라서 개별 연구 이외의 원천기술 발굴을 위한 연구인 경우 표준화된 실험과정과 데이터 생산이 매우 중요하다고 볼 수 있음. 현재 ENCODE와 같은 국외 대규모 컨소시엄에서 제안 사항을 표준안처럼 사용하고 있으나, 지속적인 국내 생체 빅데이터 량의 증가에 따라 새로운 표준안 마련이 원천기술 확보에 중요한 과정이라고 판단됨. **② 유전체 및 후성유전체 빅데이터 분석 방법 개발** ■ 유전체 및 후성유전체 연구에서 데이터 생산은 생명과학자들이 주로 하고 있으나 이후 생물학적 의미를 발견해 나가는 과정에서 생체 빅데이터를 통합적으로 다룰 수 있는 기술은 생물정보학적 기술을 필요로 하게 됨. 현재 개인연구자의 개별 연구와 국가 주도 연구가 분리되지 않고 있어, 매우 다양한 분석 방법들이 존재하고 있으며 이에 따라 생물학적 의미 해석에 어려움이 있음. 따라서 BT, IBT 등의 융합연구를 통해 신규 분석방법을 개발하고, 이 또한 중요한 원천기술임을 인식하는 것이 중요하다고 판단됨. **③ 바이오마커로 활용할 수 있는 신규 후성유전학적 지표 발굴 필요** ■ 유전체 및 후성유전체 연구와 질병 연구의 연계를 위해서는 질병 원인을 파악하고, 이를 진단할 수 있는 바이오마커의 발굴이 중요함. ■ 기초연구를 통해서 새로운 바이오마커의 발굴이 가능하고, 질병 및 다양한 생명현상과 관련된 유전적, 후성유전학적 변화들을 새롭게 발굴해 내는 것이 매우 중요하다 판단됨. **④ 생체 빅데이터 생산을 위한 시퀀싱 장비의 대중화 및 활용도 증가** ■ 초기 유전학 및 유전체학이 태동했을 때에 비해 염기서열 대량 분석을 위한 시퀀싱 비용이 매우 낮아졌음에도 불구하고, 여전히 기초연구결과의 활용에는 한계성이 보였음. ■ 기초연구에서 많은 연구과제들이 유전체 및 후성유전체 연구들을 수행하고 있었으나 비용 및 시간상의 이유로 생체 빅데이터를 생산하는데 어려움이 있음. 따라서 국가 차원의 장비활용을 위한 지원이 절실하며, 수행 시 향후 다양한 분야에서 양질의 시료를 활용한 생체 유전체/후성유전체 빅데이터를 생산 및 관리할 수 있을 것으로 판단됨.

본 브리프는 한국연구재단의 공식 의견이 아닌 집필진의 견해이며 동 내용을 인용 시 출처를 밝혀야 합니다.

참 고 자 료

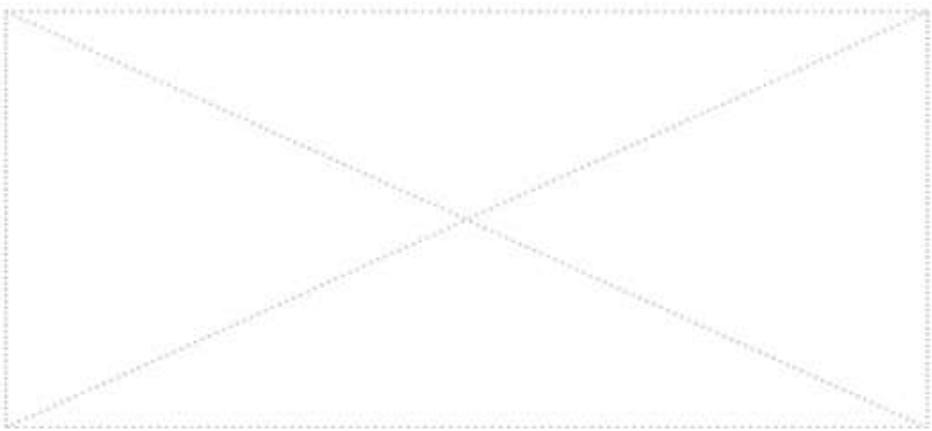
※ 참고자료1 (출처: 미래에셋대우 리서치센터)

<유전체 분석 가격하락과 유전체 분석 프로그램 및 유전체 분석시장 규모 추이>

※ 참고자료2 (출처: Bric view, 이혜미, 2018)

<유전체 분야 특허출원 수(1980년 ~ 2011년)>

※ 참고자료3 (출처: 메드월드뉴스(http://www.medworld.co.kr)

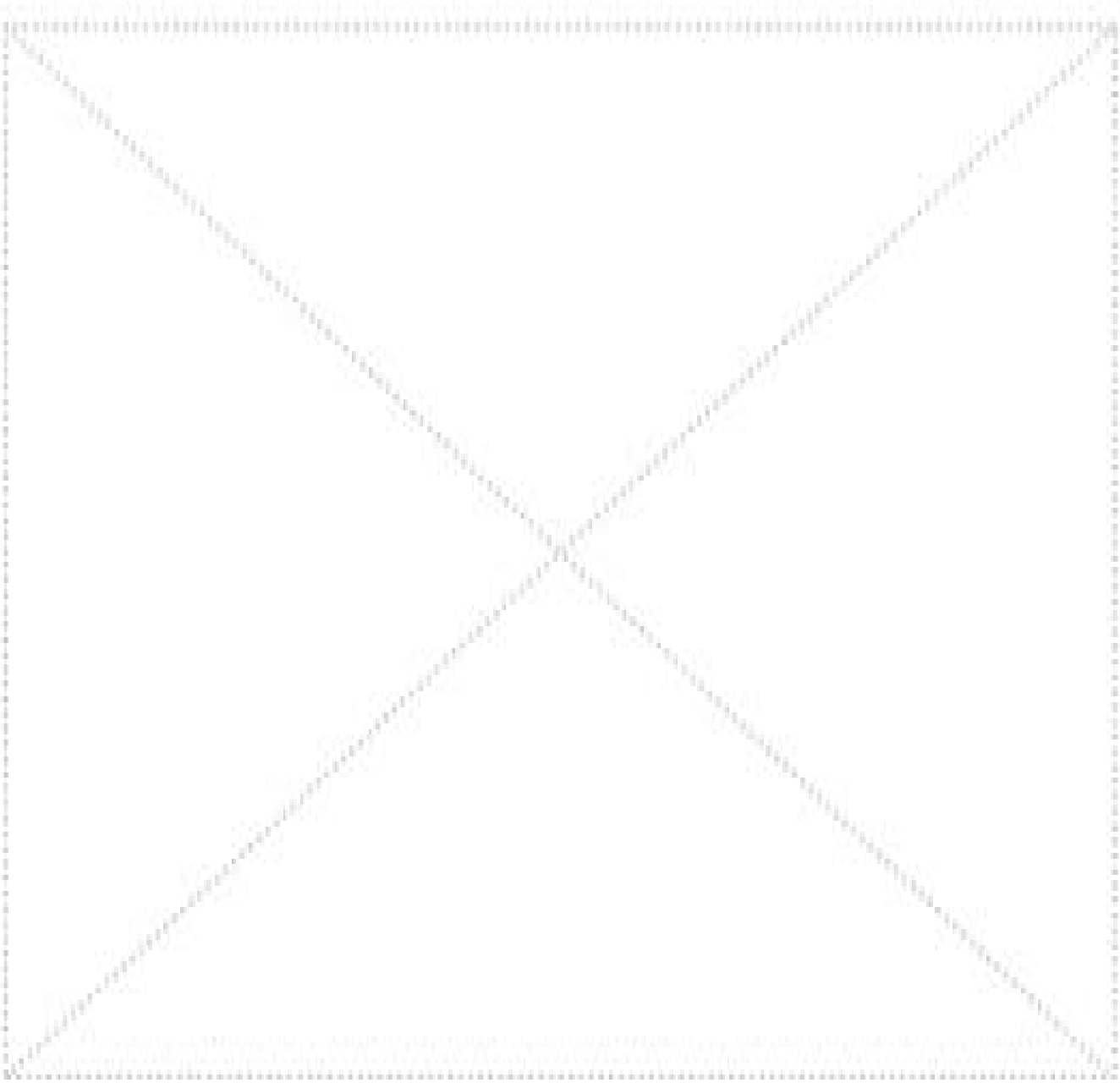


<주요 기업의 유전체 분석 시장에서의 매출 및 매출 비율>

5. 바이오 혁신 트렌드를 반영한 과기정통부 바이오 R&D 포지셔닝(아이디어)

< ‘21.10.12(화), 생명공학정책연구센터 >

[바이오 혁신 트렌드와 중점 추진방향]



바이오기술 혁신 추세

□ ‘읽는(reading)’ ⇨ ‘쓰고(writing), 편집하는(editing)’ 생물학으로 변화

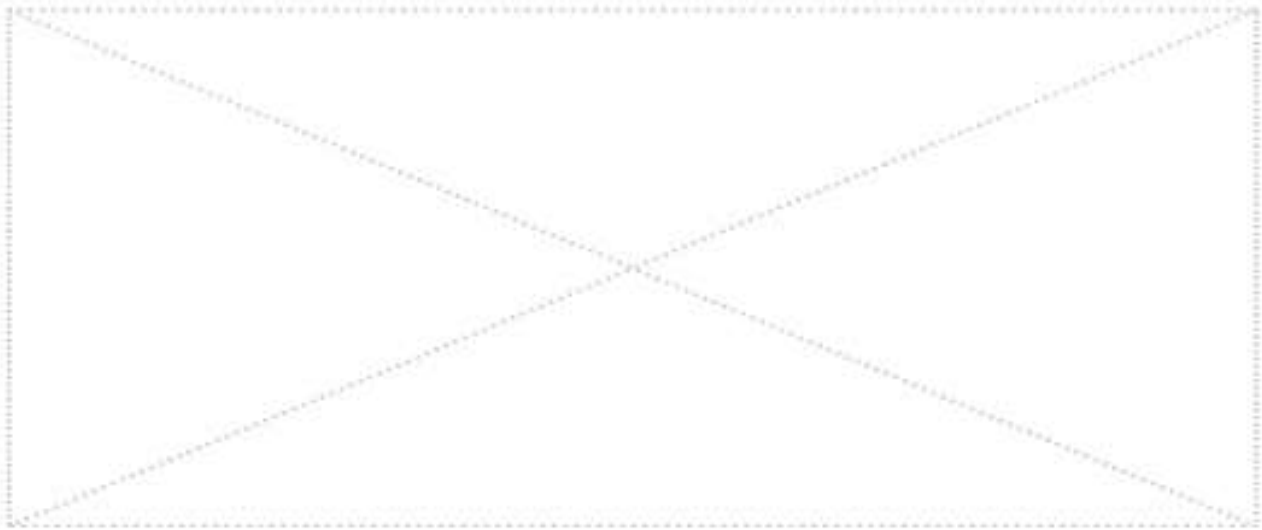
○ 2000년대 초반 인간게놈프로젝트(HGP-read) 종료 이후 20여 년이 지난 현재, **DNA 디자인과 합성** 기반의 인간게놈합성프로젝트(HGP- write)로의 **패러다임 전환**을 예고

○ 이러한 바이오 혁신기술의 등장으로 **제조업을 혁신할 자연지향설계(Nature Co-Design) 시대가 도래**할 것으로 전망(BCG, ‘21)

– 하지만 우리가 알고 있는 생물종은 전체의 10~20% 수준으로, 과학적 지식 확보를 위한 지속적 노력이 필요

※ BioGenome Project에 따르면 전 세계 생물종의 80~90%는 아직 과학적으로 연구되지 않았고, 1000만~1500만 종의 진핵생물 중 3,500종만이 완전히 시퀀싱되고 100종만이 "참조 수준"에서 시퀀싱됨

< 과학적 지식 확보를 위한 지속 노력 필요 >

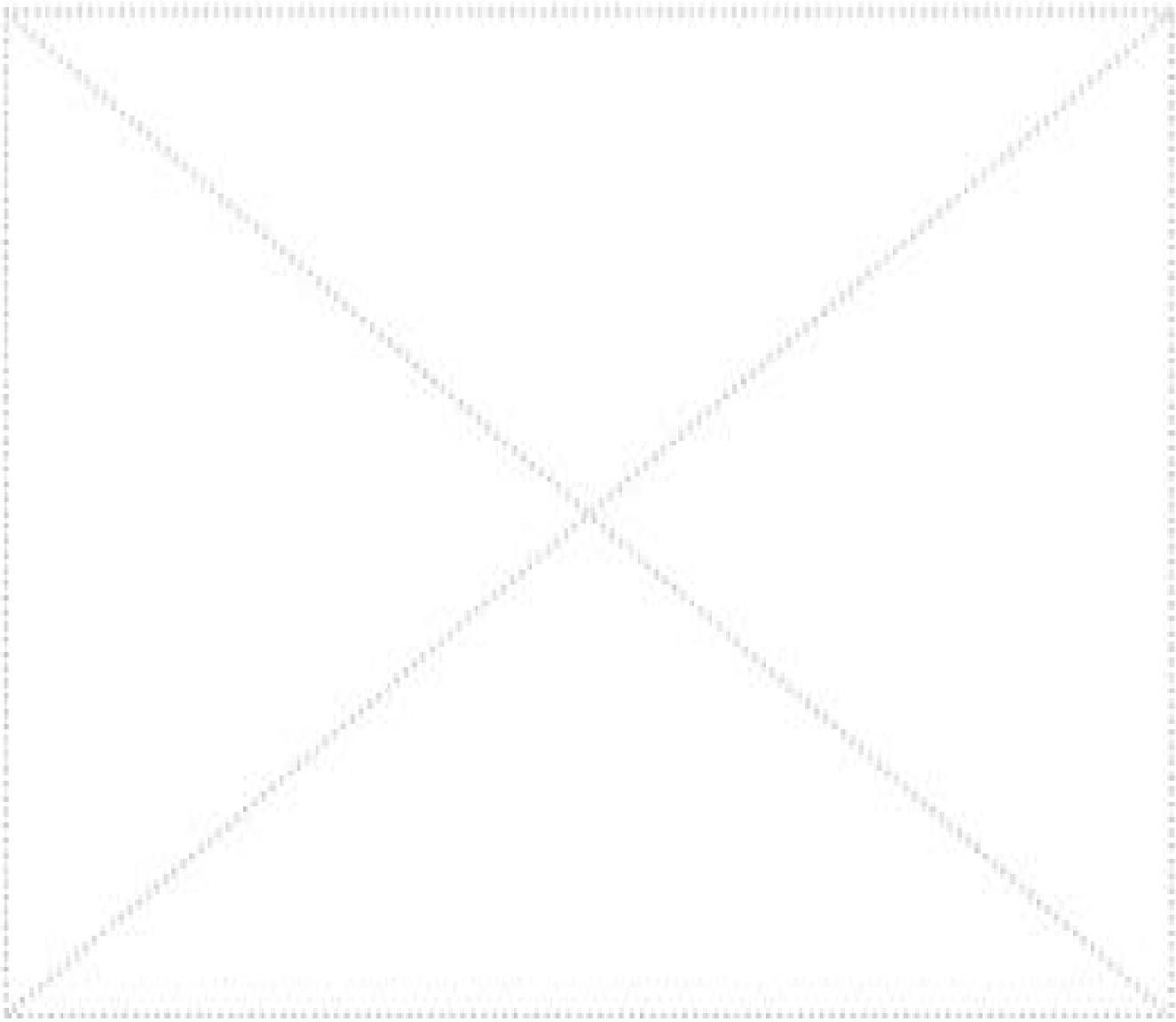


출처 : Boston Consulting Group, Nature Co-Design: A Revolution in the Making, 2021

□ 바이오 혁신기술과 디지털 융합 가속화

○ 바이오 분야에서 데이터는 빠르게 통화(Currency)가 되고 있으며, 디지털 기술(AI, 모바일, IoT, 블록체인 등)과의 접목을 통해 바이오 기술의 디지털 융합이 가속화

< 바이오 분야별 AI 융합 트렌드 및 사례 >



□ 다양한 바이오기술의 혁신을 촉진하는 바이오 플랫폼기술 주목

○ 4차 산업혁명은 플랫폼 경쟁에서 출발한 패러다임으로, 바이오기술에서도 **혁신성을 갖춘 플랫폼기술(공통기반기술)**의 중요성 강조

※ 미국은 NIH 산하 어느 하나의 연구소나 연구센터가 해결하기 어렵지만, NIH 전체 차원에서 우선순위가 높은 공통기반기술 개발을 지원(약 7,600억원, '20)

○ mRNA 플랫폼 기술은 백신을 넘어 암 및 희귀질환 등 생명과학과 의료 전반에 새로운 패러다임을 불러일으킬 것으로 기대

▶ 최근 코로나19를 통해 바이오 플랫폼기술의 중요성이 강조되고 있는데, 바이러스 유전체 시퀀싱, 구조 분석, 백신 개발 등에 활용

▶ 바이러스 병원체의 유전체 서열을 그 어느 때 보다 빠르게 분석하였고, 고해상도 이미징기술로 바이러스와 인체세포의 결합부위를 눈으로 확인, 무엇보다 백신 플랫폼기술(mRNA, DNA, 바이러스벡터 백신 등)이 이에 해당

□ 정밀의료를 넘어 정밀생물학(Precision biology)으로의 발전 전망

○ 혁신기술*의 총체적인 활용을 통한 **정밀생물학 실현으로 생명현상을 한 차원 더 명확하게 이해**할 수 있을 것으로 전망

* Single cell(예, 단일세포 시퀀싱), in vivo(예, live cell 이미징), real-time(예, 바코딩기술) 등

▶ EU, 생명과 질병을 과정을 세포 수준에서 구체적으로 이해하기 위한 라이프타임 (LifeTime) 이니셔티브를 발표('20)

※ 해당 이니셔티브는 Single cell biology, Artificial intelligence, Organoids의 3가지 기술 축을 개발, 통합 및 적용하는 것을 목표

※ 의학 발전에도 불구하고 여전히 완치가 힘든 만성질환 극복을 위해 '세포기반 차단의학(cell-based interceptive medicine)'이라는 새로운 접근방법 제안

○ 지난 20년간 유전체 시퀀싱을 통해 생명현상 이해에 큰 진전을 보였고, 향후 유전체, 전사체, 단백체, 대사체 등 통합정보 분석을 통해 Human cell atlas는 Metabolic cell atlas로 더 심화할 전망

□ 다양한 네트워크, 환경과의 상호작용, 멀티스케일 생물학 연구 강화

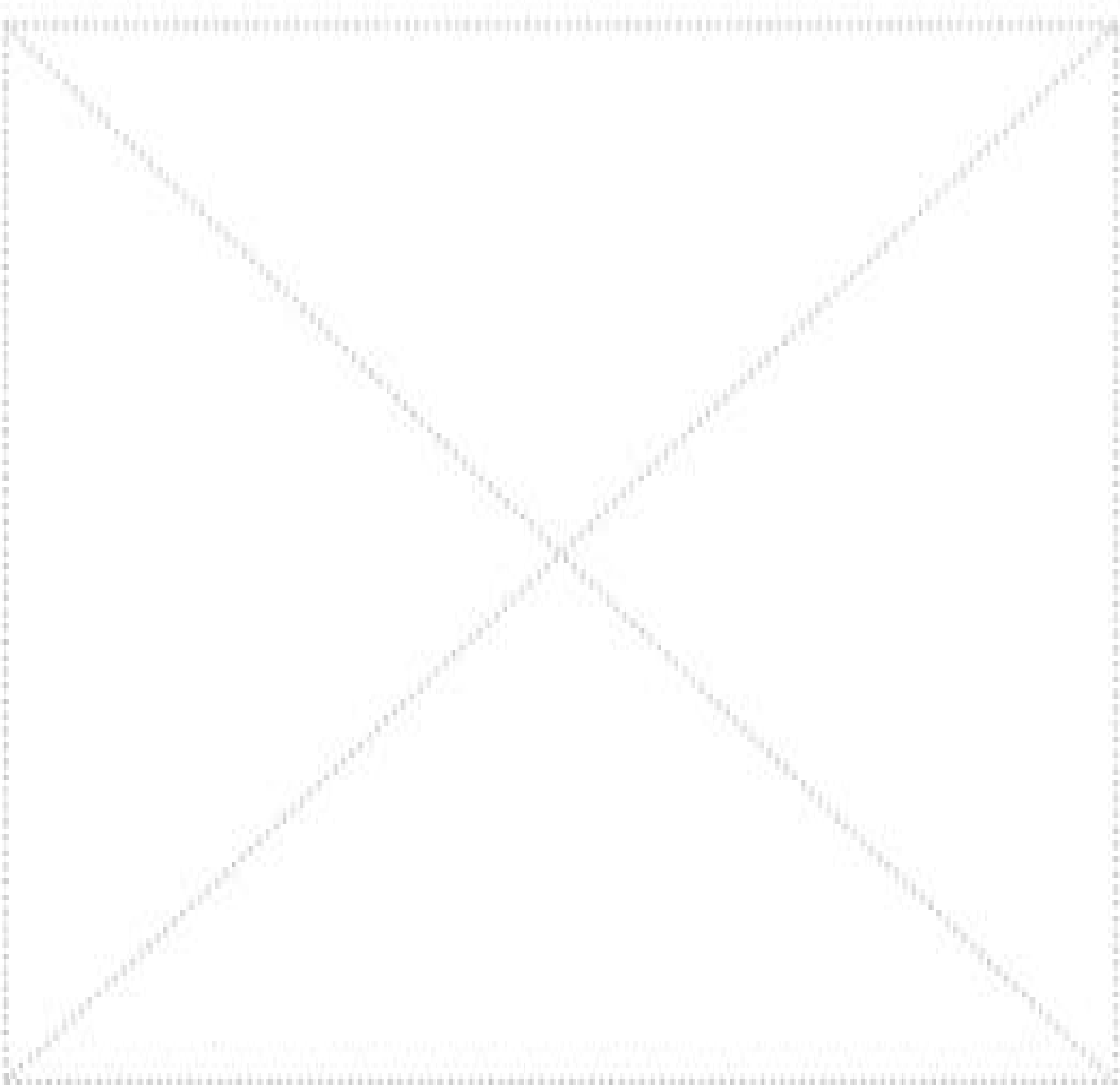
○ 다양한 유형의 데이터를 통합하여 생명 네트워크를 분석하는 **멀티스케일 생물학**(Multiscale biology) 개념 등장

※ 유전자, 세포, 임상에 이르기까지 다양한 유형의, 다단계의 데이터 특성을 설명하기 위해 시스템 생물학(Systems biology) 접근법을 적용

○ 개별분야(인체, 동물, 식물 등) 마이크로바이옴, virome을 넘어서 다양한 숙주(host)와 환경이 서로 연결된 전체상 관점에서 연구

※ 미생물의 환경변화에 대한 대응 뿐만 아니라 능동적 환경 조절 기능 연구와 이를 효과적으로 모사하기 위한 모델링 연구 등

과기정통부 바이오 R&D 포지셔닝(아이디어)

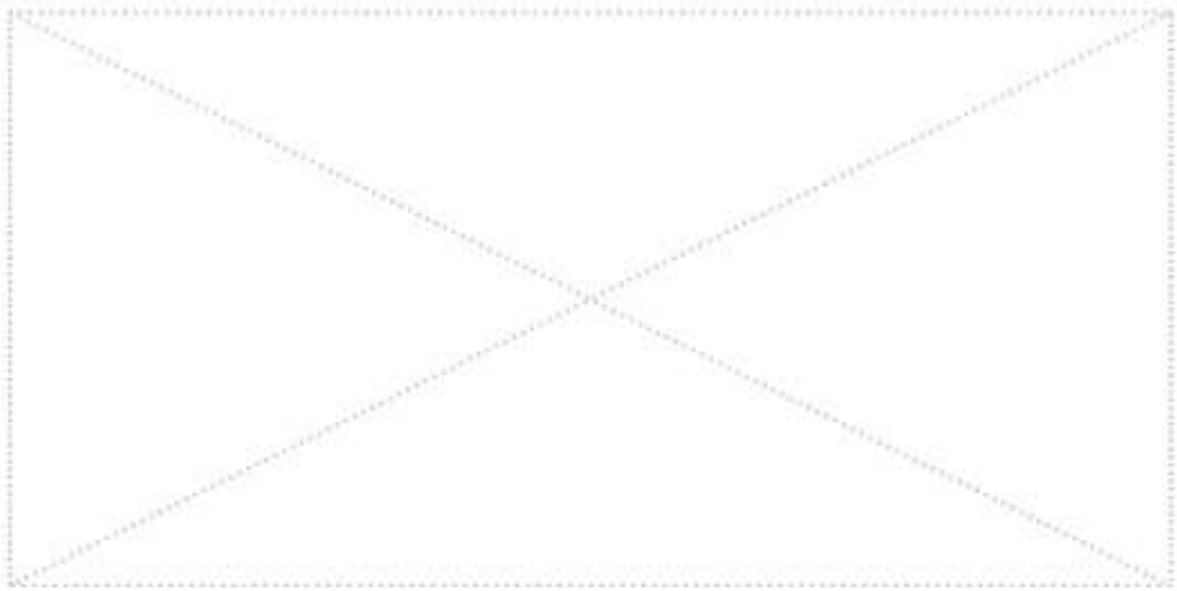


□ (플랫폼바이오) 과학적 발견을 촉진함과 동시에 다양한 기술·산업의 혁신을 유도

※ Real(생명분석) : 유전체분석, 이미징기술 등, Artificial(인공생명) : 유전자편집, 세포 리프로그래밍, 합성생물학 등, Virtual(가상생명) : AI기반 구조예측, 가상인간 모델링(휴먼 디지털 트윈) 등

□ (디지털 융합) 전례 없이 많이 생산되는 바이오 데이터를 기반으로 바이오혁신기술과 디지털 융합 가속화

※ (플랫폼바이오+디지털) 단백질 3차구조 예측, (레드바이오+디지털) AI 신약개발, 디지털치료제, (그린바이오+디지털) 디지털농업, (화이트바이오+디지털) 바이오파마4.0



□ (혁신시스템 내 촉진자) 딥테크 스타트업의 **초기 위험을 제거**하고, **사회적 수용성 확대**와 비즈니스 생태계 중간자 역할 수행

○ 특히, 과기정통부 산하 **출연연**은 생태계 내 핵심요소로 대학과 기업(대, 중소·벤처기업) 사이의 **가교 역할** 중요

※ (산업현장 문제해결 니즈) 동물모델 활용체계 구축, 산업화 공정 개발 등, (과학적 발견 및 기초연구 촉진) 바이오공통기반기술 개발 등

○ 지식 트라이앵글*의 상호연계를 강화하기 위한 과기정통부 역할

* 지식기반 경제사회에서 지식정책 아젠다의 핵심영역들을 통합적인 시각에서 접근해야 하며, R&D, 교육, 혁신이라는 상호연계를 강조하는 개념(Hervas Soriano and Mulatero, '09)

○ R&D ⇨ R&I(Research & Innovation) 전환에 따른 Innovator로서 과기정통부 역할

※ (사례) 영국 연구혁신기구(UK Research and Innovatin) : 영국의 비정부·공공기관으로 7개 연구회, Innovate UK, Research England를 통합하여 2018년에 설립

▶ 기존 9개 펀딩기관의 역할과 연구분야는 유지하되 통합 운영을 통해 중복연구 방지, 융합연구 활성화 등을 추구

구분		역할	예산('17~'18)
중장기 기초연구 (연구회)	자연환경연구회 (NERC)	환경과 자원의 변화에 관한 지식과 이해, 예측 증진	2.9억 파운드
	생명공학·생물과학연구회 (BBSRC)	생명과학 분야 연구에 자금 지원	3.6억 파운드
	의학연구회 (MRC)	생명의료과학 관련 분야의 기초연구 및 전략적 응용연구, 대학원생 훈련 지원	6억 파운드
	공학·자연과학연구회 (EPSRC)	공학과 물리과학 분야의 고급 기초연구, 전략적 응용연구, 관련 대학원생 훈련 지원	8억 파운드
	과학기술장비연구회 (STFC)	대규모 연구시설, 전문 인력, 여러 분야의 기술 제공	4억 파운드
	경제·사회연구회 (ESRC)	경제적 경쟁력과 삶의 질, 공공서비스의 효율성 증진 연구 및 훈련 지원	1.6억 파운드
	예술인문연구회 (AHRC)	예술 인문 분야 연구에 자금 지원	1억 파운드
대학 지원	리서치 잉글랜드 (Research England)	연구와 교육 관련 다양한 대학 지원금 교부를 통해 고등교육 저변 확보	36억 파운드
산업연구	Innovate UK	주로 산업계의 연구를 지원	7.7억 파운드

과기정통부 중심의 바이오 혁신에 중요한 기술(안)

카테고리	구분	개념
플랫폼 바이오	생명분석 (Real)	차세대 시퀀싱, 차세대 이미징 기술 등을 기반으로 한 단일세포, RNA, 광유전학, 멀티스케일, 다이나믹스 생물학 연구 등
	인공생명 (Artificial)	차세대 유전자편집, 세포 리프로그래밍, 합성생물학, 오가노이드 기술 등을 기반으로 한 생명 연구 등
	가상생명 (Virtual)	바이오데이터 AI, 브레인 홀로그램, 가상인간 모델링 기술 등을 기반으로 한 in silico 시뮬레이션 및 예측 연구 등
레드 바이오	신약	AI 신약개발, 차세대바이오의약품(항체치료제, 항암백신, 면역치료제 등)
	의료기기	실시간/현장형/초소형 방식의 의료기기, 디지털치료제, 의료용 로봇 등
	정밀의료*	개인 유전체 중심의 맞춤의료, 건강관리 앱 등
	재생의료	세포유전자치료제, 인공/이종장기 등
	감염병	예측, 예방, 진단, 치료, 사후관리 차원의 전주기적 감염병 연구
	노화	예측, 예방, 진단, 치료, 사후관리 차원의 전주기적 노화 연구
그린 바이오	디지털농축수산	지능형 식물공장, IoT 기반 성장 모니터링 등
화이트 바이오	스마트 바이오제조	바이오파운드리, 디지털 트윈 등
촉진자	생명연구자원	연구개발에 활용 가능한 미생물, 동물, 식물 등의 자원
	바이오데이터	연구개발을 통해 도출된 바이오데이터 및 이의 활용
	검증·실증 테스트	동물모델 전임상, 3차원 생체조직칩, 산업화 공정 개발 등
	.....	

* 정밀의료는 헬스케어(신약, 의료기기, 의료서비스) 전반을 포괄하는 용어(umbrella term)로, 별도로 구분이 모호. 정밀의료는 단계적으로 개인 유전체 데이터 중심의 맞춤의료가 먼저 실현된 후, 재생의료와 결합되어 향후 의료의 범위를 넘어 건강 전반에 대해서 정밀재생의료의 디지털 전환이 이루어질 것으로 전망(☞ 참고자료 2)

6. 바이오 출연기관 협의체 제안 및 논의사항

한국생명공학연구원

□ 개요

○ (임무) 첨단 생명과학기술분야 **원천기술 개발·보급**, 국내외 생명과학 연구를 위한 **공공 인프라 지원**

○ (R&R) **건강하고 안전한 국민의 삶과 국가 바이오경제 발전에 기여**

※ R&R 역할 : (바이오의약) 바이오신약, 차세대 의약 플랫폼 등, (융합·소재) 합성생물학, 바이오나노 등, (국민생활문제 해결) 감염병, 노화(고령화) 등, (바이오 인프라) 생명연구자원, 생명정보 등

□ 바이오 분야 추진현황

○ **'국가바이오데이터스테이션' 구축 및 빅데이터 예타 사업 지원**

– 부처별 바이오 연구데이터의 통합 수집·제공 추진

– '국가 바이오 빅데이터 구축사업' 예타조사 대응('21년 10월초)

○ **K-글로벌 백신 허브화 전략 대응**

– mRNA 백신 연구, 국가전임상시험 지원센터, GloPID-R 기반 국제협력 등

○ **'바이오파운드리 구축 및 활용기술 개발' 예타사업 지원**

– 출연(연) 중심 바이오파운드리 인프라 구축·운영 추진

○ **바이오 출연연 기관 간 협력사업 수행**

– (KIST) 공동 협력사업 수행(노화, 스마트팜), 융합백신 기획(추진중)

– **(화학연)** 신규 공동 주요사업 수행(희귀질환(21년), 프로탁(22년)), 슈퍼박테리아 공동 기획(추진중), 범용백신 공동 기획(추진중)

- (ETRI) '타액 기반 신변종 바이러스 신속 분자진단 기술' 협력사업 수행
- **(수리연)** 인공단백질, 빅데이터 분야 신규 협력사업 기획

○ **감염병 대응 의료기기협의체 구성 및 운영(20.2~)**

- 신종감염병 국가적 지원을 위한 산학연병 협력 체계 구축 및 운영

※생명(연), (재)H-GUARD, ETRI, 원자력의학원, 기계(연), 전기(연), 화학(연)

□ 바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안

○ 바이오 출연기관 간 **협력사업 추진 필요**

- 국가출연연구기관의 국가사회적 문제 해결을 위한 전담 협력사업 지원 확대 필요 (예 : NST 융합연구사업)

○ 바이오 출연기관 협의체 **공동기획 활성화 추진**

- **공동 협력사업 발굴 및 기획 활성화**를 통한 국가혁신체계상 출연연구기관의 역할 강화

한국화학연구원

□ 개요

○ (R&R) 건강한 삶과 의료혁신을 위한 신약바이오기술 개발

※ 주요역할

3-1. **신약파이프라인 확보**: 차세대 신약플랫폼 기술 개발 및 혁신신약파이프라인 구축

3-2. **감염병 치료제어기술개발**: 바이러스 및 박테리아 치료, 진단, 백신 기술 개발

□ 바이오 분야 추진현황

○ 차세대 신약플랫폼 기술 개발

- 인공지능/빅데이터 기반 타깃 발굴, 약효 및 약물성 예측 시스템 구축
- 질환 생체모사 오가노이드 기반 유효성 평가 기술
- 희귀질환 연구를 위한 RARE 플랫폼 구축
- 타겟 단백질 분해 유도 기술 (프로탁, 분자글루, LYTAC, AUTAC 등) 연구

  * **화학(연)·생명(연) 융합연구('22.1~)** : '단백질 분해 기반 신약 개발 플랫폼 구축' 사업 예정

○ 혁신 신약 파이프라인 구축

- 기존 치료제에 대한 약물내성 극복 항암제 개발
- 바이오마커 기반 환자맞춤형 치료제 개발
- 희귀질환 치료제 개발
- 감염병 치료제 개발

○ 감염병 치료·제어기술 확보 (박테리아 & 바이러스)

- 다제내성균 및 그람음성균에 대한 First-in-class 혁신 치료제 개발
- 신·변종 및 만성 바이러스 치료제 개발
- 신·변종 감염병 백신 후보물질 개발
- 고감도 감염원 검출 기술 및 감염병 진단 솔루션 개발

  * **한미 백신 개발 공동연구 협력 추진('21.9~)** : 미국 로체스터대 백신생물면역학센터, 미국 스크립스연구소와 업무협약(MOU) 체결

  * **「K-글로벌 백신 허브화 전략」 추진을 위한 연구 협력('22.1~)** : ①감염병 기술전략센터 추진 예정 ②국가 감염병 전임상시험 지원체계 구축 참여 예정(세포단위

효능평가)

□ 바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안

○ 바이오 분야 사회문제 해결 R&D 발굴 및 중점 추진

– 기존에 수행하고 있는 바이오 분야 사화문제 해결 R&D* 조사

* 감염병, 희귀질환 등

– 바이오협의체 중심 바이오 분야 사회문제 해결 R&D 기관 간 융합연구 추진

○ 바이오 분야 기초 R&D 전략적 고도화 추진

– 바이오 분야 기초 원천 R&D의 고도화(As-IS: 심층 연구)를 넘어 전략적 고도화(To-Be: 상용화 연계 강화) 연구 강화

안전성평가연구소

□ R&R 개요

○ **(임무)** 화학·바이오 등 각종 물질에 대한 안전성평가연구, 관련 기술 개발 및 산학연지원을 통한 국가산업발전 및 국민보건복지향상에 기여

○ **(R&R)** 사람과 환경을 위한 독성연구 및 미래 원천기술 개발을 통한 국민의 안전한 삶과 국가산업의 혁신성장을 견인

※ 상위 역할 : ①독성예측평가 기술 개발(원천연구) ②국민안전을 위한 독성연구(국민생활문제 해결), ③산업계 대응 시험·평가 기술 개발 및 인프라 혁신(산업계지원)

□ 바이오 분야 추진현황

○ 제약·화학산업 경쟁력 제고를 위한 독성평가 원천기술 개발

- 신약개발 과정에서 필요한 동물 및 임상모델의 대체를 위한 혁신적이고 선도적인 시험모델 개발
- 신약 후보물질에서 대표적으로 발생하는 간독성에 대한 빅데이터 기반의 예측 모델 ToxStar(독성예측 플랫폼) 개발 추진

○ 국민체감형 사회문제 해결을 위한 화학물질 독성평가 연구 강화

- 가습기살균제로 인한 호흡기계 질환 등 발생 기작 독성 영향 연구를 전담하는 환경부 『가습기살균제보건센터』 지정 ('21.~'23)
- 나노물질에 대한 독성평가기술 ISO(국제표준기구) 국제표준 등록 ('20.5)

○ 감염병 대응을 위한 평가기술 개발 및 인프라 역량 강화

- 국가전임상시험지원센터 설립·참여를 통해 감염병 공동 대응 추진 ('22예정~, 생명연 주관)

- ABSL 3 구축 및 전문인력 확보를 통해 고위험성 감염병 대응 독성평가 역량 강화 ('22.~)

□ 바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안

○ 출연(연) 협의체를 기획·정책 플랫폼으로 활용하여 이슈 대응 역량 확보 및 바이오 R&D 선도

– 바이오 분야를 세분화하여(레드·그린·화이트·융합·정책 등) **분과를 구성함으로써 출연(연) R&R 기반의 R&D 기획·발굴 체계 확립**

※ 레드바이오(생명연 등), 그린바이오(식품연 등), 화이트바이오(화학연 등), 바이오 全분야에 대한 전문성 및 대응역량을 확보

– 각 기술 분과를 기관별 해당 분야 전문 연구진으로 구성하고 과기정통부의 역할인 **원천 연구를 위한 사업 기획 역할 부여**

※ 분과별로 다양한 바이오 R&D 연구사업 제안이 가능할 것으로 예상

– 제안된 사업은 **TRL을 구분하여 타 부처와** 연계·차별화함으로써 **과기정통부 주도의 바이오 R&D 추진**

※ TRL 1~6(기초·원천, 과기정통부 담당), TRL 6~9(활용 단계, 복지부, 산업부 등)

※ 사업 기획을 주도하고 부처간 협력 체계를 통해 R&D 예산 확보가 원활해짐으로써 과기정통부 중심의 바이오 R&D 추진 가능

– 또한 생명공학정책연구센터와 기관별 정책 부서장들로 정책 분과를 구성하여 **바이오 관련 다양한 이슈 발굴 및 제안** 추진

한국뇌연구원

□ 개요

○ **(임무)** 뇌 연구 분야 기초 및 첨단 응용연구와 **뇌융합 연구를 통한 국가 아젠다 해결** 및 국내외 **뇌연구 허브기능 수행**

○ **(R&R) 국가적·사회적 수요 대응** 및 **기초-첨단응용 뇌연구**를 수행하고, **뇌연구 인프라 지원** 및 **대국민 인지도 제고**로 국가뇌연구를 주도하는 전문 연구기관으로 성장

※ R&R 역할 : **(고도화)** 기초·원천 뇌연구 경쟁력 제고를 위한 연구 혁신역량 강화, **(글로벌)** 뇌연구 글로벌화 견인을 위한 뇌분야 국내외 협력확대, **(미래대응)** 중장기 뇌산업 육성을 위한 기반조성, **(사회기여)** 사회적 가치확산을 위한 책무강화 및 위상 정립

□ 뇌연구 분야 추진현황

○ 뇌연구 분야 기초 및 응용 연구사업 추진

- **뇌신경망 및 뇌질환 중점연구** : 뇌신경망 구조, 기능 및 인지연구, 뇌발달 및 뇌질환 원인규명, 지단 및 제어법 개발 등 중장기 기초·응용 연구
- **허브-스포크 기반 융합 뇌연구** : 대뇌 후두정피질 이해 기반 고위 뇌기능 활용 및 장애극복기술 개발, 국내외 뇌연구 기관간 협력 및 뇌연구 응용 및 개발연구

○ 뇌연구 첨단 연구 인프라 구축활용 및 정책·전략 수립 지원

- **장비시스템 구축** : 뇌연구 필수 기초 및 첨단 대형 연구장비 구축 및 공동활용
- **실험동물실 운영** : 뇌질환 특화 동물 모델 사육 및 실험동물 행동분석 등 뇌연구 필수 동물실험 시설 운영
- **국가뇌조직은행 구축** : 인간 뇌조직 자원 수집·분양 및 DB 구축
- **뇌연구정책센터 운영** : 뇌연구 정책·전략 수립(뇌연구촉진 시행계획, 예타 기획, 뇌과학 발전전략 지원 등) 및 글로벌 협력 네트워크 구축

○ **뇌분야 출연연 기관 간 협력사업 수행**

– **(KBRI-KIST-IBS)** 포스트 커넥톰 공동협력 연구로 사회적 스트레스에 의한 정신질환 원인 및 기전 규명 사업 추진

□ 뇌연구 분야 정책 및 R&D 방향 제안

○ **국내 강점분야**인 정보통신 및 임상기술 등을 **뇌연구**와 융합하여 **뇌연구의 한계 돌파**를 위한 **학제간 융합 연구 중점 지원**

– 의료현장 실수요에 기반한 기초연구와 기초연구성과를 임상연구에 적용하는 **선순환 연구 지원**으로 뇌질환 극복기술 개발 추진

* 국내 의료시스템 및 임상 뇌신경과학은 세계 최고 수준, 세계 최고 뇌신경병원 100위안에 8개 병원 포함('21년 뉴스위크지 발표)

○ **선순환 뇌연구 생태계 조성**을 위한 **뇌산업 육성·지원** 확대

– **(미래대응 R&R)** 연구 全단계 연구역량을 보유하고 있는 한국뇌연구원*을 중심으로 블루오션인 **뇌 활용 산업의 글로벌 선점을 위한 지원** 확대

* 한국뇌연구원 2단계(응용연구) 및 실용화센터 건립 중('23년 준공)

※ 태동기 기술·창업 중심의 뇌산업 관련 정부지원 미흡('21) 혁신적 뇌생태계 구축 100.1억원(5.6%), 뇌산업 육성 1.5억원(0.1%) 투자

○ 뇌과학 **기초연구 끝단**과 **기술사업화 앞단**을 **연결**하는 **뇌과학 선도융합기술개발사업**(예타) 지원

– 뇌질환 극복 및 뇌기능 활용 분야에서 교두보 역할을 하는 사업을 통해 사회에 직접적으로 혜택을 주는 국민 체감 뇌과학 기술로 도약

한국과학기술연구원

□ 개요

○ **[설립 목적]** 국가 과학기술을 선도하는 창조적 원천기술을 연구·개발하고 그 성과를 확산함 (KIST 정관 제 2조)

○ **[R&R]** 난치성 뇌질환 및 고령·질환성 장애에 대한 맞춤형 치료 및 극복기술 개발을 통한 국민 삶의 질 향상 (4대 역할* 중 바이오 분야)

* R&R 4대 역할 : **(상위역할1) 뇌질환 및 장애극복 기술개발로 초고령화 시대 선제 대응**, (상위역할2) 첨단로봇·빅데이터 기반기술 선점으로 4차 산업혁명 기반구축, (상위역할3) 차세대컴퓨팅·복합소재 원천기술 선도로 혁신형 성장동력 지속발굴, (상위역할4) 기후·재난·안전기술 개발로 지속가능 사회 구현선도

□ 바이오 분야 추진현황

○ **3개 연구조직 중심, 국가·사회적 의료·복지 솔루션 기반 제시**

- **(뇌과학연구소)** 뇌기능 및 기전 이해 기반 뇌질환 예측극복 AI-신경망 연구 등
- **(바이오·메디컬융합연구본부)** 맞춤형 진단·치료/재생·재활기술, 난치성 질환 연구 등
- **(강릉분원 천연물연구소)** 천연물 신물질 개발, Data Farming 플랫폼 구축·실증 등

○ **KIST 기술 적용 K-백신 임상시험 돌입**

- 항암제/백신 개발 국산화를 위한 면역증강제 직생산 원천기술 개발

※ ㈜유바이오직스(기술이전 기업), 한국형 코로나 백신 '유코백-19' 임상3상 신청('21.10)

○ **홍릉강소특구 중심 한국형 메디클러스터 구축 추진**

- KIST-병원, 융합·중개연구 활성화 등을 기반으로 신약, 의료기기, 바이오제품 개발기업의 연계 및 집적을 통한 바이오의료산업 선도

○ **바이오 분야 융합연구단 사업 및 출연연 간 협력사업 수행**

- **(치매DTC융합연구단)** 치매조기예측/치료/환자케어 기술개발('15~'21)

※ 참여기관 : KIST, 생명연, 한의학연, 삼성의료원, 6개 대학 등 19개

- **(안전증강융합연구단)** 고위험 재난의료/산업재해 대응기술 개발('20~'23)

※ 참여기관 : KIST, 에기연, 과기정보연, 아산병원, 고대의료원, 3개 대학 등

– **(생명연 협력사업)** 노화, 식물자원 협력사업('21~'23), 융합백신 기획(추진 중)

□ **바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안**

○ 감염병 등 국가적 위기 대응을 위한 출연연 협력 체계 강화

○ 홍릉특구의 역할 확립을 위한 국가 차원의 지속적 지원

한국파스퇴르연구소 (IPK)

□ **개요**

○ **(임 무)** 감염병 메커니즘 연구와 최첨단 기술 융합을 통해 치료제 발굴 등 글로벌 공중보건 증진에 기여

○ **(설립목적)** 해외우수연구기관 유치를 통해 국내 신약개발 역량의 글로벌 수준 격상

※ IPK는 민간기관으로 R&R 대상에서 제외됨.

□ **바이오 분야 추진현황**

○ **'코로나19 치료제 개발' 및 '신약개발플랫폼 활용 요구' 충족 지원**

– '코로나19 약물재창출' 약물의 약효 평가분석을 통해 항바이러스 효능을 보인 우수 후보약물 발굴 및 대표약물 글로벌 임상 추진 지원

– 국내 산·학·연의 코로나19 치료약물 약효탐색 수요에 대응, '신약스크리닝플랫폼' 활용 연구지원서비스 확대

– 병원과 연구 협력을 통해 코로나19 백신 접종자의 면역 반응 연구

○ **'글로벌 바이러스 연구자원 센터 허브' 기반조성 추진**

– 바이러스 연구자원센터 구축사업, 파스퇴르 네트워크 바이오뱅크, 고위험군 바이러스 혈액매개감염 인체자원은행, 글로벌 바이러스 네트워크 우수연구센터 참여 등

○ **'글로벌 R&D 협력 파트너쉽' 확대 및 네트워크 강화 추진**

– 전세계 33개 파스퇴르(연) 및 국내외 연구기관과의 연구협력 파트너쉽 강화로 신종 감염병에 대한 신속 대응 역량 확보

○ **바이오 출연연 기관 간 협력사업 수행**

- **(생명연)** GloPID-r 연계 코로나19 백신 개발 및 항생제 내성 연구 수행 중
- **(화학연)** 코로나19 치료제(`20~`21), 메르스 치료제 개발 연구 수행 중
- (IBS) 바이러스 연구자원센터 구축 사업 수행 중

□ 바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안

○ Disease X 신속 대응을 위한 연구 인프라 및 정보 고도화
- 미래 감염병에 대한 선제적 대응 연구를 위해 IPK가 보유한 고도화된 감염병 신약개발 플랫폼 활용
- 감염병 맞춤형 표적 및 치료제를 신속하게 확보하기 위한 다학제적 중개·실용화 연구 촉진

○ 공공기관과 민간의 협력체계 강화
- 기초연구성과의 민간개발을 통한 산업화 촉진
- 기초연구를 민간으로 이어주는 중개연구 활성화
- 기초연구부터 시장/임상을 고려한 민·공공기관 협력사업 추진

○ 감염병 연구기관 협의체 활용
- 범정부* 감염병 연구기관 협의체 구성 중

* 질병청, 과기부, 복지부, 식약처, 농림부, 환경부, 교육부, 행안부, 해수부, UNDP(국제백신연구소)

- 협의체 내 다수의 연구기관*을 보유한 과기부의 내부 협의체를 더욱 적극적으로 활용하여 체계적 협력 방안 도출 및 수행

* 한국바이러스기초연구소, 한국생명공학연구원, 한국화학연구원, 한국파스퇴르연구소, 안전성평가연구소

한국한의학연구원

□ **개요**

○ **(임무)** 한의학을 창조적으로 계승하고, 새로운 가치를 만들어 **건강한 삶**에 공헌

○ **(바이오 분야 R&R)** 만성·난치성 질환 극복을 위한 **한의학·BT** 및 **한·양방 융합 치료기술** 개발

※ 한의학(연) R&R 3대 상위역할: ①4차 산업혁명시대 맞춤의료를 선도하는 인공지능 한의사 ②만성·난치성 질환 극복을 위한 새로운 융합의학 ③국민이 체감하는 한약의 새로운 가치

□ **바이오 분야 추진현황**

○ **바이오 관련 사업 추진 현황**

– **(주요사업)** 면역/골질환/항우울/호흡기질환/면역관문 등 한의소재 개발, 뇌과학 기전 연구, 난임극복 한·양방 통합치료기술 개발, 빅데이터기반 유전체연구 등

– **(수탁사업)** 식물유래 천연물자원 거점은행, 수면산업 실증기반 구축 등

○ **바이오 출연연 기관 간 협력사업 수행**

– **(생명연)** 차세대 한국인 유전체 분석지원센터 구축

– **(KIST)** 미세먼지에 의한 점막장벽 손상 대응 기술 개발

– **(안전성연)** CAP 악액질 사업, 한약처방 독성시험

○ **바이오 관련 정책 지원 및 협의체 참여**

- **(정책지원)** 한의기반 미래융합의학 발전전략 수립, 융합의학 기반 구축사업 확대 기획 지원 등
- **(협의체)** 코로나19 대응 R&D지원 연구개발협의체 참여, 바이오 출연연 협의회 과제 아이템 발굴 제안(범부처 전주기 의료기기 연구개발 사업 등)

□ **바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안**

○ **(바이오 플랫폼 응용 연구 범위 확대)** 구축된 플랫폼에 축적한 바이오 빅데이터들은 보건의료분야 뿐만 아니라, 다양한 분야에서 응용 연구가 가능하므로, 범부처 연구사업으로 확장 고려

○ **(빅데이터 분양 및 분석서비스)** 빅데이터 분양 및 분석 서비스 프로세스를 정립하여 산업 활성화에 기여

한국식품연구원

□ **개요**

○ (임무) **식품 분야의 연구개발, 공익가치 창출, 성과확산 및 기술지원** 등을 통해 국가 산업발전과 국민 삶의 질 향상에 기여

○ (R&R) **식품의 새로운 가치를 창출**하고 **국민의 건강과 삶의 질 향상에 공헌**하며 **농식품 산업의 혁신성장 동력확보에 기여**

- R&R : 식품의 기능, 식품 품질·안전, 식품산업 원천기술 연구
- **바이오 분야 관련 R&R**

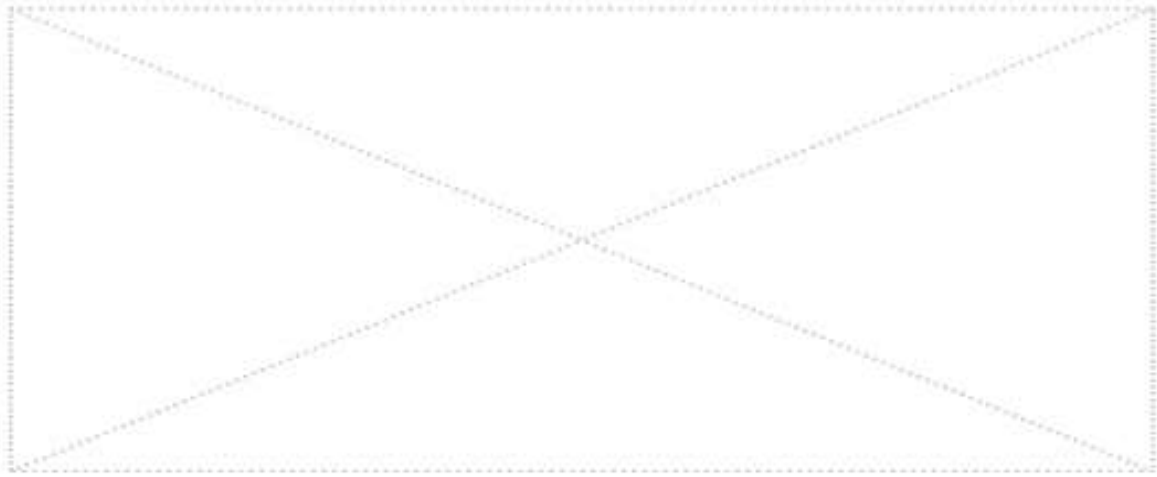
상위역할	주요역할	바이오 연관분야
건강 백세를 위한 식품의 기능연구	국민건강 증진을 위한 기능성 소재발굴 및 작용기작 구명	식품의 노화조절기술, 건강개선 기능성 식품소재
	유전정보 및 장내미생물 정보 활용 맞춤형 헬스케어 기반기술개발	맞춤형 식이 헬스케어 (장내미생물, 오믹스, ICT-헬스케어)

□ **바이오 분야 추진현황**

○ 사회적 환경변화에 따른 건강문제를 식품과학기술로 해결하기 위하여 기능성 소재 개발 및 맞춤형 헬스케어 원천기술 확보를 위

한 연구개발 추진 중 ('21년 110억원, 총 연구비의 60% 수준)

바이오 분야 추진체계



- **(NutriOmics 기반 맞춤형 식이통합 플랫폼 구축*)** 한국인 만성질환자 NutriOmics 정보 DB 구축(2,000건 이상) 및 개인 건강상태의 AI 분석기반 식이제안 플랫폼 구축

  * 비대면 맞춤 식품 건강관리 AI 융합솔루션 개발 ('21-'26, 300억원, 한국판 뉴딜)

- **(장내미생물 정보 기반 헬스케어 플랫폼 구축*)** 현재 비질환 한국인 3,300명의 장내미생물-헬스 정보 DB 구축 완료, '21년부터 만성·대사성질환 한국인(누적 10,000명 이상)의 장내미생물-헬스 정보 DB 구축 및 개방형 정보공유 플랫폼 개발

  * 국민건강 증진을 위한 장내미생물 조절 식의약-모바일 헬스케어 기술 개발 ('17-'25, 180억원, 식품연 BIG사업)

- **(식품의 건강노화 조절기술 개발)** 식품소재를 활용한 세놀리틱스 제어기술 연구 및 근육노화 조절 기능성 식품 소재 개발

- **(기능성소재 산업화 기술 개발)** 미세먼지 배출 등 사회적 건강문제 관련 신규 기능성 클레임 개발 및 상용화 기술 개발

○ 바이오 출연(연) 기관 간 협력사업 수행

- **(연구회 CEVI융합연구단사업)** 신종 바이러스 감염 대응 융합솔루션 개발 사업에 참여 중(진단기술분야)

- **(김치연)** 장내미생물 DB 구축사업 협력 중(미생물 분석 등)
- **(지자연)** 지역맞춤형 바이오-지질소재 발굴 및 상용화 기술 개발 사업에 협력 중(해양 머드의 NGS 미생물 등)
- **(생명연)** 천연물클러스터 육성을 위한 기능성 식품소재 확보 및 정보 생산과제 수행 중(수탁)

한국전자통신연구원(ETRI)

□ **개요**

○ **(임무)** 미래 지능정보 기술 개발로 ICT 산업발전을 견인하고 국가 혁신성장에 기여

○ **(R&R)** 기술한계 극복을 위한 핵심원천 연구 및 공공/국민생활문제 해결을 위한 지능화기술

※ R&R 역할 : 초지능, 초성능, 초연결, 초실감, 국가지능화

□ **바이오 분야 추진현황**

○ **'타액 기반 신변종 바이러스 현장형 신속 분자진단 기술' 연구사업 수행**

- 신변종 바이러스 진단을 위한 시료 전처리, 다중 분자진단용 시분해 가능 형광 측정 모듈 및 현장형 신속 분자진단 시스템 개발을 통한 진단 장비 국산화
- 과제 기간: 2021년 2월 1일 ~ 2022년 12월 31일 (23개월)
- ETRI-생명연(KRIBB) 공동연구과제로 추진 중 (ETRI 내부사업)

○ **바이오·의료 인공지능 원천기술 개발**

- 인공지능 주치의(Dr.AI) 과제 등 바이오·의료 인공지능 R&D를 통한 미래 원천기술 확보

○ **기술사업화 성과 창출**

- ETRI 연구소기업(147호) 진시스템 코스닥 상장 (‘21.5)
- ETRI 기술출자: 유전자 증폭용 칩 기술

○ **바이오 출연연 기관 간 협력 수행**

- **(생명연)** 바이오파운드리 구축 및 활용기술 개발 예타사업 참여

□ **바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안**

○ 빅데이터, AI 등 미래 바이오·의료 인공지능 원천기술 확보
○ 출연연 기술사업화를 위한 기업연계형 추가 R&D 지원

한국원자력의학원

□ **개요**

○ 한국원자력의학원 R&R

- 핵심 미션(Mission Statement)

첨단 의생명 연구를 선도하는 **과학기술특성화병원**을 기반으로 **국민건강**과 **국민안전**에 기여한다.

- R&R 추진 체계

□ **바이오 분야 추진현황**

○ 종양치료용 방사성의약품 개발
○ 뇌질환 진단용 방사성의약품 개발
○ 방사선치료 저항성 종양인자 발굴 및 저항성 극복 치료기술 개발
○ 방사선병용 표적항암치료물질 개발

○ 방사선치료 예후 예측 진단마커 발굴
○ 방사선유도 폐섬유증, 심혈관손상, 피부질환 진단마커 및 치료물질 개발
○ 희귀 난치성질환 진단, 치료 방사선이용 신기술 개발

□ 바이오 분야 정책 및 R&D 방향 제안

○ 과기정통부 내 부서 및 과별 사업의 틀을 허물 수 있는 융합연구 정책, 사업 추진과 연계를 통한 NST 통합 사업 창출
○ 타부처(보건복지부, 산업자원부, 중소벤처기업부 등)와의 협력 강화로 과기정통부 내 바이오분야 전주기 연구 지원 확장
○ 분야별 의사과학자 양성 사업 추진 및 기초-중개연구 연계 강화로 기초연구의 임상 진입 가능성 확대

○ 출연기관별 제안내용

<table>
<tr><th>기관</th><th>Why</th><th colspan="2">What</th><th>핵심연구·기술/필요사항</th></tr>
<tr><td rowspan="8">생명연</td><td rowspan="2">국가적 바이오분야 혁신성과 창출을 통한 성장동력 확보</td><td colspan="2">글로벌 바이오 혁신 신약 개발</td><td>단일세포, 유전자편집, AI신약개발, 오가노이드</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">바이오신약분야 산학연 연계 및 역할분담을 통한 국가연구개발 사업 연계형 전담 사업 지원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바이오 R&D 활성화를 위한 국가 바이오 허브 역할 강화</td><td colspan="2">국가 R&D 핵심기반기술 인프라 구축</td><td>바이오파운드리, 마이크로 바이옴, 국가바이오데이터, 인공단백질 구조 연구</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">플랫폼바이오 실현을 위한 바이오인프라 기반 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바이오경제 선도를 위한 R&CD기반 산학연 네트워크 구축</td><td colspan="2">성과확산 체계 강화 및 혁신주체간 연계 활성화</td><td>테크비즈 클러스터 구축
기술창업 지원 프로그램</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연병 협력 네트워크 구축 및 R&D 실증형 사업 확대</td></tr>
<tr><td rowspan="6">화학연</td><td rowspan="2">First-in-class 신약개발 경쟁에서 초격차 기술 확보</td><td colspan="2">이종화합물 결합을 통한 신개념 치료제 개발</td><td>타겟단백질 분해 기술
(프로탁, 분자글루, LYTAC, AUTAC)</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연 및 출연연간 융합연구를 통한 혁신 신약 플랫폼 구축 및 신물질 발굴</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국가위협 감염병 대응 기술 확보</td><td colspan="2">다제내성 슈퍼박테리아 내성 극복</td><td>약물 내성 항생제 개발 연구</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연병간 역할 분담을 통한 차세대 항생제 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기후변화와 환경 문제로 인한 농업 생산성 증진 및 안전한 먹거리 제공</td><td colspan="2">국민 건강 보호를 위한 안전한 합성 및 천연 작물 보호제 개발</td><td>저독성 작물 보호제 개발 연구</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">산학연병간 역할 분담을 통한 차세대 작물 보호제 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전성 평가 연구원</td><td rowspan="2">동물대체기술 개발을 통해 개발도상국의 수입 제품에 대한 진입장벽을 강화하고, 국내 산업을 보호하고 수출 경쟁력 향상</td><td colspan="2">동물 없는 실험실 만들기</td><td>줄기세포, 오가노이드, 센서, 의공학, 독성학, 수의학 등</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="2">OECD 가이드라인에 맞는 유효성/안전성평가기술 확보</td></tr>
<tr><td>• 초일류 바이오 R&D 국가중심기관으로의 도약이 필요
• 일류국가에서도 아직 실현하지 못한 기술 개발
• 국가적 차원의 기술개발과 기술진흥을 위한 출연(연)의 역할에 대한 기대감</td><td colspan="2">신체의 일부(팔, 다리 등)를 프린팅</td><td>생체재료, 바이오프린팅, 줄기세포, 조직공학, 의공학 등</td></tr>
<tr><td>How</td><td colspan="3">기계연의 프린팅기술, 생명연의 줄기세포 기술, KIST의 생체재료 기술, ETRI의 센서 및 인공신경 기술, 등 출연연이 확보하고 있는 원천기술을 기반으로 재건기술 개발</td></tr>
<tr><td>KIST</td><td>출연기관의 역할,
국민 삶의 질과 안전 제고를 위한 과학기술적 해법 제시</td><td colspan="2">출연(연) 주도 ‘판데믹 상시대응 국가 R&D 시스템’ 구축</td><td>- (예방) 바이러스 확산모델 활용 방역 정책기술, 백신, 예방용 물품 등
- (방역) 신속진단, 비대면 진단, 현장 방역처리 기술 등</td></tr>
</table>

				– (치료) 원격치료, 치료제 개발, 응급의료 등
		How	┌(정부) 판데믹 대응 요소기술 개발사업 지원 └(연구) 판데믹 대응 요소기술 개발·확보 → 다양한 요소기술들의 체계적/유기적 적용 필요 → 출연(연) 중심 대응 종합 R&D 체계 정립	
원자력의학원	출연기관의 역할, 방사선재난 의료대응	방사선사고시 피폭 환자 진단 치료 기술 확보 및 실용화		방사선피폭 선량평가기술, 방사선피폭 환자치료기술
		How	한국원자력의학원 국가방사선비상진료센터, 전국 31개 방사선비상진료기관 협력 기술개발	
	출연기관의 역할, 미래 인류의 위험성 대비	환경오염물질의 체내거동 SPECT/PET영상 평가		합성기술, 방사성동위원소 표지, 동물모델, 영상평가 기술
		How	잠재적인 독성물질에 방사성동위원소를 표지하여 동물모델에 투여 후 체내분포 및 독성평가	
	출연기관의 주도적 역할, 산학연 연계 R&D 강화	연구 주도형 우주 생명공학 기반 의료 체계 확립		물질과 반물질 반응 기반 우주방사선 효과에 따른 치료 기법의 다양성 연구
		How	우주 방사선 물질을 만들 수 있는 가상의 공간을 실현할 수 있는 치료 시스템 구축, 우주방사선을 만들어내어 암 및 난치병 치료에 적극 활용 – (출연연) 한국원자력의학원 같은 우주방사선 연구 기반의 치료 시스템 구축이 가능한 기관 주도 – (학교·교육기관): 입자 물리학에서 입자–반입자와의 상호 작용을 통한 인공우주방사선 발생기술 기초연구 – (기업) 바이오칩(Biochip)은 DNA, 단백질 등의 생체물질들을 작은 기판 위에 고밀도로 집적화한 초소형 칩으로 극미량의 시료를 초고속으로 분석하여 유전정보, 생물학적 반응이 가능한 신소재의 제품화가 가능한 도전 벤처기업/중소기업으로 개방형 혁신 시장을 주도할 수 있는 선도 기업 권장	
	출연기관의 역할, 효율적 인프라 지원	치매질환 등 뇌질환 평가용 방사성의약품을 이용한 비임상 및 임상 영상 평가		임상용 뇌질환 진단용 방사성의약품 및 개발중인 방사성의약품 생산 및 공급, 모델 평가, 영상평가기술
		How	뇌질환 관련 신약 개발에 대한 비임상 모델에서의 유효성 평가 및 후모불질에 대한 뇌질환 진단용 방사성의약품 개발	
	출연기관의 역할, 메가트랜드 대응	기초–응용–임상 연구 활성화		감염병, 희귀병 연구 인프라, 천연물–화합물 인프라
		How	출연기관연합의 전주기 연구 협의체 구성, 예산 편성	
식품연구원	디지털시대 전환 대응을 위해 식품과학기술을 활용한 디지털 건강관리시스템 개발 필요	고령자의 맛 인지 개선을 위한 H.O.M.E* 건강관리시스템구축		합성생물학, 뇌/노화 관련 세포/전임상/임상연구, 생체분자 3차구조 예측, 진단 기술 등
		How	▪ 미각/후각의 복합작용으로 발생하는 맛 통합인지 정보 DB화	

			▪ 노화/퇴행성 뇌질환/대사증후군/호흡기 관련 감염병 등에 의한 맛 인지 변화 데이터 확보 ▪ 맛인지 정보 기반 감염병/질병 자가 건강관리 시스템 개발 ▪ 맛 감퇴·상실 개선 소재 개발 및 디지털 재활 시스템 제작 *H.O.M.E: 헬스케어(Healthcare), 온라인(Online), 무인화(Manless), & 홈코노미(Economy at Home)	
한국뇌연구원	미래를 대비하는 뇌연구 수행을 위해 뇌질환극복 및 뇌기능 향상을 위한 R&D 강화	뇌신경망 및 뇌질환 중점 연구		뇌손상 제어기술 차세대 진단(액체 생검 등) 및 치료제(디지털 치료제, 전자약) 고위 뇌기능 활용 및 장애 극복기술
		How	• 뇌연구 분야 산·학·연·병 협력체계 구축을 통한 융합 연구수행 • 허브-스포크 기반 융합 뇌연구 • 첨단 뇌연구 인프라(장비·시스템, 실험동물, 뇌조직은행, 정책센터) 활용 및 연계 사업 확대	
	출연기관의 역할, 뇌질환 극복 및 뇌 작동 원리 활용 산업의 조기 선점을 통한 글로벌 주도권 확보	뇌연구 혁신주체 간의 연계·활용 및 성과창출·확산을 위한 클러스터 사업 추진		첨단 뇌연구 인프라 구축 글로벌 네트워크 구축 뇌산업 생태계 조성
		How	첨단 인프라 공백분야 발굴 및 구축 지원 및 글로벌 네트워크 협력 사업 확대	
한의연	디지털 대전환 대응	한의 디지털 헬스 기술 개발		생체신호 측정기술, 인공지능 진단·예측기술, 바이오피드백기반 치료기술
		How	바이오&ICT 융합 연구	
	인체 과학 난제 해결	바이오 융합 기반 생명현상 한의 이론 규명		뇌과학, 마이크로바이옴, 생체 자극 정량화 기술 등
		How	기초기반 연구원간 협력	
	사회적 관심질환 극복	만성·난치성질환, 정신·환경성 질환등에 대한 치료기술 확보를 통한 행복한 삶 실현		전사체 네트워크 분석을 통한 유효 한의처방 약리기전 규명
		How	바이오&한의학 융합 연구	
	바이오 자원 플랫폼 기반 조성	지속가능한 한약(천연물) 자원 확보		자원 감별기술, 효능 평가 기술
		How	천연물(식물, 해양, 광물등) 자원 확보 기관간 자원 데이터 공유·통합	
	(출연기관 공통 역할) 바이오 분야 공공서비스 제공	R&D와 산업과 연계 혁신		빅데이터 구축·공유·활용
		How	바이오 R&D 관련 인프라 및 데이터 공유 및 공공서비스 제공	
ETRI	디지털 대전환 대응	환자 맞춤형 최적 치료 솔루션을 위한 메디칼 트윈 개발		휴먼트윈 모델링및 AI기반 분석/예측과 오가노이드 기반 인공실험체
		How	환자의 건강 정보를 위한 휴먼트윈과 환자 맞춤 치료제를 위한 바이오트윈으로 개인 맞춤형 정밀의료 제공	

7. 바이오 유망 연구분야 및 전략기술 지원방향(안)

카테고리	구분	목표	미래유망기술	국내외 지원현황	국내투자현황(백만원)		문제점	지원방향(안)	핵심기술
					'19	'20			
플랫폼 바이오	생명분석 (Real)	생명탄생, 발달 및 질병을 이해할 수 있는 **생명발달지도 완성**	• 4D 세포 추적기술 ('15, 정책센터) • 공간오믹스 기반 단일세포 분석기술('20, 정책센터)	-(EU) 라이프타임 이니셔티브 발표('20) -(국내) 바이오의료기술개발, 범부처 재생의료사업 등에서 연간 90~100개 과제 단위 지원(키워드: 단일세포, 오가노이드, 이미징)	총 15 과기 15	총 261 과기 261	-각 키워드별 과제 수준의 연구가 진행되고 있으며, -연구분야와 기술의 통합적 차원의 지원 부재	-대규모 연구를 지원하는 미래기술 주력사업 프로그램으로 기획 추진 * 예시: 정밀한 생명 추적·분석, LifeTime Initiative	단일세포생물학 인공지능 오가노이드
		신생아 유전체 분석을 통해 질병 조기발견·치료·예방 지원하는 **차세대 유전체 분석칩 개발**	• 차세대 유전체분석칩(NGS)('15,정책센터)	-(미·영) 신생아 게놈 시퀀싱 파일럿 프로젝트 추진 -(국내) 질병청 등에서 한국인 칩 개발 과제 추진 중	총 2,024 과기 124	총 2,000 과기 100	-NGS 기술,장비에 대한 해외 의존도 매우 높음 -모든 신생아의 게놈 시퀀싱 비용 및 윤리적 문제 존재	-칩기술 역량을 보유한 출연연+민간기업 협력 기반의 신규사업 기획	차세대 유전체분석 칩 HTS 기술 차세대 유전체분석 칩 분석기술 개인유전체 서비스 기술
	인공생명 (Artificial)	생명발달, 난임·불임에 대한 연구기회를 제공할 **인간배아모델 제작**	• 합성배아('18,정책센터) • 인공배아('18,MIT)	-(미) 인간 줄기세포 배양을 통해 발생 초기 배반포 모사 구조체 연구 추진 -(국내) 과제단위 연구 지원	총 50 과기 50	총 75 과기 75	-윤리적 이슈 논의 필수	-신규사업 기획 필요하며, 기획 단계부터 윤리적 이슈 포함	인공배아 제작기술 초기발생 제어기술
		생태계 및 시스템 내에서 원치 않는 유전자 변이를 제거하는 유전자 복원기술 (유전자가위, 유전자 드라이브 기술의 안전한 통제)	• 유전자 드라이브 기술 ('18,정책센터/WEF)	-(미) DARPA 안전 유전자 프로그램 추진(4년간 6500만달러 투자, '17) -(국내) 관련 연구과제 미검색	-	-	-국내 연구 부족한 상황	-국내 전문 연구그룹 형성을 위한 지원 (기초연구과제 규모로 지원) -영향평가 수행 필요	유전자편집 제어기술 대응책과 예방기술 유전적 복구기술
		유전자 편집기술, 오가노이드 기술을 활용한 생명과학 연구툴/플랫폼 구축	• 뇌 오가노이드 ('15,MIT) • 오가노이드 기반 생체모사기술('18,정책센터) • 개인맞춤형 체외 면역시스템('21,정책센터)	-(미) 인류 진화유전적 연구 및 감염병 연구에 유전자 편집 및 오가노이드 기술 적극 활용 -(국내) 오가노이드 관련 연간 90~100개, 유전자 편집 관련 200~250개 과제 규모 지원	총 1,284 과기 1,234	총 1,819 과기 1,770	-기초 생명과학 연구 및 생명현상 규명에 중요한 방법론 지원 필요	-유전자편집, 오가노이드 기술 등 통합으로 기초 생명과학 연구 등을 지원하는 플랫폼으로서의 기술개발 및 서비스 지원	오가노이드 분화 및 배양기술 최적화 유전자 편집기술 등을 적용한 연구 맞춤형, 질환 맞춤형, 개인 맞춤형 오가노이드 플랫폼
		인공유전체 합성, 인공생명체 제작을 위한 차세대 DNA writing 기술 개발	• 전장유전체 합성 ('20, WEF)	-(미) 크레이그 벤터 연구소, 인공생명체 'JCVI-syn3A' 합성 -(글) 인간 유전체 합성을 위한 Human Genome Project-Write 논의 시작('16) -(국내) 생명연, KAIST, 연	총 4,709 과기 4,709	총 4,663 과기 4,618	-현재 DNA 합성기술로는 식물 또는 동물과 같은 거대 유전체를 가진 인공 유전체 제작이 거의 불가능	-K-바이오파운드리 사업과 연계, 필요시 신규사업 기획을 통한 원천기술 확보 전략 마련	차세대 유전체 분석(NGS)에 비교될 수 있는 차세대 DNA 합성기술 DNA writing ezyme 발굴 및 기능 향상

				세대 등은 박테리오파지와 같은 매우 간단한 인공 유전체 제작을 위한 연구를 수행					
	가상생명 (Virtual)	<u>Human digital twin 기반의 개인 맞춤형 평생 건강관리 지원</u>	• 사이버 메이트 헬스케어('15,정책센터) • 가상환자('20, WEF)	-(해외) 환자의 심장상태 모사, 디지털 브레인 트윈 등 대규모 사업 추진 -(국내) 생리학, 신경과학, 의공학, 임상약리 등 영영의 100여명 기초연구	총 1,743 과기 1,643	총 2,043 과기 1,843	-HDT의 개발을 위해서는 physics based human model이 요구되나 현재 이를 위한 시스템 모델의 고도화가 필요	-<u>산학연 협력의 신규사업 기획</u> * 산: HDT 활용 임상지원시스템 학: 원천기술 개발 연: 슈퍼컴퓨팅 활용, 데이터센터 구축 및운영	데이터센터의 자료 구축 기술 생리학, 의공학 기반 인체, 생리 모델링 기술 임상영상 기반 3D 구조 형성 기술 및 기능평가기술 맞춤형 건강관리 등 사용자 인터페이스, 인터랙션 상용 SW
레드 바이오	신약	**혁신신약 후보물질 발굴 및 대규모 기술이전** (신약개발 패러다임 전환 시기에 한국이 새로운 주도국으로 진입할 수 있도록 기여)	• 지능형 환자 맞춤약 ('15,정책센터) • 인공지능 기반 단백질 모델링('21,정책센터) • AI기반 분자 디자인 ('18,WEF) • AI 발견분자 ('20,MIT)	-(미) NIH, 글로벌 제약사 알츠하이머 등 5개 질환에 대한 공동신약 프로젝트 진행('14~) -(유럽) 블록체인을 사용하여 개인정보를 보호하면서 AI를 통해 화합물 정보를 분석·제공하는 프로젝트 ('19-'22) -(일) AMED 중심 의약품 실용화를 위한 표적탐색부터 임상연구까지 전주기 지원 -(국내) 신약 기초연구부터 후보물질 발굴, 기반기술 개발,인공지능·가속기 등 첨단기술 활용 신약개발 등 다양한 영역 폭넓게 지원 중 (국가신약개발(다부처), 바이오의료기술(신약개발) 인공지능활용 혁신신약개발('22 신규) 신약기반 기초기반기술('22 신규))	총 5,227 과기 4,780	총 9,353 과기 6,944	-원천기술 확보를 위한 기초분야 연구 투자 절실 -현장 수요기반 연구로 과제 간 전략성 부족, 산업계 니즈 미충족 -유전자, 세포치료제 등 신규 모달리티를 적극 반영한 목적 지향적 연구 미비	-신약개발 패러다임을 읽는 전략적 연구 강화 -초기단계부터 글로벌 시장까지 염두에 둔 사업화 전략 -기존 시장간 커플링 확대 등 전방위적 협력 체계 구축 (신약분야 세부과제별/질환별/연구주제별 등 포트폴리오 구성 및 지속성장 가능한 프로그램 마련)	**AI 신약개발** • AI 플랫폼 기술을 보유한 기업과 임상 등 바이오데이터 보유기관 및 신약개발 경험과 인프라를 보유한 기업간의 협력 네트워크 강화
			• Cryo-EM 생체분자 구조분석기술('20,정책센터)		총 2,680 과기 2,420	총 3,558 과기 3,110			**구조기반 신약개발** • 구조기반 신약개발 연구전략 수립 필요 • 초저온전자현미경, 초저온전자단층활용 등 관련 연구시설 확보를 위한 집약적 인프라 구축
					총 1,431 과기 770	총 926 과기 614			**융합신약(하이브리드 신약)** • 융합신약을 만들 수 있는 플랫폼 개발이 중심이 되는 기술개발 사업 • 개발 초기단계부터 생산성 검증 및 바이오 공정개발, 안정화 기술 개발 등 (비)임상 진입과 상업화를 고려한 연구개발 전략 필요
			• 유전자편집을 통한 질병치료기술('18) • 단일세포 교정기술 ('21) • 초고도화 맞춤의약 ('20,MIT) • 유전자치료 2.0('17,MIT)		총 27,631 과기 16,271	총 28,800 과기 15,185			**세포/유전자 치료제** • 국내 CMO 전문 CRO 집중 육성 • 세포/유전자 치료제 개발에 필요한 가이드라인 개발 (규제과학 측면) 및 주기적 보완
			• 차세대 항암백신 ('18) • 암-오가노이드 연계 면역세포치료기술 ('19) • 나노항체('21)		총 16,750 과기 7,317	총 42,694 과기 12,901			<u>**항체/면역 치료제**</u> • (항체) 신규항원 개발 시급, 기초연구단계에서부터 엄격한 검증과 표준 등을 위한 <u>대규모 국책사업 추진</u> • (면역) 상품성을 체계적으로 검증하는 시스템과 함께 미래 신시장인

			• 합성면역('21) • 면역공학('16,MIT) • 맞춤형 암 백신('19,MIT) • 면역세포치료('18, KISTI)						CAR-T/NK에 대한 지원체계 확립 필요
					총 2,873 과기 1,616	총 3,184 과기 2,013			**천연물 신약** • 부처별 천연물 은행의 통합시스템 구축과 해외 주요 천연물 DB와의 연계를 위한 전략안 마련
	재생의료	**재생의료 핵심 원천기술 확보와 임상연계를 통한 재생의료 치료기술 경쟁력 확보** (난치성 치료의 새로운 패러다임 제시, 치료범위 확대로 시장 창출)	• 유전자 교정세포 3D 프린팅('15) • 생체 내 유전체 편집 기술('18) • 후성유전학적 발생·분화 조절기술('18)	-(해외) 기초·원천 중심의 태동기에서 임상을 통한 검증 등 성장기 초입에 위치 -(국내) 세포치료제 지원에 집중 ·선진국과 기술수준 격차가 크지 않고 잠재력 보유 ·범부처 재생의료기술개발 사업을 추진 중이나, 신규 기술 및 장의적 자유공모 과제 지원 부재			-기존 세포치료제 중심에서 유전체 시장과 융복합 기술의 확대 등 기술이 다양화 되고 있음 -기초연구 지원 부족 -FDA, EMA는 재생의료 기반 치료제 승인이 활발히 이루어져 우리나라와 기술격차 벌어질 것으로 예상	-재생의료 기초·원천 기술개발 -생물학, 의과학, 공학 등 다학제간 융복합 사업으로 추진 -생체내 작용기전 예측과 조직 및 세포기원별 줄기세포지도 구축 -적시 활용가능한 재생인자 빅데이터 구축	줄기세포 기능조절기술
									재생의료 융복합 소재 개발
									재생의료 치료기술
									3차원 조직구조체
	뇌	**Brain-computer interface 개발** (뇌질환 치료, 사지마비 환자들의 인공사지 조절 등 의학적 활용 이외 에도 군사 등 다양한 산업에 응용)	• 뉴로모픽기술('15,WEF) • 마비역전기술('17,MIT)	-(미) 하버드, 폴리머 메쉬 타입 뉴럴레이스 개발 등 -(국내) 과제단위 연구(한양대, KAIST 등 소수)	총 1,122 과기 985	총 1,229 과기 1,176	-전임상 시험을 위한 동물 연구 인프라 필요 -윤리적 문제에 대한 법적인 조치 마련 필요	-바이오일렉트로닉 임플란트 기술개발을 통한 신경장애 극복 -신체-뇌 의사소통(body-brain communication) 신경신호 기반 생리 및 뇌기능 조절 기술 -시공간적 다중스케일 뇌신경신호/정보 빅데이터 구축 및 분석 플랫폼 개발	뇌삽입용 센서 개발
									생각으로 작동하는 기계
		뇌연구 기법/장비 개발 (유전학적, 광학적, 전기생리학적 실험기법/도구의 개발로 뇌신경과학 연구 지원)	• 단일 뉴런 분석기술('18) • 단일 신경세포 트래킹('20)	-(해외) 10mm의 silicone probe shank에 약 1,000 개의 recording sites를 집적시킨 probe를 개발 등 -(국내) 세포외기록법으로 100-200개 정도의 신경세포 신호 측정, IBS, 서울대, KIST, DGIST 등에서 관련 연구 수행 중	총 3,906 과기 2,138	총 3,181 과기 2,421	-향후 5년 이내에 광학적, 전기생리학적 연구 기법을 통해 10만개 이상의 신경세포 활성을 동시에 기록하는 연구가 보편화될 가능성 있으나, 국내지원 미비	- Fast focus chang 기술 적용 이미지 장비 개발 (개별 신경세포들의 활성을 동시 측정)	광학기술
									다채널 프로브
									데이터 수집/분석기술
		뇌질환 극복 기술 개발 뇌기능 원리 연구결과를 기반으로 뇌질환 표적 발굴, 진단, 치료 중심의 미충족 의료수요 해결을 위한 뇌질환 극복 기술		-(해외) 뇌질환 이해가 충분치 못해 큰 성과가 없었지만, 최근 축적된 뇌과학 지식 및 기술의 발달로 신약개발 성공 사례가 도출 -(국내) 뇌질환 극복을			-현재까지도 뇌질환의 정확한 기전을 모르는 경우가 많고 바이오마커 부재, 정밀 뇌조절 기술 부족, 조기 진단법 부재 등으로 개인차 진단 및 예측 기술개발이 어려움	-뇌질환 극복을 위한 뇌과학 선도융합기술개발사업 예타 추진 중	뇌질환 관련 바이오마커 발굴 기술
									정밀 뇌기능 조절 기술
									뇌질환 조기 진단 및 예측 기술

				위한 뇌과학 선도융합기술개발 사업 예타 추진 중					
		뇌질환·뇌공학 융합 정신질환 관리 시스템 다양한 센서를 기반으로 정신질환의 객관적인 진단 및 상태 모니터링 기술을 개발하고, 이를 기반으로 적절한 치료약물이나 치료기술들의 적용이 이루어지는 정신질환 관리 시스템 개발	• 정신건강 진단·치료 기술('16, KISTEP)	-(해외) 정신 장애 환자들의 뇌 네트워크 연결성을 기반한 MRI 데이터를 바탕으로 한 진단기술 개발 -(국내) 정신질환의 체계적 관리 기술 개발을 위해 원천기술 개발부터 임상 적용까지 포함하는 융합연구 프로그램 지원			-진단의 정확도를 높이기 위해서는 새로운 바이오마커 발굴이나, 센서의 개발이 필요하나, 이에 대한 투자나 연구는 미미한 실정임 - 대량의 데이터를 기반으로 시스템의 정확도를 평가하기 위한 정신질환 환자 코호트 구축이 필요하지만, 아직 질환별 코호트가 부족	-정신질환의 체계적 관리 기술 개발을 위해 원천기술 개발부터 임상 적용까지 포함하는 융합연구 프로그램 지원	다양한 생체 신호의 연속 측정을 위한 센서 기술
									정신질환 인자들을 찾아내기 위한 바이오마커 발굴 기술
									개발된 시스템의 임상 적용과 정확도 평가 기술
		뇌기능 조절 기술 개발 원천성이 높은 뇌의 근본적인 작동 원리 규명을 통해 뇌질환 극복 및 뇌 관련 산업을 주도해 나갈 수 있는 세계적인 경쟁력을 확보를 위한 뇌연구 생태계 구축	• 광유전학('16, WEF)	-(해외) 대규모의 연구비 지원을 통해 뇌기능 및 작동원리 이해를 통해 인간 건강을 증진시키는 전략을 지난 수십년 간 꾸준히 추진 -(국내) 뇌세포, 뇌회로, 고위뇌기능 원리 기반 뇌기능 조절 기술			-'17년 기준 전체 생명과학분야 예산(3조 930억원) 중 뇌과학 비중은 4.4%로 선진국(미국 18.9%, 일본 7.0%, 영국 6.0%)에 비해 절대적인 투자비용은 낮음	- 뇌연구 4대 분야 접근법 및 타 분야가 결합된 연구의 시너지를 극대화할 수 있는 3-4인 규모의 융합 연구 지원	전기생리, single cell RNA seq
									optogenetics, 광학기술
									행동 분석, 뇌자극, 뇌신호측정
그린바이오 화이트바이오		**친환경 소재, 연료 개발** (생명자원과 바이오기술을 결합하여 친환경 바이오화학소재/연료 개발과 안전하고 건강한 미래 먹거리 공급 지원)	• 세포배양 축산기술('21) • 실험실 생산 인공육류('18, WEF) • 소고기 없는 버거('19,MIT)	<해외> -(그린) 세계 시장규모는 1,700 억달러(연간 8% 성장률)로 성장 예상 -(화이트) 전세계 바이오 플라스틱 생산능력이 '23년 262만톤으로 증가 전망 <국내> -(그린) 국내 시장규모는 '19년 4.5조원, '30년 12.3조원 예측 -(화이트) 바이오플라스틱 국내시장 '10년 35만톤→'20년 280만톤 이상 고성장 예상			-바이오신소재 개발: 기초·원천부터 생산, 안정성 검증기술 및 시제품 개발 등 순차적 연구개발 필요 -바이오매스기반 화이트 바이오 소재: 가격 경쟁력 문제로 외연확장에 어려움→화이트바이오의 독자적 플랫폼 구축 필요	-바이오의료기술개발사업(첨단 GW 바이오) 지원 확대 -신규 예타사업 추진 * 마이크로바이옴 이니셔티브, 바이오파운드리, 그린바이오팩토리 등 -레트로바이오합성을 이용한 신규 생리활성물질 생산 -고효율 질소고정 미생물공학을 통한 친환경 농업 생산성 혁신 -인공광합성 회로 최적화를 통한 탄소자원확보 및 바이오화학소재 생산	(그린바이오) 레트로바이오합성 설계기술, 바이오활성소재 제조혁신 기술, 식물 마이크로바이옴 엔지니어링
			• 탄소자원화 광합성 세포공장('18) • 플라스틱 분해 인공미생물('19) • 친환경 고분자 생산 미생물('21) • 순환경제를 위한 바이오플라스틱('19,WEF) • 미생물활용 환경복원 기술('17, KISTEP) • 친환경 바이오플라스틱 필름('19,KISTEP)					(화이트바이오) 신개념 친환경 바이오플라스틱 개발, 탄소중립 바이오화학소재/연료 개발, 바이오파운드리기반 초고속 생촉매 탐색/개량 기술
촉진자		**유전자 암호화 라이브러리 (DNA-encoded library, DEL)**		-(영) GSK에서 DEL 활용, 약 4-5개월 만에 77억개	-	총 275 과기 275	-우리나라는 인력, 예산 문제로 기술 수준 낮음	-DEL 합성 기술 및 스크리닝법 구축 사업 추진	DNA상에서의 유기합성법을 통한 DEL 합성

	<u>합성법 원천기술 확보를 통한 유효물질 발굴 지원</u> (국가 신약 유효물질 대량 확보)		화합물 스크리닝 후 후보물질 발굴, 임상2상 진입 -(국내) 대구신약개발지원센터 기반기술구축사업에서 DEL 합성 및 스크리닝법 구축 과제 진행 -(국내) 한국화학연구원 및 일부대학에서 관련연구 수행중				-5년간 480억여원 규모의 원천기술개발 사업 -빠른 기술력 확보를 위해 컨소시움 또는 공공기관(정출연 포함)에 정책 지정 형태로 지원	DEL 스크리닝 및 PCR, NGS를 통한 분석 신규 DEL 구축 방법 확립 OFF-DNA 저분자 화합물 합성 및 최적화

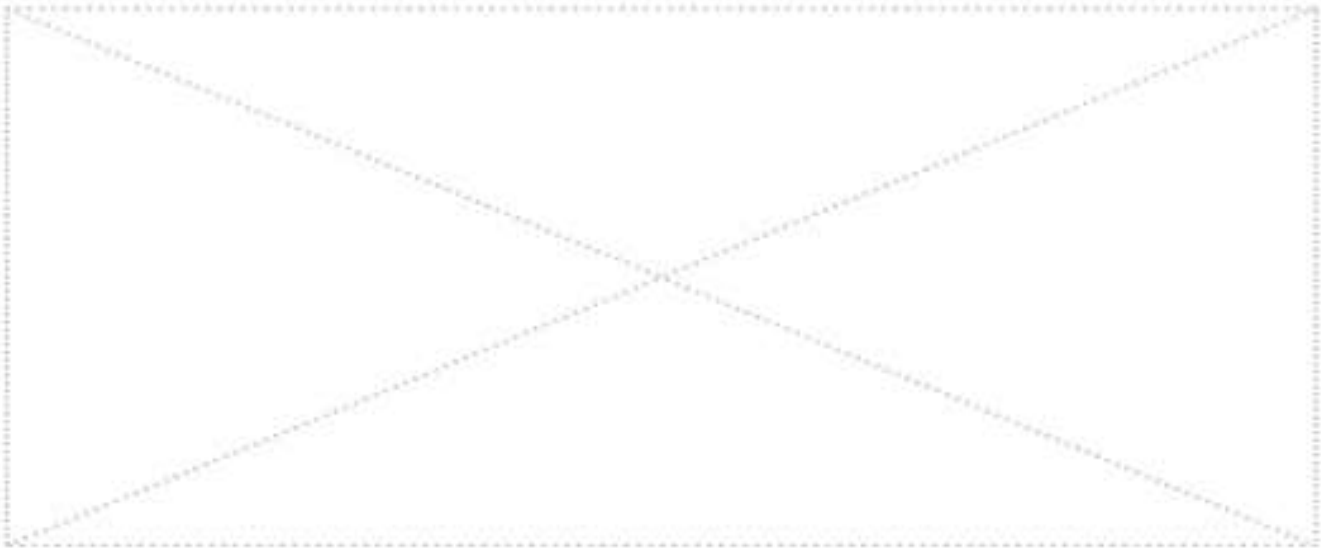
NTIS 검색, 일부 관련내용 아닌 과제 제외

(세포|생명) 지도*, 유전체 칩, 배아 모델, 유전자 (안전|복원) (편집|가위), 연구내용 : 오가노이드 모델 유전자 편집, (유전자|유전체|핵산) 합성, 디지털 트윈 (휴먼|인간|메디컬|질병|질환|암), (인공지능|AI) (신약|의약|약물), 구조 (신약|의약|약물), (융합신약 융합약물 융합의약) | (하이브리드 (신약|의약|약물), 세포치료* | 유전자치료*, 항체치료* | 면역치료*, (천연물|자생|한방) (신약|의약|약물), (뇌 컴퓨터) | (뇌 뉴로모픽)
뇌 (광학|전기생리*|프로브|채널), 유전자 암호* 라이브러리

8. 미래 바이오 분야 R&D 발전 방향 도출

□ 4차 산업혁명, 디지털 전환 추세 속에서 바이오 연구개발 패러다임(플랫폼화, 딥테크 융합, 전략기술 선점 등) 변화

○ 글로벌 트렌드와 수요, 위기를 해결하기 위해 혁신적인 바이오기술(유전체 분석기술, 유전자 편집기술, 세포 리프로그래밍 등)이 디지털 기술(빅데이터, AI, 모바일, IoT, 블록체인 등)과 융합되면서 새로운 트렌드를 형성



○ 4차 산업혁명은 플랫폼 경쟁이라는 과정에서 출발한 패러다임 변화로, 혁신 플랫폼의 등장으로 또 다른 혁신이 등장하고, 지속되고, 확산되도록 하는 플랫폼 경쟁 메커니즘 부상

- 바이오 분야의 플랫폼은 과학적 발견을 촉진함과 동시에 다양한 산업으로의 응용성을 확대
- 이를 기반으로 레드, 그린, 화이트바이오 및 타분야 혁신의 속도를 향상시키는 엔진으로 작동 예측

○ 바이오 연구의 디지털화로 새로운 R&D 및 산업적 기회 창출

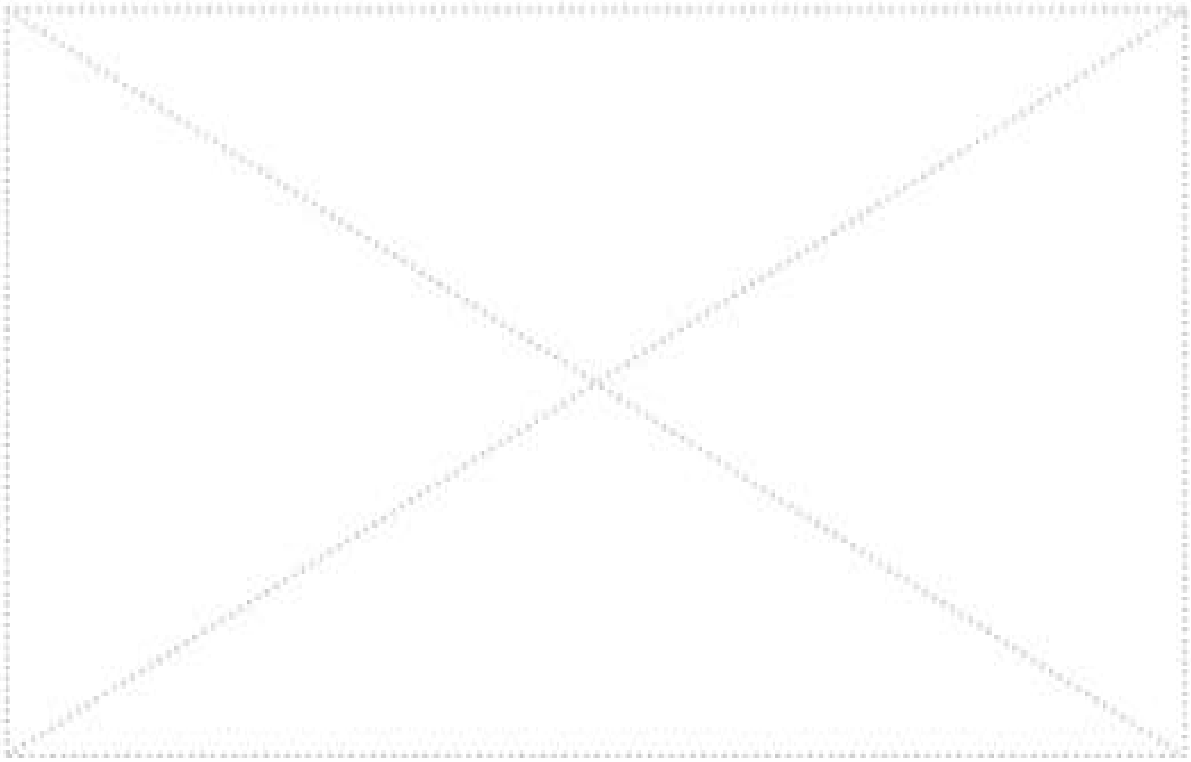
- 대량의 데이터에 기반하여 AI, 블록체인 등 첨단디지털 기술을 활용하면서 데이터와 SW로 연구하는 새로운 바이오 연구 시작

○ 기술 패권주의 및 블록화에 따라 바이오 기술의 국가 전략적 중요성 증가

– 최근 정부는 제20회 과학기술관계장관회의를 열고 ‘국가 필수전략기술 선정 및 육성보호전략’을 관계부처 합동으로 발표(‘21.12)

□ **글로벌 트렌드 및 바이오 연구개발 패러다임 변화를 반영하여 미래 바이오 분야 R&D 발전방향을 바이오 전략기술 육성으로 설정**

○ 바이오 전략기술 전주기 관리체계 구축하여 미래가치에 주안점을 두고 국내 잠재력, 기술·산업적 파급력, 정책적 중요도 등을 종합적으로 고려하여 전략기술을 선정

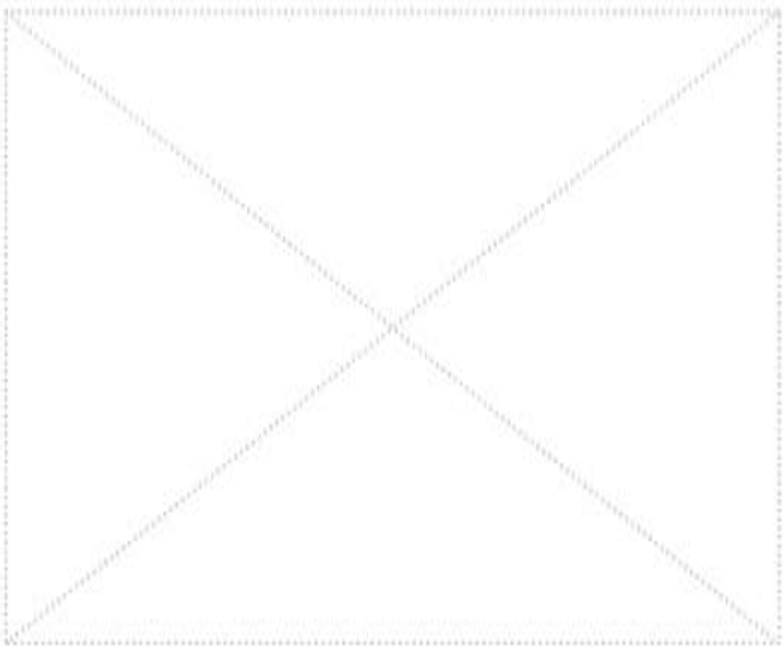


- 국내·외 과학기술 정책동향보고서* 등에서 제시한 155개 기술 중 기술의 중요성·시급성을 검토하여 49개 기술 도출

  * MIT, 세계경제포럼(WEF), KISTEP·KISTI·국가생명공학정책연구센터 미래유망기보고서 등

- 전문가로부터 미-중 기술패권 동향 등 국내외 환경변화 대응을 위한 핵심 연구주제 추가 의견 수렴을 통해 26개 기술 도출

- 패러다임 변화, 국가 R&D 공백 해소 등 정책적 중요도를 고려하여 최종 22개 기술 선별



○ 전략기술 확보를 위해 임무중심형 사업 기획 및 프로젝트 책임형 관리 및 효율적 연구, 성과 활용을 위한 기획 및 기술관리 강화

– 전략기술의 성격, 핵심 목표 등에 따라 사업관리 및 성과 활용 등 차별화

– 연구역량 결집 및 효율적 기술 확보를 위한 국내외 연구협력 체계 구축

○ 전략기술의 주기적 보완 및 선제적 규제 정비, 바이오 전략기술의 기술영향 평가 등 실시

– 민관전문가 협의체를 통해 목표 변경 및 전략기술 추가·변경 가능

– 빠르게 변화하는 바이오 기술혁신 및 환경변화가 반영되도록 선제적 규제 검토

※ 전략기술 등 자세한 내용은 대외 발표가 되지 않은 관계로, 보고서 내 포함하지 않음