



## □ 기획 주안점

- 활성화·열화방지 신개념 방식을 통해 기존 시스템 제작 공정의 변화 없이 에너지 변환장치의 기존 한계수명을 비약적으로 연장할 수 있는 기술을 개발함
- 실제 작동환경에서의 에너지 변환소자 구동 평가를 아우르는 융합적 연구가 기획되어야 함

## 2. 연구목표

※ 아래 내용(예시)을 참고하여, 연구자 자율적으로 연구비·연구기간에 맞게 연구내용·범위를 혁신·도전적 제시 가능

### □ 최종목표

- 작동 중인 에너지변환 소자의 성능을 실시간으로 회복할 수 있는 기술 기작 규명 및 시스템 적용

### □ 세부목표

- 에너지변환 소자 구동 중에 열화된 구성 소재(예: 전극, 전해질 등)의 특성을 실시간으로 회복할 수 있는 신개념 열화 회복 및 재생 기술 개발
  - 구성 소재의 실시간 열화 회복을 위한 기술 개발
  - 열화된 전극을 구동 중에 실시간으로 다시 원래의 활성화도 또는 그 이상으로 회복시킬 수 있는 최적의 표면반응성 회복 기술 개발
  - 구성 소재 회복 메커니즘을 계산과학 기반의 시뮬레이션을 통해 규명
  - 실제 활용 가능한 수준으로 구동 중 실시간 성능 회복 평가 기술 확보

### □ 연구내용 및 범위

- 환경 소재기술에서부터 유·무기화학 기반 소재 설계/합성/제작, 계산과학 기반 활성화 기작 규명, 유체역학 기반 시스템 설계 및 소자 평가 연구까지 아우르는 이종 학문 간 융합적 접근 및 친환경 플랫폼 검증 연구

## ☐ 기대효과

- 아직 시도된 적이 없는 실시간 디바이스 회복 기술은 기존 접근 방식을 완전히 벗어나며 이는 학문적으로 매우 가치가 큼
- 산업체에서 최적화한 에너지 변환장치 제작 공정을 변경하지 않고 바로 적용 가능하며, 다양한 소재 및 소자에 범용적으로 응용할 수 있어 기술적, 산업적 가치가 매우 높음
- 목표 성공 시 수소생산 및 에너지 변환장치의 수명을 대폭 늘려 기술 상용화에 큰 도약을 가져올 것으로 예상됨
- 또한, 해당 기술은 수소생산 및 에너지 기술에 대한 신뢰성을 높이고 전력·수소 생산에 대한 비용을 절감하여 탄소 중립 사회 실현을 앞당길 수 있음

## 3. 성과목표

### ☐ 정량적 목표

- 가속 열화 프로토콜\* 이후 전력·수소 생산량 회복률 100% 달성 (초기 상태 대비)
- 그 외 전기화학 소자의 구동조건, 활성면적, 전력밀도, 수소생산 전류밀도 및 전류효율 등에 대한 정량적 목표를 도전적으로 제시
- 본 과제를 포함하여 2개 이하의 사사표기로 관련 분야 JCR 상위 5% 이내 국제저널 논문 10편 이상 게재 및 국제특허 2건 이상 등록

\* 가속 열화 프로토콜 : 자체 프로토콜을 자율적으로 제시

### ☐ 정성적 목표

- 해당 분야 국제적 성과 창출(국제 연구 협력 네트워크 구축, 저명 국제저널 출판 (주저자 또는 교신저자))
- 총 사업 기간 내 해당 분야 전문 인력 양성

## 4. 특기사항

### ☐ 과제 특성

- 기존 연구에서 풀지 못했거나 시도하지 못했던 과학난제를 새로운 초융합을 통해 돌파하여(Breakthrough), 세계 최초로 시도하는 연구를 지향

□ 연구진 구성

- 과학난제 해결의 실마리가 될 수 있는 개념 증명(PoC)을 위해 공동 밀착연구가 가능한 이중 이상 분야 융합을 권고

□ 필수 사항

- 연구주제와 관련된 세계 선도적 연구기반(예시: 글로벌 최고 수준의 대표 참고문헌 자료 등)을 구체적으로 제시
  - 난제 정의 및 도전목표를 제시하고 개념 증명을 실현하기 위한 과정 또는 방법론에 대해 구체적으로 기술하며 사업 기간 내 해결 가능한 수준을 제안
  - 현재 수준 대비 차별성·도전성(세계 최초, 유일, 최고 등 수준 포함) 제시 및 관련 근거(문헌분석, 기술/연구 동향 분석 등) 제출

□ 기타 사항

- 국가과학난제도전협력지원단의 난제분석전문팀(연구지원 및 컨설턴트 그룹)이 연구팀의 연구수행을 지원함

5. 연구개발기간 및 연구개발비

- 총 사업기간 및 연구비 : 2024.7. ~ 2028.12. (4년 6개월) / 90억 원 내외

구 분		연구 기간	연구비(단위과제당)
1단계 (30개월)	1년차(2024년)	'24.7.~'24.12.	10억원 내외
	2년차(2025년)	'25.1.~'25.12.	20억원 내외
	3년차(2026년)	'26.1.~'26.12.	20억원 내외
2단계 (24개월)	4년차(2027년)	'27.1.~'27.12.	20억원 내외
	5년차(2028년)	'28.1.~'28.12.	20억원 내외

※ 연차별 연구비 규모 및 연구기간은 정부예산, 주제 발굴 및 기획 상황 등에 따라 변동 가능

- 과제형식 : 주관연구개발과제
- 선정과제 수 : 1개

RFP번호	2024-과학난제-2	공모유형	분야공모형
사업명	STEAM연구사업 - 과학난제도전융합연구개발사업		
RFP명	체내(in-vivo) 인공진화를 유도하여 난치성 질환을 정복할 수 있을까?		
PM분야	기초과학 · 융합기술	보안과제 여부	일반
1. 추진배경			
<div> <div>□ 문제정의</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인간의 면역세포들을 “체내”에서 선택적이고 고효율적으로 리프로그래밍하여, 인공적으로 진화된 면역계(artificially evolved immune system, AEIS)를 구축할 수 있을까? 그리고 이를 통하여 현존하는 치료제의 과학적/기술적 한계를 뛰어넘는, 혁신적인 치료법의 구축이 가능할까?</li> </ul> </div> <div> <div>□ 추진배경</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수백만 년에 걸친 인류의 진화과정에서 박테리아나 바이러스 등 외부 병원균에 의한 감염은 생존에 중대한 위협이었고, 인간 면역계의 자연 진화는 주로 이에 대응하여 이루어져 왔음. 백신은 면역계에 프로그래밍된 “면역기억(immunological memory)”을 유도하여 외부 병원균에 의한 감염병의 예방과 치료를 가능케 함</li> <li>○ 반면 현대 고령화 사회로 진입하면서 급속도로 증가한 암과 난치성 신경계 질환 등의 경우 인류 진화과정에서 보편적으로 중대한 위협이 아니었으므로 인체 면역계가 이를 퇴치할 면역기억 무기들을 미처 탑재하지 못하여 사망을 초래하는 상황임</li> <li>○ 최근 첨단 바이오 및 의학기술을 활용하여, 환자의 혈액에서 수집한 T 세포를 “체외”에서 인공적인 유전자 엔지니어링 기법으로 특정 암세포를 공격하도록 면역기억을 유도한 CAR-T 세포가 시한부 B 세포 림프종 및 내성을 가진 형질세포 백혈병 환자들을 완치시키면서, 암뿐만 아니라 난치성 신경계 질환, 자가면역질환, 심장섬유화, 세포 노화 등 다양한 질환에서 CAR-T 세포들이 개발되고 있는 상황임</li> <li>○ 그러나 이러한 환자 맞춤형 CAR-T 면역세포 치료제는 “체외”에서 복잡한 유전자 조작 과정을 거치기 때문에 고가의 GMP 시설에서 수 주 또는 수개월 이상 공정작업이 요구되며, 유전자도입 바이러스를 사용하게 되어 비용이 억대를 호가함. 또한 면역세포를 체외에서 조작하고 증식시키는 과정에서 면역세포 기능 및 품질관리에 일관성을 유지하기 어렵다는 문제들도 보고되는 실정임</li> </ul> </div>			

- 이러한 한계점을 해결하기 위한 방안으로, T 세포를 포함한 Lymphoid 및 Myeloid 세포들로 구성된 인공유전자도입 면역계를 “체내”에서 구축하여 기억면역을 유도한다면, 난치성 질환의 퇴치뿐 아니라, 내성과 재발도 동시에 방지하여 전 세계 의료체계의 혁신을 가져올 수 있을 것임

## □ 기획 주안점

- 암과 난치성 신경계를 대상으로 “체내” 면역세포 유전자 리프로그래밍 로드맵을 구축하고, T 세포를 포함한 Lymphoid 및 Myeloid 세포들로 구성된 인공진화 면역계(AEIS)를 구축하여 난치성 질환에 대한 혁신적 치료 패러다임을 제시함
- 체내 인공진화를 가능케 하는 기술로서 특정 면역세포 특이적 고효율 유전자 전달체 소재 및 유전자 편집기술, 안정적인 면역기억의 탑재기술, off-target toxicity 제어 기술들의 융합을 통해 국제원천기술 확보에 기여함

## 2. 연구목표

※ 아래 내용(예시)을 참고하여, 연구자 자율적으로 연구비·연구기간에 맞게 연구내용·범위를 혁신·도전적 제시 가능

### □ 최종목표

- Lymphoid 및 Myeloid 세포들의 체내 유전자 리프로그래밍을 유도하여 인공진화 면역계(AEIS)를 구축할 수 있다는 새로운 면역학적 이론을 제시하고, 실험적인 증명을 통해 난치성 암과 난치성 신경계 질환 치료의 패러다임 전환을 가져올 획기적인 치료법의 제시

### □ 세부목표

- 면역세포의 유전체를 변형시켜 난치암과 난치성 신경계 질환을 예방 및 치료할 수 있는 질환 특이적 인공 면역계 구축 방안 제시
- 인공유전자를 탑재한 면역세포의 차별화된 형질 및 질환 제어 기능 분석
- 유전자 조작 도구들을 효율적으로 탑재하면서 동시에 체내에서 보호하기 위한 신개념의 전달체 구조 제시
- 특정 타겟 Lymphoid와 Myeloid 면역세포에 선택적으로 유전자를 전달할 뿐만 아니라, 세포막을 투과하여 세포핵 내부로 활성화된 유전자 조작 도구들을 하역할 수 있는 혁신적 방법론 제시
- 표적하는 면역세포 내에서 고효율로 면역기억을 유도할 수 있는 유전자 조작 방법론 구현
- 비특정 세포에 대한 off-target toxicity 제어 기술 제시

## □ 연구내용 및 범위

- 난치성 고형암 및 난치성 신경계 질환에 대해 동물 모델 확립과 이를 대상으로 체내 인공진화 면역체계 구축을 위한 최적의 타겟 선정
- 기존에 개발된 유전자 전달 방법의 한계를 극복할 수 있는 혁신적이고 진보된 특정 면역세포 특이적 전달체로서 바이러스 계열(예: AAV와 LNP) 및 비바이러스 계열 유전체 전달체 개발
- DNA 이중나선 결손 없이 고효율로 체내 유전자 교정이 가능한 in-vivo 유전자 편집기술 개발
- 전달체를 통해 전달된 유전자 조작 도구(단백질, 핵산 등)가 엔도솜이 아닌 세포막을 투과하고, 세포핵 내부로의 전달을 가능케 하는 막투과 및 핵도입 기술개발
- 인공면역 세포의 기억 유도를 위해 안전성이 담보된 혁신적 유전자 조작 방법론의 제시
- 비특정 세포에 대한 off-target toxicity 제어 기술 제시
- In-vitro 세포모델과 in-vivo 질환 모델에서, 구축한 Lymphoid 및 Myeloid 세포들로 구성된 인공유전자도입 면역계(AEIS)의 기억면역 유도 및 치료효능 분석

☐ 기대효과

- 질환 특이적 인공유전자를 선택적으로 체내 면역세포에 도입하여 인공진화를 유도함으로써 난치성 질환에 대한 면역치료 분야의 새로운 과학적 패러다임을 제시
- 본 과제를 통해 확보된 플랫폼 기술을 난치암 및 난치성 신경계 질환에 대한 혁신 신약 개발로 확장함으로써 단기간에 매우 높은 산업적 가치를 창출
- 체내 인공진화 플랫폼 관련 원천기술 확보와 이를 통한 IP 라이선싱 아웃 및 자체 기술사업화를 통해 첨단 바이오 강국으로의 발전에 기여

### 3. 성과목표

## □ 정량적 목표

- 본 과제를 포함하여 2개 이하의 사사표기로 관련 분야 JCR 상위 5% 이내 국제저널 논문 10편 이상 게재 및 국제특허 2건 이상 등록

## □ 정성적 목표

- 해당 분야 국제적 성과 창출(국제 연구 협력 네트워크 구축, 저명 국제저널 출판  
(주저자 또는 교신저자))
- 총 사업 기간 내 해당 분야 전문 인력 양성





## 5. 연구개발기간 및 연구개발비

○ 총 사업기간 및 연구비 : 2024.7. ~ 2028.12. (4년 6개월) / 90억 원 내외

구 분		연구 기간	연구비(단위과제당)
1단계 (30개월)	1년차(2024년)	'24.7.~'24.12.	10억원 내외
	2년차(2025년)	'25.1.~'25.12.	20억원 내외
	3년차(2026년)	'26.1.~'26.12.	20억원 내외
2단계 (24개월)	4년차(2027년)	'27.1.~'27.12.	20억원 내외
	5년차(2028년)	'28.1.~'28.12.	20억원 내외

※ 연차별 연구비 규모 및 연구기간은 정부예산, 주제 발굴 및 기획 상황 등에 따라 변동 가능

○ 과제 형식 : 주관연구개발과제

○ 선정과제 수 : 1개