

2023년 혁신도전 프로젝트 연구개발사업 발굴 협조 요청

□ 개요

- 미래 사회·경제적 파급력이 큰 혁신적·도전적 R&D 사업 기획을 위해 산업계, 학계, 연구단체 등을 대상으로 연구개발사업 주제 공모
 - 선정된 주제는 혁신도전 프로젝트추진단에서 상세기획을 지원하고 기획 완료 후 국가R&D 예산 편성 우대(제도마련 검토 중)
- ※ 내부 심사를 통해 우수 제안으로 선정되신 분들께 소정의 사례금 지급 예정

□ 발굴 분야 및 범위

- (분야) △건강하고 행복한 100세 시대 실현, △안전하고 쾌적한 사회 구현, △대한민국 경제의 지속 발전
- (범위) 혁신적·도전적으로 문제를 해결하고 실패 가능성이 높으나 성공 시 파급효과가 매우 큰 연구주제
 - 문제정의로 시작하여 임무설정 → 연구수행 → 현장적용 까지 임무 지향적으로 기획이 가능한 연구주제
- (조사대상) 총사업비 100억원 이상이며 사회·경제적 문제 해결을 위해 필요성이 큰 과학기술영역 신규 국가연구개발사업 연구주제
 - ※ 기존 기술의 단계적 개량을 통해 달성 가능한 연구주제는 가급적 배제
 - ※ 아이디어 검증을 위한 탐색형(비에타규모)과 아이디어 구현에서 사업화·실증까지 포괄하는 패키지형(에타규모)으로 유형 구분

□ 제출 기한 및 방법

- 제출기한 및 방법: '23. 11. 30.(목) 24:00 접수마감, 홈페이지 접속* 제출
 - * K2Base 홈페이지(www.k2base.re.kr) → 업무지원 → 협업·지원 → 혁신도전프로젝트 → 연구테마 제안 작성(로그인 필수)

□ 협조 요청

- 기관 내부 구성원, 소속 회원 또는 회원사 등에 공문 내용 전달
- '붙임2'의 안내문을 기관 내부 게시판 및 외부 홈페이지 등에 게시
 - ※ 안내문 클릭 시 바로가기 설정 요청(URL: <https://www.k2base.re.kr/karpa/intro.do>)

□ 기본 방향

◆ 과거 추격형(Fast Follower) 방식에서 벗어나 과감하고 도전적인 선도형 연구(First Mover)로 전환하여 혁신적 성과를 창출할 수 있는 토대 마련

- 초고난도의 연구목표 하에 문제정의로 출발하는 임무 지향적 기획 수행하며, 민간PM의 전문적인 관리와 유연한 연구방식을 통해 효율성 극대화
 - ※ 향후 혁신도전형 R&D 사업군을 형성하여 도전적 연구에 적합한 연구환경 조성
- (추진방식) 혁신본부 주관 하에 매년 5개씩, 4년 간 총 20개 사업 기획, 기획완료 이후 R&D사업은 개별부처 예산에 반영하여 별도 추진

□ 추진 체계



- (추진위원회) 혁신도전 프로젝트의 주요 사항을 심의·조정하는 민·관 합동 위원회
 - 추진단 추진전략, 차년도 연구테마, 후속 사업추진 방향*, 연구제도 개선, 참여부처 간 협력·이전 조정·중재에 관한 사항 등 논의
 - * 주관·협조부처 결정, 후속 R&D사업의 예산 규모 설정 등
- (추진단장) 혁신도전 프로젝트 총괄 관리자(=총괄PM)
 - 차년도 연구테마 발굴 및 관계 부처와 협업하여 R&D사업 기획
 - ※ 사업기획 및 예산심의 과정을 주관부처와 함께 진행
 - 사업 착수 후 R&D사업에 대한 의견 개진 등을 통해 전체 프로젝트 진행상황 관리, 대외협력 총괄 및 제도 개선사항의 해결방안 제시 등
- (사업단장) 개별 R&D사업의 전담 관리자(=전담PM)
 - 연구개발사업의 과제 기획·선정·진도관리·평가 등 전주기를 관리하고 R&D사업 추진상 나타나는 제도 개선사항 발굴
 - 연구성과의 관리·실증·확산·홍보 방안 마련 등

□ 추진 내용

- (연구테마 발굴 및 사업기획) 추진단장 주도로 과학기술 커뮤니티의 의견을 수렴하여 연구테마 발굴* 및 신규 R&D사업 기획(매년 5개 내외)

* 기존 기술의 단계적 개량을 통해 달성 가능한 테마는 가급적 배제, 도전적으로 문제를 해결하고 성공 시 획기적인 파급효과를 가져올 연구 주제 위주로 발굴

< 연구주제 선정 기준 >

핵심기준	주요 내용
목표의 명확성	해결하고자 하는 문제 및 사업의 목표가 명확하고 구체적인가?
도전성	세계 최초 또는 세계 최고 수준을 지향하는가?
혁신성	와해성(Disruptive) 혁신을 이끌어 낼 수 있는가?
차별성	이미 추진하였거나 현재 추진 중인 사업과 중복되지 않는가?
파급효과	성공할 경우 과학기술적, 산업적, 사회적으로 큰 파급효과가 기대되는가?

- (R&D사업 실시) 기획내용을 바탕으로 사업부처 중심의 예산 확보 (필요시 예타 실시) 및 사업단장 주도의 R&D사업 실시

- 사업 기획 및 예산심의과정을 혁신도전 프로젝트 추진단과 주관 부처가 함께 진행하고, 사업을 개별 부처 예산에 반영하여 추진

- (R&D제도 개선) 사업 목표 달성에 필요한 연구팀 선정, 연구 수행, 연구비 집행, 평가 등에서 유연한 연구방식*을 적용하고 제도 개선사항 지속 발굴

* 경쟁형 R&D, 연구비의 탄력적 집행, 점수·등급을 매기지 않는 컨설팅 평가 등

< 사업 추진절차 >



< 주요 추진경과 >

- ▶ 「국가R&D 혁신방안」 수립('18.7.26., VIP 주재 국가과학기술자문회의 제1회 전원회의 상정)
- ▶ 「국가R&D 도전·혁신성 강화 방안」 마련('19.5.31., 제5회 과학기술관계장관회의 상정)
- ▶ 혁신도전 프로젝트 추진단 출범('20.5.6., 혁신도전 프로젝트 운영관리규정(과기부 훈령) 제정)
- ▶ 혁신도전 프로젝트 사업추진계획 확정('20.5.8., 제1차 혁신도전 프로젝트 추진위원회 상정)
- ▶ 연구테마 선정 및 세부기획('20.7.~'23.9., 제2~15차 혁신도전 프로젝트 추진위원회) ※ [참고3~6]

Track

[탐색형] 개념검증

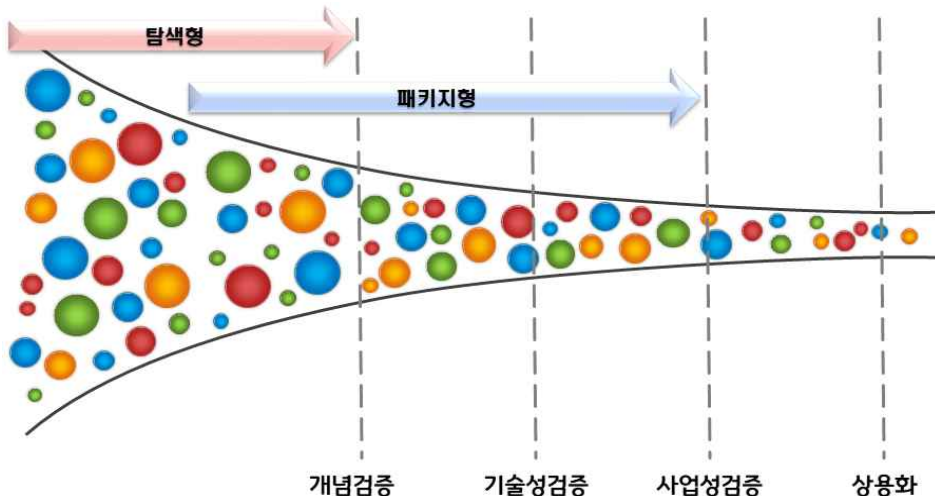
[패키지형] 개념검증에서 사업화·실증까지 포괄

1 독창적인 프론티어 연구를 위한 탐색형 사업(단기)

- 개념검증*이 필요한 독창적인 아이디어를 바탕으로 한 연구테마의 경우 실패할 가능성이 있지만 과감히 도전할 수 있도록 개념검증 단계까지 지원하여 가능성에 대한 검증 후 다음 단계로 추진
 - 예산은 500억원 미만, 연구기간은 4년을 원칙으로 하되, 연구분야 특성을 감안하고 부처의견 반영 및 추진위원회 승인을 거쳐 확정
 - * 기존에 없던 신기술을 개발하기 위해 가설을 세우고 그 가설의 타당성을 증명하는 연구개발 활동
 - ※ 개념검증 성공 사업은 사업화 및 실증까지 5년 내외로 추가지원

2 아이디어 구현에서 사업화·실증을 연계한 패키지형 사업(중장기)

- 선행연구를 통해 개념검증이 일정 부분 진행된 연구테마는 연구개발 및 실증까지 패키지화하여 대형 예타사업(도전혁신형)으로 기획·추진(최대 9년)
- ※ 과학기술적 검증부터 상용화까지 새로운 패러다임을 제시하고, 2/3단계로 추진하되 단계별 최대 3년으로 추진



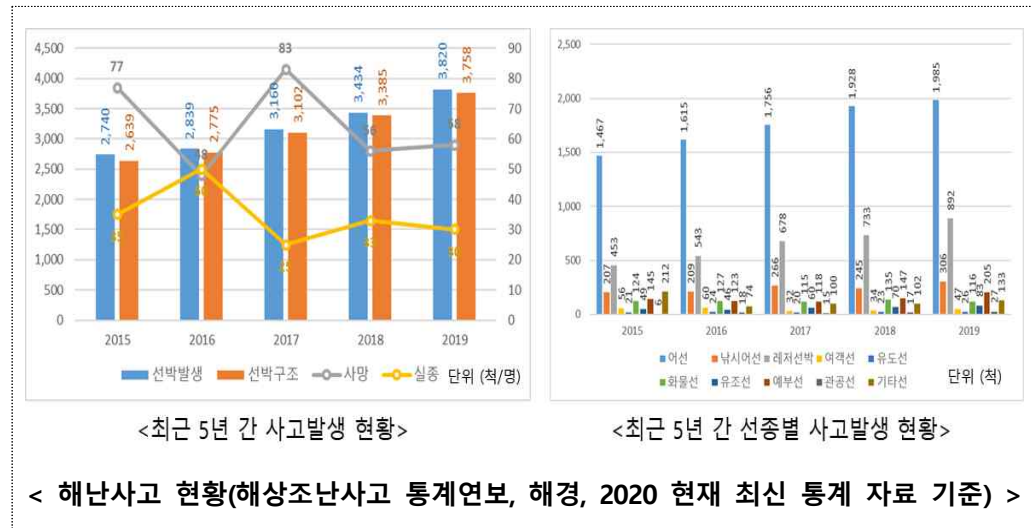
▣ [연구테마1] DNA 기반 빅데이터 영구 저장 기술

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4차 산업혁명 시대에 접어들면서 데이터의 생산량이 폭발적으로 증가 <ul style="list-style-type: none"> - '10년 2ZB(1ZB=1조GB) → '15년 15ZB → '20년 40ZB → '25년 175ZB(IDC기준) - 2040년에는 데이터 생산량이 데이터 저장장치 생산량을 추월하여 생산된 데이터를 저장하지 못하는 초유의 사태 발생 가능성 존재 <div data-bbox="375 616 1412 974" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Annual Size of the Global Datasphere</p> <p style="text-align: center;">Zetabytes</p> <p style="text-align: center;">Source: Data Age 2025, sponsored by Seagate with data from IDC Global DataSphere, Nov 2018</p> <p style="text-align: center;">< 전 세계 연간 데이터 생산량 ></p> </div>
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재, 데이터 생산량 증가에 대응하기 위해 저장장치(하드디스크(HDD), 플래시메모리(SSD), 자기 테이프 등)의 단위면적당 저장용량을 높이는 연구 개발이 이루어지고 있으나, 저장용량 증가 개발 속도가 높지 않고*, 데이터 유지기간이 10년 내외인 점은 여전히 한계 <ul style="list-style-type: none"> * HDD의 경우 2011년 첫 4TB 제품 판매 이후 현재 16TB 제품 판매 중 ⇒ 획기적으로 저장용량을 높이거나, 유지기간을 늘릴 수 있는 방법을 찾기 위한 다양한 연구(DNA 활용 등)도 병행 추진 ○ 또한, 대규모의 데이터를 저장하는 데이터센터에는 10~20%의 자주 사용하는 데이터(hot data)*와 80~90%의 자주 사용하지 않지만 중요한 데이터(cold data)**가 사용빈도의 구분없이 동일한 저장장치에 저장되고 있음 <ul style="list-style-type: none"> * 예시) 구글 검색자료, 유튜브 영상 등 / ** 우주관측 자료, 멸종 동식물 유전자 정보, 자원 탐사 정보 등 ⇒ 자주 사용하지 않지만 중요한 데이터의 기하급수적 증가에 따라 저장장치 증설 비용과 전력소모로 인한 관리비용도 기하급수적으로 증가
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">초대용량 데이터를 한번 저장하면 전력 소모 없이, 반영구적으로 보존하는 방법이 없을까? → 방대한 생체정보를 담은 DNA 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생체정보 외 다양한 정보를 DNA에 담아 메모리로 만들고, 이렇게 만들어진 DNA 메모리를 합성·분석할 수 있는 시스템 구현 <ul style="list-style-type: none"> ※ DNA 메모리는 하드디스크와 비교하여 단위 부피당 저장용량이 10만배 이상 크고 반영구적으로 저장이 가능하며 보존·관리 시 전력소모가 거의 없음

▣ [연구테마2] Flying AUV: 공중 이동이 가능한 자율무인잠수정

○ 해난사고 중 레저선박·낚시어선 등 소형 선박의 사고 빈도가 80%이상을 차지함에도 기상 악화, 장비 부족 등으로 인해 사고에 대한 초동대응이 늦어져 인명피해 규모가 증가하고 수색·구조 기간이 장기화되는 문제 발생

사회적 문제



현재 문제해결 방식

○ 사고 발생 시, 표류예측 모델을 통해 침몰위치를 파악하고, 해경의 함정이나 구조헬기가 출동하여 현장 상황을 파악하고 난 후, 잠수사들이 수색·구조 활동을 하는 체제

⇒ 급변하는 해양 환경으로 인해 정확하고 신속한 위치파악이 어렵고 특히, 소형선박의 경우 위치파악 시간이 늦어짐에 따라 선박이 침몰하여 수색·구조가 어려운 경우가 대부분임

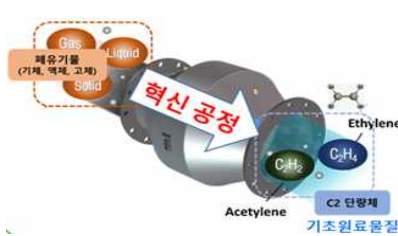
새로운 아이디어

< 핵심 아이디어 >

무인잠수정(AUV)을 바다 한가운데 정확한 위치로 빨리 보낼 수 있는 방법이 없을까? → 하늘을 나는 무인잠수정

○ 해난사고 발생 시 AUV(자율무인잠수정)를 사고 지점까지 공중으로 고속 이동시킨 후 공중에서 소형선박의 위치를 신속히 파악하고, 소형선박이 침몰하면 수중으로 잠수하여 목표물을 지속적으로 추적한 후 정확한 위치를 통신으로 전달하는 기술개발

▣ [연구테마3] 플라즈마 기반 CO₂ free 폐유기물 기초원료화

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경오염에 대응하기 위한 국제적 관심과 글로벌 규제가 강화*되는 가운데, 우리나라도 생활·산업 폐기물이 지속적으로 증가** 추세 <ul style="list-style-type: none"> * △ 전기전자 제품 내 사용이 제한되는 유해물질 대상 확대('19, RoHS(EU)), △ 선박배출 황산화물 기준 3.5% → 0.5%로 강화('20, 국제해사기구) ** 폐기물 발생 현황: ('13) 393,117 → ('18) 446,102 톤/일 (5년간 13% 증가) ○ 특히, 제조 등 산업시설에서 발생하는 폐유기자원(플라스틱, 폐유·폐유기용제, 폐기가스 등)은 환경·인체에 더욱 유해하며, 비중 증가속도 면에서 더욱 심각 <ul style="list-style-type: none"> ※ 사업장 폐기물 중 환경오염·인체유해성이 큰 물질은 '지정폐기물'로 분류·관리 되며, 그 중 폐유·폐유기용제·합성수지·고무 등 폐유기자원 발생량은 약 6,400톤/일 규모로 43.4%를 차지 ('18년, 5년간 약 19% 증가)
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐유기자원은 재활용/소각/매립으로 처리 <ul style="list-style-type: none"> - (기체) 바이오가스는 대형 생산시설 자체 활용(35%), 발전(17.4%) 등으로 사용되나 상당량이 소각·방출(16.5%*, 이상 '17년 기준) <ul style="list-style-type: none"> * 5,304만m³/년 = 매년 10만가구 도시가스 사용량, 환산가치: 약 369억원 ※ 바이오가스는 메탄(비중: 50~70%) 등 유독성분 최소화를 위해 방출 전 소각하며, 같은 이유로 석유시추 시 발생하는 유기가스는 전량 소각·방출 - (액체) 폐유·폐유기용제의 경우, 이온정제·감압증류* 등의 폐유회수법으로 대부분 재활용(78%)되며, 나머지는 소각·매립(22%)으로 처리** <ul style="list-style-type: none"> * 이온정제: 원심분리 + 이온을 활용한 침전분리 / 감압증류: 증류탑 이용 ** 기준: '18년 폐유·폐유기용제 배출량 6,339톤/일('13년 대비 약 19%증가) - (고체) 폐플라스틱·합성수지·합성고무 등은 재활용(58%), 소각(36%), 매립(6%) <ul style="list-style-type: none"> * 기준: '18년 생활·사업장 배출 플라스틱·폐합성수지 등 17,261톤/일 ⇒ 재활용이 전반적으로 높은 비중을 차지하나, 전처리 작업 등 복잡한 공정절차, 고비용 등의 한계*가 있으며, 소각·매립은 환경오염의 원인 <ul style="list-style-type: none"> * (폐유) 시설비, 약품비, 회수·수송비 등 낮은 경제성 (플라스틱) 수집된 플라스틱을 재분류 후, 분쇄, 세척, 건조 등 절차가 복잡 / 재활용 처리 공정에서도 CO₂ 발생
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">폐기물을 '처리' 가 아닌 '판매' 가 가능한 자원으로 변환할 수 있을까?</p> <p style="text-align: center;">→ 공정이 단순하고 활용도가 높은 고부가가치 자원으로 재생산</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 플라즈마의 높은 에너지를 활용하여 폐유기물을 유기 화합물의 기초 원료가 되는 고순도 C₂ 단량체(에틸렌(C₂H₄), 아세틸렌(C₂H₂))로 분리·변환 <ul style="list-style-type: none"> - 폐기물의 모든 형태(고·액·기)에 공통 적용되는 표준반응기 개발 - C₂ 단량체의 고효율 추출, 잔여물의 친환경적 처리기술 개발 - 폐기물 회수비용 절감을 위한 현장처리 시스템 개발(폐유 회수·수송비용: 정제비용의 2~3배) 

▣ [연구테마4] 자폐성 장애를 위한 혼합형 디지털치료제

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중증 정신질환으로 인해 환자 개인은 물론, 사회·경제적 부담이 증가 <table border="1" data-bbox="399 414 1412 582"> <thead> <tr> <th></th> <th>전체 장애인</th> <th>지적 장애인</th> <th>자폐 장애인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>일상에서 타인도움이 필요한 비율</td> <td>34%</td> <td>79%</td> <td>87%</td> </tr> <tr> <td>장애로 인한 월 추가비용</td> <td>16.5만원</td> <td>28.7만원</td> <td>60.8만원</td> </tr> <tr> <td>부모 의존 비율</td> <td>21%</td> <td>73%</td> <td>99%</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ○ 치료 및 재발방지를 위해 장기간 지속적인 모니터링과 관리가 필요하나, 상급병원 외래·입원 등 치료 접근성이 제한되고 일상에서의 치료·관리가 어려움 → 관리의 단절과 악순환 <ul style="list-style-type: none"> ※ 상급종합병원의 수도권 편중(44%), 정신과 보호병상 감소('11년, 1,021개 → '18년 857개) ※ 코로나 사태를 전후하여, 정신질환 등록률 감소(25%→13.5%), 적극 사례 관리율 감소(65.4%→55.3%), 재발율 증가(21.9%→32.8%) ○ 특히 자폐성 장애는 국내 연평균 8%씩 증가하는 추세이나 타(他) 중증 정신질환과 달리, 약물 등 확실한 치료법이 없어, 전 생애에 걸쳐 가정에서의 보호·관리에 의존 		전체 장애인	지적 장애인	자폐 장애인	일상에서 타인도움이 필요한 비율	34%	79%	87%	장애로 인한 월 추가비용	16.5만원	28.7만원	60.8만원	부모 의존 비율	21%	73%	99%
	전체 장애인	지적 장애인	자폐 장애인														
일상에서 타인도움이 필요한 비율	34%	79%	87%														
장애로 인한 월 추가비용	16.5만원	28.7만원	60.8만원														
부모 의존 비율	21%	73%	99%														
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자폐성 장애의 경우 행동교정, 의사소통 및 심리치료 등 증상 완화 및 발달·학습 프로그램 등에 의존 <ul style="list-style-type: none"> * 약물은 우울증 불안장애 등 동반질환 개선을 위해 사용하나 자폐성 장애 치료제는 아님 <table border="1" data-bbox="391 1198 1412 1444"> <thead> <tr> <th colspan="3">주요 중증 질환별 치료법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">비정신질환</td> <td>암</td> <td>· 수술, 항암치료(약물), 방사선 치료</td> </tr> <tr> <td>당뇨</td> <td>· 약물, 운동, 식사</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">정신질환 (중증)</td> <td>조현병</td> <td>· 약물, 인지행동 치료, 교육, 가족치료</td> </tr> <tr> <td>조울증</td> <td>· 약물, 교육, 면담치료 등</td> </tr> <tr> <td>자폐</td> <td>· 행동·의사소통치료(언어·미술·운동 등), 가족치료</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ○ 3세대 치료제로 분류*되는 디지털 치료제가 대안으로 주목 → 아직 앱(S/W) 기반 상담·복약지도 등 자가관리 프로그램 수준에 머물러 있어 적극적 치료제로는 미흡 <ul style="list-style-type: none"> * 1세대, 일약 등 저분자 화합물 → 2세대, 항체·단백질·세포 등 생물제제 → 3세대, 디지털 치료제 	주요 중증 질환별 치료법			비정신질환	암	· 수술, 항암치료(약물), 방사선 치료	당뇨	· 약물, 운동, 식사	정신질환 (중증)	조현병	· 약물 , 인지행동 치료, 교육, 가족치료	조울증	· 약물 , 교육, 면담치료 등	자폐	· 행동·의사소통치료(언어·미술·운동 등), 가족치료	
주요 중증 질환별 치료법																	
비정신질환	암	· 수술, 항암치료(약물), 방사선 치료															
	당뇨	· 약물, 운동, 식사															
정신질환 (중증)	조현병	· 약물 , 인지행동 치료, 교육, 가족치료															
	조울증	· 약물 , 교육, 면담치료 등															
	자폐	· 행동·의사소통치료(언어·미술·운동 등), 가족치료															
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">자폐성 장애를 일상생활에서도 적극적으로 치료할 수는 없을까?</p> <p style="text-align: center;">→ 앱(S/W)·센서·AI 등을 결합한 복합 디지털치료제 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 자폐성 장애 Data 수집·분석 및 앱(S/W)·센서 등을 결합한 치료제를 개발하고, AI를 적용한 실시간 모니터링·분석 플랫폼 구축 → 전통 치료법을 대체하는 자가·정밀 디지털 치료제 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 자폐성 장애 사용자의 조작을 최소화할 수 있는 지속·정밀한 건강평가, 진단, 치료, 피드백의 선순환 시스템 개발 																

▣ [연구테마5] 상시 재난 감시용 성층권 드론

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전지구적 온난화의 빠른 진행으로 폭염·호우·폭설 등의 발생빈도가 증가하고 이는 대형 자연재해로 이어져 사회·경제적 손실 * 1880년 이후, 전 지구 평균기온이 가장 높았던 10년 중 9년이 2000년 이후 발생(美해양대기청, 2018) ○ 특히, 우리나라의 경우 산이 많은 지형적 특성으로 기상예측이 어렵고, 최근 국지성 폭우·폭염·폭설 등 기상 이상현상이 늘어나는 상황 * 우리나라 기상청의 강수 정확도는 46%(‘17년 감사원) ** ’18년, 폭우·폭설·태풍·지진 등 기상재해에 의한 피해액·복구액은 6,000억원 규모이며, 사망·실종자 53명, 이재민 2,487명에 달함
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공위성을 활용하여 기상을 예측하나, 고고도 정지위성은 해상도가 낮아 정밀 예측이 어려우며, 저고도 위성은 지속적으로 우리나라만을 모니터링할 수 없는 한계 ○ 막대한 위성 개발비용(최소 400억원 이상), 제작·발사비용(최소 350억원 이상)도 인공위성만을 관측·감시 자산으로 활용하는데 제한사항으로 작용
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">성층권의 장점을 활용하여 위성의 관측 한계를 보완할 수 있을까?</p> <p style="text-align: center;">→ 상시·정밀감시가 가능한 성층권 드론 개발</p> <p style="text-align: center;"><드론운용 환경으로서의 성층권(지상 10~50Km)의 특성></p> <ul style="list-style-type: none"> · 구름이 없어 날씨가 급변하지 않고, 낮 동안 태양광이 풍부 · 공기밀도가 낮아* 적은 에너지로 멀리 날 수 있고, 한 곳에 오래 머물 수 있음 * 공기밀도: 지상의 1/15 수준, 공기압력: 지상의 5% 수준 · 18Km 이상의 고도에서는 바람이 약하고 관제탑 통제가 없어 자유비행 가능 <ul style="list-style-type: none"> ○ 성층권에서 고중량 장비를 적재하고 1개월 이상 장기체공이 가능한 성층권 드론을 개발하여 국지성·돌발 기상 정밀관측·연구 및 산불·화재, 국경 감시 등 다목적으로 활용 ○ 현재까지 진행된 선행 연구결과를 발전시켜 상용화로 연결 <p style="text-align: center;"><주요 개발 사례></p> <ul style="list-style-type: none"> · 제퍼S(에어버스社) : '18년, 23Km 성층권에서 5kg 장비탑재 후 26일간 비행 · EAV-3(韓 항우연) : '20년, 22km 성층권에서 2kg 장비탑재 후 2~3일간 비행

▣ [연구테마1] 초고속 이동수단 하이퍼튜브 기술개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (교통수요 증가) 교통·물류량은 계속 증가*하여 기존 교통망의 포화가 예상되며, 특히 장거리 수송에서 철도의 비중은 더욱 증가 <ul style="list-style-type: none"> * △1일 여객통행량: '12, 175만명→'17, 205만명(17%↑), △연간 화물운송량: '10, 8억톤→20억톤(150%↑) ** 수송량('00→'14, 백만명) : (버스) 675→274 / (철도) 837→1,264 지역간 수송 분담율('00→'14) (버스) 40% → 17% / (철도) 57% → 80% ○ (수도권 중심 지역격차) 대부분의 경제·사회 인프라가 집중된 수도권 중심의 주거 집중현상은 지역간 교통·생활격차를 더욱 심화할 것으로 예측 <ul style="list-style-type: none"> * '50년, 세계 인구 70% 이상이 대도시권에 거주 예상(서울 포함)
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (KTX 등 고속철도) '04년 개통되어 서울 → 부산 기준 2.5시간 내외수송으로 '1일 생활권'을 형성하는 데 기여 <ul style="list-style-type: none"> - 최고속도는 약 320km/h으로 한계*에 도달했으며, 선로 포화, 출발지연, 정차역의 지속적인 증가로 중장거리 고속 이동 수단으로서 한계를 드러냄 <ul style="list-style-type: none"> * 400km/h 이상에서는 공기저항으로 비용·효율문제 급상승 ※ 정차시간을 포함한 실제 운행속도(표정속도)는 약 210km/h으로 최고 속도에 크게 못미침 (신경주역, 울산역의 신설로, 서울 → 부산 운행시간 35분 증가) ○ (비행기) 최고속도 800km/h 수준으로 가장 빠른 장거리 이동 수단이나, 기상변화에 민감하여 출발지연·결항* 등이 빈번하여 정시성 확보 제한 <ul style="list-style-type: none"> * '18년 국내선 결항률: 1.82%, 지연률: 14.6% ※ 공항은 도시외곽에 위치하여 접근성이 떨어지고, 탑승수속대기 등 시간소요가 큰 편
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">진공에 가까운 환경에서 1,000km/h 이상, 비행기보다 빠른 초고속 진공열차(하이퍼루프) 개발로</p> <p style="text-align: center;">전국 1시간 생활권이 가능한 초고속·저비용 교통·물류 시스템 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (초고속 이동) 공기 저항이 0에 가까운 아진공 상태(1/1000 기압)에서는 1,000km/h 이상의 속도가능 (서울 → 부산: 20분) <ul style="list-style-type: none"> - 소형 차량(30인 내외)을 짧은 간격으로 보내는 방식으로 목적지까지 무정차 운행이 가능하며, 날씨에 의한 지연·취소 우려 없음 ○ (비용의 최소화) 터널 등 토목·건설비용이 KTX에 비해 낮고, 진공특성, 초전도 전자석·태양광을 활용하면 에너지 소모가 거의없어, 운영비 최소화

▣ [연구테마2] 소재 혁신을 위한 양자시뮬레이터 플랫폼

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (소재 개발 경쟁 심화) 소재는 부품 및 제품의 성능과 부가가치를 좌우하는 핵심요인으로서, 최근 국제적으로 소재기술 개발 경쟁과 자국 우선주의가 심화됨에 따라 미래 핵심기술 확보가 필요 ○ (양자시스템 기술 미흡) 소재의 특성은 양자역학으로 기술되는 원자 구조·배열·상호작용에 의해 결정되나 이를 이해·분석·예측하는 양자 시스템 시뮬레이션 기술이 미흡하여 신소재 개발에 많은 비용과 시간이 소요 <ul style="list-style-type: none"> ※ 예시 : '70년대 중반 처음 제안된 리튬이온 배터리는 '90년대에 최초로 상용화 되었으며, '20년대 후반에 와서야 고출력 NMC 배터리로 발전
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (디지털 컴퓨터 양자시스템) 디지털 컴퓨터 기반 양자시스템 시뮬레이션은 입자의 개수 증가에 따라 기하급수적으로 증가하는 상호작용을 정확하게 계산할 수 없는 근본적인 한계 존재 <ul style="list-style-type: none"> ※ 입자 300개의 상호작용을 완벽하게 기술하기 위해서는 1090비트가 필요해 현실적으로 불가능 (1090은 우주에 존재하는 입자의 개수에 해당) - 디지털 컴퓨터 계산 복잡도를 줄이기 위해 양자시스템을 간단한 모델로 근사할 수 있지만, 정확성과 효율성을 동시에 갖춘 양자시스템 계산 방법론 부재 - 양자시스템 시뮬레이션을 통해 적합한 후보군을 추천하고 있으나, 계산 오차로 정확한 물성 예측이 어려워 실험실에서 많은 시행착오 발생
<p>새로운 아이디어</p>	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>〈 핵심 아이디어 〉</p> <p>정밀 제어 가능한 양자시스템을 이용해 실제 양자공간을 구현하는 양자시뮬레이터 개발로서</p> <p>분석 설계 정확성과 효율성을 극대화하여 신소재 개발 혁신 창출</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 정밀 제어 가능한 양자시스템을 이용해 실제 양자공간을 구현하는 양자시뮬레이터를 개발하여, 신소재 개발의 분석·설계 정확성과 효율성을 극대화 <ul style="list-style-type: none"> - 큰 파급효과가 예상되지만 현재 기술로는 개발이 어려운 범용 양자컴퓨터개발과 병행하여, 양자정보처리 기술의 실용화를 위한 특수 목적용 양자시뮬레이터 개발 ○ 양자시뮬레이터를 이용해 수소 생산반응 촉매를 설계하고 실험 검증하여 양자시뮬레이터의 소재개발 활용사례 창출

▣ [연구테마3] 고형암 치료용 CAR-T의 원천기술 개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (암유병자 지속적 증가 및 사망률 개선 미비) 암 조기발견, 치료법 향상, 인구 고령화 등으로 암유병자는 지속적으로 증가하는 추세이며 난치암의 사망자 대부분은 고형암을 가진 재발암 환자로서 꾸준한 연구로도 사망률이 개선되지 못하고 있는 상황 <ul style="list-style-type: none"> ※ 암 유병자 : ('14) 146만명 → ('18) 200만명 → ('25) 약 250만명 예상 ○ (고형암의 치료법 개발 필요) 기존의 면역치료가 고형암 환자들의 생존기간을 의미있게 연장시키지 못하고 있으므로 고형암 환자에서 부작용이 낮으면서도 암을 완치할 수 있는 혁신적인 치료법 개발이 절실
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (혈액암 대상 CAR-T 세포 치료법) 면역체계를 활용하여 암을 치료할 수 있는 CAR-T 세포가 혈액암에 적용되어 B림프구 유래 백혈병 환자의 81%를 완치하는 치료효과를 보이나, 고형암에서는 환자의 생명을 위협할 만큼 심각한 부작용을 초래 <ul style="list-style-type: none"> ※ CAR-T(Chimeric Antigen Receptor-engineered T)는 환자의 면역세포(T)에 암세포 항원을 인지하는 유전자(CAR)를 유전자변형 기술을 통해 만든 세포 치료제 - 혈액암에서는 암세포에서만 높은 공격 능력을 보이는 CAR-T 세포 개발은 심각한 부작용 없이 일부 완치까지 기대 가능하지만 고형암 CAR-T는 국제적으로도 임상개발되지 못하는 상황 - CAR-T 세포가 기존 T세포에 비해 암세포 공격능력은 극대화 되었으나, 암세포와 정상세포를 구별하지 못하여 여러 주요 장기들의 정상세포를 공격함으로써 심각한 부작용이 발생
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;"> < 핵심 아이디어 > 정상세포와 암세포의 차이를 정교하게 감지하여 암세포에만 특이적으로 공격능력을 갖는 고형암 CAR-T 기술의 원천기술 확보 </p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 정상세포와 암세포의 차이를 정교하게 감지(Sensor)하여 암세포에 결합하면, 2단계 활성화 과정(Trigger, Inducer)을 거쳐 T세포의 공격능력을 극대화 시키는 STI(Sensor-Trigger-Inducer) 플랫폼 기술 개발 ○ 암세포에만 존재하는 신항원을 발굴 또는 표적하는 CAR-T 원천기술 확보 및 연구자 주도 임상시험(Challenge Trial) <ul style="list-style-type: none"> - 암세포에만 존재하는 새로운 표면 항원을 발굴하여 정상세포는 공격하지 않는 CAR-T 개발 및 연구자 주도 임상시험 - 세포내 신항원에 대한 TCR-like CAR-T 연구자 주도 임상시험

▣ [연구테마4] 중대사고와 고준위폐기물에서 자유로운 원자로 기술

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (원전의 위험성으로 인한 수용성 저하) 원자력은 공급 신뢰성과 경제성을 인정받고 있으나, 중대사고 발생 가능성 및 방사선 유출 위험성 때문에 대중 수용성 저하 ※ 후쿠시마 사고('11년), 경주·포항 지진('17년) 등으로 원전에 대한 국민 안전요구는 지속 증가 ('19년 행안부 「국민안전인식조사」) ○ (고준위폐기물 처리 문제) 사용후핵연료의 영구 처분 방안 미확보로 인하여 고준위폐기물 발생을 최소화하는 원자로의 개발이 절실 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 원전은 2080년까지 약 4만 톤의 사용후핵연료 발생 전망 - 고준위폐기물 저장소 확보를 위한 시도는 사회적 갈등으로 무산
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (핵연료와 냉각제가 분리된 경수로 사용) 기존의 경수로로는 핵연료와 냉각제가 피복관을 경계로 분리되어 있기 때문에, 냉각 장치의 고장 시 중대사고가 발생 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 냉각 기능의 상실은 핵연료의 연료가 상승하여 핵연료 및 원자로 용기가 용융되면서 중대사고로 이어지며, 현재 안전 설비는 존재하나 설계 시 예상치 못한 원인에 의해 중대사고가 발생 ※ 세계 3대 원전(발전로) 중대사고 : 후쿠시마('11), 체르노빌('86년), 美 TMI('79) ○ (경수로 사용으로 인한 사용후핵연료 다량 발생) 경수로로는 연료 함유량 및 피복관 수명을 고려하여 3~7년 주기로 핵연료의 교체가 필요하며, 주기적인 핵연료 교체로 인해 다량의 사용후핵연료가 발생하는 상황
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">중대사고 위험성과 고준위 방사선폐기물 발생을 획기적으로 줄일 수 있는 염소 기반의 용융염원자로(MSR) 핵심 기술 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 용융염의 높은 끓는점(1,400℃)·녹는점(450℃)을 통해 냉각제 소실 및 핵연료 누설 가능성을 차단하고, 단순 구조 설계로서 사고확률을 획기적으로 감소 ○ 액체핵연료 및 고속중성자를 활용한 원자로 개발로서 핵연료의 교체 없이 장기간 운전이 가능하고 고방사능 물질의 생성을 최소화 <ul style="list-style-type: none"> - 금속 양이온과 비금속 음이온이 결합된 용융염에 핵연료 물질을 녹여 냉각제와 핵연료를 일체형으로 구성하는 차세대 용융염 원자로(MSR, Molten Salt Reactor) 개발

▣ [연구테마5] 뇌 진단을 위한 메타초음파 뇌 영상 시스템

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (골든타임) 뇌졸중은 매년 2만명 이상이 사망하는 단일기준 국내 사망률 1위 질환*이나, 골든타임(3시간)을 극복할 수 있는 기술 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 골든타임 초과시 사망률과 후유장애가 급격히 증가하나 골든타임 내 병원을 찾는 환자는 42.3%에 불과 * '20년 뇌졸중 사망자수: 21,900명 ('20년 관련 질환자 중 사망률 10.4%) ○ (재정지출) 뇌MRI·CT 이용이 어려운 환자에 대한 대안기술 부재 및 반복진단·지속검사에 따른 급격한 건강보험 재정지출 부담 <ul style="list-style-type: none"> ※ 뇌MRI 급여화('18.10)로 월청구건수 약10만건, 건강보험 지출 年4,296억원 증가
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (뇌MRI, 뇌CT) 고해상도 영상을 제공하지만, 뇌MRI는 고비용·긴 촬영시간으로 일상 사용이 어렵고, 뇌CT는 방사선 피폭 위험으로 반복 촬영이 요구되는 일상 진단에 부적합 <ul style="list-style-type: none"> - 모바일 뇌CT의 경우 높은 구축비용*과 정차 혹은 저속 상태 등 극히 제한된 조건에서만 운용 가능 * 1.5배 규모의 대형 구급차에만 적용이 가능하며 대당 8~9억원의 구축비용 소요 ○ (초음파) 인체 내부를 영상화하는 진단도구로써 널리 사용되고 있으나, 두개골 장벽으로 인해 뇌 초음파 영상화는 극히 제한적 <ul style="list-style-type: none"> - 초음파가 두개골과 두피에서 차단되어 신생아에만 적용 가능
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">장벽을 투과하는 메타물질 기술과 기존 초음파 영상기술을 융합하여 부작용 걱정 없이 실시간으로 반복 사용이 가능한 고해상도 뇌 영상화 원천기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 메타물질을 통하여 두개골 장벽을 무력화하고, 부작용 없이 실시간으로 사용이 가능한 고해상도 뇌 영상화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 메타초음파 기술에 의한 두개골 투과 뇌 영상화 원천기술 개발 - 환자별로 다른 두개골 특성(밀도, 강성 등)과 두께를 초음파로 즉시 판별하는 능동 두개골 특성 평가 기술 개발 - 기존 뇌영상 시스템 대비 휴대성이 높고(일반응급차 적용), 저렴한 (대당 1~2억원) 실용적 메타초음파 구조체의 통합 기술 개발 ※ 4mm 알루미늄에 대해 메타물질 기반 초음파 장벽 무력화 기술 기획보 ○ 구급차에 본 기술을 적용하는 경우 골든타임을 30분에서 최대 1시간 확보하여 위중증 위험환자 8% 감소, 사망자 2,667명 감소 효과 기대

▣ [연구테마1] 화상 환자 다제내성균 감염 치료를 위한 포식박테리아 기반의 항생제 보조제 개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (항생제 개발 난제) 많은 시간과 막대한 비용을 들여 개발한 신규 항생제에 내성이 출현하는데 걸리는 시간은 단 1년 내외 <ul style="list-style-type: none"> - 최후의 항생제 카바페넴에 대한 내성균이 급속히 확산되고 있으나 이를 대체할 수 있는 새로운 class 항생제는 부재 ※ 신규 항생제 개발기간은 평균 10~15년(개발비 1조원 이상)이나 '87년 이후 약 35년간 개발된 항생제는 모두 기존 항생제 Class 내에서 개발 ○ (다제내성균) 화상 환자의 손상된 피부 장벽은 세균감염에 매우 취약하며, 세균감염은 화상 환자의 주요 사망 원인 <ul style="list-style-type: none"> - 화상 환자 치료를 위해 항생제 처방이 필수적이거나, 다제내성균 확산으로 사용 가능한 항생제는 급속도로 감소 중 * 국내 9,000여 명/년의 다제내성균 감염 환자 발생, 그중 약 3,900여 명은 조기 사망
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항생제 사용은 필수적, 그러나 항생제 내성의 출현·확산을 원천 제어할 수 있는 기술 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 병원균은 항생제에 노출될수록 내성을 키워나갈 뿐 아니라 내성 유전자를 주변으로 확산시켜 내성균을 늘림 ⇒ 사용량을 낮추고 내성 유전자를 제거할 수 있는 치료기술 필요 ○ 기존 항생제는 염증 유발인자를 제거하지 못하는데 중증 환자의 높은 사망률은 염증 유발인자에 의한 과도한 염증 반응에 기인 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 병원균과 더불어 염증 유발인자 자체를 분해하여 회복속도는 늘리고 사망률은 저감할 수 있는 방안 마련 필요
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">항생제 내성 유전자와 염증 유발인자를 원천 제거하는 포식박테리아-항생제 도포제(연고제) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 항생제 병용 투여용 항생제 적응성 포식박테리아 개발 및 확보 <ul style="list-style-type: none"> - (확보) 자연계에는 존재하는 포식박테리아를 분리·배양하여 광범위한 포식능력을 증명하고, 배양 세포 중심으로 독성 실험 진행 - (개발) 항생제에 민감한 포식박테리아를 다양한 항생제에 대해 병행 사용이 가능하도록 적응적으로 진화 ○ 연고제(바르는 약) 형태의 항생제-포식박테리아 조합 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 치료효과(포식효율)가 극대화되는 연고제 선별하기 위하여 크림, 하이드로겔 등 다양한 연고제와의 조합 테스트 진행 및 내성 유전자 분해력, 염증 유발인자 분해력 극대화 ○ GLP 동물실험 기관과 연계를 통해 동물모델에서 포식박테리아-항생제 연고 치료기술의 전임상 연구 수행

▣ [연구테마2] (가제)인공아체세포 기반 재생치료 원천기술 개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 퇴행성·난치성·만성질환이 급속도로 증가하면서 근본적 치료법에 대한 첨단의료기술 요구 증대하고 있으나, 근본적 치료기술 부재 <ul style="list-style-type: none"> ※ 4대 중증질환(암·뇌혈관·심장·희귀·난치질환) 약제비 : '16년 3조6432억→'20년 5조 2019억 ○ 환자맞춤형으로 모든 치료세포로 분화가 가능한 줄기세포 기반 기술이 주목받고 있으나 상용화에는 한계
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (재생의료) 제한된 재생능력을 극복하기 위한 재생의료 기술기반 연구개발(주로 MSC, iPSC)이 진행 중이나 외부에서 세포를 제작하여 체내에 이식하는 방식은 낮은 치료효과*, 안전성(종양화), 생산비용·복잡성** 등 다양한 문제 야기 <ul style="list-style-type: none"> * MSC의 치료효과는 10% 이내 ** 생체조직별 생산 후 이식 - (안전성) 체외배양시 돌연변이 발생률이 40배 넘게 증가할 뿐만 아니라, 미분화 상태에서 체내 이식시 종양화 가능성으로 인해 높은 규제를 받는 상황 - (생산성) 질환별로 목적 치료세포를 제작하면서 복잡한 공정·낮은 효율이 불가피하게 발생하고, 이는 낮은 생산성 및 고비용으로 1년 이상의 중양원성 평가 필요 <ul style="list-style-type: none"> ※ iPSC로부터 이식목적의 세포 제작 시 생산비용에 10억 원, 약 6개월 내외 소요
<p>새로운 아이디어</p>	<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>〈 핵심 아이디어 〉</p> <p>다양한 질병에 범용적 활용이 가능한 생체 내 인공아체세포* 유도 치료제 개발</p> <p>※ 인공아체세포 (Artificial Blastema Cells, ABC) : 양서류 이하 동물 재생의 핵심인 아체세포(blastema cell)를 포유류에서 인공적으로 유도한 세포로 동물의 아체세포처럼 다양한 질병 조직에서 범용적으로 재생치료 효과가 기대됨</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생체내 재생을 목표로 하는 인공아체세포(ABC) 기반 유도 치료제 <ul style="list-style-type: none"> - 확보된 생쥐 ABC 기술로 인간 ABC 유도 및 확인·검증 - OSKM*을 대체할 새로운 ABC 특이적 유도인자 발굴 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> * iPSC 유도인자로 현재 ABC도 동일한 인자로 유도 - 생체 내 ABC 유도 기술 및 유도물질 전달기술 개발* <ul style="list-style-type: none"> * mRNA, microRNA, antisense oligo 등 - 질병 목표로 ABC 유도 치료제 개발 <ul style="list-style-type: none"> ※ 세포이식의 재생치료제 보다 시간, 비용, 안전성의 장점 가능 ※ 다양한 질병조직에 범용적 활용 가능

▣ [연구테마3] 뇌질환 환자별 맞춤형 뇌자극-로봇 융합 보행재활 시스템

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (뇌신경계 질환 증가) 초고속으로 고령화 시대에 진입하면서 뇌신경계 손상 질환의 발생 빈도 급증과 더불어 신체장애를 동반한 고령 인구 증가 <ul style="list-style-type: none"> ※ 국내에서 매년 약 11만명의 뇌졸중 환자가 새로 발생하고 있으며(통계청, 2020), 이중 보행 및 운동장애를 겪는 환자의 수는 48.3%로 추정(질병관리청, 2021) ○ (치료인프라 한계) 최대의 기능 회복을 위해 아급성기에서 질 높은 집중치료가 필요하지만, 인력 부족 및 비용 부담으로 인해 치료 및 회복에 한계 <ul style="list-style-type: none"> ※ 발병 후 초기 3~6개월까지의 아급성기 동안 뇌가소성 원리에 의한 뇌조직의 활성화와 재조직이 가장 활발하게 발생
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (재활 치료기술 현황) 최근 일부 병원에서 하지재활치료 로봇을 도입하고 있으나 현 의료 시스템 하에서 효과가 제한적이어서 보다 효과적인 재활 치료시스템 개발이 절실 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 도입된 로봇 보행 재활치료는 물리치료사 부담 경감, 반복적 재연성 개선, 운동시간 증가 등 치료의 양을 증가시키기에는 용이 - 발병 초기 독립보행 불가능 환자에게 재활효과를 얻기 위해서는 4주 이상의 치료기간이 필요하나 현 의료시스템 하에서 적용 어려움 ○ (개선방향) 로봇의 종류와 기능, 환자의 상태, 적용 가능한 치료 프로토콜 등에 따라 치료 효과가 차이가 나기 때문에 환자별 맞춤형이면서 단기간 효과가 큰 로봇재활 치료시스템 개발 필요
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">뇌질환 환자의 상태별로 맞춤형 치료가 가능하고 단기간에 효과성이 높은 뇌자극 및 로봇 기술 융합 보행재활 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌졸중 후 보행 및 운동장애 발생률과 독립적 생활에 필수인 보행속도를 기존 치료기술 대비 획기적으로 향상시킨 보행재활 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 뇌가소성 증진 뇌자극 기술, 뇌가소성 모니터링 기술, 보행의도 인식기술, 신경근육 자극장치 융합 하지재활치료 로봇 개발 등 - 세부기술별 기술개발 및 융합을 통해 시제품을 제작하고 탐색 임상을 통해 치료효과를 확인하며, 실제 임상현장에서의 활용도가 높도록 개발

▣ [연구테마4] 재생에너지 활용도 및 전력망 안정도 제고를 위한 Hybrid ESS 개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (ESS 수요 증가) 탄소 중립 실현을 위해서는 전력계통 내 신재생에너지의 확대는 필수적이며, 이에 따라 신재생에너지의 간헐성·변동성에 대응하는 에너지 저장 시스템 수요 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 국가 단위의 신재생에너지 수용성 확대를 위해서는 ① 출력 성능, ② 용량 성능, ③ 환경 영향, ④ 시스템 안정성, ⑤ 수명, ⑥ 비용을 모두 만족하는 에너지 저장 시스템(ESS) 혁신 필요 ○ (전력계통 부담 증가) 신재생에너지 확대에 따른 전력계통 안정화를 위한 다양한 제어 기술 및 계통 운영기술 확보 필요 <ul style="list-style-type: none"> ※ 재생에너지는 출력 제어가 불가능하기에 추가적인 제어 능력 확보 문제 존재 ※ 재생에너지에서는 계통 관성을 제공하지 않아 안정한 계통운영에 어려움 존재
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (에너지 저장) 타 ESS 기술 대비 용량과 비용 측면에서 우위에 있는 Battery기반 ESS(BESS)가 현재 적용되고 있으나, 시스템 안정성과 수명 측면에서 한계 존재 <ul style="list-style-type: none"> - ESS 기술마다 뚜렷한 장단점을 가지며, 핵심요구사항을 모두 만족하는 ESS 기술은 아직 존재하지 않아 광범위한 활용에 제한 <ul style="list-style-type: none"> ※ 두 종류 이상의 ESS 연계를 통해 단점을 상호보완할 수 있는 Hybrid ESS의 개념 대두 ○ (전력전자 제어) BESS와 SMES(초자기에너지저장장치)의 출력 특성에 따른 제어 알고리즘 연구가 일부 수행중 ○ (계통 운영) Hybrid ESS의 효과 검증을 위해 계통 모델링을 통한 시뮬레이션 연구 및 microgrid를 모사한 직류부하 회로구성 실험이 일부 진행되었으나, 실제 계통 적용 사례는 세계적으로 없음
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>H-SMES와 연계를 통해 반영구적이고 화재 위험이 없는 친환경 Hybrid ESS 핵심기술 개발 및 세계 최초로 계통 연계 실운전</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ BESS의 수명 및 운전 안정성 문제를 보완하는 친환경 Hybrid ESS 핵심기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - H-SMES*의 운전 안정성과 긴 수명 특성을 이용해 BESS와의 연계를 통한 Hybrid ESS 구성 <ul style="list-style-type: none"> * 무절연 고온초전도 기술을 적용시 SMES의 고출력/고용량화 가능 - H-SMES 전류원 특성에 적합한 대용량/고효율 전력전자 기술 및 계통 안정성 확보 기술 개발 ○ Hybrid ESS 제어 및 계통 연계 실운전을 통한 반영구적인 수명, 운전 안정성 검증 및 전력계통 운영기술 확보

▣ [연구테마5] 무오류 위상양자컴퓨터용 혁신 양자소재 개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (양자컴퓨터 개발의 난제) 큐비트 수 증가 및 양자오류보정기술의 발전은 범용 양자컴퓨터의 실용화 가능성을 보여주나 아직 수많은 난제 산적 <ul style="list-style-type: none"> - 특히 소재 내 원자단위의 불순물 혹은 소자 접합부 및 외부환경 으로부터 발생하는 잡음에 의한 연산 오류를 제거하는 것이 필요 ※ 현재 양자컴퓨터 개발 수준은 NISQ(Noisy Intermediate Scale Quantum) 단계로 큐비트의 양자 중첩 및 얽힘 상태의 걸어긋남(decoherence)을 어느 정도 허용한 수십 개의 큐비트로 이루어진 중간 규모의 양자컴퓨터를 개발하는 단계
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 주력 큐비트 구현 방식으로 초전도 회로, 이온트랩, 반도체 양자점, 고체 점결합이 활용되고 있으나 소자적 관점에서 내/외부 잡음을 해결하기 위한 기술적 개발이 진행되고 있음 ○ 난제를 근본적으로 해결하기 위해서는 소재 단위에서 오류 내성을 원천적으로 확보한 큐비트용 혁신 신소재 개발 필요 ○ 범용 양자컴퓨터 상용화의 최대 난제인 양자오류로부터 자유로운 큐비트를 이용하는 위상양자컴퓨터*가 이론적으로 제안됨 <ul style="list-style-type: none"> * 위상특성에 의해 큐비트와 양자연산이 잡음으로부터 보호되는 위상양자컴퓨터는 범용 양자컴퓨터의 유력한 후보 ※ (위상변화) 컵을 구멍이 없는 축구공 모양으로 변형하기 위해서는 표면을 찢어 붙이는 큰 자극이 필요 ○ 현재 기술 수준은 위상큐비트 구현에 필요한 위상 양자소재와 위상 양자물성 실증을 위한 첨단 측정기술의 부재로 인해 개념 설계 이후의 위상양자컴퓨터 기술 발전이 담보상태임
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">양자오류 발생을 소재 단위에서 원천 방지 가능한 위상큐비트용 신소재 및 소자화 원천기술 확보로 양자분야 퍼스트무버로 도약</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 위상초전도체, 스핀액체, 근접효과 이중접합체 등 위상양자 소재 개발 및 위상양자 소재 박리화 및 적층 소자화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 위상큐비트 구현 기술 개발 및 위상양자소재 성능 검증에 필요한 물성요건 확보 ○ 양자준입자 상태 실증 측정 및 양자물성 제어 실시간 시분해 측정·분석 기술 개발 등 위상양자소재 양자물성 실증에 필요한 첨단측정기술 개발

▣ [연구테마1] 초고에너지밀도 이차전지 구현을 위한 리튬메탈 음극 원천기술 개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (산업 동향) 전기차 보급 및 ESS 시장 확대에 따라 글로벌 배터리 시장 석권을 위해서는 초격차 기술 확보가 관건인 만큼 리튬이온 이차전지 시스템의 한계 극복이 중요 - 현재 상용 리튬이온 전지에 사용되는 흑연 및 실리콘 음극재는 용량 및 에너지밀도를 높일 수 있는 기술적 한계 도달 - 지구내 한정된 전이금속 함량 부족과 이차전지 수요 급증에 따라 전세계 공급망 위기 및 원자재 가격 폭등 우려 <p>⇒ 고에너지 밀도의 얼티밋 리튬이온 이차전지 시스템 기술 개발 (Ultimate LIB) 및 전이금속의 사용을 최소화하는 미래 에너지 저장장치 기술 개발 필요(Post LIB)</p>
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기존 방향) 리튬메탈 음극은 차세대 리튬이차전지로 나아가기 위한 길목 기술로써 원천기술 확보의 중요성·필요성에도 불구하고, 짧은 수명 및 안전 문제 등을 해결할 수 있는 뚜렷한 성과는 부재 - 기존 리튬 메탈 음극 연구는 명확한 설계 지침에 기반하지 않고 각 요소 기술의 지엽적인 측면에서의 결과적인 성능* 개선에 국한 <p>* 리튬 메탈 음극의 성능에는 리튬의 침상 성장, 안정적인 SEI(Solid Electrolyte Interface) 층 형성, 계면 저항, 전해질 조성 및 전해질 첨가제 등 다양한 요소들이 복합적으로 작용</p> <p>⇒ ① 다양한 스케일에서 리튬메탈 벌크, 계면, 전지 구성요소와의 상호작용을 분석하고, 다시 ② 종합적인 관점에서의 문제 파악 및 해결 시도 필수적</p>
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">차세대 이차전지 시스템에 범용적 적용을 목표로 하는 다차원 구조의 리튬메탈 전극 복합체 개발을 통해, 설계 지침 및 핵심기술 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (실시간 분석) 리튬메탈 소재의 측정 및 특성화, 대면적화 공정 연구 지원을 위한 실시간 멀티스케일 분석 플랫폼 구축 ○ (혁신소재 연구) 전극 설계 및 제작 방법론을 혁신적으로 전환하여 'Assembly' 개념을 적용한 새로운 리튬메탈 음극 소재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다차원 구조의 충전개시형 및 방전개시형 리튬메탈 전극 복합체 개발 - 리튬메탈 전극 복합체의 구동 특성에 맞춤형된 계면 설계 및 합성으로 하나의 기능화된 모듈로서 LEA(Lithium Electrode Assembly) 개발 ○ (Post-LIB 검증) 차세대 음극에 범용적으로 요구되는 고이용률·고출력·장수명 특성에 최적화된 혁신소재 설계 및 Post-LIB 실증 추진

▣ [연구테마2] 초고집적 메모리용 vdW 반도체 소재 및 공정 기술

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반도체 분야에서의 차등 경쟁우위의 지속확보를 위한 초고집적화 기술개발 요구가 증대되고 있으나 반도체 소재 및 초미세 공정 한계로 집적도 증가속도는 점차 둔화 - 전기신호를 전달하는 채널폭*이 10nm*까지 줄어들음에 따라 의도하지 않는 누설전류^{leakage current} 등 단채널 효과^{SCE, short-channel effect}가 발생하면서 초고집적화 실현에 걸림돌로 작용 * 정보저장소(커패시터)에 비트정보를 읽거나 쓰라는 명령을 전달하는 트랜지스터에서 비트정보를 전달하는 배선(채널)의 길이 <p>⇒ 동일비용으로 단위면적당 처리량을 높이는 초고집적화 구현기술 필요</p>
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단채널 효과가 발생하지 않도록 트랜지스터의 구조를 2D^{MOSFET}에서 3D^{(20~5nm)FinFET}→(2~3nm)GAA→(1nm↓)CFET로 전환*하여 전류흐름의 제어력을 강화하는 구조변경 기술을 개발 * 비트정보 전달을 통제하는 게이트와 비트정보가 흐르는 채널 간의 접촉면을 1면^{MOSFET}에서 3면^{FinFET}~4면^{GAA, CFET}으로 증대시킴으로써 초고집적 상황에서도 전류흐름에 대한 제어력 강화 <p>⇒ 나노급에 다가섬에 따라 결함밀도가 증가^{전하이동도 저하*}하고, 복잡한 계면특성이 발생^{dangling bond*}하는 등 구조변경만으로는 초고집적도 실현에 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> * 결함밀도 : 채널폭이 좁아짐에 따라 비트정보를 전달하기 위해 필요한 최소 전하이동도가 보장되지 않음에 따라 전달에 결함이 발생하는 현상 ** 계면특성 : 게이트와 채널간 접촉면의 비균질성이, 채널폭에 좁아지면서 더욱 증대됨에 따라 전보전달에 대한 통제력이 저하되는 현상
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">원자층 수준의 극한 박막 반데르발스(vdW, van der Waals) 소재를 활용한 초고집적 반도체 실현</p> <ul style="list-style-type: none"> * 단일 원자층 수준에서 반도체 특성을 지니는 고성능 2차원 전자소재 <ul style="list-style-type: none"> ○ (vdW웨이퍼·모듈) vdW 기반 나노시트 및 CFET 모듈 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 나노시트 합성 및 분석 기술 - 나노시트를 활용한 트랜지스터 및 커패시터 모듈 제작 ○ (vdW메모리소자) vdW 모듈 기반의 단위 소자* 제작 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> * 트랜지스터(Cell Tr. 및 Peri Tr.) 및 커패시터 ○ (vdW메모리) vdW 기반 3D 적층형 메모리 구조 설계, 제작 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 검증시 경제적인 과급효과가 크고, 구조적으로 단순하여 비교검증이 용이한 메모리반도체(CFET)를 통해 vdW소재 기반 반도체 구현·검증 ※ 1단계 : cap 포함 50nm 이내 단위소자 검증 // 2단계 : 채널 길이 10nm 이내 메모리 검증 ※ 수요기업 참여를 통하여 現반도체 공정에 적용하여 검증 추진

▣ [연구테마3] 커패시터가 필요 없는 차세대 메모리 기술

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (반도체산업위기) 최근 신기술개발 부재로 메모리 반도체 글로벌 1위도 장담할 수 없는 실정 - 신개념 메모리 기술을 통해 대한민국 반도체 산업의 중심기술인 메모리 분야에서 굳건한 초격차 메모리 기술확보가 시급 ○ (개발조건) 차세대 초격차 신메모리 기술을 위한 개발 조건*을 모두 만족하는 신개념 메모리 개발 필요 <p>* ① 기존 반도체 장비·인프라를 사용하여 제작할 수 있을 것, ② 대용량 데이터 처리가 용이할 것, ③ 물리적 한계에 직면한 2차원 구조가 아닌 3D 적층형 고밀도 구조가 가능할 것 등</p> <p>⇒ 초저전력·고속이면서 적층형인 3D 메모리 개발 필요</p>
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (상용DRAM한계) 현재의 상용 DRAM 소자는 대용량 데이터 처리에 원천적인 한계가 존재하며, 집적도 향상을 위한 소자 축소화가 물리적 한계에 봉착 - 복잡한 커패시터가 필요*하여 높은 공정 난이도가 요구되고, 리프레쉬 동작이 꼭 필요해서 동작 딜레이와 추가 에너지 소모가 발생 <p>* 고유전율의 신물질 사용 및 고중횡비 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (기존 1T DRAM한계) 기존 개발된 1T DRAM*의 경우, 상대적으로 데이터 유지를 위한 전력소모가 크며, 안정성과 신뢰성에서 큰 한계 존재 <p>* 트랜지스터 하나로 구성된 DRAM 소자로, 소자 내부에 데이터를 저장하여 커패시터가 불필요</p> <p>⇒ 안정성·신뢰성 높고 전력소모가 획기적으로 낮은 1T DRAM 개발 필요</p>
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">커패시터 없이 데이터를 저장할 수 있는 차세대 고밀도·초저전력·고속 동작 적층형 3D 메모리 반도체 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 커패시터가 없는 적층형 3D 메모리로 고밀도의 어레이 구현 - (주요 연구내용) 소자 내 전하를 저장·삭제하여 커패시터 없는 고속·초저전력 메모리 구현 - (Step1) 최적 금속 물질 탐색, 도핑 최적화, 밴드갭 엔지니어링 등 메모리 단위 셀 최적 설계 - (Step2) 2D 메모리 어레이 설계·제작 및 동작 특성 평가 - (Step3) 대용량의 적층형 3D 메모리 어레이 설계·제작 및 측정

▣ [연구테마4] 수소 모빌리티를 위한 온보드 LOHC 수소 연료 기술

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립에 대한 글로벌 규준이 크게 강화되면서 에너지 생태계 전반의 탈탄소화 요구가 크게 높아지고 있으며, 모빌리티 산업도 급격히 변화 중 <ul style="list-style-type: none"> - 수송분야에서는 EU가 '35년 이후 내연차 신차를 금지하는 등 내연차에 대한 글로벌 규제는 지속 강화 추세에 있으나 상용화 수준의 대안은 전기차가 거의 유일한 상황 ⇒ 빠른 친환경차 비중 제고와 대중화를 위한 다양한 선택지 필요
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (전기차) 제로에미션 및 낮은 유지비용을 바탕으로 급격히 성장하고 있으나 긴충전시간, 짧은 주행거리, 전주기 친환경성* 등에 대한 논란 지속 <ul style="list-style-type: none"> * 이차전지 생산과정에서 대량의 CO2 방출, 사용후 배터리 폐기물 처리문제 등 ○ (수소연료차) 약5분 내외의 짧은 충전시간과 긴주행거리의 장점을 지니고 있으나, 안전성 문제로 인한 충전 인프라 부족과 낮은 경제성(높은 수소 연료전지 가격) 등으로 인해 시장안착에는 한계 <ul style="list-style-type: none"> * 고압수소 - 폭발위험, 액화질소 - 높은 액화비용, 암모니아 - 냄새·독성 ⇒ 전기차 이상의 경제성을 확보하면서도, 엔진차 수준의 안전성과 편의성을 지닌 전주기적 친환경 모빌리티 기술개발 필요
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">안전하고, 편리한* 수소 모빌리티용 on-board LOHC 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> * (안전) 상온/상압 보관, 석유 수준의 무해성 (편리) 기존 주유 인프라 활용 가능, 고압수소 대비 2배 이상 수소 저장 ※ LOHC(Liquid organic hydrogen carriers) : 상온/상압에서 수소를 대용량 저장·운송·방출할 수 있는 액상 유기화합물로 기존에는 주로 저장 및 운송수단으로 활용 <ul style="list-style-type: none"> ○ (LOHC 매체) 온보드용 LOHC 소재 엔지니어링 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 높은 수소 저장용량과 빠른 반응속도를 지닌 LOHC 매체 확보 ○ (LOHC 촉매) 고응답 LOHC 탈수소화 반응기술 <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 고효성 촉매 소재 및 재형화, 저에너지/고응답 탈수소화 ○ (LOHC 온보드시스템) 온보드용 LOHC 공정 효율화 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 플랜트급 탈수소화 LOHC 시스템을 온보드용으로 소형화 ○ (수소엔진) LOHC 기반 수소동력계 융합 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 열교환을 통한 최적 수소엔진 설계 및 개발 <p>⇒ 온보드용 LOHC 수소 모빌리티 기술은 엔트리급 수소연료차 이상 수준*에서 구현·검증</p> <p>※ 완성차업계 수요 반영 : 저장용량 6kg, 무게 120kg(120l) 및 주행거리 400km 이상</p>

▣ [연구테마5] 혈장전사체 및 인공지능 활용 난치암 조기진단 기술개발

<p>사회적 문제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 난치성 암에 대한 조기진단 솔루션 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 암은 전 세계 사망원인 1위 질병이며, 고령화 사회에 접어든 대한민국에서도 사망률이 지속적으로 증가하고 있는 질환 <ul style="list-style-type: none"> ※ 기대수명 (83세)까지 생존 시 암 발병률이 무려 37.4%로 전체 질환 중 1위(복지부, '20) - 암의 조기진단은 치료율 향상에 꼭 필요하나 특정 암(예, 전립선암, 췌장암)의 경우 현재 영상검사 및 액체생검으로 조기진단이 어려움 <p>⇒ 상용화되고 있는 조기진단 방식의 한계를 극복해야 암정복 가능</p>
<p>현재 문제해결 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (전립선암) 국내 남성암 4위로 조기 발견 시 좋은 예후를 보이나, 진행성 전립선암으로 진행될 경우 전체 생존 기간이 2년 미만임 <ul style="list-style-type: none"> - 다른 암종과 비교하여 효과적인 진단 바이오마커·기술의 부재로 인한 위양성율이 70%에 달하여 검사에 따른 환자의 심리적·신체적 불안과 의료비용의 지출이 큰 암종에 해당 <ul style="list-style-type: none"> ※ 국내 1년 평균 7.5만명에게 전립선암 조직검사가 시행되며, 이중 4만명이 위양성으로 판정 ○ (췌장암) 특별한 자각 증상과 진단마커의 부재로 조기진단이 어려운 대표적인 질환으로, 무려 95% 이상의 환자가 말기에 진단되며 늦은 진단으로 인해 5년 생존율이 5%에 불과 ○ (기존 액체생검) 액체생검은 혈액의 혈장과 같은 인체 유래물로부터 DNA, RNA 등과 같은 바이오마커를 분석하여 질병 유무 및 진행 상황을 모니터링할 수 있는 최신화된 기법이나 현재는 기술적 제약이 존재 <ul style="list-style-type: none"> - 기존방식에는 명확한 마커 부재, 종양 주변의 미세환경 분석 불가, 돌연변이 빈도가 낮은 질환 진단 한계 등 이론적·기술적 제약으로 암 조기진단에 큰 한계 존재 <p>⇒ 진단용 바이오마커의 발굴과 임상 적용에 용이한 진단기술 개발이 시급</p>
<p>새로운 아이디어</p>	<p style="text-align: center;">< 핵심 아이디어 ></p> <p style="text-align: center;">혈장 cfRNA와 인공지능을 활용하여 조직검사 없이 난치성암 (전립선암·췌장암)을 조기진단 할 수 있는 혁신 액체생검 기술 개발</p> <p style="text-align: center;">* cell free RNA(혈장전사체)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ cfRNA 추출 기술, 차세대 염기서열 분석용 라이브러리 구축, cfRNA 특화 생물정보학 분석 파이프라인 구축 등 지금까지 확보된 기술을 바탕으로 난치암의 조기진단 기술 실증 연구 <ul style="list-style-type: none"> - RNA의 양적 변화로 기인한 질병 특이성과 돌연변이를 동시 분석할 수 있는 분자생물학 및 생물정보학 분석 플랫폼 고도화 - 고도화된 인공지능 모델 구축을 통한 전립선암 및 췌장암 특이적 유전 정보 추출기술 개발