

2019.12.

과학난제 극복을 위한 도전적 융합연구 활성화 기획연구

(Research and Planning for Promoting Challenging Convergence
Research to Solve Complex Scientific Problems)

연구 기관: 한국과학기술한림원

연구책임자: 김호성

2019. 12. 27.

과학기술정보통신부

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견
해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 최기영

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “과학난제 극복을 위한 도전적 융합연구 활성화 기획연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 12. 27.

연구기관명 : 한국과학기술한림원

연구책임자 : 김 호 성

연 구 원 : 유 욱 준

연 구 원 : 정 윤 하

연 구 원 : 이 동 원

연 구 원 : 조 은 영

연 구 원 : 박 주 이

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

- 목 차 -

요 약	1
I. 서 론	9
1. 추진 배경	9
2. 국내외 도전적 과학기술 R&D 현황	12
3. 과학난제 도전·극복형 사업의 필요성	26
4. 연구 내용 및 수행방법	30
II. 과학난제의 개념과 특징	35
1. 개념 정립의 과정	35
2. 개념 정의	45
III. 과학난제 예시 후보군의 발굴과 제시	48
1. 발굴프로세스(안)	48
2. 과학난제의 발굴	52
3. 최종 후보군 도출	58
IV. 과학난제 도전·극복형 사업의 추진 전략	104
1. 사업의 목표	104
2. 사업추진 단계별 추진방향	110
V. 사업 추진 방안	119
1. 사업개요	119
2. 운영방안	121
3. 단계별 세부 추진 전략	127
4. 과학난제사업의 효과적 추진을 위한 난제해결융합연구지원단 운영	155
5. 국제 공동 연구 활성화 방안(안)	162
6. 기타 추가 제안	168
VI. 결 론	172
<참고문헌>	174
<첨부자료>	176

요 약

□ 추진배경 및 필요성

- 우리나라는 과학기술 발전을 통한 경제성장 및 국가경쟁력 강화를 목표로 R&D 투자를 지속적으로 확대하여 왔음
- R&D 투자의 확대에도 불구하고 우리나라 R&D 성과의 질적 수준에서는 선진국에 비해 절대열세인 상황
- ICT 융합에 따른 4차 산업혁명 도래로 과학기술과 인문사회 등 다양한 분야의 초융합, 융합의 융합에 의한 과학기술혁신의 중요성이 증가
- 지금까지는 국가·사회의 과학기술에 대한 기대는 지식의 창출, 기술개발을 통한 경제성장의 주축 역할 이였으나 최근에는 공공적·사회적 문제까지 과학기술의 발전으로 해결하는 것을 요구
- 정부는 ‘제4차 과학기술기본계획(’18~’22년)’을 수립하여 미래비전 실현을 위한 과학기술정책방향으로 파괴적 혁신을 일으키는 R&D 투자, 신산업·일자리 창출 가속화, 삶의 질 향상과 인류문제 해결에의 기여 확대 등을 강조
- ‘국가 R&D 혁신방안’(국가과학기술자문회의, ’18.7월)을 통해, 연구자 중심의 혁신형 연구지원 강화, 혁신주체 역량강화, 국민체감형 과학기술성과 확산 등을 발표

□ 국내외 도전적 과학기술 R&D 현황

- (미국) 문샷싱킹(Moonshot Thinking)을 추구하는 ‘High Risk, High Payoff 연구’등 지속
 - 지난 60년 동안 과감한 R&D투자결과가 인터넷, GPS, 반도체, 자율주행차, 스텔스 기술, 드론 등
- (중국) 과학굴기 차원의 문샷 프로젝트 대규모 추진 중
 - Moon village 개척 등
- (일본) 파괴적 혁신창출 목표로 대담한 발상에 근거한 실패가 허용되는 도

전이 가능해지도록 2018년 12월부터 ‘문샷형 기술개발 연구제도’ 실시

- 태풍 진로 조작기술 등 초현실적인 주제 탐구

- (우리나라) IBS 연구단 사업, X 프로젝트, 알키미스트 등을 통해, 도전적 연구 탐색 중
- (구글의 알파벳) The Moonshot factory에서 새로운 상용화 기술들 연구중
- (알리바바그룹) 인공지능과 양자컴퓨팅 등 차세대 기술개발에 3년간 150억 달러 투자
- (삼성) 미래기술육성사업으로 세계 유일 또는 세계 최고의 독창적인 프론티어 연구 등 지원

□ 과학난제 도전·극복형 사업의 필요성

- 새로운 과학기술 난제 도전형 R&D 프로그램으로 ‘리스크 회피 문화’ 극복 필요
- 기존 기술의 연장이 아닌 대담한 발상에 근거한 도전적 연구개발(Moon Shot형 R&D) 추진으로 파괴적 혁신 창출 필요
- 연구자 참여를 통한 국가 R&D 사업기획의 전문성 강화
- 글로벌 혁신환경 변화에 대응하기 위한 초융합 협업연구과제 발굴의 필요성 증대
- 우리나라가 개척하고 주도하는 새로운 과학기술 R&D 분야나 주제의 발굴은 국가 과학기술 위상 강화에도 큰 영향을 미칠 수 있음
- 연구자 주도 개방적 기획·운영과정 도입을 위한 ‘난제도전형 과제’의 개념 합의 필요

□ 과학난제 도전·극복형 사업의 정립의 과정 및 정의

- 모든 연구개발은 크고 작은 ‘난제’를 내포하고 있으며 여러 가지 의미로 해석될 수 있으므로, 국가연구개발과제로서 ‘과학난제’의 개념을 정의하고 사업의 특징을 정립하기 위하여 국내외 유사사례 연구, 국내외 석학 인터뷰

및 토론, 한림원 회원 대상 설문조사를 실시함

- 미국공학한림원(NAE)은 인류의 삶을 향상시킬 수 있는 ‘21세기 14대 공학난제’를 발표하여 △지속가능성(Sustainability) △건강(Health) △보안(Security) △삶의 즐거움(Joy of Living) 등 4가지 특징을 도출하였으며, △인류사회 문제 해결과 삶의 질 향상을 난제의 가장 중요한 가치로 꼽았으며, △기존에는 해결이 불가능했으나 새로운 신기술에 따라 도전이 가능한 주제들(핵융합, 뇌 역공학, 의료정보학 등)을 반영하고 있음
 - 2014년 UN 과학자문위원회는 ‘인류와 지구의 미래에 대한 가장 큰 도전과제는 무엇인가’에 대해 파악하기 위하여 세계도전과제(Global Challenges)**를 선정하였으며, 세계에 직면한 문제의 근본원인에 대한 지속가능한 해결책에 초점을 맞추는 것이 도전과제라고 하였음
 - 첨단기술전략의 목표는 ‘이산화탄소 배출최소화’, ‘지속가능한 발전’에 그 기반을 두었으며, 궁극적 목표 중 하나로 독일을 글로벌 당면과제 해결의 선도국가로 만들고, 21세기 당면과제에 설득력 있는 해결책을 제시함
 - 미국과학한림원(National Academy of Science)은 △인류의 발전 및 경제적 가치를 바탕으로 △장기적 투자가 필요하고 △지구상의 많은 연구자들이 유사한 도전을 함께 할 수 있는 주제라고 정의함
 - 독일레오폴디나한림원(German National Academy of Science, Leopoldina)은 △개별 학문 분야에서 해결할 수 없는 넓은 과학의 영역에서 △혁신적인 연구 방법과 △장기적 투자가 필요하며 △인간의 삶, 지구, 우주 등에 대한 이해에 기여하는 근본적인 질문에 답을 줄 수 있어야 한다고 정의함
 - IBS연구단장으로서 대형·집단·장기·모험 연구를 수행한 석학들과의 심층 인터뷰를 통해 난제도전형 과제의 개념수립에 중요한 가치를 도출한 결과, 기존 개념에 더해 ‘창조성’, ‘인재양성’, ‘확장성’, ‘국민 복지 및 행복’ 등이 제시됨
 - 각 분야 석학으로 구성된 26인의 전문가그룹을 구성하고 난제도전형 사업의 개념정립에 대한 토론을 진행하였으며, 전문가그룹은 토의를 통해 현재 우리나라에 필요한 난제도전형 과제는 ‘공공성’, ‘융합’, ‘사람 중심’, ‘동인효과(Enabler)’ 등을 반드시 포함해야 함을 강조함
- 사례 연구에서 도출된 키워드를 바탕으로 설문조사 등 과학기술계 석학의 견수렴 과정을 통해 난제도전형 사업 추진에 맞는 우선순위 개념을 선정하였으며, 한림원의 과학기술 석학들은 난제도전형 사업의 가장 중요한 개념

으로 ‘과학난제’, ‘공공성’, ‘글로벌 선도’ 등을 꼽았음

- 매우 광범위하게 정의되고 사용되는 ‘난제도전형 사업’의 개념이지만 해당 주제 및 과제를 발굴한 목적과 도출하고자 하는 결과에 따라 조금씩 다른 개념을 활용하고 있음
- ‘난제’, ‘모험·도전’, ‘창의성’, ‘융복합, 협업’ 등의 개념은 발굴 주제 및 목적과 관계없이 공통적으로 등장함

□ 개념 정의 및 사업의 특징

- 연구자 커뮤니티가 제안하는 과학난제를 숙의적 과정을 거쳐 선정하고 기초과학 및 공학의 융합과 창의적 방법으로 극복하여 세계과학기술계를 선도할 수 있는 연구를 도전·극복형 과학난제로 정의
- 모두가 불가능하다고 생각하는 ‘과학난제’를 연구자들의 집단지성, 과학과 기술의 융합, 그리고 창의적인 방법으로 ‘극복’이 가능하다고 믿고 ‘도전’하여 해결방안을 찾는 것임

□ 발굴 프로세스(안)

- 주요 의사결정 및 발굴을 담당하는 ‘추진위원회(Working Group)’와 참여기회를 개방하기 위한 ‘온라인플랫폼(Open Platform)’을 중심으로 정보, 아이디어, 의견 등을 수렴하여 도전·극복형 과학난제를 발굴함
- △기초 정보 수집 및 분석, △도전·극복형 과학난제 영역 탐색 및 과학난제 후보군 도출 △학계 전문가의 공개 검증 △최종 검증 등의 단계로 진행함
- 도전·극복형 과학난제 프로세스가 장기적으로 운영되면 과학기술계에서도 간혹 나타나는 특정 학문 이기주의를 타파하고 안팎의 신뢰도를 높일 수 있음

□ 과학난제 후보 도출 결과

- 문헌조사 및 위원들의 제안, 과학기술계 설문조사 등을 통해 과제후보군 총 716개 발굴

- 기획위원회의 5차례에 걸친 토론을 통해 9대 과학난제 후보와 17개 세부 예시 과제를 정리함

□ 과학난제 도전·극복형 사업의 목표

- (목표) 다양한 분야 연구자들의 속의·협업을 거쳐 다학제·융복합연구를 추진하여 국가·사회·지구·인류와 관련된 주요 현안·난제들을 과학기술로 해결
- 학제 간 경계를 초월한 개방형 혁신(Open Innovation)을 바탕으로 초학제적 연구(Transdisciplinary Research)를 수행하여 난제에 대한 지속가능한 해결 방안 마련
 - 학제 간 융합연구(Interdisciplinary Research)를 통해 난제 극복을 위한 학제 간 시너지 효과를 극대화
 - 다학제적 융합연구(Multi-disciplinary Research)를 통해 다양한 학문의 연계와 결합을 통한 창의적 아이디어 발굴
 - 문제해결을 위해 이질적인 여러 연구 분야를 자유롭게 융합하는 반학제적 융합 연구(Anti-disciplinary Research) 추진
- ‘집단의 다양성’을 활용한 새로운 관점의 문제인식 및 접근 가능성을 제시하여 협업의 확대를 통한 신기술 개발, 새로운 데이터 공유 및 관리를 위한 사업기회 제공, 다양한 지식에서 가치있는 지식으로의 발전 등을 추진
- 연구 현장의 자율성·개방성을 통한 연구자 간 수평적 관계 유지, 이해당사자들의 지속적인 참여를 위한 동인 제공 등 다양한 협업을 통해 난제 해결을 위한 도전적 시도를 촉진하고 혁신적인 성과를 창출
- 개방적·유연적 연구문화 조성 과 오픈사이언스(Open Science)의 확산을 통해 자유로운 소통을 통한 새로운 패러다임의 연구문화를 정착
- (비전) 국민의 건강하고 안전한 삶을 구현하고 지속 가능한 국가·사회 발전에 기여하며 세계를 선도하는 과학기술역량 및 국가경쟁력을 축적

□ 과학난제 도전·극복형 사업의 추진 전략

- 과학난제 및 도전·극복형 사업 연구과제 발굴·도출을 위해 과학난제 및 융

합 도전과제(Grand Challenge) 개념 정립

- 지속적 난제 발굴 시스템 구축
- 혁신적 과제 기획·평가·관리 시스템 구축
- AI 기반의 난제 발굴 지원 플랫폼 운영
- 과학난제 해결을 위한 단계별 국제연구 협력을 위해 국제 공동연구를 활성화

□ 과학난제 상시 발굴체제 확립

- 국내외 과학난제 현황 조사·분석, 각계의 과학난제에 대한 제안 등을 바탕으로 다양한 과학난제를 발굴하고 도전·극복형 사업 대상 한국형 과학난제 후보를 선정
- (지원단 구성 및 규모) 추진위원회, 전문위원회, 사무국 등으로 구성
- (운영형태) 전담 지원단 설치를 통한 운영 추진
- (주요 활동) 워크숍 및 컨퍼런스 개최, Annual 리포트 발간 등 대내외적으로 과학난제에 대한 홍보 및 인식 확산 활동 추진
- 과학난제 관련 국내·외 사업현황 조사·분석, 국내·외 과학단체(기관) 및 석학들의 의견 수렴, 연구자들의 숙의, 국가 및 사회의 과학기술에 대한 현안·난제 해결 요구 등을 바탕으로 과학난제들을 도출
- 다양한 과학기술 기반 난제들 중 우리나라 실정에 맞는 한국형 과학난제에 대한 개념 및 성격을 정립하고 이에 따라 사업 대상 과학난제 후보들을 발굴
- 최종 발굴된 난제는 개요, 중요성, 목표 등에 대한 간략하고 명확한 개념요약서를 작성하여 연구 커뮤니티를 대상으로 한 창의적·도전적인 연구 아이디어를 요청하는 공고문으로 활용

□ 과학난제 도전·극복형 사업의 효율적 추진

- 부처(과학기술정보통신부), 한국연구재단, 석학들로 구성된 지원단, 과제수행 융합연구단 등 간 유연한 협력·지원·수행체제 운영
- 난제별로 특화된 공모·선정·지원·관리체계 사전 기획

- 혁신(변혁)적 초융합 연구 발굴을 위한 선정평가체계 운영
- 연구활동 생산성·시너지를 촉진하는 과정관리체계
- 미래지향적 성과평가 패러다임 도입

□ 과학난제도전협력지원단 운영(안)

- (추진위원회) 20인 내외의 각 분야 국내 최고 석학 및 민간전문가로 구성, 글로벌 메가트렌드 및 국내외 R&D 동향을 분석하고 분야별 전문가 초청 간담회·포럼 등을 개최하여 과학난제를 발굴하고, 공개의견 수렴을 통해 최종 난제로 선정된 과제에 대해 기획 지원 수행. 난제별 참여의향서 수집 및 추진전략 수립, 연구단 구성 지원, 과제계획서 작성 등 담당. 크게 발굴/기획 분과로 나뉘되 필요시 특별위원회(ad-hoc) 운영
- (전문위원회) 난제분석 Counter Partner팀으로서 연구단에 소속되어 있지 않고 이해관계가 없으며 해당 분야의 전문가들을 난제분석전문팀으로 구성 (난제별 5인, 전체 25인 내외)하여 연구수행 지원. 분석보고서 작성, 멘토링 실시, 연구자육성 보장을 위한 심의위원회 참여 등 담당
- (사무국) 위원회 운영 및 행정 업무 담당
- (이벤트 개최) 워크샵, 컨퍼런스 개최 및 Annual 리포트 발간
- (임무 및 역할) 다양한 방식으로 수집한 과학난제의 구체화
- (운영조직) 전담 지원단 설치 통한 운영 추진
- 전문 역량 보유 조직으로 육성 추진
- 개방형 크라우드(Open Crowd) 방식 집단지성 활용 과제 발굴
- 체계화된 전문위원회 중심의 과제 발굴
- 다양한 형태의 학술 이벤트(포럼, 워크샵 등) 개최 통한 과제 발굴
- 몇 개월간의 전문가 숙의와 다학제적 논의 수행 및 참여 기회 개방
- 민주적 방식과 소수 전문가 결정 방식 혼용

□ 국제 공동 연구 활성화 방안(안)

- 새로운 연구 주제 발굴과 혁신적 성과 창출을 위해서는 다양한 분야의 연구자들이 모여 소통할 수 있는 네트워크의 장을 마련할 필요가 있으며, 이를 위해 개방형 기술혁신과 첨단 과학기술의 대형화, 융·복합화에 따른 글로벌 차원의 대규모 협력과제 지원 필요
- 국제 공동연구를 기획 및 추진하여 다양한 분야의 연구자들이 소통할 수 있는 네트워크 마련
- 정기적 워크숍/포럼 참석, 국제 공동 심포지엄 기획 및 개최 등을 통한 네트워크 기반의 지식 공유 체계 구축
- 다양화 및 차별화된 국제협력 대상 발굴
- 해외 한인 연구자와 글로벌혁신센터(KIC)의 중개자 역할 강화
- 연구자 교환 등을 통한 인적교류 및 인재 양성
- 현재 진행 중인 대규모 Global Flagship 사업 참여 지원 강화
- 데이터 공유 및 관리를 위한 온라인 플랫폼 구축

□ 향후 장기적 운영을 위한 추가 고려사항

- AI 기반 발굴·지원 플랫폼 운영
 - 과학난제 발굴 및 해결과제 도출을 위해 Open science 체제하에서 다양한 지식의 참여를 바탕으로 지식 교환과 융합이 편리하고 쉽게 이루어지는 플랫폼 필요
 - 플랫폼의 운영은 과학난제 도전·극복형 사업 추진프로세스와 연계하여 사업비 규모에 따라 탄력적으로 플랫폼 기능 구성을 검토하며 AI기반 플랫폼은 추가적인 연구개발비를 투입하여 설치 운영
 - See-Think 방식의 과학난제 발굴 및 해결 지원 DB 제공
 - 기술별 동향 정보 DB 제공

I. 서 론

1. 추진 배경

□ 우리나라는 과학기술 발전을 통한 경제성장 및 국가경쟁력 강화를 목표로 R&D 투자를 지속적으로 확대하여 왔음

○ '17년도 우리나라 R&D 투자는 GDP 대비 세계 최고 수준(4.55%)이며 총량으로도 697억 달러로 미국, 중국, 일본, 독일에 이어 세계 5위를 차지하여 영국, 프랑스보다 높은 수준

※ '17년 우리나라의 인구1인당 연구개발비(1,355달러)는 미국보다 낮지만 주요국 중 높은 수준이며, 연구원 1인당 연구개발비(182천달러)는 미국, 독일, 일본, 프랑스 보다 낮음

○ 우리나라 총연구개발비 중 민간재원이 차지하는 비중은 76.2%, 이 중에서 기업체가 사용한 비중이 79.4%로, 우리나라 연구개발 활동은 주로 민간부문이 주도

※ 우리나라의 정부·공공재원 비중(22.5%)은 중국, 일본을 제외한 주요국에 비해 낮은 편임. 프랑스 38.3%('15년), 영국 33.9%('15년), 미국 32.5% ('16년), 독일 28.8%('16년)

□ R&D 투자의 확대에도 불구하고 우리나라 R&D 성과의 질적 수준에서는 선진국에 비해 절대열세인 상황

○ 피인용 상위논문 제1저자 국제비교('02~'12년)에서 상위 1% 논문은 1.2%, 상위 0.1% 논문은 0.7%, 상위 0.01% 논문은 0.9%에 불과

※ (상위 0.01% 논문 비율) 미국 53.7%, 영국 9.7%, 독일 4.3%, 일본 3.3%, 중국 2.8%, 스위스 1.8%, 스웨덴 1.1% (STEPI, 2017, 기초연구지원 확대의 쟁점과 과제)

○ 이는 실패를 두려워하지 않는 파괴적 혁신 보다는 안정적 달성 가능한 목표의 안정적 연구를 주로 수행하는데 기인

- 파괴적 혁신으로 이어질만한 대담함이나 참신성이 부족한 연구환경 및 연구시스템으로 인해, 목표 미달성 연구자는 실패연구자 낙인 및 패자부활전의 기회 차단

- R&D 현장의 대부분 관계자는 리스크를 두려워하는 분위기이며, 수조원이 투입된 프로젝트가 몇 년이 지나도 성과가 없다는 비난을 듣기 싫어함

※ '08~'17년 기간 과학기술분야 출연(연) 정부수탁과제는 31,465개로 성공률은 99.27%에 달함(국가과학기술연구회, 2018)

□ ICT 융합에 따른 4차 산업혁명 도래로 과학기술과 인문사회 등 다양한 분야의 초융합, 융합의 융합에 의한 과학기술혁신의 중요성이 증가

- AI, IoT, Cloud Computing, Big Data 등 새로운 과학기술의 등장으로 사물의 디지털 변환을 바탕으로 한 새로운 신산업이 창출되고 있음
- 기술개발을 통한 부가가치 창출 전략에서 도전적 타겟을 설정한 후 이를 위한 기술 확보 및 신산업 창출에 근간을 둔 새로운 전략으로 기술혁신전략이 변화
- 이를 위해 글로벌 탑 인재들이, 글로벌 탑 연구주제를, 글로벌 탑 시스템 하에서 도전적으로 수행하는 것이 필수적으로 요구됨
 - 대학은 기업이 생각 못하는, 전혀 새로운 패러다임의 한계돌파형 연구에 몰입
 - 출연(연)은 공공분야 세계 최고 원천기술과 시스템을 창출하는 한국형 공공기술의 메카 역할에 중점
 - 기업은 기존 시장의 편입이 아니라, 새로운 글로벌 시장을 창조하는 게임 체인저형 독창적 기술 확보에 주력
- 미래사회 변화, 시장 변화, 수요예측 등에 대응하고 수요자의 수용성 확대 등을 위해, 모든 분야가 초융합된 획기적·통합적 연구체제로 문제해결을 추진할 필요

□ 지금까지는 국가·사회의 과학기술에 대한 기대는 지식의 창출, 기술개발을 통한 경제성장의 주축 역할이었으나 최근에는 공공적·사회적 문제까지 과학기술의 발전으로 해결하는 것을 요구

- 건강하고 안전한 사회 구현, 지속가능한 성장, 환경 및 자연 보존, 우주로의 진출 등 국가·사회·지구·인류의 난제 및 현안을 과학기술로 해결하는 사회적 책임성을 강조하는 추세
- 정부와 민간(기업)의 역할을 분명히 하여 정부 R&D투자를 경제개발 목적이 아닌 기초연구 및 공공 목적의 연구에 중점을 두도록 투자방향을 전환할 필요가 있음
 - ※ 현재의 산업부문에 대한 직접지원은 민간의 기술혁신역량 강화를 위한 원천·기반기술 지원 등 간접지원으로 전환 필요

- 정부는 ‘제4차 과학기술기본계획(’18~’22년)’을 수립하여 미래비전 실현을 위한 과학기술정책방향으로 파괴적 혁신을 일으키는 R&D 투자, 신산업·일자리 창출 가속화, 삶의 질 향상과 인류문제 해결에의 기여 확대 등을 강조
 - 단기성과·목표중심에서 벗어나 장기성과와 파괴적 혁신을 일으키는 R&D 강화
 - ‘연구자 중심’의 정부 R&D 시스템을 구축하고 결과위주 평가에서 과정중심의 평가로 정부 R&D 평가정책을 전환
 - 융합과 협력의 미흡을 개선하여 주체간/분야간 융합과 협력을 활성화하고 도전과 성장이 활발히 일어나는 혁신 생태계를 조성
 - 차기 성장동력 부재를 극복하고, 새로운 성장동력 확보와 과학기술 일자리 창출 및 미래 일자리변화 대비 노력
 - 경제성장 중심에서 벗어나, 삶의 질 관련 국민체감 실질적인 성과 창출 및 인류난제해결에의 기여 확대

- ‘국가 R&D 혁신방안’(국가과학기술자문회의, ’18.7월)을 통해, 연구자 중심의 혁신형 연구지원 강화, 혁신주체 역량강화, 국민체감형 과학기술 성과 확산 등을 발표
 - R&D 프로세스 혁신과 고위험 혁신연구지원 강화, 산-학-연-지역 혁신주체 간 상호연계 및 협력 강화, 미래신산업 육성과 국민생활문제해결 R&D 강화 등
 - 도전성·혁신성·모험성 연구를 지원하는 시스템의 법적 기반 마련 및 체계화
 - ※ 세계은행 Science of Delivery를 응용하여 도전연구 정책실행의 효율성을 높이기 위한 체계화
 - 성실도전실패 용인제도(PRIDE, Precious Research, Innovative Development, Environment)의 국가연구개발사업 확대 적용 등 도전적 연구풍토 확산을 위한 제도 개선이 필요

2. 국내외 도전적 과학기술 R&D 현황

(1) 미국

□ 미국의 R&D체제 특징

- 미국은 우리나라의 과학기술정보통신부와 같은 과학기술 전담부처가 없는 다원적 체계로 각 R&D를 수행하는 연구주체별로 연구주체를 기획하고, 대통령 직속 위원회·기관* 등에서 국가 과학기술의 종합조정이 이루어지고 있음
 - ※ 국가과학기술위원회(NSTC), 과학기술정책국(OSTP), 대통령과학기술자문위원회(PCAST) 등
- 이에 따라 연방 부처 및 집행기관에서는 설립목적 및 비전에 맞게 비교적 독립적으로 연구개발 정책을 수립하고 특정과제 해결에 집중하고 있으며, 특히 ‘특정 과제해결 집중형(Mission-oriented)’ 연구분야 설정이 이루어짐
 - 대표적인 연구 및 기획·지원기관인 미국국립과학재단(NSF)과 국립보건원(NIH) 등은 외부 자문기구 및 다양한 주체들이 참여하는 협의체 운영으로 ‘미션’을 발굴

□ 미국의 주요 도전적 R&D 프로그램

- 문샷싱킹(Moonshot Thinking)*을 추구하는 ‘High Risk, High Payoff 연구’, ‘세상을 바꿀만한 첨단 혁신’ 등을 통해 도전적인 연구를 지속적으로 추진
 - * 10%의 개선보다는 10배~100배의 혁신을 추구하는 급진적인 연구와 업무방식
 - ‘Cancer Moonshot Initiative’로 암 정복을 위해 기존 의약·바이오 분야는 물론 IT·공학과도 초융합(Convergence of convergence) 연구 수행 중
 - 지난 60년 동안 과감한 R&D투자를 진행한 결과가 인터넷, GPS, 반도체, 컴퓨터마우스, 자율주행차, 스텔스 기술, 드론, 아이폰 시리, 구글맵 등
- 미국국립과학재단(NSF)의 ‘10대 빅아이디어 프로젝트(10 Big Ideas : Growing Convergence Research)’
 - (빅아이디어 개념 도입) 융합 도전과제 주제를 ‘빅아이디어’로 명명, △데이터 혁명의 활용 △인간-기술 간 협력적 업무 환경 △신 복극 탐사 △차세대 양자 혁명 선도 △생명의 규칙 이해 △다양한 천체물리학 측정장비의 시대 등 6건의 연구주제 도출*
 - * 나머지 4건은 △중규모 연구기반 시설 확충 △장기연구 프로그램으로서 NSF 2026 △과학·공학 분야 내 여성과 사회적 약자 계층의 참여 촉진 △NSF 내 융합연구 발전 방향 등 정책주제임

- (빅아이디어 개념 정의) △기존 과학기술 영역을 넘어서는 모험적 연구 △글로벌 환경에서 미국의 리더십과 경제적 경쟁력 및 안보 향상 유도 등의 특징을 지님 △다양한 주체들 간의 협업 필요 △미래사회를 주도할 수 있는 기술
- (특징) 총 10명이 참여하는 융합 워킹그룹을 구성, 융합특성의 정의와 적합한 평가기준을 마련한 후 동료에게 서한(DCL : Dear Colleague Letter)을 보내 융합 도전과제 제안서를 취합함으로써 기존의 '전문가그룹'의 기획에 연구자 집단지성을 더함

○ 미국국립보건원(NIH) 2019년도 중점 추진 연구 주제

- '주요 공공 보건의료 이슈해결', '건강과 질병의 새로운 이해 기초연구', '건강을 향상시키기 위한 임상연구', '미래 의생명과학 연구' 등

○ 미국국립표준연구원(NIST) 2019년도 중점 추진 연구 주제

- '미래 바이오경제 활성화', '사물 인터넷의 경제적 잠재력 구현', '인공지능 및 데이터 연구 향상 지원', '양자 계측을 통한 혁신' 등

○ 구글(알파벳)은 The Moonshot Factory 등 문샷 싱킹을 바탕으로 도전적이고 혁신적인 아이디어를 통해 신산업을 창출하는 새로운 연구 수행 중

- 똑똑한 해답을 만들어내는 브레인스토밍 대신에 인류의 문제점을 정확히 찾기 위해 어렵고 지루한 작업을 우선으로 하는 것을 추구한다는 철학
- 스마트 콘택트 렌즈, 인터넷서비스가 가능한 대형풍선기구, 드론 택배, 자율주행 무인운전 자동차 등의 프로젝트 진행

(2) 유럽(EU)

□ EU의 R&D체제 특징

- EU는 회원국별로 다양한 의사결정 방식을 활용하기 때문에 개별 국가의 융합 도전과제 기획 방식을 정의하기는 어려우나 프레임워크 프로그램(FP)처럼 EU차원의 대형 연구개발프로그램은 EU집행위원회의 연구개발총국(DG Research)이 관장함
 - 집행위원회가 의사결정 과정에서 실질적인 영향력을 행사, 대형 협력 과제의 경우 하향식(top-down)으로 진행됨
 - 그러나 다수국가의 참여라는 특성상 프로그램 기획과정이 2년 이상의 장기간에 걸쳐 이루어지며, 위원회는 다양한 분야 전문가집단으로부터 프로그램 기획 및 방향에 대한 논의과정을 통해 의견을 수렴함

□ 유럽의 주요 도전적 R&D 프로그램

○ EU의 Horizon 2020 사회적 과제(Societal Challenges)

- Europe 2020 정책 우선사항 반영과 유럽 내 공통적 사회 관심사 대처 대형 협력과제로서 △현 직면 사회문제 해결 △학문적 통섭을 통한 지식 축적 △기초 연구에서부터 상업화에 이르는 전반적인 과정과 혁신활동 등을 목적으로 6대 과제*를 추진 중
 - * △건강, 인구변화, 웰빙 △미래 식량안보를 위한 혁신, 바이오 경제 △안정적이고 깨끗한 에너지 △저탄소 고효율 수송 △기후변화, 자원효율 △안전한 사회

○ EU의 Horizon 2020 미래유망기술(FET, Future and Emerging Technologies)

- 3대 중점 추진사항의 한 가지인 과학적 탁월성에 속한 세부 구성프로그램으로 현재 연구자가 거의 없는 초기단계에서 아이디어를 제시하는 ‘오픈(Open)’, 새로운 유망테마 육성을 위한 ‘프로액티브(Proactive)’, 과학적 도전과제를 10년간 수행하는 ‘플래그십(Flagship)’ 등 3가지 형태로 진행
 - ※ 오픈형 연구는 인공근육, 광합성 유기체, MEMS 등이, 프로액티브형 연구에서는 양자공학, 고성능컴퓨팅 등의 과제가 진행 중이며, 플래그십 연구에서는 그래핀, 인간 뇌 프로젝트 등이 선정됨. 뇌 프로젝트에는 10년간 총11억9000만 유로(한화 약 1조5500억원)의 예산이 할당됨

- Horizon 2020 마지막 단계(2018~2020) 투자계획에서는 혁신적 아이디어 개발 장려를 위해 유럽혁신의회(EIC) 신설과 FET-Open이 EIC를 관리함. 또한 EIC의 모든 연구 지원은 상향식(Bottom-up)으로 변경, 지원 분야와 기술 범위의 제한을 최소화

○ EU의 Horizon Europe

- 전체 약 1,000억 유로(127조원)의 예산으로 Horizon 2020 대비 20% 증액되어, 지금까지 중 가장 규모가 큰 EU의 연구/혁신 지원 프로그램으로 추진 중
- 핵심영역 중 하나로 ‘세계적 도전과제(Global Challenger)’가 포함되어 있으며, △보건 △포용적/안전한 사회 △디지털/산업 △환경/에너지/이동 △식량/천연자원 등의 클러스터 구축과 공동연구센터(Joint Research Center)에 전체 예산의 절반에 가까운 총 529억 유로가 배정될 예정임

○ 영국 EPSRC(Engineering and Physical Sciences Research Council) 빅아이디어

- 다학제 간 협력이 필요한 연구와 관련 영역 및 타 영역까지 파급효과를 미칠 수 있는 연구를 발굴하고 우선순위를 설정하여 연구투자를 실행. 이를 위해 과학기술 커뮤니티로부터 도전적인 아이디어를 신청 받은 후 검증 과정을 거쳐 혁신적 연구를 추진함
 - ※ 기초 과학, 다학제 연구 이슈는 물론 산업 활성화 전략 등도 빅아이디어 범위에 포함
- 온라인 플랫폼을 구축하고 빅아이디어 의견 수렴 양식(EPSRC Big Ideas Form)을 플랫폼 내 구비하여 상향식(Bottom-Up)으로 빅아이디어 관련 의견을 수렴

(3) 일본

□ 도전적 연구개발(Moon Shot형 R&D) 추진

○ ImPACT 사업('13~'18년) 종료 이후 관계부처가 협력하여 독창적이고 야심찬 연구개발을 집중적·중점적으로 추진하는 'Moon Shot형 기술개발 연구제도'를 추진 중

* 혁신적 연구개발 추진 프로그램(ImPACT) : 범부처 차원에서 High Risk, High Impact 연구를 지원. PM이 막대한 권한과 책임을 가지고 사업의 기획, 추진, 관리를 총괄 (PM은 공모로 선정)

- 세계 각국이 인터넷, GPS, 게놈편집기술 등 산업·사회의 근본적인 혁신 연구성과를 창출 중인 상황을 직시

○ 파괴적 혁신 창출을 목표로 기존 기술 연장이 아닌 대담한 발상을 근거로 실패가 허용되는 대담한 도전이 가능한 혁신적 연구개발을 추진

- 일본에서 파괴적 혁신이 일어나기 어려웠던 원인 분석을 토대로 비연속적인 혁신을 창출하는 연구개발을 지속적이고 안정적으로 추진하는 방안 모색

○ 초혁신적 기술개발 독려를 위해 2019년부터 5년간 약 1000억엔 투자 결정

- 미국 국방고등연구계획국(DARPA)을 모델로 높은 목표를 내걸고 연구 추진

- 치료법이 개발될 때까지 치료 불가능 중증질환 환자의 동면기술, 태풍 진로 조작기술, 고인과의 VR 대화기술, 자연재해로 인한 사망자 없애기, 우주 엘리베이터 실현 등 초현실적 기술개발 독려

- △탄소에너지 사회로부터의 탈피 도전과제로서 태양광에너지 활용극대화를 위한 우주태양광 및 에너지 무선전송시스템 개발 △지구온도 낮추기 도전과제로서 이산화탄소 활용 기술 △혁신적 자원재활용 도전과제로서 슈퍼 미생물을 활용한 해양플라스틱 쓰레기 문제해결 기술 등이 추진되고 있음

○ (추진방법) 종합과학기술혁신회의(CSTI)를 중심 관계부처가 하나가 되어 추진

- 과학기술진흥기구와 신에너지·산업기술종합개발기구에 도전적 연구개발 기금 설치

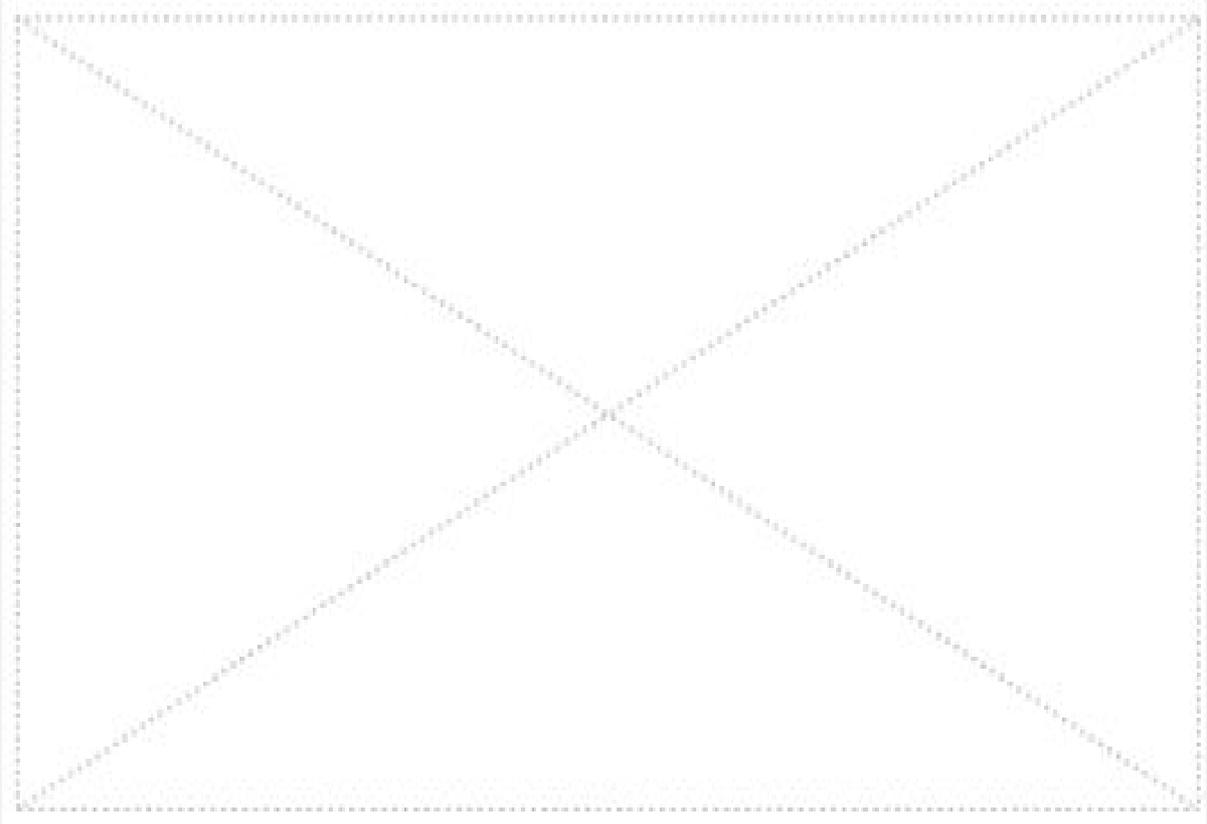
- CSTI는 외부 전문가 의견을 바탕으로 Moon Shot 목표를 결정하고 내각부는 문부과학성·경제산업성과 협력, 범부처 추진체제(관계부처조정회의) 구축

- 문부과학성·경제산업성은 관계부처와 협력, 도전적 연구개발 추진분야·영역 결정

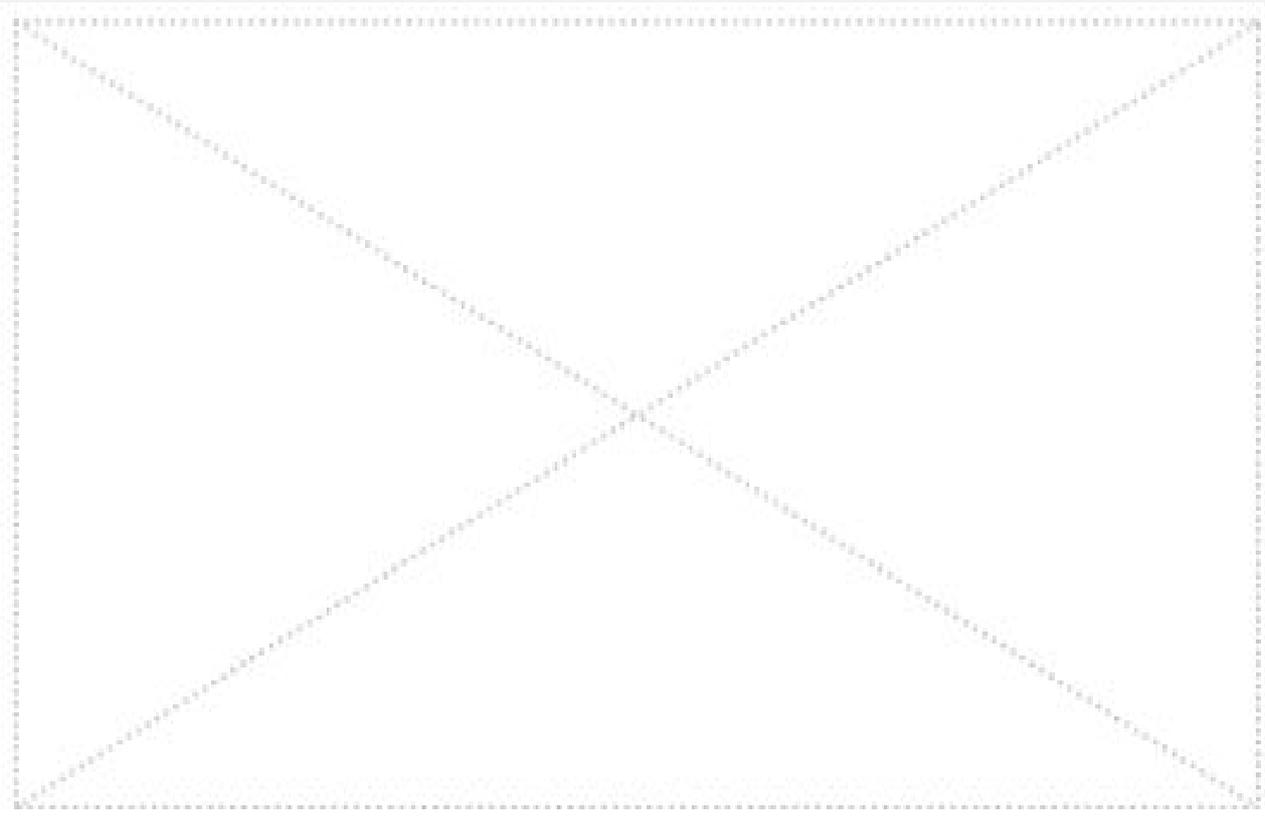
- 연구비 지원기관은 연구과제 지원, PM 임명, 평가, 조사·분석 등을 포함한 사업

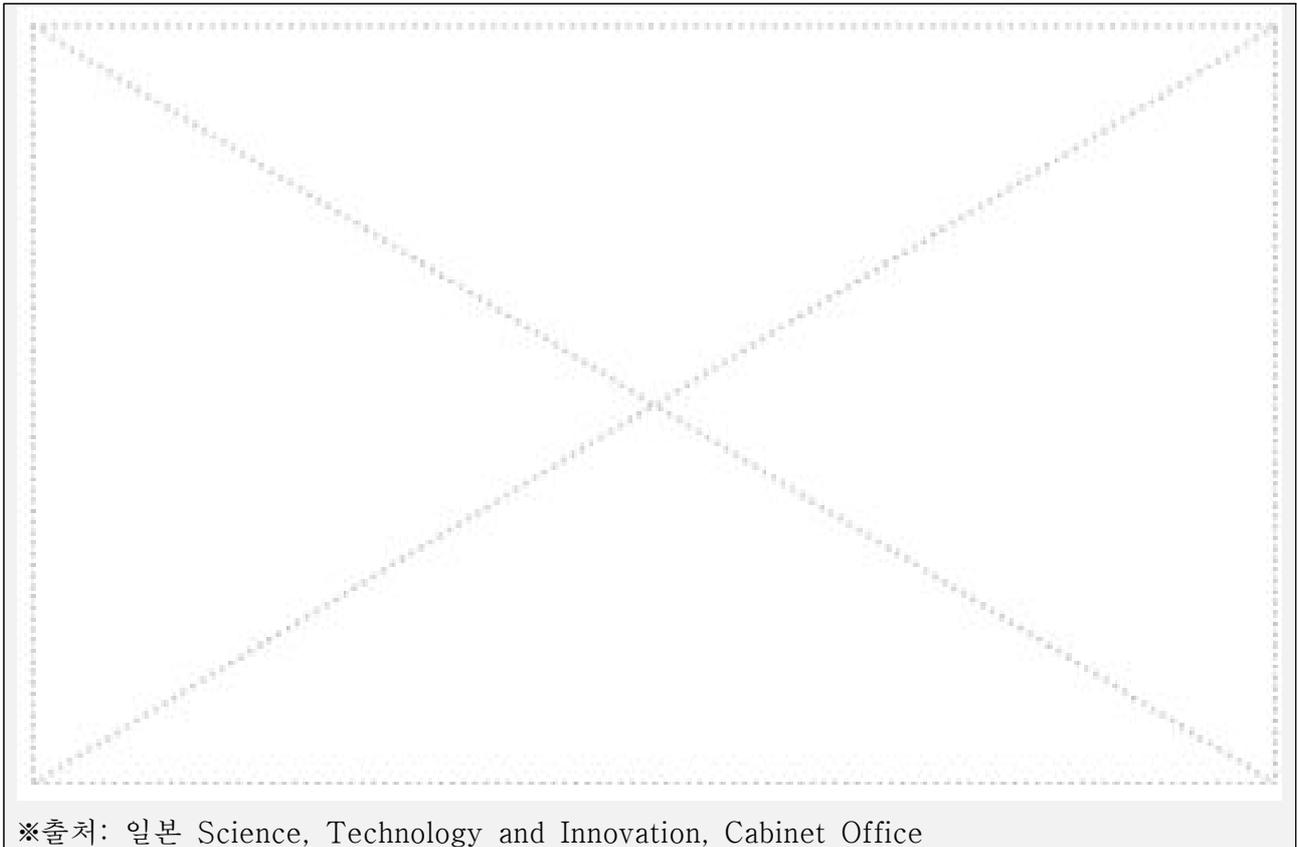
추진 및 관리체제 구축

[일본 Moonshot 프로그램의 아이디어 발굴]



[일본 Moonshot 프로그램의 운영시스템]





※출처: 일본 Science, Technology and Innovation, Cabinet Office

- 학문 분야·영역 간 연구 협력, 부처 간 협력이 필요한 연구를 최적으로 수행하기 위한 SIP(cross-ministerial Strategic Innovation Promotion program) 사업을 추진
 - SIP 사업은 일본의 첨단과학 경쟁력 강화 목적으로 추진되었으며 국가과학기술 혁신을 위한 엑셀러레이터(Innovation Accelerator) 역할 수행
 - (주요 세부과제) 에너지(혁신적 연소기술 등), 차세대 인프라(자동주행 시스템 등), 지역자원 활용(차세대 농림 및 수산업 등) 등
 - 세부과제 지원기간은 5년이며, 과제성격에 따라 20~60억엔의 사업비 지원
 - 과제별 추진위원회 구성으로 심도 있는 과제 추진방향과 연구추진 상황 검토
 - 과제별 연구책임자가 추진위원장을 겸하고 있어 과제를 주도적이고 자율적 운영 가능

(4) 중국

- 중국은 추격자에서 선도자 역할로의 변화를 위해 정부 주도의 목표 지향적인 R&D 기획·수행을 바탕으로 Moon Shot형 프로젝트를 여러 분야에서 대규모로 추진 중
 - 달 정착지(Moon village)를 개척하는 것과 더불어 세계 최초로 유인 화성 탐사선을 보내기 위한 프로젝트를 활발히 진행
 - 첨단 인공지능 연구에 수십억 달러를 투자 중이며 그 외 최대 규모 핵융합 에너지 프로젝트와 초대형 입자가속기 건설을 추진 중

- 제13차 과학기술 5개년 계획('16~'20년)에서 10대 중점추진 과학기술 연구개발 프로젝트로서 △양자 통신·컴퓨팅 △뇌 연구 △국가 사이버보안 △심우주 탐험 △석탄의 깨끗하고 효율적인 이용 △산업용·의료용·군사용 로봇 △유전자 과학의 응용 △빅데이터의 응용 △심해 실험 플랫폼 △신북극 관측소·신남극 기지 등을 발표
 - 중점 추진 과제를 통해 중국 역시 △미개척 △글로벌 리더십 △경제적 효과 등을 R&D의 목적으로 설정했음을 유추할 수 있음

- 중국과학재단(NSFC)에서는 기관 미션을 △연구자의 역량을 제고하고 △국제적 협력을 통해 △궁극적으로 사회·경제적 발전을 촉진하는 것으로 정의함

- 알리바바 그룹의 경우 DAMO(Academy of Discovery, Adventure, Momentum, and Outlook) 아카데미로 '이익창출, 재미있게 문제해결하는 미래 지향적 연구' 추진
 - 인공지능과 양자컴퓨팅 등 차세대 기술 개발에 3년 간 150억 달러(약 17조원) 투자

(5) 기타 해외사례

□ Global Grand Challenges Summit

- 미국공학한림원(NAE), 영국공학한림원(RAE), 중국공학한림원(CAE) 등 3개국 공학한림원은 2013년부터 격년으로 난제 발굴 컨퍼런스 개최 중
- 2019년 9월 16일~18일, 영국 런던에서 ‘예측불가능한 시대의 공학기술 (Engineering in an unpredictable world)’을 주제로 2019년 컨퍼런스 개최하여 5개 난제를 발굴함
 - 인공지능과 관련 혁신적 기술들이 보다 나은 인류로 바꾸는가?(Will AI and other transformational technologies change humanity for the better?)
 - 혁신 기술들: 새로운 혁신이 우리 세계를 어떻게 바꾸는가?(Transformational technology: How will new innovations revolutionise our world?)
 - 복원력의 향상: 공학이 어떻게 기후변화의 위험을 줄일 수 있을까?(Increasing resilience: How can engineering reduce the risks of climate change?)
 - 미래도시: 어떻게 100억 인구의 지속가능한 생활공간을 만들 수 있을까?(Future cities: How do we create sustainable living places for 10 billion people?)
 - 행복한 미래: 어떻게 건강한 100억 인구를 유지할 수 있을까?(Future wellbeing: How do we sustain a healthy population of 10 billion?)
- 3개국 공학한림원은 지속적으로 공학난제 발굴을 통해 공통의 화두를 찾고, 국제협력 방안을 논의 중임

(6) 국내 도전적 연구사업 현황 분석

□ 기초과학연구원(IBS) 연구단 사업

- IBS는 한국의 과학경쟁력을 획기적으로 높이기 위해 설립한 기초과학 분야 종합 연구소로서 '기초과학 연구로 인류 행복과 사회 발전에 공헌'을 비전으로 함
- (연구영역 및 개념) 기초과학 분야의 대형·집단·장기·모험 연구: 응용·개발 등에서, 학문적 우수성이 입증된 연구단장에게 연구분야 선정 및 계획·추진 등을 일임함. 단 △창의성(과학의 새로운 이론과 패러다임 정립연구) 및 과학적 우수성 △글로벌 연구거점 구축 △차세대 인재육성 △연구단 운영 등을 기준으로 평가함

□ X 프로젝트(과학혁명을 위한 도약형 기초연구)

- 인기분야 연구, 점증적·순차적 연구 형태를 벗어나, 도전적 인식(X-mind)을 기반으로, 미래를 대비하여 과감한 문제에 도전하는 Break-through형 기초연구
 - 역량단계별로 연구자 호기심 기반의 연구를 지원하는 기존방식을 벗어나, 도약형의 과감한 문제(소위 'X') 해결 중심의 사업 추진
- 분야별로 비약적인 성능향상 등 도전적인 목표가 잘 정의된 문제(X)를 발굴하고 이의 해결과제 지원
 - ※ 각 분야별로 도전적, 창조형 문제들을 발굴하고, 공청회 등을 통한 검증을 거쳐 대부분의 연구자들이 공감하는 문제를 선별
 - 문제해결 가능성이 향상되는 등 지원 타당성이 검증된 과제들만 연구비를 계속 지원하고, 나머지 과제는 과감히 지원 중단
 - ※ 문제해결 아이디어 구체화와 방법론 발견 등에 1-2년 우선 지원하고, 검증 과제들만 선별 계속 지원

□ 삼성 미래기술육성사업

- 삼성은 '13.8월부터 10년간 1조 5천억원을 출연*, 4대 기초과학 및 융·복합 분야(삼성미래기술육성재단), 소재기술 및 ICT(삼성전자 미래기술육성

센터) 등 3개 연구 분야의 미래기술 연구프로젝트를 지원하고 있음

※ 지난 5년 간 총 414개 과제를 선정, 5230억원의 연구비를 지원 중임

- △세계 유일 또는 세계 최고의 독창적인 프론티어 연구 △실패를 두려워하지 않고 과감히 도전하는 연구 △인문·사회·예술·공학·자연 과학 등 분야 간 경계 없는 창의적 융합 연구 등을 지향

○ (연구주제 설정) 기본적으로 자유공모를 통해 상향식으로 선정되나 매년 산업계와 학계 추천을 통해 국가적으로 필요한 미래기술 분야를 찾아 해당 분야의 연구를 선정·지원하는 ‘지정테마 과제공모’도 수행 중

- (과제선정 기준) 제안자의 업적보다는 아이디어를 중심으로 블라인드 심사를 진행하여 △창의성 △도전성 △학문적 성과(새로운 과학 현상의 발견, 과학 원리의 이론적·실험적 규명, 난제해결을 위한 새로운 접근방법 제안, 현상의 본질규명 등) △사회·경제적 파급효과 등이 높을 것으로 기대되는 기초-응용 복합 연구를 선정

□ 산업부 알키미스트 프로젝트

○ 고위험 고성과(High Risk High Return)을 추구하는 연구개발사업으로 아직까지 해결기술이 존재하지 않는 산업의 난제 영역에 도전하는 초고난도 과제를 지원함

○ 선정된 과제에 7년 간 300억원 안팎의 자금을 지원

- 2019년 3~4월, 대국민 수요조사를 통해 총 350여건의 아이디어를 접수, 분야별 산학연 전문가로 구성된 ‘그랜드챌린지 발굴위원회’가 약 3개월 간 논의하여 17개의 최종후보 선정
- △5분 내 충전하고 1회 충전 시 600km 이상을 주행하는 전기차 △미세먼지 저감 자동차 △100m를 7초에 주파하는 로봇 슈트 △고난도 작업수행 아바타(원격조정) 로봇 △고효율 투명 태양전지 △100% 재활용 가능한 친환경 태양광 모듈 등이 포함됨
- 5개 안팎의 최종과제를 선정, 토너먼트(경쟁형) 방식으로 2+5 지원. 2년간 진행되는 1단계 선행연구는 과제당 3배수 안팎의 연구기관에 소규모로 지원해 경쟁 유도, 2단계 본연구는 과제당 연간 50억원 수준으로 단일 연구기관에 지원

(7) 국내·외 도전적 연구사업 분석의 시사점

□ 사례분석 종합

사업명	사업수행의 특징	벤치마킹의 가능성 및 한계
(미국) 10대 빅아이디어 프로젝트	<ul style="list-style-type: none"> -전문가그룹의 집단지성을 활용한 공통의 연구영역 설정 후 다수의 융합과제 발굴 -화학혁신센터(CCI) 등 <u>다른 대형 집단연구프로그램의 주제도 해당 빅아이디어와의 연계 유도</u> 	<ul style="list-style-type: none"> -(가능성)동료서한(DCL) 등 <u>집단지성 활용의 모델로서 벤치마킹 가능</u> -(한계)연구비 투자규모 및 수행체계, 연구문화 등이 국내와 상이하여 연구주제와 수행방식에서는 현지화 필요
(유럽) Horizon 사업/영국 EPSRC의 빅아이디어	<ul style="list-style-type: none"> -Horizon 2020에서 Europe으로 넘어오며 연구목적 및 주제에 있어 <u>글로벌 사회문제 해결을 보다 강조하는 추세임</u> -집단지성보다는 상부 위원회의 결정과 개인의 자율성이 조화된 형태로 연구과제의 기획 및 선정이 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> -(가능성)EPSRC의 빅아이디어는 온라인플랫폼을 적극적으로 활용하고 있으며 접수된 <u>개인의 아이디어에 대한 실행방안 자문</u>의 성격이 있음. 또한 기존에 없던 아이디어에 대한 토론식 선정평가방식의 도입을 시도함
(일본) Moonshot 프로그램 추진	<ul style="list-style-type: none"> -연구자들의 다양한 아이디어를 바탕으로 전문가집단이 연구영역을 발굴하고, 전략 수립 과정도 일부 개방하여 진행 -기존 연구주제와 달리 일반 국민들이 상상해 온 초현실적 연구주제, <u>연구결과의 가치를 보다 중시함</u> 	<ul style="list-style-type: none"> -(가능성)연구주제의 선정과 아이디어 발굴 방식은 새롭게 도입하되 연구수행 체계는 기존 모델을 준용하여 프로그램을 운영함 -(한계)일본은 PM 등 전문가집단의 권한과 책임이 크고, 차세대리더의 발굴을 중시하여 국내 연구문화와 차이가 있음
(국내) X-Project	<ul style="list-style-type: none"> -<u>일반국민이 제안한 주제</u>를 연구자들이 해결하는 것으로, 연구 필요성, 참신성이 인정되는 문제를 선별해 공모하고, 연구단을 찾아서 중간점검 후 후속지원 여부 결정하여 수행 	<ul style="list-style-type: none"> -(한계)일반국민이 연구주제를 제안함에 따라 전문성이 부족하고 단기연구(최대 2년)로 제한됨
(국내) 삼성미래기술육성사업	<ul style="list-style-type: none"> -독창적 프론티어 연구, 과감한 도전을 기반으로 창의적 연구주제를 주로 개인이 수행 -과제선정을 위해 다수 권위자가 1박2일 합숙평가, 과제당 1시간 이상의 심층평가 등 집중평가(절대)를 수행하며, 해외심사위원도 참여 	<ul style="list-style-type: none"> -(가능성)민간재원의 연구지원 프로그램으로서 <u>과제선정에서 절차적 공정성보다 심사의 전문성을 강조하여 우수한 아이디어를 선별함</u>. 해당 아이디어 활용을 검토해볼 수 있음 -(한계)개인연구자의 아이디어와 역량에 의존한 연구임

<p>(국내) IBS</p>	<p>-기초과학 분야의 뛰어난 연구역량(업적)에 근거하여 연구단장을 선정하고, 연구단장이 하고 싶은 주제에 대해 파격적·장기적 연구비 지원</p>	<p>-(한계)연구단장에게 연구분야 선정 및 계획·추진 등이 일임되어 있으며, 연구주제의 창의성에 대한 선정절차가 없음</p>
<p>(국내) 알키미스트</p>	<p>-경제혁신 창출을 위해 실패 가능성이 높으나 산업적 파급력이 큰 산업난제 영역 연구에 도전하는 사업 추진 -도전과제만 발표하고 아이디어 (접근방법)는 연구자들이 제안 -경쟁형 프로세스 도입</p>	<p>-(가능성)5대 산업분야에서 명확한 기술적 해결과제를 제시하고, 과감히 연구비를 투자함으로써 연구자들의 관심 및 흥미 유발에 성공함 -(한계)여러 분야의 융합연구가 강조되기 보다는 해당기관에서 기업으로의 기술상용화에 초점을 맞추므로써 과학적 도전과제와는 차이가 있으며 인류공영을 목적으로 한 과학난제의 지원이 필요함</p>

□ 시사점

○ 글로벌 사회문제 해결, 국민들의 수요를 반영한 도전과제 선정 필요

- 미국, 유럽, 일본 등의 도전적 연구에서는 주제 발굴 시 일반 국민들이 불편을 겪고 있는 문제, 현재 및 가까운 미래에 심각한 글로벌 사회문제로 떠오를 주제에 대해 강조하는 추세가 두드러짐
- 또한 국내 연구시스템에서도 기초과학분야의 학문적 난제 해결은 개인연구를 중심으로 도전이 이루어지고 있으므로, 집단·융합연구에서는 보다 사회적 문제해결을 중시할 필요가 있음

○ 연구주제의 설정과 해결을 위한 접근방법의 설정 시 개인연구자 중심에서 연구자 커뮤니티의 집단지성을 활용하는 방식으로 전환이 필요함

- 기존 국내의 도전적 연구사업은 개인연구자 및 연구역량(업적)에 근거하여 진행됨에 따라 아이디어의 도출에 한계가 있음
- 개인연구자 중심이 아닌 다양한 분야의 도전적·모험적 연구자들 참여로, 생각지도 못한 과학난제 주제-연구자가 도출되어 지금까지 상상하지 못한 초융합 난제해결 연구가 이루어질 수 있도록 지원이 필요함
- 분야별 최고 석학 및 연구자(전문가)의 아이디어를 반영하는 난제발굴 오픈플

랫폼을 지속적으로 상시적으로 운영해야 함

○ 이해하기 쉽고 폭넓은 공감대 형성이 가능한 도전과제 설정 필요

- X-Project와 알키미스트가 과제의 성공 여부와 상관없이 과학기술계를 넘어 많은 계층에서 인지도와 관심을 받은 것은 누구나 이해하기 쉬운 형태로 연구주제를 발굴하고 제시한 것에서 기인함
- 초기 과학난제 도전사업의 추진 시 이를 반영하여 많은 사람들의 참여를 이끌어내는 것이 중요함

○ 가치 있는 연구결과를 도출할 수 있는 적절한 연구기간 및 지원규모의 도출 필요

- X-Project의 경우 도전해야 할 과제의 난이도에 비해 연구기간 및 연구비가 적절히 설정되지 않음에 따라 초기 관심도에 비해 과제의 성과가 낮음
- 다양한 학문 분야 연구자들이 참여하는 연구비 규모이며, 해당 도전과제의 해결 가능성 및 학문적·산업적 잠재적 가치를 충분히 도출할 수 있는 연구기간을 설정하는 것이 필요함

3. 과학난제 도전·극복형 사업의 필요성

□ 새로운 과학기술 난제 도전형 R&D 프로그램으로 ‘리스크 회피 문화’ 극복 필요

○ 우리나라의 R&D투자의 최대 장애물은 낮은 생산성이며, ‘98%에 달하는 R&D 과제 성공률에도 R&D성파가 낮다’는 평가로부터 탈피할 필요

- R&D과제 성공률을 의식하지 말고 ‘이제는 Fail to Fail 연구를 해야 한다’는 연구문화 확산이 필요

※ 한국 정부는 수조 원을 들인 프로젝트가 몇 년이 지나도 성과를 내지 못하고 있다는 비난을 듣기 두려워하고, 한국에서는 우수한 논문을 쓰는 게 교수가 성공하는 길이라는 비판 제기됨(Robert Atkinson 미국 정보기술혁신재단(ITIF) 회장, 2018.12, 매일경제)

□ 기존 기술의 연장이 아닌 대담한 발상에 근거한 도전적 연구개발(Moon Shot형 R&D) 추진으로 파괴적 혁신을 창출할 필요

○ 세계 주요국의 경우 파괴적 혁신 창출을 위해 지금까지 상상할 수 없었던 야심적인 Initiative나 난제해결 연구 등 High Risk, High Impact한 도전적 연구개발을 강력하게 추진

- 이를 통해 인터넷, GPS, 게놈편집기술 등 산업·사회의 기본방향을 근본적으로 바꾸는 연구성과를 창출

○ 과거 우리나라 과학기술 역사에서도 난제 도전형(Moon shot형) 혁신 DNA가 많았으나 과학기술 연구개발에 대한 지나친 목표달성 중심의 평가체계와 실패에 대한 두려움 등으로 혁신성을 상실

※ 조선 세종대왕 시대에 25년 간 천문역법을 연구하여 칠정산외편의 편찬으로 정확한 월식과 일식을 예측(당시 독자적으로 일식을 예측할 수 있는 곳은 아랍, 중국 정도)하였으나 선조에 이르러서는 오차가 30분 이상으로 늘어났음

○ 저출산 및 고령화 진전, 대규모 자연재해, 지구온난화 등 오늘날의 많은 난제 해결을 위해 과학기술이 과감하게 도전하여 미래사회를 개척해 나가는 것이 필요

□ 연구자 참여를 통한 국가 R&D 사업기획의 전문성 강화 중요

○ 선도·창의형(First Mover) R&D 시스템과 연구문화를 위해서는 연구자들이

과제기획 단계부터 참여하는 것이 중요함

- 우리나라는 지난 50년간 제한된 예산을 효율적으로 활용하기 위한 전략적 선택으로 선진국을 빠르게 따라잡는 ‘추격·모방형(Fast Follower)의 과학’을 수행함
- 이러한 R&D 시스템은 산업 발전과 경제 성장에 크게 기여했으나, 정부가 전문가들과 R&D 사업을 기획하는 과정에서 사업목표 달성을 위해 연구주제나 기술을 특정함에 따라 자율적이고 도전적인 연구가 촉진되기는 어렵다는 한계에 봉착
- 최근 우리나라도 상당 수준의 과학기술 경쟁력을 보유함에 따라, 각 연구기관 또는 연구책임자가 스스로 연구기획 기능을 갖추고, 기존에 없는 것을 새롭게 만들 수 있는 ‘선도·창의형(First Mover)’ R&D 시스템으로 전환해야 한다는 의견이 대두
- 급속도로 변화되어 가는 글로벌 기술 및 시장 환경에 효과적으로 대응하고 혁신적인 연구성과를 창출하기 위해서는 R&D 전략수립의 출발점이자 자원의 효과적 배분을 결정하는 기획단계에서부터 R&D 현장 연구자들의 참여가 필요함

□ 글로벌 혁신환경 변화에의 대응을 위한 초융합·협업 연구과제 발굴 필요성 증대

- 4차 산업혁명으로 인해 글로벌 R&D 환경변화에 대응하여 기초·원천 연구역시 연구자 간 교류·협력·공동 연구를 통해 혁신적인 신개념, 신분야를 창출해야 함
 - 기술적 혁신을 가져오는 주요 연구 성과는 연구자 간 협업을 통한 집단연구에서도 출되는 경우가 많으므로 국가 R&D경쟁력 향상을 위해 융합연구 활성화가 필요
 - 또한 오랫동안 풀리지 못했던 과학적 난제가 공동연구를 통해 풀리기도 하고, 많은 혁신적인 성과들이 융합연구를 통해 해결됨에 따라 연구개발 분야에서 다학제적 논의는 필수사항이 됨
- 첨단과학의 대형화·융복합화에 따라 집단연구의 중요성이 증대하는 추세
 - 최근 과학기술분야에서 공동논문의 비중 및 저자 수는 지속적으로 증가하고, 주요국의 전체 논문 중 국제협력논문 비중은 빠르게 증가하는 추세

※ 국제 저널의 35% 이상은 타국 연구자와의 공동 작업으로 출간(2011, 영국왕립학회)

※ 주요국의 논문 중 국제협력논문의 비중은 2010년 기준 미국 42.9%, 독일 54%, 영국 53%, 일본 28%, 중국 27% 등임(2013, 국가연구개발체제 혁신방안 연구, KISTEP)

- 한국의 협력논문 역시 '00년 77.3%에서 '10년 83.2%로 증가했으며, 해외기관 연구자와 함께 저술한 국제협력논문은 27.5%(국가연구개발체제 혁신방안 연구, '13년, KISTEP)

□ 우리나라가 개척하고 주도하는 새로운 과학기술 R&D 분야나 주제의 발굴은 국가 과학기술 위상 강화에도 큰 영향을 미칠 수 있음

- 2000년대 이후 노벨과학상 공동수상 비율이 90%를 상회하고 있으나 우리나라가 개척하고 주도하는 새로운 분야는 많지 않음
- 국제학술지인 네이처(Nature)지의 '국제협력 연구에 대한 정부의 R&D 투자와 개방성, 과학적 영향력의 상관관계' 분석 기사('17.10월)에 따르면, 해외 연구자에 대해 개방적 국가일수록 연구 성과의 과학적 영향력이 높다고 분석

※ Open countries have strong science (by Wagner and Jonkers), 해당 기사에서 한국은 GDP 대비 높은 R&D 투자액에도 불구하고 일반적인 인식과 달리 낮은 개방성과 과학적 영향력 지수를 보여줌

□ 연구자 주도 개방적 기획·운영과정 도입을 위한 '도전적 과학난제'의 개념 합의 필요

- 선진국형 R&D생태계를 만들고, 퍼스트 무버가 되기 위해선 다양한 분야의 연구자들이 집단지성을 바탕으로 R&D과제의 직접 기획, 자발적 교류·협력이 전제
- 이를 위해선 '우리가 함께 도전해야 할 과제가 무엇인지(What)'와 그 과제를 '어떠한 과정을 통해 도출할 것인지(How to Search)', 나아가 '어떻게 해야 효과적인 연구개발인지(How to Research)'에 대한 공감대 형성이 선행되어야 함
 - 연구자들이 발굴하고 도전할 과제는 학문의 경계에서 벗어나 과학기술계는 물론이고 인문·사회까지 다양한 분야가 참여할 수 있어야 하며, 그 결과물이 국가사회는 물론 인류 공영에 기여할 수 있어야 함
 - 또한 그 과정은 관련 전문가들의 공동참여를 통해 집단적 지혜를 발휘할 수 있

고, 연구자들의 참여(commitment)와 합의(consensus) 도출을 이끌어냄으로써 실행 시 시너지 효과를 거둘 수 있는 ‘숙의적(deliberation) 의사결정*’이어야 함

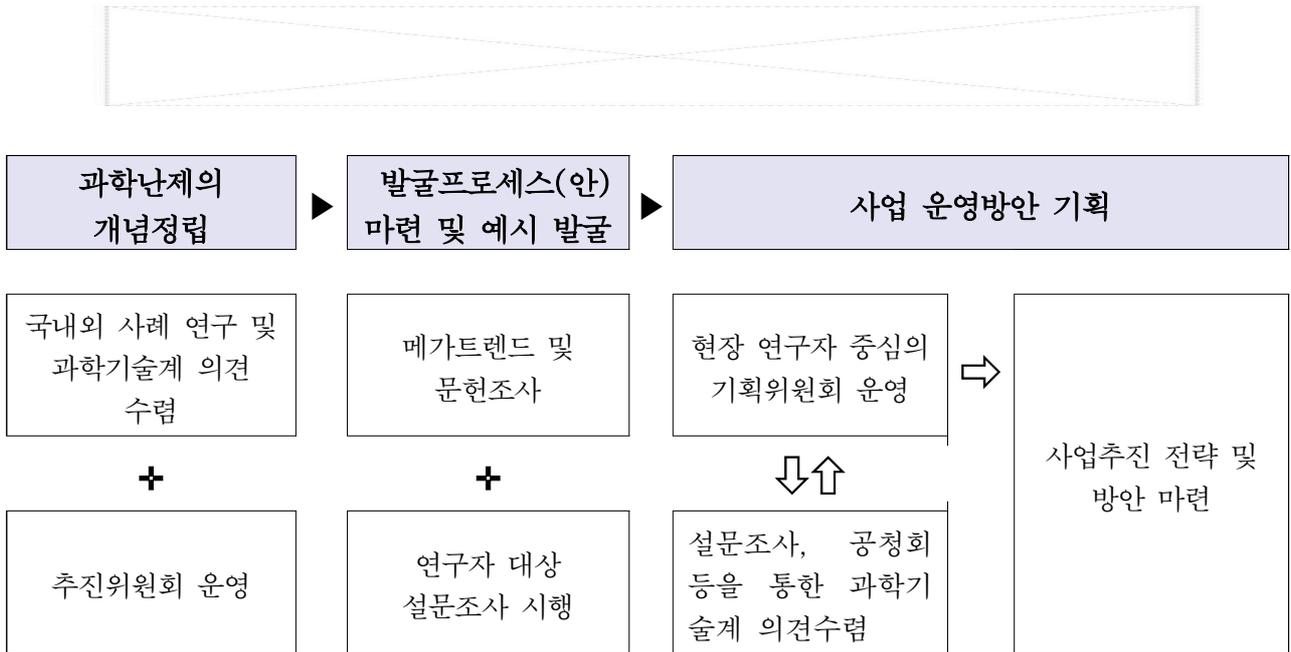
* 관련자들이 △자율적으로 참여해 △깊이 생각하고 △토론하는 과정을 거치며 새로운 통찰력과 방향을 도출할 수 있는 상향식 토론 방식으로서 21세기 초부터 각종 의사결정과 정책 수립에 빠르게 확산되고 있음

< 시사점 >

- ◇ 미국, 일본, EU 등의 선진 각국은 초도전적인 Moon Shot형의 R&D 프로그램을 추진하여 세상을 바꾸고 인간생활의 패러다임을 전환시키는 프로그램 수행
 - 10%의 개선보다는 10배, 100배의 새로운 성과에 도전
 - 새로운 발상, 새로운 시도의 Only One, First One 형의 연구프로그램의 추진
- ◇ 국가 R&D투자의 질적 성과 확대를 위해서는 성공가능성이 높은 연구보다 도전적 연구를 추구(Fail to Fail 연구)하는 연구풍토 착근이 중요
 - 도전성·혁신성·모험성 연구를 지원하는 시스템 여건 마련 및 체계화
 - 국가연구개발사업에 성실실패 (PRIDE) 제도 정착 및 확대
- ◇ 4차 산업혁명의 흐름속에서 선도형 국가R&D 시스템 틀 확립을 위해서는 모든 분야가 초융합된 획기적·통합적 연구체제로 문제해결 중심의 R&D를 추진할 필요
 - 다양한 관점, 창의적 발상, 고도의 판단력 등 새로운 방식으로 종합적인 해답 도출
 - ‘Moonshot Thinking & Act’을 이끌어낼 수 있는 난제도전·문제해결형 R&D 추진
 - 미래 경쟁 치열 분야·주제 및 한계붕착 난제에 대한 기상천외한 혁신적인 접근
 - 우리나라의 강점자산을 활용한 독창적 방식의 문제해결형 R&D방식 도입
- ◇ 난제를 과학기술로 도전하고 극복하는 선제적 대응의 연구체제 확립 필요
 - 다양한 분야의 전문가들이 협업하고 다학제적 연구를 수행하는 시스템
 - 글로벌 인재들이, 글로벌 탐 연구를 수행할 수 있는 글로벌 탐 연구체제
 - 해외 우수인재들이 상호 교류하고 국제적으로 협력하는 국제공동연구체제
 - 국내·외 전문가 중심의 연구과제 선정·평가·관리체제

4. 연구 내용 및 수행방법

“연구자 주도로 과학난제를 발굴하고 과학기술로 도전하고 극복하는 선제적 대응의 연구체제”를 어떻게 확립할 것인가?



연구수행 흐름도

□ 국내외 융합연구 현황 분석 및 대응방안 모색

○ 국내외 도전적 융합연구 관련 정책 및 연구개발 동향

- (해외 정책) NSF 10대 빅아이디어, EU 미래유망기술 등 해외 주요국을 중심으로 그간 융합연구 정책 동향을 파악
- (해외 연구개발동향) 융합연구의 성공가능성 확보를 위해 연구모델 수립, 연구방법 등 연구자 간 숙의를 할 수 있도록 충분한 시간 및 기회 부여
- (국내) 기초과학연구원(IBS) 연구단 사업, 삼성 미래기술육성사업 등 정부 및 민간 대표사례 분석을 통해 국내 융합연구 정책 및 사업동향 파악

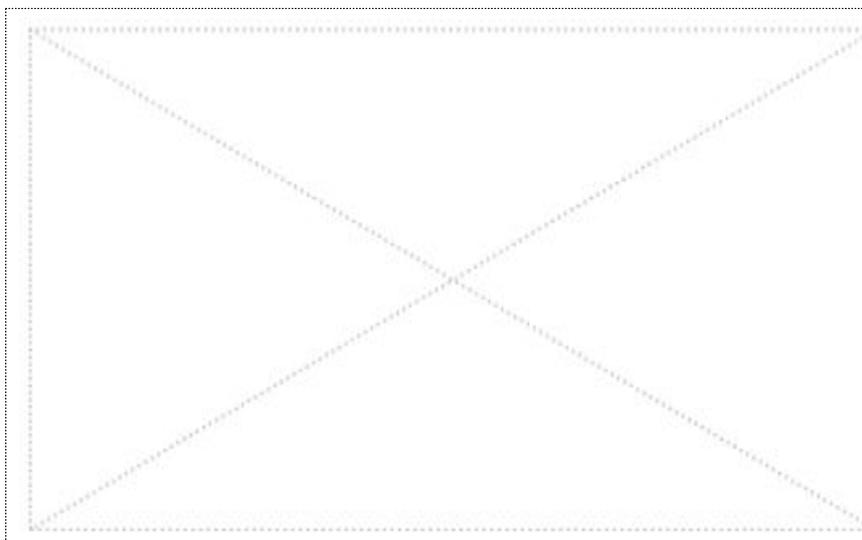
○ 국내외 석학, 대형과제 책임자 등을 대상으로 인터뷰, 자문 등을 통해 국내외 연구경쟁력, 연구협업역량, 대내외 환경변화 등을 분석

- 도전적 융합 연구를 수행하였던 연구 인력을 대상으로 설문조사를 실시하고, 연구 수행 시 애로사항이나, 정책·제도적 개선방향을 도출함

□ 과학난제 극복을 위한 도전적 융합연구 활성화 추진전략

- 사업의 기본 철학을 정립하기 위해 과학난제 극복을 위한 도전적 융합연구의 기본개념에 대해 전문가 토론을 통해 도출
 - 융합도전과제의 전체적인 개념 정립 후에는 다양한 융합연구 특성에 맞도록 연구방법론, 해결해야 할 문제유형 등에 따라 유형화하고 이에 맞는 세부 개념 및 분야별 특화된 세부 전략을 수립
- 개념에 대한 정의를 구체화하기 위해 과학난제 예시 발굴
- 과학기술계와 인문사회 각 분야 석학 및 젊은 연구자로 구성된 추진위원회 (Working Group)와 기획위원회 구성 및 전문성 바탕의 기획력 제고
- 전문성 외에 온라인 플랫폼을 바탕으로 다양한 분야 전문가와 각계각층과의 활발한 소통의 과정을 통해 후보군 선정을 위한 폭넓은 숙의과정 수행
 - (온라인 플랫폼) 기획연구에서는 설문조사를 통해 과학난제에 대한 의견, 추가 아이디어 접수, 추진방안에 대한 의견수렴 등을 진행해 숙의 강화
 - 추진위원회를 통해 수집된 난제 후보군에 대한 우선순위를 결정

《중점 지원분야 선정과정, 예시》



추진위원회 구성

성 명	소속	전공 및 연구분야	비 고
이석한	성균관대	전기공학	위원장
정선양	건국대	기술경영, 정책학	
김도한	서울대	수학	
이창희	한양대	금속공학	
윤정한	한림대	영양학	
정진호	서울대	예방약학(독성학)	
박용호	서울대	수의미생물학	
이기명	고등과학원	물리학	
최승복	인하대	기계공학	
한용만	KAIST	동물발생 및 분화	
오유경	서울대	물리약학	
정종경	서울대	유전공학	
김수영	중앙대	신소재공학	
김진성	연세대	의학물리	
이정은	서울대	영양학	
김주선	KIST	재료공학	
양현미	서울대	수학	
문영호	UST KISTI	건설환경/정보과학	
이주진	한국항공우주연구원	기계공학	
박소라	인하대	생리학	
박용운	국방과학연구소	기계공학	
안진웅	DGIST	뇌공학	
연경남	한국과학창의재단	농생물학	

- 한정된 자원(예산, 연구인력, 기간)을 활용하여 연구 성과를 극대화하기 위해 우선지원 분야, 추진일정, 예산 등을 포함한 핵심 기술개발 전략 마련
 - 연구자 커뮤니티를 중심으로 다양한 연구 아이디어를 취합하고, 사업의 철학, 기본개념, 중요도 등을 숙의적 과정을 통해 핵심 도전적 융합연구 과제 도출

* 글로벌 과학 난제를 해결함으로써 미래의 인류 공영에 기여할 수 있는 융합연구 과제를 도출하기 위하여 해결해야 할 문제를 중심으로 구체적인 아이디어 도출

□ 도전적 융합연구 체계적 추진을 위한 운영체계 정립

○ 도전적 융합연구를 체계적으로 추진하기 위해 발굴-기획-운영관리, 평가 등 사업 전반의 운영 전략 마련

- (발굴 및 기획) 다양한 분야 전문가가 참여하는 연구자 커뮤니티를 바탕으로 연구 아이디어 발굴 및 상세 기획은 연구 책임자의 자율적 기획체계 도입

* 지속적 과제발굴 시스템 구축(안)(예: 상설 발굴단 발족 등) 마련

- (운영관리) 연구책임자 권한 확대, 연구방법의 유연성 보장 등을 적용하여 탄력적 운영관리 체계 마련

- (연구수행) 가상 협업체계 구축 및 국제 공동연구 활성화 방안* 수립

- (선정 및 결과 평가) 선정평가에는 연구자 역량보다는 아이디어 중심의 토론식 평가 등을 적용하고, 결과평가에는 정성적 평가 및 성실실패 용인, 중간 일몰제*, 전문 평가팀 운영 등의 도전적 융합연구 특성에 맞는 평가방식 준용

* 타 연구팀에 의해 과학 난제가 해결되었거나 동일 연구 분야에서 노벨상을 수상한 경우와 같이 도전적 융합연구 수행의 실익이 더 이상 존재하지 않을 경우 수행하는 연구를 효율적으로 종료시키고 해당 예산은 타 사업에 배분하는 중간 일몰제 도입 검토

○ 심사위원단 관리, 지속적 융합과제 발굴 및 후보군 관리 등 성공적 사업의 수행을 위한 지원체계 설계

- 지속적 융합과제 후보군 발굴 및 유연하고 도전적 사업관리를 위한 새로운 방식의 지원체계 설계 필요

기획(집필)위원회 구성

성명	소속	전공 및 연구분야	비고
성창모	고려대	기후 에너지환경정책과 SDGs	위원장
문영호	UST/KISTI	빅데이터, IT	부위원장
유욱준	KAIST	형질전환 동물 개발 연구	연구책임자
고재원	DGIST	뇌인지과학	
김수영	중앙대	화학신소재	
남좌민	서울대	나노바이오기술	
손기훈	POSTECH	생명과학	
김성용	한국지질자원연구원	광물광상학/기술정책연구	
김주선	KIST	재료공학	
김형준	KIST	반도체	
노석현	광개토연구소(변리사)	해외 특허 출원 전략	
박소라	인하대	줄기세포/재생의료	
설민	재생의료전략연구소	-	
신찬영	건국대	자폐 치료제	
안진웅	DGIST	AI, 뇌공학	
연경남	한국과학창의재단	농생물학	
이인우	한국과학창의재단	싸이테이먼트 개발지원	
이혜숙	이화여대	수학	
정경운	KIST	금속유기구조체 소재	
조순로	한국연구재단	농업교육학	
황정훈	전자부품연구원	로봇 연구 기획, 로봇 설계	
허광래	충남대	생물과학/의약유전체	

Ⅱ. 과학난제의 개념과 특징

1. 개념 정립의 과정

- 모든 연구개발은 크고 작은 ‘난제’를 내포하고 있으며 여러 가지 의미로 해석될 수 있으므로, 국가연구개발과제로서 ‘과학난제’의 개념을 정의하고 사업의 특징을 정립하는 것이 필요함

(1) 해외의 과학난제 관련 개념 정의 현황

- 한국과학기술한림원은 미국, 독일 등 주요국 한림원 원장에게 서신을 통해 추진 중인 사업의 특징을 설명하고, 각국에서 진행한 유사한 ‘과학난제’의 사례를 추천 받아 다음과 같이 해외에서 정의한 과학난제의 개념을 정리함

□ 미국공학한림원(NAE)의 ‘21세기 14대 공학난제’

- 미국공학한림원(NAE)은 '08년 전 세계의 다양한 전문가*로 구성된 위원회가 작성한 인류의 삶을 향상시킬 수 있는 ‘21세기 14대 공학난제’를 발표하여 △지속가능성(Sustainability) △건강(Health) △보안(Security) △삶의 즐거움(Joy of Living) 등 4가지 특징을 도출하였음

* William Perry(위원회 위원장, 前 스탠포드대 교수), Mario Molina(노벨상수상자, 캘리포니아대 교수), Larry Page(구글 창립자) 등 18명으로 구성. 위원회는 1년 동안 대화식 웹사이트를 통해 난제목록을 토의하고 일반 대중뿐 아니라 저명한 공학자와 과학자의 의견을 수렴하여 공학난제를 도출함

- NAE에서 최종 선정한 공학난제를 살펴보면, △인류사회 문제 해결과 삶의 질 향상을 난제의 가장 중요한 가치로 꼽았으며, △기존에는 해결이 불가능했으나 새로운 신기술에 따라 도전이 가능한 주제들(핵융합, 뇌 역공학, 의료정보학 등)을 반영하고 있음

< NAE 21세기 14가지 공학난제 >

구 분	과 제
Promoting sustainability (지속가능성)	1. 경제성 있는 태양에너지 실용화
	2. 탄소 격리
	3. 핵융합을 통한 에너지 공급
	4. 깨끗한 물 확보
	5. 질소 순환 관리
	6. 도시 기반시설의 재건 및 개선
	7. 과학연구를 위한 도구 개발
Advancing health (건강증진)	8. 개인맞춤형 신약 개발
	9. 의료 정보학
	10. 인간의 뇌에 대한 역공학(Reverse-Engineering)
Increasing joy of living (행복한 삶)	11. 개인맞춤형 학습 프로그램
	12. 가상현실 활용
Reducing vulnerability to risk (위험감소)	13. 핵무기 테러 예방
	14. 사이버공간의 보안

□ UN 과학자문위원회 ‘세계 도전 과제’

○ ‘14년 UN 과학자문위원회는 ‘인류와 지구의 미래에 대한 가장 큰 도전과제는 무엇인가’에 대해 파악하기 위하여 Delphi Method*를 통해 대표적인 난제도전형 사업의 예시로 꼽히는 **세계도전과제(Global Challenges)****를 선정하였음.

* Delphi Method: 미래를 예측하는 질적 예측 방법, 적절한 해답이 알려져 있지 않거나 일정한 합의점에 도달하지 못한 문제에 대해 다수의 전문가를 대상으로 의견을 모으고, 교환하고, 발전시켜 미래를 예측하는 방법

** 세계도전과제(Global Challenges): △대양을 자원·기후·의약·관광·교통 등에 활용하는 글로벌 청색 경제(Blue Economy) 구축 △감염병에 대한 즉각적 대응이 가능한 글로벌 시스템 및 포괄적 전략 수립 △기초연구 및 기초과학 교육에 대한 투자 보장 △자연재해 극복을 위한 글로벌 예측 네트워크 △대형인명피해 예측 △화석 연료 패러다임 변경 △전 세계 인류에 식수공급 △사회 불평등 및 인구 증가에 대한 해법 등을 제시함

○ UN은 정부, 과학자, 시민사회를 포함한 모든 이해당사자들이 세계에 **직면한 문제의 근본원인에 대한 지속가능한 해결책**에 초점을 맞추는 것이 도전 과제라고 하였음

□ 독일연방교육부(German Federal Ministry of Education and Research)의 ‘첨단기술전략 2020’

○ 독일은 세계적인 혁신리더가 되기 위한 방향 및 전략 수립을 목표로 ‘첨단기술전략 2020(High-tech Strategy 2020, HTS 2020)’을 제시하였음

- 전 세계적으로 대응할 필요가 있는 기후보호 및 에너지, 보건 및 영양, 교통, 통신, 안전 등 5개 영역에 역량을 집중하여 목표를 실현하기 위한 구체적인 방안으로 총 11개의 과학기술을 제시하였음

< HTS 2020, 우선순위별 11가지 미래프로젝트 >

분야	키워드
에너지/기후	1. 탄소중립-에너지 효율형 모델 도시개발
	2. 지능형 스마트 그리드 기반 대규모 전력저장소 개발
	3. 석유 대체 에너지 개발
건강/식량	4. 맞춤형 의료
	5. 영양연구, 식료산업 국제경쟁력 강화
	6. 노령화, 자립생활용 혁신기술
이동	7. 2020년 전기자동차 1백만대 보급, 전기자동차 시장 선도
안전/보안	8. 보안연구 정보통신망 보호
정보통신	9. 에너지 소비 절약형 정보통신기술
	10. 클라우드 컴퓨팅 패러다임 구현
	11. 노령화 기반 미래스마트 오피스

○ 첨단기술전략 목표의 공통점은 ‘이산화탄소 배출최소화’, ‘지속가능한 발전’에 그 기반을 두었으며, 특히 교통 및 물류분야와 환경 및 에너지 분야에 많은 투자와 연구개발이 이루어져 있으며, 궁극적 목표 중 하나로 독일을 글로벌 당면과제 해결의 선도국가로 만들고, 21세기 당면과제에 설득력 있는 해결책을 제시함

- 또한, 다음 첨단기술전략에는 글로벌 국가 경쟁역량 강화뿐만 아니라 사회적 문제해결을 위한 정책을 강화할 필요성이 제기됨

(2) 국내외 석학 인터뷰

□ (인터뷰 목적) 난제도전형 사업의 주요 개념과 특징을 보다 명확히 정의하고, 제시되지 않은 개념들 중 중요하게 다루어야 할 부분은 없는지 확인하고자 함

□ 주요국 과학기술한림원장 서면 인터뷰

- 미국과학한림원(National Academy of Science)은 인류의 좋은 미래를 위해서는 에너지, 식량, 건강, 직업과 주거공간이 중요하다고 하였으며, △인류의 발전 및 경제적 가치를 바탕으로 △장기적 투자가 필요하고 △지구상의 많은 연구자들이 유사한 도전을 함께 할 수 있는 주제라고 정의함
- 독일레오폴디나한림원(German National Academy of Science, Leopoldina)은 △개별 학문 분야에서 해결할 수 없는 넓은 과학의 영역에서 △혁신적인 연구방법과 △장기적 투자가 필요하며 △인간의 삶, 지구, 우주 등에 대한 이해에 기여하는 근본적인 질문에 답을 줄 수 있어야 한다고 정의함

□ 국내 주요 분야 IBS 연구단장 등 국내 석학 심층 인터뷰

- IBS 연구단장으로서 대형·집단·장기·모험 연구를 수행한 물리·생명·화학 분야의 석학들과의 심층 인터뷰를 통해 난제도전형 과제의 개념수립에 중요한 가치를 도출한 결과, 기존 개념에 더해 ‘창조성’, ‘인재양성’, ‘확장성’, ‘국민 복지 및 행복’ 등이 제시됨
 - (창조성) 연구 분야나 방법에 있어서의 창의성 외에 도출된 결과의 ‘창조성’도 중요한 요소로 꼽음. 창조성에서 중요한 ‘새로움’은 대학교 1학년 교재에 새롭게 실릴 만한 지식이거나 혹은 기존의 것을 수정하는 지식이라고 정의함
 - ※ 생명의 시작 및 진화 과정에 대한 연구, 인간의 의식이 어떻게 형성이 되었는지 등에 대한 연구 등
 - (인재양성) 난제도전형 과제의 수행을 통해 당대에서 해답을 얻지 못할지라도 도전을 이어갈 수 있는 후속세대를 양성하는 것도 중요한 요소라고 추천함
 - (확장성) 난제도전형 과제의 목표와 기본 배경은 국민들도 모두 이해할 수 있을 만한 ‘근본적이고 큰 질문’이어야 하며, 해당 질문에 대한 답을 도출하기 위한

또 다른 질문을 낳을 수 있어야 함. 또한 이러한 질문을 통해 많은 분야가 참여하고 학문·산업적으로 여러 분야로 확장될 수 있어야 함

- (인류 복지 및 행복) 목적 및 영역에서의 공공성과 학문적·경제적·사회적 혜택 등의 개념에 더해 궁극적으로 인류의 복지와 행복을 가능하게 해야 한다는 의견이 제시됨

○ 또한 난제도전형 과제의 개념과 예시로서 저명한 과학저널인 ‘사이언스’가 2005년, 창간 125주년을 기념해 발표한 ‘25가지 과학난제(25 Questions what don’t we know)’를 참고할 것을 추천함

- 25가지 과학난제는 주요 과학저널의 편집장 및 부편집장 등을 맡고 있는 각 분야 최고 전문가들을 대상으로 ‘가장 해결하고 싶은 과학적 질문’을 조사해서 선정함
- 과학난제로 제기된 질문에는 △우주의 기원 △인간의 유전자 수가 예상보다 훨씬 적은 이유 △유전자와 개인의 건강 관련성 △물리학의 모든 법칙을 통합하는 하나의 원리 △인간 수명의 한계 △지구 내부에서 일어나는 일 △우주의 생명체 존재 여부 △생물 종(種)의 다양성을 결정하는 요인 △기억 저장·수정의 원리 △인류의 ‘협력적인 행동’ 진화의 역사 △컴퓨터의 한계 △효과적인 에이즈 치료약 △지구온난화 예상 △석유 대체 에너지원 △유전체 공공데이터 구축 등이 해당됨

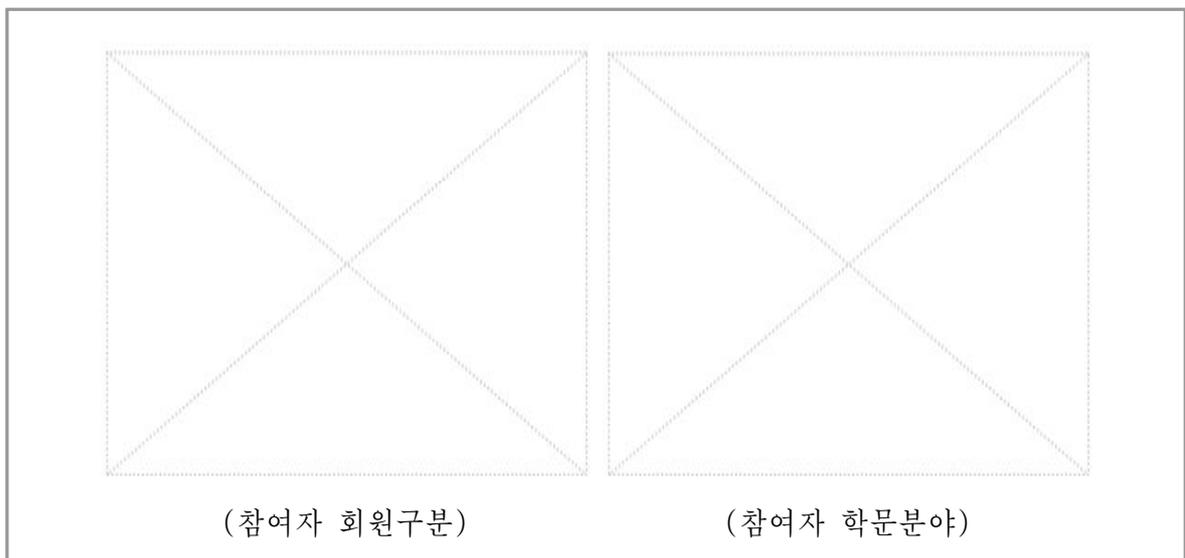
(3) 한국과학기술한림원 회원 설문조사

□ 조사 목적

- 사례 연구에서 도출된 키워드를 바탕으로 과학기술계 석학 의견수렴 과정을 통해 난제도전형 사업 추진에 맞는 우선순위 개념을 선정하고자 함

□ 조사 개요

- (조사대상) 한국과학기술한림원* 및 한국차세대과학기술한림원** 회원 등 926명
 - * 해당 분야 연구경력이 25년 이상이며, 학문적 수월성을 인정받은 연구자로 구성됨
 - ** 만 45세 이하의 우수한 과학기술분야 연구자로서 젊은과학자상 수상자 등으로 구성됨
- (조사내용) 설문은 △5점 척도에 따라 각 개념의 중요도를 묻는 문항 △한국이 도전해야 할 분야를 묻는 주관식 문항 등으로 구성됨
- (조사방법) 한림원이 보유한 회원들의 E-mail DB로 설문을 배포하고 온라인으로 응답을 받았으며, 이후 일부 회원들을 대상으로 오프라인 조사 병행
- (응답자특성) 전체 표본 926명 중 182명이 설문조사에 참여함(회신율 19.7%)
 - 참여 회원의 수는 정회원(76명, 41.8%), 종신회원(54명, 29.7%), 차세대회원(50명, 27.5%), 기타(2명, 1.1%)의 순으로 나타남
 - 학문분야(소속학부)는 이학부(82명, 46.0%), 공학부(41명, 23.9%), 농수산학부(32명, 17.6%), 의약학부(20명, 11.4%), 정책학부(2명, 1.1%)의 순으로 나타남 (무응답 7명)



□ 조사 결과 및 요약

- 다양한 연령층의 과학기술 석학들은 난제 도전형 사업의 가장 중요한 개념으로 ‘과학난제’, ‘공공성’, ‘글로벌 선도’ 등을 꼽았음
 - (과학난제) 혼자서 혹은 개별 연구팀이 풀 수 없는 과학기술적 난제
 - (공공성) 연구의 본질적 목적인 인류공동의 문제를 해결하는데 기여하는 주제
 - (글로벌 선도) 해당 연구를 통해 한국이 국제적인 영향력을 발휘할 수 있는 주제

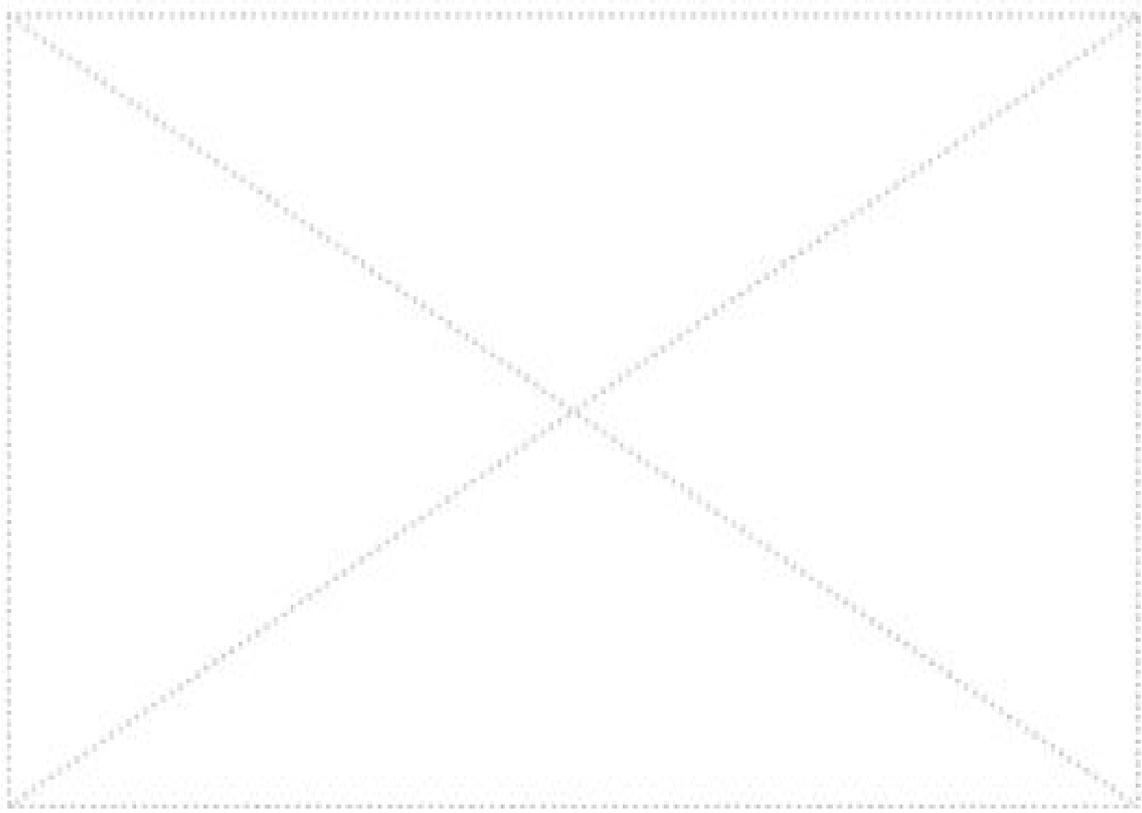
- 또한 ‘고부가가치’, ‘미개척’, ‘융합’ 등의 개념은 3순위와 근소한 차이를 보이며 4점대를 기록, ‘중요하다’고 평가할 수 있는 수준임
 - (고부가가치) 연구가 성공할 경우 고부가가치를 창출할 수 있는 영역
 - (미개척) 아직 어느 나라에서도 시도하지 않은, 혹은 시도하지 못한 주제
 - (융합) 공공, 민간 등 다양한 분야 혹은 소속의 연구자들의 협업이 필요한 주제

- 반면, ‘장기·대형프로젝트’, ‘한국의 R&D 경쟁력’ 등은 상대적으로 낮게 평가됨
 - (장기·대형프로젝트) 최소 10년 이상, 많은 연구비 투자가 필요한 주제
 - (한국의 R&D 경쟁력) 현재 우리나라가 뒤처져있는 분야를 진보시킬 수 있는 연구

- 회원구분을 기준으로 연령대에 따라 중요도 순위를 매겨본 결과 ‘공공성’은 전 연령대에서 동일하게 가장 중요한 개념으로 꼽혔으며, ‘글로벌 선도’와 ‘과학난제’ 역시 고르게 중요하다고 평가됨

- 연령대별 차이에도 불구하고 ‘한국의 R&D 경쟁력’은 전 연령대에서 동일하게 가장 낮은 순위를 기록함

< 난제도전형 과제에서 주요 개념의 중요도 평가 결과 >



(4) 국내 전문가 그룹 토의

- (개요) 한림원은 각 분야 석학으로 구성된 26인의 전문가그룹(추진위원회)을 구성하고 난제도전형 사업의 개념정립에 대한 토론을 진행함
- 전문가그룹은 토의를 통해 현재 우리나라에 필요한 난제도전형 과제는 ‘공공성’, ‘융합’, ‘사람 중심’, ‘동인효과(Enabler)’ 등을 반드시 포함해야 함을 강조함
 - ‘공공성’은 인류가 해결해야 할 ‘문제·과제’의 성격을 나타냄과 동시에 R&D 성과가 공공에게 혜택을 줄 수 있음을 내포해야 함
 - ‘융합’은 사회 통합, 학문 간 융합, 기술 간 융합, 현상의 융합, 다양한 사람들의 집합 등의 다양한 개념이 포함될 수 있음을 토의함
 - ‘사람 중심’은 인간과 기술의 융합(Human Science), 인재 양성과 교육, 인류 복지(Human Welfare) 등의 의미를 포괄하며, 젠더 간 충돌, 양극화 등 사회 문제 해결에 기여해야 함
 - ‘동인효과’는 난제도전형 과제의 수행과정을 통해 과학기술계는 물론이고 경제·산업을 넘어 국가사회 전체에 새로운 변화와 활력을 불러일으키는 역할을 할 수 있어야 하며, ‘교육’, ‘데이터’처럼 난제도전형 과제의 결과물은 혁신의 동인(動因)을 만들어주는 역할을 할 수 있어야 함. 즉 개방형 혁신과 시스템을 통해 자발적 참여와 변화, 수행을 이끌어낼 수 있어야 함을 의미함
 - ‘글로벌 리더십’은 난제 도전형 과제의 결과가 학계를 주도하기 이전 글로벌 협력을 수반해야 하며 또한 글로벌 무대에서 한국이 비교 우위를 점할 수 있어야 한다는 의미를 내재함
- 전문가들은 해당 키워드는 난제도전형 과제개념의 방향성을 제시하는 것이며, 이를 반영한 세부목표는 각 분야에서 다르게 정의될 수 있음을 강조함
 - 정보통신 분야에서의 공공성은 ‘데이터 오픈 및 공유를 통해 다양한 시민의 편익의 증진’이며, 바이오 분야에서는 ‘저출산, 초고령사회 대비를 위한 기술로서 보편적·포용적 복지 지향’로 변주될 수 있음

(5) 난제도전형 과제의 키워드 정리

- 국내외 사례연구와 과학기술계 의견수렴에서 ‘난제도전형 과제’를 특징짓는 표현에는 △과학난제·모험·도전 △미래사회 주도(글로벌 선도) △사회문제 해결 △신분야·신산업 개척 △경제적 효과 △융·복합(집단연구, 협업) △인재양성 △지식축적 △대형·장기 △창의성 △인간 행복·건강 △인류 발전 등의 키워드가 공통적으로 등장함
- 특히 ‘기존 과학기술 영역을 넘어서는 모험적 연구’(미국 NSF), ‘인간의 삶, 지구, 우주 등에 대한 이해에 기여하는 근본적인 질문을 해결할 수 있는 연구’(독일 레오폴디나한림원), ‘지구상의 많은 연구자들이 유사한 도전을 함께 할 수 있는 연구’(미국 과학한림원)에서 알 수 있듯이 ‘과학난제’의 개념이 중시됨
- 또한 ‘글로벌 환경에서 미국의 리더십 향상’(미국 NSF), ‘글로벌 연구거점 구축’(IBS), ‘해당 연구를 통해 한국이 국제적인 영향력을 발휘할 수 있는 주제’(한림원 회원 설문)에서 유추할 수 있듯이 ‘글로벌 선도’ 역시 중요하게 고려됨

□ 난제도전형 사업의 발굴·기획 목적에 따른 키워드 분포

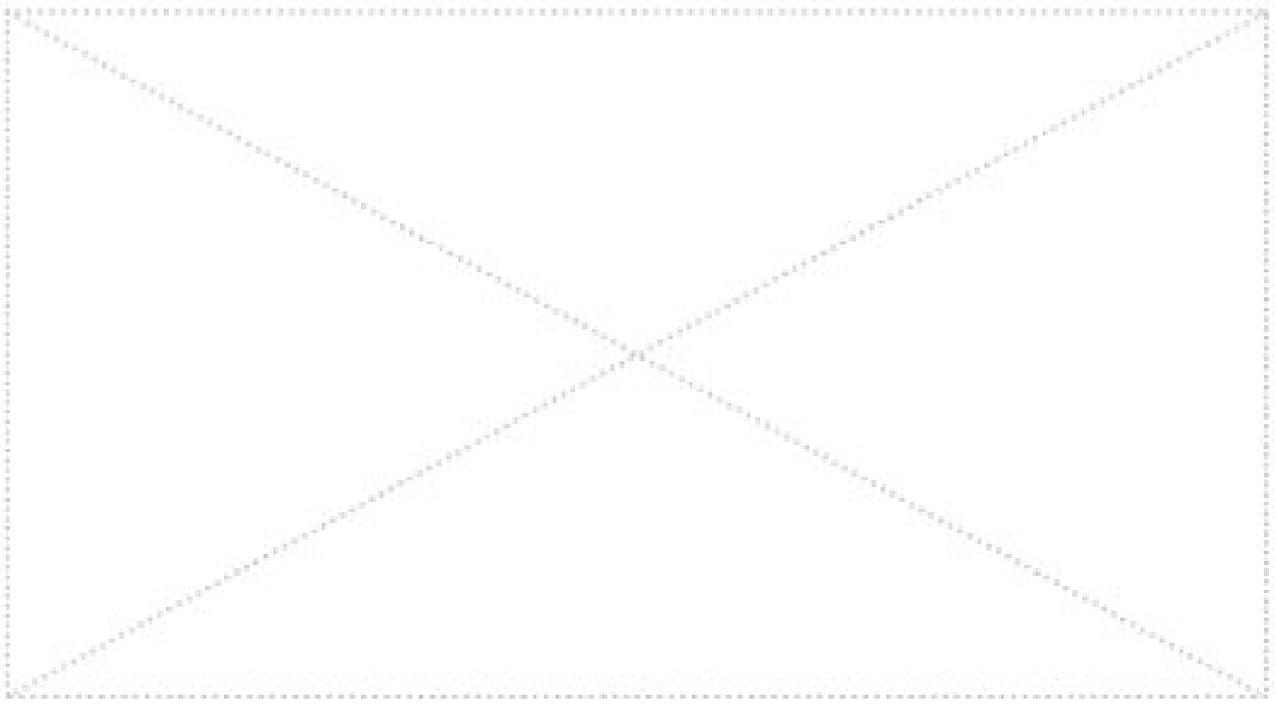
- 매우 광범위하게 정의되고 사용되는 ‘난제도전형 사업’의 개념이지만 해당 주제 및 과제를 발굴한 목적과 도출하고자 하는 결과에 따라 조금씩 다른 개념을 활용하고 있음
- ‘난제’, ‘모험·도전’, ‘창의성’, ‘융복합, 협업’ 등의 개념은 발굴 주체 및 목적과 관계없이 공통적으로 등장함
- 미국·중국·독일·일본 등이 국가의 경쟁력 확보 및 R&D 활성화를 위해 국가 차원에서 진행한 ‘도전적 연구개발 과제’에서는 ‘미래사회 주도(글로벌 리더십)’, ‘경제적 효과’, ‘신분야·신산업 개척’, ‘사회문제 해결’ 등이 더 많이, 더 자주 제시되었음
- UN 과학자문위원회 ‘세계 도전과제’, 미국 공학한림원 ‘21세기 14대 공학난제’, 사이언스지 ‘25개 과학난제’ 등은 ‘사회 문제 해결’이나 ‘인류의 발전’ 등을 강조함

2. 개념 정의

(1) 난제도전형 사업을 정의하는 핵심개념과 과정

- ‘좋은 질문에서 출발한 아이디어인가’, ‘큰 생각을 담고 있는가’, ‘혁신적 결과가 창출될 수 있는가’의 3가지 원칙을 바탕으로 난제도전형 과제 발굴 목적에 따라 선정한 핵심개념을 보다 명확히 정의하고자 함
- 먼저 ‘과학난제’, ‘도전·모험’, ‘공공성’, ‘사회문제 해결’은 연구의 목적을 나타낸다고 볼 수 있으며, 현재 우리가 직면한 과학난제 해결을 통해 궁극적으로 인류 전체적으로 혜택을 줄 수 있는 ‘좋은 질문(Good Question)’을 바탕으로 출발함
- 또한 ‘창의성’, ‘융합·협업’ 등은 질문의 답을 ‘큰 생각(Big Idea)’으로 풀어나가는 과정으로서 학문 및 국가의 경계를 넘어 많은 사람들의 아이디어를 더함으로써 새로운 돌파구와 창의성이 발현됨을 의미함
- 마지막으로 난제도전형 연구를 통해 한국의 미래 글로벌 선도 가능성을 제고함과 함께 학문·사회·산업·경제 전반에 긍정적 영향력을 끼쳐 성장의 동인이 될 수 있는 파급력(Enabler)을 생성함을 의미하는 ‘글로벌·미래 선도’와 ‘확장성’의 개념은 ‘혁신(Disruptive Innovation)’ 창출 결과로 볼 수 있음

< 도전·극복형 과학난제를 정의하는 키워드 및 주요개념 >



(2) 도전·극복형 과학난제 사업 정의

- 연구자 커뮤니티가 제안하는 과학난제를 숙의적 과정을 거쳐 선정하고 기초과학 및 공학의 융합과 창의적 방법으로 극복하여 연구하여 우리나라가 세계과학기술계를 선도할 수 있는 사업을 도전·극복형 과학난제 사업으로 정의

- 도전·극복형 과학난제 사업의 가장 큰 특징은 모두가 불가능하다고 생각하는 ‘과학난제’를 연구자들의 집단지성, 과학과 기술의 융합, 그리고 창의적인 방법으로 ‘극복’이 가능하다고 믿고 ‘도전’하여 해결방안을 찾는 것이며

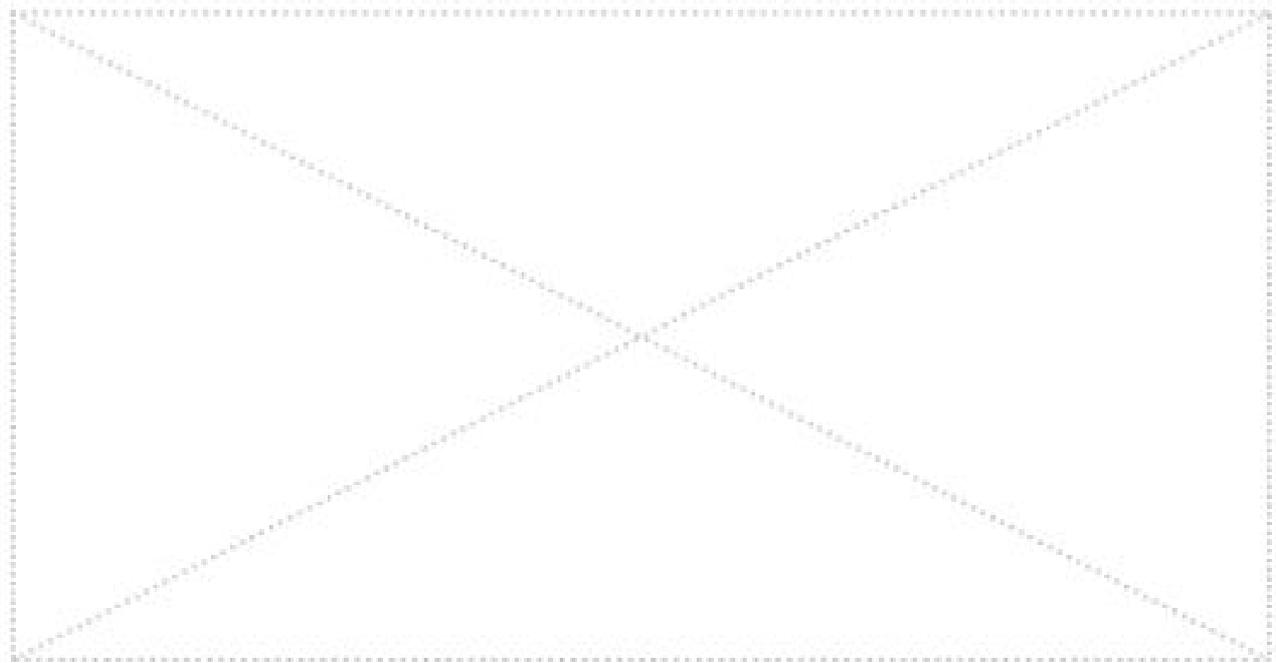
- 대상 과학난제란 ① 그동안의 과학기술 지식으로는 풀지 못한 문제 ② 인력, 기술, 자본 등의 이유로 시도하지 못한 주제 ③ 현재 인류에게 닥친 위기 중 과학적으로 해결해야 할 숙제 등을 말함

Ⅲ. 과학난제 예시 후보군의 발굴과 제시

1. 발굴 프로세스(안)

- 주요 의사결정 및 발굴을 담당하는 ‘추진위원회(Working Group)’와 참여기회를 개방하기 위한 ‘온라인플랫폼(Open Platform)’을 중심으로 정보, 아이디어, 의견 등을 수렴하여 도전·극복형 과학난제를 발굴함
- 학계 전문가의 전문성과 기획력 및 폭넓은 소통과 설득을 통한 추진력을 바탕으로 과제를 발굴하고 선정하며, 온라인 플랫폼을 활용한 소통의 과정을 거쳐 학계 전문가가 최종 난제도전형 과제를 추천함

< 과학난제 발굴 프로세스(안) >



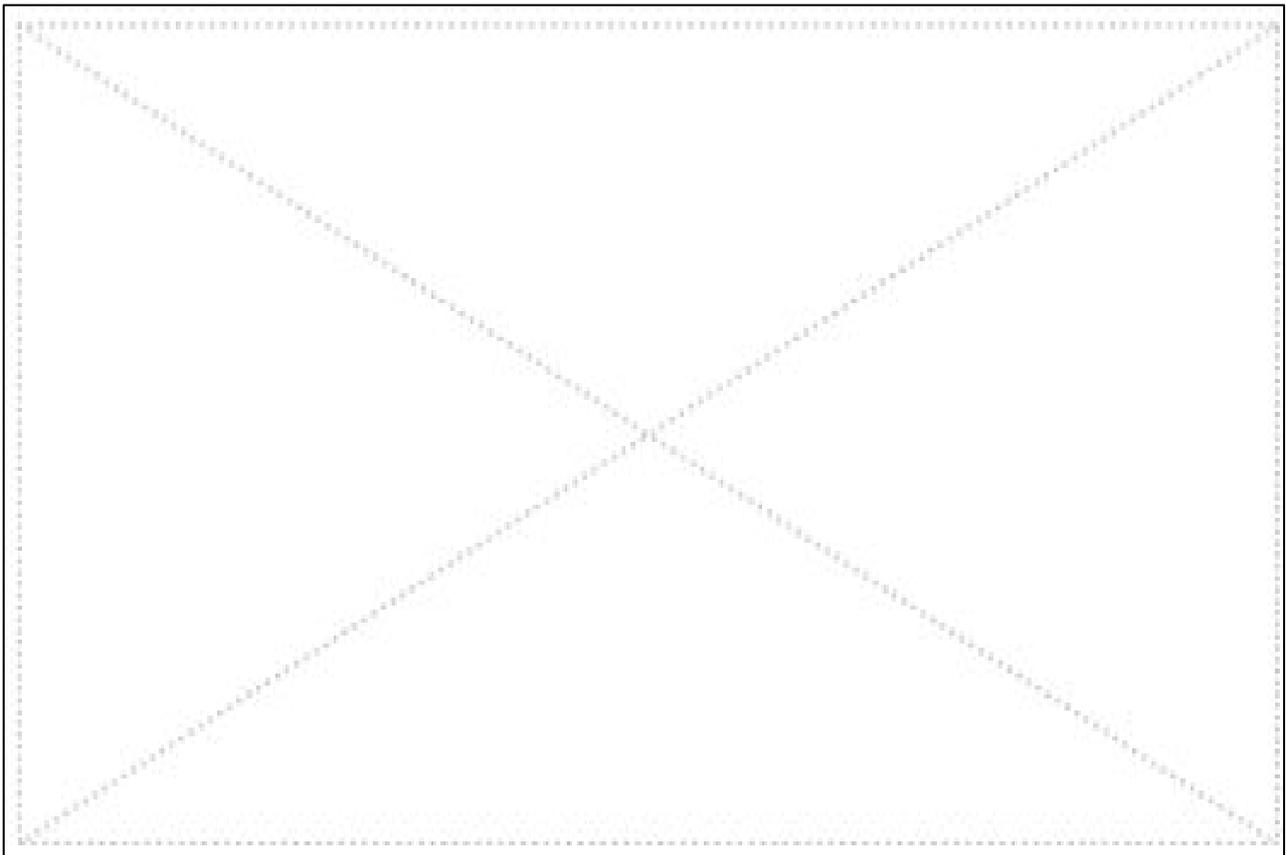
- 추진위원회는 과학기술계와 인문·사회 각 분야의 저명한 석학 및 유망한 젊은 연구자 등으로 20인 내외로 구성함
 - 추진위원은 △글로벌 메가트렌드 및 국내외 R&D 동향 분석 △온라인 플랫폼을 통해 제출된 아이디어를 포함한 정보 검토 △후보군 및 최종 후보 도출 등의 역할을 수행함

- 또한 추진위원회는 오프라인 공개 토론회와 온라인 플랫폼을 통해 다양한 전문가들과 소통하고 난제도전형 과제에 대한 의견을 교환
 - 온라인 플랫폼은 최대한 많은 사람들과 실시간 의견을 교환할 수 있는 소통의 장으로서 웹·모바일 기반 홈페이지로 구축함
 - 온라인 플랫폼에서는 △난제도전형 과제 관련 정보 검색 △상시적인 아이디어 제안 △공개된 후보군에 대한 질의 및 의견 전달 △설문조사 참여 등의 기능을 탑재함
 - 온라인 플랫폼에 정보를 공개함으로써 많은 사람들의 관심과 참여를 높일 수 있으며 공개된 정보는 많은 연구자들에게 새로운 아이디어를 제공해줄 수 있음
 - △기초 정보 수집 및 분석, △도전·극복형 과학난제 영역 탐색 및 과학난제 후보군 도출 △학계 전문가의 공개 검증 △최종 검증 등의 단계로 진행함
 - 기초 정보 수집 및 분석단계에서는 추진위원회를 중심으로 글로벌 메가트렌드 및 국내외 R&D 동향을 분석하고 온라인 플랫폼을 통해 제안된 다양한 아이디어를 취합함
 - 글로벌 메가트렌드 분석 시에는 문헌 검토에 더해, 해외 석학과의 인터뷰 및 리뷰 등을 시행하고, 국내외 R&D 동향 분석에서도 전문가 그룹과의 심층 인터뷰 및 그룹토의 등을 병행하여 보다 심도 깊은 내용을 도출함
 - 온라인 플랫폼을 통한 참여를 활성화하기 위해 다른 사람들의 아이디어에 추천이나 공감을 누를 수 있도록 하고, 많은 사람들의 추천을 받은 아이디어에 분기별로 시상하는 등의 이벤트를 시행할 수 있음
 - 도전·극복형 과학난제 영역 탐색 및 과학난제 후보군 도출단계에서는 취합된 정보를 검토하고 심층 토론을 통해 후보군을 선별함
 - 후보군 선별의 조건은 널리 공개한 ‘도전·극복형 과학난제’의 개념에 얼마나 부합하는지’로서 해당 영역 및 주제가 △좋은 질문에서 출발했는지, △큰 생각을 담고 있는지 △혁신적 결과가 창출될 수 있는지 등이며, 각각의 기준은 해당 개념의 주요 특징으로 함
- ※ 유럽 Horizon 2020의 FET-Open은 아이디어를 가지고 판단하며, 오픈이 내세우는 가치인 △장기비전(Long-term vision) △돌파구가 되는 과학기술적 목표(Breakthrough

scientific and technological target) △참신함(Novelty) △기초적인 주제(Foundational)
△모험적 연구(High-risk) △다학제적 연구(Interdisciplinarity) 등을 주요 기준으로 함

- 이를 위해 과학난제도전·극복형 사업의 주요 특징, 판단 기준 등을 온라인 플랫폼을 통해 공개하고 폭넓게 알리는 것이 필요함
- 학계 전문가의 공개 검증단계에서는 충분한 소통과 숙의가 이루어지도록 여러 차례의 지역별·분야별 공개토론회를 개최하고, 온라인을 통해 의견을 수렴함
- 이어 최종 검증단계에서는 관련 분야 전문가가 참여하는 심층 토론을 진행함
 - 심층 토론에는 추진위원을 비롯해 학계, 커뮤니티의 연구자 및 온라인 플랫폼을 통해 적극적으로 의견을 개진한 연구자를 초청하여 필요시 여러 차례 진행하며, 관련 학회를 대상으로 한 심층 토론도 추진함
 - 또한, 심층 토론 시에는 연구자 커뮤니티에서 제안한 다양한 과학난제를 난제 도전형 과제의 3가지 원칙인 △좋은 질문에서 출발했는지, △큰 생각을 담고 있는지 △혁신적 결과가 창출될 수 있는지를 바탕으로 숙의적 의사결정을 수행함

< 도전·극복형 과학난제의 최종 검증 과정 >



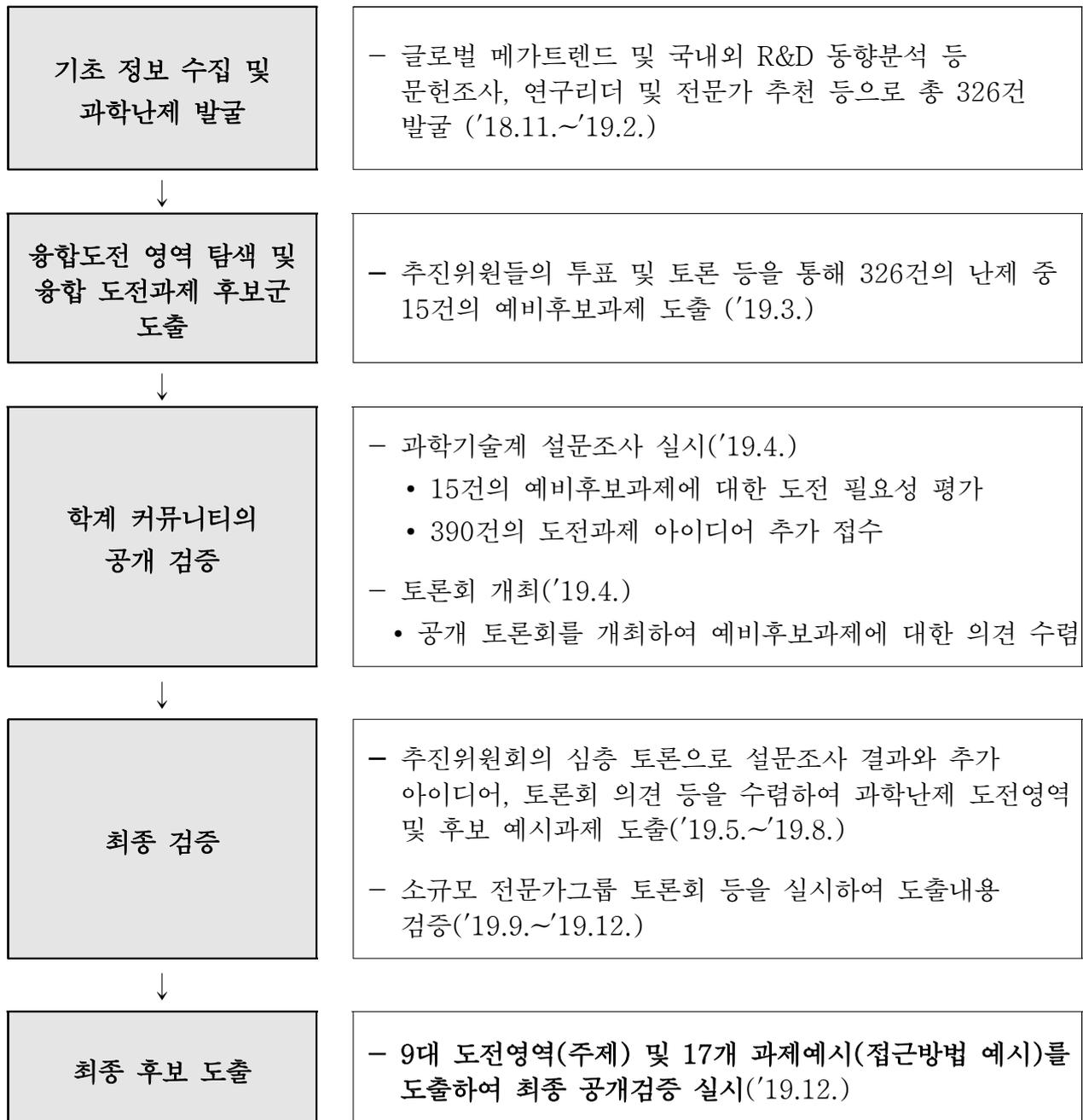
- 최종 검증단계의 가장 중요한 부분은, 기존까지 아이디어를 찾는 과정에서는 ‘다수의 의견을 반영하는 민주적 방식’이었더라도 최종 결정은 통찰력 (insight)을 가진 소수의 의견으로 확정될 수 있음을 전제하는 것임
 - 역사가 깊은 전통적인 학문일수록 더 많은 사람이 중요성을 강조하고 쉽게 이해할 수 있지만, 아직 개척되지 않은 영역과 주제에 대한 도전은 해당 분야의 현재 크기나 숫자가 무의미하기 때문임
- 최종 검증을 거친 후보는 차기 도전·극복형 과학난제로 선정하여 추천됨
- 도전·극복형 과학난제 프로세스가 장기적으로 운영되면 과학기술계에서도 간혹 나타나는 특정 학문 이기주의를 타파하고 안팎의 신뢰도를 높일 수 있음

2. 과학난제의 발굴

(1) 개요

- 본 기획연구에서는 ‘과학난제 발굴 프로세스(안)’의 ‘온라인 플랫폼’을 설문조사 등으로 대체하여 활용하는 등 변형하여 수행함

< 본 기획연구에서 실시한 발굴 프로세스 >



(2) 문헌조사 및 전문가 제안

□ 문헌조사 및 위원들의 제안을 통해 과학난제 총 326개 발굴

- 과학난제에 대한 주요개념을 제시하고 아이디어 제출을 요청함
 - 인간 생명: 기존에는 알 수 없었던 기제에 대한 이해도를 높임으로써 인류 수명 연장 및 건강 증진에 기여할 수 있는 주제(의생명, 농수산)
 - 공공 기술: 지구가 당면한 환경, 기후, 에너지, 안전 문제 등과 자연 및 사회 현상을 해결하고 이해하기 위해 풀어야 할 숙제(환경, 기후, 에너지, 안전)
 - 미래 기술: 새로운 미래 과학의 발견 및 먹거리 산업 확보를 위해 기존에는 존재하지 않았던 방법을 통해 해결해야 할 문제(기타 순수 과학, IT)
- 연구리더 및 전문가들로부터 67건, 차세대한국과학기술한림원 소속 만 45세 이하 젊은 과학자들로부터 86건, 추진위원들로부터 26건, 문헌조사를 통해 147건 발굴
 - 이를 학문분야별로 구분하면, 수명, 노화, 질병, 진화 등과 관련된 생명과학 분야에서는 “자폐증의 원인”부터 “단백질 구조 기반 선천적 면역시스템 연구” 까지 91개 난제가 제시됨
 - 지구, 환경, 우주 등과 관련된 지구·자연과학 분야에서는 “물 부족 문제”부터 “우주에서 우리는 유일한 존재인가” 까지 70개 난제가 발굴됨
 - 공공·사회과학 분야에서는 “개인행복의 사회적 조건”, “대한민국 사회를 행복한 사회로 만드는 방안” 등 51개 난제가, 미래기술 분야에서는 “양자역학기반 기계 학습 연구”, “상온에서 작동되는 초전도체” 등 44개의 난제가 추천됨
 - 기타 융합분야에서 121건의 난제가 추천됨

< 분야별 발굴된 과학난제(총괄) >

중분류	소분류	난제
생명과학	뇌과학	“뇌질환 정복을 위한 의공학 기반 중개 뇌과학 연구” 등
	생명과학	“면역 결핍, 인간화 미니 돼지(SCID-Hu Minipig) 개발” 등
	생명기전	“장기 발생 과정 중 구조 및 기능 획득 기전 연구” 등
	세포	“어떻게 한 개의 체세포가 완전한 식물체가 되나” 등
	암	“포유류의 재생 결함과 암 발생과의 상관관계 연구” 등
	유전·계놈	“유전자 변이 실시간 측정 비침습적 검측 기술” 등
	의료	“인류의 생존을 위협하는 항생제 내성 난제 극복” 등
지구·자연	에너지	“우주 기반 에너지 발전 시스템 난제 기술 연구 개발” 등
	우주	“달 표면에서의 정전기전력 획득 및 먼지 감소” 등
	자연과학	“자연수 소인수 분해에 대한 좋은 알고리즘 개발” 등
	지구	“지구 자기장 방향의 역전” 등
	환경	“물 부족 문제” 등
공공·사회	사회관계	“2030년 자동차에 대한 예측” 등
	성장	“인류의 평화와 정의로운 공존에 도움이 되는 민족 개념” 등
	인간행동	“집단 지성'의 인간 본성과의 관계 및 지속 발전 가능성” 등
미래기술	AI	“스몰데이터, 망각데이터, 훼손데이터로부터 추론하는 AI연구” 등
	네트워크	“네트워크 내의 멤버 선별 알고리즘” 등
	미래기술	“두뇌 인터넷, 생체 인터넷 연구” 등
	첨단소재	“전기 전도도는 금속 수준, 열 전도도는 반도체 수준인 재료” 등

□ 시사점

- 후보군으로 제시된 과제들은 대부분 해당 분야의 난제를 포함하고 있으나, 단위 과제만으로는 융합연구의 필요성이 잘 보이지 않음
 - 분야별로 이미 연구가 진행 중인 과제도 일부 포함됨
- 단위과제의 개별 추진보다는 연관성이 높은 단위과제들을 연계하여 과학적, 사회적 파급효과가 큰 융합연구 과제를 구성하는 것이 바람직함
 - 대·중분류가 다른 2개 이상의 단위과제 중 연관성이 높은 과제들을 선별하여 융합과제로 구성
 - ※ (예시) 사회관계 측면에서의 “영어교육의 문제”와 뇌과학 측면에서의 “언어 학습에 있어 중요한 시기는 왜 존재하나”, “뇌의 역공학 기술을 발전시키는 것”을 융합연구과제로 구성
 - 특히, 미래기술 대분류는 단위과제로는 과학난제 보다는 기술개발의 성격이 강하여 타 대분류 과제와의 융합연구가 바람직함
- 후보과제들을 대상으로 우선추진 시범사업 후보군의 도출을 위하여 단순 분류/선별이 아닌 융합기획이 필요함

(3) 설문조사 등 과학기술계 의견수렴

□ 설문조사 개요

- (조사대상) 과학기술계 각 분야 전문가
- (조사내용) 설문은 △15개의 과학난제 예시*의 필요성을 묻는 문항과 △과학난제 연구를 최적으로 수행할 수 있는 사업 운영 전략에 대한 문항 등으로 구성됨
 - * 15개의 과학난제 예시는 문헌조사 및 전문가 추천을 통해 분야별로 발굴된 326개의 과학난제에 대해 기획위원들의 1차 투표를 통해 다수 추천된 후보를 활용함
- (조사방법) 한림원에서 보유하고 있는 과학기술계 DB* 및 과학기술단체총연합회에서 보유한 과학기술계 전문가의 E-mail DB로 설문을 배포하고 온라인으로 응답을 받았음
 - * 한림원 정회원(50~60대 연구책임자급 / 486명), 차세대회원(Y-KAST, 30~40대 부교수급 / 125명), 신진연구자(영향력 있는 저널에 논문을 게재한 박사후연구원급 / 230명)
- (조사기간) 4월 1일 ~ 4월 12일 (2주)
- (참여인원) 839명이 설문에 참여함

□ 설문결과 및 요약

- 과학난제 후보 예시에 대한 필요성을 5점 척도 평가로 조사한 결과 ‘종양전이 기전 규명 및 선택적 사멸기술’이 4.13점, ‘인문과학-자연과학 융합적 역공학 기반 중개 뇌과학 연구’가 4.03점, ‘단기간 실현 가능한 신규 온실가스 저감 정책과 최저가 저탄소 에너지 기술개발’이 3.99점으로 조사되어 주로 우리의 삶에 큰 영향을 미치는 불치병 극복과 환경·에너지 관련 분야의 난제 해결이 가장 필요하다고 응답함
 - 과학난제 후보 예시 15개에 대한 주요 주관식 의견으로는 과학난제 해결을 위해서는 다양한 분야를 융합시키고, 기초과학 분야에 과감한 투자를 해야 한다는 의견이 가장 많았음
 - 또한 기후변화와 에너지 개발 등 인류의 현재와 미래를 위한 사업이 우선으로 시작되어야 한다는 의견과 AI, 의료 분야의 연구를 위해서는 생명윤리 검토 및 관련 규제의 개혁부터 먼저 실현되어야 한다고 의견이 제시되었음

<과학난제 주제별 필요성(5점 척도 평가)>

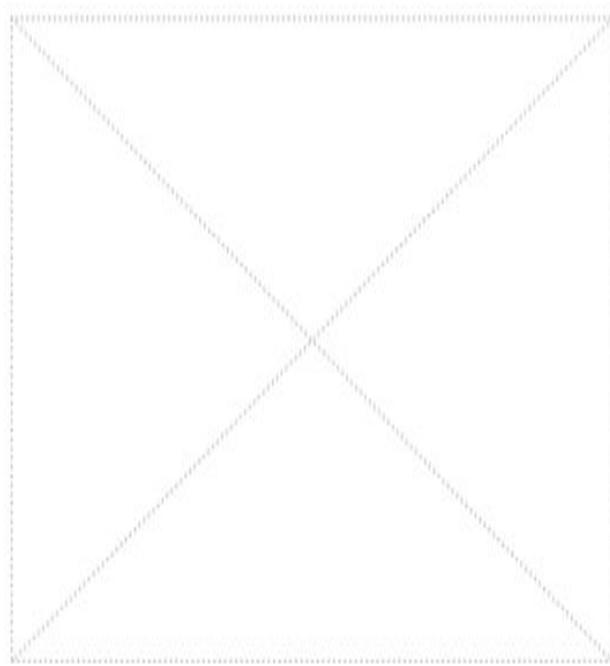
[N: 839]

No.	과학난제 후보 예시	평균
1	암이 어디로 전이될지 예측하고 억제할 수 있을까? [종양 전이 기전 규명 및 선택적 사멸기술]	4.13
2	만성 뇌질환의 근원은 무엇인가? [인문과학-자연과학 융합적 역공학 기반 중개 뇌과학 연구]	4.03
3	온실가스를 1년에 1억톤 줄이는 방법은 무엇인가? [단기간 실현 가능한 신규 온실가스 저감 정책과 최저가 저탄소 에너지 기술개발]	3.99
4	면역시스템의 스위치를 켜고 끌 수 있을까? [동식물 면역시스템 활성화 및 진화 메커니즘 규명]	3.87
5	무한한 태양에너지를 획기적으로 활용하는 방법은 무엇인가? [우주 태양광 발전 및 장거리 에너지 송신]	3.84
6	인공지능을 암 정복에 활용하는 방법 [인공지능 기술 기반 암 조기 진단 및 최적 치료 방법]	3.77
7	세포덩어리는 어떻게 인간이 되는가? [장기 발생 과정 중 구조 및 기능 획득 기전 연구]	3.72
8	첨단ICT기술을 맞춤형 암치료에 적용하는 방법 [딥러닝 기반 스마트 암-테라노스틱스 융합 플랫폼 개발을 통한 암치료]	3.72
9	시력으로 노동하는 시대, 실명 예방을 위한 첨단의료기술 [실명치료를 위한 디지털 진단 시스템 구축 및 첨단 재활 치료]	3.69
10	감각장애를 극복하는 과학기술적 방법 [자연계 및 생명체를 모사한 인공 감각 신경계 개발]	3.61
11	AI가 기초연구 실험을 대신할 수 있을까? [재료연구의 디지털 R&D 트윈]	3.56
12	자외선과 전파를 에너지원으로 사용할 수 있을까? [전자기파 유도 반응칩 플랫폼]	3.53
13	100살까지 신체적 청춘을 유지할 수 있을까? [생애주기코드를 기반으로 한 노화 억제 및 역노화 기전 규명]	3.52
14	달에서 에너지를 얻을 수 있을까? [달 표면에서의 정적기전력 획득 및 먼지 감소]	3.03
15	여자가 남자보다 오래 사는 이유는 무엇인가? [남여 수명차이 극복으로 행복사회 구축]	2.90

○ 앞으로 새롭게 도전해야 할 과학난제에 대한 추가 접수된 아이디어로는 총 390개의 난제가 접수됨

- 분야별 분석 결과, 환경분야가 29.2%(114건)로 가장 많은 의견이 접수되었으며, 이어 에너지 19.2%(75건), 삶의 질 11.0%(43건), 난치병 10.8%(42건) 등의 순으로 나타남

< 설문응답자들이 제시한 주관식 답변의 분야별 분포 >



- 환경 분야에서는 녹조류, 미세먼지, 폐기물 등의 문제해결에 대한 키워드가 제시되었으며, 특히 미세먼지 해결에 대한 의견이 72건(18.5%)으로 개별 연구주제 중에서도 가장 많은 수를 차지함
- 에너지 분야에서는 새로운 에너지원 개발(33건, 8.5%), 친환경 에너지 개발(18건, 4.6%), 우주태양광 활용(14건, 3.6%), 핵융합 기술(10건, 2.6%) 등이 포함됨
- 삶의 질 분야에서는 첨단 의료 환경 및 서비스(26건, 6.7%), 고령화사회 대비(9건, 2.1%), 인구증가 및 미래식량 자원 등 기타의견(8건, 2.1%) 등이 접수됨
- 난치병 분야에서는 암(22건, 5.6%), 치매(9건, 2.3%), 뇌질환(4건, 1.0%) 등에 대한 아이디어가 많았음

3. 과학난제 최종후보 예시 도출

(1) 과학난제의 주제 추천

□ 문헌조사, 설문결과 등을 바탕으로 전문가 논의 수행

- 기획위원회는 과학난제 도전·극복형 사업의 3가지 원칙을 바탕으로 평가 지표 수립하고, 3차례에 걸친 토론을 통해 기존 발굴된 과제 및 설문조사에서 제시된 아이디어 등을 검토함

최종 과제 후보 선정을 위한 평가 지표(안)

평가 항목

○ 좋은 질문 : ‘과학난제’ 부합 여부 평가

- 기존에 한계라고 생각하는 부분을 돌파하거나 새로운 개념, 방법, 이론을 증명하는 주제인가?
- 모험적 도전적인 아이디어가 있는가?

○ 큰 생각 : ‘융합’과 ‘창의성’ 충족 여부 평가

- 창의성이 탁월한 수준의 주제인가?
- 다학제 간 협업이 필요한 주제인가?

○ 혁신적 결과 : ‘글로벌 선도형’ 가능성 평가

- 세계 과학 기술계를 선도할 수 있는 연구인가?
- 학문의 지식 수준을 높이고 신지평 개척 기여도가 높은가?

○ 기타

- 결국은 해결할 수 있는 문제인가?
- 인류 공공성 제고에 어느 정도 기여할 수 있나?
- 국내에 이미 해당 주제로 대규모 R&D투자가 이루어지고 있지 않은가?

- 과학난제의 개념 및 설문조사의 주관식 응답 등을 분석한 결과, 국내 과학 기술계 연구자들이 갖고 있는 과학난제는 △건강한 삶(Future Wellbeing): 어떻게 건강한 인구 5천만을 계속 유지할 수 있는가? △지속가능한 도시(Sustainable Cities): 재생산되고 깨끗한 에너지를 얻을 방법은 없을까? △새로운 과학기술(A New Era of S&T): 대한민국 과학과 산업의 미래를 위한 기술은 무엇인가? △앎의 지평 확장(Expansion of Knowledge): 인류의 역사에 남길 수 있는 지식은 무엇인가? 등 4대 영역으로 정리할 수 있

으며, 각각의 분야에서 9대 과학난제를 도출하고 구체적인 접근방법으로서 17개의 예시과제를 제시하고자 함

과학난제 최종후보 예시(안)

좋은 질문 (Good Question)	과학난제(Big Idea)		협업 분야
	주제	우선 도전 난제 및 접근방법 예시	
건강한 삶 (Future Wellbeing): 어떻게 건강한 인구 5천만을 계 속 유지할 수 있 는가?	A. '암 정복' 재도전 - 획기적인 암 치료 방법 연구	[1] 암이 어디로 전이될지 예측하고 억제할 수 있을까? <ul style="list-style-type: none"> • 종양 전이 기전 규명 및 선택적 사멸기술 • 인공지능 기술 기반 암 조기 진단 및 최적 치료 방법 • 딥러닝 기반 스마트 암-테라노스틱스 융합 플랫폼 개발을 통한 암치료 • AI 기반 암환자 유전체 분석 진단법 및 유전자 가위 기반 항암제 타겟 스크리닝 기법 개발 • 이중항체 기법 기반 암대사 제어 항암제 개발 	바이오칩, 맞춤치료 신약, 인공지능, 인문학, 기초과학, 뇌공학 등
		[2] 암세포를 정상세포로 되돌릴 수 있을까? <ul style="list-style-type: none"> • 세포의 변화를 야기하는 생체네트워크 제어기술 개발 	
	B. 이상적인 장수(長壽)의 실현 - 기대수명과 건강수명 일치 를 통한 초고령 사회 진입 대비 연구	[3] 만성 뇌질환의 완전한 치료는 가능한가? <ul style="list-style-type: none"> • 인문-자연-공학 융합 뇌역공학 기반 질환 특이적 뇌질환 신경조절 기전 규명 및 조기 진단/선택적 치료법 개발 	
		[4] 100세까지 신체적 젊음을 유지할 수 있을까? <ul style="list-style-type: none"> • 생애주기코드를 기반으로 한 노화 억제 및 역노화 기전 규명 	
		[5] 여성과 남성의 수명차이 극복 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 생명과학과 인문사회, 환경과학 등이 통합적으로 협업하여 수명의 결정요인 분석, 자연수명의 차이 비교 등 근본적 문제 해결 	
	C. 감각장애의 극복 - 삶의 질과 행복추구의 기본인 인간의 감각능력을 증강·유지시키 는 연구	[6] 감각장애를 극복하는 과학기술적 방법이 있는가? <ul style="list-style-type: none"> • 자연계 및 생명체를 모사한 인공 감각 신경계 개발 • 실명치료를 위한 디지털 진단 시스템 구축 및 첨단 재활 치료 	

<p>지속가능한 도시 (Sustainable Cities): 재생산되고 깨끗한 에너지를 얻을 방법은 없을까?</p>	<p>D. 깨끗한 에너지원 개발 - 새로운 에너지 연구</p>	<p>[7] 온실가스 배출량을 Net Zero로 만드는 과학기술이 가능한가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 단기간 실현 가능한 신규 온실가스 저감 정책과 최저가 저탄소 에너지 기술개발 • 자외선과 전파를 에너지원으로 사용하는 전자기파 유도 반응칩 플랫폼 <p>[8] 무한한 태양에너지를 획기적으로 활용하는 방법은 무엇인가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 우주 태양광 발전 및 장거리 에너지 송신 	<p>에너지, 신소재, 환경, 생태, 우주</p>
<p>새로운 과학기술 (A New Era of S&T): 대한민국 과학과 산업의 미래를 위한 기술은 무엇인가?</p>	<p>F. 기초과학의 새로운 패러다임 개척 - 기존에 시도하지 않았던 기초연구와 공학기술의 융합 도전</p>	<p>[9] 위험한 오염원으로 알려진 질소를 유효하게 활용할 수 있는가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 질소 공급과 수요에 의한 자연 통제 기술 연구 <p>[10] 지구온난화로 얼마까지 뜨거워질 것이며 위험수준은 어떠한가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 과학적 지식과 공학기술을 활용한 지구온난화 예측과 영향 연구 <p>[11] AI와 Data Science가 기초연구 이론과 실험을 혁신할 수 있을까?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 재료연구의 디지털 R&D 트윈 <p>[12] 화학적 자가조립을 공학적으로 재현할 수 있는가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 자가정렬(Self Assembly)의 원리 규명 및 인공지능과 빅데이터를 활용한 공학적 재현 시도 	<p>IoT, 인공지능, 블록체인, 디지털 트윈, 로봇</p>
<p>앞의 지평 확장 (Expansion of Knowledge): 인류의 역사에</p>	<p>G. 차차세대 기술 예측 - 현 세대보다 두 단계 앞선 기술을 위한 기초 과학 및 공학 연구</p> <p>H. 진화의 비밀 탐구 - 생명의 원리 연구</p>	<p>[13] 인간-기계시스템은 어떻게 진화할 것인가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 뇌 운동 회로를 모사한 운동 인공 지능 및 로봇 개발 • 운동기능을 넘어 인간의 감각을 재현한 로봇 장기 <p>[14] 4차 산업혁명 이후, 차세대 기술은 무엇인가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 양자 역학적 세계에 대한 인지적인 변화와 데이터의 양자적 특성을 고려한 AI • 두뇌인터넷, 생체인터넷 개발 <p>[15] 번역시스템의 스위치를 켜고 끌 수 있을까?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동식물 번역시스템 활성화 및 진화 메커니즘 규명 	<p>의학, 기초과학, 로봇, 인공지능,</p>

남길 수 있는 지식은 무엇인가?		[16] 세포덩어리는 어떻게 인간이 되는가? <ul style="list-style-type: none"> 장기 발생 과정 중 구조 및 기능 획득 기전 연구 	바이오칩
	I. 우주의 기원 규명 - 우주의 생성 원리 연구	[17] 암흑물질을 통해 우주의 기원을 어떻게 설명할 수 있는가? <ul style="list-style-type: none"> 천문관측/입자 가속기 빅데이터 활용 암흑물질 연구 효율화를 위한 ICT 융합 연구 개발 실험/관측-시뮬레이션 통합 데이터 처리로 암흑물질탐색연구 등 	

- A. 암 정복의 재도전: 인류를 괴롭히는 최대 난치병인 암은 전 세계 수많은 연구진이 천문학적 비용을 들여 연구를 했으나 여전히 정복하지 못한 상황. 세계지식포럼에서는 100년 혹은 수 백년 이상 지나야 가능하다는 예측도 나옴. 그러나 가장 어려운 난제로 꼽히는 암 전이 예측기술(재발 방지)과 암세포의 정상세포화 기술, 진단·치료를 위한 인공지능과의 결합 등은 도전할 만한 주제로 꼽혔으며 설문조사결과 등에서 볼 때 국내 많은 연구자들의 지지를 얻음. 특히 설문조사 개별 아이디어 접수에서 난치병 분야에서는 ‘암(22건, 5.6%)’이 가장 많이 접수됨

* 미국은 2018년 1조 2000억원을 투자해 암을 정복하겠다는 ‘캔서 문샷(Cancer Moonshot)’ 사업을 발표함.

- B. 이상적인 장수(長壽)의 실현: 한국을 비롯한 선진국의 급속한 고령화는 사회 문제가 될 것이며, 특히 건강하지 않은 장수(長壽)는 재앙에 가깝다는 경고가 지속되고 있음. 늘어난 기대수명만큼 건강수명을 맞추기 위해 노화 억제에 대한 연구, 치매 등 만성 뇌질환을 위한 획기적 연구, 여성과 남성의 수명차이 극복 연구 등에 도전해야 한다는 의견이 제기됨

- C. 감각장애의 극복: 삶의 질과 행복추구의 기본인 인간의 감각능력을 증강·유지시키는 연구의 필요성이 높아지고 있음. 자연계 및 생명체를 모사한 인공 감각 신경계 개발, 실명치료를 위한 디지털 진단 시스템 구축 및 첨단 재활 치료 등을 예시로 들 수 있음

- D. 깨끗한 에너지원 개발, E. 지구온난화 해결 : 설문조사를 통해 과학난제에 대해 가장 많이 강조된 개념은 ‘공공성’과 ‘사회문제 해결’로서 특히 환경·에너지

지 분야에서 수많은 과학난제가 추천됨. 특히 주관식 아이디어 수집에서 ‘미세 먼지’가 매우 높은 비율을 차지했으나 근래 미세먼지 관련 R&D사업이 다수 추진되고 있음에 따라 과학적 접근이 필요한 다른 과학난제를 시도하는 것이 필요하다는 의견이 제기됨. 지속가능한 발전을 위한 목표(SDGs)를 위해 온실가스 문제가 새로운 도전이 될 수 있으므로 이를 획기적으로 줄일 수 있는 과학적 접근방법, 태양전지를 뛰어넘는 새로운 태양에너지 활용 기술, 자외선과 전파를 에너지원으로 사용하는 기술 등 새로운 방법을 개척하는 주제가 제안됨

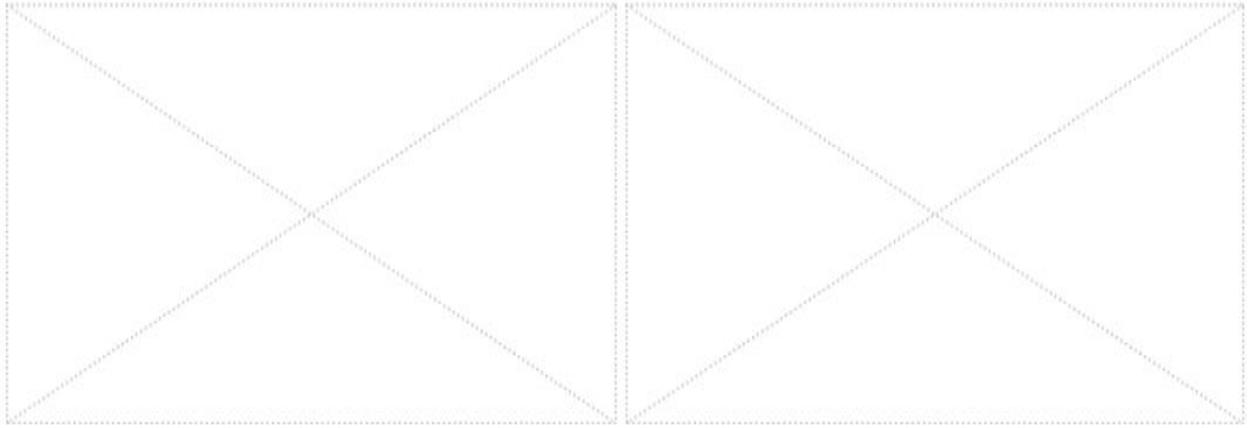
- F. 기초과학의 새로운 패러다임 개척, G. 차차세대 기술 예측: 전 세계적으로 연구가 거의 이루어지지 않았으면서 우리나라가 상대적으로 연구수준이 높은 분야에서 미래 과학기술 개발에 대한 도전이 필요하다는 의견이 제기됨. 기존에 시도하지 않았던 기초연구와 공학기술의 융합 도전, 현 세대보다 두 단계 앞선 기술을 위한 기초과학 및 공학연구가 필요하다는 의미임. 그 예로 재료연구와 인공지능의 융합, 운동기능을 넘어 인간의 감각을 재현한 인공 감각 신경계의 개발 등이 과학난제로 제시됨

- H. 진화의 비밀 탐구, I. 우주의 기원 규명: 지구의 탄생과 생명의 근원에 대한 과학적 탐구는 여전히 가장 큰 난제로 꼽힐 수 있음. 이 중 한국의 R&D 여건을 고려할 때 인간의 생명과 진화에 대한 원리 연구와 규명은 충분히 도전할 만한 주제이며, 세계과학기술계에 기여할 수 있는 주제로 추천됨. 특히 최근 전 세계적인 연구동향을 고려할 때, 장기 발생과정에 대한 연구, 면역시스템과 진화메커니즘의 규명, 뇌 연구 등은 파급효과가 더욱 클 것으로 기대됨

(2) 추천된 과학난제 후보과제의 배경 및 상세 예시

건강한 삶

[A] 암 정복 재도전: 획기적인 암 치료 방법 연구



[1] (예시과제) 암이 어디로 전이될지 예측하고 억제할 수 있을까? (종양 전이 기전 규명 및 선택적 사멸기술)

□ 개요

- 미해결 과학 난제인 종양 세포가 전신으로 전이되는 기전을 규명하는 연구에 대한 수행 필요성이 논의되었으며, 본 연구 수행을 통해 종양 환자들의 생존율 및 치료율을 제고시킬 수 있고 새로운 패러다임의 신약 개발 환경을 조성할 수 필요성이 제시되었음

□ 추천 배경

- 현재 1차 종양 발생에 대한 치료법은 수술, 방사선 요법이 사용되고 있으나, 전이되는 종양에 대한 분자, 세포, 면역 기전적인 이해와 제어요법은 매우 제한적이며 재발에 의한 전신적인 종양에 대해서는 근본적인 해결책이 없는 상황임
- 종양 세포의 증식 기전 자체에 대한 생명분야의 연구는 다수 수행되어 왔으나, 종양 세포가 전신으로 전이되는 기전의 규명은 생명과학/의약학 분야에서 중장기적 연구가 필요한 미해결 과학 난제임
- 본 난제에 대한 기전적인 접근과 함께, 전이되는 종양세포의 미세 분석, 전이되는 세포의 선택적인 사멸기술 연구는 종양환자들의 생존율 및 치료율을 높

이고 제약 산업체에서도 새로운 패러다임의 신약개발 환경을 조성할 수 있음

□ 세부내용

- 종양세포의 전이에 대한 분자 생물학적인 핵심 기전 규명
- 종양세포의 전이와 면역 환경의 상호작용에 대한 기전 규명
- 혈중으로 전이된 종양세포의 초고감도 바이오 센서 설계
- 전이 세포 감지형 생체 내장형 IC chip 기술
- 전이형 종양세포의 유전체적 특징에 대한 빅 데이터 수집 및 분석
- 종양 전이 세포의 마커 발굴 연구
- 종양 전이 제어를 표적으로 하는 신개념 항암 신약 후보군 설계
- 전이 세포 감지후 실시간 전이 제어 물질을 방출하는 스마트로봇 설계

□ 융합연구의 필요성

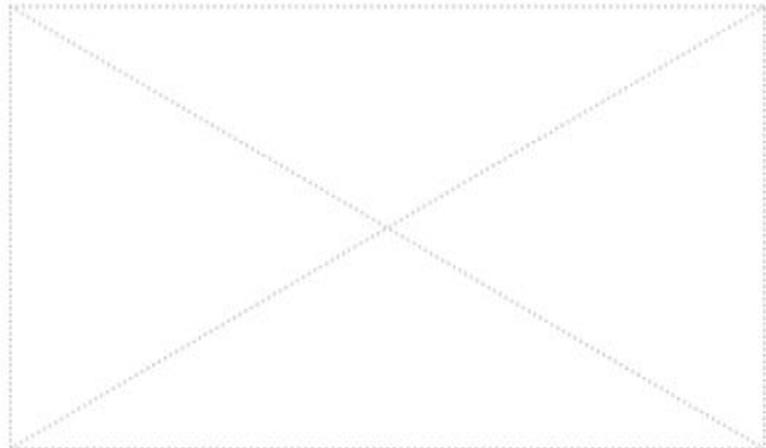
- 종양세포의 전이 기전 규명에 대한 생명과학적 연구, 전이세포의 특징에 대한 유전체 빅 데이터 연구, 전이세포를 실시간 감지하여 환자에게 신호를 전달하는 ICT chip 공학 기술, 전이제어를 표적으로 하는 신약개발, 신호 감지 및 치료제 방출을 조절하는 스마트로봇 설계 등은 4차 산업혁명 시대에서 생명, 약학, 의학, 공학분야의 다학제간 융합에 의해서만 접근할 수 있는 통합적 연구임

□ 추진방법의 예시

- 대형 연구팀을 초기부터 모두 구성하지 않고 핵심 연구자를 중심으로 시작함. 연구 진행에 따라 융합이 필요한 분야에 대하여 자유공모제로 참여 연구자를 추가 선발함
- 세부과제 형태의 도식화된 연구팀의 벽을 없애고, 단장 중심의 연구체제 하에서 연구 진행에 따른 융합 연구팀의 형성, 재조정이 유연하게 구성함
- 난제 극복시의 수요대상자인 종양 환자 및 환자 가족, 시민 사회와의 소통을 통한 사회적 실수요를 충족시키는 연구 주제 보장

[2] (예시과제) 암세포를 정상세포로 되돌릴 수 있을까? (복잡계 네트워크 제어기술 기반 암세포 가역화 연구)

□ 개요

<p>개념 및 특징</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> - (도전) 암세포의 사멸만을 목표로 하는 현행 암치료는 항암제에 대한 내성발생과 정상세포도 함께 손상되는 부작용의 한계를 지님. 이를 극복하기 위한 새로운 개념의 혁신적인 치료전략으로서 암세포를 정상세포로 되돌리는 암세포 가역제어 원천기술 개발이 필요함 - (융합) 생명과학, 시스템생물학, 복잡계과학의 융합을 기반으로 하는 암세포 가역화 제어기술을 통해 암치료 분야의 새로운 돌파구 마련 - (창의) 암화과정의 단일세포 데이터를 측정하여 암세포의 초정밀 복잡계 네트워크 모델을 구축하고 가역 제어타겟을 발굴함으로써 지금까지 난제로 남아있는 암세포 가역화의 제어기술을 개발 																		
<p>난제 레벨</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">L3</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">암세포 가역화 제어타겟 발굴을 통한 치료 원천기술 개발</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L2</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">암 발생/발달 및 암세포 가역화의 시스템적 원리 규명</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L1</td> <td style="text-align: center;">생명과학</td> <td style="text-align: center;">복잡계과학</td> <td style="text-align: center;">인공지능</td> <td style="text-align: center;">뇌공학</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	L3	암세포 가역화 제어타겟 발굴을 통한 치료 원천기술 개발					L2	암 발생/발달 및 암세포 가역화의 시스템적 원리 규명					L1	생명과학	복잡계과학	인공지능	뇌공학	...
L3	암세포 가역화 제어타겟 발굴을 통한 치료 원천기술 개발																		
L2	암 발생/발달 및 암세포 가역화의 시스템적 원리 규명																		
L1	생명과학	복잡계과학	인공지능	뇌공학	...														
<p>연관 분야·기술</p>	<p>시스템생물학, 복잡계과학, 시스템제어, 암생물학, 유전학, 세포생물학, 의학 등</p>																		

□ 추천 배경

- (필요성) 암세포의 사멸만을 목표로 하는 현행 암치료의 근본적인 한계를 극복하기 위해서는 시스템 차원에서 암세포를 정상세포로 환원시킬 수 있도록 가역화 메커니즘을 규명하고 이를 토대로 한 암세포 가역제어 연구 및 치료기술 개발이 필요함
 - 전통적인 독성항암제 및 표적항암제로부터 최근 면역항암제에 이르기까지 약물을 통한 암치료 연구가 지난 수십 년간 진행되어 왔으나 암으로 인한 사망률은 크게 감소되지 않았음
 - 암세포의 사멸만을 목표로 하는 현행 암치료의 근본적인 한계는 암세포의 약물 내성 획득으로 인한 암의 재발 및 정상세포 사멸 등의 부작용을 피할 수 없는 것에 있음
 - 이러한 한계를 극복하기 위해 기존의 고정관념을 뛰어넘어 암세포를 정상세포로 되돌리는 암세포 가역 제어기술을 기반으로 하는 새로운 개념의 혁신적인 치료 전략이 필요함
 - 분화, 노화 등과 마찬가지로 비가역적 생명현상이라 생각되는 암화 과정을 되돌리는 것은 불가능하다고 여겨지고 있지만, 최근 야마나카 신야는 4개의 조절인자로 체세포를 유도만능줄기세포로 역분화시킴으로써 비가역적 생명현상을 되돌릴 수 있음을 보여주었음
 - 암은 유전자 돌연변이의 누적으로 분자간 조절 네트워크가 변형되어 정상적인 신호전달 체계가 무시되고 무분별한 세포증식 상태로 변환된 것이지만, 암세포 내 분자조절네트워크의 복잡성을 고려하면 특정 분자들을 제어하여 기능을 복원하는 것이 가능함
 - 이와 같은 관점에서 암세포 복잡계 네트워크의 손상된 기능을 복원하여 정상세포 상태로 되돌릴 수 있는 최적의 분자 제어타겟을 시스템적 접근법으로 발굴하여 조절하는 암세포 가역화 제어기술을 시스템생물학을 토대로 개발하는 것이 필요함

- (글로벌 연구현황·수준 분석) 세계적으로 암세포의 가역성 연구를 시도하고 있는 그룹은 극소수이며 이들 또한 특정 유전자를 조절하는 단편적인 분석에 그치고 있으며, 암세포내 대규모 분자조절 네트워크의 시스템 분석

을 통한 가역제어에 성공한 사례는 전무함

- (관련 사례연구 1) 프랑스의 아담 텔러만: 암세포만을 선택적으로 사멸시키는 바이러스를 감염시킨 후 살아남은 정상 유사 세포와 암세포 사이의 단순 비교 분석에 의해 특정 유전자를 발굴하였으나 정상세포로의 완전한 회복이라 보기 어려운 한계가 있음
- (관련 사례연구 2) 미국의 스콧 로웨: 대장암의 대표적인 발암 유전자인 APC의 돌연변이를 도입한 대장암조직에서 APC를 다시 복구시켰을 때 정상 생쥐의 장과 같은 기능 회복을 확인하였으나, 인위적으로 도입한 돌연변이를 다시 환원시키는 수준에 그치고 있어 실제 치료에 적용하기 어려운 한계가 있음

○ (국내 관련 연구 인프라)

- 국내의 많은 암 연구는 암세포의 사멸에 집중되어 있으며, 암세포의 가역제어에 대한 연구는 아직 시도된 바 없음
- 암세포 가역화 제어기술 개발을 위해 △암화 과정의 초정밀 단일 세포 데이터 측정 △암세포내 복잡계 분자네트워크에 대한 수학 모델링과 동역학 분석을 위한 시스템생물학 연구 △최적 분자 제어타겟 발굴을 위한 복잡계 네트워크 제어이론 연구 등, 국내 관련 연구 인프라는 세계 선도적 수준으로 평가받고 있음
- 국내의 시스템생물학 연구팀, 제어이론 연구팀, 임상연구팀이 서로 협력하여 IT-BT 융합기반 암세포 가역화 제어 원천기술을 개발하면 관련 바이오산업의 국제 경쟁력 강화에 크게 기여하게 될 것임

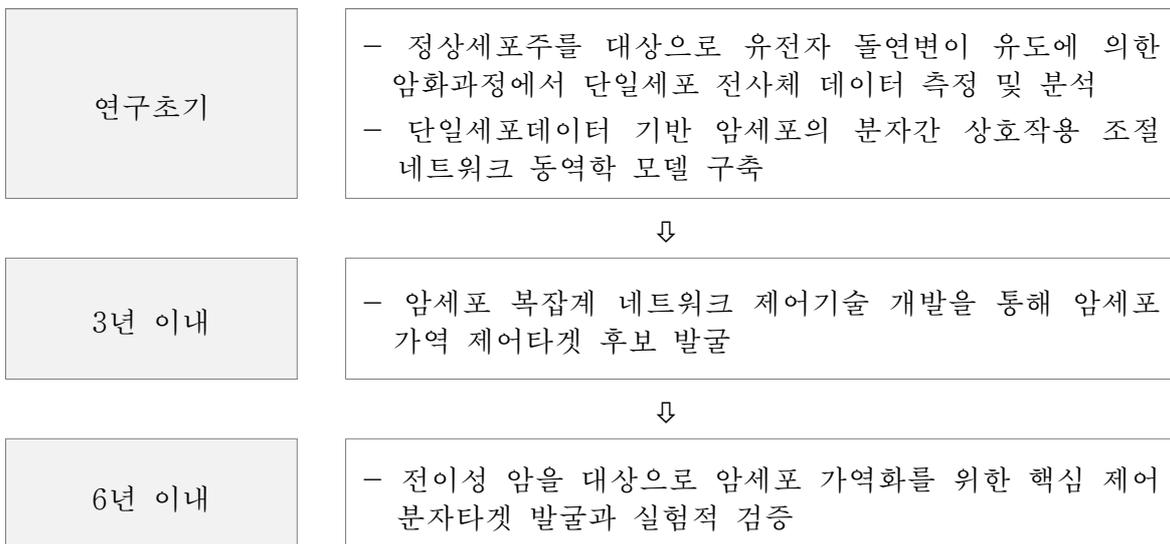
○ (기대효과) 암 발생/발달의 근본적인 작동 메커니즘 규명에 기여할 수 있으며, 암세포의 사멸만을 목표로 하는 현행 항암치료의 근본적인 한계를 극복할 수 있는 신개념 치료전략 제시

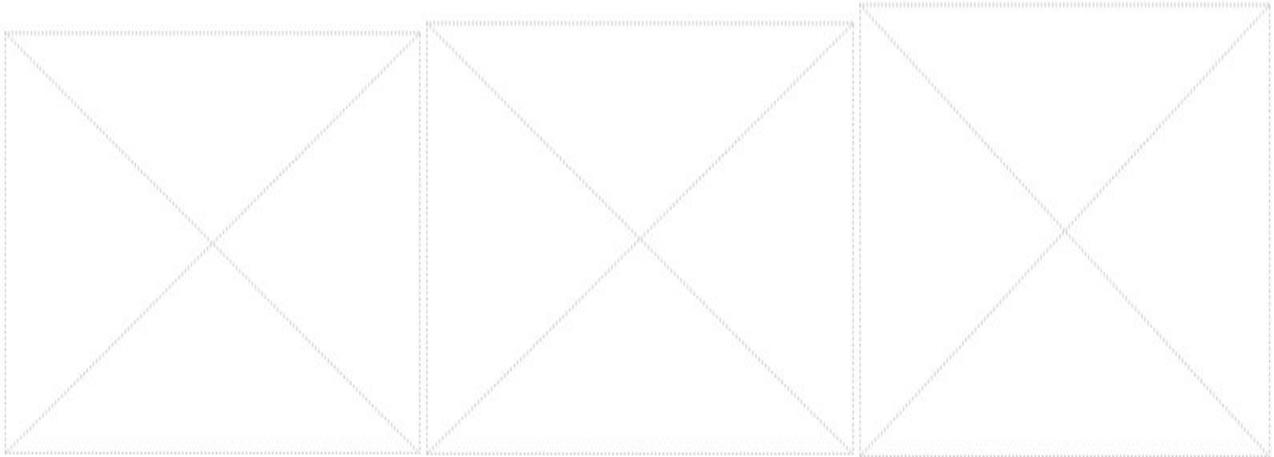
- 컴퓨터시뮬레이션 기반 생체네트워크 제어기술을 개발함으로써 글로벌 바이오의 약시장을 선도
- 세계적으로 연간 26조원 이상이 투자되고 있는 개인맞춤형 정밀의료서비스라는 신규 시장에서 원천 기술을 선점할 수 있음
- 생명현상의 제어에 관한 핵심 원천기술 확보 및 새로운 IT-BT 융합 패러다임 창출

- 암 발생 이외에도 여러 질병 및 노화 등 보통 군집 수준에서 비가역적으로 알려진 세포 상태의 가역화를 위한 보편적 원리 탐구에 응용

□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

- (도전목표) 암세포 복잡계 네트워크 제어기술 개발을 통한 암세포 가역 제어 분자타겟 발굴
 - 단일세포 데이터 기반 수학적모델링을 통한 암세포의 초정밀 복잡계 네트워크 모델개발 기술
 - 복잡계 네트워크 제어기술 개발을 통한 암세포 가역 제어타겟 후보 발굴
 - 암세포 가역 제어타겟의 실험적 검증
 - 전이성 암세포주를 대상으로 암세포 가역화 제어타겟 발굴 및 실험적 검증
- (접근방안) 암세포를 정상세포로 되돌리는 복잡계 네트워크 제어기술을 개발하기 위해 (i) 암화과정의 단일세포 실험측정을 통해 암 발달과정의 생체분자간 복잡계 네트워크 수학적모델을 개발하고, (ii) 네트워크 제어기술을 통하여 암세포 가역 제어타겟 후보를 발굴하며, (iii) 발굴된 타겟 후보를 조절하여 분자 및 세포수준에서 정상화되었는지 실험적으로 검증함으로써 생명과학과 복잡계과학의 융합을 기반으로 하는 암세포 가역제어 연구 및 치료기술 연구개발 수행





[3] (예시과제) 만성 뇌질환의 완전한 치료는 가능한가?

과학난제 개요

개념 및 특징																									
	<p>(도전) 기존 신경 세포 중심의 뇌질환 연구를 탈피한 뇌 시스템적 포괄적 연구를 통한 뇌질환 기전 규명</p> <p>(융합) 인지/행동/실험 심리학, 언어학 등 인문학의 통섭적 접근을 뇌과학에 융합한 뇌질환의 신경 조절 통합 원리 창안</p> <p>(창의) 현존 신경조절 기술을 타파하여 증거 중심 뇌역공학 기반 질환 특이적 신경 조절 치료 기술 발명</p>																								
난제 레벨	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>L3</td> <td colspan="7">질환특이적 치료 기전/병리 규명 기반 신경조절 치료</td> </tr> <tr style="background-color: #f4b084;"> <td>L2</td> <td colspan="7">과학-공학 융합 뇌역공학 기반 신경 의학 연구</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>심리학</td> <td>뇌과학</td> <td>의학</td> <td>뇌공학</td> <td>뉴로모픽</td> <td>인공지능</td> <td>...</td> </tr> </table>	L3	질환특이적 치료 기전/병리 규명 기반 신경조절 치료							L2	과학-공학 융합 뇌역공학 기반 신경 의학 연구							L1	심리학	뇌과학	의학	뇌공학	뉴로모픽	인공지능	...
L3	질환특이적 치료 기전/병리 규명 기반 신경조절 치료																								
L2	과학-공학 융합 뇌역공학 기반 신경 의학 연구																								
L1	심리학	뇌과학	의학	뇌공학	뉴로모픽	인공지능	...																		
연관 분야·기술	<p>뇌질환치료, 뇌과학, 뇌공학, 심리학, 정밀의료</p>																								

□ 추천 배경

○ (필요성) 만성뇌질환은 인류 최대의 숙제 중 하나로, 인간에게 적용할 수 있는 질환 특이적 치료 방법이 전무한 신경의학 임상 분야의 난제

- 뇌질환 극복을 위한 다양한 신경 조절 치료 및 처치 방법에 대한 연구가 세계적으로 활발하나, 대부분이 신경세포 중심의 동물 모델 수준에서 머물러 있음
- 뇌질환 치료에 약물, 자극 등을 활용한 신경 조절 연구가 단편적으로 진행되고 있으나, 신경 조절 기전에 대한 상충된 다양한 이견들이 있으나, 임상적 증거 기반의 본질적 기전들이 아직까지도 명확히 밝혀지지 않고 있음
- 신경세포 중심의 연구에서 벗어나 뇌세포·회로·영역의 시스템적 관점에서 질환 특이적 치료 기전을 규명하는 데 있어, 심리학, 인지과학, 뇌공학, 신경과학 등 과학과 공학을 융합해 동물 수준이 아닌, 인간에게 임상적으로 적용할 수 있는 (human-transferable) 신경 조절 융합 연구가 필요함

○ (글로벌 연구현황·수준 분석) 뇌를 전체적인 포괄적 관점에서 이해하려는 시스템적 융합 뇌과학 연구는 국제적으로 전무함

- 신경세포 중심의 분산적 연구가 아닌, 뇌 전체의 시스템적 관점에서 제시된 국제적 연구 결과가 보고된 바 없음
- 신경세포 외(extra-neuronal) 기타 뇌 구성 요소(other brain)인 교세포(glia)와 백질(white matter)의 만성뇌질환과 관련된 병인발생기전(pathogenesis)에 대한 연구가 매우 미흡
- 특히, 자기, 전기, 광, 화학 등 다양한 자극 기반 신경조절 연구가 개별적으로 활발하나, 포괄적 기전에 근거한 신경조절치료 임상 사례 없음
- 심리학 등 인문과학과 뇌과학이 융합된 신경조절 연구가 매우 미진하며 역공학 기술을 활용한 포괄적 신경조절 기전 및 병리 연구가 보고된 바 없음

○ (국내 관련 연구 인프라)

- NSC급 논문 검색 결과, 뇌질환 중심 뇌과학 연구 및 신경 조절 분야에서 국제적 명성이 있는 국내 연구자들이 다수가 존재함을 확인
- 학술 단체 검색 결과, 임상 심리학, 실험 심리학, 인지/행동 심리학, 행동분석, QOL 평가 등이 가능한 국내 연구자들이 다수가 존재함을 확인
- 국가 R&D 검색 결과, 뇌과학 기반 인공지능, 뉴로이미징, 뉴로모픽 등 다수의

과제를 수행한 연구자들이 다수가 존재함을 확인

- 국가 장비 검색 결과, 연구 수행에 필요한 고가 대형 장비(MRI, PET 등)가 전국에 걸쳐 분포함을 확인

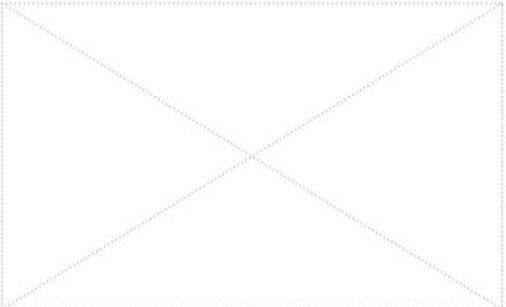
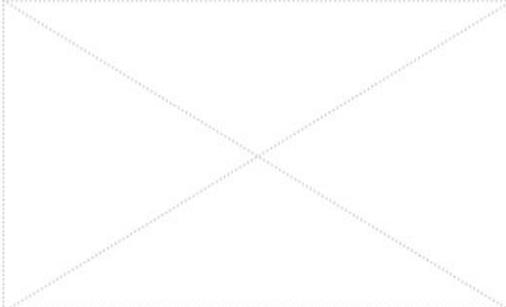
○ (기대효과) 뇌과학 연구를 통한 만성뇌질환 치료 및 국가 사회문제 해결

- 신경세포, 교세포, 백질 등을 각각 부분이 아닌 전체를 포함한 시스템적 관점에서 접근하여 만성뇌질환의 기전과 병리를 발견
- 인지/행동 심리학, 실험심리학, 언어학, 행동 분석학, 복지학 등 인문과학적 연구 방법론을 채택하여 만성뇌질환의 기전, 병리, 및 치료 등의 평가, 검증, 예측 등을 할 수 있는 신경 조절 통합 이론 창안
- 현존 신경조절 기술을 타파할 수 있는 기전 및 병리에 근거한 역공학 기반 만성 뇌질환의 질환 특이적 치료 기술의 발명
- 만성뇌질환 치료의 임상 대중화를 실현하여 환자의 조속한 사회 복귀를 통한 건강하고 안전한 사회 구현
- 만성뇌질환 치료의 공공 의료화를 실현하여 사람 중심의 포용적 복지 국가 구축에 기여
- 독창적 신경조절치료기기의 글로벌 제품을 만들어 미래 헬스케어 산업의 국가적 역량 제고
- 만성뇌질환 생체 정보(뇌 정보, 유전 정보, 피눔, 임상 정보 등) 빅데이터 플랫폼 구축하여 만성뇌질환 정밀의료 산업 기반 조성

□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

○ (도전목표) 융합적·포괄적 뇌시스템 역공학 기반 신경조절 기전 규명과 임상 치료

- 신경세포, 교세포, 백질 등을 각각 부분이 아닌 전체를 포함한 시스템적 관점에서 접근하여 만성뇌질환의 기전과 병리를 밝힘
- 인지/행동 심리학, 실험심리학, 언어학, 행동 분석학, 복지학 등 인문과학적 연구 방법론을 채택하여 만성뇌질환의 기전, 병리, 및 치료 등의 평가, 검증, 예측 등을 할 수 있는 신경 조절 통합 이론 창안
- 현존 신경세포 중심 동물 모델 기반 범용 신경조절 기술을 타파할 수 있는 임상 증거 기반 질환 특이적 만성뇌질환 치료 기술의 발명

(현재) 신경세포 중심 동물 모델 기반 범용 신경 조절 치료	(미래) 뇌시스템 중심 임상 증거 기반 질환 특이적 신경조절 치료
	
<p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> - 동물 수준의 신경세포에 집중한 신경 조절 기전 연구 및 이에 근거한 범용적인 신경 조절 치료(사례: 파킨슨 치료용 뇌심부자극술을 다른 뇌질환에도 적용하고 있으나, 치료 효과가 미비) 	<ul style="list-style-type: none"> - 신경세포, 교세포를 포함하는 뇌세포, 뇌세포들 간 연결 뇌회로, 및 뇌영역 간 기능적 구조화 등을 통합적으로 연구하고, 중개 임상을 통해 질환 특이적 치료가 가능한 신경조절 기술 개발

○ (접근방안) 만성뇌질환 치료를 위한 과학-공학 초학제적 융합 연구

연구초기	<ul style="list-style-type: none"> - 만성뇌질환 극복 중개 뇌과학 융합 포럼 운영 통한 연구자간 집단지성 협업 연구 모델 정립 및 플랫폼 체계 구축
↓	
3년 이내	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 기반 신경조절치료 국제 심포지엄 개최 통한 Global-Leading 연구 그룹으로 도약 - 국내외 연구자 간 개방형 협업 연구가 가능한 뇌역공학 기반 중개 뇌과학 센터를 Virtual 형태로 설립하여 국제 공동 협업 플랫폼 구축 및 운영
↓	
5년 이내	<ul style="list-style-type: none"> - 뇌질환 1종에 대한 시스템 기반 신경조절 기전 규명 및 중개 임상 연구 착수 - 뇌질환 1종에 대한 시스템 기반 신경조절치료기기 발명 및 FDA 인증 컨설팅 착수 - SFN(신경과학자협회)급 Global-Top 국제학술대회 기조 연설

[4] (예시과제) 100살까지 신체적 젊음을 유지할 수 있을까?(노화 억제 및 역노화 기전 규명 및 제어 기술 연구)

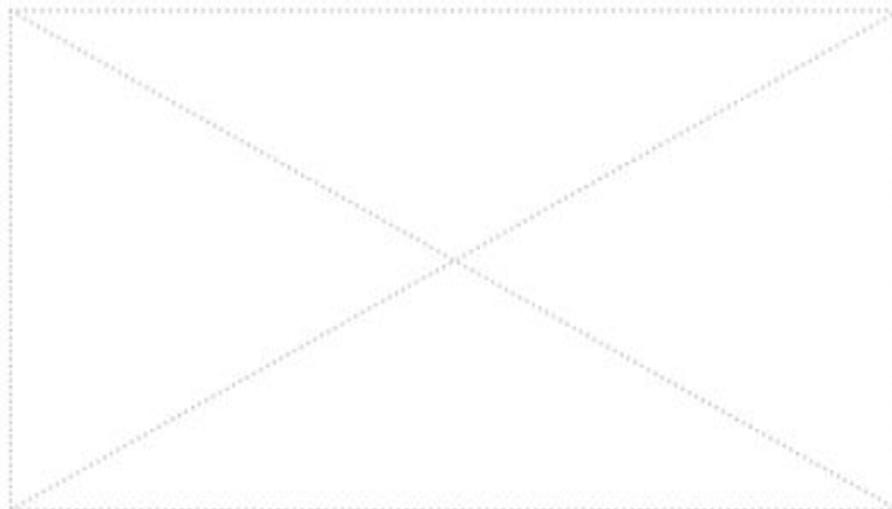
□ 난제 개요

- 미해결 과학 난제인 노화 기전을 생애주기 코드 구축을 통해 규명하고 내적·외적·환경적 요인을 제어함으로써 노화를 억제하는 연구가 제안되었으며, 해당 연구를 효율적으로 수행하기 위한 ‘개방형 융합 집단 연구’, ‘통섭 연구 환경 조성’ 방안 또한 제시되었음

□ 추천 배경

- 초고령사회 진입으로 수명연장과 건강장수의 관심이 커짐
- 역노화 기술은 초인류(Trans-Human)화 기술의 미래 Breakthrough
- 인공지능(AI), 바이오(Bio) 기술 간의 융합(Convergence)과 사회과학 및 공학 등의 응용과학(Applied Science), 의학, 신경과학 등 기초과학(Basic Science)의 통섭(Consilience)을 통한 의료 기술 혁신
- 헬스케어 분야 4차산업혁명화 통한 건강한 개인 및 행복한 커뮤니티 활성화

□ 세부 내용



- 생애주기 코드 구축 : “생애주기 코드”의 발굴은 시간의 흐름에 따라 변화해

가는 인간생애의 일정한 단계별 변화 과정을 정량화하여 정밀의료 기반의 개인별 맞춤형 의료진단, 예측 및 치료에 적용함

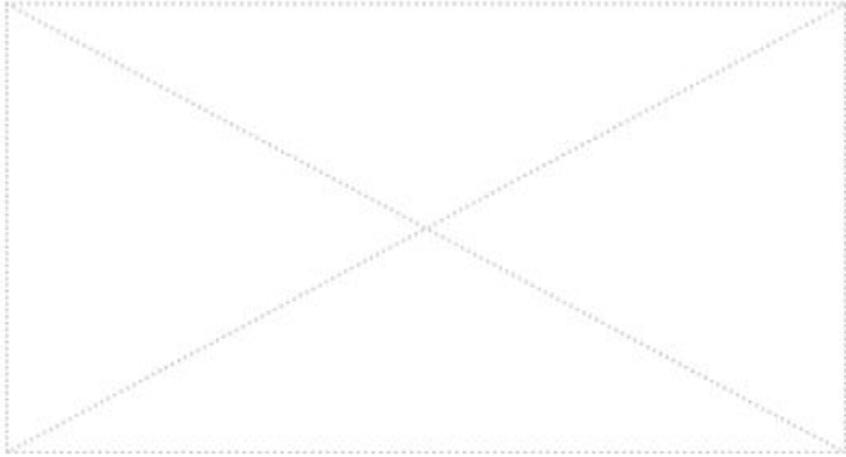
- 내적요인 제어: 생체내 분자/세포 수준의 생물학적 제어 접근
- 외적요인 제어 BT, IT, NT, Robot 등 기술을 활용하여 기능회복 제어 접근 (물리적 외부 자극, 재활로봇 등을 활용한 물리/기계적 지원)
- 환경적 요인 제어: IoT 기술을 이용한 사회적 돌봄 제어 및 모니터링 접근

□ 추진 방법 예시

- 개방형 융합 집단 연구(Open Convergence Group Research): Telepresence 기반 집단 연구: Github 등의 개방형 온라인 커뮤니티 활용 실시간 연구 상호 교류/피드백 활성화, 국가자원 슈퍼컴퓨팅 센터 활용 빅데이터 구축 및 AI 기술 개발 추진
- 통섭 연구 환경 조성(Consilience Research Community): 연구 방법, 내용 및 결과물 등 기술 중심 연구 전반에 대한 사회과학적, 철학적 논거 입증을 위한 연구 병행 추진
- 보상 중심 연구 진흥(Reward-based Promotion): 우수 기술 도입/견인 위한 연구 주제별 내/외부 컨테스트

[5] (예시과제) 여성과 남성의 수명차이 극복 연구(행복사회를 위한 남녀 수명 차이 극복방안 개발)

□ 과학난제 개요

개념 및 특징																			
	<ul style="list-style-type: none"> - 남녀수명차이 극복을 통한 인간의 행복 증진에 기여 - 생명과학과 인문 사회 환경과학이 통합적으로 협업 - 초고령사회로 진입하는 세계적 트렌드에서 남녀평등의 숙원사업 해결 																		
난제 레벨	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 5%;">L3</td> <td colspan="5">행복한 사회 구축</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td colspan="5">-</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>의료</td> <td>바이오</td> <td>인문</td> <td>사회</td> <td>경제</td> </tr> </table>	L3	행복한 사회 구축					L2	-					L1	의료	바이오	인문	사회	경제
L3	행복한 사회 구축																		
L2	-																		
L1	의료	바이오	인문	사회	경제														
연관 분야·기술	생명과학, 인문학, 환경과학, 의학, 생물정보학, 사회학, 경제학, 인류학																		

□ 추천 배경

○ (필요성) 남녀 수명차이 극복을 위해서는 수명의 결정요인 분석, 자연수명의 차이 비교 등 근본적인 문제 해결 필요

- 수명의 결정요인에는 자연수명과 질병 및 사고 등에 의한 사회수명이 있으며, 남녀간의 수명차이의 근본을 해결하기 위해서는 자연수명의 차이를 비교하는 것이 최우선과제이고 이를 위해서는 자연수명에 가장 접근하기 위해서는 남녀간 장수인의 수명패턴분석부터 시작하여야 함
- 인간의 장수요인을 설명하기위한 장수집짓기모델에 따르면 자연적 변동요인으로 유전, 성별, 성격, 환경생태, 문화전통이 있으며, 개인적 가변요인으로는 영양, 운동, 관계, 참여가 있고, 사회적 가변요인으로는 사회안전망, 의료시스템, 교육체계, 정치경제안정 등이 있음
- 수명의 문제를 해결하기 위해서는 제반 요인을 규명하기 위하여 과학, 의학, 영

양, 환경, 사회문화학을 포함한 융합적 방법을 통한 근원적 접근이 필요하며, 이에 덧붙여 건강요인으로 중요한 질병에 대한 감수도의 남녀차이를 변수로 비교분석하면 소기의 성과를 기대할 수 있음

○ (국내 관련 연구 인프라)

- 수명의 개체요인인 생물학적 요인의 규명을 위해서는 분자생물학, 유전학, 대사영양학, 의학 등의 전문가가 필요함
- 수명의 공공요인인 사회적요인의 규명을 위해서는 환경, 생태, 문화, 경제, 인류학, 사회학, 복지학 등의 전문가의 참여가 필요함
- 세계적 동향과 및 지역적 차이의 비교와 생명과 사회환경의 상호작용을 체계화하기 위한 수학 및 통계학과 인구학의 전문가가 공동협력연구가 필요함

○ (기대효과) 남녀 수명차이 해소를 통해 미래사회 양성평등을 지향하여 국제적인 선도적 지위를 확보

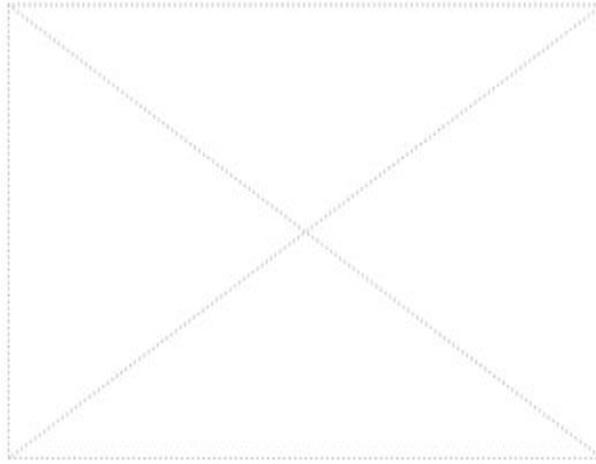
- 기대수명 및 건강수명에 대한 개인화된 유전체 정보 수집 및 생물정보학 분석 연구를 통하여 남녀 간에 차이가 나는 노인성 질병의 예방 및 치료법 개발에 활용
- 생명과학, 의료, 사회 문화, 환경 분야의 정보가 통합된 융합과학 체계 구축으로 혁신적 미래사회 문제 해결방안 강구
- 남녀 특성에 따른 노령인구의 실질적 기능 향상을 통해 노동력의 사회적 활용 증대를 이루고 국가적 보건의료비 및 사회간접비의 절감과 남녀 수명 평준화를 통한 행복사회 구축에 기여
- 혁신적인 남녀 평등 수명 유도 방안과 노화제어기술 및 고령사회 필요한 환경제어 및 문화충족 증대 방안 개발을 통하여 핵심기술의 특허권을 확보하여 국가 생명과학산업과 장수문화산업 육성을 위한 기반을 제공

□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

○ (도전목표) 남녀 수명차이에 대하여 생명과학, 의학, 사회학, 문화, 환경학이 융합하여 해결하는 새로운 방안 구축

- 생물학적 수명결정요인 규명 Genomics, Epigenomics, Metabolomics 수준에서 근원적 차이 구별하여 제어 방안 강구
- 성별, 연령별 면역능, 내분비능 차이 의 근원적 원인규명 및 제어방안강구
- 물, 공기, 식품, 주거환경의 혁신적 개혁을 통한 해결방안 강구
- 문화적 해결방안 강구를 통한 사회제도 개혁

○ (접근방안) 남녀 수명차이의 근본을 해결하기 위해서는 자연수명의 차이를 비교하는 것이 최우선과제



[6] (예시과제) 감각장애를 극복하는 과학기술적 방법이 있는가?

과학난제 개요

개념 및 특징																	
	<ul style="list-style-type: none"> - 감각계에 장애가 있는 환자들에게 감각 소자 활용을 통해 감각 회복 가능 - 인공 감각 신경계를 이용한 인공 신경 보철 장치 개발 등 신경 장애 해결을 통한 윤택한 삶 복원 - 오감 신경을 보유하고 있는 인간과 유사한 로봇 개발로의 활용 																
난제 레벨	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">L3</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr style="background-color: #f4d03f;"> <td style="text-align: center;">L2</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">친화형 지능형 로봇의 구현</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L1</td> <td style="text-align: center;">생체공학</td> <td style="text-align: center;">재료</td> <td style="text-align: center;">전자</td> <td style="text-align: center;">화학</td> <td style="text-align: center;">기계</td> </tr> </table>	L3	-				L2	친화형 지능형 로봇의 구현				L1	생체공학	재료	전자	화학	기계
L3	-																
L2	친화형 지능형 로봇의 구현																
L1	생체공학	재료	전자	화학	기계												
연관분야·기술	생명과학, 질병의학, 신경학, 사회문화학																

□ 선정 배경

○ (필요성) 의학과 과학의 융합으로 신경 장애의 근본적인 원인과약과 인공 신경계의 로봇적용이 필요함

- 4차 산업혁명의 핵심인 인공지능과 로봇공학이 발전함에 따라서 기존 컴퓨팅 방식을 대신하는 뇌신경 모방형 뉴로모픽 메모리와 더불어, 휴머노이드 등 인간 친화형 소프트 로봇과 신경 보철의 자연스러운 움직임 유도하기 위한 감각 및 운동 신경(말초신경계-체성신경계)를 모사하는 연구가 필요함
- 신경 공학적 접근방법을 통하여 인체의 체성신경계와 유사한 메커니즘으로, '외부 자극 인지에 의한 감각세포/신경의 활동전위 형성과, 뉴런 간의 신호전달 및 운동신경으로 전달되어 근육의 움직임을 형성하는' 일련의 과정을 모사하는 연구가 필요함
- 기존 무기 소재 기반 제작된 소자들은 기계적으로 딱딱하여 향후 소프트 로봇 및 유연·신축성 전자소자의 적용에 한계가 있으므로, 유기 소재 기반의 유연·신축성 인공 감각 운동 신경 섬유 및 시냅스의 개발이 필요.
- 유기 나노 신경 섬유와 이온성 전해질의 조성 및 도핑 특성 제어를 통하여, 인체의 감각 운동 뉴런과 신경전달물질 및 신경접합부의 반응특성을 효과적으로 모사하는 인공 시냅스 원천재료 및 소자를 개발하여 기존의 독립된 생체모방형 전자소자들보다 훨씬 진보된 인공 신경계 개념을 제시함
- 인공 감각 기관(눈/귀/피부/혀) 개발 연구도 함께 진행되어야 함

○ (글로벌 연구현황·수준 분석) 생명체를 유사하게 모사한 인공 감각 신경계의 연구는 미진한 실정임

- 인공감각 신경계에 관한 연구 현황으로는 MIT 연구팀에서 이온이 흐르는 방식과 유사하게 전류의 강도를 조절할 수 있는 인공 시냅스를 구현함. 실리콘 웨이퍼와 실리콘 게르마늄을 사용하여 인공 시냅스를 제작하였으며, 미국 국립표준기술연구소(NIST) 연구진은 초전도체를 이용해 인공시냅스를 만들고, 이를 바탕으로 사람이 학습할 때 뇌에 나타나는 효과를 구현하는데 성공함. 연구진은 초소형 형태로 조셉슨 접합을 만들고, 조셉슨 접합의 절연층에 자성을 띤 나노입자를 넣었음
- 어레이 활용 인공 감각 기관에 관한 연구로는 일본의 경우 미각센서를 통하여

맛의 수치를 데이터 베이스로 만들어 보편적인 ‘맛있다’는 것의 정량적 수치를 나타내어 세계 공통인 맛의 언어를 개발하는 연구가 진행되었으며, 미국에서는 미각센서를 통하여 와인이나 위스키를 분석하여 품종을 맞추는 것을 넘어서 진품과 모조품까지 분별 가능한 단계까지 연구가 진행됨

- 미국의 연구진은 탄소섬유-실록산 고무 복합체를 이용하여 직경 0.4mm의 인공 근육다발을 만들었고 0.172V/cm의 인가전압으로 물 0.5gal을 1.4inch 들어올림. 이는 근육다발의 무게의 12600배에 달하는 수치임
- AI기반의 고감각적 그리퍼 피부 연구 현황으로는 MIT 연구팀이 구현한 인공시냅스는 95.1%의 학습정확도를 보였으며, NIST 연구진이 구현한 인공시냅스는 저항 없이 전기 신호를 전달할 수 있기 때문에 인간 뇌의 시냅스보다 더 처리속도가 빠른 것으로 확인 됨. 뇌의 뉴런은 초당 50번 전기 신호를 보내지만, 인공시냅스는 초당 10억 번까지 전기 신호를 전달할 수 있음. 또한, 구동에 필요한 에너지 역시 1aJ 수준으로 매우 낮음

○ (국내 관련 연구 인프라)

- 난제 해결을 위한 인공 감각 신경계 개발 및 활용을 위해서는 인체에 전기/전자 소자가 삽입되어야 함. 이러한 상황 발생 시 거부감을 느끼는 경우도 많이 있을 것으로 생각되므로 심리학자, 철학자들의 도움이 필요할 것임
- 소재/소자/시스템 수준에서의 다학제간 연구가 필요함. 유기 고분자 재료, 바이오 재료, 유기전자, 신경과학, 재활의학, 생명과학, 전자공학, 기계공학, 의공학, 신경의학 관련 전공자들의 협력을 통해서 새로운 인공신경 구현 및 생명체와의 인터페이스 구현함

○ (기대효과) 인공 감각 신경계를 통한 인류의 신경 장애 극복 및 움직임이 자연스러운 소프트 로봇 개발

- 인체의 감각 및 운동 신경계를 모방하는 감각 신경계 및 유연 신축성 인공 유기 신경 섬유 제작이 가능함. 이를 통해 생체 신경 섬유와 유사한 원리로 외부 자극 감각, 근육의 운동 반응을 통합적으로 형성, 전달할 수 있는 인공 감각 운동 신경계 및 감각 소자 개발이 가능하며, 따라서 소프트 로봇과 신경보철의 인간과 같은 자연스러운 감각 및 움직임 구현을 위한 핵심 플랫폼 제공이 가능함
- 루게릭, 알츠하이머, 파킨슨, 헌팅턴 등의 병과 같이 신경 장애가 있는 환자들에

게 인공신경으로 대체하여 병을 치유하고자하고 감각계에 장애가 있는 환자들에게 감각 소자 활용을 통해 감각 회복이 가능함. 이를 통해서 의학적으로 병들의 기작을 연구하는 틀 제공이 가능함

- 전 세계적으로 유례없는 획기적인 신개념의 인공 신경 제작 기술로, 생명체와 유사한 동작의 소프트 로봇 개발과 신경 장애가 있는 사람들을 위한 인공 신경 보철 장치 개발 등에 폭넓게 응용될 수 있음. 이를 통해 산업 경제 발전에 도움이 될 것으로 기대

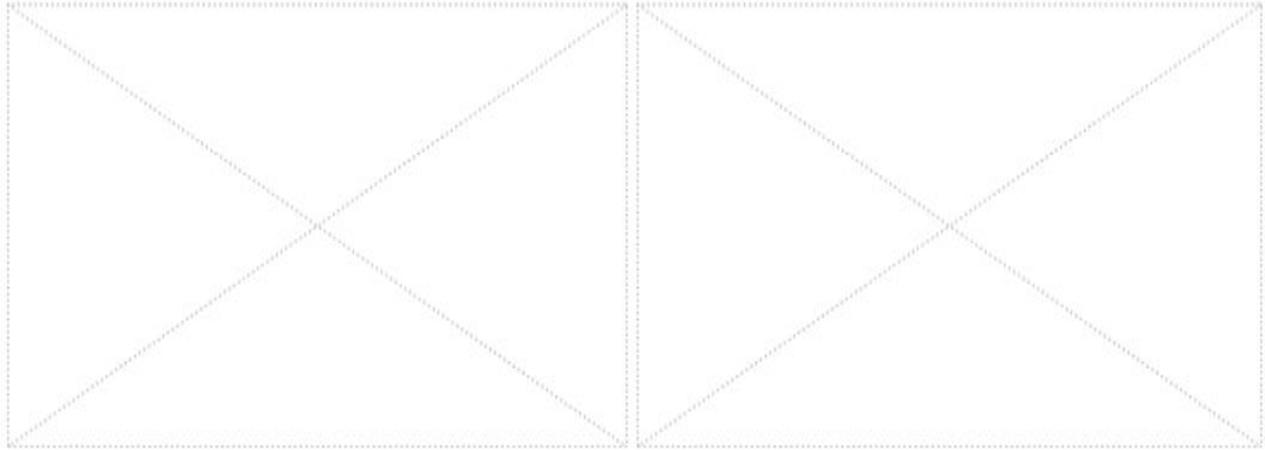
□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

○ (도전목표) 자연계 및 생명체 신경을 모사한 인공 감각 신경계 개발

- 생명체 신경 모사를 통한 인공 감각 신경계 플랫폼 구축
- 실시간 레시피 구현을 위한 선택적 어레이 활용 인공 감각 기관 플랫폼
- 멀티스케일 재료 구조를 이용한 AI 기반의 고감각적 그리퍼 피부
- 높은 학습정확도를 가지며 장기 기억 강화 및 약화 곡선에서 높은 선형도와 높은 전도도의 안정성을 보이는 소자 제작
- 실시간 초고속 감지 및 내구성이 우수하며 정량적 수치로 측정이 가능한 인공 감각 기관 제작
- 낮은 구동 전압과 높은 효율로 빠르게 반응하며 높은 주기 안정성과 강한 기계적 강도를 갖는 액추에이터 실현

○ (접근방안)

연구초기	<ul style="list-style-type: none"> - 오감 신경계를 모방한 센서 개발 - 인공 감각 신경계를 위한 시냅스 개발 - 난치병의 근본 원인 확인
↓	
3년 이내	<ul style="list-style-type: none"> - 센서, 시냅스를 결합하여 동물 실험 구현 - 외부 자극을 통해 센서 & 시냅스 결합된 동물의 말초 신경 제어 구현
↓	
5년 이내	<ul style="list-style-type: none"> - 인공 감각 신경을 통한 난치병의 근본 원인 제거



[7] (예시과제) 온실가스 배출량을 Net Zero로 만드는 과학기술이 가능한가?(자외선과 전파를 에너지원으로 사용하는 기술 등)

□ 과제개요

- 기존에는 시도되지 않았던 방법인 전자기파를 에너지원으로 하여 특화된 소재를 통해 원료를 생산할 수 있게 해주는 전자기파 유도 반응칩 플랫폼 기술에 대한 실효성 및 구현 가능성 등이 논의됨

□ 추진배경

- 화석연료 사용 및 고갈에 따른 기후변화 및 대체/신에너지 관련 이슈와 ‘탄소문명’으로 대변되는 다종의 대량생산 체계에 따른 이슈 부각
- 과학적 난제는 철학에서부터 고전, 현대물리학의 전개를 통해 해석되어 옴
- 우주에너지의 근원은 빛의 물리학인 다양한 스펙트럼의 전자기파
- 에너지 소비 및 생산은 ‘동력원’과 ‘원료’로 구분 필요
- 전자기파를 에너지원으로 특화된 소재를 통해 원료 생산을 하는 ‘원하는’ 화학반응을 유도하는 것이 접근의 실마리임을 도출

□ 난제기술

- 전자기파별 고효율 자유전자 유도 기능성 소재/재료 (반응 유도 section)
- 자유전자 collector/고효율 촉매 병합 프레임 (반응 section)
- 3-phase (미세) 흐름을 위한 가공, 조립 등 디자인 (시스템 section)

□ 세부내용

- 키워드는 전자기파, 광물리, 양자역학, 양자화학, 소재, 화학반응, 기계
- 필요한 기능/역할*을 하는 물성을 갖는 전자기 '소재' 개발: 전위차에 의한 전하이동을 화학적 기계적 목적으로 활용하듯이 기능성 무기 소재를 이용해 화학반응 유도로 활용, 자외선부터 전파까지 다양한 전자기파를 에너지 원으로 활용(소재 다양화)

* EX) 광합성에서 효소들의 주기능을 기능성 소재로 대체

- 에너지와 물질 생산을 위한 자연의 법칙(광합성, 생체모방 등) 시도에 시간적 물질적 제한 요소
- 전자기 소재 및 (생)화학반응 데이터 통합 구축 (EX) 유전자 지도)
- EM-RxnChip 플랫폼 설계: 목적 및 활용 성격에 적합한 EM-RxnChip 내 구조 및 성분 변화 (예) 휴대폰(스마트폰) 및 어플리케이션 플랫폼 구조), 원소, 성분, 소재 등 화학적, 물리적 조건에 맞는 모폴리지 확보

□ 기대효과

- 무한한 전자기파 우주에너지 활용; 전자기파를 활용할 망원경의 개발로 상대성이론의 증명과 실생활에 적용한 핵심요소 기술 개발
- 동력원이 아닌 화학원료 합성으로의 발상 전환; 동력원에 치우친 에너지 이슈를 원료 생산으로 확장
- 무공해 CO2 전환 기술; 지구온난화 대응
- 초미세입자 대기 부유를 통한 자기 집진 처리; 초미세먼지 대응

[8] (예시과제) 무한한 태양에너지를 획기적으로 활용하는 방법은 무엇인가?(우주 태양광 발전을 위한 난제 기술 연구)

□ 과제개요

- 인류가 당면한 과제인 에너지 고갈을 근원적으로 해결할 수 있는 우주 태양광 연구를 효율적으로 수행할 수 있는 방안을 고민하였으며, 이를 위해 필요한 기술인 ‘장거리 무선 에너지 송·수신 기술’, ‘우주 설치용 초경량 거대 구조물 기술’, ‘고효율 박막형 Photo-voltaic 기술’을 제한된 예산 내에서 효율적으로 개발할 수 있는 방안을 토론했음

□ 추천배경

- 미래까지 안전하고 지속가능한 Green Energy 및 우주기술시대를 준비하는 거대융합기술: 세계미래학회는 ‘석유에너지 이후의 시대를 보장할 친환경적이고 효율적인 차세대 에너지로 우주태양광 발전을 제시
- 박막 Photo-voltaic 기술, 고효율 무선전력 송·수신 기술, 경량우주구조물 등 미래 첨단기술 개발과 더불어 미래 먹거리 산업육성 차원으로 가치가 충분
- 우리나라 에너지 변환기의 시범프로젝트로 장기적 미래연구인 에너지 + 우주기술 + 무선에너지 송·수신 기술 연구

□ 난제 기술

- 장거리 무선 에너지 송·수신 기술 : Microwave beam foaming 기술, 직접 변환 LASER 기술
- 우주 설치용 초경량 거대 구조물 기술
- 고효율 박막형 Photo-voltaic 기술

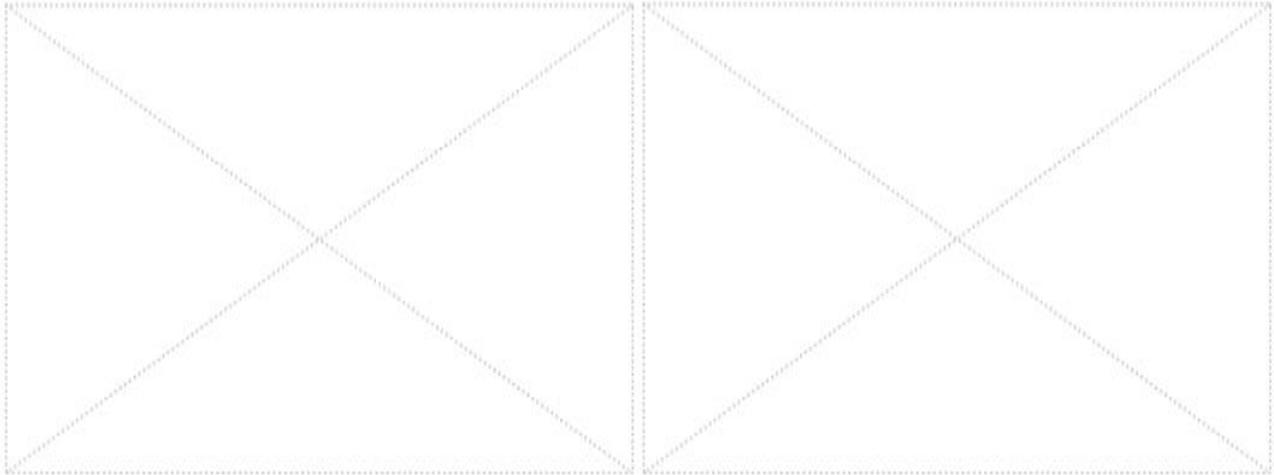
□ 세부 내용

- 태양에너지 생산용 우주비행체: 우주비행체에 태양전지판용 거대 경량구조물 및 설치기술, 우주비행체의 정밀지향 기술
- 태양에너지 변환: 고효율 박막형 Photo-voltaic 기술, 직접변환 LASER 기술
- 우주에서 장거리 에너지 송신: 초단파(Microwave) Beam foaming 기술, 직접변환 LASER 기법

- 지상에서 전력 수신: 저밀도 수신 및 대용량 전력 집전, 에너지 무선 송신 환경영향 연구

□ 기대효과 및 시사점

- 고효율 무선전력 송.수신 기술은 배터리 없는 전기자동차, 전선 없는 가전 제품, 무선송배전 등 혁명적 전기시대기술로 상용화 가치가 막대할 것임
- 미래산업으로 성장하는 우주산업 시대를 대비
- 최근 우리나라 에너지 변환기의 시범프로젝트로 지구환경 Green Energy 발굴
- 거대 장기 프로젝트로 산.학.연 융합 추진으로 우리나라 연구개발의 새로운 패러다임 전환기 마련



[9] (예시과제) 위험한 오염원으로 알려진 질소를 유효하게 활용할 수 있는가?
(Global N-Cycle의 규명 및 제어)

□ 추천배경 및 기대효과

- 질소는 지구에서 식물이 자라는 것을 통제하는 중요한 수단이므로, 탄소 사이클과 기후변화에 영향을 미치는 중요한 요소임. 질소는 주로 공기 중에 존재한다고 알려져 왔으며, 해수나 암석 등에 존재한다고는 하지만 그 양이 크지 않다고 알려져 있음
- 최근 일부 연구자들이 지구 암석에 엄청난 양의 질소가 숨어있다는 사실을 발견하고 ‘잃어버린 질소를 찾았다’고 설명함. 이 연구 결과에서 질소 풍화 작용이 세계적으로 토양과 생태계의 매우 중요한 질소의 근원임을 보여주었으며, 이번 발견은 환경과학의 기초를 이뤘던 수세기 된 패러다임을 정면으로 바꾸는 것임. 해당 논문은 지금까지 잃어버린 것으로 생각했던 질소가 어디에 있었는지를 잘 설명해 줌.
- 질소는 지구에서 가장 중요한 성분이면서 위험한 오염원이므로, 질소의 공급과 수요에 대한 자연의 통제를 이해하는 것뿐만 아니라 이 질소 사이클을 이해하고 질소 사이클을 통해 지구온난화나 기후 변화 등에서 중요한 역할을 하는 새로운 기술을 찾을 수 있을 것으로 기대됨.

□ 세부내용 및 난제기술

- 질소 공급과 수요에 의한 자연 통제 기술 연구
 - 지구 암석에 숨겨진 엄청난 양의 질소가 발견되고 풍화작용이 토양과 생태계의 매우 중요한 질소의 근원임이 확인됨에 따른 국내 환경 영향에 대한 심층 연구
 - 질소는 지구에서 가장 중요한 성분이면서 위험한 오염원이므로, 질소의 공급과 수요에 대한 자연의 순환을 이해하고 이를 활용하는 기술 개발
- 깨끗한 물과 공기, 온실가스 배출감소, 비옥한 토양과 생물다양성 보호를 위한 질소순환 통합관리 연구
 - 세계 질소 순환이 해양, 기후, 대기 및 육상 생태계에 미치는 영향 규명 및 관리방안 도출
 - 현재 전세계 인구의 절반이 질소비료 기반 농사법으로 재배된 식품 섭취 중이므로 이에 대한 장기적 영향 연구
- 반응성 질소의 감축 방안 연구
 - 대기의 약 80%를 구성하고 있는 비반응성 형태의 질소(N_2)는 생명체의 산소 호흡량을 조절함으로써 대기를 안정시키지만, 산업혁명 이후, 화석연료 및 질소 비료의 사용이 증가하면서 반응성 질소(질소산화물 등)량이 증가함
 - 반응성 질소는 지난 150년간 무려 10배 가량 증가했으며, 식물의 생물다양성을 저해할 뿐만 아니라 사람의 건강에도 안 좋은 영향을 미쳤다.
- 세계 질소 순환의 영향력 연구 및 효율적인 질소사용법 및 질소 관련 정책 개발 등
 - 과학기술계 및 관련 산업분야 전문가, 정책가, 시민 사회 등과 함께 질소 관련 정책개발 및 효율적인 질소 사용법 고안

[10] (예시과제) 지구온난화로 얼마까지 뜨거워질 것이며 위험수준은 어떠한가?

□ 추천배경 및 기대효과

- 기후변화에 대한 위험 경고가 계속되고 있으나 일부에서는 과하게 포장된 것으로 지구온난화 현상으로 경작 지역이 보다 넓어질 수 있으며 인간에 유익한 결과가 올 수 있다고 주장함. 과학적 지식과 공학기술을 활용하여 지구온난화의 심각성을 예측하고 실제 어떠한 영향이 있는지를 분석해 볼 필요가 있음

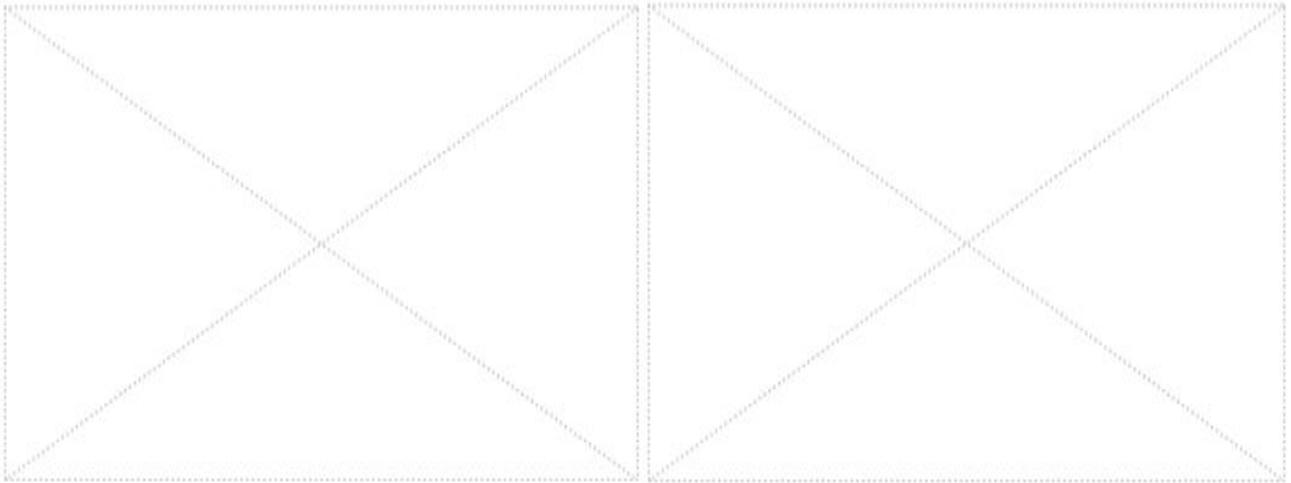
- 과학적 지식과 공학기술을 활용하여 지구온난화의 심각성을 예측하고 한반도에 실제 어떠한 영향이 있는지를 분석하여 여러 가지 환경 및 에너지 정책에 대한 근거를 제공함
- 기후변화에 영향을 미치는 개별 요인들을 종합적으로 분석함으로써 지구온난화나 기후변화 문제를 해결하는 새로운 기술을 모색할 필요가 있음

□ 세부내용 및 예시

- 지구온난화와 관련한 글로벌 리스크, 국내 영향력 등 연구 등
 - 지구온난화, 이상기후변화 등이 지구생태계에 미치는 영향을 과학적으로 분석하고 한국 환경문제에 대한 피해를 최소화하며 불확실성을 낮추기 위해서는 정확한 원인 규명이 필요함
 - 이를 종합적으로 판단하여 실제 실현가능한 방안을 제시함
- 육류소비량에 따른 온실가스 증가를 현격하게 줄일 수 있는 대체 식품 개발
 - 인류의 출산율은 지난 10년 간 10.9% 감소하였으나 1인당 육류 소비량은 같은 기간 11% 증가하였으며, 가축이 배출하는 메탄가스(이산화탄소 양의 증가 유도)의 양이 급격히 증가함
 - 과학자들은 화석연료 사용과 최근 육류섭취가 지구온난화에 미치는 영향이 크다고 강조함
 - 이에 대한 해결방법 제시

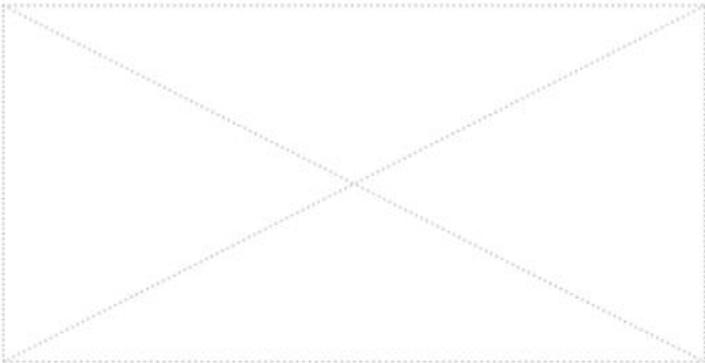
새로운
과학기술

[F] 기초과학의 새로운 패러다임 개척: 기존에 시도하지 않았던 기초연구와 공학기술의 융합 도전



[11] (예시과제) AI와 Data Science가 기초연구 이론과 실험을 혁신할 수 있을까?(재료연구의 디지털 R&D 트윈 등)

□ 과학난제 개요

개념 및 특징																			
	<ul style="list-style-type: none"> - (기초)재료연구 + (공학)AI, 머신러닝, 빅데이터, IoT 등 디지털 트윈 기술을 융합한 가상실험실 개발 - 수많은 합성과 측정이 반복되는 재료연구의 과정 전체를 디지털화하고 가상실험 컨트롤 																		
난제 레벨	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">L3</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">기초연구의 새로운 패러다임</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L2</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">디지털 R&D 트윈을 통한 AI의 실험</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L1</td> <td style="text-align: center;">재료</td> <td style="text-align: center;">바이오</td> <td style="text-align: center;">물리</td> <td style="text-align: center;">화학</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	L3	기초연구의 새로운 패러다임					L2	디지털 R&D 트윈을 통한 AI의 실험					L1	재료	바이오	물리	화학	...
L3	기초연구의 새로운 패러다임																		
L2	디지털 R&D 트윈을 통한 AI의 실험																		
L1	재료	바이오	물리	화학	...														
연관 분야·기술	신소재, HPC(고성능컴퓨터), 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷																		

* 디지털 트윈(Digital Twin): 물리적(physical) 세계와 동일한 디지털 쌍둥이를 만드는 것으로 '현

실 세계에 존재하는 대상이나 시스템의 디지털 시뮬레이션 모델', '물리적 시스템의 구조, 문맥, 동작을 나타내는 데이터와 지능(intelligence)의 조합' 등의 의미 언급.

□ 추천 배경

- (필요성) 재료연구의 한계 돌파 및 기초연구의 새로운 패러다임을 제시하고 세계 최고수준의 재료연구 디지털 트윈 연구환경 원천기술 확보
 - 재료분야의 연구는 현실(실험·실증)의 실험실에서 물질(재료)의 합성과 물성의 측정이 반복적으로 이루어지는 연구 환경으로 특정 재료분야의 디지털 플랫폼 구축으로 연구 생산성을 대폭 향상시킬 수 있음
 - 기존의 현실 실험실에서 수행하기 어려운 재료연구를 가상의 실험실에서 수행할 수도 있어 다양하고 창의적인 재료연구의 수행이 가능함
 - 연간 1억 개의 특허와 250만 건의 논문이 쏟아지고 있는 상황에서 AI가 기존 연구 데이터를 축적·분석하여 활용하면 효율성이 증대됨
 - * 연료전지의 경우 1950년 이전부터 많은 연구가 진행된 분야로, 미래기술로 꼽히는 주제도 이미 과거에 태동됨
 - 국제적인 시장조사 전문기관인 가트너(Gartner)는 2017년~2019년 3년 연속으로 '기업들이 주목해야 할 10대 전략기술 트렌드' 중 하나로 '디지털 트윈' 선정

- (글로벌 연구현황·수준 분석) 세계적으로 해당 분야의 체계적인 기술개발은 아주 초보적인 단계이며 미지의 개척분야
 - 디지털 트윈은 2025년까지 제조(공정·생산)분야가 주도할 예정이며, 헬스케어·철강·항공·교통·도시 분야에서 적용을 시도 중
 - * [버추얼 싱가포르] 도시의 지형·건물·도로·사람·바람·열·전기·물자 등을 디지털 공간에 재현하고 시민이 직접 참여하여 사회문제를 정의하고 해결
 - 연구 분야에서는 일부 의학 및 바이오 분야 등에서 실험, 데이터 활동 등의 부분적 디지털 R&D 추진 중
 - 재료 분야에서는 R&D 디지털 플랫폼을 활용하거나 인공지능 학습 등을 이용한 연구 사례가 거의 없으며, 유일하게 독일의 프라운호퍼연구소에서 '첨가제 조제 시험편'으로 디지털 트윈 시도 중

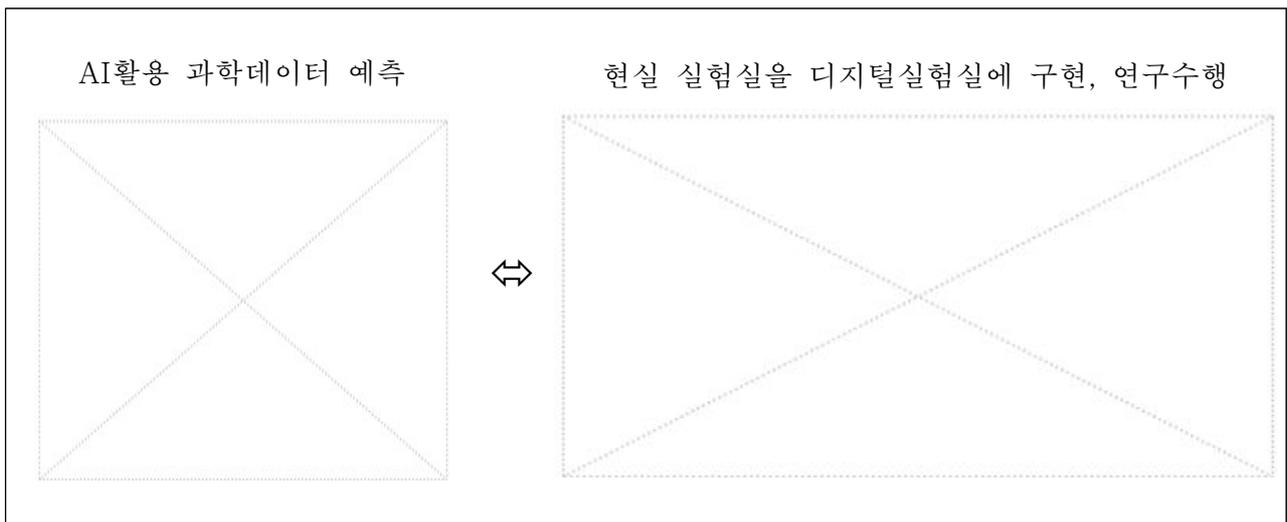
- (기대효과) 재료연구의 R&D 생산성·효율성 향상 및 신재료 개발의 새로운

패러다임 확립

- 재료연구 시 실험의 생산성 향상과 효율성 증대는 과학기술 연구의 중요한 과제로 세계 최고수준의 디지털 R&D 트윈 기술 개발을 통해 재료연구의 새로운 패러다임 전환을 만들고 현실과 동일한 수준의 실험 모델링 및 시뮬레이션(예측 정확성 90% 이상)으로 연구생산성 50% 향상
- 재료연구의 디지털 트윈은 제조 및 생산 현장의 디지털 트윈과 연계하여 새로운 산업 생산성을 제고하고 디지털 트윈 관련 산업의 경쟁력을 강화하여 제조분야의 전반적인 경쟁력 향상에 기여

□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

- (도전목표) 재료분야 실험실의 모델링과 시뮬레이션 기반의 초현실(Hyper-Real) 디지털 트윈 기술개발 구현
 - 현실(실험·실증)과 동일한 수준의 재료 분야 디지털 트윈 기술 개발
 - 재료분야(특정 소재나 재료분야 포함)에서 빅데이터, 인공지능 등 융합기술 활용으로 새로운 재료연구 프레임 개발



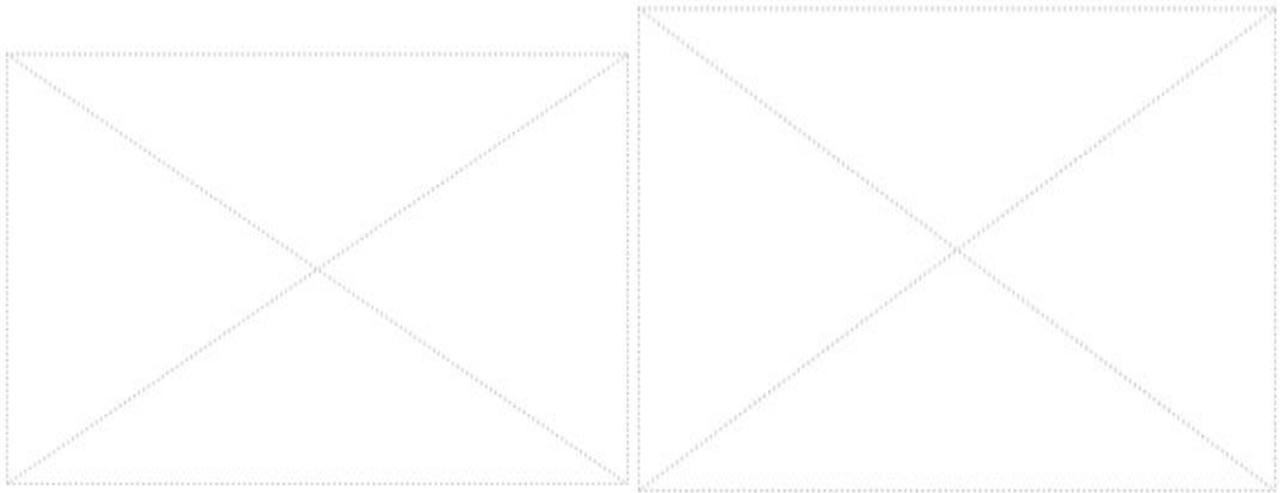
○ (접근방안) 재료연구에 적용 가능한 디지털 플랫폼 구축

연구초기	<ul style="list-style-type: none"> - 현실(실험·실증)에서 불가능한 실험연구이나 디지털에서 가능한 연구모형 제시
↓	
3년 이내	<ul style="list-style-type: none"> - 테스트 베드 환경 구축 - 프로세스 확립 - 연구 생산성 향상 확인
↓	
5년 이내	<ul style="list-style-type: none"> - 실증 구현과 디지털 트윈 실험체계 확립 - 새로운 재료연구 모델 개발·제시 - 연구비용 및 시간 50% 이상 절감

[12] (예시과제) 화학적 자가조립을 공학적으로 재현할 수 있는가?

□ 추천배경 및 기대효과

- 자가정렬, 혹은 자가조립(Self Assembly) 현상은 분자들이 제각각 인위적인 조작 없이 자발적으로 개개의 구성요소가 질서정연한 구조를 이루는 현상으로 자연과학에서는 물질 및 생명에서 매우 빠르고 빈번하게 일어나지만 아직까지 정확한 원리가 규명되지 않았으며, 공학적 재현에 대한 시도도 이루어지지 않고 있음
- 생명, 화학 등 다양한 분야에서 접근이 가능하며 인공지능과 빅데이터 기술을 활용하여 공학적 재현을 꾀할 수 있음. 성공 시 에너지·의료 등 다양한 분야에서 활용이 가능함
- AI와 빅데이터 관련 기술을 기초연구분야에 적극적으로 도입하는 것은 전 세계적인 추세이나 이를 활용한 체계적인 기술개발은 아직 초보적인 단계이며 미개척분야가 다수이므로 한국이 이를 선도하여 새로운 패러다임 제시
 - 기존에 탁월한 연구역량을 갖춘 학문분야를 시작으로 기초연구에서 새로운 실험 모델링 및 시뮬레이션 도입을 통해 연구생산성의 획기적 향상
- 기초과학에서 개발된 기술의 생산 현장과의 연계를 통해 산업 생산성 및 경쟁력을 강화



[13] (예시과제) 인간-기계시스템은 어떻게 진화할 것인가?

□ 추천배경 및 기대효과

- 손 조작 및 이족 보행 능력은 언어와 더불어 다른 동물 및 인공지능이 모방하기 어려운 수준의 능력으로 알려져 있음. 인간만의 능력인 손 조작 능력과 이족보행 능력과 사족보행동물의 보행능력을 모방하는 새로운 인공지능을 만들 수 있을지에 대한 연구를 위한 새로운 인공지능 연구 수행.
- 딥러닝으로 대표되는 현재의 인공지능은 동물의 시각피질의 4번째층(v4)까지를 모방한 것으로 알려져 있으나, 이는 개념적인 것일 뿐 실제적으로 신경학적 근거를 갖고 시각피질을 모방한 인공지능은 아니라고 할 수 있음.
- 현재 미국은 microN 프로젝트를 통해 본질적으로 시각피질을 모방한 새로운 인공지능을 연구하고 있으나 아직까지도 운동피질을 모방한 새로운 인공지능에 대한 연구는 없음. 특히 인간의 운동피질은 다른 포유류와는 차별적인 것으로 이중에서 손 조작 능력은 인간만의 선천적 능력이라 할 수 있음. 따라서 이러한 인간의 운동피질 중 손 조작 능력과 이족 보행 능력에 근거한 새로운 인공지능의 개발에 도전해보고자 함.

□ 세부내용 및 예시

○ 인간-기계시스템의 진화

- 손 조작 및 이족 보행 능력은 언어와 더불어 다른 동물 및 인공지능이 모방하기 어려운 수준의 능력으로 알려져 있음. 현재 미국은 microN 프로젝트를 통해 본질적으로 시각피질을 모방한 새로운 인공지능을 연구하고 있으나 아직까지도 운동피질을 모방한 새로운 인공지능에 대한 연구는 없음. 인간만의 능력인 손 조작 능력과 이족보행 능력과 사족보행동물의 보행능력을 모방하는 새로운 인공지능을 만들 수 있을지에 대한 연구 수행.
- 인간의 운동피질은 다른 포유류와는 차별적인 것으로 이중에서 손 조작 능력은 인간만의 선천적 능력이라 할 수 있음. 따라서 이러한 인간의 운동피질 중 손 조작 능력과 이족 보행 능력에 근거한 새로운 인공지능의 개발에 도전

[14] (예시과제) 4차 산업혁명 이후 차세대 기술은 무엇인가?

□ 추천배경 및 기대효과

- 과학기술정보통신부(과학기술혁신본부) 등은 ‘과학기술예측조사’를 통해 25년 후 미래기술을 제시하고 있으나, 이를 포함한 현재의 4차 산업혁명 기술은 1970~1980년대 기초과학성과를 바탕으로 개발된 것이 다수임
 - 2019년 노벨화학상을 수상한 연료전지의 경우도 1950년 이전부터 많은 연구가 진행된 분야로, 미래기술로 꼽히는 주제는 이미 과거에 태동됨
- 과학기술계의 집단지성을 이용하여 한 세대가 아닌 50~60년 후를 바라보는 차차세대 기술을 예측하고 이에 필요한 기초 과학 및 공학 연구를 제시할 필요가 있음
 - 기존 과학영역과 겹치지 않는 미개척 분야 선점

□ 세부내용 및 예시

○ 인공지능이 물성실험을 수행하는 것이 가능한가?

- 양자, 원자, 분자, 물질단위의 실험이 한곳에서 이루어지는 연구
- 소재, 물성 등의 인공지능이 스스로 연구하는 연구

○ 두뇌 인터넷, 생체 인터넷 연구

- 인체의 감각기관을 인공적으로 모사하고 생체감각기관의 시스템화를 통해서. 소리, 빛, 냄새 등에 대한 각각의 인공 센서 시스템을 구축하고 이를 인체에 활용하고 다른 인체와의 네트워킹이 가능한 연구
- 인간의 오감과 두뇌에 대한 정보전달 연구

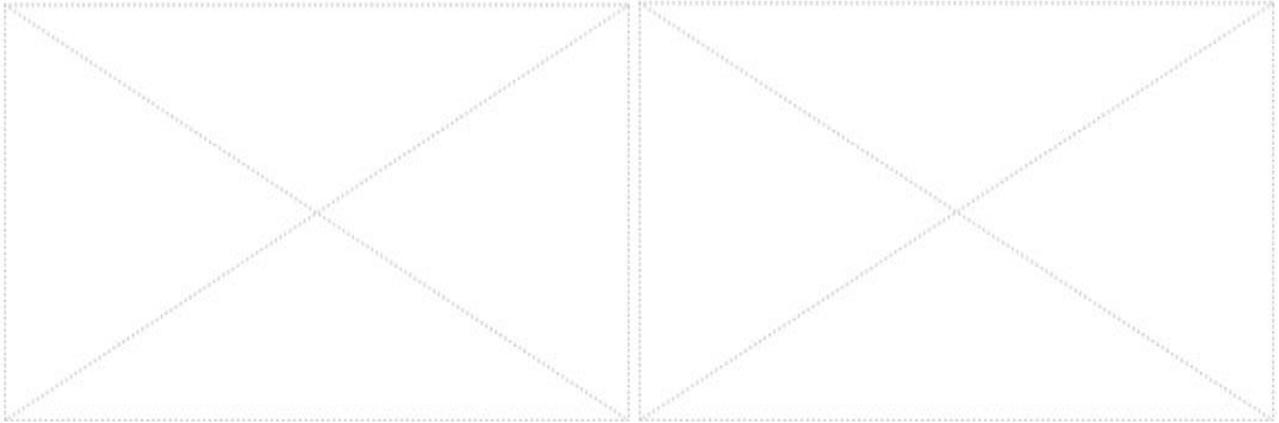
○ 양자역학 기반의 차세대 인공지능 연구

- 양자 역학적 세계에 대한 인지적인 변화와 데이터의 양자적 특성을 고려한 새로운 인공지능 연구
- 소량의 데이터로 학습, 차세대 양자기반 기계학습, 양자기반의 자연어 처리

○ 과학기술 전 분야에 걸쳐 국내외 최첨단 과학기술 연구를 분석하고, 향후 다양한 분야에 영향을 미칠 수 있는 새로운 기술을 예측하여 이에 대한 기초연구 수행

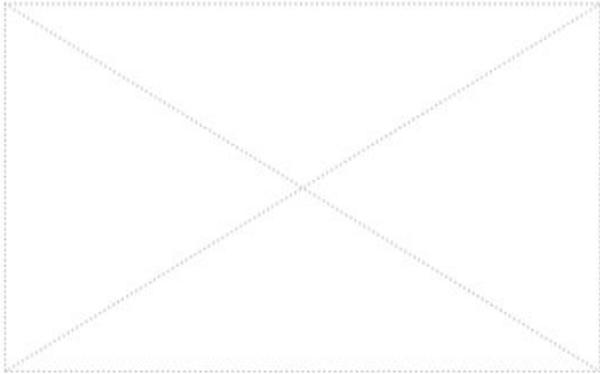
- 도전적이고 창의적인 미지의 영역 개척을 통해 상위 1%에 해당되는 논문 제시

○ 기존에 답보상태에 있거나 병목현상이 야기된 연구분야에서 파괴적 혁신을 이끌 수 있는 기초 공학적 성과 창출



[15] (예시과제) 면역시스템의 스위치를 켜고 끌 수 있을까?(동식물 면역 시스템 활성화 및 진화 매커니즘 규명)

□ 과학난제 개요

개념 및 특징																			
난제 레벨	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">L3</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">단일 면역 수용체 및 병원균 복합체 구조 구명</td> </tr> <tr style="background-color: #f4b084;"> <td style="text-align: center;">L2</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L1</td> <td style="text-align: center;">바이오</td> <td style="text-align: center;">AI</td> <td style="text-align: center;">면역</td> <td style="text-align: center;">의학</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	L3	단일 면역 수용체 및 병원균 복합체 구조 구명					L2						L1	바이오	AI	면역	의학	...
L3	단일 면역 수용체 및 병원균 복합체 구조 구명																		
L2																			
L1	바이오	AI	면역	의학	...														
연관 분야·기술	바이오, 면역학, 질병학, 자가면역, 단백질 구조																		

□ 추천 배경

○ (필요성) 단백질의 3차 구조 연구를 통한 동식물 선천적 면역시스템 활성화 및 진화 매커니즘 규명

- 동식물 면역 수용체의 병원균 인식 및 활성화 기전 연구와 이를 기반으로 하는 의료 및 농업 기술 개발을 위해서는 분자 수준에서 상호 작용을 설명해 줄 수 있는 단백질 3차 구조 연구가 필수적임. 이를 통한 정보를 기반으로 단순 단백질 서열변화가 아닌 공격과 방어를 위해 어떻게 상호 진화에 왔는가에 대한 기전의 원천적 해석이 가능할 때 이를 토대로 한 응용이 가능함
- 기존의 단백질 결정학 구조 분석 방법을 통해서만 구조적으로 단일체를 이루어 결정화가 가능한 단백질에 한해서만 3차 구조 연구가 가능했고, 비결정성 및 난결정성 단백질에 대해서는 구조 분석이 불가능했음
- 면역 수용체의 병원균 인식 및 이에 따른 면역 수용체의 활성화 과정에 대한 분자 수준에서의 단백질 3차 구조 연구는 극히 일부 단백질을 제외하고는 국내 및 세계적으로 미진한 실정임
- 최근 기술적 발달로 인한 제4세대 방사광가속기의 상용화, 초저온 전자 현미경 기술의 발전, 인공지능을 활용한 단백질 구조 예측 가능성 증대 등으로 인해 국내에서의 면역 수용체 구조 연구 실현 가능성이 높아지고 있는 상황임
- 특히 4세대 방사광가속기의 경우, 나노미터 크기의 작은 단백질 결정을 사용한 구조규명 및 짧은 시간내의 단백질 구조변화의 실시간 관측이 가능하며, 초저온 전자 현미경의 경우 기존의 결정학 방법과 달리 비결정성 단백질의 구조분석도 가능하기 때문에, 그동안 연구가 어려웠던 막단백질, 거대 단백질 복합체, 다중형태 단백질의 구조 분석도 가능해짐
- 이러한 차세대 단백질 구조 분석 기법은 선진국을 중심으로 아주 빠르게 세계적인 트렌드로 자리 잡아 가고 있으며, 국내로의 도입 및 정착이 요원한 실정임
- 또한 면역시스템 연구 전문가와 구조 생물학자간의 다학제간 공동연구를 통해서만, 단순 구조 해석이 아닌 다각적인 면역수용체 활성화 기전 연구가 가능하리라 여겨짐

○ (글로벌 연구현황·수준 분석) 기술적 한계로 인한 Full-length 면역 수용체 단백질의 구조분석에 대한 연구는 미비한 실정

- 단백질 구조연구를 통해 생물학적 문제를 해결하고자 하는 접근 방법으로는 미

국 NIH 주도의 High-Throughput Structural Biology and Structural Genomics 방법 (Protein Structure Initiative, 풀수 있는 단백질 구조를 전부 풀어서 생물학적 질문에 답하고자 하는 접근법, 2015년 종료), Mycobacterium Tuberculosis Structural Genomics consortium (Tuberculosis 의 단백질 구조를 모두 결정해서 이에 대항하는 신약을 만들고자 하는 consortium, 2006년 종료) 등이 있음

- 그러나 당시 기술적 한계로 인해 목표로 하는 모든 단백질의 구조분석은 여전히 요원한 실정이며, 생화학적, 생물학적 실험과 동떨어진 단순 단백질 구조 분석만으로는 단백질 및 단백질체의 기능분석에 많은 제한을 가진 접근법이었음
- “항생제남용에 의한 슈퍼 박테리아 출현, 특정 병원균에 의한 작물 생산성 감소, 기후변화와 국제 교류의 증가로 인한 외래 병원균 유입, 면역 항상성 조절 이상에 의한 자가 면역질환”등의 난제를 해결하기 위해서는 면역 수용체의 3차원 단백질 구조 기반 활성화 기전 구명 및 면역 수용체 활성화 조절 기전 개발이 필수적임

○ (국내 관련 연구 인프라)

- 난결정성 및 비결정성 생체물질의 3차 구조연구를 위해 새로운 시도가 계속되고 있으며, 4세대 방사광 가속기를 이용한 구조 분석 및 초저온 전자현미경을 이용한 방법이 대표적임
- 포항 4세대 가속기는 2018년부터 이용자 서비스를 시작하였으며, 국내 단백질 구조 연구에 지대한 영향을 끼친 포항 3세대 가속기 보다 약 1억배 강한 엑스선을 만들어 낼 수 있음. 이를 사용해 나노미터 크기의 작은 단백질 결정을 사용해서도 3차 구조규명이 가능해 졌음. 이는 미국의 LCLS, 일본의 SACLA, EU의 European XFEL과 함께 세계에서 4대 뿐인 연구시설임
- 초저온 전자 현미경의 경우, 최근의 획기적인 해상도 증가로 인해 2017년에 노벨상이 수여될 정도로 단백질 구조 연구에 있어 그 중요도가 인정되었으며, 기존의 결정학 방법으로 불가능했던 구조분석이 가능함에 따라 세계적으로 이를 이용한 단백질 구조 분석이 빠른 속도로 증가하고 있음. 2018년 한해에만 850개 이상의 난결정성 단백질의 구조분석이 초저온 전자 현미경을 통해 이루어졌으며, 전세계에 200kV급 이상의 초저온 현미경이 220여기가 운영되고 있음. 현재 국내에는 한국기초과학지원연구원에 300kV급 기기가 한 대 운영되고 있고, 더 많은 기기의 도입이 추진되고 있음

○ (기대효과) 면역시스템 활성화 및 매카니즘 규명을 통해 미래 응용분야에서 새로운 가치 창출

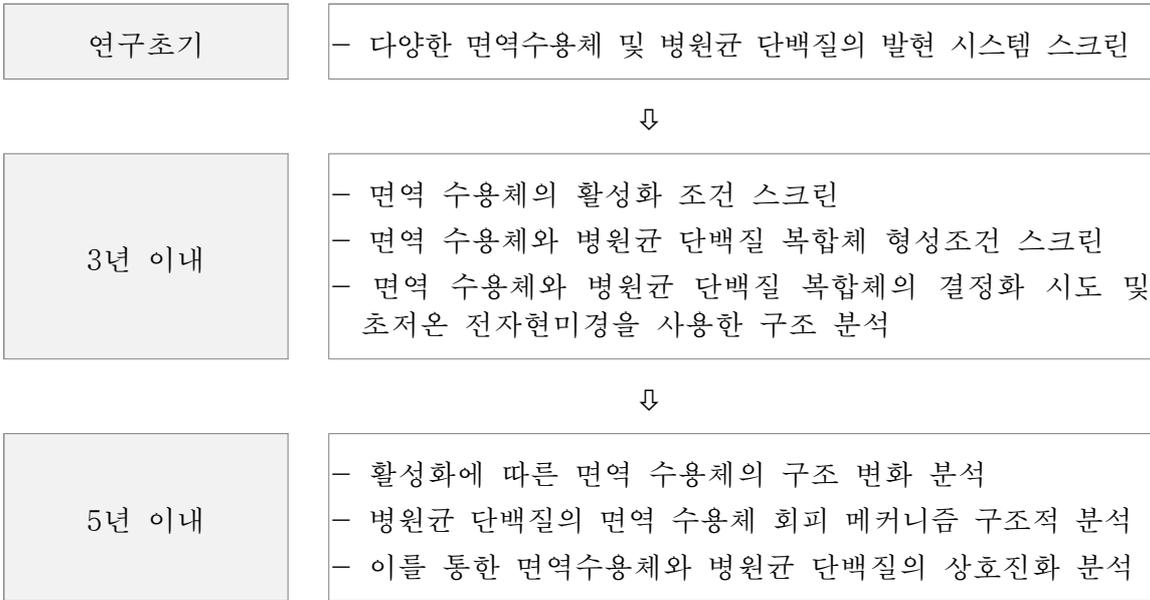
- 차세대 단백질 구조 분석 방법(초저온전자현미경, 4세대 방사광가속기, 인공지능) 체계 구축
- 차세대 단백질 구조 분석 방법의 국내 전파 및 활용도 증대
- 단백질 구조 기반 동식물 면역시스템 활성화 및 진화 메커니즘 규명
- 면역시스템 활성화 기전이해를 기반으로 한 면역조절 기작 개발
- 과학 난제 해결을 통한 대한민국 과학 인지도 향상
- 미래지향적 과학 인력 양성 및 젊은 세대의 이공계 유입 촉진
- 거대 국가 인프라(4세대 가속기 및 초저온 전자현미경)의 활용도 증대 및 AI 기술 접목을 통한 학제간 협력 강화
- 바이오 및 인공지능 기반 산업 인프라 구축 및 신성장 동력 창출

□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

○ (도전목표) 동식물 면역시스템 진화과정의 이해 및 메커니즘 이해를 토대로 맞춤형 면역수용체 제작

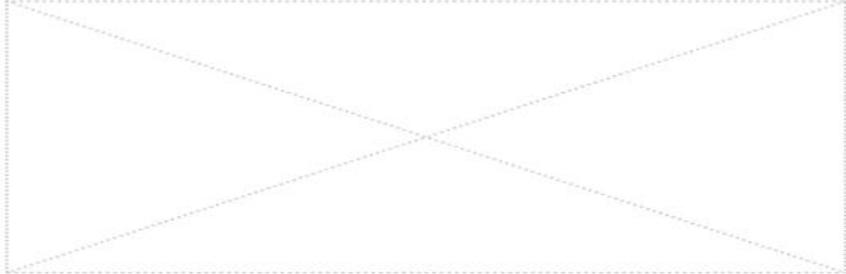
- 공통 병원균에 대한 이종간 면역 수용체 3차 구조 데이터 베이스 구축
- 면역 수용체와 병원균 단백질 복합체 3차 구조 규명
- 초저온전자현미경 등의 기법을 활용한 면역활성화 관련 단백질 복합체 구조 규명
- 인공지능을 활용한 단백질 구조 모델 데이터베이스 구축
- 면역 수용체의 활성화 기전 다양성 연구
- 개별 면역 수용체의 다단계 활성화 기전 가능성 여부 조사 및 이에 따른 구조 변화 가능성 추적
- 병원균에 의한 면역수용체 활성화 전,후의 단백질 구조 분석
- 이를 토대로, 동식물 면역시스템 진화 과정의 이해
- 면역 수용체의 활성화 기전연구를 토대로 활성화 조절 물질 스크린 및 인공지능 기반 디자인
- 이상 활성화 증상치료에 필요한 분자생물학적 기반 제공
- 다양한 병원균에 대한 면역반응을 일으킬 있는 다기능 식물면역수용체 개발

○ (접근방안)



[16] (예시과제) 세포덩어리는 어떻게 인간이 되는가?(장기 발생 과정 중 구조 및 기능 획득 기전 연구)

□ 과학난제 개요

개념 및 특징																			
난제 레벨	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">L3</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">생명의 신비</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L2</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">인간 장기 구조 및 기능의 발생·발달 원리 규명</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L1</td> <td style="text-align: center;">유전학</td> <td style="text-align: center;">발생학</td> <td style="text-align: center;">재생의학</td> <td style="text-align: center;">공학</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	L3	생명의 신비					L2	인간 장기 구조 및 기능의 발생·발달 원리 규명					L1	유전학	발생학	재생의학	공학	...
L3	생명의 신비																		
L2	인간 장기 구조 및 기능의 발생·발달 원리 규명																		
L1	유전학	발생학	재생의학	공학	...														
연관 분야·기술	유전학, 발생학, 세포생물학, 생리학, 미세공학, 조직공학, 의학, 전산 (시뮬레이션 등), 인문학, 교육학 등																		

□ 추천 배경

- (필요성) 인간 발달과정의 재현을 통해 건강한 일생에 기여할 수 있는 태아 성장환경을 연구하고 조절 원리를 밝힘으로써 자폐 범주성 장애 및 뇌성마비 등 발생관련 질환의 조기 진단 및 예방·치료법 개발 실마리 제공
- 최근 자폐성 장애, 소아기 붕괴성 장애, 레트 장애, 아스퍼거 증후군, 비전형성 전반적 발달장애 등 자폐 범주성 장애의 출현률이 현저히 증가함
 - * 1960년대 0.044%→1980년대 0.077%→2000년대 0.096~0.7%으로 확대(Gillberg(1999))
 - * 우리나라 역시 전체 특수교육대상자 중 자폐성 장애 영역의 학생이 2013년 10.1%→2018년 13.4%로 급격히 증가 추세(2018 특수교육 연차보고서, 교육부)
- 미국의 자폐 범주성 장애 관련 연간 사회경제적비용은 2015년 \$268 billion 이며 2028년 \$468 billion으로 예상, 관련 치료제시장은 2018년 \$1.4 billion

- 태교, 태아보험 등에 대한 관심 증대와 더불어 발생과정에 대한 사회적 관심도 높아졌으나 발생의 중요한 기전들이 분명하지 않으며, 태아가 살고 있는 자궁 환경이 미치는 영향이 명확하게 규명되어 있지 않음
 - * 엄마의 스트레스가 어떻게 태아의 스트레스로 전달되는지, 이들 스트레스가 태아의 건강에 미치는 영향은 무엇인지, 환경적 요인이나 독극물 등의 영향력 규명
- 초산연령 증가와 미세먼지 등 환경변화에 따른 소아 발달 관련 초·고도융합 연구의 중요성이 커지고 있음
- 인간 발달과정의 재현을 통해 신생아의 난제 질환인 자폐, 뇌성마비 등의 원인 규명이 필요함
- 또한 발생·분화 관련 생명윤리에 대한 고찰을 통해 기술의 진보로 발생하는 윤리·사회적 문제에 대한 통합적 담론 제시가 가능함

○ (글로벌 연구현황·수준 분석) 발생·발달의 신비를 밝히는 일은 전 세계적으로 미해결 난제이나 최근 자폐 범주성 장애가 급격히 늘고 있는 미국에서 관련 연구가 다수 진행 중

- 미국 국립보건원: 인간 발달과정의 연구에서는 자폐 범주성 장애가 발생 초기에서 시작되며 일찍 중재하여 완화할 수 있음을 확인했으며, 환경적 변화에 따른 발달 단계별 조절기전 및 제어기법 연구로 어린이 건강 결과에 미치는 환경영향(ECHO) 프로그램을 진행 중
- 구글은 미국 Autism speak 재단과 자폐관련 유전자 프로젝트 진행 중
- 美 Simons 재단의 SFARI(Simons Foundation Autism Research Initiative), SPARK프로젝트(Simons Foundation Powering Autism Research for Knowledge), 노르웨이 MOthers and BABies in Norway and Denmark cerebral palsy(MOBAND-CP) 등이 자폐 및 뇌성마비 코호트 구축을 지원 중

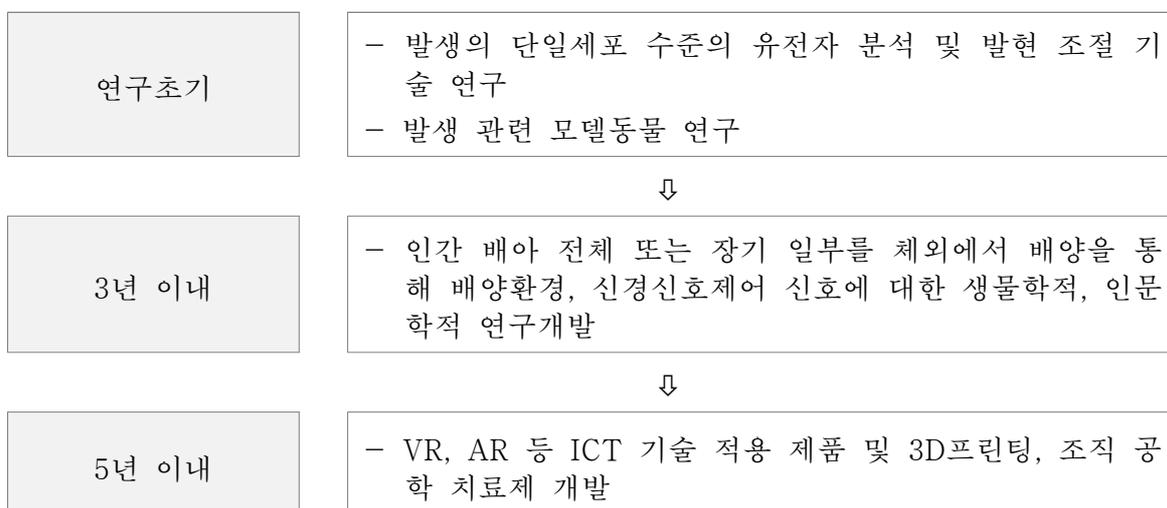
○ (국내 관련 연구 인프라)

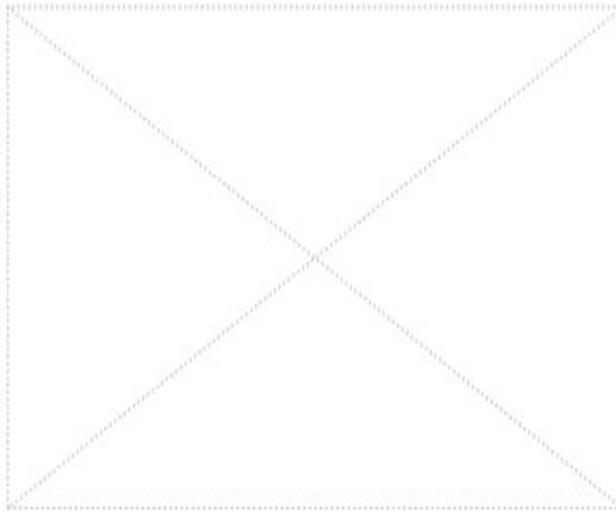
- 환경부의 어린이 환경보건 출생 코호트 연구: 임신한 여성을 모집하여 유해환경과 오염물질이 태아에 어떤 영향을 끼치는지 장기추적관찰 중임
- 국내에는 △줄기세포, 오가노이드 등을 활용한 기전연구 △발생 관련 동물모델 연구 △자폐스펙트럼 연구 △뇌성마비 연구 △관련 인문사회 연구 등의 전문가 그룹이 있어 폭넓게 접근하며 연구를 진행할 수 있음

- (기대효과) 재생의학, 인공장기, 정밀의료 등의 발전에 기여할 수 있으며, 특히 자폐 등 기존 원인불명, 난치성 질환에 대한 새로운 접근법 마련
 - 건강한 일생에 기여할 수 있는 태아 성장환경 규명과 조정을 위한 정책 마련
 - 유전자 분석, 장기/조직의 구성요소 이해 및 분석과 함께 모델동물 및 세포주 개발 등 관련 기술 개발
 - 자폐·뇌성마비 치료를 위한 콘텐츠 개발 및 ICT 기술적용 제품의 상용화
 - 3D 프린팅, 조직공학 치료제 등 재생의학적 치료법 개발
 - 유전자 편집 등 이머징 기술에 대한 윤리적 접근 및 자폐 범주성 장애, 뇌성마비등을 포함한 발생 관련 질환의 조기진단·예방을 통한 사회경제적 부담 감소

□ 과제 목표 및 접근 방안 예시

- (도전목표) 발생·발달의 과학적 이해와 융합과학적 조절
 - 내·외적 환경변화에 따른 발생/발달의 단계별 이해 및 조절
 - 운동 및 인지 기능의 시스템 및 세포수준의 생물학적, 인문학적 연구개발
 - 인지 및 운동 기능을 조절하는 바이오 마커 발굴
 - 공학기술과 인문학 및 교육학적 접근을 통한 치료개발
- (접근방안) 인간 배아 전체 또는 장기 일부의 체외배양을 통한 배양환경 연구와 더불어 신경신호제어 신호에 대한 생물학적·인문학적 연구개발 수행





[17] (예시과제) 암흑물질을 통해 우주의 기원을 어떻게 설명할 수 있는가?

□ 추천배경 및 기대효과

- 우주과학분야는 획기적인 발전과 기존 기술의 한계를 돌파하는 신기술 및 신산업 창출을 위한 국가 전략분야 중의 하나이나 높은 기술력과 많은 투자가 필요함
 - 우리나라는 이에 대한 투자가 미진했으나 최근 20여년 동안 꾸준한 투자를 통해 연구역량을 확보해왔으므로 인류의 우주에 대한 사고의 패러다임을 바꾸는 과학적 지식을 창출함으로써 인류 지식 확장에 기여하고 한국의 위상을 강화해야 함
- 기존 타 분야의 연구역량과 국내의 우주기술 및 인프라를 활용하여 저비용 이면서도 창의적인 과학 난제 접근 및 해결법을 제시함으로써 세계 천문학적 이슈를 이끌 필요가 있음

□ 세부내용 및 예시

- 암흑물질을 통해 우주의 기원 설명
 - 천문관측/입자 가속기 빅데이터 활용 암흑물질 연구 효율화를 위한 ICT 융합연구 개발
 - 실험/관측-시뮬레이션 통합 데이터 처리로 암흑물질탐색연구
- 천문학적 미답 영역의 개척 및 진화과정 연구
 - 적외선 등 지상 및 우주에서의 다양한 파장영역에 대한 관측
 - 초기 별의 탄생 및 은화의 진화 연구
- 우주의 역사 및 진화과정을 설명할 수 있는 새로운 이론 및 과학적 근거 제시

IV. 과학난제 도전·극복형 사업의 추진 전략

국가R&D Needs

- (기대) 기술개발(산업·경제성장) → 국가·사회 현안·난제 해결(지속가능발전)
- (요구) 선호하는 연구 → 할 수 있는 연구 → 해야만 하는 연구 (타겟형)
- (형태) 개인연구 → 집단연구 → 다학제·융합연구

사업 비전 & 목표

국가·사회·지구·인류 현안·난제들을 과학기술로 해결하여
국민의 건강하고 안전한 삶을 구현하고 지속 가능한 국가·사회 발전에 기여

R&D 전략

[전략 1] 과학난제 상시 발굴체제 확립

- 과학난제 발굴 시스템 구축 및 운영
- 과학난제 현황 조사·분석
 - 국내·외 현황 조사, 석학연구자의 숙의·의견 분석, 국가·사회의 요구 수렴
- 한국형 과학난제사업의 개념 및 성격 정립
 - 공공(국가·사회·인간), 글로벌(지구·우주), 혁신(한계 극복), 진보(미개척), 융합(다학제), 거대(예산·인력)
- SMART 원칙에 따라 과학난제의 과제 기획 및 평가
 - 과학기술로 해결 가능하며(Solvable) 획기적·도전적(Marvelous&Adventurous) 접근인지, 꼭 필요한(Responsible) 실체적(Tangible Target) 해결방안인가

[전략 2] 과학난제 도전·극복형 사업의 효율적 추진

- 목표 지향적 사업 추진
 - 기술개발이 아닌 과학난제 문제해결형 R&D 과제 도출 지향
- 융합 집단연구체제 확립
 - 다학제(Multidisciplinary), 협업(Collaboration), 융합(Convergency) 연구체제 확립
- 국제공동연구 활성화
 - 범지구적 문제 해결을 위해 국내·외 개방적 네트워크를 형성하고 소통, 협력 추진
- 혁신적 과제 기획·평가·관리 체계 확립
 - 총괄사업추진위원회 및 사업단 구성·운영, 성실실패 용인, 난제 단계별 진도 관리 및 조정 강화, 과제 선정·평가의 개선, 예산 및 행정 운영의 탄력성 확보 등

1. 사업의 목표

□ 사업 추진 목표 및 비전

- (목표) 다양한 분야 연구자들의 숙의·협업을 거쳐 다학제·융복합연구를 추진하여 국가·사회·지구·인류와 관련된 주요 현안·난제들을 과학기술로 해결
 - (Digitalized Convergence) 인문사회로부터 과학기술까지 초융합 고도화로 국민이 인정하고 자랑스러워하는 수준의 난제 해결
 - 학제 간 경계를 초월한 개방형 혁신(Open Innovation)을 바탕으로 초학제적 연구(Transdisciplinary Research)를 수행하여 난제에 대한 지속가능한 해결 방안 마련
 - ※ 탄자니아 HIV/AIDS 예방연구에서는 의학적 논의와 더불어 젊은이들의 성생활 습관에 대한 논의를 추진하여 의학적 지식 창출과 예방 대책을 도출
 - ※ 미국 백악관 과학기술정책실에서 사회문제 해결 집단지성 플랫폼(Challenge.gov) 운영
 - 학제 간 융합연구(Interdisciplinary Research)를 통해 난제 극복을 위한 학제 간 시너지 효과를 극대화
 - ※ 영국의 Health Informatics Research(HIR)에서는 의료데이터 활용도를 극대화하고 환자의 건강상태를 정보 분석으로 도출
 - 다학제적 융합연구 (Multi-disciplinary Research)를 통해 다양한 학문의 연계와 결합을 통한 창의적 아이디어 발굴
 - ※ 조인트 벤처 Casmi社(英)는 보건의료분야 현안 및 난제 해결을 위한 다학제적 연구조직을 운영
 - 문제해결을 위해 이질적인 여러 연구 분야를 자유롭게 융합하는 반학제적 융합연구(Anti-disciplinary Research) 추진
 - ※ MIT의 미디어랩은 문제해결 중심의 접근법을 지향
 - 집단지성을 활용한 Open Science 생태계를 구축하여 난제 해결 기반을 확충
 - ‘집단의 다양성’을 활용한 새로운 관점의 문제인식 및 접근 가능성을 제시하여 협업의 확대를 통한 신기술 개발, 새로운 데이터 공유 및 관리를 위한 사업기회 제공, 다양한 지식에서 가치있는 지식으로의 발전 등을 추진
 - ※ (독일의 시민과학자 참여 플랫폼 Bueger schaffen Wissen) ‘과학-산업-R&D-사회’의 연계를 통해 현안을 해결하고자 웹 사이트 및 스마트폰 앱을 이용하여 비과학 전공자도 과제 기획 가능
 - ※ (UN 미래포럼 The Millennium Project) 글로벌 네트워크 활용을 극대화하기 위한 집단

지성포탈을 이용한 미래예측방법에 활용하는 시스템 구축 (Global Future Intelligence System, GFIS)

- 연구 현장의 자율성·개방성을 통한 연구자 간 수평적 관계 유지, 이해당사자들의 지속적인 참여를 위한 동인 제공 등 다양한 협업을 통해 난제 해결을 위한 도전적 시도를 촉진하고 혁신적인 성과를 창출

※ InnoCentive社(美)는 크라우드링 소싱으로 문제를 사이트에 올리고 해결한 사람이 현상금 수령

※ Eli Lilly社(美)는 신약 후보의 성공 확률 판단을 위해 화학 전문가, 생물학자, 판매원 등이 예측에 참여하여 집중 투자함

- 개방적·유연적 연구문화 조성 과 오픈사이언스(Open Science)의 확산을 통해 자유로운 소통을 통한 새로운 패러다임의 연구문화를 정착

※ ERATO(Exploratory Research for Advanced Technology)(日)는 독특한 협업 방식의 사업 관리 등의 연구문화로 연구수행방식에 많은 영향을 주고 있음

※ 연구 성과물의 접근성 제고 (open access), 개방형 연구협력 및 소통의 장려 (open collaboration) 등을 통한 사업의 투명성 및 개방성 향상 필요 (신은정 외 ‘오픈사이언스 정책의 도입 및 추진 방안’, 2017)

※ EU Horizon 2020의 지원을 받은 프로젝트의 성과물은 오픈액세스저널이나 디지털서고인 OpenAIRE에 등록, 공개하도록 의무화

※ 과학적 출판물을 완전 개방형 접근모델로 전환하기 위한 Plan S를 위한 계획이 Nature에서 전망한 2019년 과학기술 트렌드로 선정

- (비전) 국민의 건강하고 안전한 삶을 구현하고 지속 가능한 국가·사회 발전에 기여하며 세계를 선도하는 과학기술역량 및 국가경쟁력을 축적

- 도전적 연구 수행을 통해 과학난제를 해결하여 도전적·혁신적 연구 수행에 우호적 환경을 조성하고 국가연구개발 패러다임을 변화

- 미개척 분야 신지식의 획득 등 난제 해결에 따른 과학기술역량 강화로 세계를 주도하는 과학기술경쟁력을 축적하고 세계 과학기술계를 선도할 수 있는 기반 마련

- 난제 해결에 따른 신기술·신산업의 창출 등으로 혁신적 국가성장 기반을 확충

□ 사업 추진 전략

- 과학난제 및 도전·극복형 사업 연구과제 발굴·도출을 위해 과학난제 및 융합 도전과제(Grand Challenge) 개념 정립

- 지속적 난제 발굴 시스템 구축

- 전문가 숙의, 이벤트 개최, 문헌 조사 등 다양한 방식으로 난제를 발굴하고 구

체화하는 상설 난제 발굴 전담 조직 신설

○ 혁신적 과제 기획·평가·관리 시스템 구축

- (기획·선정) 연구자 커뮤니티를 활용한 숙의적 과정을 통해 도전해야 할 과학난제를 선정
 - 사업의 성패를 좌우할 탐색 시범연구에서는 과학난제 중에서도 사회적, 경제적 파급효과가 큰 융합연구 과제들을 우선적으로 선정
 - 개별 과학난제 해결 연구에 특화된 사업 운영 시스템 제안
- (수행) 초학제적 전문가 참여 촉진을 위한 오디션 방식의 참여연구진 구성
 - 다양한 분야의 탁월한 연구자가 참여할 수 있도록 (가칭)탐색연구 발굴단을 운영하여 자발적 지원, 전문가/단체 추천, 연구자풀 활용 등을 통해 다양한 전문가를 발굴하고, 발굴된 전문가들을 다양하게 매칭하여 상호 소통과 협업이 원활한 팀을 구성
 - 연구개발의 성공가능성을 극대화하기 위하여 동일 난제에 대해 복수의 연구팀을 구성하여 다양한 아이디어 창출을 유도
 - 전체 연구 지원기간을 1~2년의 다단계로 구분하고, 단계별 챌린지를 통해 팀간 경쟁과 협업을 유도하며 우수한 연구성과를 보이는 팀들에 대해 지원을 확대
- (관리) 행정업무의 최소화로 연구업무 효율성 제고
 - 단계별 챌린지를 추진하는 과정에서 우수 연구팀의 선별과 지원비용의 규모의 향상을 함께 추진함으로써 연구비 활용의 효율성 제고
 - 단계 진행에 따른 지원규모의 확대는 우수 연구팀에 대한 인센티브의 개념을 도입하여 연구개발 사업비 관리의 필요성을 최소화 (최초 단계에서는 최소 실비 수준의 연구비를 지원)
- (평가·활용) 실질적 문제 해결을 성과지표로 활용
 - 단순히 논문/지재권의 건수 또는 특정 기술개발 등을 성과지표로 설정하는 것을 지양하고, 과학난제의 실질적인 문제 해결의 가능성을 평가하는 등 목적 달성을 중심으로 성과지표를 개발 (정성적, 추상적 성과지표 허용)
 - 연구실패를 용인하고, 우수 연구성과에 대해서는 후속연구 기회를 보장

○ 과학난제 해결을 위한 단계별 국제연구 협력을 위해 국제 공동연구를 활성화

- 글로벌 Network Joint Project 기획·운영, 과학난제 해결을 위한 국제 연구컨소시엄 구성·운영, 연구자 교류 및 워크숍·포럼 개최 등을 추진하고 난제 관련 글로벌 이니셔티브에 참여

< 정부 과학기술혁신 정책과의 부합·연계 검토 >

정부 과학기술혁신 정책과의 부합·연계

- 국가 과학기술기본계획(제4차, 2018-2022) (과기정통부 외, 2018.2.23.)
 - 미래비전 실현을 위한 과학기술정책방향
 - 단기성과·목표중심 → 파괴적 혁신을 일으키는 R&D
 - ※ '연구자 중심'의 정부 R&D 시스템 및 문제해결역량을 갖춘 창의·융합형 인재양성
 - 융합과 협력 미흡 → 활발한 혁신 생태계 조성
 - ※ 주체간/분야간 융합과 협력 활성화 및 도전과 성장이 활발히 일어나는 혁신 생태계 조성
 - 차기 성장동력 부재 → 신산업과 일자리 창출 가속화
 - ※ 새로운 성장동력 확보와 과학기술 일자리 창출 및 미래 일자리변화 대비 노력
 - 경제성장 중심 → 삶의질 향상과 인류문제해결에 기여 확대
 - ※ 삶의질 관련 국민체감 실질적인 성과창출 및 인류 난제해결에 기여 확대
- 국가 R&D 혁신방안 (국가과기자문회의, 2018.7.27.)
 - 연구자 중심, 혁신형 연구지원 강화 (R&D 프로세스혁신, 고위험 혁신연구지원강화 등)
 - 혁신주체 역량강화(대학, 기업, 공공(연), 지역 등 혁신주체간 상호연계 및 협력강화)
 - 국민체감형 과학기술성과 확산 (미래신산업 육성, 국민생활문제해결 R&D 강화 등)
 - R&D 지원체계 고도화(투자 전략성 강화, 적시적소 투자체계 구축, 국민참여 확대 등)



국가 시책 실현관련 과학기술 난제극복 융합주제도출 주요안점

- 도전적 연구풍토 착근
 - 성공가능성이 높은 연구보다는 도전적 연구 추구
 - 도전성·혁신성·모험성 연구를 지원하는 시스템 여건마련 및 체계화
 - 국가연구개발사업으로서 성실실패 (PRIDE) 제도 정착 및 확대
- 우리에게 노출된 새로운 과학기술 모습에의 선제적 대응
 - 다양한 관점, 창의적 발상, 고도의 판단력 등 새로운 방식으로 종합적인 해답 도출
 - 기술이 첫 단계가 아닌 기술혁신 전략의 등장 대응
 - ※ 비즈니스 모델 → 혁신전략 → 기술확보 순서로 진행
 - 우리나라 만의 강점자산을 활용한 독창적 새로운 방식과 시스템
 - 산학연 간 자유로운 이동이 최대한 보장되는 우수 연구인재 육성
 - 글로벌 인재들이, 글로벌 탐 연구주제를, 글로벌 탐 시스템에서 수행
 - 전혀 다른 방식의 문제해결형 R&D방식 도입
 - 해외 신진 우수인재들을 유입하기 위하여 국내 저수지 대폭 확충
 - 국내외 전문가에 의한 연구과제 선정, 평가, 관리 기능 수행

< 그간의 정부 중점육성·전략분야 및 기술주제 등 연계성 검토 >

그간의 정부 중점육성·전략분야 및 기술주제 등

- 13대 혁신성장동력 분야 (과기정통부, 2017.12.25.)
 - 지능화 인프라 (빅데이터, 차세대통신, 인공지능)
 - 스마트 이동체 (자율주행차, 드론(무인기))
 - 융합 서비스 (맞춤형 헬스케어, 스마트시티, 가상증강현실, 지능형로봇)
 - 산업기반 (지능형반도체, 첨단소재, 혁신신약, 신재생에너지)

- 5대 신산업 선도사업 (산업통상자원부, 2018.1.24.)
 - 전기·자율주행차 (자율주행차시범사업, 경쟁력있는 전기차개발, 서비스모델 사업화)
 - IoT 가진 (IoT 가진 핵심기술개발, 스마트홈 실증 프로젝트, 이업종 협업생태계 구축)
 - 에너지 신산업 (ICT 기반 신 비즈니스 확산, 제도개선을 통한 시장창출, 미래에너지 시스템 실증)
 - 바이오·헬스 (스마트 헬스케어 4.0, 글로벌 바이오스타 육성, AI 융복합 의료기기)
 - 반도체, 디스플레이 (차세대 반도체 육성, OLED혁신공정개발, 상생발전위 출범)

- 플랫폼경제 및 8대 선도사업 분야 (기획재정부, 2018.8.13.)
 - (플랫폼 경제분야) 데이터·블록체인·공유경제, 인공지능, 수소경제)
 - (8대 선도사업분야) 미래자동차(자율주행, 친환경자동차), 드론, 에너지 신산업, 바이오 헬스, 스마트공장, 스마트시티, 스마트팜, 핀테크



기존 정책시책과 연계 및 차별화된 과학기술 난제 도출

- 우선 추진 과학기술 난제 도출 방향
 - (공공성) 연구의 본질적 목적인 인류 공동의 문제를 해결하는데 기여하는 주제
 - (글로벌선도) 해당연구를 통해 한국이 국제적인 영향력을 발휘할 수 있는 주제
 - (과학난제) 혼자서, 혹은 개별 연구팀이 풀 수 없는 과학기술적 난제
 - (융합·협업) 학문간, 국가간, 현상간, 사람간 협업을 바탕으로 하는 주제
 - (확장성) 사회, 산업, 경제 전반에 파급 효과를 미칠 수 있는 주제

2. 사업추진 단계별 추진방향

(1) 전문가 토의를 통한 초안 마련

○ 기획위원회를 중심으로 추진방향 및 기존 R&D사업과의 차별성 논의

단계별 추진방향(안)

단 계	추진 방향(안)
① 과제 발굴	<ul style="list-style-type: none"> - 지속적 과제 발굴 시스템(상설 도전적 융합연구 발굴단) 구축 - 개방형 클라우드(Open Crowd) 방식 집단지성 활용 과제 발굴 - 결과물에 대한 문제은행식 축적 통해 전문 역량 함양 및 빅데이터화 추진 - 체계화된 전문위원회 중심의 과제 발굴 - 다양한 형태의 학술 이벤트(포럼, 워크샵 등) 개최 통한 과제 발굴 - 다학제적 논의 수행 및 참여 기회 개방 - 민주적 방식과 소수 전문가 결정 방식 혼용
② 과제 기획	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 영역에서 참가하는 학계 전문가 기반의 과제기획 시스템 도입 - 참여의향서/RFI 접수분석을 통해 국내 현황을 파악하고 난제별 맞춤형 추진전략방법 구체화 - 참여자와 공개 소통(Open Discourse)을 통해 보다 진보된 연구제안 또는 참여자간 새로운 융합 제안을 유도하는 단계로 활용
③ 과제 선정 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 각 난제별 차별화된 평가 프로세스 및 평가지표 개발적용 - 국내 및 국외 최고 수준 전문가에 의한 심층토론평가를 기본으로 하되, 난제별 특성에 따라 자유토론평가(Sandpit), 라운드테이블 방식, 하일마이어 카테키즘 방법론 등 활용 - 지식 창출보다 인류를 위한 가치 창출을 우선하는 “문제해결형 R&D”를 지향하고, 글로벌 수월성을 측정할 수 있는 새로운 평가지표를 난제별 특성에 맞게 개발하여 적용
④ 연구수행 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 연구유형 및 특성에 따라 최적화 된 맞춤형 지원방식 채택 - 가상 협업체계(사이버회의실, 데이터 공유체계 등) 구축 통해 융합협업 촉진 - 국제 공동 연구 참여 확대 및 교류 활성화 추진 - 과제별·연도별 연구비의 탄력적 운용 허용(다년도 협약, 연구비 이월 등) - 연구 수행과정의 유연성 확대(목표 수정 제도 등)
⑤ 과제 결과 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 석학 및 관계자가 함께하는 포럼 방식으로 성과평가 - 미래지향적 결과/성과평가 패러다임 도입(실적이 아닌 향후 계획 평가) - 성실 실패를 용인하여 리스크를 회피하지 않는 난제 도전 문화 조성 - 난제 집중토론, 융합 활성화 및 글로벌 연구커뮤니티 플랫폼으로 발전

기존 R&D사업과의 차별성

구분	IBS연구단	X-기초연구	미래기술육성사업	한국형 SGER	과학난제 도전·극복형 사업(본사업)
주제발굴	-	국민	-	연구자	연구자
비전 및 목표	기초과학 연구로 인류의 행복과 사회발전에 공헌	새로운 문제 발굴 및 어려운 문제에 과감히 도전하는 사회분위기 조성	과학기술 육성을 통해 더 나은 미래사회를 만드는데 기여	창의적·도전적 기초연구 강화 및 연구성과의 질적 향상과 국가연구역량을 강화	국가·사회·지구인류 현안·난제들을 과학기술로 해결하여 국민의 건강하고 안전한 삶을 구현하고 지속 가능한 국가·사회 발전에 기여
지원 분야	6대 기초과학분야 (수/물/화/생/지/용) - 신규분야 지원 가능	과학기술 전 분야	기초과학(수/물/화/생)	이공계 과학기술 전 분야	과학기술 전 분야
지원 규모	■ (사업기간) 13년~ - 연구단별 54억원/년 - 매3년 평가로 적정 연구비 계속 지원 결정	■ (사업기간) 15-17년(3년) ■ 최초 1~2년 ■ 평가 후 별도 R&D 연계 - 2년 단위 평가	■ (사업기간) 13-22년(10년) - 1단계 최대 5년 (성과에 따라 최대 10년)	■ (사업기간) 14~18년 - 1년차: 5천만 - 2·3년차: 1억/년	■ (사업기간) 20-25년(6년) ■ 중형과제: 5개, 20억/4.5년 ■ 지원단: 연간 5억
연구형태	장기, 대형, 집단	단기, 소형, 개인	중기, 중소형, 개인/집단	개인연구	중형, 집단
과제선정	① 상시 지원 ② 단장 후보자 평가 ③ 심층평가 ④ 종합평가, 과학자분위자문 ⑤ 임용	① (국민) 연구 질문 제안 ② (추진위) 우수질문 선정 ③ 질문 재구성 ④ 최종 질문들의 답변을 찾아낼 연구자그룹 공모 ⑤ (국민선정단 등) 연구 그룹선정	① 상시온라인접수 ② (서면평가) Blind 평가 ③ (발표심사) 연구계획서, 발표자료 ④ 과제선정	① 서면평가(평가위) ② 인터뷰 및 패널심의 ③ PM 협의체 ④ 평가단 및 추진위 선정결과 심의	① 공개공모 ② (국내평가) 발표 및 토의 ③ (종합평가) 난제발굴위원회 및 외부위원 평가 ④ 선정
과제관리 및 평가	■ 평가방식 - 정성평가 - 절대평가 ■ 평가방법 - 현장방문, 동료평가 ■ 평가주기 - 3년(최초 5년 평가) - 최초 2년은 컨설팅 방식의 중간 점검 ■ 평가패널 구성 - 50% 이상 해외위원, 총 7~8명으로 구성 - 위원장은 외국인으로 선임	■ 연구과정 대중 공개 - 미디어를 통한 연구과정 소개, 대중 인터뷰 등 제공 ■ 평가방식 - 국민이 심사패널 참여 ■ 후속지원 - 1년 연구결과평가로 후속연구 1년 추가지원	■ 기초과학 ① Annual Review ② 완료리뷰 - 최종성과, 연구결과 활용방안 ③ 2단계 지원 ■ 소재/ICT ① Annual Review ② 중간리뷰 - 단계별 성과 ③ 완료리뷰 - 최종성과, 연구결과 활용방안 ④ 2단계 지원	■ 평가방법 - 상대평가 - PASS/FAIL ■ 1차년도 주제발굴 - 대면평가 ■ 2차년도 발표평가 - 연차실적서 제출 ■ 후속연구지원	■ 평가방식 - 정성평가 ■ 평가방법 - 중간일몰 등 허용 - PASS/FAIL ■ 평가주기 - (중간)2년, 컨설팅 및 토론 - (최종)4.5년, 연구성과 공유, 실패지식 DB화, 성실실패 용인 ■ 평가패널 구성 - Blue Ribbon Panel (선정평가 전문가 포함) - 국내외 위원으로 구성

(2) 과학기술계 의견 수렴

□ 설문조사 개요

- (조사대상) 과학기술계 각 분야 전문가
- (조사내용) 과학난제 연구를 최적으로 수행할 수 있는 사업 운영 전략
- (조사방법) 한림원에서 보유하고 있는 과학기술계 DB* 및 과학기술단체총연합회에서 보유한 과학기술계 전문가의 E-mail DB로 설문을 배포하고 온라인으로 응답을 받았음
 - * 한림원 정회원(50~60대 연구책임자급 / 486명), 차세대회원(Y-KAST, 30~40대 부교수급 / 125명), 신진연구자(영향력 있는 저널에 논문을 게재한 박사후연구원급 / 230명)
- (조사기간) 4월 1일 ~ 4월 12일 (2주)
- (참여인원) 839명이 설문에 참여함

□ 설문결과 및 요약

- (과제 발굴 및 기획 단계)에서 필요한 운영전략으로는 △지속적인 상시 과제 발굴 및 기획 연구체제 구축(54.4%, 456명), △국내외 과학난제의 데이터 탐색 및 전문가 수요기반 과제발굴의 병행(45.1%, 378명), △개방형 클라우드 방식의 온-오프라인 집단지성 활용을 통한 과제 발굴(44.0%, 369명) 순으로 나타남
- 기타의견으로는 소수의 의견이라도 연구의 필요성이 있고 타당성이 갖춰진다면 있다면 주제 선정을 적극적으로 고려해야 한다는 의견이 있었으며, 정기적인 포럼 개최를 통해 다수의 의견을 수렴해야 한다는 의견이 제시되었음.

과제 발굴 및 기획 단계에서 필요한 운영 전략

[단위: %, N: 839]

과제 발굴 및 기획 단계에서의 운영 전략	필요성
지속적 상시 과제 발굴 및 기획 연구체제(상설 발굴단) 구축	54.4
국내외 과학난제의 데이터 탐색 및 전문가 수요기반 과제발굴의 병행	45.1
개방형 클라우드(Open Crowd) 방식 온-오프라인 집단지성 활용을 통한 과제 발굴	44.0
전문위원회의 후보과제 발굴과 분야별 전문가(온오프라인) 심의를 통한 진화된 난제 모형 구축	33.4
다학제적 논의 수행 및 참여 기회 개방	30.2
다양한 형태의 학술 이벤트(포럼, 워크샵 등) 개최 통한 과제 발굴	22.1
과제 참여의향서/RFI 접수·분석을 통한 국내 현황 파악 및 난제별 맞춤형 추진전략 구체화	17.6
인문사회 포함 다분야 참여 기획 장려	14.5
민주적 방식과 소수 전문가 결정 방식 혼용	9.7
기타	2.3

○ (과학난제 과제 선정 단계)에서 필요한 운영 전략 조사 결과 △난제도전형 연구에 특화된 평가지표 개발(41.1%, 345명), △경쟁형 과제수행을 위한 복수 선정(40.5%, 340명), △연구 아이디어에 대한 혁신적 평가 방식 도입(36.8%, 309명) 등의 순으로 나타남

- 기타의견으로는 지나치게 융합을 강조하여 인위적으로 융합연구를 하게 되는 것이 우려된다는 의견이 제시되었음.

과제 선정 단계에서 필요한 운영 전략

[단위: %, N: 839]

과제 선정 단계에서의 운영 전략	필요성
난제도전형 연구에 특화된 평가지표 개발	41.1
경쟁형 과제수행(한 난제를 두 연구자 그룹이 수행)을 위한 복수 선정	40.5
연구 아이디어에 대한 혁신적 평가 방식 도입(제안자 그룹간의 상호토론 등)	36.8
글로벌 전문가 참여 확대	34.1
연구 주제 발굴·기획자의 평가위원 참여	32.4
타사업과의 중복 과제 적용의 완화	28.1
아이디어 제시 중심 무양식 줄거리형 연구제안서 도입	27.2
다수 권위자로 구성된 리뷰위원회 통한 심층 평가 추진(학연, 연고 등 제척제도 완화)	23.5
기타	1.9

○ (연구 특화 평가지표)로 적절한 것은 △기존에 한계라고 생각하는 부분을 돌파하거나 새로운 개념, 방법, 이론을 증명할 수 있는지에 대한 평가 지표가 54.2%(455명)로 가장 많았으며, △‘창의성이 탁월한 수준인가?’ 41.1%(345명), △‘모험적 도전적인 아이디어가 있는가?’ 39.8%(334명) 순으로 나타남

- 기타의견으로는 참여연구원 구성이 최적의 연구자 그룹인지에 대한 평가와 실제로 적용 가능한 연구인 것인지에 대한 평가도 추가되어야 한다는 의견이 제시됨

연구 특화 평가지표로 적절한 것

[단위: %, N: 839]

연구 특화 평가 지표 예시	필요성
기존에 한계라고 생각하는 부분을 돌파하거나 새로운 개념, 방법, 이론을 증명할 수 있는가?	54.2
창의성이 탁월한 수준인가?	41.1
모험적 도전적인 아이디어가 있는가?	39.8
세계 과학 기술계를 선도할 수 있는 연구인가?	31.9
결국은 해결할 수 있는 문제인가?	28.4
인류 공공성 제고에 어느 정도 기여할 수 있는가?	28.0
학문의 지식 수준을 높이고 신지평 개척 기여도가 높은가?	27.1
다학제간 협업이 필요한가?	23.0
기타	1.4

○ (연구 수행 단계)에서의 지원전략으로는 △참여그룹 및 관련 분야 연구진들과의 교류 기회 제공(48.3%, 405명), △다년간 협약 체결, 중간 평가 미 실시 등 연구 수행의 자율성 확대(43.6%, 366명), △과제별, 연도별 연구비의 탄력적 운영(42.2%, 340명) 등의 순으로 나타남

- 기타 의견으로는 연구자들의 최적의 결과를 만들 수 있도록 많은 지원을 해야 하며, 특히 사업 자체의 지원보다는 국가적 차원에서의 적극적인 지원이 필요하다는 의견이 있었음. 또한, 난제 주제에 관련된 기업들이 연구에 참여할 수 있도록 연구자 그룹과 연계해주는 지원도 필요하다는 의견이 제시되었음.

연구 수행 지원을 위해 필요한 전략

[단위: %, N: 839]

연구 수행 지원을 위한 전략	필요성
참여그룹 및 관련 분야 연구진들과의 교류 기회 제공	48.3
연구 수행의 자율성 확대(다년간 협약 체결 및 중간 평가 미 실시)	43.6
과제별, 연도별 연구비의 탄력적 운영	42.2
연구 방법의 유연성 보장(목표 수정 제도 등)	40.5
국제 공동 연구 참여 확대 및 교류 활성화 추진	36.8
연구 유형별 서로 다른 맞춤형 연구 수행 지원	26.2
가상 협업 체계(가상 회의실, 데이터 공유 체계 구축 등) 구축	22.2
조기수행 인센티브 제공(후속 연구 지원)	13.3
기타	2.3

- (결과 평가 단계)에서는 △각 사업 주제에 맞게 맞춤형 평가(포럼 방식평가, 토론식 평가, 발표평가 등)를 도입하는 것이 가장 필요하다는 의견이 51.4%(431명)였으며, △중간 일몰제, 성실 실패 용인 등 효율적 과제 종료 체계 구축이 43.5%(365명), △연구 주제 발굴·기획자·선정 평가자의 참여 및 정성적 평가 강화가 37.7%(316명), △패러다임 전환 및 새로운 기회창출 식의 성과평가 도입이 34.6%(290명)으로 나타남
- 기타의견으로는 평가의 기본으로 공정성, 투명성, 전문성을 갖춰야 하며, 난제의 특성상 성과를 쉽게 내기 어려운 주제인 만큼 실패를 용인해주는 제도가 강화되어야 한다는 의견이 가장 많았음.

과제 결과 평가 단계에서 필요한 운영 전략

[단위: %, N: 839]

과제 결과 평가 단계에서의 운영 전략	필요성
분야별 맞춤형 평가 도입 및 평가 방법 다양화(포럼 방식 평가, 토론식 평가, 발표평가)	51.4
중간 일몰제, 성실 실패 용인 등 효율적 과제 종료 체계 구축	43.5
연구 주제 발굴·기획자·선정 평가자의 참여 및 정성적 평가 강화	37.7
패러다임 전환 및 새로운 기회창출 식의 성과평가 도입(실적이 아닌 향후 계획 평가)	34.6
전문 평가위원 Pool 구축	26.0
해외 전문가 평가 위원 초빙 및 글로벌 온라인 평가위원 위촉 및 활용	24.9
외부 전문가로 구성된 평가 및 심의위원회 운영	22.4
사업비의 일정 비율로 운용되는 전문 평가팀 운영	21.6
기타	1.8

□ 다양한 의견수렴을 위한 공청회(국회-한림원 공동포럼) 개최

○ 개요

- 주최: 이상민 의원(더불어민주당), 변재일 의원(더불어민주당), 송희경 의원(자유한국당), 신용현 의원(바른미래당), 김경진 의원(민주평화당)과 공동으로 주최함
- 일시: 2019년 4월 24일 수요일, 14:00~16:30
- 장소: 국회의원회과 제2소회의실
- 주제: R&D예산 20조원 시대 한국이 도전해야 할 과학난제는 무엇인가?(도전적 연구문화 확산을 위한 과학난제 해결형 R&D 활성화 방안)

○ 진행방식: 포럼은 “도전적 연구문화 확산을 위한 과학난제 해결형 R&D”라는 주제로 과학난제 R&D 혁신의 필요성을 강조하고, 본 과제 기획연구 내용 및 결과를 발표한 후 “한국이 도전해야 할 과학난제와 성공전략”이라는 주제로 관련 전문가들이 토론하는 형식으로 진행됨

○ 주제발표 및 토론 주요 내용

구분	발표자	주요 내용
주제발표	성창모 (기획위원장)	<p>도전적 연구문화 확산을 위한 과학난제 해결형 R&D</p> <p>○ 우리나라의 연구 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 한국은 세계적으로 GDP대비 R&D 투자비가 높고 연구 논문 배출률도 높은 편이지만 상위 1% 논문수는 저조함. - 지속적인 투자는 잘 이루어지고 있으나 국내에서 이루어진 연구결과가 글로벌화가 되기에는 취약하며, 국내 연구계의 도전적인 목표가 약하다는 것을 인정해야 함 <p>○ 난제를 해결할 준비는 되어 있는가?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amazon, Google 등 국제적인 기업들은 10%, 20%씩 성장하는 것보다 10배, 20배 성장하는것을 추구하고 있음. - 100개의 양초가 한 개의 백열전구를 이길 수 없고, 100개의 백열전구가 한 개의 LED를 이길 수 없듯이 이러한 입지를 계속 유지하려면 많은 노력을 필요함 함. <p>○ 과학난제 해결을 위해서 어떻게 할 것인가?</p> <ul style="list-style-type: none"> - 과학난제 해결에 관한 연구는 세계적으로 많이 진행되고 있는 추세이며, 그 경쟁이 심화되고 있음.

		<ul style="list-style-type: none"> - 1명의 천재보다는 전문가 집단이 난제를 해결하고, 국가주도 정책과 민간 파트너십, 요소 과학기술에 대해 초융합 가속화를 이룬다면 과학기술, 사회경제에 새로운 지평선이 나올 것임. <p>○ 과학난제 해결을 위해서 어떻게 할 것인가?</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1명의 천재보다는 집단으로 난제를 해결하고 국가주도 정책에서 연구자 주도의 정책으로 탈바꿈하고, 기업과의 파트너십, 초융합 가속화를 이룬다면 한다면 과학기술과 사회경제에 새로운 지평선이 나올 것임
토론	홍순형 (최장/ KAIST)	한국이 도전해야 할 과학난제와 성공전략
	이태역 (KAIST)	<ul style="list-style-type: none"> - 과학난제 자체를 발굴하고 정의하는 연구가 필요함. 뉴턴이 중력과 힘의 법칙을 발견한 것과 아인슈타인이 상대성이론을 만들어 인류역사에 큰 획을 그은 것은 과학의 중요한 문제를 잘 찾아내고 정의하고 도전했기 때문임. - 문제가 무엇인지 제대로 식별하고 정의하면 어떻게든 해결할 수 있음. - 또한, 연구개발 예산의 몇 퍼센트는 과학난제 발굴 연구 및 사업에 투입, 도전과제를 먼저 제시하고 연구개발사업을 연계시키는 노력을 해야 함.
	박소라 (인하대)	<ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 혁신에 관한 이야기가 10년 넘게 반복되고 있으나 현실이 달라지지 않고 있음. - 과학기술에 관련된 이해당사자들 사이에 존재하는 강한 불신이 해소되지 않는 한 어떤 정책도 무용지물이 될 수 있으며, 특히 평가시스템에 대한 개선이 이뤄져야 함. - 과학난제에 적합한 평가를 하고 컨설팅을 통해 과제의 개선 방향까지 제시하는 전문성 높은 평가를 위해서는 평가자가 관련 분야의 전문적 경험 뿐 아니라 정기적인 학회 참석을 통해 최신 동향에 대해서 학습할 수 있는 기회를 가져야 함. - 평가위원들에게 일정 규모의 '평가연구비'를 지원하고 충분한 시간을 가지고 전문성 높은 평가할 수 있도록 평가체계를 개편해야 함.
	남기태 (서울대)	<ul style="list-style-type: none"> - 과학난제 긴 역사 속에서 많은 과학자들과 일반인들이 꿈꾸고 있던 미래에 대한 공통의 목표이며, 해결을 위해서는 독창성이 필요함 - 이러한 독창적이며 융합적인 과학난제 해결은 매우 어려우며 많은 시간이 걸린다는 것 인지하고 인정하는 문화가 만들어져야 하며, 평생을 걸 수 있는 분위기가 만들어져야 함 - 또한, 젊은 연구자들이 창조적인 아이디어를 추진할 수 있는 시스템이 계속 만들어져야 함 - 지금까지의 연구는 선진국과의 격차를 줄이기 위한 연구였다면, 앞으로는 새로운 패러다임을 제시하고 세계적인 과학기술계를 선도할 수 있다고 생각한다. 과학적인 난제를 풀기 위해서는 창조적인 아이디어에 주목할 필요가 있으며, 젊은 연구자들이 그런 것을 만들어 낼 수 있는 제도가 만들어져야 함

		<ul style="list-style-type: none"> - 창조적 아이디어를 추진할 수 있는 시스템이 필요함. 연구를 독립적으로 막 시작한 젊은 연구자들이 도전적 연구를 할 수 있는 기반이 조성되어야 하고, 이를 장려하기 위한 제도적 뒷받침이 필요함. 나이 또는 경험에 상관없이 크고 작은 융합연구를 리딩할 수 있는 과학기술계 문화가 만들어져야 함.
	김성수 (화학연)	<ul style="list-style-type: none"> - 국가·사회적 난제 해결에서의 출연연의 역할이 필요함. 조선시대 학문과 과학이 꽃피웠던 시기는 세종이 재위한 기간이었고, 그 중심에는 안정적으로 연구와 독서를 할 수 있었던 집현전이 있었기에 가능했음. 세종대왕 시절 ‘집현전’에서 학문과 과학기술 발전을 이뤘듯이 출연연이 ‘21세기 과학기술 집현전’으로 거듭나 국민의 기대에 부응하고, 퍼스트 무버로 도약해야 함.
	이주영 (연합 뉴스)	<ul style="list-style-type: none"> - 응용개발, 기술추격 시대의 패러다임이 그대로 유지되고 있음. 국가 R&D의 큰 틀을 바꾸는 출발점이 되는 프로젝트가 되어야 함. - 도전적 과학난제사업이 국가 R&D 투자방향을 장기적 안목의 순수기초 연구 중심으로 전환하는 신호탄이 되어야 함. - 우리나라는 여전히 압축성장기의 기술추격 패러다임이 유지되고 있으며 산업발전 단계가 완전히 바뀐 상황에서 기존 형태의 연구를 하면서 압축성장기에 거둔 성과를 거두리라고 생각하는 것은 애초에 불가능한 일임. - 국가 R&D 방향이 순수기초 연구 중심의 선진국형으로 전환되어야 하고 연구자들이 스스로 해결하고 싶은 과제를 찾아내고 아이디어를 고안해 해법을 모색하는 것을 도와주는 지원체계를 만들고, 상향식으로 과제를 공모하는 방식으로 사업을 추진해야 함.
자유 토론	기타 의견	<ul style="list-style-type: none"> - 그동안 한국의 연구는 선도형이 아닌 추격형으로 질이 아닌 양의 위주로 연구를 해왔음. 이러한 시스템을 전환시키기 위해서 연구과제 예산, 과제 관리 및 지원, 과제 검토 등을 정부중심으로 수행 하는 것 보다 한림원이나 자문위원회 같은 전문가에게 맡겨서 진행하는 방안도 필요해 보임 - 과학난제에 대한 연구가 결과가 완성될 때까지 정보 공개를 하지 않고 철저하게 보안이 되어 추후에 국제학술지기에 게재하는 등 국제에서도 영향력을 끼칠 수 있도록 정부차원에서 배려와 지원이 필요하다고 사료됨. - 신뢰를 가지고 새로운 것을 받아들이는 문화가 중요하며, 우리 과학기술분야의 문화적인 풍토를 바꾸는 것도 매우 중요함

V. 사업 세부 추진방안

1. 사업개요

□ 사업목적

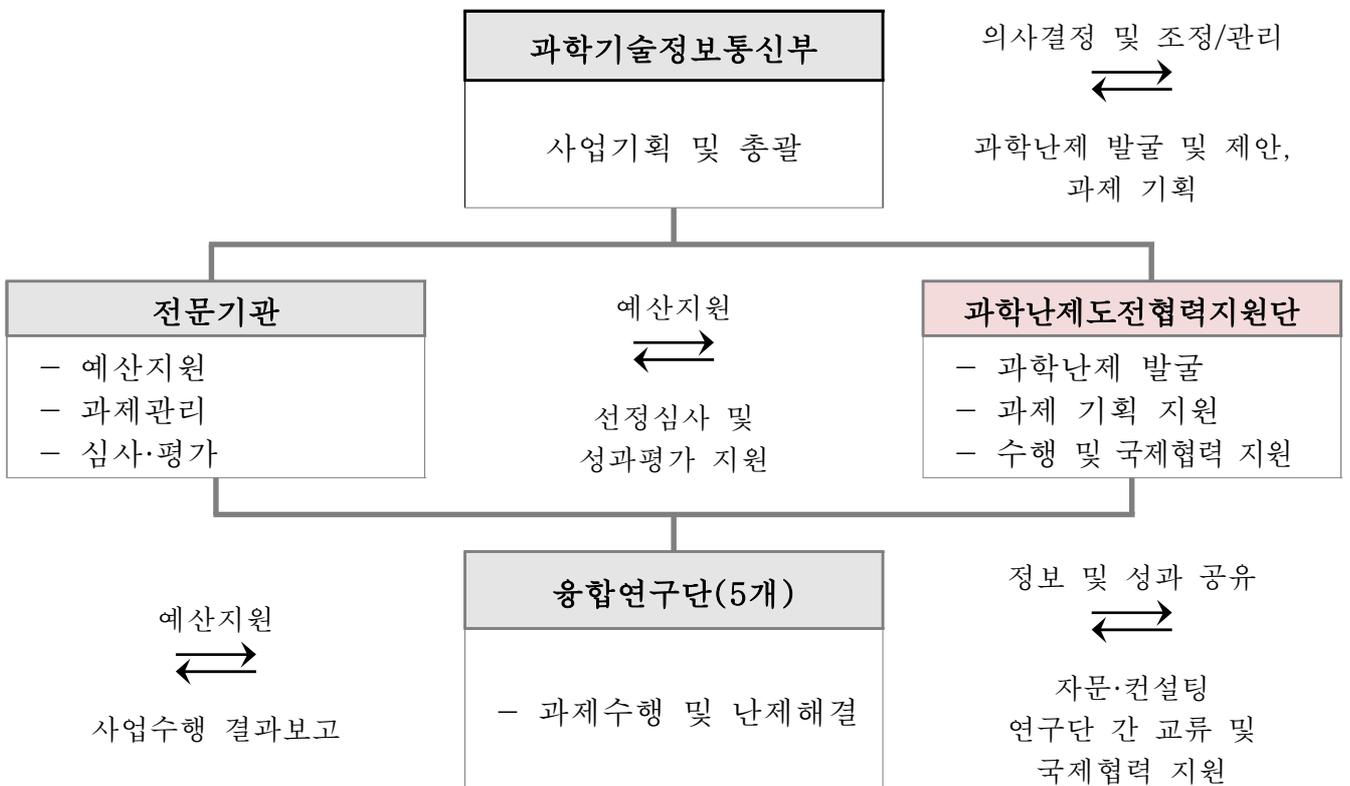
- 국내 연구진이 과학난제를 발굴하고, 융합연구를 통해 도전함으로써 혁신적 연구성과 창출 및 진취적·도전적 연구풍토 조성
- 사회 및 인류의 현안과 난제들을 과학기술로 해결하여 국민의 건강하고 안전한 삶을 구현하고 지속가능한 국가발전에 기여

□ 지원 대상 분야

- 최종적인 과학난제 해결에 필수적인 역할을 할 수 있는 핵심과제이며 기존에 시도하지 않은 창의적·혁신적 아이디어로 접근하는 연구

□ 사업 추진체계

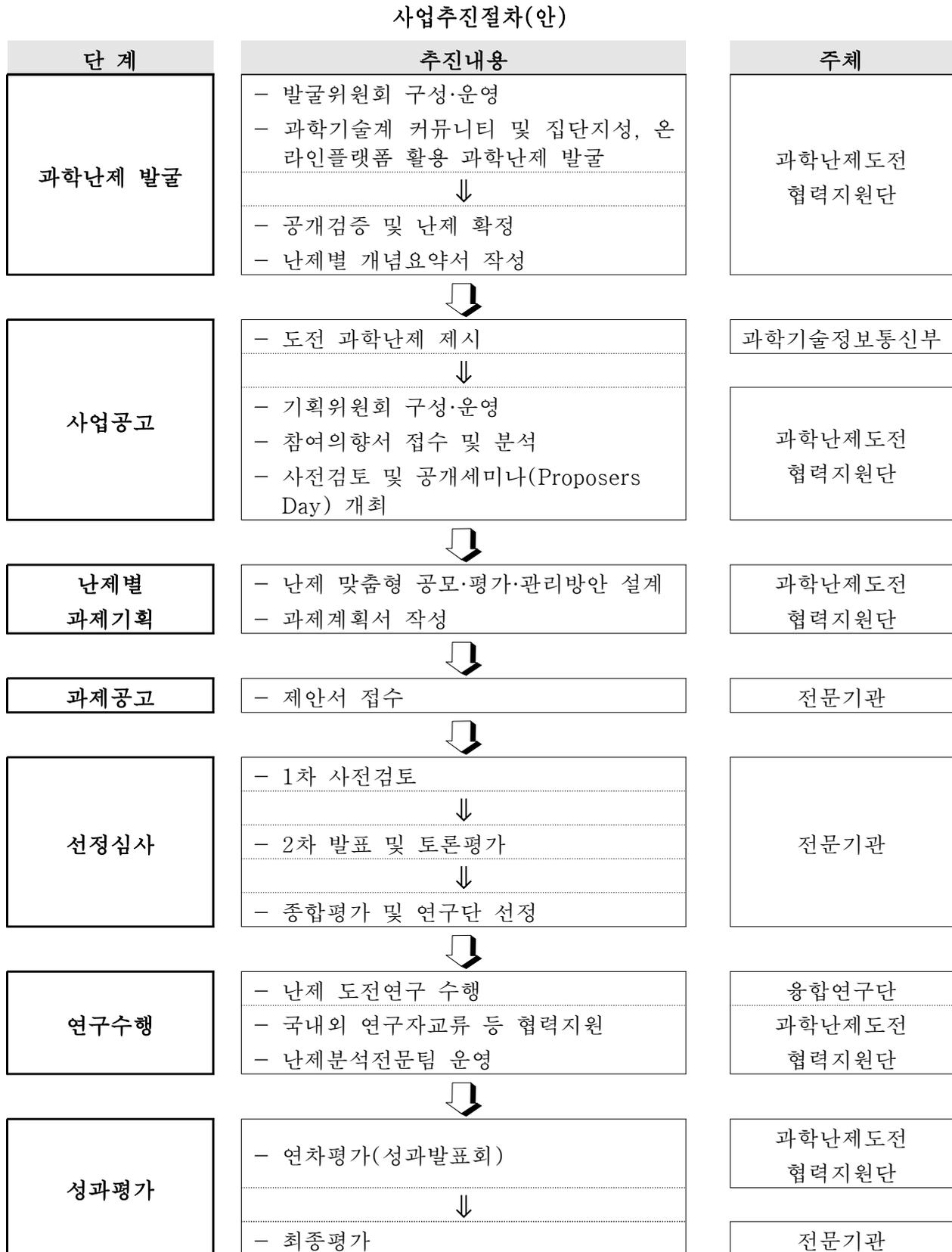
<과학난제 도전·극복형 사업의 사업추진체계(안)>



○ 사업추진 주체별 역할

- (부처) ‘과학난제 도전 융합사업’을 기획·운영하며, 주요 의사결정을 총괄 및 조정
- (전문기관) 사업관리기관으로서 예산집행 및 성과·진도 관리, 성과지표 마련 및 평가를 수행
- (과학난제도전협력지원단) 과학난제를 발굴하고 각 추진체계의 성공적 수행 지원
- (융합연구단) R&D 수행 및 난제해결

□ 사업 추진 절차



2. 운영방안

□ 연구단 구성기준 및 방법

- 본 사업의 목적대로 ‘다양한 학문분야의 참여, 특히 기초과학과 공학의 융합을 통해 과학난제에 도전하는 연구’를 지원하기 위해서는 PI(연구책임자)의 자격요건 및 연구단 구성의 규정을 최소화하는 것이 바람직함
- 또한 제안서 접수 이전에 **공개세미나 등의 단계에서 대학 및 출연연, 산업체 등 다양한 소속기관과 연구 분야의 연구자들이 난제해결을 위한 Best Team을 구성할 수 있도록 연구자 추천 등의 컨설팅을 지원하는 것이 필요함**

○ 신청자격

- 연구기관: 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률에서 정하는 기관 및 단체
- 연구책임자: 과학기술분야 연구개발사업 처리 규정에 따른 요건을 갖춘 자
 - * 3책 5공 및 예외사항은 일반적인 사항을 그대로 적용

○ 다학제 연구팀 구성방안

- (1안) 연구책임자가 공동연구 및 위탁과제 등을 어떻게 구성할 것인지 기획하여 제안하도록 함
 - (장점) 연구책임자의 자율성 확보
 - (단점) Best Team이 아닌 기존의 융합과제와 유사한 형태로 연구팀 구성이 이루어질 수 있으며, 연구책임자의 연구 역량 위주로 진행됨에 따라 기존평가와 유사.
 - * 유사사례: 기초연구사업-집단연구 중 선도연구센터
- (2안) RFP에서 2~3개의 세부과제를 명확히 제시하여 과제당 2~3개 연구팀으로 구성할 수 있도록 함(세부과제 하위에 위탁과제 포함 가능)
 - 참여의향서 등을 바탕으로 과제에 대한 세부기획을 실시, 연구단별 과제를 구체적으로 제안하되 총괄과제 책임자는 자유롭게 제안하도록 함
 - (장점) 집단지성을 통해 만들어진 ‘어떻게(how) 수행할 것인가’를 보다 잘 실현할 수 있으며, 과제선정 시 평가기준이 명확함
 - (단점) 참여의향서와 공개세미나가 활성화되지 않았을 경우 참여할 수 있는 연구팀이 확정된 인상을 줄 수 있음, 연구자의 자율성 저하

○ 추가검토 사항

- 공동연구원에 신진연구자의 참여를 권장함으로써 젊은 연구자들의 참여를 유도할 필요가 있음
 - 기존 집단연구사업 중 기초연구실(BRL)에서는 교수급 공동연구원 중 신진 연구인력*을 반드시 1명 이상 포함하도록 되어 있으며, 이에 따라 2018년 기준 기초연구실의 핵심연구원(연구책임자+공동연구원) 중 신진연구자의 비율은 27.55%로 나타남. 기초연구실의 핵심연구원이 3~5인으로 구성됨을 감안할 때, 실제 신진연구자는 필수로 제시된 인원만큼만 참여하고 있음을 유추할 수 있으며, 신진연구자의 참여비율 제한은 실효성이 있음
 - * 신진 연구인력: 이공학분야 대학 교원(비전임 포함)으로 박사학위 취득 후 7년 이내 또는 만 39세 이하인 연구자

- 공동연구원 구성 시 다른 기관, 혹은 다른 분야 소속의 공동연구진을 1팀 이상 포함하도록 하는 방안이 있음
 - 도전적 연구에서는 학제 간 연구(Interdisciplinarity)가 매우 중요하며 같은 학문 분야 내 혹은 이미 많이 연계된 분야와 팀을 이루는 대신 새로운 아이디어를 낼 수 있는 연구진 구성이 필요함
 - 최근 해외에서는 새로운 분야와 기술을 창출하는 사업에서 학제 간 공동연구를 강제하는 흐름이 부각되고 있음*
 - * 융합을 통한 개척연구를 지원하는 미국의 'Human Frontier Research' 사업의 경우 공동연구자 구성 시 '현재 같은 소속기관', '공동연구 경험', '같은 학교 출신 혹은 같은 지도교수' 등을 금지하고 있음.
 - * 연구된 바가 거의 없는 초기단계의 아이디어를 지원하는 Horizon 2020 미래유망기술의 Open의 선정 원칙에도 '학제간 연구(Interdisciplinarity): 같은 학문분야 내 혹은 이미 많이 연계된 분야와 팀을 이뤄서는 안 됨'이라는 제한요건이 포함되어 있음
 - 다른 기관 및 소속의 공동연구진을 강조함으로써 융합연구의 차별성을 확실히 드러낼 수 있으며 국내에서 소속·분야·연령을 뛰어넘는 연구자들 간 팀 구성 유도가 가능함
 - 이 경우 융합연구를 장려한다는 사업의 차별성을 확실히 드러냄으로써 사업의 필요성에 대한 공감대를 형성할 수 있음. 단, 상대적으로 연구 네트워크가 넓지 않은 젊은 과학자에게는 공동연구원 탐색 및 구성에 제약사항으로 작용할 수 있으므로 공동연구자 탐색을 위한 지원이 반드시 필요함
 - * 지원방식으로는 ①리더급 연구자로 구성된 기획위원회에서 수요자에게 적합한 전문가를 추천하도록 하는 방안 ②공개 컨퍼런스에서 교류의 장을 제공하는 방안 등을 고려할 수 있음

- 공동연구에서 국내 기관뿐만 아니라 국외 기관도 가능하도록 제약을 해제함으로

써 국제적으로 더욱 다양한 분야 연구자 간의 융합을 유도할 수 있으며 국제 공동연구를 활성화하고자하는 정책적 기조에 부합할 수 있음

- 국가 R&D 혁신방안에 따르면, 정부는 양자·다자 간 교류협력 확대 및 공동연구기반 협력 활성화 등 국제 과학기술 공동연구 협력체계 강화를 추진하고자 함

- 뿐만 아니라, 해외 주요 국가들은 학제 간 경계를 초월한 과학기술 연구를 위해 약점은 보완하고 강점은 더 강화하는 개방형 혁신의 일환으로 국제공동연구프로그램을 활성화 하는 추세임

- * 최근 전 세계 7개국의 연구자가 참여한 국제 공동 연구진이 당뇨병 발병에 직접 영향을 주는 혈당, 체내 대사와 연관된 희귀 유전변이를 분석하여, 원인을 규명하기 어려운 당뇨병과 같은 복합질환에 대한 희귀 유전변이를 발굴하는 등 국제공동연구의 혁신적 성과 사례가 증가하고 있음

- 일반적인 공모 방식이 아닌 과제와 연구수행자를 정부가 미리 지정하여 연구개발 과제를 추진하는 **‘정책지정’을 적극적으로 활용**하여 Best팀의 구성을 도모할 수 있음

- 정책지정은 ①정부과제 수주 경쟁에 몰두하고 있어 연구수행에 한계가 있다는 문제점 해결 ②안정적 연구 환경 조성 ③신속한 사업 추진 등의 사유로 추진되고 있음

- * 2016년 출연(연) 대상 정책지정사업의 선정절차 및 기준(안), 결과 등

- (선정절차) 정책지정사업(안) 마련 → 관련 부처 의견 수렴 및 조정 → 국가과학기술 심의회 운영위원회에 상정, 확정 → 공모 없이 해당 출연(연) 수탁

- (선정기준) ① 정부 주도가 필수적인 사업 ② 해당 출연연의 고유미션에 해당하는 사업 ③ 해당 출연(연) 수행시 높은 효율성이 인정되는 사업

- (지정결과) 미래부 원자력기술개발사업(원자력연), 한국형발사체개발사업(항우연) 등 5,923억원, 산업부 산업기술공동기반구축사업(생기연) 등 310억원, 국토부 철도기술연구사업(철도연) 등 134억원

□ 지원규모 및 기간

- 과학난제의 경우 도전영역 및 주제에 따라 사업비 지원규모와 기간 등에 있어 상당한 차이가 있어 공통적인 기준을 적용하기 어려우나 ‘융합’, ‘과학난제의 혁신적 해결’ 등의 목적과 기존 사업과의 형평성 등을 고려하여 연간 20억원 내외, 5년 안팎의 지원기간이 적절할 것으로 판단됨

○ 지원규모

- 과학난제 도전은 기존에 없었던 창의적 시도와 혁신적 방법을 도입해야 하고, 새로운 연구장비 등을 구축하는 데 추가 비용의 소요가 예상됨에 따라 1인당 연구비의 확대가 필요함
- 발굴된 예시후보과제를 기준으로 연간 예산(안)을 도출한 결과 연간 20억원 내외의 연구비 규모를 유추할 수 있음
- 또한 기존 집단연구사업 중 과학난제도전과 연구분야 및 융합연구의 특성 등이 유사한 선도연구센터*의 공학 분야와 융합 분야의 지원규모 등도 연간 20억원 내외로 설정되어 있음

* 선도연구센터: 국내 대학의 우수 연구인력을 학문분야별 특성에 맞게 집중적으로 지원하여 우수연구집단으로 육성하는 대표적 집단연구사업. 창의성과 탁월성을 보유한 우수연구집단 발굴·육성을 통해 세계적 수준의 경쟁력을 갖춘 핵심 연구분야 육성 및 국가 기초연구 역량 향상하는 것이 목적으로 이학분야, 공학분야, 기초의과학 분야, 융합 분야의 이공계 석·박사 과정 설치 대학으로 연구기반 및 잠재력이 우수한 대학을 거점으로 목표 중심의 연구과제 및 연구 집단을 지원 중임

과학기술정보통신부 집단연구사업 지원규모 및 지원대상

사업	구분	이학 (SRC)	공학 (ERC)	기초의과학 (MRC)	융합 (CRC)	지역특화 (RLRC)
선도 연구 센터	기간	7년 이내				
	규모	연 15.6억원 이내	연 20억원 내외	연 14억원 이내	연 20억원 이내	연 15억원 이내
	대상	이공계분야 대학원이 설치 되어 있는 대학의 연구자 10이 내외 연구그룹		기초의과학(약·치·한의약학) 분야 대학원이 설치되어 있는 대학의 연구자 10인 내외 연구그룹	이공계 및 인문/사회/예술분야 등의 대학원이 설치되어 있는 대학의 15인 내외 연구그룹	비수도권 지역의 대학과 동일권역 내 타대학 등이 컨소시엄으로 구성된 연구 그룹
기초 연구 실	기간	기본 3년(연구기간 3년 종료 후 우수성과 창출 과제에 대해 3년간 후속지원(20%이내)				
	규모	연 5억원 이내				
	대상	이공계 대학의 교수 3-5인으로 구성				

예시 후보과제를 기준으로 소요예산 산출(안)

1. 인건비: 350백만원

- 핵심연구자 (교수/출연(연) 연구원) : 150백만원
 - ※ 비정규직 1명 참여 감안 (또는 출연연 연구자 참여시 참여율 반영 등)
- 학생 인건비 : 200백만원
 - 박사후연수자 2명: 60백만원 × 2명 = 120백만원
 - 석·박사과정: 20백만원 × 3명 = 60백만원
 - 학부생 일용직 참여 2백만원 × 10개월분 = 20백만원

2. 연구장비·재료비: 1,000백만원

- 기기·장비 및 연구시설비(연구단 별 상이): 평균 700백만원
 - ※ 1년차 비중이 큼. 과제성격상 제작 및 주문생산 비중이 큼
- 시약 및 재료비, 전산처리/관리비 등(연구단 별 상이): 평균 300백만원
 - ※ 분석수수료 등 포함

3. 국외여비: 50백만원

- 핵심연구자: 3명 × 2회 × 5백만원(5박7일기준) = 30백만원
 - ※ 국제 저명학술대회 참가 및 국제공동연구 네트워크 구축 등
- 기타연구자: 4명 × 1회 × 5백만원(5박7일기준) = 20백만원
 - ※ 국제 저명학술대회/워크숍 참가 등

4. 해외석학 초청활용: 50백만원

- 해외석학 초청: 5명 × 10백만원(5박7일기준) = 50백만원
 - ※ 국제 저명학술대회 참가 및 국제공동연구 네트워크 구축 등

5. 컨퍼런스/워크숍/세미나/간담회 등: 160백만원

- 연구단 월례 세미나/워크숍(전문가 초청 등): 60백만원
 - 3백만원 × 20회 = 60백만원
- 연구단 주관 고등컨퍼런스(GRC): 100백만원
 - 500천원 × 200명(4박5일) = 100백만원

6. 국내 전문가 활용: 9백만원

- 30만원 × 10명 × 3일 = 9백만원

7. 국내외 교육훈련참가비 : 5백만원

- 100만원 × 5명 × 1회 = 5백만원

8. 학회참가/논문게재비 : 10백만원

- 학회참가: 30만원 × 20회 = 6백만원
- /논문게재비: 40만원 × 10회 = 4백만원

9. 기술정보활동비 및 회의비: 41백만원

- 국내외 문헌 구입 및 기술자료 수집비: 36백만원
- 회의비: 5백만원

10. 국제공동연구 또는 위탁연구(자유공모) : 200백만원

- 100백만원 × 2건 = 200백만원

11. 수용비/수수료 등: 48백만원

- 국내여비: 10만원 × 5명 × 12월 × 3회 = 18백만원

○ 복사제본 등: 3백만원 × 10월 = 30백만원

12. 사무용/연구용 공통 S/W 구입 및 유지, 테스트탑 등 구축: 27백만원

○ 사무용/연구용 공통 S/W 구입: 17백만원

○ 테스트탑 등 구축: 10백만원

13. 수행기관 간접비(25% 감안): 50백만원

<합계> 2,000백만원

○ 지원기간

- 해결하기 어려운 난제를 연구하고 도전하는 사업으로서 5년 안팎의 중·장기 연구기간을 적용하는 것이 적절함
- 또한 중간평가의 시기를 연구자가 스스로 조절하고 단계평가 시 목표 수정, 중간 일몰, 연구팀 변경 등을 중점적으로 평가함으로써 조기에 연구목표를 완수했거나 반복된 실패로 연구를 중단하고자 하는 연구자들에게 출구를 제시하고, 연구자들이 실패에 대한 부담없이 연구에 몰입하도록 환경을 조성해야 함

□ 신청제한

○ 국가연구개발 참여제한

- 타 사업과 차별화할 이슈가 없으므로 국가연구개발사업 신청제한과 동일 적용

○ (3책 5공 규정 준수) 연구자가 동시에 수행할 수 있는 연구개발과제는 최대 5개 이내로 하며, 그 중 연구책임자로 동시에 수행할 수 있는 연구개발과제는 최대 3개 이내

- 정부R&D사업에서 공통적으로 따르고 있는 기준으로 차별화될 이슈는 없기 때문에 본 사업도 관련 규정을 준수
- 현재도 수행 중인 과제가 신규과제 개시일로부터 10개월 이내 종료하는 경우는 예외로 규정하는 조항이 있으므로, 과학난제 도전사업에서도 동일 적용 필요

3. 단계별 세부 추진 전략

(1) 개요

□ 사업의 성공요인은 ‘집단지성’, ‘개방’, ‘공유’, ‘도전적 융합’

- (집단지성) 뛰어난 개인연구자 보다 집단의 다양성을 적극 활용하여 과학난제에 대한 새로운 관점의 문제 인식과 접근 가능성을 제시하고, 연구자간 협업의 기회를 최대한 확대
- (개방) 연구책임자의 네트워크 안에서 공동연구가 이루어진 기존의 융합연구에서 탈피하여 학문 분야, 사람, 아이디어 모두가 교류할 수 있는 개방적 오픈플랫폼을 구축하여 상시 운영
- (공유) 참여자와 공개 소통을 통해 보다 진보된 연구제안 또는 참여자 간 새로운 융합 제안을 유도하는 오픈 사이언스 생태계를 구축하여 과학난제 해결 기반을 확충
- (도전적 융합) 공개세미나(융합연구단 구성 지원), 과학난제 발굴 오픈플랫폼, 성과발표회, 단계평가 등 다양한 기회를 제공하여 난제 주제 및 지원 과제 연구내용에 연구자 의견을 최대한 반영

□ 새로운 R&D방식의 선제적 적용·정착

- 과학난제에 도전하는 R&D사업이 수행되려면 도전하는 주제 못지않게 수행 방식에 있어서도 새로운 시도가 필요함
- 기존에 도입하기 어려웠던 크라우드형 과제발굴과 R&D기획, 목표변경, 중간일몰, 연구자 변경 등 혁신적 정책을 적극 적용하여 고위험·도전적 R&D 문화 착근

기존 R&D사업방식과의 차별화

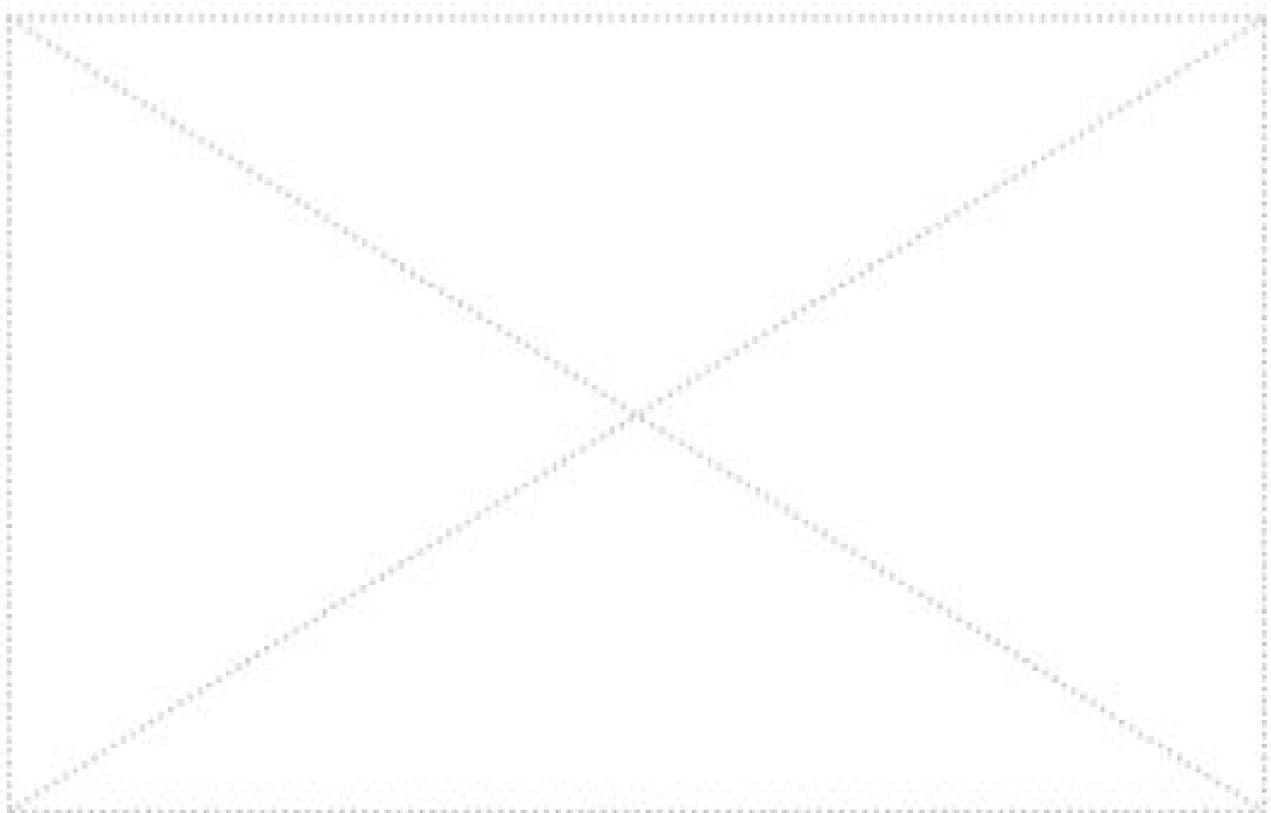
수행단계	기존 사업방식		과학난제 도전 융합연구개발사업
발굴 및 기획	<p><u>해당분야 전문가들이 참여한 사전기획회의로 연구주제(특정과제) 논의</u></p>	➡	<p>과학기술계 연구자들이 <u>다학제적으로 연구영역(도전분야) 논의</u></p>
	<p>일부 전문가 및 관련 학회 위주의 공청회에서는 연구자 <u>의견 전달 기회</u>가 <u>제한적</u></p>		<p>발굴된 연구영역에 대해 플랫폼 및 공개형 토론회를 통해 현장 연구자들에게도 기획 <u>참여기회 개방</u></p>
	<p>해당 과제가 착수되면 더 이상 운영되지 않는 <u>일회성 발굴·기획 프로세스 한계</u></p>		<p><u>상시적</u>이며 <u>지속적</u>으로 운영하는 <u>발굴·기획프로세스</u>로서 도전적 연구문화에 일조</p>
과제 선정 심사	<p>융합연구단 구성이 <u>연구책임자의 네트워크에 좌우</u></p>	➡	<p>공개세미나를 통해 아이디어 실현을 위한 <u>Best Team 구성 지원</u>*</p> <p><small>* 연구단 구성시 기초연구(집단연구) 방식 적용</small></p>
	<p>연구 주제 발굴·<u>기획자와 평가자 상이</u></p>		<p><u>기획에 참여한 사람이 평가자로 참여</u>하여 과제에 대한 높은 이해도를 바탕으로 <u>평가 전문성·신뢰성 제고</u></p>
	<p><u>연구책임자 역량 중심의 평가</u></p>		<p>융합연구단 구성의 조화, 아이디어 실현가능성 등 <u>다면평가</u></p>
연구 수행	<p>정해진 목표와 절차·시간의 준수</p>	➡	<p><u>연구수행의 유연성 보장</u></p> <p>(단계평가 시 연구팀 변경, 중간일몰, 목표수정제도 등 적용 도입)</p>
	<p>과제 수행 중 <u>교착상태</u> 발생시 <u>연구단 스스로 해결</u></p>		<p><u>지원단 운영</u>을 통해 과제수행 과정에서 <u>상시 컨설팅 역할 강화</u></p>
과제 성과 평가	<p>논문, 특허, 기술료 등 <u>정형화된 성과지표 적용</u></p>	➡	<p><u>과제별 성과지표 차등 적용</u></p>
	<p><u>보고서</u> 제출로 <u>연차평가</u></p>		<p><u>공개 컨퍼런스 방식</u>의 평가</p>
	<p>논문 등 <u>객관적 성과 위주 평가</u></p>		<p>과제별 전문분석팀을 도입하여 <u>객관적인 연구성과와 향후추진 방향 도출</u></p>

□ 오픈플랫폼 기반으로 과제 기획부터 평가까지 진행

○ R&D 프로세스 혁신안에 따른 오픈 클라우드(Open Crowd) 기획의 새로운 방법 제시

- ‘집단의 다양성’을 적극 활용하여 새로운 관점의 문제인식과 접근 가능성을 제시하고 연구자 간 협업의 기회 확대
- 연구책임자의 네트워크 안에서 공동연구가 이루어진 기존의 융합연구에서 벗어나 학문분야, 사람, 아이디어가 모두가 교류할 수 있는 개방적 오픈플랫폼 구축
- 참여자와 공개 소통을 통해 보다 진보된 연구제안 또는 참여자 간 새로운 융합제안을 유도하는 오픈 사이언스(Open Science) 생태계를 구축하여 난제 해결 기반 확충

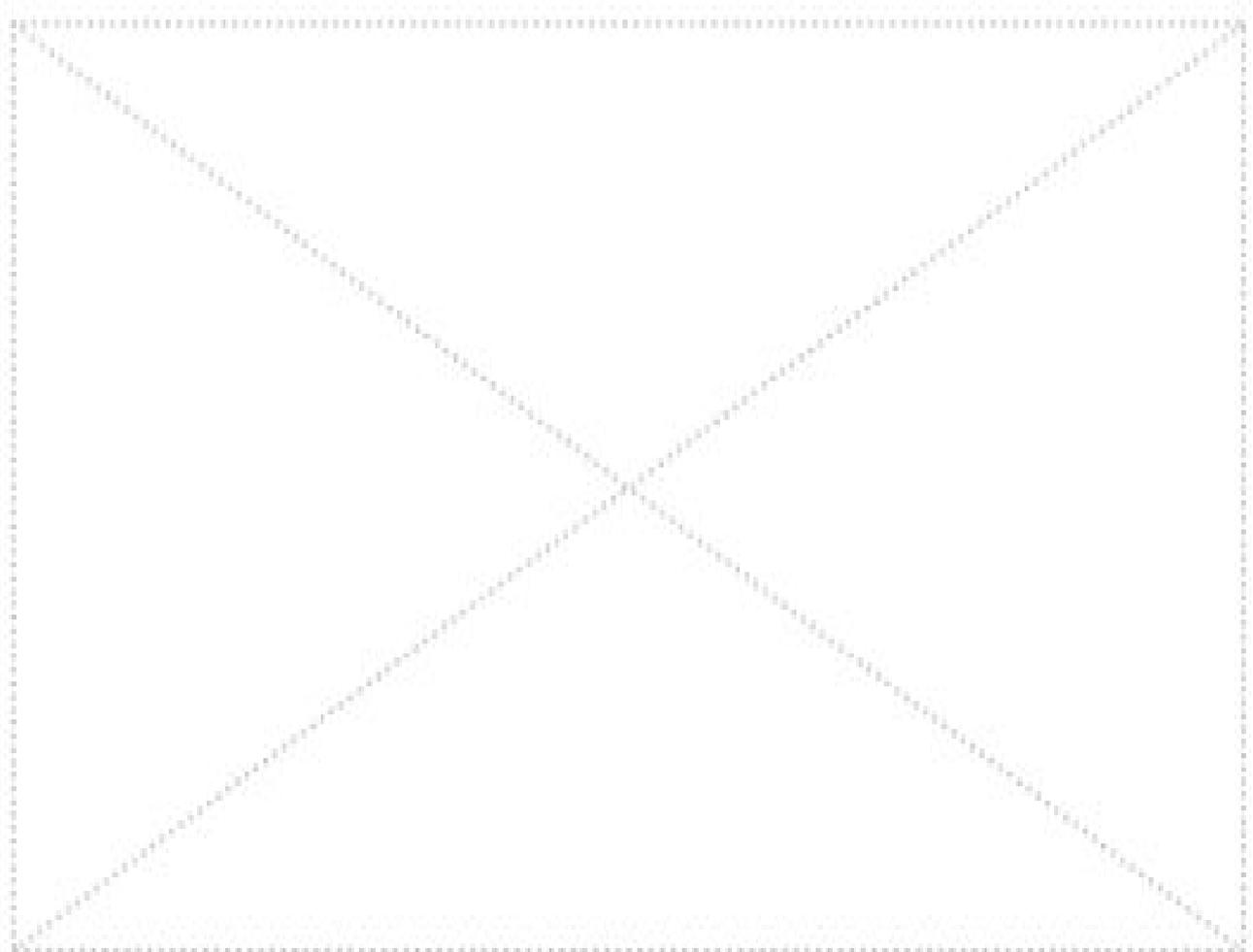
<오픈 플랫폼에서 과학난제의 기획·선정과정 예시>



□ 상시발굴 시스템 및 평가와 컨설팅이 유기적으로 진행되는 시스템 도입

- 연구자집단의 다양성을 바탕으로 연구네트워크와 아이디어의 확장을 꾀함으로써 새로운 융합연구환경을 구축하고, 발굴부터 기획까지 연구자 주도로 상시 가동되는 프로세스를 도입하여 국가R&D 체질 개선

< 난제 발굴로부터 R&D 수행까지의 Stage Gate System >



(2) 과학난제 발굴

□ 과학난제 도출 및 도전·극복형 사업 대상 과학난제 후보 선정

- 과학난제 관련 국내·외 사업현황 조사·분석, 국내·외 과학단체(기관) 및 석학들의 의견 수렴, 연구자들의 숙의, 국가 및 사회의 과학기술에 대한 현안·난제 해결 요구 등을 바탕으로 과학난제들을 도출
 - 온라인 플랫폼(상시 홈페이지), 오프라인 공청회·간담회 등을 통한 의견 수렴 등 개방형 클라우드(Open Crowd) 방식의 집단지성을 활용한 과학난제 발굴 추진
 - ※ (해외) 혁신적인 아이디어 도출 및 문제 해결 방안으로 운영 중인 클라우드 소싱(Crowd sourcing) 플랫폼 운영 방식 적용(예시: IBM InnovationJam 등)
 - ※ (국내) 글로벌프론티어사업의 경우 온라인 상의 오픈 포럼과 공청회 등을 통해 다양한 이해 관계자의 의견을 수렴하고 연구자로부터 과제를 제안 받아 미래 도전과제 후보군 도출 및 발굴 관련 대다수 정보 공개를 추진 중. X Project의 경우, 온라인상에 플랫폼 구축으로 다양한 이해 관계자 의견 수렴
 - 연구자, 전문가 집단, 학술단체, 정부기업 연구소 등으로부터 온·오프라인을 통해 접수 후 연구자 중심의 전문위원회(분과 위원회)의 숙의를 거쳐 과학난제 발굴
 - 문헌조사 결과 및 전문가를 포함한 다양한 이해 관계자로부터의 의견수렴을 통해 도출된 과학난제 발굴 결과물에 대한 문제은행식 축적을 추진하고 이를 빅데이터화 하여 과학난제 전문 연구역량 강화에 활용
 - ※ (예시) X Project의 경우 X 문제 Pool 구성 및 지속적 업데이트 추진
 - 포럼, 워크숍, 심포지엄, Proposer's Day 등 개최를 통해 다양한 분야의 리더들로부터 아이디어 수집을 추진하기 위해 다양한 형태의 과학난제 발굴 학술 이벤트(포럼, 워크숍 등)를 개최
 - ※ DARPA(美)는 도전적 연구과제 발굴을 위해 포럼, 워크숍, 심포지엄, Proposer's Day, Prize Challenge 등을 주최하고 있으며, Proposer's Day에서는 곧 발표될 BAA(Broad Agency Announcement)에 관한 정보 제공 및 관련 추가토론 개최와 질의응답 수행
 - 다학제적 전문가 숙의를 위해 과학기술계 이외에 인문·사회를 포함한 다양한 분야의 전문가들이 참여하여 과학난제 발굴을 논의할 수 있는 참여의 장 마련
 - ※ 발굴된 연구영역에 대해 온라인 플랫폼 및 공개 토론회를 통해 장기간 다양한 연구자들의 의견수렴 수행
- 다양한 과학기술 기반 난제들 중 우리나라 실정에 맞는 한국형 과학난제에

- 대한 개념 및 성격을 정립하고 이에 따라 사업 대상 과학난제 후보들을 발굴
- 과학난제 아이디어를 수집하는 과정은 많은 이해 관계자들이 참여하여 다수의견을 반영하는 민주적 방식으로 진행하되, 최종결정은 원칙(SMART 원칙) 및 통찰력 (insight)을 가진 위원회의 심의에 의해 확정(민주적 및 소수 전문가 결정 방식 혼용)

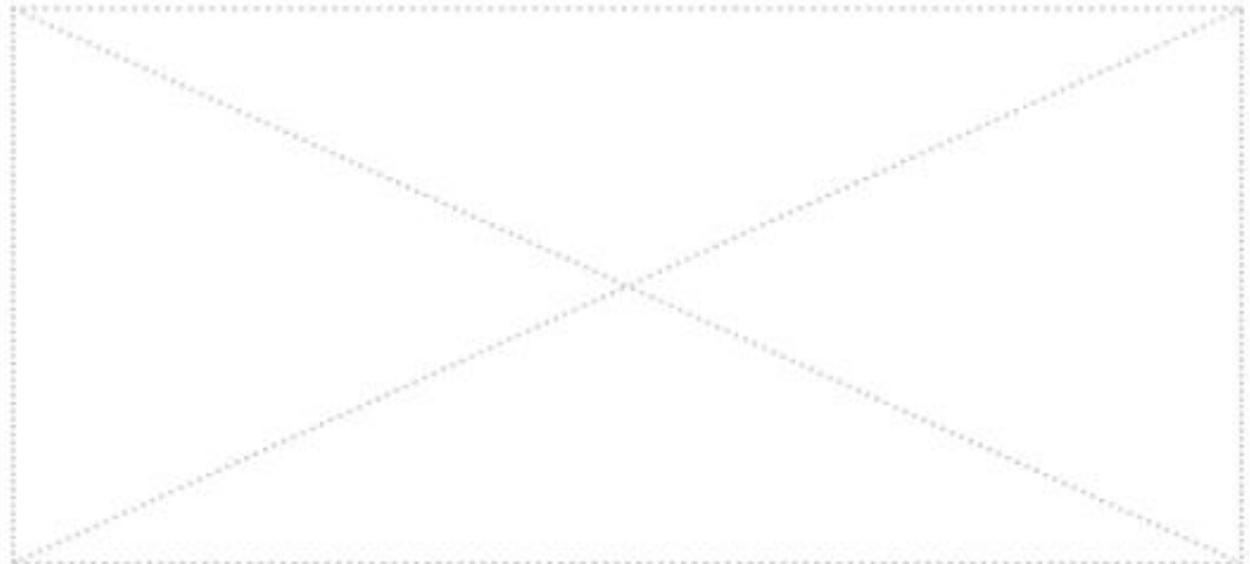
< SMART 원칙 >

- Solvable, Marvelous, Adventurous, Responsible, Tangible 지향 과학난제 발굴 -

- ① Solvable: 해결할 수 있는 난제 ② Marvelous: 획기적인 난제 ③ Adventurous: 도전적으로 접근해야 하는 난제 ④ Responsible: 꼭 해결이 필요한 난제 ⑤ Tangible: 실체가 있는 난제

- 최종 발굴된 난제는 개요, 중요성, 목표 등에 대한 간략하고 명확한 개념요약서를 작성하여 연구 커뮤니티를 대상으로 한 창의적·도전적인 연구 아이디어를 요청하는 공고문으로 활용

< 최종 발굴 난제별 개념 요약서 예시(1) >



<최종 발굴된 예시과제로 작성된 개념요약서 예시(2)>

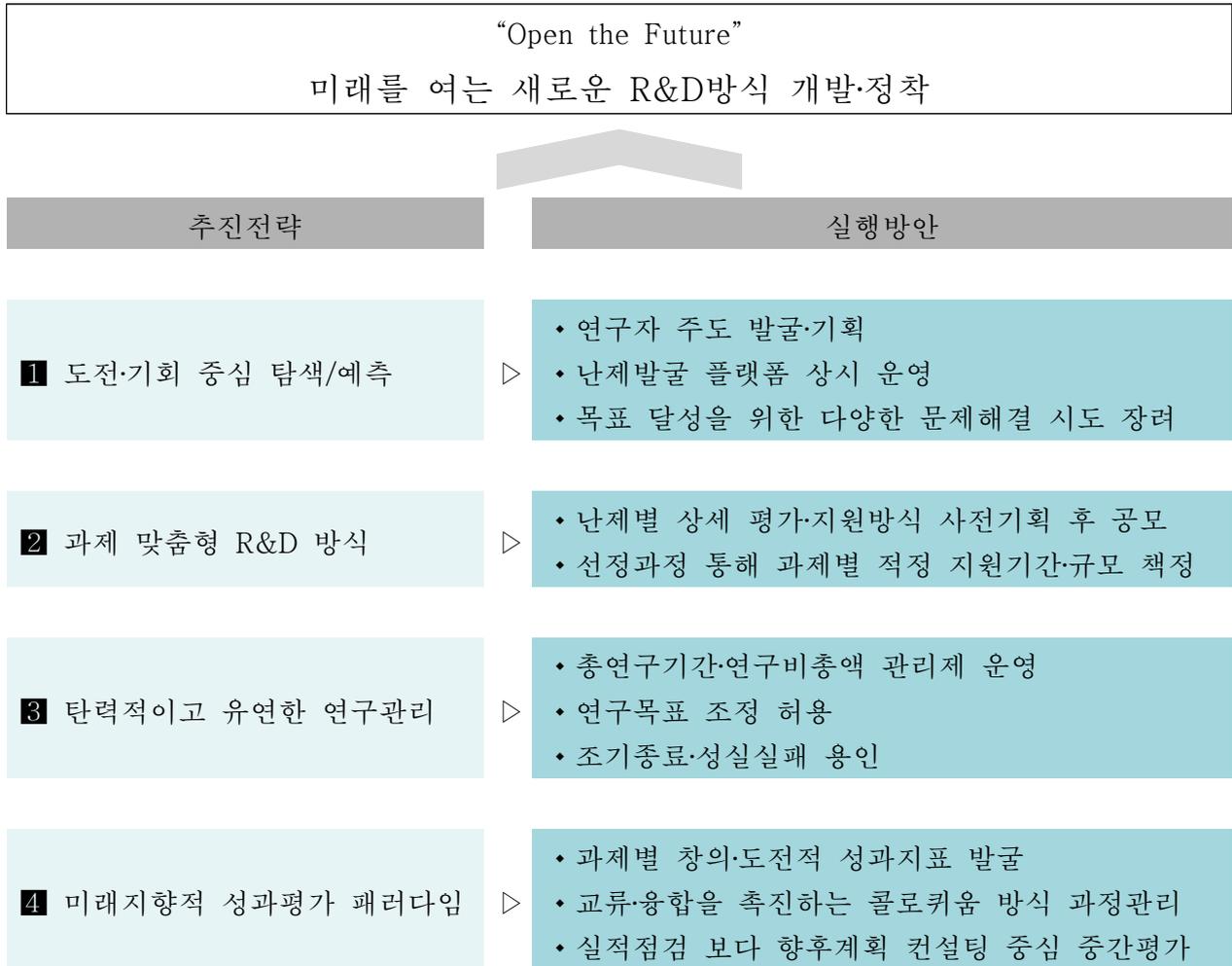
과학난제도전 개념요약서	
난제분야 및 주제	암 정복 재도전: 획기적인 암 치료 방법 연구
배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 세계적으로 사망률 1위 질환인 ‘암’을 정복하기 위해 수 십년간 많은 노력과 재원을 들여 다수의 소분자 및 항체 항암제들을 개발했음에도 불구하고 그 치료 효능(생존연장)은 독성 및 고가의 치료비용 대비 미미했고 암세포의 유전적 변이에 의한 ‘약물 저항성’ 발생 등 극복해야 할 난관들이 많은 실정임 <ul style="list-style-type: none"> - 전통적인 독성항암제 및 표적항암제로부터 최근 면역항암제에 이르기까지 약물을 통한 암치료 연구가 지난 수십 년간 진행되어 왔으나 암으로 인한 사망률은 크게 감소되지 않았음 ○ 환자 개별 암의 유전적 특이성과 변이를 포함하는 유전체 정보에 근거한 ‘혁신형 암면역치료’와 ‘정밀의료’로는 암 정복에 한계가 있으며, 암세포의 사멸만을 목표로 하는 형행 암 치료는 항암제에 대한 내성발생과 정상세포도 함께 손상되는 부작용의 한계가 있으므로 근본적인 발상의 전환이 필요함
접근방안 예시 및 주요 난제 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암이 어디로 전이될지 예측하고 억제 (종양 전이 기전 규명 및 제어 기술) <ul style="list-style-type: none"> - 종양 세포의 증식 기전 자체에 대한 생명분야의 연구는 다수 수행되어 왔으나, 종양 세포가 전신으로 전이되는 기전의 규명은 생명과학/의약학 분야에서 중장기적 연구가 필요한 미해결 과학 난제임 - 기전적인 접근과 함께, 전이되는 종양세포의 미세 분석, 전이되는 세포의 선택적인 사멸기술 연구는 종양환자들의 생존율 및 치료율을 높이고 제약 산업체에서도 새로운 패러다임의 신약개발 환경을 조성할 수 있음 ○ 암세포를 정상세포로 돌리기 (복잡계 네트워크 제어기술 기반 암세포 가역화) <ul style="list-style-type: none"> - 암화과정의 단일세포 데이터를 측정하여 암세포의 초정밀 복잡계 네트워크 모델을 구축하고 가역 제어타겟을 발굴함으로써 지금까지 남아있는 암세포 가역화의 제어기술을 개발 - 암 발생 이외에도 여러 질병 및 노화 등 보통 군집 수준에서 비가역적으로 알려진 세포 상태의 가역화를 위한 보편적 원리 탐구에 응용

<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인류를 괴롭히는 최대 난치병인 암은 전 세계 수많은 연구진이 천문학적인 비용을 들여 연구를 했으나 여전히 정복하지 못한 상황이며 세계지식포럼에서는 100년 혹은 수 백년 이상 지나야 가능하다는 예측도 있는 바, 가장 어려운 난제로 꼽히는 암 전이 예측기술(재발 방지)과 암세포의 정상세포화 기술, 진단·치료를 위한 인공지능과의 결합 등의 도전을 통해 암 연구에 있어 한국의 글로벌 선도 ○ 암 발생/발달의 근본적인 작동 메커니즘 규명에 기여할 수 있으며, 현행 항암치료의 근본적인 한계를 극복할 수 있는 신개념 치료전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 암 연구에 있어 세계적으로 시도하지 않았거나 성공한 사례가 없는 연구방법에 도전함으로써 과학적으로 기여 - 또한 생명현상의 제어에 관한 핵심 원천기술 확보 및 새로운 IT-BT 융합 패러다임 창출 - 암 발생 이외에도 여러 질병 및 노화 등 보편적 원리 탐구에 응용 가능한 지식 및 기술 개발
<p>예산 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 및 예산 제시

(2) 공고 및 난제별 과제 기획·평가

□ 난제 맞춤형 지원·관리체계 도입으로 새로운 R&D방식 개발·정착

- 기존 사업단위의 정형화된 연구관리제도와 동료평가(Peer Review)의 한계를 극복하고 각 난제 해결을 위한 다양한 도전적·융합적 시도들을 촉진하는 새로운 연구개발 방식을 적극 도입



○ 과제 기획·평가·관리체계의 특징

구분	기존 유사규모 R&D사업	과학난제	비고
주제발굴	- 사업단위, 연차별	- 상시 발굴 체계 운영	
공모주제	- 국책: Top-down - 기초: Bottom-up	- 난제에 따라 Top-down 공모와 Bottom-up 병행	
제안서	- 규격 양식, 최대 작성	- 아이디어 중심, 자유 형식	
선정평가	- 그룹별 비교평가	- 과제별 절대평가	
평가위원	- 유관 연구자 Pool 활용 Peer Review - 상피제도 적용	- 국내외, 산학연, 인문사회 분야 포괄 추천제 - 상피제도 제외	
평가방식	- 행정절차 중심 - 정해진 절차·시간의 효과적 준수 중요	- 의사결정과정 중심 - 난제별 다양한 형태의 심층토론방식으로 충분한 시간 투입	
과제관리	- 연차별 관리 - 목표달성여부 확인	- 총연구기간 관리 - 무빙타겟 허용	
연구비 지원	- 사업내 과제별 유사규모로 연차별 정액 지원	- 총액 범위내 과제별/연차별 소요액 지원	
연구비 사용	- 비목별 세목 관리 - 이월사용 까다로움	- 비목별 총액관리 - 이월사용 용이하게 허용	
결과평가	- 연차-단계-최종평가 필수 - 논문, 특허, 기술료 등 - 중간종료 문제시만 가능 ※ 성과 관계없이 주어진 시간 소요	- 콜로кви엄 방식 컨설팅평가 - 과제별 성과지표 활용 - 조기종료, 중간포기 인정	무빙관리
사후관리	- 종료 - 기술이전, 성과확산 또는 기타 기관보유 또는 사장	- 지속가능성 유지 - 후속연구, 산업화 연계 등 열린 조치	

* 자료 : 최석준 (2018), 지능정보사회를 위한 신규 R&D 프로그램 기획방안 연구, 과학기술정보통신부, “<표7-4> 신규사업 평가관리시스템 개념(안)”인용, 변경 활용

□ 난제별로 특화된 과제 지원·관리체계 사전 기획

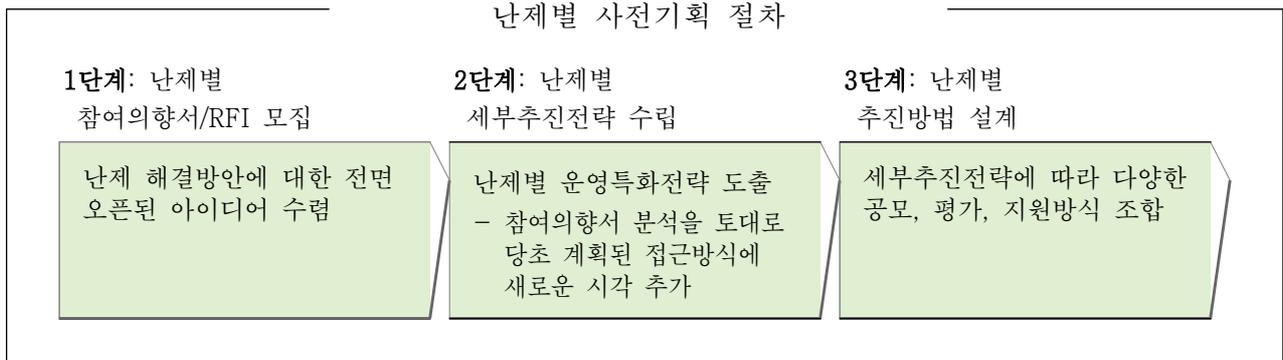
○ 각 난제별 참여의향서(Letter of Intent) 접수·분석을 통해 난제 맞춤형 공모·평가관리방안을 설계하고, 적정예산·평가규모·추진일정 등 추진계획 최적화

※ 참여의향서는 과제의 분야, 과제명, 주관수행기관, 수행책임자의 정보, 총 사업비(정부출연금, 수행기관부담금 등 포함), 예상 참여인력 등을 비교적 상세하게 작성하므로 기술수요조사에 비하여 구체적인 정보가 수집되므로 추진계획 수립에 적합

* 참여의향서의 경우, 접수자의 입장, 의도, 결정 등이 작성되어 있으므로, 정식계약서 작성 전

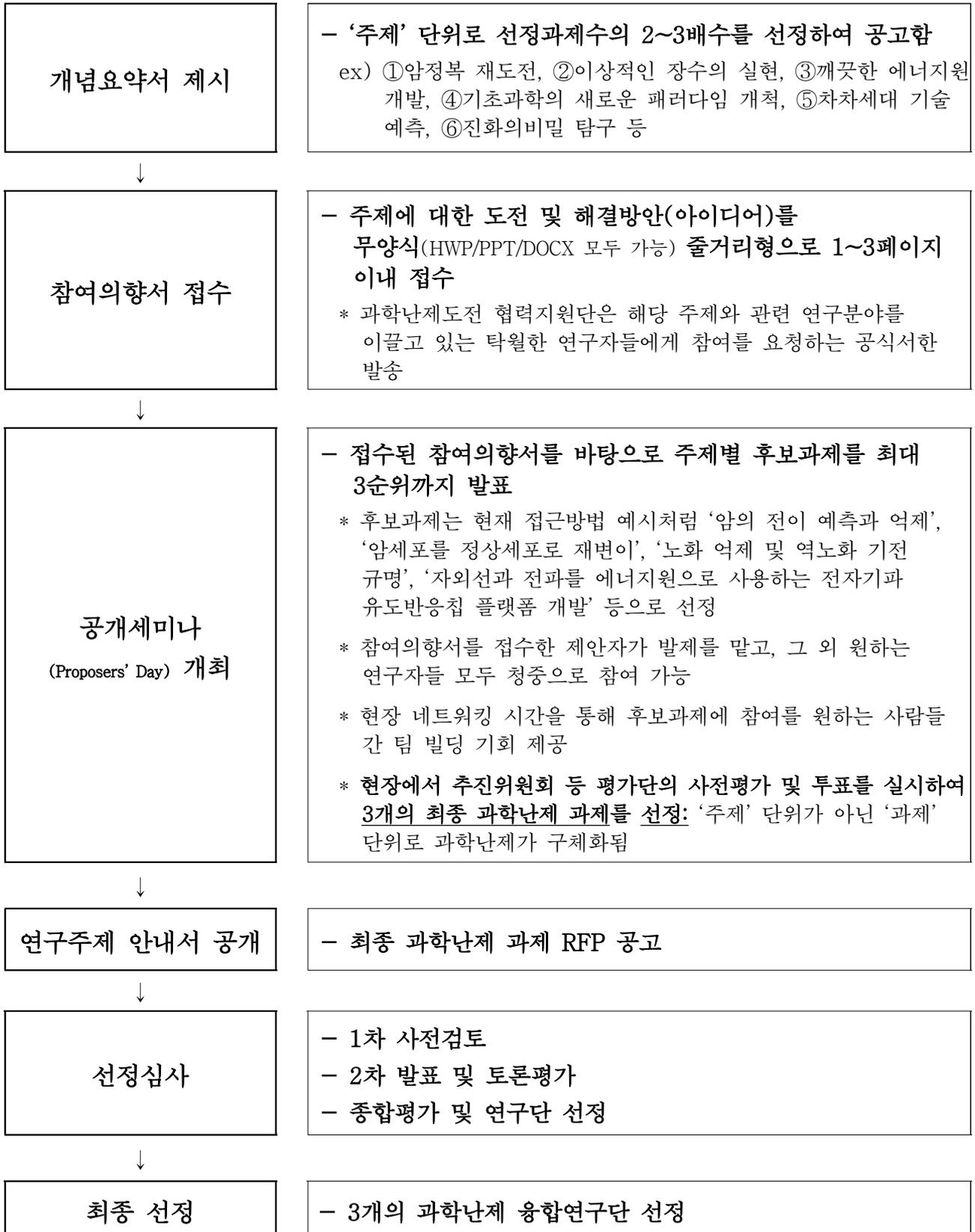
최종협상을 위한 의사정리·확인 용도로 활용

** 다양한 영역의 기관 또는 전문가를 대상으로 참여의향서를 접수받으면, 해당 연구사업에 대한 연구사업의 범위 및 기간 사업비, 필요 장비, 인력 등에 대한 구체적인 정보가 수집되므로 이를 바탕으로 정식 계약서 작성 가능



- 난제 해결에 관심을 가진 다양한 영역의 기관·전문가를 대상으로 관심을 촉구하여 적정 주체를 발굴하고, 연구현장의 실질적 수행 기반에 기초하여 해당 난제에 최적화된 세부추진전략 수립
 - 난제 발굴 단계의 구상을 초월한 창의·혁신적 해결방안이 제안될 수 있도록 아이디어 제시 중심의 무양식 줄거리형 아이디어 제안서 활용
 - 지원단은 철저한 정보 공정성 유지 원칙하에 제안자들과 난제발굴 플랫폼을 활용한 공개 소통채널을 유지(Open Discourse)하여 제안자들이 더 진보·융합된 연구계획을 수립하도록 유도
 - 난제 기여한 미선정 아이디어는 기여도에 대한 사후평가를 거쳐 별도 보상(연구 참여자로 선정되는 경우에는 보상 대상에서 제외)
- 발굴위원회 참여자를 포함, 난제에 대한 이해도 높고 해당 분야의 전문가들로 기획위원회를 구성하여 접수된 참여의향서를 분석
 - 기획위원회는 사전 검토 및 공개세미나(Proposers Day)의 추진주체로서 참여의향서를 바탕으로 세미나 프로그램 및 발표자/패널 등을 구성
 - 연구책임자 등에게 필요한 컨설팅 수행
 - 공개세미나를 통해 참여의향서를 접수한 연구자들에게 교류의 기회 및 아이디어에 대한 상호평가의 자리 제공
 - 난제별 목표 달성을 위한 다양한 기법을 활용·응용하여 공모, 선정, 지원, 관리 단계별로 구체적인 난제별 추진계획 및 운영 가이드라인 확정

<발굴된 과학난제가 오픈플랫폼 안에서 과제화되는 과정 예시(안)>



< 난제별 추진계획 및 운영 가이드라인 수록을 위한 상세설계내역 >

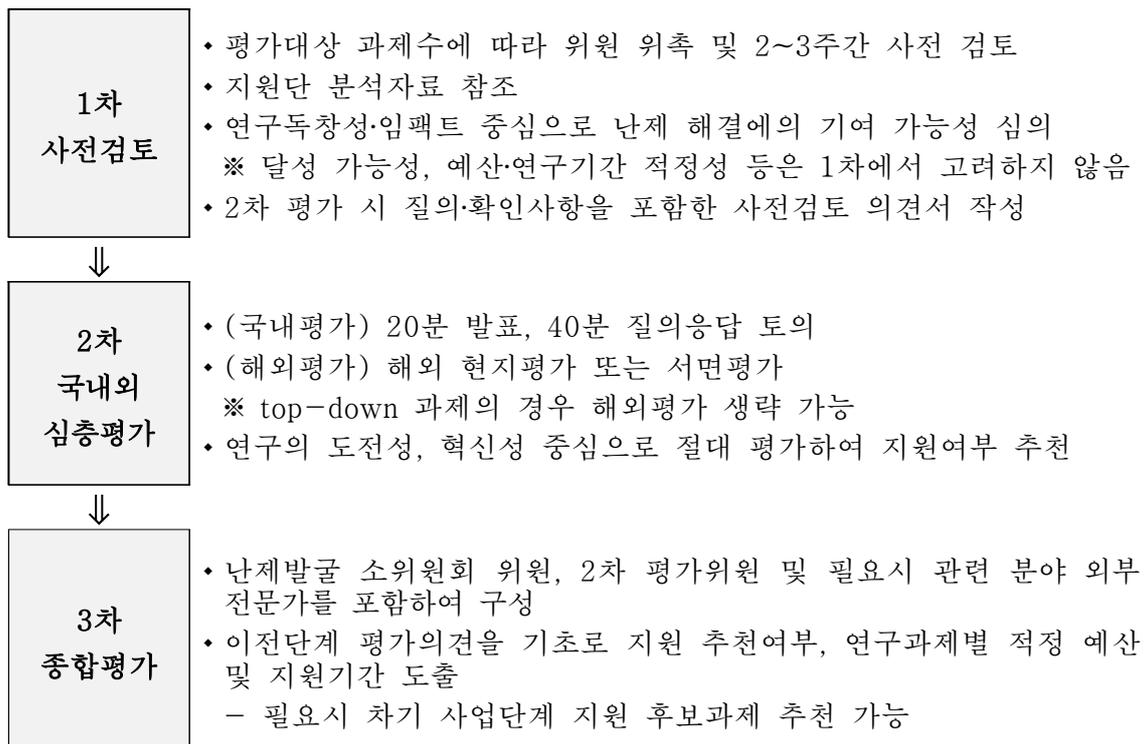
<p>공모주제 및 지원규모</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 필요에 따라 Top-down/Bottom-up 방식 혼합 <ul style="list-style-type: none"> - 난제 해결에 불가결한 핵심 주제 → Top-down 주제 공모 - 난제 해결을 위한 새로운 접근 → Bottom-up 주제 공모 • 세부과제별 적정 지원규모(지원기간, 연구비) 설정
<p>공모형태</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 각 세부과제별 성격에 따라 BAA, RA, RFP, SBIR, STTR 등 필요에 따라 다양한 방식 병합 적용
<p>지원방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 각 세부과제별 지원목적, 내용, 수행주체 성격에 따라 Grant, Cooperative Agreement 등 복수 선택 가능
<p>평가방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 전문가 심층토론평가를 기본으로 하되 난제별 특성에 따른 평가기법을 다양하게 조합하여 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 선정/중간/결과 평가 단계별 구체적 평가실행 가이드라인 확정
<p>평가지표</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 도전성, 창의성, 혁신성, 글로벌화 측정지표 등을 근간으로 난제별 특화된 평가지표 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 선정/중간/결과 평가 단계별 평가지표 및 평가서 확정
<p>평가위원</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 분야 국내외 최고 수준의 전문가를 중심으로 하되, 난제별 특성에 따라 융합 가능분야 과학기술자, 산업계 전문가, 사회경제학자 등을 포함하여 평가위원회 구성원칙 설정

(3) 과제 선정평가체계

□ 도전적 초융합 연구 발굴을 위한 선정평가체계 운영

- (기본방침) 각 난제별 성격 및 목표에 따라 특화된, “융합을 가속화” 하는 새로운 평가 프로세스와 평가지표 개발·적용
 - 각 난제별 소위원회는 사전 기획단계에서 정한 세부추진전략 및 방법에 따라 적정 선정평가방법을 조합하고 개별 난제 맞춤형 커스터마이징 과정을 거쳐 적용
 - (평가단계 및 방법) 국내외 전문가에 의한 심층토론편가를 기본으로 하되, 난제별 핵심가치 특성에 따라 자유토론편가(Sandpit), 라운드테이블 방식 등을 활용
 - 각 평가단계별로 평가주안점을 차별화하여 각 평가단계의 기능적 중복 최소화
 - 연구내용의 수월성 중심으로 평가하고, 연구비는 1차 및 2차 평가를 통해 추천된 과제에 대해 종합평가 단계에서 전문가의 의견을 참조하여 적정 지원규모 결정
- ※ 1차 및 2차 평가에서는 실현 가능성을 중심으로 소요예산을 감안하되, 신청 연구비 규모 자체를 평가척도로 삼지 않음으로써 장차 연구 평가와 연구비 산정/집행을 별개로 간주하는 연구문화 정착에 기여

< 선정평가 기본절차 >



< 혁신 가치 측정을 위한 자유토론편가(Sandpit) 방식 >

- 어린이 놀이터(Sandpit)라는 단어를 차용, 수평적 사고를 바탕으로 자유롭게 의견을 주고받고 토론하는 방식에 구애받지 않는 창의적 평가방법
- * 영국 공학물리연구협의회(EPSCRC)는 창의적 도전과제 선정평가(ROPA; Realizing Our Potential)에, 미국 NSF는 혁신적 연구(Tranformative Research)의 촉진 및 이와 관련한 평가지표의 개선을 위해 활용 중
- 기존의 과학적 패러다임과 다른 혁신연구의 경우 기존의 동료평가방식으로는 가치를 측정하기 어려우므로 혁신 가치 측정에 최적화된 평가방법 적용
- 20~30명의 다양한 전문가 및 잠재적 사용자가 참가하여 수평적 사고를 바탕으로 상호 충분한 논의를 진행하고 멘토 및 지원 조직으로부터의 폭넓은 전문 의견을 청취하여 지원추천 여부 결정

< Sandpit 평가팀 구성 >

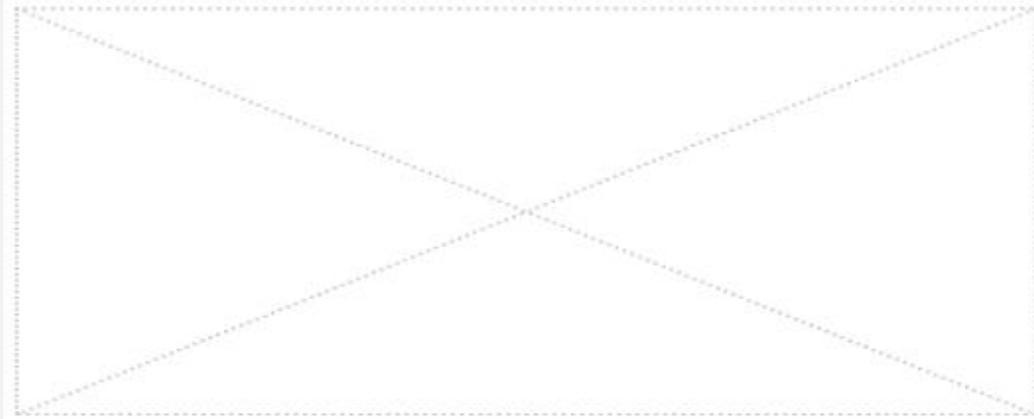
구 분	역 할
책임자(Director)	- 산학연 전문가로 위촉, 전 평가과정을 관리
일반 평가자 (participants)	- 신청을 통해 예술인문사회과학 등 다양한 분야 관계자 선발
이해관계자 (stake holders)	- 정부, 산업체, 시민단체, 연구결과물 사용자 등
멘토(Mentors)	- 전문 의견 제시 등을 통해 책임자를 지원
행정지원자(Facilitator)	- 전 평가과정 진행을 지원

< Sandpit 평가 절차 >

단 계	주 요 활 동
Sandpit 분야별 임무 인식	- 평가 참가자간 상호 충분한 논의를 통해 각 sandpit 분야별 임무 및 향후 효율적 평가를 위한 공감대 형성(필요시 현장방문 등)
↓	
1차토의	- 멘토 및 지원조직으로부터 분야별/과제별 이슈에 대한 전문의견 청취 - 동 내용을 토대로 자유로운 토의(필요시 소그룹 구성)
↓	
2차토의	- 참가자간 심도 있는 토의 - 필요시 제안 아이디어의 타당성에 대한 전문가(멘토)그룹 피드백
↓	
3차토의	- 소그룹별 발표 및 최종토의, 제안과제 우선지원순위 작성
↓	
지원과제	- Sandpit을 통해 1) 단일 대형프로젝트, 2) 다수의 소규모 프로젝트, 3) 사전타당성조사, 4) 해외방문추진 등 결과도출 - 새로운 아이디어 발생하지 않을 시 한/두개 프로젝트만 선정

< 라운드테이블 방식 심층토론편가 사례(삼성미래기술육성재단) >

- 분야별 다수의 최고 권위자들로 리뷰위원회를 구성하고 연구 필요성 및 전략적 방향성에 대해 합숙평가, 해외평가, 끝장 토론 등을 통해 장시간 심층적으로 절대 평가
- (1차 서면심사) 국내석학 80여명이 Round Table방식의 1박 2일 합숙평가



- (2차 발표심사) 국내외석학 180여명이 과제당 1시간의 발표·토론심사(제안자 발표 20분, Q&A 및 패널토론 40분), 기초부문의 경우 해외 현지심사도 동시 진행

□ 평가지표 설계를 위한 가치 지향점

○ 도전·극복형 과학난제의 특성을 고려한 평가 가치 지향점

- 미국 DARPA의 Director인 George H. Heilmeier 박사가 제안한 위험을 감수할 만한 가치가 있는지를 판단하는 기준으로 가장 핵심 평가요소로 두는 질문들과 일맥상통하는 부분이 있음

- 1) 무엇을 하고자 하는가?
- 2) 현 상태는 어떠하며, 누가 하고 있고, 현재 한계점은 무엇인가?
- 3) 관련 최첨단 기술을 인지하는가? 철저히 모든 선택지를 고려하였는가?
- 4) 제안 방법은 어떤 면에서 새로운가? 성공할 수 있다고 판단하는 근거는?
- 5) 1,2번에 대해 명확히 대답하였다면, 확실한 옵션이 있는가?
- 6) 제안하는 접근법의 첫 단계 분석에서 무엇을 밝혀낼 수 있는가?
- 7) 성공할 경우 어떤 차이를 만들어낼 수 있는가?
- 8) 왜 지원해야 하는가?
- 9) 소요 기간과 예산은? 중간 및 최종 평가 지표는?
- 10) 프로그램 관리계획은? 진도측정방안은? 마일스톤/매트릭스는? 기술이전전략은?

- 리스크가 높은 연구의 경우 ‘하일마이어 카테키즘(The Heilmeir Catechism)’

방법론에 기반을 두어 ‘[목표 제시] - [현재의 한계점] - [제안하는 접근법의 신규성과 과학적 논리성] - [임팩트] - [위험성] - [성공 여부]의 최종시험 방법 제시’의 단계로 평가를 진행할 수 있음

- 이를 고려하여 도전·극복형 과학난제는 다음의 네 가지를 평가의 지향점으로 설정하고 세부 평가지표를 설계함

- ✓ 지식 창출보다 인류를 위한 가치 창출을 우선하는 “문제해결형 R&D”인가?
- ✓ 건강한 삶, 안전한 사회, 편안한 생활, 포용적 사회를 선도하는 과학기술인가?
- ✓ 경제사회 부문을 지원이 아니라 선도하는 지식을 창출할 수 있는 연구인가?
- ✓ 연구윤리 등을 충분히 고려하고 있는가?

□ (평가지표) 지식 창출보다 인류를 위한 가치 창출을 우선하는 “문제해결형 R&D”를 지향하고, 글로벌 수월성을 측정할 수 있는 새로운 평가지표를 난제별 특성에 맞게 개발

- 과학기술계 석학 의견수렴 과정(한국과학기술한림원 회원 설문조사) 등을 통해 도출된 결과를 “난제도전형” 과제 특성에의 부합성을 평가의 방향성으로 설정

- 1) 공공성: 연구의 본질적 목적인 인류공동의 문제를 해결하는데 기여하는가?
- 2) 글로벌 선도: 해당 연구를 통해 한국이 국제적인 영향력을 발휘할 수 있는가?
- 3) 과학난제: 혼자서, 혹은 개별 연구팀이 풀 수 없는 과학기술적 난제인가?
- 4) 고부가가치: 연구가 성공할 경우 고부가가치를 창출할 수 있는 영역인가?
- 5) 미개척: 아직 어느 나라에서도 시도하지 않은, 혹은 시도하지 못한 주제인가?
- 6) 융합-공공-민간 등 다양한 분야 혹은 소속의 연구자들의 협업이 필요한가?

< 도전·극복형 과학난제 사업의 특징과 평가 시 고려사항 >

사업의 특징	평가 고려사항
과학난제에 도전	<ul style="list-style-type: none"> - 그동안의 과학기술 지식으로는 풀지 못한 문제인가? - 인력, 기술, 자본 등의 이유로 시도한 적 없는 주제인가? - 현 인류에 닥친 위기중 과학적으로 해결할 숙제인가? - 인류의 공동문제를 해결하여 인류 전체에 혜택이 될 수 있는 주제인가?
융합을 통한 난제 해결	<ul style="list-style-type: none"> - 학문의 경계를 허물고 학문 간 융합을 통해 난제를 해결하고자 하는가? - 기존에 시도하지 않은 방법을 활용하는가?
혁신을 창출	<ul style="list-style-type: none"> - 국제사회에 기여하고 글로벌 시장을 선도할 수 있는가? - 축척된 지식을 바탕으로 새로운 ‘질문’이나 가능성을 창출하는가?

- 기존 유사과제의 평가지표를 조사·분석하고, 난제도전형 사업에 적합한 새로운 평가지표를 개발하고, 이에 따라 공정한 평가를 실시

※ 새로운 평가지표 예시 : 매년 관련 연구 review paper 게재, 3년 이내 해당분야 국제학술 회의에서 Invited Plenary/Keynote speech 등

1) 국내외 연구개발사업의 평가지표 조사·분석

- (신진연구자 지원사업) 기초연구 능력을 배양하고 우수한 연구인력 양성을 위하여 창의성·도전성 높은 과제 선정하기 위해, ▲기존 연구와 비교하여 연구주제가 창의적이고 도전적인가 ▲기존연구와의 차별성, 독창성, 선행연구와 비교해서 진보되고 차별화된 연구계획을 제안하고 있는가 등을 평가함

※ 시도하지 않은 새로운 발상에 대한 연구, 새롭게 등장하는 분야의 연구, 새로운 개념 및 접근방법, 기존 패러다임에 대한 새로운 접근 및 응용연구 등에 대해 높이 평가

<예시: 신진연구자 지원사업의 2차 토론평가 평가지표 >

평가항목	평가지표 (2차 토론평가)	점수
연구의 창의성 및 도전성	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 연구와 비교하여 연구주제가 창의적이고 도전적인가? · 시도하지 않은 새로운 발상에 대한 연구, 새롭게 등장하는 분야의 연구, 새로운 개념 및 접근방법, 기존 패러다임에 대한 새로운 접근 및 응용연구 등 - 기존연구와의 차별성, 독창성, 선행연구와 비교해서 진보되고 차별화된 연구계획을 제안하고 있는가? 	60점
연구내용 및 방법의 구체성	<ul style="list-style-type: none"> - 연구방법이 타당하고, 연구추진 체계(전략)가 적합한가? · 문제제기의 타당성, 문제해결을 위한 아이디어의 구체성 등 - 제안분야의 선행연구동향을 잘 파악하고 있는가? · (융합연구과제에 한함) 제안한 연구주제의 융합연구로서의 필요성, 융합성 및 적합성 	20점
연구자의 우수성	<ul style="list-style-type: none"> - 연구책임자는 교육 및 연구경력면에서 적당하게 훈련된 연구자로서, 제안한 과제를 실현시킬 역량을 갖추고 있는가? · 연구책임자가 사전에 수행한 연구과제의 수준은 제안한 과제를 실현시킬 수 있기에 충분한가? · 연구책임자가 최근 수행했던 연구과제의 연구업적은 우수한가? 	20점

- (리더연구자 지원사업(창의적연구)) 미래의 독자적 과학기술과 신기술 개발을 위해 세계적 수준에 도달한 연구자의 심화연구 집중 지원을 통해 글로벌 연구 리더로 육성하는 것이 목적임

<예시: 리더연구자 지원사업의 창의적 연구과제 선정 평가지표 >

평가주안점	주요내용
연구의 창의성 및 도전성	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구과제의 독창성 및 우수성 <ul style="list-style-type: none"> - 문제제기 및 문제해결 방안 등에 대한 아이디어의 독창성, 기존연구와의 차별성 등 연구내용의 수준이 창의연구사업으로 적합한가? ● 제안과제의 세계적 연구위상은 세계적 프론티어에 적합한가? <ul style="list-style-type: none"> - 세계적 연구동향 및 수준을 체계적으로 파악하고 있는가? - 국내의 연구동향 및 수준을 파악하고, 선행연구가 이루어져 있는가? - 세계적 프론티어 연구팀과 경쟁할 수 있는가? ● 연구내용 및 방법의 우수성 <ul style="list-style-type: none"> - 연구방법론(접근방법)의 구체성 및 타당성이 있는가? - 연구목표 달성을 위한 단계별 연구내용 및 추진체계가 적합한가? ● 연구목표의 타당성 및 달성가능성 <ul style="list-style-type: none"> - 제시한 연구목표가 창의연구 사업으로 적합한가? - 달성가능성이 있는가?
연구성과의 활용 및 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구결과의 과학기술적 활용가치 및 경제·사회적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 과제종료 후 예상되는 연구결과의 학술적 가치 또는 과학기술적/경제사회 적 활용가치 및 기대효과가 큰가?

- (2019년도 기초연구실지원사업) 신규과제 신청요강에 따르면, 연구자 스스로 연구내용과 함께 달성하고자 하는 질적 성과목표 및 연구성과의 수준·유형을 설정하고, 이를 토대로 연구내용의 창의성·도전성 등을 평가하도록 개선됨

<예시: 2019년도 기초연구실지원사업 과제선정 평가지표 >

평가항목	토론/발표
연구의 창의성 및 도전성	40점
사업목적과의 적합성	10점
연구내용 및 방법의 구체성/적합성(공동연구)	10점
연구자(연구그룹)의 우수성	30점
연구성과의 활용 및 기대효과	10점

- (미국 DARPA) 연방조달규정(FAR)은 과제 선정기준으로 기술적 우수성, 기관 프로그램에의 기여도, 예산 가용성, 비용의 현실성과 적절성 등을 명시하도록 하고 있기 때문에, DARPA는 이를 기초로 평가지표를 설정하되, 과제의 특성에 따라 지표를 조정하여 활용하고 있음

※ DARPA(Defence Advanced Research Projects Agency)는 미 국방부 산하 R&D 기획·평가관리 전담기관으로 경이적인 성과와 독특한 운영방식이 R&D 혁신을 추진하는 많은 국가들의 이목을 집중시킴. 미국 내 에너지부, 국토안보부 등 다수 부처에서 DARPA를 벤치마킹하여 R&D 기획평가관리기관을 설립하는 추세이며, 프랑스의 마크롱 대통령도 DARPA를 벤치마킹한 유사기관을 EU에 설치할 것을 주장한바 있음(한국과학기술기획평가원(2019), 과학기술&ICT 정책·기술 동향 NO.136)

< DARPA의 기초 및 응용연구지원프로그램 평가지표 >

평가항목	내용
<p>전반적인 과학적·기술적 장점 (Overall scientific and technical merit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 연구진의 전문성과 경험 □ - 과업 설명 및 관련 기술 요소들은 완전하고 논리정연한지, 그리고 제시된 제출물 (deliverable)이 명확히 정의되어 있어서 최종 결과물의 목표달성 여부를 확인할 수 있는지? 주요 기술적 리스크를 파악하고, 그 대응방안은 분명히 정의되고 타당한지? - 기술적 접근방식의 혁신성, 타당성, 실현가능성 및 완성도 □ - 일정 적절성(Realism of proposed schedule) <ul style="list-style-type: none"> · 일정은 최단 시간에 성과 메트릭스를 달성하도록 전향적으로(aggressively) 설정되고 정교하게 계획되어 있는지? · 일정 준수의 잠재적 위험요소 및 대응방안이 고려된 일정인지? - 개발기술의 연, 산 또는 국방분야로 이전 역량
<p>DARPA 미션에 대한 잠재적 기여도와 적합성 (Potential contribution and relevance to the DARPA mission)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 제안된 연구의 잠재적 기여도가 미국의 기술 기반 강화에 유효한지? <ul style="list-style-type: none"> · 특히 DARPA 미션(미국의 안보를 위한 전략적 충격(strategic surprise)을 창출 또는 예방할 수 있는 획기적 기술에 선제적 투자)과 미국의 안보에 대한 기여를 집중 검토
<p>비용 적절성 (Cost realism)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 제안 비용이 기술개발 및 운영 관리 관점에서 현실적인지, 그리고 사업공고 상 기술적 목표를 정확히 반영하고 있는지 □ - 제안 비용이 제안자의 과업기술서(Statement of Work)와 일관성을 가지는지, 그리고 제안된 기술적 접근을 성공적으로 수행하는데 필요한 비용 및 노력 정도를 충분히 이해한 상황에서 도출되었는지 <ul style="list-style-type: none"> ※ 비용 항목에 대한 과도한 강조는 저위험/저불확실성 아이디어를 제안하고 비용절감을 위해 최고수준에 미달하는 연구진을 구성하는 부작용을 인식하고, DARPA는 저가전략을 권장하지 않음

- (미국 HHMI Investigator 프로그램) 사람 중심으로 지원할 과제를 선정, 실패의 위험이 있더라도 과학에 대한 어려운 질문을 던지고 이전에는 접근할 수 없던 질문을 할 수 있는 새로운 도구와 방법을 개발하는 과제를 발굴

- ✓ 생물학적 질문을 엄격하고 깊은 방식으로 검토 하였는가
- ✓ 해당 연구 분야의 최전선에 있는가
- ✓ 생물학적 질문에 창조적인 실험접근을 가능하게 하는 새로운 도구와 방법을 개발하고 필요한 경우 다른 분야의 개념이나 기술을 습득·융합할 수 있는가
- ✓ 타 학문분야와의 연결을 만드는가 등

- 2) 성과지향적 연구수행을 유도하여 창의적 난제에 도전하는 연구자의 야망을 방해하는 평가지표를 지양하고, 특히 아래와 같은 연구가 제대로 평가받을 수 있도록 지표 고안

- ✓ 기존 학계에서 한계라고 생각하는 부분을 돌파하거나 새로운 이론을 증명하는 경우
- ✓ 새로운 연구영역을 발견하거나 기존 연구에서 응용하지 못했던 분야로의 연구영역 개척 또는 확장
- ✓ 고난이도의 창의성이 탁월한 과제
- ✓ 분과 학문의 틀을 벗어나되 학계가 공감할 수 있는 보편적 문제
- ✓ 기존 연구방식을 혁신한 R&D 활동의 디지털 변환 촉진 연구 등

- 평가지표 설계를 위한 가치 지향점

- ✓ 지식 창출보다 인류를 위한 가치 창출을 우선하는 “문제해결형 R&D”인가?
- ✓ 건강한 삶, 안전한 사회, 편안한 생활, 포용적 사회를 선도하는 과학기술인가?
- ✓ 경제사회 부문을 지원이 아니라 선도하는 지식을 창출할 수 있는 연구인가?
- ✓ 연구윤리 등을 충분히 고려하고 있는가?

< 평가 지표(안) >

평가 항목	배점
<ul style="list-style-type: none"> • 제안의 창의성 <ul style="list-style-type: none"> - 창의성이 탁월한 수준의 과제인가? - 모험적이고 도전적인 아이디어가 있는가? 	50
<ul style="list-style-type: none"> • 접근 방법의 합리성 <ul style="list-style-type: none"> - 접근방법이 구체성 및 타당성이 있는가? - 목표 달성을 위한 추진체계가 적합한가? 	30
<ul style="list-style-type: none"> • 학문의 사회적 기여도 <ul style="list-style-type: none"> - 학문의 지식 수준을 높이고 신지평 개척 기여도가 높은가? - 기존 학계에서 한계라고 생각하는 부분을 돌파하거나 새로운 이론을 증명한 과제인가? 	20
합계	100

□ 공정한 심사 평가를 위한 평가위원 선정 및 Pool 구축 방안

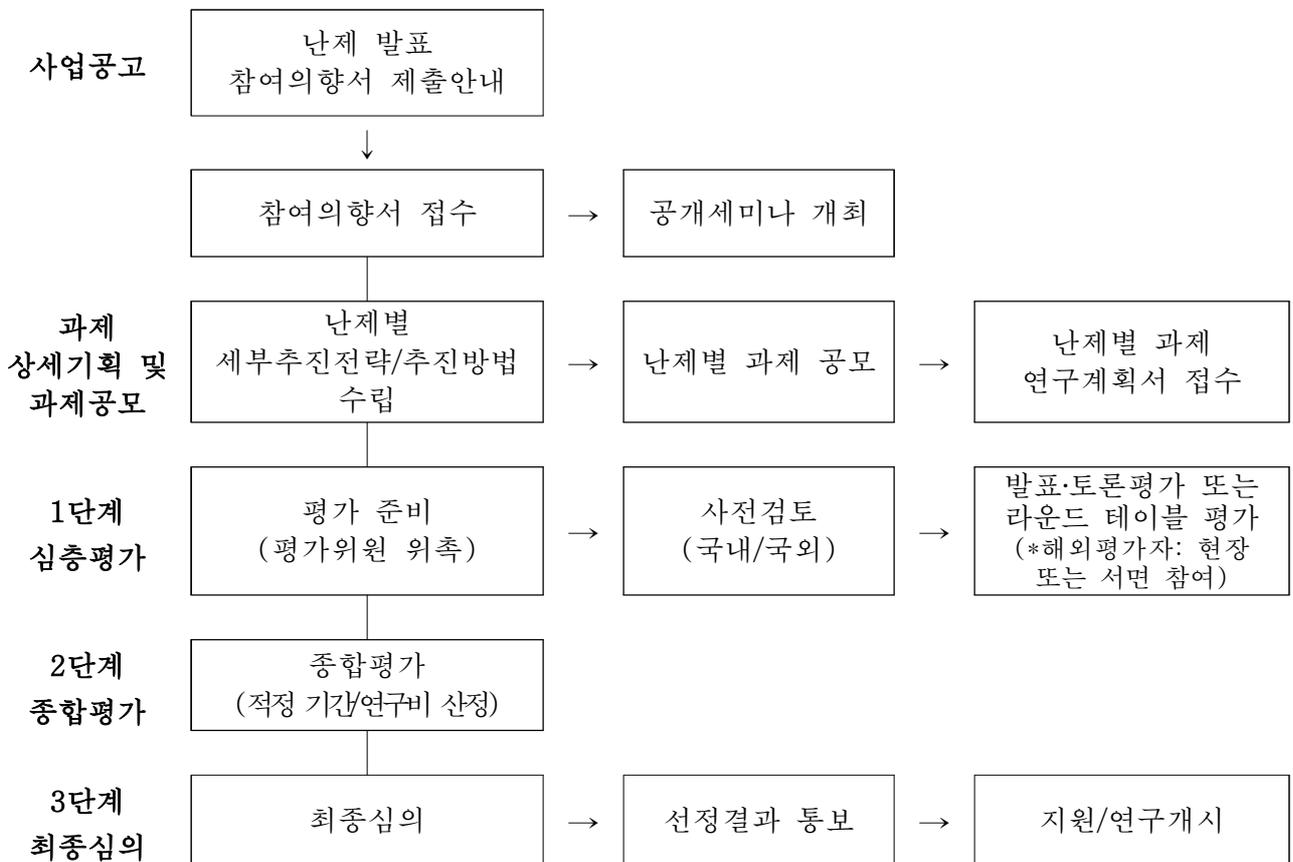
- (평가위원 선정) 평가위원 명단과 종합의견을 원칙적으로 사후 공개하여 투명성을 강화하고, 다양한 외부기관(학회, 단체 등)으로부터 평가위원을 추천받아 평가위원구성을 확대(과학기술정보통신부(2018), R&D과제 기획·선정·평가·보상 프로세스 혁신방안)
 - 평가위원 선정 시 미국 DARPA와 같이 심사 과제와 이해상충(Conflict of Interests, COIs)이 있는 전문가는 평가위원으로 배제할 수 있도록 COI의 종류, COI 있는 평가자의 신고 및 배제 절차, 대리자 선정절차, COI가 있음에도 평가 참여 가능한 경우 등에 대한 상세 규정을 마련할 필요가 있음
- (평가위원 풀 구축) 평가의 전문성 제고 및 공정성, 객관성 확보를 위해 다양한 연구 분야의 전문역량을 보유한 국내외 전문가 Pool을 구축하여 평가 및 연구수행지원에 활용
 - (평가위원의 공정성 제고) 세계 최고 수준의 석학 및 기술 전문가를 포함하여 구축하고, 일정 기간이 경과하면 평가위원을 일정 비율 교체하여 빠르게 변화하는 기술 발전 속도에 대응하고 심사의 공정성도 유지
 - (평가위원의 전문성 제고) 기존의 심사위원 Pool을 적극 활용하되, 삼성미래기술육성재단 등 유관 전문 인력 Pool 보유 기관과의 협력을 통해 평가위원의

Pool을 다각화하여야 보다 혁신적인 아이디어에 대한 선택이 가능해질 수 있음

※ 현재 R&D 관련 주요 의사결정에 대해 개인적 판단보다는 위원회 방식에 지나치게 의존적이라는 지적 존재하기 때문에 이를 개선하기 위해서라도 새로운 Pool의 적극적인 도입이 필요한 시점임. DARPA도 위원회 운영을 보완적으로 활용하고 있지만, 혁신적 아이디어 선택에 대한 위원회 합의과정에 부정적인 인식을 가지고 있으며, 이를 개선해나가며 차별화된 성과를 창출하여 왔음

※ 삼성미래기술육성사업의 경우 국내 심사위원 2,400명, 해외 심사위원 600명(노벨상 수상자 등 세계적인 석학 포함되어 있으며, 해외 심사위원단은 글로벌 경쟁력을 심사) 등 총 3,000명의 심사위원 Pool을 구축하여 세부 기술 분야별 전문 심사위원제를 운영하고 있으며, 새로운 시각으로 심사할 수 있도록 심사위원을 매회 30% 교체(심사과정: 심사위원 합숙 서면심사 → 발표심사 → 해외심사 → 최종 선정)

< 과제 후보 선정 심사 일정(안) (24주) >

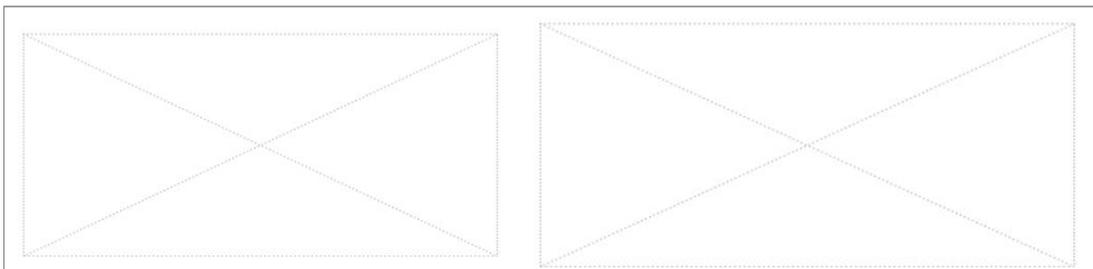


(4) 과제 지원·관리체계

□ 연구활동 생산성·시너지를 촉진하는 난제 맞춤형 과정관리체계

- (기본 방향) 연구유형별 특성화된 맞춤형 연구 수행지원 방식을 채택하고, 가상 협업체계를 구축하여 융합·협업을 촉진하며, 과제별·연도별 연구비의 탄력적 운영 허용
- (과제 맞춤형 지원) 연구유형 및 특성(기초과학, 소재기술, ICT 등)에 따라 해당 연구 수행을 최적 지원할 수 있는 맞춤형 연구수행 지원 방식을 적용
 - 기초과학 연구는 대체로 장기적 지원 및 탄력적 과제 운영 필요
 - 소재 기술은 양산을 전제로 한 장비 구축이 중요
 - ICT 기술은 사업화 연계가 중요
- (가상협업체계 구축) 다양한 분야의 연구원이 참여하는 융합 도전과제의 경우 가상 협업체계(Virtual Collaboration Platform 또는 Cyber Physical System)를 구축하여 비용과 시간을 절약하고 물리적 제약 없이 원활한 협업이 가능하도록 지원
 - 선진국에서는 오픈 이노베이션형 연구 플랫폼 환경을 구축하고 연구 데이터를 공동으로 활용함으로써 연구 활동 효율성을 극대화 하고 있음
 - 이러한 추진방안이 당장은 제대로 시행되기 어려울 지라도 국가과학기술지식정보 서비스(NTIS) 시스템의 개념을 확장하여 활용하는 방안을 모색해 볼 수 있음
 - ※ 관련 해외사례: 유럽 Horizon 2020은 웹 기반 공동연구플랫폼을 구축하여 이를 통해 원격 연구자들과도 온라인 공동회의실을 운영하고 각종 데이터를 공유하며 협업하고 있음. 한편 미국 지노바(Xinova) 사(社)는 전 세계 무려 1만 명 이상의 과학자가 참여하는 공유형 연구개발 업체로, 기업이 연구개발 프로젝트를 지노바의 과학자 네트워크에 공개하면 과학자들이 문제 해법을 제시하고 함께 연구개발을 추진하는 방식으로 성장하고 있음
 - ※ 관련 국내사례: 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 계산과학(에디슨·EDISON) 플랫폼이 미국 국립과학재단 프라그마(PRAGMA) 국제공동연구 기반 플랫폼에 선정되어 활용

< 가상 협업체계 예시 및 웹 구조 >



- (탄력적 예산운용) 과제 특성 및 연구진도에 따라 연도별 투입 예산 패턴이 상이할 수 있으므로 과제별 연구기간 총액범위 내에서 연도별 연구비의 탄력적 운용 허용
 - 연구계획 및 선정평가 결과에 의거 승인된 연구기간 동안 다년간 협약을 체결하고 연구비 이월 또는 연차별 연구비 변경 신청 허용
 - 사무국은 총예산의 일정 비율을 유동 예산으로 확보하여 연구협약 또는 연구계획변경 승인 과정에서 불가피하게 소요되는 예산을 충당하고 잔여예산은 명시이월 제도를 활용할 수 있도록 제도적 기반 확보

- (연구과정의 유연성 확대) 상호 신뢰를 바탕으로 예상 외의 발견·성과로 인한 목표 수정 또는 장애로 인한 연구계획 수정 허용
 - 추진위원회 승인을 거쳐 필요시 연구목표 및 내용의 변경을 인정하여 환경 변화에 신속 대응

(5) 과제 성과관리체계

□ 미래지향적 성과평가 패러다임 도입

○ (기본 방침) 중간평가 및 결과평가의 개념을 전환하여 연구수행 실적에 대한 평가가 아닌, 차기 단계 계속 지원여부 결정, 지원기간 연장, 일몰 확정, 예산 재배분 등 미래 방향을 결정하는 평가로 패러다임 전환

- 연구진이 제시한 평가시기와 방법 우선 고려
- 구체적인 연구목표의 달성여부 보다는 가치 있는 목표달성이 가능하도록 컨설팅 개념으로 진행
- 자율 경쟁 연구를 촉진하고 정부예산의 효율적 사용을 위하여 토너먼트식 자율 경쟁 체계 도입하여 필요시 초기에는 다양한 시범 수행 과제를 포함하여 선정 하되 중도 평가를 실시하여 평가를 통과한 우수 과제에 한하여 연구비를 증액 하여 계속 지원

※ (관련 사례) 1) 과기정통부 미래선도기술개발 사업의 경우 우선은 10개 과제에 대해 예산을 지원한 후 일정기간이 경과하면 평가를 통해 5개 과제에 대한 예산 지원을 중단하고 중단된 예산은 예산 지원이 계속되는 나머지 5개 과제에 추가적으로 배분. 2) 과기정통부 X프로젝트의 경우 문제해결을 위한 아이디어 구체화와 방법론 발견 등에 1~2년 우선 지원하고 검증을 거쳐 가능성이 보이는 과제들만 선별하여 계속 지원

- 과학난제 해결 및 글로벌 선도에 부합하지 않은 상황 발생 등의 경우 성실 실패 (Honorable Failure)로 판정하여 실패를 용인하는 문화와 환경을 조성함으로써 리스크를 회피하지 않고 창의적 난제에 도전하는 연구자의 야망을 장려하는 사업으로 자리매김

□ (가칭) 세종콜로키엄 운영

○ (평가 방법) 국내외 석학 및 난제발굴·기획·선정평가 참여 전문가 등이 함께 하는 성과공유 형식의 포럼 방식으로 성과평가 진행

- 연구 수준을 점검하고 향후 방향에 대하여 세계적 석학들과 네트워킹하며, 학문 후속세대의 글로벌 챌린지를 촉진하는 학술활동 형태의 결과평가 문화 정착
- 주요 선진국의 심층토론회 운영사례를 참고하여 난제별 집중토론, 융합 활성화 및 글로벌 연구그룹과 커뮤니티 플랫폼으로 발전

< 주요선진국의 심층토론회 운영사례 >

구분	독일 Dagstuhl Seminar	일본 Shonan Meeting	미국 Gordon Research Conference
시작년도	1990년	2011년	1931년
재원	등록비(300유로/주), 연방정부 및 주 정부 운 영비, 기금	등록비(8,000엔/일), 국립 정보학연구소(NII)운영비	등록비(1,300달러/주), 정 부지원, 기금
1년 예산규모	190만 유로 + 등록비 -2011년 기준	2,000만 엔(등록비 + Excursion비) - 2015년 기준	4000만 달러 + 등록비 -2014년 기준
참가인원	40명 이내	35명 이내	100명 내외
개최장소	Schloss Dagstuhl Computer Science Center	Shonan Village Center	미국 16개 장소 미국 이외 6개 장소(개최장소 지정)
개최분야	수리, 전산, 정보학	수리, 전산, 정보학	생명과학 전 분야
개최횟수	연 50~60회	연 15~20회	연 300회
참가자 구성	독일인 약 25%, 외국인 약 75% (유럽인 약 45%)로 구성	일본인 비율이 70%를 넘 지 않게 구성	제한 없음
특장점	- 24시간 자유로운 토론 - 편의시설 제공(수영장, 헬스, 탁구장 등) - 각 분야의 hot issue 토 론 및 문제해결 - 식사 시 자리 임의배치 를 통한 networking	- 아시아의 Dagstuhl 스 타일 세미나 - 토론을 위한 시설 운영 (소규모 회의실) - 24시간 자유로운 토론 공간 제공 - 참여자간 네트워킹을 위한 관광코스 운영	- 분야별 세계적 석학들 대거 참석 - 무제한 심층 토론 - 비공개 자료 발표 - 비밀유지서약(사진촬영 및 녹화금지)
연차보고서 출판여부	출판(공개)	출판(비공개)	출판하지 않음

* 자료출처 : 오상록, 2017, 국제 학술연구 심층토론회 구성에 대한 세부추진계획 수립 연구, 한국연구재단

□ 평가 수행 체계

< 평가 단계별 정의 및 원칙 >

평가단계		평가 정의 및 기본원칙
선정 평가	예비계획서 평가	<ul style="list-style-type: none"> ※ 필요시 예비단계 설정 • 아이디어 제시 중심의 무양식 줄거리형 연구제안서 활용* • 제안서간 상대평가 하지 않음 • ‘학계 전문가’ 기반의 과제기획 시스템 도입** • 다수 제안자의 제안내용을 전체 신청자가 동시에 검토하여 진일보한 제안 또는 새로운 융합 제안을 할 수 있도록 유도하는 단계로서 기능하도록 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 국가R&D 과제와의 연계성을 분석하여 기존 연구진과의 협력과 참여를 권장 - 연구개발동향분석 정보를 제공하고 컨설팅 실시 • 정보 공정성 유지원칙 철저히 준수 <ul style="list-style-type: none"> - PM은 제안자들과 난제 플랫폼을 활용한 공개적 소통채널 유지 (Open Discourse)
	본계획서 평가	<p>(예시)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 혁신 연구의 가치를 최적으로 측정할 수 있는 신규 평가방법으로서 ‘자유로운 토론식 평가(Sandpit)’ 도입 가능 • 리스크가 높은 연구에 대한 아이디어를 평가할 때 사용되는 ‘하일마이어 카테키즘(The Heilmair Catechism)’ 방법론 활용 가능 • 해당 영역 및 주제에 대한 발굴·기획자가 과제 선정에 참여하여 기획 철학 및 의도에 맞게 과제를 계획했는지 평가를 수행해야 함 • 중복과제 적용 기준을 완화하고 연구 접근론의 차별화를 지향해야 함(동일한 문제에 대해 다른 연구방법론으로 접근하는 복수 과제 지원 허용 필요)
중간 평가	연차평가 (연차점검)	<ul style="list-style-type: none"> • 컨퍼런스 참여 및 발표 • 평가보다는 컨설팅 개념으로 진행 • 구체적인 연구목표의 달성보다는 가치 있는 목표달성이 가능하도록 컨설팅
결과평가		<ul style="list-style-type: none"> • 주제발굴·기획 및 선정평가 참여 전문가를 반드시 결과평가위원으로 포함 • 글로벌, 미래 선도, 확장성 등 과급력 측정지표 중심으로 질적 평가 • 성실 실패(Honorable Failure)를 용인하는 문화와 환경을 조성하는 평가

* 융합 도전과제의 경우 과학난제를 해결하기 위한 연구 방법이 정형화되어 있지 않은 경우가 대부분 이므로 연구 아이디어만 필수적으로 기입하고 연구비, 연구기간, 연구진 구성 등은 연구자가 자율적으로 제안할 수 있는 ‘줄거리형 연구제안서 공고 및 접수’ 방식을 도입

** 융합연구 또는 협업에 참여하는 전문가들로 구성된 학계 전문위원단 구성을 추진하고 과학기술 뿐 아니라 인문·사회·철학·민간 등의 전문가를 자문단으로 구성하여 과학기술과 다른 시각에서 과제 조망. 정부는 커뮤니티에 많은 사람들이 참여하고 활발히 운영될 경우 인센티브 등을 부여해 커뮤니티 활성화에 대한 유인책을 제공할 수 있음

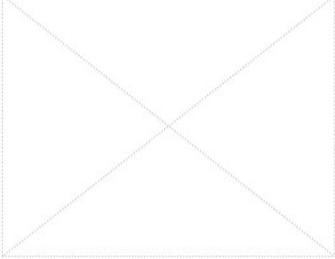
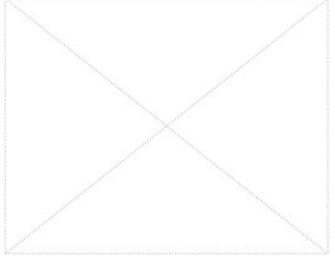
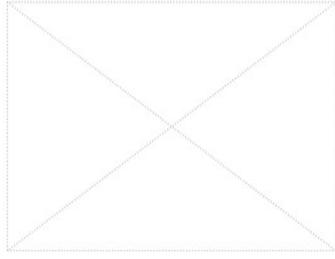
4. 과학난제사업의 효과적 추진을 위한 난제해결융합연구지원단 운영

(1) 사업추진체계

□ 기존의 R&D 추진체계를 보완하여 효율적 사업추진체계 마련

- 대형중장기 R&D프로젝트를 추진하는 방식은 1)참가주체 분담방식, 2)병행개발 방식, 3)마일스톤 방식 등 3가지로 구분되는데, 각각의 장점을 취하여 본 사업의 분야 특성 또는 목표에 맞는 사업추진체계를 구축하고자 함

< 대형중장기 R&D추진 방식 비교 >

	참가주체분담방식	병행개발방식	마일스톤방식
개념	 <ul style="list-style-type: none"> - 개별 연구주체들이 각자의 연구를 기반으로 경쟁적으로 R&D를 추진 (사례) 차세대반도체 기술개발사업(G7) 	 <ul style="list-style-type: none"> - 서로 다른 방식의 연구개발을 경쟁시키는 방식으로 착수시점에 최적방식을 파악하기 어려운 경우에 적합 	 <ul style="list-style-type: none"> - 일정기간 내에 도달해야 할 목표를 설정하고 체크하며 R&D 추진
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 넓은 분야의 요소기술 개발에 적합 - 책임 및 결과가 명확 - 참여주체들 간의 경쟁적 환경조성이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구주체들의 명성이 걸려있어 경쟁이 치열 - 중간평가를 통해 당초목표에 도달하지 못한 프로젝트 중단이 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템화 프로젝트에 적합 - 연구자체의 자기 목적화 방지가 용이

(2) 과학난제 상시 발굴체제 확립

□ 지속적 난제발굴 및 연구수행 지원을 위한 전문조직 구성 및 상설 운영

○ 추진배경 및 필요성

- ‘과학난제 도전 융합연구개발사업’은 국내 연구자 커뮤니티의 숙의를 거쳐 과학난제를 발굴하는 연구자 중심 크라우드 R&D 기획 프로그램으로서 현장 연구자들의 적극적 참여와 활발한 아이디어 교류가 사업성공의 핵심임
- 또한 난제해결을 위해 다양한 분야의 융합적 접근과 폭넓은 협업이 필요하므로 이를 주도적으로 이끌어내고 협력의 원활유 역할을 할 추진체가 필수적임
- 과학기술 전 분야에 걸쳐 전문가 집단의 네트워크를 구축·운영하고 사업의 성공적 추진에 필요한 행정적 지원을 할 수 있는 조직이 필요함
- 나아가 연구단과 독립된 운영체계로서 추진 중인 난제에 대한 지속적인 분석과 평가를 수행하는 ‘난제분석 전문파트너(Counter Partner)팀’을 과제별로 운영함으로써 사업의 성공률을 높이고, 성과 및 파급력에 대한 분석 수행 필요

○ 주요 역할

- 국내외 과학난제 현황 조사·분석, 각계의 과학난제에 대한 제안 등을 바탕으로 다양한 과학난제를 발굴하고 도전·극복형 사업 대상 한국형 과학난제 후보를 선정
- 난제 지속 발굴활동 및 관련 정책 기획연구 수행
- 난제 분류 및 전문가 풀 구성, 선정평가 책임
- 난제 관련 건의·제안서 작성 및 대내외 확산

○ 구성 및 규모

- 목적별 위원회와 사무국(행정조직)으로 구성
- 위원회는 20인 내외의 각 분야 국내 최고 석학 및 민간전문가 등으로 구성하되 이를 중심으로 과학기술 전 분야(자연, 엔지니어링, 생명, 융복합)에 걸쳐 전문가 집단의 네트워크 운영을 통한 사업의 성공적인 목표달성

※ (해외) 미국 NSF의 경우 Convergence Accelerators 운영

※ (국내) X-Project는 문제정의연구단 운영을 통해 문제 발굴 플랫폼 구축

○ 운영형태

- 전담 지원단 설치를 통한 운영 추진

- ※ 대정부 협의 및 의견수렴 창구 역할, 사업계획서 제출, 과제 발굴과 선정 및 평가·행정 및 관련 예산집행 주관 등 기능 수행을 위한 적정인원 확보 필요
- ※ (해외) 단계별 장기적 중대형 지원을 통하여 과학 난제를 해결
- ※ LIGO(美)는 미국 과학재단(NSF)이 중력과 검출을 위해 파일럿연구('80)를 시작으로 현재까지 계속됨. 1차연구('87~'10)는 실패하였으나 이후 현재까지 약 1조 3천억원의 투자 결과, '16년 중력과 검출 성과로 참여연구자 3명이 노벨상 수상('17)
- ※ 가미오칸데(日)는 중성미자 관측을 위해 기후현 가미오카 광산 지하 1,000m에 관측 장치 설치 후 연구를 진행함. 1차연구 26년('58~'83)에 30억원, 2차연구 5년 이내('90초~'95)에 1천억원, 3차연구 10년('16~'25)에 1조원이 투자되고 있으며, 1~2차 프로젝트의 성공으로 2차례('02년, '15년) 노벨상 수상

○ 주요 활동

- 국내·외 석학 중심으로 구성하여 과학기술계 커뮤니티에서 도출된 과학난제를 대상으로 한국형 과학난제로서의 적정성, 시급성, 해결가능성 등에 중점을 두어 예비 선정 수행
- 사업으로 추진할 과학난제 후보를 최종 선정하는 등 난제 발굴의 Control Tower 역할 수행
- 해당 난제에 대한 국내외 연구현황과 흐름을 분석하고 현재 연구단의 성과를 평가하여 보완할 수 있도록 매년 분석보고서 작성
- 국내외 전문가 초청 세미나 겸 워크숍, 컨퍼런스 개최, Annual 리포트 발간 등 대내외적으로 과학난제에 대한 홍보 및 인식 확산 활동 추진

(3) 난제해결융합연구지원단 운영

□ 과학난제도전협력지원단의 운영 개요

- 명 칭: (가칭)과학난제도전협력지원단
- 주요과업 및 역할

분 류	세부과업
과학난제 발굴 및 과제 기획 지원	• 추진위원회 운영
	• 과학난제 상시 접수 온라인플랫폼 구축·운영
	• 연구자 커뮤니티 공개검증 및 ‘과학난제 도전 R&D 과제’ 후보군 도출
	• 과제기획 및 팀빌딩 등 지원
연구 수행 및 국제협력 지원	• 난제분석전문팀 운영
	• 한국형 고든컨퍼런스(성과발표회) 개최
	• 국제협력 지원

□ 과학난제도전협력지원단 조직(안)



- (추진위원회) 20인 내외의 각 분야 국내 최고 석학 및 민간전문가로 구성, 글로벌 메가트렌드 및 국내외 R&D 동향을 분석하고 분야별 전문가 초청 간담회·포럼 등을 개최하여 과학난제를 발굴하고, 공개의견 수렴을 통해 최종 난제로 선정된 과제에 대해 기획 지원 수행. 난제별 참여의향서 수집 및 추진전략 수립, 연구단 구성 지원, 과제계획서 작성 등 담당. 크게 발굴/기획 분과로 나뉘되 필요시 특별위원회(ad-hoc) 운영
- (전문위원회) 난제분석 Counter Partner팀으로서 연구단에 소속되어 있지 않고

이해관계가 없으며 해당 분야의 전문가들을 난제분석전문팀으로 구성(난제별 5인, 전체 25인 내외)하여 연구수행 지원. 분석보고서 작성, 멘토링 실시, 연구자출성 보장을 위한 심의위원회 참여 등 담당

- (사 무 국) 위원회 운영 및 행정 업무 담당

□ 주요 역할 및 과업

○ 과학난제의 발굴

- (추진위원회 운영) 20인 내외의 각 분야 국내 최고 석학 및 민간전문가* 등으로 위원회를 구성, 글로벌 메가트렌드 및 국내외 R&D 동향을 분석하고 분야별 전문가 초청 간담회·포럼 등을 개최하여 과학난제 발굴

* 과제에 참여하지 않고, 해당 주제와 이해관계가 없는 전문가로 구성

- (과학난제 상시 접수 온라인플랫폼 구축·운영) 대화식 웹사이트를 통해 난제목록을 제시하고 일반 대중 뿐 아니라 저명한 공학자와 과학자의 의견 수렴*, 과학난제 발굴 대국민 프로젝트** 시행

* (예시) 미국공학한림원(NAE)의 2008년 ‘21세기 14대 공학난제’ 발굴 방식 차용

** (예시) 미국국립과학재단(NSF)의 ‘The NSF 2026 IDEA MACHINE’ 프로젝트는 온라인으로 ‘빅아이디어’를 접수받고 1년에 걸쳐 후보자들에 대한 비디오 프레젠테이션과 토론을 진행, 4개의 아이디어를 선정해 시상함

- (과학난제 도전R&D과제 후보군 도출) 발굴위원회 제안 난제와 온라인플랫폼을 통한 난제들을 바탕으로 공개토론회를 개최하여 과학커뮤니티의 의견을 수렴하고, 관련 분야 전문가 초청 2차 심층토론을 통해 최종 후보군 도출·제안

○ 과제 기획 지원

- (추진위원회 운영) 20인 내외의 전문가*로 위원회를 구성하여 과제 기획 지원 수행
* 발굴분과 위원 중복 참여 가능

① 난제별 참여의향서 수집 및 추진전략 수립: 과제후보군별 참여의향서(Letter of Intent) 접수·분석을 통해 난제 맞춤형 공모·평가·관리방안을 설계하고, 적정예산·평가규모·추진일정 등 추진계획 제시

② 연구단 구성 지원: 연구책임자(PI) 후보자가 참여연구단 구성에 어려움을 겪을 경우 필요한 기술을 가진 전문가 추천 및 자문

- ③ **과제계획서 작성:** 난제별 목표 달성을 위한 다양한 기법을 활용·응용하여 공모, 선정, 지원, 관리 단계별로 구체적인 난제별 추진계획 및 운영 가이드라인 제시

○ 연구 수행 및 국제협력 지원

- (난제분석 Counter Partner팀 운영) 연구단에 소속되어 있지 않고 이해관계가 없으며 해당 분야의 전문가들을 난제분석전문팀으로 구성(난제별 5인, 전체 25인 내외)하여 연구수행 지원
 - ① **분석보고서 작성:** 해당 난제에 대한 국내외 연구현황과 흐름을 분석하고 현재 연구단의 성과를 평가하여 보완할 수 있도록 매년 분석보고서 집필
 - ② **멘토링 실시:** 연구단이 수행과정에서 필요한 컨설팅 및 멘토링 제공
 - ③ **연구 자율성 보장을 위한 심의:** 연구단이 자율적 연구를 위해 목표변경, 중간일몰, 연구자 변경 등의 사안을 요청할 시 이에 대한 허용 여부 심의
- (한국형 고든컨퍼런스(성과발표회) 개최) 연차평가를 대신하여 해외 석학, 국내 연구자, 과제책임자 등이 참가하는 성과발표회 개최
- (국제협력 지원) 연구 참여자 및 젊은 과학자들을 ‘Global Grand Challenges Summit*’ 등에 파견하고 해당 주제에 대한 공동연구의 기회를 제공하며, 또한 해외 석학을 초청하여 성과홍보 심포지엄 등을 개최함으로써 과학난제 해결연구의 글로벌 협력 유도
 - * 미국공학한림원(NAE), 영국공학한림원(RAE), 중국공학한림원(CAE) 등이 2013년부터 격년으로 개최 중인 난제 발굴 컨퍼런스

○ 기 타

- ‘(가칭)한국의 30대 과학난제’ 등 연간리포트 발행 등

□ 추진전략

○ 연도별 추진 목표 및 내용

추진연도 과업	기반 조성 (‘20~‘21)	난제 도전 및 교류 활성화 (‘22~‘23)	성과 확산 (‘24~‘25)
과학난제 발굴 및 과제 기획 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 추진위원회 구성·운영 - 난제발굴포럼, 공청회 등 개최 - 1·2차 년도 과제 기획 및 연구단 구성 지원, 과제계획서 작성 - 과학난제 상시 접수 온라인플랫폼 구축 - 과학난제 발굴 대국민 프로젝트 수행 	<ul style="list-style-type: none"> - 과학난제 상시 접수 온라인플랫폼 운영 - 난제발굴포럼 개최 - ‘한국의 30대 과학난제’ 등 연간리포트 발행 	<ul style="list-style-type: none"> - 차기(후속) 및 중장기사업으로서의 과학난제도전 융합연구개발사업 기획
연구수행 및 국제협력 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 난제분석전문팀 구성·운영 - 국제교류 지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 난제분석전문팀 구성·운영 - 성과발표회(한국형 고든 컨퍼런스) 개최 - 국제교류 지원 	<ul style="list-style-type: none"> - 난제분석전문팀 구성·운영 - 성과발표회 개최 - 과학난제 주제 해외 석학 기관(한림원 등) 초청 국제심포지엄 개최

○ 추진전략

① 새로운 R&D방식의 선제적 적용·정착

- 사업관리기관 외에 현장 연구자 및 각 분야 전문가로 구성된 지원단을 운영함으로써 기존에 도입하기 어려웠던 크라우드형 과제발굴과 R&D기획, 목표 변경, 중간일몰, 연구자 변경 등 혁신적 정책을 적극 적용하여 고위험·도전적 R&D문화 착근

② 현장연구자 및 국내외 석학들이 주축이 되어 과기계 소통 및 참여 활성화

- 목적별 3개의 위원회가 바탕이 되어 과학기술계 커뮤니티의 의견을 수렴하고, 온라인플랫폼을 통해 공개 소통채널을 유지하여 과학난제 발굴에 대한 과학기술계 참여문화 유도

③ 대국민 참여 및 홍보 강화

- 온라인플랫폼을 통해 관련 정보를 공유하고, 사업초기 과학난제 대국민 발굴 프로젝트 등을 실시하여 국내 R&D 수준과 성과에 대해 국민소통 유도

5. 국제 공동 연구 활성화 방안(안)

□ 우리나라의 과학기술혁신역량지수(COSTII: COmposite Science and Technology Innovation Index)는 OECD회원국 중 상위('13년 8위 → '18년 7위)이지만 과학기술의 국제협력 수준은 OECD 최하위 수준('13년 20위 → '18년 29위)

○ 개인연구자/단일실험실 위주의 주제별 단기간 소규모 국내협력과제 진행에 중점을 두고 있으며, 이마저도 기초연구보다는 산업분야 응용연구에 치중되어 있음

- 최근 들어 전략적 국제 과학기술 공동연구 추진을 위한 정책적 노력을 강화하고자 제4차 과학기술기본계획('18~'22)에 해당 내용을 포함 시킴
- '과학기술 공동연구 협력 강화'를 주요 추진과제로 설정하여 수요 기반 과학기술 외교 전략화, 양자 및 다자 교류협력 확대, 기후변화 등 국제공동프로그램 참여 확대, 4차 산업혁명 대응, 우수기술 도입 위한 협력과 인력 유치 강화 등을 추진하고 있음

※ 우리나라의 국제 공동연구 사례: 정보통신기술진흥센터(IITP) 한-EU 공동연구사업은 5G 이동통신, 사물인터넷(IoT) 및 클라우드 컴퓨팅을 협력 분야로 선정해 3개 과제에 대해 2년간 72억원을 지원

□ 세계 각국은 現 양자 간 협력의 한계를 극복하고 범지구적 문제해결을 위한 국제기구 및 다자간 협력사업을 추진 중

○ 미국은 국립과학재단(NSF) 규정에 필요한 경우 외국 연구자에 대해서도 자금을 지원 조항을 신설하는 등('18) 국제공동연구 활성화를 위해 노력하고 있음

- 미국은 국무부, 국방부, 보건복지부, 에너지부 등 7개 부처와 국립과학재단, 국립항공우주국 등 5개 독립연구기관이 연구프로젝트를 수행 중이며, 국제공동연구개발 프로그램 운영은 국립과학재단(NSF)이 수행
- 국립과학재단은 2017년 18개 국가(브라질, 중국, 체코, 프랑스, 독일, 인도, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 한국, 멕시코, 노르웨이, 폴란드, 러시아, 스페인, 스위스, 대만, 터키)와 프로그램을 진행했으며 총 2,506만 달러 예산을 배정될 정도로 미국은 국제 공동 연구가 활성화 되어있음

※ 국립과학재단(NSF)의 PIRE프로그램은 국제적 고품질 연구 활동 지원을 목적으로 '18년 2,606만 달러 규모로 지원, 과제기획은 세부과제를 연구자가 기획 하는 상향식(bottom-up) 지원방식으로 진행하고 국가별로 협업 모델에 따라 단계별 기획 및 평가 진행함(세 종류의 협업 모델을 구성해 협약 국가에 맞게 지원할 국제공동연구과제를 선정함). 과제선정 평가 주체는 관리자와 외부 전문가이며 선정기준은 지적가치와 영향력에 따라 평가함

<PIRE 프로그램의 국가별 협업모델>

협업 모델	내용
모델 1 (예비·정식 제안서 공동 평가)	<ul style="list-style-type: none"> 예비 제안서와 정식 제안서 검토를 포함해 전 과정에서 국립과학재단과 협업 제안서를 검토할 평가위원과 심사 패널을 미국과 협약을 맺은 국가가 직접 추천 가능
모델 2 (정식 제안서 공동 평가)	<ul style="list-style-type: none"> 예비 제안서 이후 전체 제안서 단계부터 평가에 참여
모델 3 (추천 후 평가)	<ul style="list-style-type: none"> 연구과제가 전체 제안서 단계를 지난 이후부터 참여

* 자료: 국립과학재단(NSF), Partnerships for International Research and Education Program Solicitation(2016)

※ 이밖에도 국제신경윤리회의에 OECD, 미국 국립보건원(NIH), 미국과학재단(NSF)을 비롯하여 한국을 포함한 총 9개국의 주요 뇌 연구기관 참석했으며, 세계경제포럼(WEF) 내 신경기술 분과는 뇌과학 기술의 발전이 산업과 사회에 미치는 영향과 신경윤리에 대해 다루고 있음

- 영국은 효율적인 R&D 자금지원이 필요하다는 노벨상 수상자 Poul Nersse의 권고에 따라 2018년 ‘연구혁신청(UK Research and Innovation, UKRI)’을 신설하여 R&D 전문기관들의 기능을 통합함으로써 R&D 역량을 강화하고 국제 공동연구에 대해 단계별 맞춤형 지원이 가능해짐
 - 연구혁신청은 현재 미국, 일본, 인도에 지사를 설치하고 해당 국가와 공동연구를 진행 중이며 캐나다, 브라질, 룩셈부르크 등과는 국제 공동연구를 위한 협약을 체결하는 등 주요 국가들과 공동연구 파트너십을 구축하고 있으며, 산하의 연구회들을 통해 기초적 교류부터 지속가능한 상호작용 수준까지 4단계로 협업 유형을 나누어 단계별로 맞춤형 지원을 하고 있음

<영국 연구혁신청의 공동연구 단계별 지원 내용>

단계	이름	내용
1	첫걸음(First links)	연구자 교환 등 단기 방문 비용 및 생활비 지원
2	교류 확대 (A broader relationship)	반복된 방문과 워크숍 개최 등 관계 확장을 위한 자금 지원
3	시험적 연구 (Pilot studies)	실질적 연구 활동을 시행하기 위한 소규모의 시험적 활동 지원
4	지속 가능한 상호작용 (Sustainable interactions)	국제 공동연구 자금지원, 다자기구에 대한 참여 비용 지원 등

* 자료: 연구혁신청(UKRI) 웹사이트(<https://www.ukri.org>)

※ 영국 연구혁신청(UKRI)의 연구회별 프로그램은 교류와 공동연구 맞춤형 지원 프로그램으로

‘18년 38억 1,900만 파운드로 지원했으며, 과제 기획은 연구회별 설정된 세부 분야에 따라 연구자가 과제를 기획하며(middle-up down), 연구회별 전문 분야에 대해 상대 국가와 협의 후 최종 과제를 설정함

○ 일본, 프랑스 등도 R&D 전문기관을 통해 양자 간 공동연구를 지원하고 다자 간 공동연구 프로그램에도 참여하고 있음

- 일본은 과학기술진흥기구(JST)에서 자국의 과학기술 역량강화를 위해 2009년부터 해외 국가와의 교류를 강화하고 여러 국가에 공통된 과학적 문제를 해결하려는 목적으로 국제공동연구프로그램(Strategic International Collaborative Research Program, SICORP)을 실시
- 2018년 기준으로 양자 간 공동연구과제는 중국, EU, 프랑스, 독일 등 9개국과 진행하고 있으며 원칙적으로 한 과제당 연간 600만 엔에서 1억 엔을 3~5년에 걸쳐 지원함(다자 간 협력과제도 4개 사업에 참여 중)

※ 일본의 과학기술 진흥기구(JST)는 교류 강화, 국제적 과학문제 해결을 위한 협력을 목적으로 지원하는 SICORP프로그램을 지원하고 있으며, 과제당 600만~1억엔을 3~5년 지원하는 규모임. 과제기획은 세부과제를 지정하는 하향식(top-down) 지원 체계를 따르며, 양국 기관이 협의 후 분야 결정함

<일본의 국제공동연구프로그램 연구과제 및 분야>

국가	국제 공동연구사업 분야
중국	환경 및 에너지
EU	재해 대응, 에너지
프랑스	분자기술
독일	광학·광자기술
이스라엘	ICT
싱가폴	바이오디바이스
스웨덴	고령화사회 대응
영국	해양센서
사업명	국제 공동연구사업 분야
e-ASIA	동아시아 지역 과학기술 공동연구 사업 강화를 위한 다자간 공동연구 지원
CONCERT-Japan	EU-일본간 과학기술 협력을 위해 다자간 협력 프로젝트를 지원
Belmont Forum	환경변화 문제해결을 위한 전문기관간 국제 그룹으로 매년 공동연구 참여
J-RAPID	자연 및 인적재해에 대응하기 위한 연구자간 협력 활동을 지원

* 자료: 일본과학기술진흥기구(JST) 웹사이트(<https://www.jst.go.jp>)

- 또한 2019년 1월, 일본 내각부는 종합과학 기술·이노베이션회의에서 기초연구력 강화를 위한 방안 논의하였는데, 일본의 국제공동논문의 확대를 위해 연구

자간 네트워크 구축이 필요하고 대학의 국제화 및 국제공동연구 사업의 예산 증액을 검토함

- 프랑스 국가연구청(ANR)의 PRCI프로그램은 '17년 2,810만 유로 규모로 지원했으며, 과제기획은 연구자가 세부과제를 기획(bottom-up)하는 방식으로 운영되고 과제평가는 목적과 질, 프로젝트 구성, 연구결과 등의 기준으로 이루어지고 있음

○ EU의 연구혁신총국(DG Research and Innovation)의 Horizon 2020 프로그램은 연구개발 혁신을 통한 경제발전과 사회적 문제 해결을 목적으로 '14~'20년에 786억 유로 규모로 공동연구를 지원하고 있으며, 과제기획은 사업에 따라 상향식과 하향식 지원 체계 혼용하도록 하고 양국 기관 협의에 따라 연구 분야 선정함

- (Horizon 2020 3대 중점 추진 사항) ▲과학기술적 우수성(탁월성) 향상과 세계적인 수준의 연구환경 조성, ▲산업리더십(Industrial Leadership) 강화 ▲건강, 에너지, 기후변화, 고령화 등 사회문제 해결을 위한 과제 지원 등

□ 우리나라도 새로운 연구 주제 발굴과 혁신적 성과 창출을 위해서는 다양한 분야의 연구자들이 모여 소통할 수 있는 네트워크의 장을 마련할 필요가 있으며, 이를 위해 개방형 기술혁신과 첨단 과학기술의 대형화, 융·복합화에 따른 글로벌 차원의 대규모 협력과제 지원 필요

※ 생명공학 분야 글로벌 파트너링 전문기관인 Phacilitate社(英)는 학술발표와 함께 참가자를 대상으로 PR, 파트너와의 맞춤형 매칭과 네트워킹을 추진하는 종합 행사를 주도적으로 개최

※ 협력에 참여하는 인력의 수가 많을수록 연구생산성 향상에 도움 (Adams et al., 2005)

□ 기존 사례의 조사·분석 결과를 통해 국제 공동 연구가 난제해결에 실마리를 찾는데 크게 기여하고 있다고 판단할 수 있으며, 과학난제 해결을 위해서도 활발한 국제 공동연구가 기획 및 추진되어야 함

- 과학기술정보통신부와 IITP의 연구개발 사업, 삼성전자 미래기술육성센터의 지원을 받아 진행된 차세대 뇌 기반 인공지능 시스템 설계 관련 연구는 KAIST 바이오·뇌공학과 연구팀과 영국 케임브리지 대학, 구글딥마인드와의 공동 연구로 공학적 난제를 해결한 사례임

※ 해당 연구는 인간의 두뇌가 기존의 인공지능 알고리즘이 해결하지 못하는 부분을 해결할 수 있다는 사실에 기반해 신경과학과 인공지능을 융합해 진행

- 국가핵융합연구진은 미국 프린스턴 플리즈마연구소(PPPL) 연구팀과 공동연구를 통해 핵융합장치의 플라즈마 경계면 불안정 현상(ELM)을 억제하는 조건을 예측하는 이론모델을 정립하고 실험적으로 검증하는데 성공하여, 지난 30년 동안 인공태양 실용화를 위한 난제로 꼽혀온 플라즈마 경계면 불안정 현상에 대한 실마리를 찾음

○ 정기적 워크숍/포럼 참석, 국제 공동 심포지엄 기획 및 개최 등을 통한 네트워크 기반의 지식 공유 체계 구축

- 해외 학회와의 파트너십 구축 및 연구회 간의 교류 증진
 - ※ 예시) 해외 한림원과 연계하여 연례행사를 기획하고 ‘젊은 과학자 award’ 등 참여 독려
- 과학난제 해결이라는 목적지향적 융합을 위한 심포지엄 및 워크숍 구성
- 학회 참여 연구자의 Research profile 리스트를 통한 연구 책임자간 매칭과 공동 관심 연구 주제로 새로운 난제 발굴 및 협력과제 도출
 - ※ EU는 ‘CORDIS’ 홈페이지를 통해 공동연구를 수행할 협력 기관 탐색에 필요한 정보를 제공하고 있음. 우리나라도 국제 공동연구 확대를 위해 네트워크 구축 및 공동연구 분야 매칭을 돕는 플랫폼 구축이 필요
- 실질적인 공동연구 등 협력사업 추진을 위한 연구자 간 Brief Communication이 가능하도록 Speed dating/Road show 구상

○ 다양화 및 차별화된 국제협력 대상 발굴

- 개도국과 상호 이익 창출이 가능한 전략분야를 선제적으로 발굴·제시
 - ※ 미국, 일본 등 선진국과의 국제협력이 97.7%를 차지함 ('11년 기준)
- Brain Pool, Contact Korea사업 등을 활용하여 러시아 등 CIS지역, 인도 등의 기초과학 역량이 높은 국가의 과학자 발굴 및 유치
- 해외 한인 연구자와 글로벌혁신센터(KIC)의 중개자 역할 강화
 - ※ 글로벌혁신센터(KIC: Korea Innovation Center)해외거점에 벤처창업, 현지진출, R&D협력 등을 위해 기존 IT지원센터 또는 과학기술협력센터를 확대 개편하여 개소[유럽-벨기에('13.11), 워싱턴('14.5), 실리콘벨리('14.11)]
- 협력 상대국의 문화와 연구 분위기 이해 및 사업 수요정보 획득, 원활한 의사소통을 통한 공동연구 기획 및 지원
 - ※ Brain pool: 과학기술정보통신부에서 시행하는 해외고급과학자초빙 사업, 우수한 해외과학기술자를 국내 연구개발 현장에 초빙하여 공동연구 수행을 지원함으로써 국내 연구역량을 강화하고 국제 연구 네트워크를 구축

※ Contact Korea: KOTRA 산하기관으로 글로벌 인재 유치 전담조직, 기업 및 국가에 필요한 글로벌 인재를 발굴, 지원, 각국의 인재 정보를 DB로 구축하여 Contact Korea 포털 사이트를 통해 무료로 업계에 제공

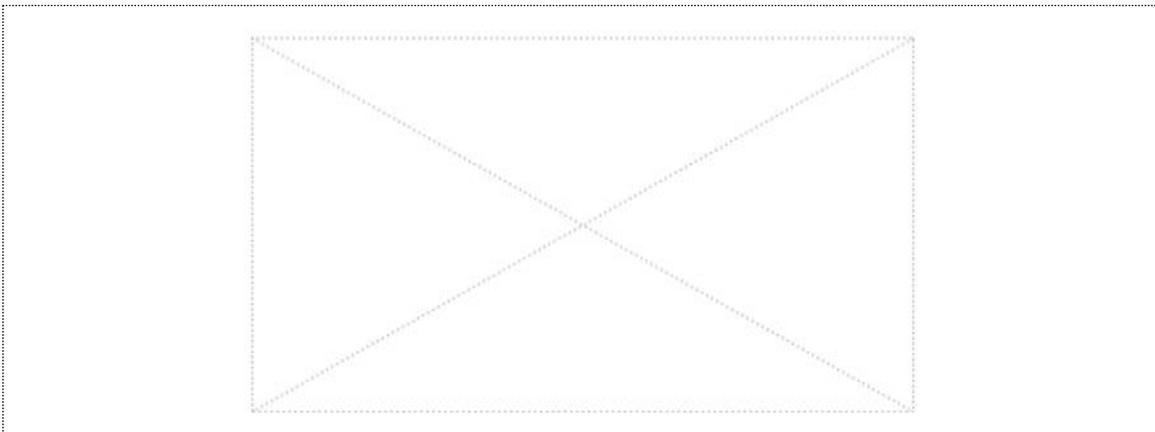
○ 연구자 교류 등을 통한 인적교류 및 인재 양성

- (외국 연구자 유치 및 연구자 해외파견) 한국과 해외 supervisor와 co-supervisor를 선택하여 (기존 grant/fellowship을 활용하여) 연구자의 체류비 지원

○ 현재 진행 중인 대규모 Global Flagship 사업 참여 지원 강화

- 대형 국제공동연구 참여를 통해 글로벌 기술개발 및 표준화를 위한 협력 강화, 공동 과학난제 해결 촉진 등을 지원하고 국제사회 입지를 강화

< International Brain Initiative (IBI) 운영 방향 >



(교육) 미래 뇌과학자 양성을 위한 공동 교육 및 트레이닝 프로그램 개발·운영
(정보공유) 뇌연구 지식 정보 공유 및 활용을 위한 글로벌 DB Station 구축
(신경윤리) 지속가능한 뇌연구를 위한 윤리, 문화, 사회 및 법 관련 국제공조 강화
(과학자 교류) 글로벌 연구역량 강화 및 공동연구 촉진을 위한 연구자 교류 추진
(기술 공유(보급)) 기술 공유 활성화를 통한 선순환적 뇌융합연구 생태계 구축

* 자료출처: 한국뇌연구원

○ 데이터 공유 및 관리를 위한 온라인 플랫폼 구축

- 영문 홈페이지 구축을 통한 사업 참여 연구자 간 연구결과를 공유하고 소통을 위한 온라인 창구 마련
 - 공동연구과제 진행 상황 및 성과 관리, 현재 진행 중인 대규모 Flagship 사업 참여 현황 등 공통된 과학 난제 해결을 위한 온라인 플랫폼 구축
- ※ 알렌뇌과학연구소(美)는 최근 뇌지도 연구 결과를 무료로 연구자들에게 개방 중

6. 기타 추가 제안

- 과학난제사업이 시범적 추진의 성공 여부에 따라 추후 장기·대형사업으로 실시될 경우 필요한 자원을 선제적으로 고민해보고자 함

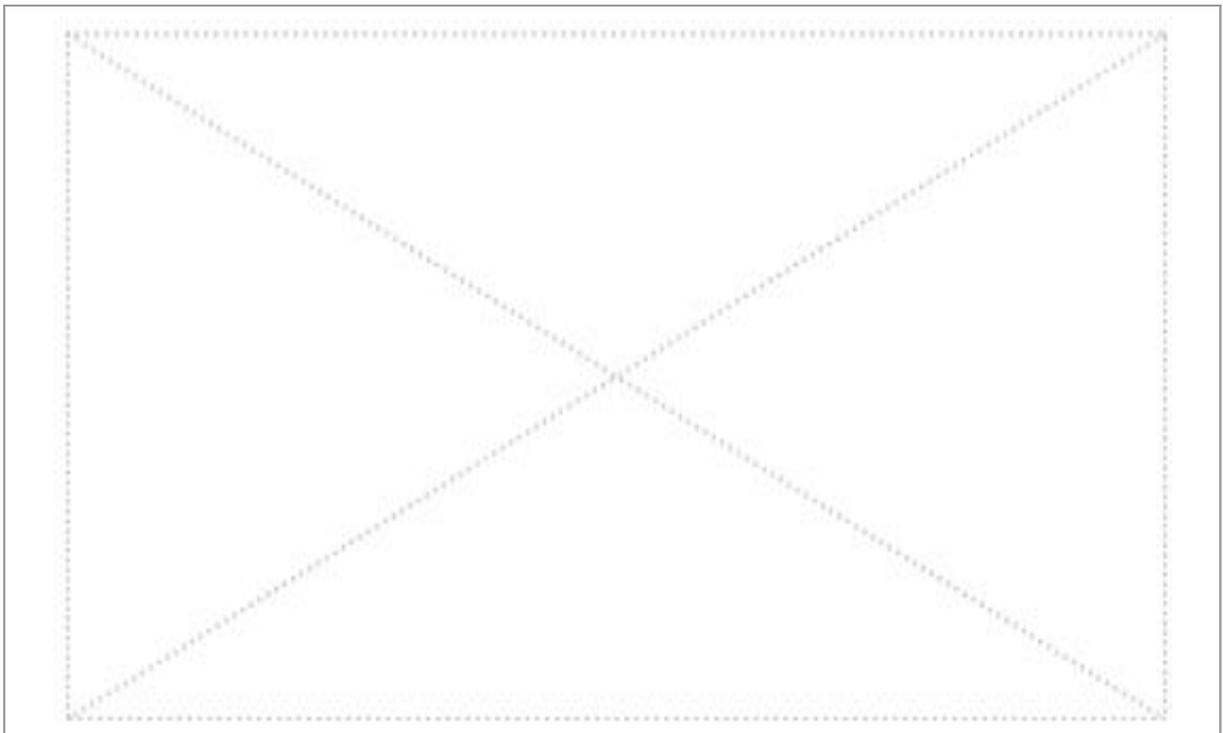
(1) 과학난제 AI플랫폼 운영

□ 과학난제 플랫폼 필요성 및 목적

- 과학난제 발굴 및 해결과제 도출을 위해 Open science 체제하에서 다양한 지식의 참여를 바탕으로 지식 교환과 융합이 편리하고 쉽게 이루어지는 플랫폼 필요
- 참여하는 모든 연구자들의 숙의를 바탕으로 상시적으로 과학난제를 발굴하고 해결과제 수행을 통해 Big value, new value를 창출하는 시스템 운영

□ 과학난제 플랫폼의 기능

< 과학난제 플랫폼의 기능(안) >



○ 정보기능

- 난제 정의: 데이터를 바탕으로 연구자들이 과학난제의 개념 파악
 - △과학난제는 무엇인가? △기존의 국가연구개발사업과의 차별성은 무엇인가?
 - △왜 별도의 프로그램이 필요한가? 등에 대한 해답을 구할 수 있음

- 해외 사례: 플랫폼에 축적된 해외의 유사 프로그램과 주요성과 등을 학습
- 사업 계획: 국내 과학난제 프로그램의 중요한 특징과 프로세스를 바탕으로 향후 추진계획과 주체, 예상 연구성과 등을 공유
- 참여 확대: 참여 가능 여부와 참여 방법 등을 확인

○ 발굴 기획

- 난제 후보: AI·빅데이터 기반 과학난제 분석 및 분류, 세계 과학난제 동향 정보 제공, 과학자의 난제 제안
- 난제 제안: 누가 난제를 제안할 수 있으며, 난제 제안양식과 제안과의 선행분석, 상향식과 하향식의 병행 등을 다채롭게 제안
- 난제 선정: 제안된 난제 선정 온오프라인 방식의 선정 (국내외 전문가의 Science Casting 검토)
- 난제 리뷰: 난제 풀링(Pooling) 시스템 및 AI 기반 난제 분류, 제안 및 선정된 과제를 AI기반으로 분석, 난제 선정방법 및 선정기준 수립

○ 연구과제 선정·평가

- 과제 제안: 과학난제 도전과제 후보 및 연구과제 제안, 제안과제의 선행조사 및 분석 실시
- 과제 선정: 제안과제의 평가, 석학 등 전문가에 의한 온라인캐스팅 도입
- 과제 리뷰: 수행과제의 AI기반 Alerting 커뮤니티 운영

○ 성과 커뮤니티

- 연구자들은 어떻게 협력? Open science, GitHub 연계, 축적된 난제 발굴 결과물과 연구데이터로 나도 새로운 문제에 도전? 내가 생각하는 난제에 대한 멘토링은? 등등 다양한 주제의 커뮤니티 형성

※ 과학난제 온오프라인 멘토링, 온오프라인 컨퍼런스 등 개최 운영

□ 과학난제 플랫폼 운영방안

- 플랫폼의 운영은 과학난제 도전·극복형 사업 추진프로세스와 연계하여 사업비 규모에 따라 탄력적으로 플랫폼 기능 구성을 검토하며 AI기반 플랫폼은

추가적인 연구개발비를 투입하여 설치 운영

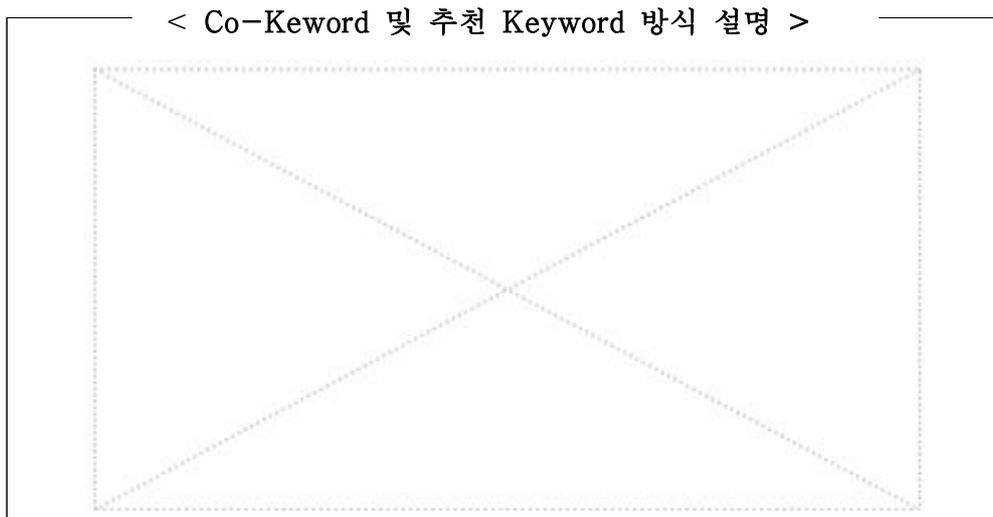
- AI기반 플랫폼은 추가적인 R&D가 포함되어야 함

- 과학난제 AI기반 분석, 빅데이터 기반 분류, 과학난제 후보 및 선정과제의 연구자, 세계동향 분석 등

(2) 과학난제 발굴 및 해결 지원 DB 제공

□ See-Think 방식의 과학난제 발굴 및 해결 지원 DB 제공

- 기술 키워드별 Co-키워드(Linked technologies) DB 제공
- 기술 키워드와 함께 등장하는 키워드의 특허수, 최근 3년 등장 횟수, 키워드와 Co-키워드가 공동으로 등장한 횟수(총횟수, 최근 3년 횟수)를 통하여 최근의 동향 정보를 같이 제공
- 기술 키워드별 추천 키워드(Technologies likely to be linked) DB 제공(추천 강도, 특허수, 등급, 매개 키워드 정보)
- 기술 키워드와 함께 특허에서 등장한 적은 없지만, 매개 키워드를 기준으로 함께 사용되면 좋을 만한 맞춤형 키워드를 추천

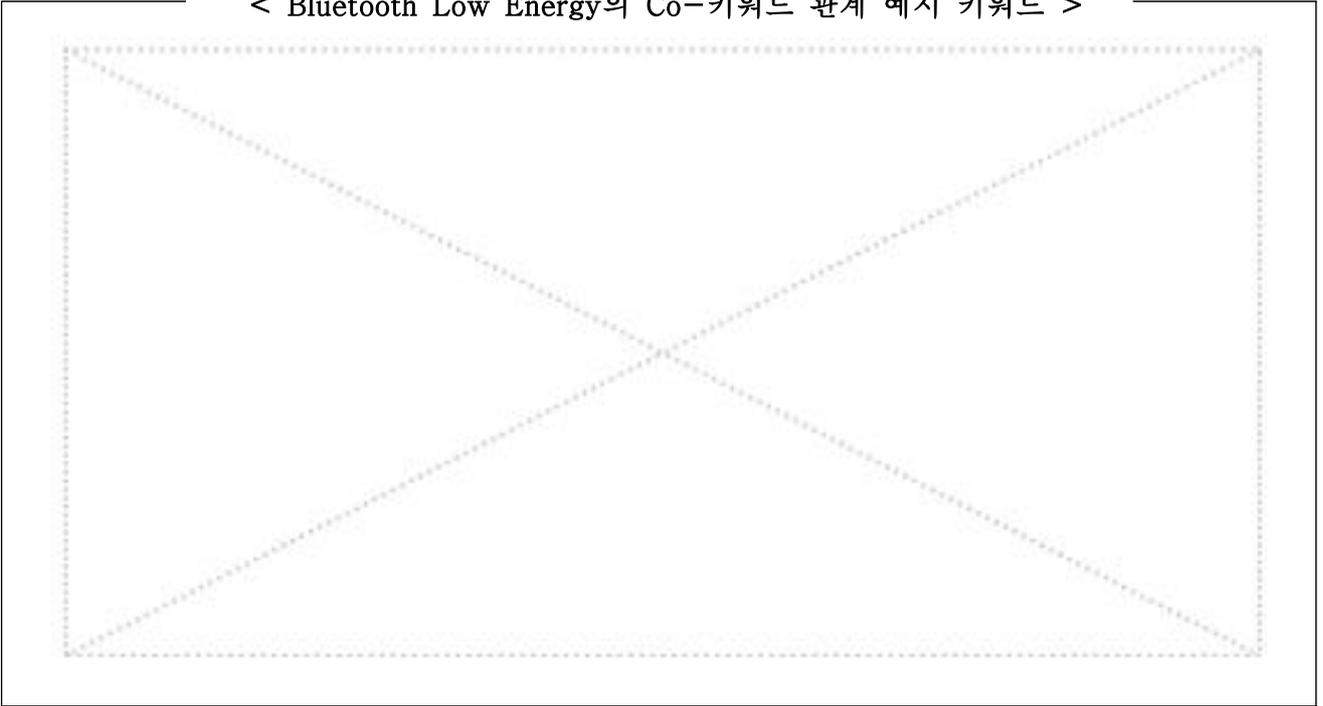


□ 기술별 동향 정보 DB 제공

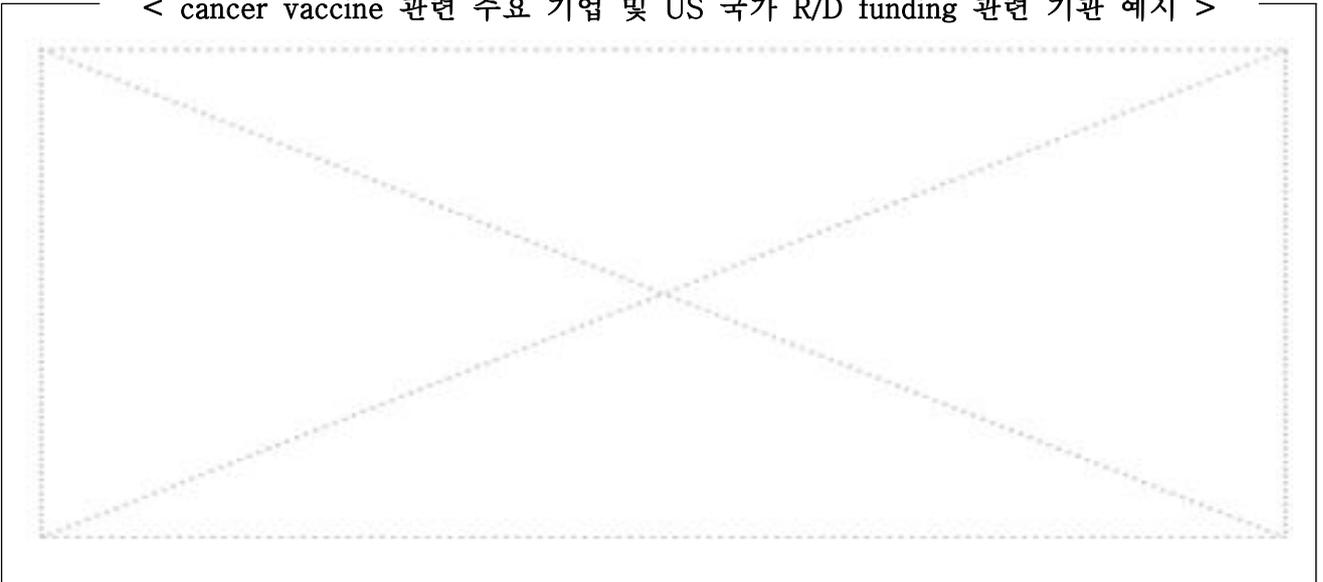
- 기술 키워드별/기술 카테고리별 핵심 기업, 핵심 연구자, 핵심 특허 정보 및 관련 이벤트 정보 제공으로 빠르게 관련 동향 파악 가능

- 특히, 관련 기업 정보에는 해당 기술의 미국의 국가 R&D 지원 기관별 특허수, 선행성, 투자량, 집중도, R&D 연속성 정보 및 링크를 통한 관련 특허 정보를 함께 제공하여 관련 분야의 US 국가 R&D 동향 정보를 관련 기관별·기술별로도 one-click으로 파악 가능

< Bluetooth Low Energy의 Co-키워드 관계 예시 키워드 >



< cancer vaccine 관련 주요 기업 및 US 국가 R/D funding 관련 기관 예시 >



※ 노란색 배경의(US R&D Mgmt.)가 미국 국가 R&D 기관들임

VI. 결 론

1. 과학난제 연구사업 추진의 기대효과

(1) 선순환 도전·창의적 R&D 생태계 조성

□ 연구자들이 자발적·능동적으로 국가 R&D 참여가능 여건 마련

- 도전적 연구를 위한 융합연구의 자발적 설계와 기술한계를 극복하기 위한 연구수행을 적극 지원하여 도전적 연구 친화적인 연구풍토를 조성
- 연구자들이 자발적·능동적으로 과제 발굴 및 기획 단계부터 참여하는 집단지성 기반의 상시적 프로세스 구축으로, 선도·창의형(First Mover) R&D 시스템이 정착하여 과학기술 혁신 촉매제(Innovation Accelerator) 역할 수행

□ 과학기술 사회에 창의적인 아이디어 교류와 논의의 장 마련으로, 자연스럽고 활발한 협업 연구 환경을 조성

- 다양한 분야의 커뮤니티 활동을 통해 전문가들이 거시적 통찰력을 획득하고 온라인 플랫폼을 통한 국민과의 소통으로 다양한 융합주제 도출 및 R&D 과제화 가능 협업 환경을 구축
- 이를 통해 신지식(신개념) 및 신분야가 창출되고 4차 산업혁명으로 인해 급변하는 글로벌 R&D 환경 변화에 대해 최적의 대응체제를 구축

□ 국내의 도전적인 연구문화를 조성하고 인류 공영에 기여한다는 연구 본연의 목적을 추구하는 국가 R&D사업 운영철학 수립

- 글로벌 메가 트렌드 기반 한계에 도전하여 패러다임을 바꾸는 도전적 연구를 발굴하고 해당 연구수행을 지원하여 난제 도전형 과제의 성공적 수행 가능 여건을 조성하고 도전적인 연구문화를 확산
- 궁극적으로 연구 패러다임을 ‘경제 발전을 위한 연구’에서 ‘인류 공영을 위한 연구’로 변화 유도

(2) R&D 경쟁력 및 국민 삶의 질 제고

□ 과학난제 해결형 연구역량 확보 및 글로벌 선도 기반 마련

- 과학의 본질적 문제를 해결하는 개척형 연구도전으로, 우리나라의 현재 과학기술적 한계를 돌파하고 후발 주자로서 주요 선진국과의 과학기술역량 격차를 해소
- 해결 필요 과학난제 발굴 및 해법모색 지원으로, 과학난제 해결형 연구역량을 확보하고 궁극적으로 세계 과학기술계에서 한국의 위상 및 인지도를 격상

□ 공공 R&D 추진 확대를 통해 국민들의 환경, 사회·문화, 경제·산업, 생활 향상 기여

- 과학기술의 본질적 목적인 인류공동 문제 해결의 공공성 추구 R&D의 글로벌 아젠다 해결로, 국민들의 전반적인 삶의 질 제고 및 국민들의 행복 공헌
- 궁극적으로 국가 R&D 수행에 있어서도 경제적 부가가치 창출을 위한 산업 중심이 아닌 국민 최우선 인간 중심의 국가 R&D 기조 확립

[참고문헌]

- 과학기술정보통신부(2019), 2019년 인공지능(AI) 그랜드 챌린지의 서막이 열린다, 과학기술정보통신부 보도자료(2019.1.3.)
- 과학기술정보통신부(2018), 중소·중견기업 대상 소재분야 난제 해결을 위한 「지식 클라우드 연구개발 (R&D) 프로그램」 시범추진, 과학기술정보통신부 보도자료(2018.6.1.)
- 남좌민(2017), 창의적·도전적 기초연구 진흥을 위한 X-프로젝트 개선방안 연구, 서울대학교 산학협력단, 한국연구재단 정책연구(2016-26).
- 박성원(2016), X-프로젝트 추진연구, 과학기술정책연구원(STEPI) 보고서.
- 미래창조과학부 외 (2016a), 무인이동체 산업 활성화 및 일자리 창출을 위한 무인이동체 발전 5개년 계획(안), 국가과학기술심의회 제13회 안건(2016.6.30).
- 미래창조과학부 외 (2016b), 과학기술을 통한 한국전통문화 프리미엄 창출 전략(안) - 과거에서 찾은 미래(Beyond Heritage) -, 국가과학기술심의회 제13회 안건(2016.6.30).
- 미래창조과학부 (2014), 과학혁명을 위한 도약형 기초연구 촉진방안(안), 연구개발정책관.
- 삼성미래기술육성재단(2018), 삼성 미래기술육성사업, 2018 KIST 사업설명회 자료
- 생명공학정책연구센터 (2019), 일본, Moon Shot형(파괴적 혁신) 연구개발 추진 계획.
- 생명공학정책연구센터 (2019), 2019 바이오 미래유망기술, 총서 제271권.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2013), 국가연구개발체제 혁신방안 연구.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2011), EU-미국 R&D투자 우선순위 설정방안 분석.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2009), 연구자 중심의 환경과 여건 개선.
- 한국과학기술한림원 (2018), Y-KROS 융합연구주제 제안서(22개).
- 한국과학기술정보연구원(KISTI) (2014), 미래기술백서 2014.
- 한국연구재단(2010), 2010년 창의연구성과지원사업 각 분과별 문제도출 전체현황(67개).
- IBK 경제연구소 (2018), 아베의 성장 로드맵 <Society 5.0>과 시사점.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2017), 국가연구개발사업 조사·분석 보고서.
- 과학기술정보통신부 (2018), 제4차 과학기술기본계획(2018~2022).
- 정보통신기술진흥센터 (2016), 한-EU 공동연구사업 R&D 평가백서(파피루스).
- 정보통신기술진흥센터 (2018), 주요국의 국제 공동연구 관리체계 및 프로세스.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2017), 연구자 중심 R&D 제도혁신 방향과 과제.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2019), 과학기술&ICT 정책·기술 동향 NO.136)
- DoD (2018), Achieving Maximum Mobility and Manipulation Using Human-like Compliant Behavior and Behavior Libraries, DARPA-BAA-10-65 Proposal Abstract.
- National Science Board(NSB) (2018), SCIENCE & ENGINEERING INDICATORS 2018.

NIH (2018), NIH Proposal sample.

NSF (2018a), Convergence Accelerators: A New Model for Research to Innovation, Presented by: Dawn Tilbury, AD ENG, EHR AdCom (May 31, 2018).

NSF (2018b), Future of Work at the Human –Technology Frontier (FW–HTF) Convergence Accelerator, Presented by Fay Cook, AD, SBE, EHR Advisory Committee (May 31, 2018).

NSF (2018c), Grants.gov, Application Guide, A Guide for Preparation & Submission of NSF Applications via Grants.gov.

NSF (2018d), Toward Learning Agendas at NSF: Supporting Implementation of Complex Initiatives, NSB Report, Rebecca Kruse, OIA, Jolene Jesse, EHR (July 2018).

NSF (2017a), 10 BIG IDEAS, Growing Convergence Research @ NSF, For NSB Suzi Iacono, Head, OIA(May 9, 2017).

NSF (2017b), NSF’s Big Ideas, National Science Foundation, Jim Ulvestad, Acting Assistant Director, (November 16, 2017)

NSF (2017c), NSF INCLUDES, Presentation to the National Science Board Committee on Strategy, Jim Lewis, EHR (May 9, 2017).

JST (Japan Science and Technology Agency)(2018), Strategic basic Research Programs, 2018–2019 Research Programs Introduction.

(동영상)

Loon and Wing the story of two moonshots 7–2018

(<https://www.youtube.com/watch?v=zKUyk0gOgOo>)

Top 5 Future Tech Moonshot Projects from China 2017

(https://www.youtube.com/watch?v=5qZSYa_G-w0)

Joe Biden's Cancer Moonshot Project 2016

(<https://www.youtube.com/watch?v=qD5M8WCkaKg>)

United States calls for Emergency MOONSHOT Cyber defence! Breaking News 2018

(https://www.youtube.com/watch?v=_QDHKcbU_jU)

[첨부자료]

① 추진경과

일 자	개요 및 주요 활동	비고 (참석자 등)
2018.12.05.(수)	○ 제1차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 1단계 추진현황 공유 및 2단계 추진전략논의	13명
2018.12.11.(화)	○ 제2차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 위원별 역할 분담 및 기획 방향 등 심층논의	18명
2018.12.18.(화)	○ 제3차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 과제후보군 평가 및 우선순위 추천 등	15명
2018.12.27.(목)	○ 제4차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 추진과제 선정 및 추진전략 마련 등	14명
2019.01.10.(목)	○ 제5차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 사업추진계획 초안 검토 및 미흡사항 추가 논의	18명
2019.01.17.(목)	○ 제6차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 추진계획안 요지 검토, 난제별 개요 발표 및 토의	10명
2019.01.23.(수)	○ 제7차 기획회의 (서울역 회의실) ※ 난제별 개요 발표 및 토의, 정부부처 연석회의	13명
2019.02.08.(금)	○ 제8차 기획회의 (수서역 수서타워 Space515) ※ 난제별 개요 발표 및 토의	12명
2019.02.14.(목)	○ 보고서 검토 회의(수서역 수서타워 Space515) ※ 기획보고서 집필 논의(성창모, 문영호, 김성용, 이인우 등)	6명
2019.02.21.(목)	○ 제9차 기획회의 (수서역 수서타워 Space515) ※ 기획보고서 초안 검토 및 추가 수정 및 보완	12명
2019.02.28.(목)	○ 과제 추진방안 검토 회의(수서역 수서타워 Space515) ※ 추진방안 논의(성창모, 문영호, 이인우, 이혜숙 등)	6명
2019.03.07.(목)	○ 보고서 검토 회의(수서역 수서타워 Space515) ※ 공청회·간담회 준비 및 기획보고서 검토	12명
2019.04.01.~2019.04.12.	○ 과학기술계 온라인 의견수렴(설문조사)	839명
2019.04.24.(수)	○ 국회-한림원 공동포럼 개최	108명

② 과학난제 융합연구기획위원회 명단

구분	성명	소속기관	직위	비고
위원장	성창모	고려대학교 그린스쿨대학원	교수	집필
부위원장	문영호	UST KISTI	교수	난제발굴
위원	고재원	대구경북과학기술원	교수	-
	김성용	한국지질자원연구원	연구위원	집필
	김수영	중앙대학교 교수	교수	난제발굴
	남좌민	서울대학교	교수	난제발굴
	노석현	광개토연구소	변리사	집필
	박소라	인하대학교 의과대학	학장	-
	설 민	재생의료전략연구소	선임연구원	난제발굴
	손기훈	울산공과대학교	교수	난제발굴
	안진웅	대구경북과학기술원	교수	난제발굴
	이인우	한국과학창의재단	연구위원	집필
	연경남	한국과학창의재단	연구위원	집필
	이혜숙	이화여자대학교	교수	난제발굴
	황정훈	전자부품연구원	책임연구원	-

③ 분야별 발굴된 과학난제

□ 문헌조사 및 위원발굴을 통해 접수된 과학난제

No.	구분	과제명
1	인간 생명	장기 발생 과정 중 구조 및 기능 획득 기전 연구
2	인간 생명	인류의 생존을 위협하는 항생제 내성 난제 극복
3	인간 생명	포유류의 재생 결함과 암 발생과의 상관 관계 연구
4	미래 기술	전기 전도도는 금속 수준, 열 전도도는 반도체 수준인 재료
5	미래 기술	10nm 이하에서 구리보다도 전기 전도도가 높은 금속 재료 혹은 복합 재료
6	인간 생명	베타 세포 기능의 이해를 통한 당뇨병 치료 기술의 개발
7	인간 생명	뇌질환 정복을 위한 의공학 기반 중개 뇌과학 연구
8	미래 기술	두뇌 인터넷, 생체 인터넷 연구
9	미래 기술	스몰 데이터, 망각 데이터, 훼손 데이터로부터 추론하는 인공 지능 연구
10	미래 기술	양자 역학 기반 기계 학습 연구
11	인간 생명	면역 결핍, 인간화 미니 돼지(SCID-Hu Minipig) 개발, 유지 관리, 활용 시스템 구축
12	미래 기술	집단 네트워크, 인공 지능 기반 미래 사회 현상 분석 연구
13	미래 기술	암환자 빅데이터용 통합 표준화 플랫폼 구축 사업
14	인간 생명	노화성 말초 신경 질환에 대한 예방, 치료 및 재활에 관한 콘텐츠 개발
15	인간 생명	종양 전이 기전 규명 및 제어 기술 연구
16	공공 기술	달 표면에서의 정전기전력 획득 및 먼지 감소
17	인간 생명	노화 억제 및 역노화 기전 규명 및 제어 기술 연구
18	인간 생명	실명 퇴치 첨단 재활 치료 기술
19	공공 기술	우주 기반 에너지 발전 시스템 난제 기술 연구 개발
20	인간 생명	딥러닝 기반 스마트 암-테라노스틱스 융합 플랫폼 개발을 통한 암 치료
21	공공 기술	우주 태양광 발전을 위한 난제 기술 연구
22	인간 생명	인공 지능 기술 기반 암 조기 진단 및 치료 전략 수립
23	공공 기술	전자기파 유도 반응칩 플랫폼 설계
24	미래 기술	인공 지능 기반 데이터 오픈 및 공유 스테이션
25	인간 생명	암 전이 경로 및 신약 개발
26	미래 기술	생체 모사(Biomimicking) 다차원 정렬 구조체
27	미래 기술	네트워크 내의 멤버 선별 알고리즘
28	미래 기술	고도 정보화 사회 구현을 위한 교통 정보망
29	공공 기술	지구 자기장 방향의 역전
30	미래 기술	자연수 소인수 분해에 대한 좋은 알고리즘 개발
31	공공 기술	인간 사회를 포함한 우주의 기본 원리로서 대칭의 역할
32	공공 기술	2030년 자동차에 대한 예측
33	공공 기술	개인 행복의 사회적 조건
34	공공 기술	사회적 활력(Social Vitality) 증진 방안
35	미래 기술	나노 로봇의 구현
36	공공 기술	미래의 무공해 청정 에너지 확보 방안

37	공공 기술	탁류, 탁수에서의 시야(조망) 확보 기술
38	공공 기술	사회 양극화를 초래하는 요인의 제거 가능성
39	공공 기술	'집단 지성'의 인간 본성과의 관계 및 지속 발전 가능성
40	공공 기술	스마트폰 라이프 스타일 문제
41	공공 기술	물 부족 문제
42	공공 기술	철새들의 Navigation 원리
43	미래 기술	골프 공의 추적 시스템
44	공공 기술	일식과 월식의 예측
45	미래 기술	특수 상대성 이론에서 질량의 증가
46	미래 기술	Ubiquitous 정보화 사회 구현을 위한 시스템 구축 방법
47	미래 기술	고도 정보화 사회 구현을 위한 기술 및 서비스
48	미래 기술	창의적 문제로
49	미래 기술	Graphite 박리를 통한 Graphene 생산
50	공공 기술	Nacre Inspired 자기 조립형 저온 세라믹 유기물 복합체 제조 방법
51	공공 기술	우주 공간에서의 식물의 특징
52	인간 생명	인간 질병의 발병 기전 및 경로 연구
53	미래 기술	고차원 공간 분할 문제
54	미래 기술	자연계를 모방한 창의적 소재, 기능, 시스템 제시, 설계
55	공공 기술	인류 문명의 발전은 인간의 성적, 공격적 본능의 통제 정도와 비례하는가
56	공공 기술	초자연적 현상은 존재하며 자연을 연구하는 언어로 기술하거나 연구하는 것이 가능한가
57	공공 기술	사람들이 원하는 것과 사실이 같거나 다르거나 한데 그것을 좌우하는 힘은 무엇인가
58	공공 기술	인간이 생존하기 위해서 공격성은 필수 불가결한가
59	미래 기술	나노 기술의 발달과 안전성 문제
60	미래 기술	양자 역학적 세계에 대한 인지적인 변화
61	인간 생명	자기 조립의 대원리와 조절
62	공공 기술	안개나 매개체 내의 부유물에 의한 빛 산란 효과를 감소시켜 물체 인식 능력 증가 방안
63	인간 생명	인체 조직에서 일어난 유전자 변이를 실시간으로 측정할 수 있는 비침습적 검측기술
64	공공 기술	생체 에너지를 휴대 전화에 이용할 수 있는 방안(휴대 전화 에너지원의 다양화 방안)
65	미래 기술	mMRI(mobile MRI)를 만들어라
66	공공 기술	해양 조난 현장에 투입될 수 있는 로봇을 만들어라
67	공공 기술	상온에서 작동되는 초전도체를 개발하시오
68	공공 기술	온실 가스 배출을 줄이고 에너지를 절약하며 자원을 재활용할 수 있는 가장 효과적인 방법
69	공공 기술	세계화가 가속화되는 우리 시대에 '민족'과 '국가'의 개념이 인류의 평화와 정의로운 공존에 도움이 되나
70	공공 기술	고등학교 교육에 긍정적인 영향을 미치는 대학 입시 제도
71	공공 기술	대한민국 사회를 '행복한 사회'로 만드는 방안
72	공공 기술	인문학은 경제 발전에 필수적 요소인가
73	공공 기술	'막걸리 열풍' 현상을 지속 가능하도록 하기 위한 방안

74	공공 기술	노인의 결혼, 연애, 성생활은 젊은이나 중년의 경우와 동일한 윤리 기준을 적용해야 하나
75	공공 기술	미인 박명이라는 말과 다르게 현대 사회에서는 미인이 오히려 다복 장수하는가
76	공공 기술	미래 빙하 시대 인류 사회의 모습은
77	공공 기술	하룻밤동안 지구에서 벌어지는 인간들의 섹스가 전지구적 에너지에 미치는 영향 및 에너지화할 수 있는 방안
78	공공 기술	빨리빨리 문화 문제
79	공공 기술	노블레스 오블리주 문제
80	공공 기술	영어 교육 문제
81	공공 기술	다문화 시대 관용 문제
82	공공 기술	한국인은 과연 단일 민족인가
83	공공 기술	인터넷은 세계의 거리 문제
84	공공 기술	지구는 무엇으로 만들어졌나
85	인간 생명	의식의 생물학적 기원은
86	인간 생명	인간은 왜 제한적인 수의 유전자만 가지고 있나
87	인간 생명	유전학적 다양성과 개인 건강은 어느 정도 연관성이 있나
88	공공 기술	물리학 법칙들은 통합될 수 있나
89	인간 생명	인간의 수명은 얼마까지 연장될 수 있나
90	인간 생명	무엇이 장기 재생(Organ Regeneration)을 통제하나
91	인간 생명	어떻게 피부 세포는 신경 세포로 되나
92	공공 기술	어떻게 한 개의 체세포가 완전한 식물체가 되나
93	공공 기술	지구 내부는 어떻게 동작하나
94	공공 기술	우주에서 우리는 유일한 존재인가
95	인간 생명	어디서 어떻게 지구 상의 생명체는 탄생했나
96	공공 기술	무엇이 종의 다양성을 결정하나
97	인간 생명	어떠한 유전학적 변이가 우리를 독특한 인간으로 만들었나
98	인간 생명	어떻게 기억은 저장되고 꺼내어지나
99	공공 기술	협력적 행동은 어떻게 진화했나
100	미래 기술	생물학적 데이터의 바다에서 어떻게 빅 피처가 나올 수 있나
101	미래 기술	화학적 자가 조립(Self Assembly)을 어느 정도까지 푸쉬할 수 있나
102	미래 기술	기존 컴퓨팅의 한계는 어디인가
103	인간 생명	우리는 면역 반응을 선택적으로 멈추게 할 수 있나
104	미래 기술	양자의 불확실성과 비집약성 이면의 깊은 원자가 존재하나
105	인간 생명	효과적인 HIV 백신 개발이 가능한가
106	공공 기술	온실 효과로 지구는 얼마까지 뜨거워질 것인가
107	공공 기술	무엇이 석유를 대체할 것이고 그 시기는 언제가 될 것인가
108	공공 기술	멜서스의 인구 이론은 틀린 것인가
109	공공 기술	우리가 속해 있는 우주가 유일한 우주인가
110	공공 기술	무엇이 우주 팽창을 야기하나
111	공공 기술	최초의 별과 은하계는 언제 어떻게 탄생했나
112	공공 기술	매우 높은 에너지를 보유한 우주선(Cosmic Rays)은 어디에서 오나
113	공공 기술	무엇이 퀘이사(Quasars)에 추진력을 부여하나
114	공공 기술	블랙홀의 본질은 무엇인가

115	공공 기술	반물질(반입자로 된 물질)이 보이는 것이 전부가 아닌 이유는
116	공공 기술	양성자는 붕괴하나
117	공공 기술	중력의 본질은 무엇인가
118	미래 기술	시간은 왜 다른 차원들과 다른가
119	공공 기술	쿼크보다 더 작은 구성 요소가 존재하나
120	공공 기술	중성 미자는 그들 자신의 반입자인가
121	미래 기술	모든 연관된 전자 시스템을 설명할 수 있는 통합 이론이 존재하나
122	미래 기술	가장 영향력 있는 레이저 연구자들은 무엇을 만들 수 있나
123	미래 기술	연구자들은 완벽한 광학 렌즈를 만들 수 있나
124	미래 기술	상온에서 동작하는 마그네틱 반도체를 만들 수 있나
125	미래 기술	고온 초전도성 이면의 페어링 메커니즘(Pairing Mechanism)은 무엇인가
126	공공 기술	입자상 물질의 난류와 움직임에 대한 보편적 역학 이론을 개발할 수 있나
127	공공 기술	안정적인 고원자번호(High Atomic Number) 물질이 존재하나
128	미래 기술	초유동성(Superfluidity)은 고체 상태로 가능하나
129	공공 기술	물의 구조는 어떠한가
130	미래 기술	유리질 상태(Glassy State)의 본질은 무엇인가
131	미래 기술	합리적 화학 합성(Rational Chemical Synthesis)에 제한은 존재하나
132	미래 기술	광전자 셀의 궁극적 효율은 어떠한가
133	공공 기술	퓨전(Fusion)은 언제나 미래 에너지의 발생 근원인가
134	공공 기술	무엇이 태양 자기 사이클을 만드는가
135	공공 기술	어떻게 행성들(Planets)은 형성되나
136	공공 기술	무엇이 빙하기를 야기했나
137	공공 기술	무엇이 지구 자기장 역전을 야기하나
138	공공 기술	지진 예측을 가능하게 하는 전조가 존재하나
139	공공 기술	태양계 외에 생명체가 존재하나
140	인간 생명	호모키랄성(Homochirality)의 기원은 무엇인가
141	인간 생명	단백질이 어떻게 합성되는지 예측할 수 있나
142	인간 생명	인체에는 얼마나 많은 수의 단백질이 존재하나
143	인간 생명	어떻게 단백질은 파트너를 찾나
144	인간 생명	셀의 소멸(Cell Death) 방식은 몇 가지인가
145	인간 생명	무엇이 세포 내에서 트래픽(Traffic)을 부드럽게 운반시키나
146	인간 생명	DNA와 상관 없이 셀을 자가 복제하게 하는 것은 무엇인가
147	인간 생명	게놈 기능(Genome Function)에서 RNA의 다양한 형태는 각각 어떤 역할을 수행하나
148	인간 생명	게놈 기능에서 텔로미어(Telomere)와 센트로미어(Centromere)는 어떠한 역할을 수행하나
149	인간 생명	왜 어떤 게놈은 크고 어떤 게놈은 작나
150	인간 생명	게놈에서 정크(Junk)의 역할은
151	미래 기술	새로운 기술들이 DNA 시퀀싱(Sequencing) 비용을 얼마나 줄일 수 있나
152	인간 생명	기관(Organ)은 성장이 멈추는 범위를 어떻게 아나
153	인간 생명	돌연변이를 물려 받았을 때 게놈은 어떻게 변화하나
154	인간 생명	배아에서 비대칭성(Asymmetry)은 어떻게 결정되나
155	인간 생명	팔, 지느러미, 얼굴은 어떻게 개발되고 진화되나

156	인간 생명	무엇이 사춘기를 유발하나
157	인간 생명	줄기 세포는 모든 암에 있어 핵심 기술인가
158	인간 생명	암은 면역 통제(Immune Control)에 민감한가
159	인간 생명	암은 치료되는 것인가 오히려 통제되는 것인가
160	인간 생명	염증은 모든 만성 질환의 주요 요소인가
161	인간 생명	프리온(Prion) 질병은 어떻게 동작하나
162	인간 생명	척추 동물은 감염에 대응하기 위해 태생적 면역 체계에 얼마나 의존하나
163	인간 생명	면역 메모리는 항원에의 만성적 노출을 필요로 하나
164	인간 생명	왜 산모는 그들의 태아를 거부하지 않나
165	인간 생명	무엇이 유기체의 생물학적 주기 시계(Circadian Clock)를 동기화하나
166	공공 기술	철새, 곤충, 고래 등과 같이 이동하는 동물들은 어떻게 길을 찾나
167	인간 생명	우리는 왜 잠을 자나
168	인간 생명	우리는 왜 꿈을 꾸나
169	인간 생명	언어 학습에 있어 중요한 시기는 왜 존재하나
170	인간 생명	페로몬은 인간 행동에 영향을 끼치나
171	인간 생명	마취제(Anesthetics)는 어떻게 동작하나
172	인간 생명	무엇이 조현병(Schizophrenia)을 야기하나
173	인간 생명	무엇이 자폐증(Autism)을 야기하나
174	인간 생명	어느 정도까지 알츠하이머를 피할 수 있나
175	인간 생명	중독의 생물학적 근거는
176	인간 생명	도덕성은 뇌와 긴밀하게 연관되어 있나
177	미래 기술	기계 학습의 한계는 어디인가
178	인간 생명	인격은 얼마만큼 유전인가
179	인간 생명	성적 지향(Sexual Orientation)의 생물학적 근원은
180	인간 생명	계통주의자(Systematist)가 동의할 수 있는 생명 트리(Tree of Life)가 존재하나
181	공공 기술	지구 상에는 몇 개의 종이 존재하나
182	공공 기술	종(Species)이란 무엇인가
183	공공 기술	많은 종에 있어 왜 측면 이동(Lateral Transfer)이 발생하며 어떻게 발생하나
184	공공 기술	누가 LUCA(the Last Universal Common Ancestor)인가
185	공공 기술	어떻게 꽃들은 진화하나
186	공공 기술	식물들은 세포 벽(Cell Wall)을 어떻게 형성하나
187	공공 기술	식물 성장은 어떻게 통제되나
188	공공 기술	모든 식물들은 왜 모든 질병들에 면역력을 갖고 있지 않나
189	공공 기술	식물들마다 스트레스 내성 강도가 다양한 이유는 무엇인가
190	공공 기술	무엇이 대규모 멸종을 야기했나
191	공공 기술	무엇이 멸종을 방지할 수 있나
192	공공 기술	일부 공룡은 왜이리 큰가
193	공공 기술	생태계는 지구 온난화에 어떻게 반응할 것인가
194	공공 기술	최근 지구에는 얼마나 많은 인종이 존재하고 있으며 그들 간의 관계는 어떠한가
195	공공 기술	현대 인간의 활동에 영향을 미치는 요소는 무엇인가
196	공공 기술	인간 문화의 근원은
197	공공 기술	언어와 음악의 진화론적 근원은

198	공공 기술	인류란 무엇이며 어떻게 발전되어 왔나
199	공공 기술	왜 어떤 나라는 번영하고 어떤 나라는 침체되나
200	공공 기술	큰 정부의 재정 적자는 해당 나라의 이율 및 경제 성장률과 어떠한 관계를 가지나
201	공공 기술	정치적 자유와 경제적 자유는 긴밀하게 연관되어 있나
202	공공 기술	아프리카 일부 국가에서는 왜 빈곤이 증가하고 평균 수명이 감소하나
203	미래 기술	탄원 커브가 무한한 수의 해결책을 갖는 것에 대해 단순하게 테스트할 수 있는 방법은
204	미래 기술	Hodge Cycle은 대수(Algebraic) 사이클의 합으로 기술될 수 있나
205	미래 기술	수학자는 Navier-Stokes 방정식의 제곱을 해결할 수 있나
206	미래 기술	Poincare's Test는 4차원 공간에서 구(Sphere)를 확인할 수 있나
207	미래 기술	Rieman Zeta 함수의 Zero Value Solution은 모두 복소수 형태를 가지나
208	미래 기술	미립자 물리학의 표준 모델은 수학적 기초를 근거로 하나
209	미래 기술	개인 맞춤형 학습을 발전시키는 것
210	공공 기술	태양열 에너지를 경제적으로 구현하는 것
211	미래 기술	가상 현실 기술을 향상시키는 것
212	인간 생명	뇌의 역공학 기술을 발전시키는 것
213	인간 생명	의학의 미진한 부분을 의공학으로 해결하는 것
214	미래 기술	건강 관련 빅데이터 시스템을 구축하는 것
215	공공 기술	도시 인프라를 향상시키는 것
216	미래 기술	사이버 공간을 안전하게 하는 것
217	공공 기술	모든 사람들에게 깨끗한 물을 공급하는 것
218	공공 기술	퓨전 에너지를 공급하는 것
219	공공 기술	핵 공격 및 테러를 차단하는 것
220	공공 기술	질소 순환을 관리하는 것
221	공공 기술	탄소 제거 방법을 개발하는 것
222	미래 기술	과학적 발견을 위한 도구를 개발하는 것
223	공공 기술	해양 자원에 해를 끼치지 않는 지속 가능한 경제 성장을 구현하고 일자리를 생성하는 것
224	공공 기술	생명 다양성에 대한 위협을 다루고 글로벌 이슈에 대한 새로운 패러다임을 정립
225	공공 기술	전염병에 대한 즉각적 대응이 가능한 글로벌 체계 구축을 포함하는 종합적 전략을 수립
226	공공 기술	기초 연구 및 기초 과학 교육에 GDP의 일정 부분을 투자하는 것
227	공공 기술	사전 예측을 통해 다양한 인간 재해를 피하고 방지하는 것
228	공공 기술	석유 연료 패러다임을 변화시킬 수 있는 배출물 없는 기술을 개발하는 것
229	공공 기술	모든 사람들에게 식수를 제공하는 것
230	공공 기술	불균형한 자원 사용과 계속적 인구 증가에 대한 글로벌 차원의 해결책을 찾는 것
231	이학	신경 양상불 해독을 통한 뇌원천기술 개발
232	이학	사회성 행동을 조절하는 뇌 시냅스 분석 센터
233	이학	장내미생물 기반 맞춤형 정밀의학 플랫폼 구축을 통한 난치성 뇌질환 치유
234	이학	환경(해양및 대기) 오염/유해 물질 제거 및 회수 기술 개발
235	이학	멀티스케일 탄소나노튜브 미세구조를 이용한 AI 기반의 고감각적 로봇 그리퍼 피부 개발
236	이학	한반도 중심 지구환경 빅데이터 감시분석 센터
237	이학	비키금속 플라즈몬 나노입자의 초정밀-고수율 대량 합성법

238	이학	높은 광안정성을 갖는 무기금속 발광 나노소재 개발
239	이학	체내 축적되지 않는 광열치료(photothermal therapy)용 금 나노 입자 개발
240	이학	식물 탈분화 세포의 전형성능 (pluripotency)
241	이학	후각(smell) 진동설 규명 및 모방
242	이학	실리콘소자내구성/재현성에버금가는유기/분자전자소자
243	이학	전력 수송용 초경량 케이블
244	이학	나노스케일에서 노이즈, 전도도 요동 현상의 규명
245	이학	재료 빅데이터 구축을 위한 데이터 선별 플랫폼 개발
246	이학	광전자 물질(소재)에 대한 원리 규명 및 수요자 맞춤형 소재 설계 및 합성
247	이학	기초과학지원 물리/화학분야 노벨상 project
248	이학	원자 단위의 현상들을 볼 수 있는 연구
249	이학	친환경 기능성 폴리우레탄 개발
250	이학	최신 분석기술 도입 진행
251	이학	새로운 전자기 기능 소재의 발굴연구
252	이학	신규 광 포획 나노구조체를 활용한 고성능 광학소자 제작 기술 개발
253	이학	미래세대 에너지 변환 영상 개발 및 적용
254	이학	국내의 화합물 라이브러리의 효능평가 및 DB 구축
255	이학	분석화학과 물리학의 협업을 통한 분광학 분야의 새로운 기술 개발
256	이학	미세플라스틱의 분해 및 제거에 대한 분해 미생물 발굴, 분해 효소 개발 연구
257	공학	2030년 온실가스 배출 절감 목표 달성을 위한 에너지절감형 바이오기반 스마트 건축자재 개발
258	공학	CO2 변환을 통한 에너지 생산
259	공학	로봇 오감 신경계 구현을 위한 인공 혀 제작
260	공학	초저전력 포토크로미즘 구현을 위한 금속-절연체 태양광 유도 소재 개발
261	공학	Water-energy nexus
262	공학	Decentralized water treatment system
263	공학	Low energy/No chemical remediation
264	공학	Global N-cycle
265	공학	인공지능 기술 - 차세대 기계학습
266	공학	인공지능 기술 - 자연어 처리 기술
267	공학	인공지능 기술 - 인공지능 반도체 기술
268	공학	차세대 무선통신 기술 - 5G 이동통신을 위한 New Radio 기술
269	공학	차세대 무선통신 기술 - 소프트웨어 중심의 네트워크 기술인 SDN/NFV
270	공학	차세대 무선통신 기술 - 사물인터넷 기술
271	공학	차세대 무선통신 기술 - 빅데이터 수집 처리 기술
272	공학	차세대 컴퓨팅 기술 - 빅데이터 고속 처리를 위한 디바이스-중심 컴퓨터 시스템 기술
273	공학	양자정보통신 기술 - 양자오류정정기술
274	공학	양자정보통신 기술 - 양자암호키 분배 기술
275	공학	양자정보통신 기술 - 포스트양자암호기술
276	공학	포스트 양자 암호화 (PQC) 알고리즘이 기존 암호화 알고리즘을 성공적으로 대체할 수 있도록 새로운 PQC 알고리즘의 안전성 및 구현 방법, 그리고 실제 응용 프로토콜에서의 안전성에 대한 재분석
277	공학	인공지능 알고리즘 기반 고성능 스마트 센서 시스템 구현
278	공학	자율주행을 위한 도로 정밀 지도 작성 기술
279	공학	인공지능, 빅데이터, 로봇 기술이 미래를 어떻게 바꿀 것인가에 대한 연구
280	공학	탄소 배출권 거래를 위한 건축물 에너지 측정 및 관리 시스템 구축
281	공학	밀집된 도시에서 이동시간 감소방안
282	공학	음향 센서의 에너지 최대전달을 통해 센서 효율 증대
283	공학	이미지 분석

284	공학	스마트 캡슐을 활용한 건물 구조체의 안전성 확보에 대한 연구
285	공학	신규 광 포획 나노구조체를 활용한 고성능 광학소자 제작 기술 개발에 대한 연구
286	공학	친환경 기능성 폴리우레탄 개발
287	공학	차량을 제어하기 위한 기계공학 분야와 5G 통신을 활용하기 위한 통신 분야
288	공학	생물학 데이터 베이스 (DNA/RNA sequencing, proteome)를 쉽게 서로 호환할 수 있게 할 수 있는 데이터 저장 및 상호호환 기술 개발과 호환된 기술로 인한 Machine learning 시도. 인간의 지능 혹은 시야 만으로는 보이지 않는 새로운 연관성 및 패턴 탐색 연구
289	공학	건축, 에너지, 금융 분야 전문가들의 융합연구를 통해 공동 구축 건축물출물의 에너지에 대한 탄소배출권 기준과 지침 마련
290	공학	포괄적인 친환경재료 개발
291	공학	인체의 감각기관인 이온채널을 인공적으로 모사하여, 생체감각기관의 공학시스템화를 달성. 소리, 빛, 냄새 등에 대한 각각의 센싱 정보별 센서화를 구축. 민감도, 반복성, 가격, 특정성 등을 갖춘 인공 센서 시스템을 구축하고 이를 인체에 활용 연구 수행
292	공학	새로운 전자기 기능성 소재를 연구하여 응용가능성을 탐색하는 연구
293	공학	고성능 광학소자와 무선 데이터 송신 기술 및 데이터 분석 기술을 기반으로 무선 헬스케어 플랫폼 개발에 대한 연구
294	공학	3D 프린팅 소재 연구: 1. 신체조직과 가장 비슷한 소재를 개발하고, 2. 3D 프린터로 조직의 모양을 만들고 3. 생명과학적 방법으로 조직에 생물학적 활성을 불어넣는 organoid 연구
295	공학	언어 장벽 허물기: 사람의 말 뿐만 아니라 생각을 읽고, 다른 언어로 번역해주는 AI 개발
296	농수산	식물병저항성 시스템 엔지니어링을 통한 차세대 생명공학 작물 개발 및 글로벌 산업화 기반 구축
297	농수산	단백질 구조 기반 선천적 면역시스템 연구 센터
298	농수산	인공지능기반 식행동변화 융합연구센터
299	농수산	면역향상을 위한 Engineered Gut Microbiome Refinery (EGMR)
300	농수산	인간 생체 아바타 모델 기반 환자 맞춤형 정밀의학 연구
301	농수산	건강기능성식품의 재평가
302	농수산	생활습관 특히 식습관과 건강과의 빅데이터 창출 연구
303	농수산	대형 스마트팜 농작물의 수확 및 유통 관리 시스템 구축 사업
304	농수산	딥러닝 기술을 활용하여 스마트팜 내 병충해 발생을 초기에 파악하고 진단 후 솔루션 제시 기술
305	농수산	스마트팜과 종자 연구. 미래 식량전쟁에 대비한 필수 식량자원 내수화 및 도심재배 기술 연구
306	의약학	실명질환 극복을 위한 첨단치료센터
307	의약학	인체노출 유해화학물질 독성예측 및 노출평가 센터
308	의약학	치아의 저작 기능과 치매와의 관련성에 대한 연구
309	의약학	노인성 구강질환으로 인한 구강악안면 노쇠 진단 및 예측 모형 개발
310	의약학	차세대 DNA/RNA sequencing 기술인 Nanopore sequencing 기술발달 및 분석 소프트웨어 개발에 관한 연구

311	의약학	감성지능연구
312	의약학	척수 종양의 기원에 대하여 암에서 하고 있는 연구 수행
313	의약학	epigenetic code and diseases
314	의약학	망막모세포종 및 신경모세포종 타겟 신약 개발
315	의약학	시냅스 변화에 따른 공포반응 변화 기전 원인 규명
316	의약학	암환자의 면역치료 반응 예측 바이오마커 (동반진단) 개발
317	의약학	인간 감정 제어 연구: 1. 증가하는 정신관련 질환 예방 및 치료법에 응용가능 2. 인간 감정 메카니즘 규명으로 AI 로봇에 감정회로 적용가능
318	의약학	미세플라스틱의 인체 독성과 위해성에 관한 연구
319	의약학	신종 RNA 바이러스의 진화와 병인 기전 연구
320	의약학	각 인체 organoid연구를 통한 신약개발 플랫폼 구축연구
321	의약학	타액 검체를 활용한 노인 건강 상태 모니터링 모형 개발 - 타액의 진단학적 활용
322	의약학	신경연결 세포 및 세포군들 간의 연결에 대한 융합연구
323	의약학	세포 내 돌연변이를 타겟으로 하여 감지 또는 치료할 수 있는 기술 개발
324	의약학	식이습관 및 노는 (운동) 습관에 따른 빅데이터를 창출, 마이크로바이옴과 후생 유전학에 대한 연구 수행
325	의약학	암세포 특이 항원 추출을 통한 진단 및 치료용 타킷 발굴과 상용화
326	의약학	암을 포함한 유전성 질환의 발병을 예측하는 NGS기반 코호트 연구

□ 설문조사에서 접수된 과학난제

No.	분야	세부키워드	답변_우리나라가 반드시 도전해야 할 과학난제는?
1	국방		다양한 국방 및 방위산업 연구
2	국방		국방력 강화
3	국방		방위산업
4	국방		비무장지대 지뢰 제거 기술,
5	국방		국방분야 적의 공격에 대비한 사전 탐지 기술개발
6	기타		원자에서 벌크까지 변화는 과정을 추적하여 원자 단위 조작으로 물성 변화 유발 연구 - 예1: 다이아몬드처럼 강한 금. - 예:2 금처럼 전기전도도가 좋은 다이아몬드
7	기타		극한환경(고염,가뭄 등/ 간척지, 사막 등)하에서의 식물(특히 발작물)을 생육시킬 수 있는 방법
8	기타		인간의 악한 행위를 유발하는 기저의 연구
9	기타		동아시아 원전이 관리되지 못할 경우의 해결방안
10	기타		웨어블 기기에 필요한 자가 발전 기술(피부 온도 및 생체 바이브레이션을 동력원으로 이용)
11	기타		감정 발생 원인 규명 및 감정 제어 기술 연구가 필요
12	기타		지열에 의해 100% 가동되는 지하도시개발
13	기타		지식 획득을 빠르고 정확하게 하는 방법을 연구하여 교육에 적용 여러 사람과 협력하여 문제를 빠른 시간에 해결하는 방식 연구
14	기타		수소차
15	기타		탈모 정복할 수 있는가?
16	기타		과학이 많이 발전하고 있지만 아직도 공장이나 건설현장, 매립장의 먼지나 악취 문제 관련 시민들의 민원이 끊이지 않고 있습니다. 또한 목장이나 축산 단지가 들어선 곳 또한 악취 분노 문제도 끊이지 않고 있는데 이를 어떻게 해결하고 최소화할지에 대한 과학적 난제, 앞으로 우리 사회가 해결해야 할 그리고 우리 실생활 밀접하게 관련되어 있다는 점에서 꼭 관심을 갖고 해결해야 할 난제가 아닌가 생각해 봅니다.
17	기타		나무 등 식물의 성장 촉진 기술 (산불 등으로 황폐화 된 산림을 조기에 복구 필요)
18	기타		사회적 빈부격차, 심리적 빈부격차 및 박탈감을 해소할 수 있는 방법은?
19	기타		뇌과을 이용한 의사정보 전달 및 소통기술
20	기타		시간을 꺼꾸로 돌게 할 수 있을까?
21	기타		동양의학을 과학화하여 서양의학과 상호보완적인 체계를 구축하는 것이 장기적인 안목에서 꼭 필요하다고 생각합니다.
22	기타		Biomagnetic medicine(자기력약)을 개발해야 한다. 자기력약은 물리학에서 전기력과 자기력이 통합법칙으로 설명된다는 사실에 근거하여, 전자기력의 관계로 전자약에 상응하게 적용되는 것이다. 전기력이 적용되는 전자약(bioelectronic medicine)은 이미 세계적 제약회사 GSK (GlaxoSmithKline)를 선두로

			Google, GE, Feinstein Institute 같은 대기업들이 시범 연구를 거쳐 2016년부터 본격적으로 투자하여 개발되고 있다. 화학 약품이 아닌 신종 의약품인 자기력약(BMM)이 확대 연구를 통하여 그 적용법이 개선되고 성능이 검증되면, 맞춤 예방 의약품으로 편리하게 이용될 수 있다. 그렇게 되면 다양한 의료 분야에서 기존 약품들의 부작용 피해를 줄이는데 기여할 수 있다. 더불어 한국에서 연구 투자가 이루어진다면 취약한 제약 산업의 발달뿐만 아니라, 한국 현대 의학의 새로운 발돋움의 계기가 되어, 독창적인 한국 현대 기초 의학의 발달과 이를 통한 인바운드(In bound) 의료관광 산업의 발달에도 기여하게 될 것이다. 자기력약(BMM)의 개발 연구는 패러다임 전환형 창의연구에 해당한다. 그러므로 이 연구는 망설이지 말고 빨리 투자가 진행될수록 그 투자한 나라에 유리합니다. 예를 들어, 이 연구는 관련 신기술들을 창출하여 한국 경제의 버팀목인 제조업의 기술 혁신에도 기여할 수 있다. 뿐만 아니라 대외 수출 의존도가 더 높아지고 내수와 서비스업 비중이 축소되어 가는 추세에 있어, 서비스 산업의 발달이 요구되는 상황에서, 한국의 미래 신성장 동력 육성을 위해서도, 개발해 온 자기력약(BMM)의 효능과 적용법을 재확인하는 확대 융합 연구가 필요하다. 왜냐하면 어느 국가에서 먼저 투자하느냐에 따라서 새롭게 개발되는 원천 기술에 대한 특허권과 실행권 및 해당 국가의 다양한 관련 산업들의 초기 선점 및 지배력에 많은 영향을 미치기 때문이다.
23	기타		물보다 월등히 높은 비열을 가진 물질 개발.
24	기타		최첨단 과학의 난제는 인간 본능의 철학과 과학의 연결고리 시스템을 극복해야 할 것으로 생각됨. - 갈수록 권력화, 가진자의 욕망 충족 극대화 변화, 물질적 만능화에 대한 인간 과학 시스템의 정립화가 필요
25	기타		뇌파를 이용하여 기기 제어
26	기타	반도체	반도체 공정 관련 시뮬레이션을 이용한 근본적인 공정 최적화. 우리나라는 반도체 관련 산업의 의존도가 크므로 반도체 생산에 필요한 다양한 반도체 공정의 메커니즘을 좀 더 깊이 이해하고 이를 활용한 최적화 엔지니어링이 필요하다. 일본 등에서는 이런 공정 시뮬레이션 등을 수행하는 연구 그룹이 있는데, 한국에서는 학계에선 거의 없는 실정인 듯하다.
27	기타	자외선	자외선과 전파를 에너지 원으로 사용 가능 여부를 연구하여 송전선이 없이 -전파를 이용한 송전 시스템 개발이 절실히 필요하다고 생각 됩니다.
28	기타	전기자동차	전기차 에 대한 연구 지원
29	기타	임사체험	아직은 몇몇 의사들에서만 수면하에서 연구되고 있지만, "임사체험"에 대한 과학적 지원 및 연구가 이루어졌으면 좋겠다.
30	기타	나노기술	산업분야에서 나노기술에 관련된 문제 (가장 작은 수준의 소자 등)들을 해결하여 앞으로 경쟁력을 유지하며 앞으로 경제적으로 문제없는 사회를 만들어야 한다고 생각합니다.
31	기타		국가 수준에서 특히 대한민국의 경우 디지털 기술

			의 발달로 인하여 영향을 받는 것이 수면과 관련분야라고 생각된다. 스마트폰이나 태블릿 등의 사용이 수면의 효과를 방해하는 현상이 나타나며, 이로 인하여 질병을 유발하고 여러 신체나 생활 속의 여러 장애가 나타난다고 생각된다. 이러한 부분의 연구도 포괄적으로 수행할 필요가 있다
32	기타	과학장비개발	저는 과학기술중 극한지에서 활용가능한 과학장비개발이 필요하지 않을까 생각합니다. 이유인즉 극한의 상황에서도 다양한 미션을 수행할수 있는 장비라면 전세계어디라도 사용이 가능하여 국가적인 차원에서 수출을 통한 나라경제발전에 많은 도움이 되지 않을까 생각합니다.
33	기타	반중력	반중력 같이 성공확률이 미지수고 오랜 장시간 프로젝트도 도전해 보면 좋겠습니다. 결과가 실패여도 연구중 얻은 경험이 다른 분야에도 큰 영향을 미칠 듯 합니다.
34	기타		육체의 형성과 의식의 형성의 연관성에 대한 문제
35	기타	진화	진화의 다양성이 무엇을 향하는가? 단순히 종의 보존이 아니라, AI를 극복가능한가? 에너지 획득에서 자유로운 미래사회에서 인류의 행복이 가능한가? 노동으로부터 해방이후 세상에서 우리의 삶의 목적과 과학의 진보가 가능한가? 등
36	기타		면역시스템의이해와 인식기술개발은 중요한 기술로 사료됨.
37	기타		감각장애 극복 및 개선
38	기타	전자파	전자파를 몸안에서 자유롭게 이용할 수 있다면 어떨까? [시간역전 기술을 이용한 생체 내 전자파 집속 기술] - 응용 분야가 많은 전자파가 유독 의료쪽에 사용하지 못하는 이유는 전자파가 몸안에 들어갈때 산란을해 경로를 파악하기 어렵기 때문. 본 기술을 이용하여 전자파 집속이 가능해진다면 정밀 진단, 치료, 자극, 에너지 하베스팅이 가능해짐.
39	기타	기억력	기억력이란 무엇인가?와 기억을 강화시키는 방법은? 인간 두뇌와 컴퓨터의 연결 방법은 있는가?
40	기타		천연물의 기능성 유용성분을 식품소재화 하여 포함시켰을 때, 소화 과정을 통해 인체 내부로 흡수되는 메커니즘의 효율성을 어떻게 분석할 것인가? - 인간의 건강에 도움이 된다고 알려져 있는 혹은 연구되고 있는 천연물의 기능성 유용성분들이 실제 섭취시 어느 정도의 Bioavailability를 갖고 있는지를 어떻게 검증할 것인가? 특히 복잡한 구조의 식품에 포함되었을 경우, 현재의 과학기술로는 이를 분석 및 입증할 적절한 방법이 없는 상황이므로...
41	기타		해양에서의 관측은 매우 어렵고 선진국도 크게 앞서지 못하고 있음. 무수히 많은 도전과제가 있지만 한가지 예를 들면, 연안침식 문제는 전세계적으로 과학적 해결 방법을 찾지 못하고 있음. 이야말로 과학과 현실문제를 동시에 풀 수있는 과제 중 하나라고 생각함.
42	기타		고갈되어가는 자원에 대한 대체재를 친환경적으로 개발하여, 다음 세대들이 풍족하고 편안하게 삶을 영위할 수 있는 난제들이 좀 더 개발되면 좋겠다
43	기후변화		기후변화에 따른 위험기상의 발생빈도는 많아지고 강해질까
44	기후변화		기후변화 억제

45	기후변화		기후변화
46	기후변화		급격한 기후변화에 따른 지진, 해일 등 자연재해 예측, 계측, 제어, 예방분야 .
47	기후변화		기후변화에 기인한 날씨 및 기후 변동성 예측/기후 Tipping point 예측
48	기후변화		기후변화대응(기후변화에 의한 미세먼지 발생을 대처할 수 있는 과학적 방법 연구)
49	기후변화		기상예보 정확도 향상
50	기후변화		선사 및 역사 속의 자연환경 극복의 인간 지혜의 발굴 사업 배경: 한국인의 터전 (한반도와 그 부속 도서)에는 자연환경 변화를 대응하고 극복한 다양한 자연사적 생태유적이 잔존하지만, 여태껏 국가적 수준에서 연구된 바 없고, 작금의 지구기후변화에 직면한 우리나라 및 인류 사회에 도움이 되는 대안을 찾을 수 있음. 기후변화 시나리오에 따른 국가 생태기후지도를 구축하여 이를 바탕으로 하는 지역별, 지방별 생활 환경 및 자연환경 해석 및 예측
51	난치병		불치병 치유 방법
52	난치병		새롭게 대두되는 불치병의 원인과 해결책을 위한 백신 개발이 시급할 것 같다.
53	난치병		요즘 워낙 새롭게 떠오르는 이슈들이 많긴하지만 노령사회인 만큼 노화에 따른 정신적 육체적 질병에 대한 예방과 치료에 대한 연구개발이 집중되어야 한다고 생각됨. 특히 최근 암에 대한 치료도 많이 개선이 되어오고 있지만 여전히 대부분의 암에 있어서 국민 다수가 누릴수있는 조기 진단기술이 여전히 어려운 문제이고, 치매의 경우는 더우기 대중을 대상으로한 조기진단기술의 개발이 시급하다고 생각됨. 많은 연구에도 불구하고 암과 치매에 대한 국민 다수에게 가능한 저가의 그러나 정확한 조기진단 기술의 개발이 필요하다고 생각됨.
54	난치병		만성 질환 치료
55	난치병		불치병 해소를 위한 각종 연구, 산업발전을 통한 국가에 발전에 기여하는 연구 과제를 통계청 자료나 각종 빅데이터를 총하여 연구과제를 선정하여야 한다. 즉 인류발전에 공헌하는 '노벨상' 취지에 맞는 연구과제를 찾아, 효율적으로 꾸준히 연구할 수 있게 지원하여야 한다.
56	난치병	에이즈	AIDS 합병증에 대항할 수 있는 효과적인 치료 방안
57	난치병	의료	정부가 정한 4대 질환 등을 기준으로 도전과제를 발굴해 보는 것도 의미있을 것으로 보임
58	난치병(뇌질환)	뇌	뇌경색
59	난치병(뇌질환)	뇌	뇌질환 기전 규명, 인공지능(AI)을 활용한 자연지능(Brain) 탐구 및 상호연계를 통한 뇌연구 고도화
60	난치병(뇌질환)	뇌	국내 뿐만 아니라 국외에서 가장 심각한 질병은 고령화에 따른 퇴행성뇌질환임. 성공적인 치료 약물 개발이 이루어지지 않고 있는 이유는 명확한 병태생리가 규명되어 있지 않은 것이 매우 큰 요인임. 이에 따라 기전 및 병리 규명이 치료제 개발을 위하여 반드시 선결되어야할 중요한 연구과제로 판단됨.
61	난치병(뇌질환)	뇌	만성 뇌 질환의 근원은 무엇인가? 이거 반드시 필요하고 도전해야할 과제 아닐까 생각이들어요 ^^

62	난치병(암)		암과 치매에 대해서 극복 할 수 있는 방법
63	난치병(암)	암	난치암 치료 계획 수립
64	난치병(암)	암	첨단ICT기술을 맞춤형 암치료, 시력으로 노동하는 시대, 실명 예방을 위한 첨단의료, 인공지능을 암 복에 활용하는 방법은 반드시 도전해야 할 과학난제라고 생각합니다. 요즘 주위의 많은 사람들이 암에 걸리고, 몸 건강이 중요한 시대로 부각되어 헬스케어 및 음식섭취케어를 많이 합니다. 그 모든 것이 사람의 건강을 위해서임으로 반드시 도전해야 할 과제난제이라고 생각
65	난치병(암)	암	의학(암)
66	난치병(암)	암	암과 관련된 사항
67	난치병(암)	암	인간 세포 수의 10배 이상인 장내 세균총과 암과의 연관성에 대한 연구
68	난치병(암)	암	혈액검사를 통해 모든 암세포를 조기에 발견할 수 있는 방법이 있거나 비수술적인 치료방법에 도전해보면 좋을듯합니다.
69	난치병(암)	암	최소 damage 암 완전치료 방법
70	난치병(암)	암	암세포치료
71	난치병(암)	암	암을 앞으로 누구나 치료될수있었으면해요
72	난치병(암)	암	다양한 암치료 방법
73	난치병(암)	암	암정복
74	난치병(암)	암	아직 내시경외엔 암이라고 판단할수 있는 방법이 없어서, 내시경말고도 다른 도구로도 암이라는 신호만이라도 알수 있게 그런 과학이 있었으면 좋겠습니다.
75	난치병(암)	암	암정복, 면역체계와의 연관성 연구
76	난치병(암)	암	위장관 마이크로바이옴이 암 발생에 미치는 영향
77	난치병(암)	암	종양 전이 기전 규명 및 선택적 사멸기술
78	난치병(암)	암	인공지능을 통한 암 조기 진단 및 비용 절감
79	난치병(암)	암	15번 과제 :인공지능과 암 정복이라는 두개의 과제를 동시에 해결할 수 있어서
80	난치병(암)	암	인공지능을 이용한 암 정복
81	난치병(암)	암	인공지능 기술 기반 암 조기 진단 및 최적 치료 방법
82	난치병(암)	암	인공지능(AI)을 활용하여 암(Cancer)의 진단 및 예측을 진행하고, 의료로봇 개발과 치료에 대해서 종합적인 연구개발을 진행해 주셨으면 합니다.
83	난치병(암)	암	인공지능을 통한 암이나 질병의 발현, 전이, 치료, 예방 등을 연구가 절실함
84	난치병(치매)		암과 치매에 대해서 극복 할 수 있는 방법
85	난치병(치매)	치매	치매치료
86	난치병(치매)	치매	뇌과학 치매의 완치
87	난치병(치매)	치매	치매 완치율을 높이기 위한 치매 치료방법 개발과 개선, 예방과 치료관리 및 인식 개선
88	난치병(치매)	치매	만성 뇌질환에 대한 과제가 있지만 육체적인 건강도 중요하지만 가장 관심이 많은 치매에 대한 관심도 대비 과제가 부족해 보이는 것이 아쉬움.
89	난치병(치매)	치매	알츠하이머의 근본적 원인은 무엇인가? -치매는

			초고령화 미래사회의 가장 풀어야할 글로벌 과제임. 근본원인이라 함은 분자수준에서의 원인을 의미함. 현재까지의 가설들은 모두가 임상적 현상과 이미지에 근거하고 있으며, 분자수준에서의 원인은 모름. 많은 과학자들이 이 문제에 관심을 갖고 연구를 해야함. 아주 어려운 문제이지만, 실마리를 찾게 된다면 이는 사회적, 경제적, 과학적으로 위대한 업적이 될 것임.
90	난치병(치매)	치매	치매 예방과 치료에 관한 기초과학 및 의학의 연구가 더욱 필요합니다. 이는 개인 질병의 차원이기도 하지만 돌봄에 대한사회과학으로의 발전에 영향을 미치기 때문입니다.
91	난치병(치매)	치매	치매관련 질병 예방의 최우선적 방법과 발병자의 치료법 개선방법은?
92	난치병(치매)	치매	사실 오래 사는건 축복이 아닌 불행이다. 노화하면서 건강유지가 어려운데 그중 하나는 치매의 예방이나 진전을 늦추는 것이 중요하다.
93	남녀수명차이	남녀수명차이	고령사회 대책중의 하나로 남 녀 둘 다 장수하는 사회를 구축
94	남녀수명차이	남녀수명차이	여자가 남자보다 오래 사는 이유는 무엇인가?에서 처럼 이는 과학적인 부분으로 해결되기 보다는 근본적인 인간에 대한 탐구가 중요하고 이것이 사회과학적인 방법(심리학, 윤리학 등)을 통해 원인과 결과 형태로 추론되어 연구 주제로 이어지는 것이 중요할 것으로 보입니다.
95	로봇		로봇 청소기 (제대로 작동하는)
96	로봇		마이크로 로봇을 활용한 실질적인 수술 가능성 확대
97	로봇		무인자동차, 무인공장, 무인실험실등 무인화 기술 로봇과 드론의 일체화로 원거리 자율 임무 수행 가능 기술
98	로봇		인공 지능과 결합된 로봇을 일반 직업군을 대체하는데 활용하는것보다 사람이 하기 힘든 일에 투입하는 연구 수행이 필요하다고 생각함. 예를 들어, 원자로 내 작업, 해양 쓰레기 정리, 고층 건물 외벽 유지 보수, 산불 감시 및 초기 진화등.
99	바이오(세포치료)		줄기세포와 같은 유전 생명공학 연구 개발
100	바이오(세포치료)		줄기세포 연구 활성화
101	바이오(세포치료)		줄기세포 연구
102	바이오(세포치료)		develop cellular stem cell therapy
103	바이오(세포치료)		생체에서 줄기세포의 생성, 증식, 이동, 분화, 그의 기능 발휘 등을 분자구조입체적으로 밝혀 상처받은 인체(내외부)가 스스로 복구하는 과정을 모사하고 이를 치료로 응용 할 수 있는 기술
104	바이오(세포치료)		배아줄기 세포를 이용한 인간 장기 대체나 이식용 조직이나 세포 개발
105	바이오(유전자편집)	유전자편집	현 과학시스템이 유발한 인간에게 유해한 온실가스.. 대안은 인간과 역조건을 가진 동식물을 배양하는 것.. 즉, 온실가스 중 질소를 생식하는 동식물을 발견하는 것(융복합차원)임. 과학적 접근은 유전자 변이 등을 통해서 가능합니다.
106	바이오(유전자편집)	유전자편집	아날로그-디지털 혼성 모드 뉴런 회로 및 시스템 개발 3차원 회로 및 시스템 집적 및 패키징 기술 식물의 신경 구조에 대한 연구

107	바이오(유전자편집)	유전자편집	유전자변형이 인간에게 미치는 영향
108	바이오(유전자편집)	유전자편집	유전자 편집을 통한 분자 디자인된 동물.식물.미생물 자연돌연변이체 생산 및 조기 상용화를 통한 디자인 분자생명공학적 도전
109	바이오(유전자편집)		바이오
110	바이오(유전자편집)	동물복제	동물 복제 부분은 많은 임상문제의 해결 그리고 동물복지 차원에서 접근해보고 추진할 사안이 아닐까 싶습니다. 황우석 박사의 연구 진위의 논란으로 잠시 그런 프로젝트의 추진이 지체된 감이 있는데 다시금 적극적으로 추진하여 생명공학 및 의약발전에 기여할수 있는 길을 찾아야 할 때가 아닐까 싶습니다.
111	바이오(유전자편집)	유전자편집	새로운 FBI DNA 구조의 발견이 여는 생명과학 제2막의 한계는 어디까지인가? [FBI DNA 구조의 발견으로 이종나선 DNA 개념의 태생적 한계를 탈피하여 기존 생명과학 전면 재해석 불가피] - DNA 이종나선 구조 발견 66년간 난제로 남아있는 다양한 DNA 구조, 복제, 수선, 전사, 재조합 재검토와 통합 설명 - DNA 반복서열이 유전체에서 갖는 각종 스위치 역할의 종합 분석으로 세포, 조직, 기관 분화, 후성유전학 체계화 - DNA 반복서열의 구조 기능을 수학, 생물리, 생화학, 생물정보학과 연계하여 유전체편집과 양자생물학으로 도약 - 전세계 생명과학 연구집단의 참여가 불가피한 상황에서 주도적 기획과 운영 및 국제적 인력양성 기회 활용
112	번역기술		자원과 영토가 부족하고 강대국의 견제를 받는 우리나라는 해양을 자원화로 하는 연구와 앞서있는 IT의 지속적인 연구, 우리나라 젊은 청년이 언어에 많은시간을 투자 하는바 언어가 자유스럽게 번역, 통화되는 연구가 필요하다고 봅니다
113	번역기술		일상생활에서 활용가능한 실시간 다국어 번역시스템
114	삶의질	식량	미래 식량 자원 연구(장래 육상 곡물 및 해양 생물 자원 연구)
115	삶의질	식량	생물다양성, 미래 식량자원
116	삶의질	인공지능	사회가 고도화되고 발전할수록 인간의 정신적 스트레스는 증가한다고 생각합니다. 이에 인간의 건강한 정신을 견인할 수 있는 감성기반 AI기술이나 융합적 연구개발들이 절실히 요구된다고 생각합니다.
117	삶의질	고령화	고령화가 급속도로 진행되고, 노인인구가 빠르게 증가하는 상황에서 노인 질병과 건강에 대한 노인 문제에 대한 대책이 필요하지 않을까 싶어요.
118	삶의질	수명	우리 나라가 먹고 사는데 필요한 식량이니 인간의 수명 연장 및 에너지 문제 등에 더 많은 해결 과제가 제시되어야 한다고 본다
119	삶의질	식량	우리 나라가 먹고 사는데 필요한 식량이니 인간의 수명 연장 및 에너지 문제 등에 더 많은 해결 과제가 제시되어야 한다고 본다
120	삶의질	기타	행복이란 무엇인가? 과학적으로 행복의 균형을 맞출 수 있을까?
121	삶의질		인구증가를 위한 위한 정책 연구과제: 출산 및 육아 . 교육 관련 과제
122	삶의질(고령화)	고령화	급격하게 고령화 사회로 진입하고 있는 문제에 관해 인체의 노령화 등에 대한 연구가 필요할 것으로

			생각된다.
123	삶의질(고령화)	고령화	감각성 노화방지 기술: 청각, 시각 그리고 걸어나는 기능[발 건강]
124	삶의질(고령화)	고령화	노화에 따른 대사기능의 감퇴, 인체 에너지 소비를 증진을 통한 비만 및 대사성 질환 예방 방지, 피부 노화, 색소 조절 등
125	삶의질(고령화)	고령화	고령화에 따른 질환 및 장애 등의 극복기술 개발
126	삶의질(고령화)	고령화	평균 수명 연장으로 고년층에 경제적 빈곤 문제가 심각합니다. 또한 치매등 뇌질환 발생에 대한 가족과 사회적 지원이 열락하여 노후 삶의 질이 떨어지는것을 극복하는것이 시급한 과제인것 같습니다.
127	삶의질(고령화)	고령화	노화진행을 막는방법
128	삶의질(고령화)	고령화	뇌의발달 뇌 운동 뇌의 노쇄방지
129	삶의질(고령화)	수명	세포딩어리는 어떻게 건강한 인간이 되는가? 본인 뿐만 아니라 가족에게도 힘든 일이므로 치료제 개발 절실함.
130	삶의질(고령화)		고령자 및 장애 환자가 자유롭게 이동하며 정상적으로 활동할 수 있게 하는 ICT 및 물리적 방법
131	삶의질(의료)	의료	의료사고의 원인규명
132	삶의질(의료)	의료	위암과 심장병에 대한 의학발달
133	삶의질(의료)	수명	인간수명의 한계는 어디까지인지에 대한 과제에 관심 가져주셨으면 합니다 . 평균 수명 80시대 이제 주위에서 백세 넘는 어르신 보는것도 어렵지 않은 시대가 도래했는데 선천적으로 타고난 장수기질에 규칙적 생활과 식습관 외에 3D 장기 이식, 노화세포 억제 기술 등 과학 불로초를 찾기 위한 전방위적인 과학기술 연구에 대한 이야기 들어보면 좋지 않을까 싶네요.
134	삶의질(의료)		삶의질에 관련된 의료연구
135	삶의질(의료)		인공장기로 대체할 수 있는 부분은 어디까지 인가??
136	삶의질(의료)		뇌 활성 부위에 따른 건강 가이드 제시
137	삶의질(의료)		인공지능을 활용한 의료계의 난제를 푼다는 것은 좋습니다. 많은지원바랍니다.
138	삶의질(의료)		의료 선진화
139	삶의질(의료)		의료 대책과 함께, 노후 생활을 원활하게 유지할 수 있는 치매, 암, 정신 건강 등을 복합적으로 대책
140	삶의질(의료)		AI, 암치료, 건강유지 등
141	삶의질(의료)		생명의 질을 높이기 위한 치매등 의 뇌과학 질환을 예방 및 치료 할 수 있는 연구가 선행 되어야 함
142	삶의질(의료)		감기 없이 살 수 있는 방법은?
143	삶의질(의료)		의료부분에 대한 질문이 많았는데 의료기술을 인공지능을 이용하여 증진시키는 것이라고 생각합니다.
144	삶의질(의료)		100세까지 청춘의 신체를 유지, 만성질환 치료
145	삶의질(의료)		장수시대에 맞추어 건강과 관련 된 연구(암 전이 예측, 암 정복 등) 필요
146	삶의질(의료)		소량의 혈액 검사로 신체 질환을 진단 또는 사전 예측할 수 있는 방법
147	삶의질(의료)		감각장애 뿐만 아니라 다양한 장애와 비장애 경계선을 극복할 수 있는 과학적 기술이 많이 연구되어 인류애와 삶의 질을 개선시키는 큰 패러다임을 만들

			어 주시면 좋겠습니다.
148	삶의질(의료)		혈관이나 심장을 깔끔하게 청소하는 방법 개발은 삶의 질 개선에 아주 큰 도움이 될 것이다.
149	삶의질(의료)		컴퓨터를 활용한 혈압, 고지혈증, 당뇨 예측 및 치료
150	삶의질(의료)		인간 번역시스템의 이해
151	삶의질(의료)		번역체계에 과제 및 안전위로 방지에 관한 연구로 판단
152	삶의질(의료)		요즘 첨단 기기의 발달로 스마트폰으로 자꾸 눈이 마르는 안구 건조증이 생기는데 시력저하나 실명 질환이나 실명 조기진단하는법을 알아내서 눈의 노화및 소아의 여러가지 눈의 질환에 대해 알아내서 조기치료해서 정상인으로 살아갈수 있게끔 하고 싶어요.
153	삶의질(의료)		우리나라의 기술력은 의료기술
154	삶의질(의료)		의료분야
155	삶의질(의료)		임플란트를 완전히 대체할 치아 재생술, 내성없는 항생제 개발
156	삶의질(의료)		번역시스템의 스위치연구
157	에너지		수십km 상공에 유사시 에너지 백업을 위한 태양광 발전 및 진공무중력 플라이휠에너지 저장장치 구현. 이를 통한 고고도 정찰 위성이나 드론의 무선전력 충전 구현
158	에너지		인류의 건강과 에너지와 관련된 과제들은 필수적이라 생각됨
159	에너지		대체 에너지 개발이 필요합니다.
160	에너지		에너지 분야
161	에너지		에너지
162	에너지		신 에너지 개발
163	에너지		신재생에너지 50%이상 기저발전예 적용될수 있게 방안 마련 필요
164	에너지		경제성있는 신 에너지 개발
165	에너지		빠른 시간에 큰 에너지를 저장과 방출하는 기술
166	에너지		값싼 에너지확보
167	에너지		탈석유, 탈우라늄 에너지 개발
168	에너지		미래는 막대한 에너지가 필요한데 아직 에너지를 효과적으로 얻는 방법이 적절하지 않음.
169	에너지		다양한 에너지원에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단됨
170	에너지		에너지원에 대한 연구는 향후 미래 과학에 반드시 도전해야 할 과제로 여깁니다. 그러나 그러한 과제 대한 인력, 투자, 지식 등이 선진국에 비해 많이 부족한 사항 입니다. TFT를 구성하여 연구보다는 성과 위주로 도전해야 될 지 않르 까 사료 됩니다.
171	에너지		저급연료의 초정정 활용 기술 (석탄 등과 같은 저급연료를 사용못하게 하는 것만이 능사는 아니고, 이를 수소에너지 수준으로 청정하게 활용할 수 있는 기술 필요)
172	에너지		자외선을 에너지로
173	에너지		에너지 저장장치(ESS), 2차 배터리 성능향상

174	에너지		청정 에너지 개발이 최우선 과제라고 생각함
175	에너지		에너지원으로 사용할 수 있을까? 에너지원으로 하여 특화된 소재를 통해 원료를 생산할 수 있게 해주는 플랫폼 개발...
176	에너지		전기 에너지를 저비용으로 무한정(또는 장기적) 저장하는 방법
177	에너지		대체 에너지 개발
178	에너지		에너지 자원을 개발하고 확보하여야 할 것으로 생각됩니다. 미래 4차 산업혁명을 대비하여 전기에너지가 많이 소모될 것인데 그 많은 전기 에너지를 얻을 수 있는 방법을 고안해야 될 것으로 사료됩니다.
179	에너지		전기화학적 에너지 저장장치(배터리)보다 깨끗하고 저렴하게 효율적으로 에너지를 저장할 수 있는 방법
180	에너지		에너지 부족을 해결하기 위한 고효율 신재생 에너지 연구가 필요할 것 같습니다.
181	에너지		우리 나라가 먹고 사는데 필요한 식량이니 인간의 수명 연장 및 에너지 문제 등에 더 많은 해결 과제가 제시되어야 한다고 본다
182	에너지	신소재	재생에너지, 작고 가볍고 강력한 신소재 개발, 물과 비료를 적게 사용하며 어떤 환경에서도 짧은 기간내 생산가능한 고품질 농산물 생산
183	에너지	ess	재생에너지 저장을 위한 궁극적인 ess 기술
184	에너지	인류	인류의 건강과 에너지와 관련된 과제들은 필수적이라 생각됨
185	에너지		한국은 천연자원이 미흡하나 에너지 사용은 급증하고 있는 현실이기에, 자연에서 에너지 유도 혹은 추출/ 이용하는 연구는 우선적으로 필요하다고 사료되며, 또한 나라 크기가 작고 자연 환경이 적은 국가이기에 자연 모방/ 생물 영감을 이용한 기술 개발도 오염을 저감하는 기술 연구로 적극 필요하다고 사료됨
186	에너지	배터리	고에너지밀도 배터리
187	에너지	원자력	안정적인 에너지원 공급을 위한 안전 원자력 이용 방안
188	에너지	핵연료 재처리	사용 후 핵연료 재처리 연구(미국에서의 규제가 완화된다면 가능하겠지만)도 준비해야 될 것으로 파악됨.
189	에너지	온실가스	대체 에너지, 온실가스 축소, 월빙
190	에너지(우주)	우주	무한 태양열에너지 활용법을 적극적으로 활용하여 원자력에너지와 석탄화력에너지활용을 줄여야된다고 생각합니다.
191	에너지(우주)	우주	인공태양연구, 핵융합발전연구 등 멀지만 차세대 에너지원을 위해 연구가 필요할 것이라고 생각합니다.
192	에너지(우주)	우주	무한한 태양 에너지를 획기적으로 이요하는 방안
193	에너지(우주)	우주	태양에너지 이용 방법
194	에너지(우주)	우주	무한한 태양에너지를 획기적으로 활용하는 방법(무선 전기 장거리 송신 분야 매우 중요 하다고 생각됩니다.)
195	에너지(우주)	우주	태양에너지를 활용하는 방법과 자외선과 전파를 에너지원으로 사용할 수 있는 방법을 연구한다면 지구 환경 파괴 시간을 늦출 수 있을 것으로 기대
196	에너지(우주)	우주	기존에 시도되지 않는 신재생에너지(태양열에너지,

			수력, 풍력, 달, 화성)의 연구가 이루어지길 바람.
197	에너지(우주)	우주	초기 우주에 해당하는 고에너지 영역을 탐구할 완전히 새로운 방법이 있는가?
198	에너지(우주)	우주	달표면의 음전하를 집진할 수 있는 장치의 개발이 난제이지만 도전해서 해결해야할 과제인 것은 확실합니다.
199	에너지(우주)	우주	장기적인 과제로 에너지 확보 기술의 선진화 측면에서 태양에너지, 달에너지 등은 도전이 필요하리라 판단됩니다.
200	에너지(우주)		우리나라에 맞는 에너지(해양 에너지 등) 개발
201	에너지(우주)		무한한 태양에너지를 활용하는 방안
202	에너지(우주)		태양전지 발전소 재활용 기술 및 유지 보수 방법에 대한 연구 (설치만 하고 내팽겨치는 현실에 대한 우려가 됩니다)
203	에너지(우주)	에너지	무한한 태양에너지를 획기적으로 활용하는 방법은 무엇인가? [우주 태양광 발전 및 장거리 에너지 송신] - 인류의 최종 무한 에너지원인 안전하고 지속가능한 그린에너지 및 우주기술시대를 준비하기 위해 태양에너지 생산용 우주비행체, 태양에너지 변환, 고효율 무선전력 송·수신 기술 등을 개발할 필요가 있음
204	에너지(핵융합)	핵융합	에너지 개발 문제: 수소 연료전지의 상용화, 핵융합 실용화가 우선시 되면 좋겠음. - 달탐사 추진: 난제라기보다 돈이 없음. 달탐사는 단순히 탐사를 넘어 상당한 과제를 안고 있음. 현재 우리나라는 위성을 비롯 각종 인공위성 개발에 국산 소자(Device)가 한개도 없음. 부품 종속임. 그러므로 차제에 부품국산화를 30%정도는 유지해야함. - 치매연구. 치매약 등
205	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합.
206	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합 기술
207	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합기술의 실용화
208	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합 에너지원 개발 및 조기 상용화 문제
209	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합 상용화, 수소생산을 위한 효율적인 광촉매, 고준위 핵물질처리 기술, 토륨소듐 소형원자력발전 상용화 기술, CCPP(가스복합발전)의 가스터빈 블레이드 제작기술
210	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합을 이용한 무한 에너지 연구
211	에너지(핵융합)	핵융합	핵융합 발전은 우리가 반드시 이루어야하며 이를 수 있는 가장 중요한 과제라고 생각합니다.
212	에너지(핵융합)	핵융합	미래에너지로서의 핵융합에너지 조기 실현
213	에너지(핵융합)	핵융합	저온 핵융합 발전을 가능하게 하는 방법은 무엇일까?
214	에너지(환경)	환경	에너지, 환경, 물, 지속가능성 분야(EESW)에 대한 지속적인 연구개발이 필요
215	에너지(환경)	환경	건강과 에너지 및 환경문제는 당면 인류가 해결해야 할 과제임은 틀림없습니다. 그런 의미에서 지속가능한 친환경 산물의 생산이 필요하며 우선은 인류의 생존을 위한 식량과 먹거리 생산입니다. 더불어 의료 보건 에너지 문제를 접목시켜서 할 수 있는 분야는 식물소재에 대한 연구가 필요하다고 판단됩니다. 그중에서도 목본식물의 생산량은 화석연료양으로 비교해서 지구전체 소모에너지양의 약10배 이상

			이 됩니다. 식물체를 구성하는 고분자 복합체를 분해만 할 수 있으면, 식량 에너지 의약품 신소재 화학원료 등 인류의 생존에 필요한 모든 것을 얻을 수 있습니다. 지속가능성이 있는 식물자원의 활용은 안전하고 깨끗한 지구환경보전과 인류의 미래를 가장 안정적으로 지탱해 줄 것입니다.
216	에너지(환경)	환경	친환경 에너지개발
217	에너지(환경)	환경	저탄소 에너지 개발로 탄소 배출량 저감으로 국민이 행복하게 살 수 있는 환경 조성.
218	에너지(환경)	환경	저는 에너지 원에 관해 매우 관심이 많습니다. 현재 우리나라 뿐 아니라 세계시장에서 자동차를 움직이게 하는 동력이 기름(휘발유, 경유, 등유 등등)으로 해결하고 있는데 전기쪽으로 많이 개발을 시도하고 있습니다. 전기 뿐 아니라 환경에 피해를 입히지 않을 뿐 아니라 도움을 주는 천연 연료와 같은 것들을 개발해야 할꺼 같습니다.
219	에너지(환경)	환경	친환경 에너지 활용 기술 개발
220	에너지(환경)	환경	온실가스 문제에 적극적으로 임해야 한다고 생각합니다. 사람이 잘 살고, 오래 살고, 건강하게 살기 위해 하는 모든 일들의 근원에 결국은 지구라는 기본 터전을 빼놓을 수 없기 때문입니다.
221	에너지(환경)	온실가스	온실가스를 1년에 1억톤 줄이는 방법,
222	에너지(환경)	온실가스	온실가스를 1년에 1억톤 줄이는 방법은 무엇인가?
223	에너지(환경)	환경	에너지 재활용 방안 . 재활용율 향상.이미 만들어진 기술
224	에너지(환경)	환경	대기질의 획기적인 개선을 위한 대체에너지 및 활용시스템 개발
225	에너지(환경)	온실가스	온실가스 제어
226	에너지(환경)	온실가스	이산화탄소가 대기권에 퍼지지 않는 다른 물질로 전환할 수 있는 기술개발이 필요하다고 생각합니다. 그러나 지중저장과 같이 지진에 취약한 기술은 연구로써는 진행할 만하나, Pilot plant 이상 규모의 적용은 포항의 지열발전과 같이 문제를 야기할 수도 있으므로 신중하여야 하리라 판단합니다.
227	에너지(환경)	온실가스	온실가스 저감에 대한 연구들은 꾸준하고 오랜기간 연구되어왔기 때문에 집중적으로 이분야를 육성하고 단편적으로 이루어진 연구들을 한데 모아 융합 발전시키면 더 좋은 성과가 나오지 않을까 합니다.
228	에너지(환경)	환경	생체모사 에너지 생산기술을 이용한 대체에너지 기술의 개발(기존 친환경 에너지 기술은 또 다른 환경 파괴를 야기하고 있음. 생체모사 에너지 생산기술을 이용한 대체에너지 기술개발은 환경파괴없이 고효율의 에너지 생산기술로 개발이 가능할 수 있음 것임)
229	에너지(환경)	에너지	탄소배출을 제어할 수 있는 에너지 관련 기술에 도전해 환경문제를 해결한다면 건강, 생활 등 많은 면에서 긍정적 효과를 얻을 수 있다고 생각함
230	에너지(환경)	에너지	지속가능한 개발과 친환경 녹색기술의 발전이 필요
231	에너지(환경)	환경	에너지, 환경, 물, 지속가능성 분야(EEWS)에 대한 지속적인 연구개발이 필요
232	우주개발	자원개발	소행성에서 희토류 채석하기
233	우주개발	인공위성	우주 인공위성 등
234	우주개발	자원개발	태양계 소행성 자원(특별한 암석 및 물/얼음 등) 탐사: 후보 소행성 발견 및 유용한 자원의 정량적

			추정, 추출 및 이송을 위한 better and cheap engineering methods - quantum system을 이용한 information handling에 필요한 각 부분들의 기초/응용 연구: quantum information storage, quantum information transferring device/channel (e.g, via. light, via. particle), quantum information operator 등 - 광범위한 파장(특히 X-ray부터 전파까지)의 에너지에 반응할 수 있는 새로운 imaging 소자의 개발
235	우주개발		은하계에 수많은 태양계 행성이 있는데 다른 행성을 도달하여 연구할 수 있는 방법을 AI를 통해 해봤으면 좋겠습니다.
236	우주개발		우주에 존재하는 암흑물질을 찾는 과학과제를 추천합니다.
237	우주개발		우주개발
238	우주개발		우주 관련 기술(달/화성 탐사, 재활용 가능 로켓 등)도 포함되어도 좋을 것 같습니다.
239	우주개발		유인 우주선 개발
240	우주개발		화성에의 이주 가능성, 지구 근접천체로 부터의 자원 채굴
241	우주개발		인류의 새로운 거주지 탐색 - 미지의 세계를 탐구하고 개발 자체가 기술혁명이 되는 우주기술 개발 - 한국주도의 신개념 천문우주기술 개발 (지금까지 인류가 시도하지 않았던 신개념 기술개발)
242	우주개발		달에서 에너지를 얻는다는것은 황당한 이야기가 될지도 모르지만 상대적으로 경쟁에 뒤진 우주분야의 연구를 한단계 업그레이드 시켜 선진대열에 합류하는것이 필요
243	우주개발	달탐사	한국형발사체 발사 성공후 달탐사도 성공
244	우주개발	외계생명체	외계인과 UFO는 있는것인가? 아주 오래전부터 설왕설래가 있었던 난제가 아닌가 생각됩니다. 사실 인류가 탄생한 지구와 비슷한 행성이 은하계에 많이 있기 때문에 꼭 없다고 단정지을일도 아니지만 UFO나 외계인에 대한 것이 아직 확실히 과학적 입증이 되지 않은 흥미롭고도 불가사의한 난제가 아닌가 생각해 봅니다.
245	우주개발	이동수단	인류 문명 발전의 계기는 이동수단의 발달입니다. 우주시대의 도래는 시간문제입니다. 관련 부문에 미치는 우주기술의 파급력도 큼니다. 우주로 가는 기술, 우주에 머물 수 있는 기술 개발에 지금부터라도 적극적으로 관심을 갖고 국제기술 협력에 나서야 합니다.
246	이동수단	이동수단	미래 도심형 이동수단에 대한 장기적 지원
247	이동수단	이동수단	초고속 전철
248	인공지능		AI를 만드는 AI - 각 분야별 AI의 필요성이 대두되면서, AI가 붙인데, 적용분야는 달라도 전체적인 흐름도는 같아보임, 그렇다면 AI를 만드는 AI도 가능할 것 같음
249	인공지능		앞으로 4차산업혁명, 인공지능이 활성화되면 양극화 문제가 더욱 심하고 다른 나라에 비해 대한민국이 더욱 심화되고 있다. 이를 과학적인 방법으로 해결하는 연구가 필요하다고 생각합니다.
250	인공지능		인공지능과 사물 인터넷으로 전쟁을 억제할 수 있는가? 혹은 전쟁이 촉발되는가?

251	인공지능		인공지능을 통한 암 접근 방식의 혁명적 발견이 될 것이라 봄
252	인공지능		인공지능을 좀 더 다양한 분야에 적용하는 것이 필요할 것 같다. 어떤 분야에 적용할 수 있을지 고민하는 것도 좋은 문제인 것 같다.
253	인공지능		인공지능 활용범위의 확대에 관한 연구
254	인공지능		AI의 자율 실험을 통한 분석 시스템 확립
255	재난안전		위험기상 등 재난발생시 신속정확한 예경보 시스템
256	재난안전		산불예방 및 조기진화
257	재난안전		불치병 해소를 위한 각종 연구, 산업발전을 통한 국가에 발전에 기여하는 연구 과제를 통계청 자료나 각종 빅데이터를 총하여 연구과제를 선정하여야 한다. 즉 인류발전에 공헌하는 '노벨상' 취지에 맞는 연구과제를 찾아, 효율적으로 꾸준히 연구할 수 있게 지원하여야 한다.
258	재난안전		도시와 자연 및 인공적인 재난, 과학적 접근과 사회적 접근
259	재난안전		재난상황에 대한 구조로봇개발 해상침몰 및 산악화재 등의 인간이 대처하기에 취약한 상황에서 조기에 진압 대응할 수 있는 대형드론등의 실전개발
260	재난안전	재난	재난 각종 사고 예방 및 응급처리 방법 연구, 불치병 해소를 위한 각종 연구, 산업발전을 통한 국가에 발전에 기여하는 연구 과제를 통계청 자료나 각종 빅데이터를 총하여 연구과제를 선정하여야 한다. 즉 인류발전에 공헌하는 '노벨상' 취지에 맞는 연구과제를 찾아, 효율적으로 꾸준히 연구할 수 있게 지원하여야 한다.
261	재난안전	산불	산불예방 및 진화를 효과적으로 할 수 있는 시스템 개발, 초고층 건물 화재대응 시스템 개발, 교통사고 시 승객안전 보장 시스템 개발
262	저출산	저출산	저출산 문제를 해결하기 위한 방법도 연구되었으면 좋겠습니다.
263	저출산	저출산	신생아 수 감소, 급격한 노령화를 과학적으로 어떻게 대처할 수 있을까?
264	정보통신기술		ICT 기술응용
265	정보통신기술		지역 불균형 해소를 위한 과학개발(원격, 5G를 활용)
266	정보통신기술		4차산업 혁명 5G 공유 경제 등에서 발전된 인터넷 기반
267	정보통신기술		5G 통신 기술을 이용한 새로운 AI관련 산업기술 개발
268	정보통신기술	의료	동아시아 의료 빅데이터 허브 구축및 원격의료 시스템 개발
269	해양개발		해양관련 연구
270	해양개발	심해	심해 탐사 기술 개발 및 탐사
271	해양개발	자원	자원과 영토가 부족하고 강대국의 견제를 받는 우리나라는 해양을 자원화로 하는 연구와 앞서있는 IT의 지속적인 연구, 우리나라 젊은 청년이 언어에 많은시간을 투자 하는바 언어가 자유스럽게 번역, 통화되는 연구가 필요하다고 봅니다
272	해양개발	자원	바닷물의해양생물 자원 활용(장래 미래 식량 대체 및 연료 에너지 이용)
273	해양개발	에너지	해양에너지 자원 활용(파랑, 조류, 온도, 조차, 염

			분 에너지 이용
274	해양개발	심해	심해탐사
275	해양개발	생명	생명과학위주로 주제가 선택되었는데 과학도라면 먹고 사는 문제가 제일 중요한 과제라고 생각됩니다. Space개척이냐? Deep Sea 개척이냐?라는 분야가 있는데 오히려 Deep Sea쪽 개발이 더 현실적이지 않은가 생각합니다. Deep Sea경우는 Ultra Pressure에 견딜수 있는 Equipment개발에 들어가는 소재와 Control System 등 개발이 요구되는 분야입니다.
276	해양개발	해양	해양자원의 개발. 삼면이 바다이고 동서남해가 서로 차별적인 특색을 가졌다는 점을 활용할 수 있는 방안 연구
277	환경		나날이 심해지는 환경 문제를 과학기술로 예방할 수 있는가? 과학 발전과 자연 파괴는 불가분의 관계인가?
278	환경	환경	환경 정화 (공기, 수질, 기상기온)의 조절능력
279	환경	환경	환경.
280	환경	환경	환경문제 관련 난제
281	환경	환경	환경오염이 어떻게 하면 덜 되게할까?
282	환경	환경	환경문제
283	환경	지구	지구생태계 유지보존
284	환경	우리	우리나라는 일단 환경 문제 및 생태계 복원 문제를 가장 먼저 신경써야 합니다. 이 부분이 다른 나라에 비해서 너무 뒤떨어져 있습니다.
285	환경	4대	4대강 수질 개선
286	환경	온난	온난화에 따른 기후 변화로 지하수(식용수) 변화와 식생물의 변화로 우리에게 미치는 영향과 대책
287	환경	공기	공기질 개선
288	환경	자연	자연 환경 개선
289	환경	토양	오염된 토양을 복원하는 방법, 농약 비료등으로 황폐화한 땅을 획기적으로 개선하는 방법은 무엇이 있을까? 하우스 재배된 시금치에는 무(유)기질 성분이 노지재배에 비해 현저하게 적다고 합니다. 연작하는 작물은 병충해의 온상으로 수확을 못하는 경우가 많아지고 있습니다.
290	환경		이산화탄소 배출을 줄이기 위한 자동차 산업의 노력 및 시도가 필요할것 같습니다.
291	환경(녹조류)	녹조류	매년 여름 시기에 발생하는 녹조류 문제의 해결 방안 모색이 필요하다고 생각합니다
292	환경(녹조류)	녹조류	녹조현상을 친환경적으로 해결
293	환경(미세먼지)	미세먼지	최근들어 가장 뚜렷하게 대두되고 있는 문제는 공기오염(미세먼지)과
294	환경(미세먼지)	미세먼지	한반도 미세먼지 현재 상황과 앞으로의 전망은 어떻게 될까
295	환경(미세먼지)	미세먼지	과학기술을 이용한 미세먼지 해결
296	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 등의 환경과 건강과 과학 연계성
297	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결
298	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결책은 없는가?
299	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 예방

300	환경(미세먼지)	미세먼지	우리나라 맞춤형 과학난제는 미세먼지 제거죠..
301	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 문제, 공해 문제 해결
302	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감 기술 및 방안 개발
303	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감
304	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 등의 공기 중 유해 물질에 의한 질환을 해결할 수 있는 방법
305	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 관련과제
306	환경(미세먼지)	미세먼지	미세 먼지
307	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 예방, 그로인한 질병 관리
308	환경(미세먼지)	미세먼지	중국으로부터 유입되는 미세먼지 차단방안 (양국간 정치적 측면의 고려도 필요하므로 양국 협력 필요)
309	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지를 포집하여 정화할 수 있는 대규모 장치 마련
310	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결
311	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결
312	환경(미세먼지)	미세먼지	10년 이내 적용을 위한 자체적인 미세먼지 저감용 대형 정화설비 등의 인프라 및 사회 운영시스템 구축
313	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결방안 등 환경문제 해결
314	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감 또는 해결방안
315	환경(미세먼지)	미세먼지	아직까지도 뚜렷한 해법이 보이지 않는 미세먼지에 대한 지속적인 도전이 필요합니다.
316	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 문제에 대한 대응이 현상 회피 수준의 대책에 머물러서는 근본적으로 미세먼지를 해소할 수 없다. 이산화탄소를 비롯한 온실기체를 줄일 방법을 사회적경제에서 함께 고민해야한다. 미세먼지는 과학기술의 문제라기 보다 인간의 사회적 책임에 대한 인식이 훨씬 소중하기 때문이다(2)
317	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지를 줄이는 방법 및 미세먼지로 부터 사람을 보호하는 방법
318	환경(미세먼지)	미세먼지	중국 유입 미세먼지의 독자적인 해결방안은? - 생물에 존재하는 유기결정을 활용한 광전자소자 응용 방안은?
319	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감을 위한 획기적인 기술과 건강피해 방지 연구
320	환경(미세먼지)	미세먼지	국내 미세먼지 발생 원인의 정량적 제시
321	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결과제
322	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감을 위하여 과학분야에서 참여하여야 할 분야 선별, 원자력발전의 미세먼지저감기여도 등 긍정 및 부정적 요인분석, 등
323	환경(미세먼지)	미세먼지	중국에서 날라오는 미세먼지를 차단할 수 있는 과학적 해결 방법
324	환경(미세먼지)	미세먼지	국가간 미세먼지, 기후변화 영향에 대한 전 지구적 또는 특정 영역(동북아 등)에 대한 지구의 대기, 해수, 물질 및 열 이동에 대한 연구 인구 감소, 산업 변화, 정책에 따른 우리나라 미래 경제사회에 대한 시뮬레이션
325	환경(미세먼지)	미세먼지	원자력 발전소 폐기물 처리 방법 연구
326	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감
327	환경(미세먼지)	미세먼지	쓰레기 처리, 미세먼지 등과 같은 환경 문제가 추

			가적으로 논의되면 좋을 것 같습니다.
328	환경(미세먼지)	미세먼지	타국에서 발생하는 미세먼지에 대한 영향을 어떻게 줄일 수 있을까?
329	환경(미세먼지)	미세먼지	환경적인 부분의 연구가 부족해 보임. 특히, 수질오염 및 미세먼지, 신재생에너지 생산등 환경적으로 반드시 필요한 과학기술의 개발이 필요함. 현재의 우리와 미래의 후손들을 위해서 환경기술 필요.
330	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지의 근원적 원인과 해결책... 미세먼지로 당장의 삶의 질이 떨어지고 있습니다.
331	환경(미세먼지)	미세먼지	기후변화 및 미세먼지의 악영향 차단을 위한 공학기술의 개발이 필요함
332	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지
333	환경(미세먼지)	미세먼지	온실가스 및 미세먼지 저감
334	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지에 확산에 따른 인체에 대한 영향을 구체적으로 조사 및 연구 2.
335	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 발생 대내외적 연구에 대해서 집중하여 근본원인과 대책을 강구해야 합니다.
336	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감을 위한 과제 발굴이 필요하다.
337	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감방법
338	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감관련 다방면에서의 접근이 필요할 것 같습니다
339	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 및 초미세먼지 제거
340	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 절감 방안
341	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감화를 위한 방법
342	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지를 줄이는 방법과 과학난제를 해결하는 방법을 연구하여 국가의 경제발전에 도움이 될 수 있는 연구 개발이 필요합니다,
343	환경(미세먼지)	미세먼지	미세와 초미세먼지를 완벽하게 제거하는 기술과 발생이 안되도록 하는 기술
344	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 문제를 해결하지 못한다면 우리나라의 미래는 없을것이다.
345	환경(미세먼지)	미세먼지	노인성 치매, 희귀 질환, 미세먼지 등 소외 계층을 위한 연구들도 많이 진행 되었으면 좋겠습니다.
346	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결 방안
347	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 대폭 감소 흡인 제거 장치 양산에 필요한 프랜트 건설
348	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결을 위한 환경과 뇌질환, 암치료 같은 건강 분야에 과학 난제들을 먼저 선제적으로 해결해야 됩니다.
349	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 경보 및 저감 방법 연구
350	환경(미세먼지)	미세먼지	고압전력선의 자기장을 이용한 미세먼지 제거기술
351	환경(미세먼지)	미세먼지	* 미세먼지 현황과 저감 기술 * 급증하는 염증성 장질환의 원인 규명과 치료
352	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감화 연구
353	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 극복을 위한 미세먼지 제거기술 또는 미세먼지로 인한 인체 유해반응 저감기술
354	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결도 추가하면 좋을것 같습니다.
355	환경(미세먼지)	미세먼지	인공 대기층을 형성하여 미세먼지 문제 해결 - 해양오염의 주범 플라스틱의 문제해결 - 비만을 해결하기 위한 과학적인 체질개선 방안

356	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 발생부터 저감까지 구체적인 실현방안 - 외부, 내부, 국가의 일, 지방의 일, 국민의 일, 사업자의 일 등 과학적인 규명과 과학적인 저감 방안
357	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지를 줄일 수 있는 방법을 연구해야 함. 원전을 유지하고 새로운 원전의 기술로 장기적인 에너지대책을 수립해야 한다.
358	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 저감에 관한 정책과 전략들이 과연 실효성이 있는 것인지, 보다 효과적인 미세먼지 저감 전략은 무엇인지? 인공강우 등을 효과적으로 활용할 수 있는 기술은 개발하기 어려운 것인지...
359	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지 해결
360	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지에 대한 대책과 대처방안에 좀더신경을 써주었으면 함.
361	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지나 황사로 인해 많은 분들이 고통을 받고 있습니다. 미세먼지의 원인이 중국대륙 몽골 사막에서 기인한다는 이야기가 나오고 있는데 이런것은 외교적 문제로 해결되어야 할 사안이지만 미세먼지를 발생시키면 발생시킨 당사자들이 책임을 졌으면 하는 바람에 한반도로 날라오는 미세먼지를 도로 그 쪽으로 돌려보내는 방법이라던가 또는 충분히 필터를 시켜 공기정화를 할 수 있는 방법등에 대해서 상상도 해보게 됩니다. 불과 1세기 전만 해도 상상이나 공상으로 생각되는 것들이 지금에 와서 현실이 되는 것을 보면 절대 불가능한 일이라고는 생각하지는 않네요. 우선 당장은 중국에서 미세먼지의 원인이 자기들이 아니라고 하는데 그것이 잘못되었음을 보여주는 과학적 논거나 입증의 연구 방법에 대해서 신경을 써주시면 감사하겠습니다 .
362	환경(미세먼지)	미세먼지	미세먼지와 건강상의 문제로 인해 근본적인 원인에 대한 것을 해결했으면 좋겠습니다.
363	환경(미세먼지)	미세먼지	미세 먼지 제거
364	환경(미세먼지)	미세먼지	기 발생된 미세 먼지를 획기적으로 감축시킬 수 있는 방법
365	환경(폐기물)		각종 산업용 폐기물이 불법으로 매립되고 있고 생활폐기물을 매립하는 매립지도 점점 포화되고 있습니다. 따라서 폐기물의 발생과 처리에 관해 국가 차원의 전반적이고 체계적인 연구가 필요합니다. 예를 들어 물질수지와 에너지 수지 개념을 동원해 수입물자와 수출물자, 국내 생산과 소비 물자 등을 계산하여 국내에 축적되는 물질, 혹은 에너지의 총량을 계산하면 매년 국내에서 처리해야 할 폐기물 총량이 나오지 않을까 합니다. 또한 엔트로피 개념으로 이론화시키면 국내 오염도도 수치화 될 수 있을거라 생각합니다. 이를 근거로 국가는 매년 폐기물 처리에 관한 정책을 수립해야 할 것이며, 구체적으로는 매립되는 폐기물을 어떻게 처리해서 자원으로 회수하거나, 에너지화 시킬것인가를 고민해야 할 것입니다. 폐기물 처리 문제는 경제가 발전하면 할 수록 그 양이 증가될 것이며 국가적 차원에서 문제를 해결 못하면 엄청난 재앙으로 국민에게 돌아올 것입니다. 그러나 문제해결이 만만치 않을겁니다. 지금까지는 이런 문제를 지자체나 영세 환경업체에 맡겨 문제를 외면한 느낌이 듭니다. 좀더 국가 차원에서 문제 해결에 적극적으로 나서야 할 것 같습니다.

366	환경(폐기물)	폐기물	환경오염(폐기물 처리)으로 생각된다.
367	환경(폐기물)	폐기물	바다 플라스틱 오염 해결
368	환경(폐기물)	폐기물	플라스틱 폐기물, 음식물 쓰레기, 기타 난연성 폐기물 등과 같은 각종 폐기물을 처리할 수 있는 방법은?
369	환경(폐기물)	폐기물	폐기물 처리 및 자원화 기술
370	환경(폐기물)	폐기물	플라스틱 등 폐기물들을 분해할 수 있는 방법을 찾아내는가와 같은 환경문제
371	환경(폐기물)	폐기물	플라스틱 폐기물 재활용 기술 개발 (바다에 떠서 가동하는 태평양 해상의 플라스틱 폐기물 재활용 시스템)
372	환경(폐기물)	폐기물	쓰레기 대란에 대한 획기적인 대책안 (ex. 플라스틱 쓰레기 등에 대한 재활용이나 썩는 플라스틱 사용 의무 등)
373	환경(폐기물)	폐기물	생태계 시스템을 통한 폐기물 완전 재활용전략
374	환경(폐기물)	폐기물	폐기물, 특히 폐플라스틱을 환경 부담을 줄이며 처리하는 연구
375	환경(폐기물)	폐기물	환경관련 문제, 플라스틱/비닐 자원 활용과 대체의 문제
376	환경(폐기물)	폐기물	생활 쓰레기 처리문제
377	환경(폐기물)	폐기물	각종 폐기물의 에너지화 연구
378	환경(폐기물)	폐기물	플라스틱 문제, 쓰레기 문제 해결 등 인간에 의해 발생하여 결국 인간의 생명을 위협하는 문제 해결 과제가 필요할 듯 합니다.
379	환경(폐기물)	폐기물	분해되지 않는 쓰레기 분해 자연 오염 정화
380	환경(폐기물)	폐기물	최근들어 가장 뚜렷하게 대두되고 있는 문제는 공기오염(미세먼지)과 환경오염(폐기물 처리)으로 생각된다.
381	환경(폐기물)	폐기물	해상 부유쓰레기 제거, 바닷속 플라스틱 제거
382	환경(폐기물)	폐기물	재활용품 처리 기술, 각 종 쓰레기와 폐기물 처리 기술, 예 한국화학연구원, 100% 생분해성 항균 비닐봉투 개발
383	환경(폐기물)	폐기물	우리나라 쓰레기 양이 많은데, 쓰레기를 재활용하는 방법이나 에너지로 변화시킬 수 있는 방법을 개발했으면 좋겠습니다.
384	환경(폐기물)	폐기물	원전 폐기물을 매립이 아닌 가공 처리하여 자연으로 환원하는 과학기술.
385	환경(폐기물)	폐기물	우리나라의 쓰레기 문제를 해결해야한다고 생각합니다. 현대의 쓰레기는 분해되기 어려운 고분자 물질들로 분해 되더라도 미세플라스틱 등의 문제로, 결국 먹이사슬 최상자인 우리 인간에게 그 피해가 돌아온다고 생각합니다. 요즘엔 특히 화장품이나 세제, 세안류 등의 미세플라스틱 문제가 대두되고 있는데 ... 어쨌든 플라스틱이 자연분화로 분해되어도 잘게 쪼개어지는 단계에서 끝나는 걸로 알고있습니다. 바다거북이나 고래 등이 플라스틱, 비닐 등을 가득 먹은채 죽었다는 기사도 자주 접하구요. 이런 쓰레기를 완전히 분해할 수있는 방법을 찾을 수 있기를 희망합니다.
386	환경(폐기물)	폐기물	폐기물 바이오매스 및 폐비닐 혼합물 탄화로서 바이오고형연료의 보일러발전과 가스터빈발전 활용으로 환경오염방지 그리고 지역에너지 자원 보급에 적극 대처해야된다.

387	환경(폐기물)	폐기물	이미 만들어 놓은, 처치 곤란의 문제들에 대한 솔루션이 필요. 인간 개인의 개체 중심적인 수명이나 건강에 초점이 아니라, 우리가 더불어 살아가는 자연환경에 대한 폭넓은 재생, 회복에 관한 연구 필요. 폐비닐, 폐플라스틱을 건정하게 처리할 방법이나, 향후 생산하는 석유유래소재 대체할 실질적인 보급형 기술에 대한.... 연구도 많이 되어야 하지 않을까 싶음
388	환경(폐기물)	폐기물	토양 및 해양을 뒤덮고 있는 플라스틱 쓰레기의 획기적 처리방법(미생물을 이용한 분해, 무공해 자원화 기술 등)
389	환경(폐기물)	폐기물	한정된 자원의 재활용, 쓰레기 처리 문제
390	환경(폐기물)	폐기물	미세플라스틱 등 일회용품 폐기물에 관한 환경오염 다학제적 접근

4 과학난제 후보예시에 대한 개념요약서(안)

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서	
난제분야 및 주제	암 정복 재도전: 획기적인 암 치료 방법 연구
배경 및 필요성	<p>○ 전 세계적으로 사망률 1위 질환인 ‘암’을 정복하기 위해 수 십년간 많은 노력과 재원을 들여 다수의 소분자 및 항체 항암제들을 개발했음에도 불구하고 그 치료 효능(생존연장)은 독성 및 고가의 치료비용 대비 미미했고 암세포의 유전적 변이에 의한 ‘약물 저항성’ 발생 등 극복해야 할 난관들이 많은 실정임</p> <p>– 전통적인 독성항암제 및 표적항암제로부터 최근 면역항암제에 이르기까지 약물을 통한 암치료 연구가 지난 수십 년간 진행되어 왔으나 암으로 인한 사망률은 크게 감소되지 않았음</p> <p>○ 환자 개별 암의 유전적 특이성과 변이를 포함하는 유전체 정보에 근거한 ‘혁신형 암면역치료’와 ‘정밀의료’로는 암 정복에 한계가 있으며, 암세포의 사멸만을 목표로 하는 형형 암 치료는 항암제에 대한 내성발생과 정상세포도 함께 손상되는 부작용의 한계가 있으므로 근본적인 발상의 전환이 필요함</p>
접근방안 예시 및 주요 난제 기술	<p>○ 암이 어디로 전이될지 예측하고 억제 (종양 전이 기전 규명 및 제어 기술)</p> <p>– 종양 세포의 증식 기전 자체에 대한 생명분야의 연구는 다수 수행되어 왔으나, 종양 세포가 전신으로 전이되는 기전의 규명은 생명과학/의약학 분야에서 중장기적 연구가 필요한 미해결 과학 난제임</p> <p>– 기전적인 접근과 함께, 전이되는 종양세포의 미세 분석, 전이되는 세포의 선택적인 사멸기술 연구는 종양환자들의 생존율 및 치료율을 높이고 제약 산업체에서도 새로운 패러다임의 신약개발 환경을 조성할 수 있음</p> <p>○ 암세포를 정상세포로 돌리기 (복잡계 네트워크 제어기술 기반 암세포 가역화)</p> <p>– 암화과정의 단일세포 데이터를 측정하여 암세포의 초정밀 복잡계 네트워크 모델을 구축하고 가역 제어타겟을 발굴함으로써 지금까지 남아있는 암세포 가역화의 제어기술을 개발</p> <p>– 암 발생 이외에도 여러 질병 및 노화 등 보통 균집 수준에서 비가역적으로 알려진 세포 상태의 가역화를 위한 보편적 원리 탐구에 응용</p>

<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인류를 괴롭히는 최대 난치병인 암은 전 세계 수많은 연구진이 천문학적인 비용을 들여 연구를 했으나 여전히 정복하지 못한 상황이며 세계지식포럼에서는 100년 혹은 수 백년 이상 지나야 가능하다는 예측도 있는 바, 가장 어려운 난제로 꼽히는 암 전이 예측기술(재발 방지)과 암세포의 정상세포화 기술, 진단·치료를 위한 인공지능과의 결합 등의 도전을 통해 암 연구에 있어 한국의 글로벌 선도 ○ 암 발생/발달의 근본적인 작동 메커니즘 규명에 기여할 수 있으며, 현행 항암치료의 근본적인 한계를 극복할 수 있는 신개념 치료전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 암 연구에 있어 세계적으로 시도하지 않았거나 성공한 사례가 없는 연구방법에 도전함으로써 과학적으로 기여 - 또한 생명현상의 제어에 관한 핵심 원천기술 확보 및 새로운 IT-BT 융합 패러다임 창출 - 암 발생 이외에도 여러 질병 및 노화 등 보편적 원리 탐구에 응용 가능한 지식 및 기술 개발
<p>예산 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) <ul style="list-style-type: none"> ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

<p>난제분야 및 주제</p>	<p>이상적인 장수(長壽)의 실현: 기대수명과 건강수명 일치를 통한 초고령사회 진입 대비 연구</p>
<p>배경 및 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국을 비롯한 선진국의 급속한 고령화는 사회문제가 될 것이며, 특히 건강하지 않은 장수(長壽)는 재앙에 가깝다는 경고가 지속되고 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 수명의 문제를 해결하기 위해서는 제반 요인을 규명하기 위하여 과학, 의학, 영양, 환경, 사회문화학을 포함한 융합적 방법을 통한 근원적 접근이 필요함 ○ 특히 신경의학 임상 분야의 난제로 꼽히는 노화 및 노인성질환에 대한 기초과학적 연구와 치료방법 개발을 통해 국내외적으로 사회문제 해결에 선도적 역할을 할 수 있음
<p>접근방안 예시 및 주요 난제 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100살까지 신체적 청춘을 유지하는 노화 억제 기술 (노화 억제 및 역노화 기전 규명 및 제어 기술 연구) <ul style="list-style-type: none"> - 미해결 과학 난제인 노화 기전을 생애주기 코드 구축을 통해 규명하고 내적·외적·환경적 요인을 제어함으로써 노화를 억제하는 연구 수행 ○ 여성과 남성의 수명차이 극복 연구 (행복사회를 위한 남녀 수명 차이 극복방안 개발) <ul style="list-style-type: none"> - 남녀 수명차이에 대하여 생명과학, 의학, 사회학, 문화, 환경학이 융합하여 해결하는 새로운 방안 구축 - 생물학적 수명결정요인을 규명하고 Genomics, Epigenomics, Metabolomics 수준에서 근원적 차이 구별하여 제어 방안을 강구할 수 있으며, 이를 물, 공기, 식품, 주거환경의 혁신적 개혁을 통한 해결방안 연구 ○ 만성 뇌질환의 완전한 치료는 가능한가? (뇌 역공학 기반 뇌 시스템 융합적 증개 연구) <ul style="list-style-type: none"> - 기존 신경 세포 중심의 뇌질환 연구를 탈피한 뇌 시스템적 포괄적 연구를 통한 뇌질환 기전 규명
<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생명과학, 의료, 사회 문화, 환경 분야의 정보가 통합된 융합과학 체계 구축으로 미래사회 문제에 대한 해결책 모색 <ul style="list-style-type: none"> - 기대수명 및 건강수명에 대한 분석 연구를 통하여 노령인구의 실질적 기능 향상을 통해 노동력의 사회적 활용 증대를 이루고 국가적 보건의료비 및 사회간접비의 절감하여 행복사회 구축에 기여

	<p>○ 노화제어기술 및 고령사회 필요한 환경제어기술, 노인성 질병의 예방 및 치료법 개발 등을 통해 관련 핵심기술의 특허권을 확보하여 국가 생명과학산업과 장수문화산업 육성을 위한 기반 제공</p>
<p>예산 등</p>	<p>○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함</p>

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

<p>난제분야 및 주제</p>	<p>감각장애의 극복 : 삶의 질과 행복추구의 기본인 인간의 감각능력을 증강·유지시키는 연구</p>
<p>배경 및 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인간의 감각기능은 삶의 질을 유지하는 데 필수적인 요소이나 현재 치료에 한계가 매우 명확한 상태이며, 노화 및 사고 등으로 인한 장애 시 원래의 감각능력을 회복하는 것이 거의 불가능함 ○ 의학과 과학의 융합으로 신경 및 감각 장애의 근본적인 원인을 파악하고 신경공학적 접근방법을 통해 인체의 체성신경계와 유사한 매커니즘을 구현함으로써 획기적인 치료 방법 필요
<p>접근방안 예시 및 주요 난제 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 운동기능을 넘어 인간의 감각을 재현한 로봇 장기 (자연계 및 생명체를 모사한 인공 감각 신경계 개발) <ul style="list-style-type: none"> - 감각계에 장애가 있는 환자들에게 감각 소자 활용을 통해 감각 회복 가능 - 인공 감각 신경계를 이용한 인공 신경 보철 장치 개발 등 신경 장애 해결을 통한 윤택한 삶 복원 - 오감 신경을 보유하고 있는 인간과 유사한 로봇 개발로의 활용 ○ 실명치료를 위한 디지털 진단 시스템 구축 및 첨단 재활 치료 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 치료에 한계가 명확한 소아 및 성인, 노인 실명질환 환자를 대상으로 유전자 치료, 유전자교정 치료 및 세포치료기술 등을 연구 개발하여 조기진단, 예방 및 조기치료를 통해 실명 예방
<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4차 산업혁명의 핵심인 인공지능과 로봇공학을 활용하여 감각 및 운동 신경을 모사하는 연구를 수행함으로써 신경장애를 해결하고 인간의 윤택한 삶을 위해 활용함 <ul style="list-style-type: none"> - 인공 감각 신경계를 통한 인류의 신경 장애 극복 및 움직임이 자연스러운 소프트 로봇 개발에 일조
<p>예산 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) <ul style="list-style-type: none"> ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

난제분야 및 주제	깨끗한 에너지원 개발: 새로운 와해성 에너지 연구
배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화석연료 사용 및 고갈에 따른 대체/신에너지 관련 이슈와 더불어 ‘탄소문명’으로 대변되는 대량생산 체계에 따른 지구온난화 이슈 등이 부각됨에 따라 인류가 당면한 과제인 에너지 문제를 근원적으로 해결할 수 있는 연구가 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 기존에 시도되지 않은 새로운 접근방안의 연구를 통해 단기간 실현 가능한 신규 온실가스 저감 정책과 최저가 저탄소 에너지 기술개발에 대한 새로운 아이디어를 제시하고자 함 - 특히 미래산업으로 성장하는 우주기술과의 적극적 연계를 통해 새로운 에너지연구를 수행하는 것도 고려할 필요가 있음 ○ 영국 등 16개국에서 2019년 ‘2050 온실가스 순배출 제로(Net Zero Carbon)’ 목표를 공식적으로 채택하고 있으며 현재 4개 이상의 국가가 이를 준비 중이므로 한국이 이에 적극적으로 참여하고 정책의 실현을 위해 필요한 기술을 선도적으로 개발함으로써 국제적 리더십을 발휘할 수 있음
접근방안 예시 및 주요 난제 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지구온난화와 미세먼지 해결을 위한 신에너지 사용하는 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 무한한 우주 전자기파 에너지 활용; 전자기파를 활용할 망원경의 개발로 상대성이론의 증명과 실생활에 적용한 핵심요소 기술 개발 (전자기파 유도 반응칩 플랫폼 설계) - 동력원이 아닌 화학원료 합성으로의 발상 전환; 동력원에 치우친 에너지 이슈를 원료 생산으로 확장 - 무공해 CO2 전환 기술; 지구온난화 대응 - 초미세입자 대기 부유를 통한 자기 집진 처리; 초미세먼지 대응 ○ 무한한 태양에너지의 획기적 활용 기술 (우주 태양광 발전을 위한 난제 기술 연구) <ul style="list-style-type: none"> - ‘장거리 무선 에너지 송·수신 기술’, ‘우주 설치용 초경량 거대 구조물 기술’, ‘고효율 박막형 Photo-voltaic 기술’을 제한된 예산 내에서 효율적으로 개발할 수 있는 방안을 마련함으로써 우주 태양광 연구를 효율적으로 수행 ○ 달 표면에서의 정전기전력 획득 및 먼지감소 <ul style="list-style-type: none"> - 달표면에 있는 음전하를 효율적으로 모을 수 있는 집진회로설계

	<p>- 획득에너지 저장장치 및 지구전송시스템</p>
<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우주에너지의 근원에 대한 기초과학적 이해 증진, ‘동력원’과 ‘원료’로 구분된 에너지 소비 및 생산을 새롭게 해석할 수 있는 과학적 근거 마련 ○ 미래산업으로 성장하는 우주산업 시대를 대비하고 연구과정에서 개발된 고효율 무선전력 송·수신 기술 등 혁명적 신기술로 막대한 상용화 가치 창출 ○ 한국이 온실가스배출량 저감 정책(NDC)을 추진하는 데 있어 새로운 과학기술적 해법을 활용하고, 나아가 UN의 지속가능한 개발목표(SDGs) 실현에 기여
<p>예산 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서	
난제분야 및 주제	지구온난화 해결 : 국내외 환경오염과 기후변화 문제해결에 기여하는 연구
배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학적 지식과 공학기술을 활용하여 지구온난화의 심각성을 예측하고 한반도에 실제 어떠한 영향이 있는지를 분석하여 여러 가지 환경 및 에너지 정책에 대한 근거를 제공함 ○ 기후변화에 영향을 미치는 개별 요인들을 종합적으로 분석함으로써 지구온난화나 기후변화 문제를 해결하는 새로운 기술을 모색할 필요가 있음
접근방안 예시 및 주요 난제 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 질소 공급과 수요에 의한 자연 통제 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 지구 암석에 숨겨진 엄청난 양의 질소가 발견되고 풍화작용이 토양과 생태계의 매우 중요한 질소의 근원임이 확인됨에 따른 국내 환경 영향에 대한 심층 연구 - 질소는 지구에서 가장 중요한 성분이면서 위험한 오염원이므로, 질소의 공급과 수요에 대한 자연의 순환을 이해하고 이를 활용하는 기술 개발 ○ 육류소비량에 따른 온실가스 증가를 현격하게 줄일 수 있는 대체 식품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 인류의 출산율은 지난 10년 간 10.9% 감소하였으나 1인당 육류 소비량은 같은 기간 11% 증가하였으며, 가축이 배출하는 메탄가스(이산화탄소 양의 증가 유도)의 양이 급격히 증가함 - 과학자들은 화석연료 사용과 최근 육류섭취가 지구온난화에 미치는 영향이 크다고 강조함
최종 도전목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지구온난화, 이상기후변화 등이 지구생태계에 미치는 영향을 과학적으로 분석하고 한국 환경문제에 대한 피해를 최소화하며 불확실성을 낮추기 위해서는 정확한 원인 규명이 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 이를 종합적으로 판단하여 실제 실현가능한 방안을 제시함
예산 등	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

난제분야 및 주제	기초과학의 새로운 패러다임 개척: 기존에 시도하지 않았던 기초연구와 공학기술의 융합 도전
배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI와 Data Science 등 4차 산업혁명 기술은 기초연구의 방법과 전개에 있어서도 많은 영향을 미치고 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 1억 개의 특허와 250만 건의 논문이 쏟아지고 있는 상황에서 AI가 기존 연구 데이터를 축적·분석하여 활용하면 효율성이 증대됨 - 또한 빅데이터를 분석하는 알고리즘의 개발을 통해 기존에 불가능하다고 여겨졌던 연구성과를 도출하고 있음 ○ 기초연구 분야에서 공학기술과의 융합을 통해 혁신적 연구 시도가 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 특히 디지털 트윈은 2025년까지 제조(공정·생산)분야가 주도할 예정이며, 헬스케어·철강·항공·교통·도시 분야에서 적용을 시도 중 * [버추얼 싱가포르] 도시의 지형·건물·도로·사람·바람·열·전기·물자 등을 디지털 공간에 재현하고 시민이 직접 참여하여 사회문제를 정의하고 해결
접근방안 예시 및 주요 난제 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI와 Data Science가 기초연구 이론과 실험을 혁신할 수 있을까? <ul style="list-style-type: none"> (재료연구의 디지털 R&D 트윈) - 현실(실험·실증)에서 불가능한 실험연구이나 디지털에서 가능한 연구모형 제시 - 세계 최고수준의 재료연구 디지털 트윈 연구환경 원천기술 확보 - 재료분야 실험실의 모델링과 시뮬레이션 기반의 초현실(Hyper-Real) 디지털 트윈 기술개발 구현 - 재료연구의 한계 돌파 및 기초연구의 새로운 패러다임 제시 ○ 화학적 자가조립(Self Assembly)의 공학적 재현 <ul style="list-style-type: none"> - 자가정렬, 혹은 자가조립(Self Assembly) 현상은 분자들이 제각각 인위적인 조작 없이 자발적으로 개개의 구성요소가 질서정연한 구조를 이루는 현상으로 자연과학에서는 물질 및 생명에서 매우 빠르고 빈번하게 일어나지만 아직까지 정확한 원리가 규명되지 않았으며, 공학적 재현에 대한 시도도 이루어지지 않고 있음. - 생명, 화학 등 다양한 분야에서 접근이 가능하며 인공지능과 빅데이터 기술을 활용하여 공학적 재현을 꾀할 수 있음. 성공 시 에너지·의료 등 다양한 분야에서 활용이 가능함

<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI와 빅데이터 관련 기술을 기초연구분야에 적극적으로 도입하는 것은 전 세계적인 추세이나 이를 활용한 체계적인 기술개발은 아직 초보적인 단계이며 미개척분야가 다수이므로 한국이 이를 선도하여 새로운 패러다임 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 기존에 탁월한 연구역량을 갖춘 학문분야를 시작으로 기초연구에서 새로운 실험 모델링 및 시뮬레이션 도입을 통해 연구생산성의 획기적 향상 ○ 기초과학에서 개발된 기술의 생산 현장과의 연계를 통해 산업 생산성 및 경쟁력을 강화
<p>예산 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) <ul style="list-style-type: none"> ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

<p>난제분야 및 주제</p>	<p>차차세대 기술 예측 : 현 세대보다 두 단계 앞선 기술을 위한 기초 과학 및 공학 연구</p>
<p>배경 및 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술정보통신부(과학기술혁신본부) 등은 ‘과학기술예측조사’를 통해 25년 후 미래기술을 제시하고 있으나, 이를 포함한 현재의 4차 산업혁명 기술은 1970~1980년대 기초과학성과를 바탕으로 개발된 것이 다수임 <ul style="list-style-type: none"> - 2019년 노벨화학상을 수상한 연료전지의 경우도 1950년 이전부터 많은 연구가 진행된 분야로, 미래기술로 꼽히는 주제는 이미 과거에 태동됨 ○ 과학기술계의 집단지성을 이용하여 한 세대가 아닌 50~60년 후를 바라보는 차차세대 기술을 예측하고 이에 필요한 기초 과학 및 공학 연구를 제시할 필요가 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 과학영역과 겹치지 않는 미개척 분야 선점
<p>접근방안 예시 및 주요 난제 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인간-기계시스템의 진화 <ul style="list-style-type: none"> - 손 조작 및 이족 보행 능력은 언어와 더불어 다른 동물 및 인공지능이 모방하기 어려운 수준의 능력으로 알려져 있음. 현재 미국은 microN 프로젝트를 통해 본질적으로 시각피질을 모방한 새로운 인공지능을 연구하고 있으나 아직까지도 운동피질을 모방한 새로운 인공지능에 대한 연구는 없음. 인간만의 능력인 손 조작 능력과 이족보행 능력과 사족보행동물의 보행능력을 모방하는 새로운 인공지능을 만들 수 있을지에 대한 연구 수행. - 인간의 운동피질은 다른 포유류와는 차별적인 것으로 이종에서 손 조작 능력은 인간만의 선천적 능력이라 할 수 있음. 따라서 이러한 인간의 운동피질 중 손 조작 능력과 이족 보행 능력에 근거한 새로운 인공지능의 개발에 도전 ○ 양자역학 기반의 차세대 인공지능 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 양자 역학적 세계에 대한 인지적인 변화와 데이터의 양자적 특성을 고려한 새로운 인공지능 연구 - 소량의 데이터로 학습, 차세대 양자기반 기계학습, 양자기반의 자연어 처리 ○ 두뇌 인터넷, 생체 인터넷 등 차세대 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 인체의 감각기관을 인공적으로 모사하고 생체감각기관의 시스템화를 통해서. 소리, 빛, 냄새 등에 대한 각각의 인공 센서 시스템을 구축하고 이를 인체에 활용하고 다른 인체와의 네트워크

	<p>이 가능한 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인간의 오감과 두뇌에 대한 정보전달 연구
최종 도전목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술 전 분야에 걸쳐 국내외 최첨단 과학기술 연구를 분석하고, 향후 다양한 분야에 영향을 미칠 수 있는 새로운 기술을 예측하여 이에 대한 기초연구 수행 - 도전적이고 창의적인 미지의 영역 개척을 통해 상위 1%에 해당되는 논문 제시 ○ 기존에 담보상태에 있거나 병목현상이 야기된 연구분야에서 파괴적 혁신을 이끌 수 있는 기초 공학적 성과 창출
예산 등	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

난제분야 및 주제	진화의 비밀 탐구: 생명의 원리 연구
배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진화의 과정에서 만들어진 ‘면역시스템’의 원리 규명은 미비한 상태로 공격과 방어를 통해 산호 진화된 단백질 구조 연구가 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 면역시스템에 대한 원리 규명은 자가면역질환 등 난치질환 해결 가능성을 높일 수 있으며, 현재 전문가들이 지적하고 있는 ‘슈퍼박테리아’ 출현 시 대응방안을 마련할 수 있음 ○ 세포의 변이과정 역시 진화의 역사를 밝히는 핵심이나 아직 완벽히 해결되지 않았음 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 유전자편집 등 이머징 기술에 대한 윤리적 접근을 할 수 있는 핵심적 기초과학적 근거를 제공할 수 있음 - 또한 자폐 범주성 장애의 급격한 증가로 사회적 해결방안 마련이 시급한 가운데 인간발달과정의 규명은 태아 난제 질환의 해결에 실마리가 될 수 있음
접근방안 예시 및 주요 난제 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 면역시스템의 스위치를 켜고 끌 수 있을까? (동식물 면역시스템 활성화 및 진화 매커니즘 규명) <ul style="list-style-type: none"> - 단백질의 3차 구조 연구를 통한 동식물 선천적 면역시스템 활성화 및 진화 매커니즘 규명 - 동식물 면역 수용체의 병원균 인식 및 활성화 기전 연구와 이를 기반으로 하는 의료 및 농업 기술 개발을 위해서는 분자 수준에서 상호 작용을 설명해 줄 수 있는 단백질 3차 구조 연구가 필수적으로 이를 통해 단순 단백질 서열변화가 아닌 공격과 방어를 위해 어떻게 상호 진화에 왔는가에 대한 기전의 원천적 해석이 가능함 ○ 세포덩어리는 어떻게 인간이 되는가? (장기 발생 과정 중 구조 및 기능 획득 기전 연구) <ul style="list-style-type: none"> - 같은 DNA를 가진 하나의 세포에서 각각의 장기·조직 그리고 운동 및 인지기능은 어떻게 완성되는지 규명 - 인간 발달과정의 재현을 통해 건강한 일생에 기여할 수 있는 태아 성장환경을 연구하고 조절 원리를 밝힘으로써 자폐 범주성 장애 및 뇌성마비 등 발생관련 질환의 조기 진단 및 예방·치료법 개발 실마리 제공 - 발생·분화 관련 생명윤리에 대한 고찰을 통해 기술의 진보로 발생하는 윤리·사회적 문제에 대한 통합적 담론 제시
최종 도전목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동식물 면역시스템 진화과정 및 메커니즘의 이해를 통해 전 세계

	<p>적인 과학난제 해결에 일조</p> <ul style="list-style-type: none"> - 맞춤형 면역수용체 제작 등 의료분야에서도 혁신적 기초연구결과 제공 <p>○ 자폐 등 기존 원인불명, 난치성 질환에 대한 새로운 접근법 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건강한 일생에 기여할 수 있는 태아 성장환경 규명과 조정을 위한 의학적 근거 마련 - 자폐·뇌성마비 등의 재생의학적 치료법 개발 - 유전자 편집 등 이머징 기술에 대한 윤리적 접근 및 자폐 범주성 장애, 뇌성마비등을 포함한 발생 관련 질환의 조기진단·예방을 통한 사회경제적 부담 감소 <p>○ 발생·발달의 과학적 이해와 융합과학적 조절</p> <ul style="list-style-type: none"> - 내·외적 환경변화에 따른 발생/발달의 단계별 이해 및 조절 - 공학기술과 인문학 및 교육학적 접근을 통한 치료개발
<p>예산 등</p>	<p>○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년)</p> <p>○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외)</p> <p>※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음</p> <p>※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함</p> <p>※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함</p>

과학난제도전 융합연구개발사업 난제별 개념요약서

<p>난제분야 및 주제</p>	<p>우주의 기원 규명: 우주의 생성 원리 연구</p>
<p>배경 및 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우주과학분야는 획기적인 발전과 기존 기술의 한계를 돌파하는 신기술 및 신산업 창출을 위한 국가 전략분야 중의 하나이나 높은 기술력과 많은 투자가 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 우리나라는 이에 대한 투자가 미진했으나 최근 20여년 동안 꾸준한 투자를 통해 연구역량을 확보해왔으므로 인류의 우주에 대한 사고의 패러다임을 바꾸는 과학적 지식을 창출함으로써 인류 지식 확장에 기여하고 한국의 위상을 강화해야 함 ○ 기존 타 분야의 연구역량과 국내의 우주기술 및 인프라를 활용하여 저비용이면서도 창의적인 과학 난제 접근 및 해결법을 제시함으로써 세계 천문학적 이슈를 이끌고자 함
<p>접근방안 예시 및 주요 난제 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암흑물질을 통해 우주의 기원 설명 <ul style="list-style-type: none"> - 천문관측/입자 가속기 빅데이터 활용 암흑물질 연구 효율화를 위한 ICT 융합연구 개발 - 실험/관측-시뮬레이션 통합 데이터 처리로 암흑물질탐색연구 ○ 천문학적 미답 영역의 개척 및 진화과정 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 적외선 등 지상 및 우주에서의 다양한 파장영역에 대한 관측 - 초기 별의 탄생 및 은화의 진화 연구
<p>최종 도전목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우주의 역사 및 진화과정을 설명할 수 있는 새로운 이론 및 과학적 근거 제시 ○ 연구 과정에서 확보된 기술을 통해 향후 우리나라 우주개발사업의 로드맵 구축에 대한 비전 제시
<p>예산 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 : 2단계/4.5년(2년+2.5년) ○ '20년(6개월) 예산: 10억원 내외(2021~2024 연 20억원 내외) <ul style="list-style-type: none"> ※ 사업기간 및 개발비는 조정 가능하며 예산사정 등에 따라 변경될 수 있음 ※ 1단계 수행 후, 단계평가에서는 목표수정, 중간일몰, 연구팀 구성 변경 등을 중점 평가함 ※ 최종평가를 통해 후속 및 연관사업과의 연계/확대 지향함