2023년 혁신도전 프로젝트 연구개발사업 발굴 협조 요청

□ 개요 ㅇ 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 ㅇ (분야) △건강하고 행복한 100세 시대 실현, △안전하고 쾌적한 사회 구현,

△대한민국 경제의 지속 발전 ㅇ (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

ㅇ (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(비예타규모)과 아이디어 구현에서 사업화‧실증까지 포괄하는 패키지형(예타규모)으로 유형 구분

□ 제출 기한 및 방법 ㅇ 제출기한 및 방법: ’23. 11. 30.(목) 24:00 접수마감, 홈페이지 접속\* 제출

\* K2Base 홈페이지[(www.k2base.re.kr](http://www.k2base.re.kr/)) → 업무지원 → 협업·지원 → 혁신도전프로젝트 → 연구테마 제안 작성(로그인 필수)

□ 협조 요청 ㅇ 기관 내부 구성원, 소속 회원 또는 회원사 등에 공문 내용 전달 ㅇ ‘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>)

|  |
| --- |
| 참고1 |

#  ｢혁신도전 프로젝트｣ 설명자료

□ 기본 방향

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

ㅇ 초고난도의 연구목표하에 문제정의로 출발하는 임무 지향적 기획수행하며, 민간PM의 전문적인 관리와 유연한 연구방식을 통해 효율성 극대화

※ 향후 혁신도전형 R&D 사업군을 형성하여 도전적 연구에 적합한 연구환경 조성

ㅇ (추진방식) 혁신본부 주관 하에 매년 5개씩, 4년 간 총 20개 사업 기획,

기획완료 이후 R&D사업은 개별부처 예산에 반영하여 별도 추진

□ 추진 체계



ㅇ (추진위원회) 혁신도전 프로젝트의 주요 사항을 심의·조정하는 민·관 합동 위원회

* 추진단 추진전략, 차년도 연구테마, 후속 사업추진 방향\*, 연구제도 개선, 참여부처 간 협력·이견 조정·중재에 관한 사항 등 논의

\* 주관·협조부처 결정, 후속 R&D사업의 예산 규모 설정 등 ㅇ (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 해결방안제시 등

ㅇ (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 ㅇ (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? |

ㅇ (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

ㅇ (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]

|  |
| --- |
| 참고2 |

 탐색형과 패키지형의 Two track형 사업기획

 독창적인 프론티어 연구를 위한 탐색형 사업(단기)

ㅇ 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

 아이디어 구현에서 사업화·실증을 연계한 패키지형 사업(중장기)

ㅇ 선행연구를 통해 개념검증이 일정 부분 진행된 연구테마는 연구

개발 및 실증까지 패키지화하여 대형 예타사업(도전혁신형)으로 기획·추진(최대 9년)

※ 과학기술적 검증부터 상용화까지 새로운 패러다임을 제시하고, 2/3단계로 추진하되 단계별 최대 3년으로 추진



|  |
| --- |
| 참고3 |

 2020년 확정 연구테마 설명 자료

**▣ [ 연구테마1 ] DNA 기반 빅데이터 영구 저장 기술**

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 4차 산업혁명 시대에 접어들면서 데이터의 생산량이 폭발적으로 증가* ‘10년 2ZB(1ZB=1조GB) → ‘15년 15ZB → ‘20년 40ZB → ’25년 175ZB(IDC기준)
* 2040년에는 데이터 생산량이 데이터 저장장치 생산량을 추월하여 생산된 데이터를 저장하지 못하는초유의 사태 발생 가능성존재

 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 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\* 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 추진ㅇ 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\* 예시) 구글 검색자료, 유튜브 영상 등 / \*\* 우주관측 자료, 멸종 동식물 유전자 정보, 자원 탐사 정보 등⇒ 자주 사용하지 않지만 중요한 데이터의 기하급수적 증가에 따라 저장 장치 증설 비용과 전력소모로 인한 관리비용도 기하급수적으로 증가 |
| **새로운 아이디어** | < 핵심 아이디어 >초대용량 데이터를 한번 저장하면 전력 소모 없이, 반영구적으로 보존하는 방법이 없을까? ➜ 방대한 생체정보를 담은 DNA 활용ㅇ 생체정보 외 다양한 정보를 DNA에 담아 메모리로 만들고, 이렇게 만들어진 DNA 메모리를 합성·분석할 수 있는 시스템 구현※ DNA 메모리는 하드디스크와 비교하여 단위 부피당 저장용량이 10만배 이상 크고 반영구적으로 저장이 가능하며 보존·관리 시 전력소모가 거의 없음 |

## 2 ] Flying AUV: 공중 이동이 가능한 자율무인잠수정

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 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 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 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** |

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

< 핵심 아이디어 >ㅇ 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 |

## 3 ] 플라즈마 기반 CO2 free 폐유기물 기초원료화

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 환경오염에 대응하기 위한 국제적 관심과 글로벌 규제가 강화\*되는 가운데, 우리나라도 생활·산업 폐기물이 지속적으로 증가\*\* 추세\* △ 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) ㅇ 특히, 제조 등 산업시설에서 발생하는 폐유기자원(플라스틱, 폐유·폐유기용제, 폐기 가스 등)은 환경·인체에 더욱 유해하며, 비중·증가속도 면에서 더욱 심각※ 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) |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 폐유기자원은 재활용/소각/매립으로 처리* (기체) 바이오가스는 대형 생산시설 자체 활용(35%), 발전(17.4%) 등 으로 사용되나 상당량이 소각·방출(16.5%\*, 이상 ’17년 기준) \* 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\*\*
	+ 이온정제: 원심분리 + 이온을 활용한 침전분리 / 감압증류: 증류탑 이용

\*\* 기준: ‘18년 폐유·폐유기용제 배출량 6,339톤/일(’13년 대비 약 19%증가)* (고체) 폐플라스틱·합성수지·합성고무등은 재활용(58%), 소각(36%), 매립(6%)
	+ 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* + (폐유) 시설비, 약품비, 회수·수송비 등 낮은 경제성 (플라스틱) 수집된 플라스틱을 재분류 후, 분쇄, 세척, 건조 등 절차가 복잡 / 재활용 처리 공정에서도 CO2 발생
 |
|  |

|  |
| --- |
| 폐기물을‘처리’가 아닌‘판매’가 가능한 자원으로 변환할 수 없을까?➜ 공정이 단순하고 활용도가 높은 고부가가치 자원으로 재생산 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 플라즈마의 높은 에너지를 활용하여 폐유기물을 유기 화합물의 기초 원료가 되는 고순도 C2 단량체(에틸렌(C2H4), 아세틸렌(C2H2))로 분리·변환* 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)
 |

## 4 ] 자폐성 장애를 위한 혼합형 디지털치료제

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 중증 정신질환으로 인해 환자 개인은 물론, 사회·경제적 부담이 증가

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 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%** |

ㅇ 치료 및 재발방지를 위해 장기간 지속적인 모니터링과 관리가 필요하나, 상급병원 외래·입원 등 치료 접근성이 제한되고 일상에서의 치료· 관리가 어려움 → 관리의 단절과 악순환※ 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%)ㅇ 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 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 자폐성 장애의 경우 행동교정, 의사소통 및 심리치료 등 증상 완화 및 발달·학습 프로그램 등에 의존\* 약물은 우울증·불안장애 등 동반질환 개선을 위해 사용하나 자폐성 장애 치료제는 아님

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | 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 |

ㅇ 3세대 치료제로 분류\*되는 디지털 치료제가 대안으로 주목 → 아직 앱(S/W) 기반 상담·복약지도 등 자가관리 프로그램 수준에 머물러 있어 적극적 치료제로는 미흡\* 1세대, 알약등저분자화합물→2세대, 항체·단백질·세포등생물제재→3세대, 디지털치료제 |
| **새로운 아이디어** |

|  |
| --- |
| 자폐성 장애를 일상생활에서도 적극적으로 치료할 수는 없을까?➜ 앱(SW)·센서·AI 등을 결합한 복합 디지털치료제 개발 |

< 핵심 아이디어 >ㅇ 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- 자폐성 장애 사용자의 조작을 최소화할 수 있는 지속·정밀한 건강평가, 진단, 치료, 피드백의 선순환 시스템 개발 |

## 5 ] 상시 재난 감시용 성층권 드론

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 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)ㅇ 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 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 인공위성을 활용하여 기상을 예측하나, 고고도 정지위성은 해상도가 낮아 정밀 예측이 어려우며, 저고도 위성은 지속적으로 우리나라만을 모니터링할 수 없는 한계ㅇ 막대한 위성 개발비용(최소 400억원 이상), 제작·발사비용(최소 350억원 이상)도 인공위성만을 관측·감시 자산으로 활용하는데 제한사항으로 작용 |
|  |

|  |
| --- |
| 성층권의 장점을 활용하여 위성의 관측 한계를 보완할 수 없을까?➜ 상시·정밀감시가 가능한 성층권 드론 개발 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** |

|  |
| --- |
| · **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 |

<드론운용 환경으로서의 성층권(지상 10~50Km)의 특성>ㅇ 성층권에서 고중량 장비를 적재하고 1개월 이상 장기체공이 가능한 성층권 드론을 개발하여 국지성·돌발 기상 정밀관측·연구 및 산불· 화재, 국경 감시 등 다목적으로 활용 ㅇ 현재까지 진행된 선행 연구결과를 발전시켜 상용화로 연결<주요 개발 사례> · 제퍼S(에어버스社) : ‘18년, 23Km 성층권에서 5kg 장비탑재 후 26일간 비행· **EAV-3(韓 항우연)** : ’20년, 22km 성층권에서 2kg 장비탑재 후 2~3일간 비행 |
|  |

|  |
| --- |
| 참고4 |

#  2021년 확정 연구테마 설명 자료

**▣ [ 연구테마1 ] 초고속 이동수단 하이퍼튜브 기술개발**

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (교통수요 증가) 교통·물류량은 계속 증가\*하여 기존 교통망의 포화가 예상되며, 특히 장거리 수송에서 철도의 비중은 더욱 증가\* △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%ㅇ (수도권 중심 지역격차) 대부분의 경제·사회 인프라가 집중된 수도권 중심의 주거 집중현상은 지역간 교통·생활격차를 더욱 심화할 것으로 예측※ ’50년, 세계 인구 70% 이상이 대도시권에 거주 예상(서울 포함) |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (KTX 등 고속철도) ‘04년 개통되어 서울 → 부산 기준 2.5시간 내외수송으로 ‘1일 생활권’을 형성하는 데 기여- 최고속도는 약 320km/h으로 한계\*에 도달했으며, 선로 포화, 출발지연, 정차역의 계속적인 증가로 중장거리 고속 이동 수단 으로서 한계를 드러냄\* 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)ㅇ (비행기) 최고속도 800km/h 수준으로 가장 빠른 장거리 이동수단이나, 기상변화에 민감하여 출발지연·결항\* 등이 빈번하여 정시성 확보 제한\* ’18년 국내선 결항률: 1.82%, 지연률: 14.6%※ 공항은 도시외곽에 위치하여 접근성이 떨어지고, 탑승수속·대기 등 시간소요가 큰 편 |
|  | < 핵심 아이디어 >진공에 가까운 환경에서 1,000km/h 이상, 비행기보다 빠른 초고속 진공열차(하이퍼루프) 개발로전국 1시간 생활권이 가능한 초고속·저비용 교통·물류 시스템 구축 |
| **새로운 아이디어** | ㅇ (초고속 이동) 공기 저항이 0에 가까운 아진공 상태(1/1000 기압) 에서는 1,000km/h 이상의 속도가능 (서울 → 부산: 20분)- 소형 차량(30인 내외)을 짧은 간격으로 보내는 방식으로 목적지까지 무정차 운행이 가능하며, 날씨에 의한 지연·취소 우려 없음ㅇ (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**

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (소재 개발 경쟁 심화) 소재는 부품 및 제품의 성능과 부가가치를 좌우하는 핵심요인으로서, 최근 국제적으로 소재기술 개발 경쟁과 자국 우선주의가 심화됨에 따라 미래 핵심기술 확보가 필요ㅇ (양자시스템 기술 미흡) 소재의 특성은 양자역학으로 기술되는 원자 구조·배열·상호작용에 의해 결정되나 이를 이해·분석·예측 하는 양자 시스템 시뮬레이션 기술이 미흡하여 신소재 개발에 많은 비용과 시간이 소요※ 예시 : ’70년대 중반 처음 제안된 리튬이온 배터리는 ’90년대에 최초로 상용화 되었으며, ’20년대 후반에 와서야 고출력 NMC 배터리로 발전 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (디지털 컴퓨터 양자시스템) 디지털 컴퓨터 기반 양자시스템 시뮬레이션은 입자의 개수 증가에 따라 기하급수적으로 증가하는 상호작용을 정확하게 계산할 수 없는 근본적인 한계 존재※ 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
 |
|  |

|  |
| --- |
| 정밀 제어 가능한 양자시스템을 이용해 실제 양자공간을 구현하는 양자시뮬레이터 개발로서분석·설계 정확성과 효율성을 극대화하여 신소재 개발 혁신 창출 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 정밀 제어 가능한 양자시스템을 이용해 실제 양자공간을 구현하는 양자시뮬레이터를 개발하여, 신소재 개발의 분석·설계 정확성과 효율성을 극대화- 큰 파급효과가 예상되지만 현재 기술로는 개발이 어려운 범용 양자컴퓨터개발과 병행하여, 양자정보처리 기술의 실용화를 위한 특수 목적용 양자시뮬레이터 개발ㅇ 양자시뮬레이터를 이용해 수소 생산반응 촉매를 설계하고 실험 검증하여 양자시뮬레이터의 소재개발 활용사례 창출 |

## 3 ] 고형암 치료용 CAR-T의 원천기술 개발

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (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※ 암 유병자 : (‘14) 146만명 → (’18) 200만명 → (‘25) 약 250만명 예상ㅇ (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 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (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※ CAR-T(Chimeric Antigen Receptor-enginerred 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
 |
|  |

|  |
| --- |
| 정상세포와 암세포의 차이를 정교하게 감지하여 암세포에만 특이적으로 공격능력을 갖는 고형암 CAR-T 기술의 원천기술 확보 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 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 개발ㅇ 암세포에만 존재하는 신항원을 발굴 또는 표적하는 CAR-T 원천기술 확보 및 연구자 주도 임상시험(Challenge Trial)* 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**

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (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」)ㅇ (고준위폐기물 처리 문제) 사용후핵연료의 영구 처분 방안 미확보로 인하여 고준위폐기물 발생을 최소화하는 원자로의 개발이 절실* 국내 원전은 2080년까지 약 4만 톤의 사용후핵연료 발생 전망
* 고준위폐기물 저장소 확보를 위한 시도는 사회적 갈등으로 무산
 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (핵연료와 냉각제가 분리된 경수로 사용) 기존의 경수로는 핵연료와 냉각재가 피복관을 경계로 분리되어 있기 때문에, 냉각 장치의 고장 시 중대사고가 발생 가능- 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)ㅇ (경수로 사용으로 인한 사용후핵연료 다량 발생) 경수로는 연료 함유량 및 피복관 수명을 고려하여 3~7년 주기로 핵연료의 교체가 필요하며, 주기적인 핵연료 교체로 인해 다량의 사용후핵연료가 발생하는 상황 |
|  |

|  |
| --- |
| 중대사고 위험성과 고준위 방사선폐기물 발생을 획기적으로 줄일 수 있는 염소 기반의 용융염원자로(MSR) 핵심 기술 확보 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 용융염의 높은 끓는점(1,400℃)․녹는점(450℃)을 통해 냉각재 소실 및 핵연료 누설 가능성을 차단하고, 단순 구조 설계로서 사고확률을 획기적으로 감소ㅇ 액체핵연료 및 고속중성자를 활용한 원자로 개발로서 핵연료의 교체 없이 장기간 운전이 가능하고 고방사능 물질의 생성을 최소화- 금속 양이온과 비금속 음이온이 결합된 용융염에 핵연료 물질을 녹여 냉각재와 핵연료를 일체형으로 구성하는 차세대 용융염원자로(MSR, Molten Salt Reactor) 개발 |

## 5 ] 뇌 진단을 위한 메타초음파 뇌 영상 시스템

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (골든타임) 뇌졸중은 매년 2만명 이상이 사망하는 단일기준 국내 사망률 1위 질환\*이나, 골든타임(3시간)을 극복할 수 있는 기술 부재- 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%)ㅇ (재정지출) 뇌MRI·CT 이용이 어려운 환자에 대한 대안기술 부재 및 반복진단·지속검사에 따른 급격한 건강보험 재정지출 부담 ※ 뇌MRI 급여화(’18.10)로 월청구건수 약10만건, 건강보험 지출 年4,296억원 증가  |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (뇌MRI, 뇌CT) 고해상도 영상을 제공하지만, 뇌MRI는 고비용·긴 촬영시간으로 일상 사용이 어렵고, 뇌CT는 방사선 피폭 위험으로 반복 촬영이 요구되는 일상 진단에 부적합* 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 ㅇ (초음파) 인체 내부를 영상화하는 진단도구로써 널리 사용되고 있으나, 두개골 장벽으로 인해 뇌 초음파 영상화는 극히 제한적* 초음파가 두개골과 두피에서 차단되어 신생아에만 적용 가능
 |
|  |

|  |
| --- |
| 장벽을 투과하는 메타물질 기술과 기존 초음파 영상기술을 융합하여 부작용 걱정 없이 실시간으로 반복 사용이 가능한 고해상도 뇌 영상화 원천기술 개발 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 메타물질을 통하여 두개골 장벽을 무력화하고, 부작용 없이 실시간으로 사용이 가능한 고해상도 뇌 영상화 기술 개발* 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 기확보 ㅇ 구급차에 본 기술을 적용하는 경우 골든타임을 30분에서 최대 1시간 확보하여 위중증 위험환자 8% 감소, 사망자 2,667명 감소 효과 기대 |

|  |
| --- |
| 참고5 |

#  2022년 확정 연구테마 설명 자료

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

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (항생제 개발 난제) 많은 시간과 막대한 비용을 들여 개발한 신규 항생제에 내성이 출현하는데 걸리는 시간은 단 1년 내외- 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 개발ㅇ (다제내성균) 화상 환자의 손상된 피부 장벽은 세균감염에 매우 취약하며, 세균감염은 화상 환자의 주요 사망 원인- 화상 환자 치료를 위해 항생제 처방이 필수적이나, 다제내성균 확산으로 사용 가능한 항생제는 급속도로 감소 중 \* 국내 9,000여 명/년의 다제내성균 감염 환자 발생, 그중 약 3,900여 명은 조기 사망 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 항생제 사용은 필수적, 그러나 항생제 내성의 출현·확산을 원천 제어할 수 있는 기술 부재- 병원균은 항생제에 노출될수록 내성을 키워나갈 뿐 아니라 내성 유전자를 주변으로 확산시켜 내성균을 늘림⇒ 사용량을 낮추고 내성 유전자를 제거할 수 있는 치료기술 필요 ㅇ 기존 항생제는 염증 유발인자를 제거하지 못하는데 중증 환자의 높은 사망률은 염증 유발인자에 의한 과도한 염증 반응에 기인⇒ 병원균과 더불어 염증 유발인자 자체를 분해하여 회복속도는 늘리고 사망률은 저감할 수 있는 방안 마련 필요 |
| **새로운 아이디어** |

|  |
| --- |
| 항생제 내성 유전자와 염증 유발인자를 원천 제거하는 포식박테리아-항생제 도포제(연고제) 개발 |

< 핵심 아이디어 >ㅇ 항생제 병용 투여용 항생제 적응성 포식박테리아 개발 및 확보* (확보) 자연계에는 존재하는 포식박테리아를 분리·배양하여 광범 위한 포식능력을 증명하고, 배양 세포 중심으로 독성 실험 진행
* (개발) 항생제에 민감한 포식박테리아를 다양한 항생제에 대해 병행 사용이 가능하도록 적응적으로 진화

ㅇ 연고제(바르는 약) 형태의 항생제-포식박테리아 조합 개발 - 치료효과(포식효율)가 극대화되는 연고제 선별하기 위하여 크림, 하이드로겔 등 다양한 연고제와의 조합 테스트 진행 및 내성 유전자 분해력, 염증 유발인자 분해력 극대화ㅇ GLP 동물실험 기관과 연계를 통해 동물모델에서 포식박테리아항생제 연고 치료기술의 전임상 연구 수행 |

## 2 ] (가제)인공아체세포 기반 재생치료 원천기술 개발

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 퇴행성·난치성·만성질환이 급속도로 증가하면서 근본적 치료법에 대한 첨단의료기술 요구 증대하고 있으나, 근본적 치료기술 부재※ 4대 중증질환(암·뇌혈관·심장·희귀·난치질환) 약제비 : ’16년 3조6432억→’20년 5조 2019억ㅇ 환자맞춤형으로 모든 치료세포로 분화가 가능한 줄기세포 기반 기술이 주목받고 있으나 상용화에는 한계 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (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\* 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 고비용 으로 1년 이상의 종양원성 평가 필요

※ iPSC로부터 이식목적의 세포 제작 시 생산비용에 10억 원, 약 6개월 내외 소요 |
|  |

|  |
| --- |
| 다양한 질병에 범용적 활용이 가능한 생체 내 인공아체세포\* 유도 치료제 개발 ※ 인공아체세포 (Artificial Blastema Cells, ABC) : 양서류 이하 동물 재생의 핵심인 아체세포(blastema cell)를 포유류에서 인공적으로 유도한 세포로 동물의 아체세포 처럼 다양한 질병 조직에서 범용적으로 재생치료 효과가 기대됨  |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 생체內 재생을 목표로 하는 인공아체세포(ABC) 기반 유도 치료제* 확보된 생쥐 ABC 기술로 인간 ABC 유도 및 확인·검증
* OSKM\*을 대체할 새로운 ABC 특이적 유도인자 발굴 및 분석

\* iPSC 유도인자로 현재 ABC도 동일한 인자로 유도* 생체 내 ABC 유도 기술 및 유도물질 전달기술 개발\*

\* mRNA, microRNA, antisense olio 등* 질병 목표로 ABC 유도 치료제 개발

※ 세포이식의 재생치료제 보다 시간, 비용, 안전성의 장점 가능※ 다양한 질병조직에 범용적 활용 가능 |

## 3 뇌질환 환자별 맞춤형 뇌자극-로봇 융합 보행재활 시스템

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (뇌신경계 질환 증가) 초고속으로 고령화 시대에 진입하면서 뇌신경계 손상 질환의 발생 빈도 급증과 더불어 신체장애를 동반한 고령 인구 증가※ 국내에서 매년 약 11만명의 뇌졸중 환자가 새로 발생하고 있으며(통계청, 2020), 이중 보행 및 운동장애를 겪는 환자의 수는 48.3%로 추정(질병관리청, 2021)ㅇ (치료인프라 한계) 최대의 기능 회복을 위해 아급성기에서 질 높은 집중치료가 필요하지만, 인력 부족 및 비용 부담으로 인해 치료 및 회복에 한계※ 발병 후 초기 3~6개월까지의 아급성기 동안 뇌가소성 원리에 의한 뇌조직의 활성화와 재조직이 가장 활발하게 발생 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (재활 치료기술 현황) 최근 일부 병원에서 하지재활치료 로봇을 도입하고 있으나 현 의료 시스템 하에서 효과가 제한적이어서 보다 효과적인 재활 치료시스템 개발이 절실* 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

ㅇ (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 |
|  |

|  |
| --- |
| 뇌질환 환자의 상태별로 맞춤형 치료가 가능하고 단기간에 효과성이 높은 뇌자극 및 로봇 기술 융합 보행재활 시스템 개발 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 뇌졸중 후 보행 및 운동장애 발생률과 독립적 생활에 필수인 보행속도를 기존 치료기술 대비 획기적으로 향상시킨 보행재활 시스템 개발 * 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
 |

## 4 ] 재생에너지 활용도 및 전력망 안정도 제고를 위한 Hybrid ESS 개발

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (ESS 수요 증가) 탄소 중립 실현을 위해서는 전력계통 내 신재생에너지의 확대는 필수적이며, 이에 따라 신재생에너지의 간헐성·변동성에 대응하는 에너지 저장 시스템 수요 증가- 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 필요ㅇ (전력계통 부담 증가) 신재생에너지 확대에 따른 전력계통 안정화를 위한 다양한 제어 기술 및 계통 운영기술 확보 필요※ 재생에너지는 출력 제어가 불가능하기에 추가적인 제어 능력 확보 문제 존재※ 재생에너지에서는 계통 관성을 제공하지 않아 안정한 계통운영에 어려움 존재 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (에너지 저장) 타 ESS 기술 대비 용량과 비용 측면에서 우위에 있는 Battery기반 ESS(BESS)가 현재 적용되고 있으나, 시스템 안정성과 수명 측면에서 한계 존재- ESS 기술마다 뚜렷한 장단점을 가지며, 핵심요구사항을 모두 만족하는 ESS 기술은 아직 존재하지 않아 광범위한 활용에 제한 ※ 두 종류 이상의 ESS 연계를 통해 단점을 상호보완할 수 있는 Hybrid ESS의 개념 대두ㅇ (전력전자 제어) BESS와 SMES(초자기에너지저장장치)의 출력 특성에 따른 제어 알고리즘 연구가 일부 수행중ㅇ (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 |
|  |

|  |
| --- |
| H-SMES와 연계를 통해 반영구적이고 화재 위험이 없는 친환경 Hybrid ESS 핵심기술 개발 및 세계 최초로 계통 연계 실운전 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ BESS의 수명 및 운전 안정성 문제를 보완하는 친환경 Hybrid ESS 핵심기술 개발* H-SMES\*의 운전 안정성과 긴 수명 특성을 이용해 BESS와의 연계를 통한 Hybrid ESS 구성

\* 무절연 고온초전도 기술을 적용시 SMES의 고출력/고용량화 가능* H-SMES 전류원 특성에 적합한 대용량/고효율 전력전자 기술 및 계통 안정성 확보 기술 개발

ㅇ Hybrid ESS 제어 및 계통 연계 실운전을 통한 반영구적인 수명, 운전 안정성 검증 및 전력계통 운영기술 확보 |

## 5 무오류 위상양자컴퓨터용 혁신 양자소재 개발

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (양자컴퓨터 개발의 난제) 큐비트 수 증가 및 양자오류보정기술의 발전은 범용 양자컴퓨터의 실용화 가능성을 보여주나 아직 수많은 난제 산적- 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 결어긋남(decoherence)을 어느 정도 허용한 수십 개의 큐비트로 이루어진 중간 규모의 양자컴퓨터를 개발하는 단계 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 현재 주력 큐비트 구현 방식으로 초전도 회로, 이온트랩, 반도체 양자점, 고체 점결함이 활용되고 있으나 소자적 관점에서 내/ 외부 잡음을 해결하기 위한 기술적 개발이 진행되고 있음ㅇ 난제를 근본적으로 해결하기 위해서는 소재 단위에서 오류 내성을 원천적으로 확보한 큐비트용 혁신 신소재 개발 필요 ㅇ 범용 양자컴퓨터 상용화의 최대 난제인 양자오류로부터 자유로운 큐비트를 이용하는 위상양자컴퓨터\*가 이론적으로 제안됨\* 위상특성에 의해 큐비트와 양자연산이 잡음으로부터 보호되는 위상양자컴퓨터는 범용 양자컴퓨터의 유력한 후보※ (위상변화) 컵을 구멍이 없는 축구공 모양으로 변형하기 위해서는 표면을 찢어 붙이는 큰 자극이 필요ㅇ 현재 기술 수준은 위상큐비트 구현에 필요한 위상 양자소재와 위상 양자물성 실증을 위한 첨단 측정기술의 부재로 인해 개념 설계 이후의 위상양자컴퓨터 기술 발전이 답보상태임 |
|  |

|  |
| --- |
| 양자오류 발생을 소재 단위에서 원천 방지 가능한 위상큐비트용 신소재 및 소자화 원천기술 확보로 양자분야 퍼스트무버로 도약 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 위상초전도체, 스핀액체, 근접효과 이종접합체 등 위상양자 소재 개발 및 위상양자 소재 박리화 및 적층 소자화 기술 개발- 새로운 위상큐비트 구현 기술 개발 및 위상양자소재 성능 검증에 필요한 물성요건 확보ㅇ 양자준입자 상태 실증 측정 및 양자물성 제어 실시간 시분해 측정·분석 기술 개발 등 위상양자소재 양자물성 실증에 필요한 첨단측정기술 개발  |

|  |
| --- |
| 참고6 |

#  2023년 확정 연구테마 설명 자료

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

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (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

⇒ 고에너지 밀도의 얼티밋 리튬이온 이차전지 시스템 기술 개발 (Ultimate LIB) 및 전이금속의 사용을 최소화하는 미래 에너지 저장장치 기술 개발 필요(Post LIB) |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (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 \* 리튬 메탈 음극의 성능에는 리튬의 침상 성장, 안정적인 SEI(SolidElectrolyte Interface) 층 형성, 계면 저항, 전해질 조성 및 전해질 첨가제 등 다양한 요소들이 복합적으로 작용⇒ ① 다양한 스케일에서 리튬메탈 벌크, 계면, 전지 구성요소와의 상호작용을 분석하고, 다시 ② 종합적인 관점에서의 문제 파악 및 해결 시도 필수적 |
|  |

|  |
| --- |
| 차세대 이차전지 시스템에 범용적 적용을 목표로 하는 다차원 구조의 리튬메탈 전극 복합체 개발을 통해, 설계 지침 및 핵심기술 확보 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ (실시간 분석) 리튬메탈 소재의 측정 및 특성화, 대면적화 공정 연구 지원을 위한 실시간 멀티스케일 분석 플랫폼 구축ㅇ (혁신소재 연구) 전극 설계 및 제작 방법론을 혁신적으로 전환하여‘Assembly’ 개념을 적용한 새로운 리튬메탈 음극 소재 개발* 다차원 구조의 충전개시형 및 방전개시형 리튬메탈 전극 복합체 개발
* 리튬메탈 전극 복합체의 구동 특성에 맞춤화된 계면 설계 및 합성으로 하나의 기능화된 모듈로서 LEA(Lithium Electrode Assembly) 개발

ㅇ (Post-LIB 검증) 차세대 음극에 범용적으로 요구되는 고이용률·고출력· 장수명 특성에 최적화된 혁신소재 설계 및 Post-LIB 실증 추진 |

## 2 초고집적 메모리용 vdW 반도체 소재 및 공정 기술

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 반도체 분야에서의 차등 경쟁우위의 지속확보를 위한 초고집적화기술개발 요구가 증대되고 있으나 반도체 소재 및 초미세 공정 한계로 집적도 증가속도는 점차 둔화- 전기신호를 전달하는 채널폭\*이 10nm\*까지 줄어듬에 따라 의도하지 않는 누설전류leakage current 등 단채널 효과SCE, short-channel effect가 발생하면서 초고직접화 실현에 걸림돌로 작용 \* 정보저장소(커패시터)에 비트정보를 읽거나 쓰라는 명령을 전달하는 트랜지스터에서 비트정보를 전달하는 배선(채널)의 길이⇒ 동일비용으로 단위면적당 처리량을 높이는 초고집적화 구현기술필요 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ 단채널 효과가 발생하지 않도록 트랜지스터의 구조를 2DMOSFET에서3D(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

1면MOSFET에서 3면FinFET~4면GAA, CFET으로 증대시킴으로써 초고직접 상황에서도 전류흐름에 대한 제어력 강화⇒ 나노급에 다가섬에 따라 결함밀도가 증가전하이동도 저하\*하고, 복잡한 계면특성이 발생dangling bond\*하는 등 구조변경만으로는 초고집적도 실현에 한계* 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 |
|  |

|  |
| --- |
| 원자층 수준의 극한 박막 반데르발스(vdW, van der Waals) 소재\*를 활용한 초고집적 반도체 실현\* 단일 원자층 수준에서 반도체 특성을 지니는 고성능 2차원 전자소재 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ (vdW웨이퍼·모듈) vdW 기반 나노시트 및 CFET 모듈 제작* 대면적 나노시트 합성 및 분석 기술
* 나노시트를 활용한 트랜지스터 및 커패시터 모듈 제작 ㅇ (vdW메모리소자) vdW 모듈 기반의 단위 소자\* 제작 및 평가

\* 트랜지스터(Cell Tr. 및 Peri Tr.) 및 커패시터ㅇ (vdW메모리) vdW 기반 3D 적층형 메모리 구조 설계, 제작 및 검증⇨ 검증시 경제적인 파급효과가 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 |

## 3 커패시터가 필요 없는 차세대 메모리 기술

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ (반도체산업위기) 최근 신기술개발 부재로 메모리 반도체 글로벌1위도 장담할 수 없는 실정- 신개념 메모리 기술을 통해 대한민국 반도체 산업의 중심기술인 메모리 분야에서 굳건한 초격차 메모리 기술확보가 시급ㅇ (개발조건) 차세대 초격차 신메모리 기술을 위한 개발 조건\*을 모두 만족하는 신개념 메모리 개발 필요\* 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⇒ 초저전력·고속이면서 적층형인 3D 메모리 개발 필요 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (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* 고유전율의 신물질 사용 및 고종횡비 구현 ㅇ (기존 1T DRAM한계) 기존 개발된 1T DRAM\*의 경우, 상대적으로 데이터 유지를 위한 전력소모가 크며, 안정성과 신뢰성에서 큰 한계 존재
* 트랜지스터 하나로 구성된 DRAM 소자로, 소자 내부에 데이터를 저장하여 커패시터가 불필요

⇒ 안정성·신뢰성 높고전력소모가 획기적으로 낮은 1T DRAM 개발필요 |
|  |

|  |
| --- |
| 커패시터 없이 데이터를 저장할 수 있는 차세대 고밀도·초저전력·고속 동작 적층형 3D 메모리 반도체 개발 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ 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
 |

## 4 수소 모빌리티를 위한 온보드 LOHC 수소 연료 기술

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 탄소중립에 대한 글로벌 규준이 크게 강화되면서 에너지 생태계 전반의 탈탄소화 요구가 크게 높아지고 있으며, 모빌리티 산업도 급격히 변화 중- 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 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (전기차) 제로에미션 및 낮은 유지비용을 바탕으로 급격히 성장하고 있으나 긴충전시간, 짧은 주행거리, 전주기 친환경성\* 등에 대한 논란 지속* 이차전지 생산과정에서 대량의 CO2 방출, 사용후 배터리 폐기물 처리문제 등 ㅇ (수소연료차) 약5분 내외의 짧은 충전시간과 긴주행거리의 장점을

지니고 있으나, 안전성 문제\*로 인한 충천 인프라 부족과 낮은 경제성(높은 수소 연료전지 가격) 등으로 인해 시장안착에는 한계* 고압수소 - 폭발위험, 액화질소 - 높은 액화비용, 암모이아 - 냄새·독성

⇒ 전기차 이상의 경제성을 확보하면서도, 엔진차 수준의 안전성과 편의성을 지닌 전주기적 친환경 모빌리티 기술개발 필요 |
|  |

|  |
| --- |
| 안전하고, 편리한\* 수소 모빌리티용 on-board LOHC 기술개발\* (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 |

< 핵심 아이디어 > |
| **새로운 아이디어** | ㅇ (LOHC 매체) 온보드용 LOHC 소재 엔지니어링 기술* 높은 수소 저장용량과 빠른 반응속도를 지닌 LOHC 매체 확보 ㅇ (LOHC 촉매) 고응답 LOHC 탈수소화 반응기술
* 저가형 고활성 촉매 소재 및 재형화, 저에너지/고응답 탈수수화 ㅇ (LOHC 온보드시스템) 온보드용 LOHC 공정 효율화 기술
* 플랜트급 탈수소화 LOHC 시스템을 온보드용으로 소형화 ㅇ (수소엔진) LOHC 기반 수소동력계 융합 기술 - 열교환을 통한 최적 수소엔진 설계 및 개발

⇨ 온보드용 LOHC 수소 모빌리티 기술은 엔트리급 수소연료차 이상 수준\*에서 구현·검증※ 완성차업계 수요 반영 : 저장용량 6kg, 무게 120kg(120l) 및 주행거리 400km 이상 |

## 5 혈장전사체 및 인공지능 활용 난치암 조기진단 기술개발

|  |  |
| --- | --- |
| **사회적** **문제** | ㅇ 난치성 암에 대한 조기진단 솔루션 부재­ 암은 전 세계 사망원인 1위 질병이며, 고령화 사회에 접어든 대한민국에서도 사망률이 지속적으로 증가하고 있는 질환※ 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⇒ 상용화되고 있는 조기진단 방식의 한계를 극복해야 암정복 가능 |
| **현재** **문제해결 방식** | ㅇ (전립선암) 국내 남성암 4위로조기 발견 시 좋은 예후를 보이나, 진행성 전립선암으로 진행될 경우 전체 생존 기간이 2년 미만임­ 다른 암종과 비교하여 효과적인 진단 바이오마커·기술의 부재로 인한 위양성율이 70%에 달하여 검사에 따른 환자의 심리적·신체적 불안과 의료비용의 지출이 큰 암종에 해당※ 국내 1년 평균 7.5만명에게 전립선암 조직검사가 시행되며, 이중 4만명이 위양성으로 판정 ㅇ (췌장암) 특별한 자각 증상과 진단마커의 부재로 조기진단이 어려운 대표적인 질환으로, 무려 95% 이상의 환자가 말기에 진단되며 늦은 진단으로 인해 5년 생존율이 5%에 불과ㅇ (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 기존방식에는 명확한 마커 부재, 종양 주변의 미세환경 분석 불가, 돌연변이 빈도가 낮은 질환 진단 한계 등 이론적·기술적 제약으로 암 조기진단에 큰 한계 존재⇒ 진단용 바이오마커의 발굴과 임상 적용에 용이한 진단기술 개발이 시급 |
| **새로운 아이디어** |

|  |
| --- |
| 혈장 cfRNA\*와 인공지능을 활용하여 조직검사 없이 난치성암 (전립선암·췌장암)을 조기진단 할 수 있는 혁신 액체생검 기술 개발\* cell free RNA(혈장전사체) |

< 핵심 아이디어 >ㅇ cfRNA 추출 기술, 차세대 염기서열 분석용 라이브러리 구축, cfRNA 특화 생물정보학 분석 파이프라인 구축 등 지금까지 확보된 기술을 바탕으로 난치암의 조기진단 기술 실증 연구* 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
 |