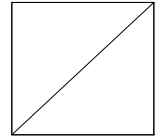


공 개



의안번호	제 2 호	심 의 사 항
심 의 연 월 일	2023. 12. 20. (제 6 회)	

제4차 융합연구개발 활성화 기본계획(안)

국가과학기술자문회의
심의회

제 출 자	기획재정부 장관 과학기술정보통신부장관 문화체육관광부장관 산업통상자원부장관 환경부장관 해양수산부장관 식품의약품안전처장 조달청장 농림축산식품부장관 기상청장	추경호 이종호 유인촌 방문규 한화진 조승환 오유경 김윤상 조재호 유희동	교육부장관 행정안전부장관 농림축산식품부장관 보건복지부장관 국토교통부장관 중소벤처기업부장관 방위사업청장 경찰청장 특허청장	이주호 이상민 정황근 조규홍 원희룡 이영환 업동훈 윤근실
제출 연월일	2023. 12. 20.			

1. 의결주문

- 「제4차 융합연구개발 활성화 기본계획(안)」을 별지와 같이 의결함

2. 제안이유

- 「과학기술기본법」 제17조에 따라, 향후 5년간의 범부처 융합연구 방향 제시를 위한 중장기 목표 및 추진과제 등을 마련하여 「제4차 융합연구개발 활성화 기본계획('23~'27)」을 수립·추진하고자 함

※ 과기정통부, 산업부, 문체부, 교육부, 식약처, 방사청 등 19개 부처

3. 주요내용

□ 추진 배경

- 제3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27)의 수립 후 5년이 경과하여, 「제4차 융합연구개발 활성화 기본계획('23~'27)」 수립 필요

- 본 계획은 범부처 융합연구 종합계획으로, 미래개척형 융합기술 테마를 선정하고 융합연구 생태계를 공고히 하기 위한 연구개발 방향 및 추진체계 등 다양한 전략으로 구성

※ 3차 계획에서 기술·경제·사회적 변화를 감안, 5년 주기 연동계획(rolling plan) 추진토록 명시

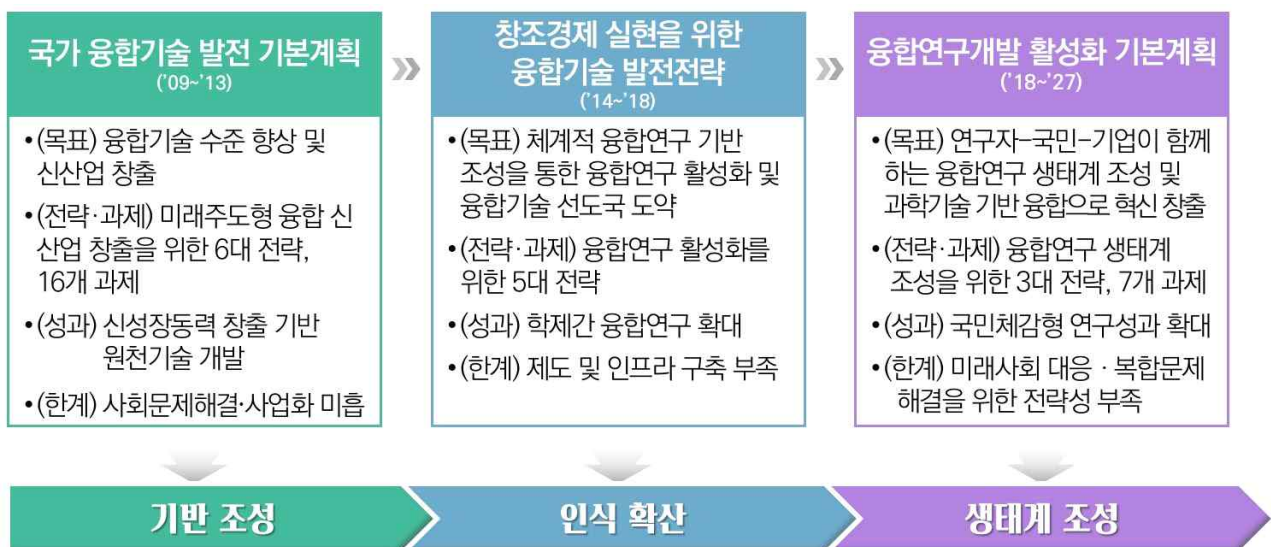
□ 추진 경과

- **(기획·조사)** 문헌조사, 통계분석, 정책사례연구('22.6~10)
- **(의견수렴)** 산학연 연구자 대상 융합연구 활성화 설문조사, 융합 연구자* 심층 인터뷰, 전문가 대상 미래 융합기술 평가**('22.11~'23.8)
 - * 국가연구개발사업 우수성과 100선 융합분야 연구자 등 30명
 - ** 300명의 연구자를 대상으로 제6회 과학기술예측조사 미래기술의 융합성 평가 등
- **(위원회)** 정책 및 인류·사회·지구 분과별 위원회 구성·운영, 미래 개척기술 도출 및 전략 수립('23.7~8)

□ 우리나라 융합연구 현황

- **(투자)** 융합연구 투자실적은 1.6조 원('09)에서 5.6조 원('22)으로 3배 이상 증가
 - **(성과)** 논문·특허·기술료 등 성과* 증대, 융합연구 활성화 수준은 '22년 2.75 달성(목표치 3.08), '19년 국가혁신역량 6위로 목표(16위) 조기 달성
- * 논문 8,523건('09)→16,184건('21), 특허 7,480건('09)→12,036건('21),
기술료 196억 원('09)→1,748억 원('21) 등

□ 그간 계획의 성과와 한계



- ⇒ ① 융합연구 재원의 전략적 배분을 위해 중점 추진 분야를 발굴하고, 집중 육성하는 등 ‘전략성’을 강화할 필요
- ② 분야·기술 간 ‘수평적’ 융합에 국한하지 않고 정책, 연구, 민간 등 다양한 주체들 간의 ‘수직적’ 융합을 아우르는 통합적 융합전략 필요

□ 제4차 기본계획 수립 방향(안)

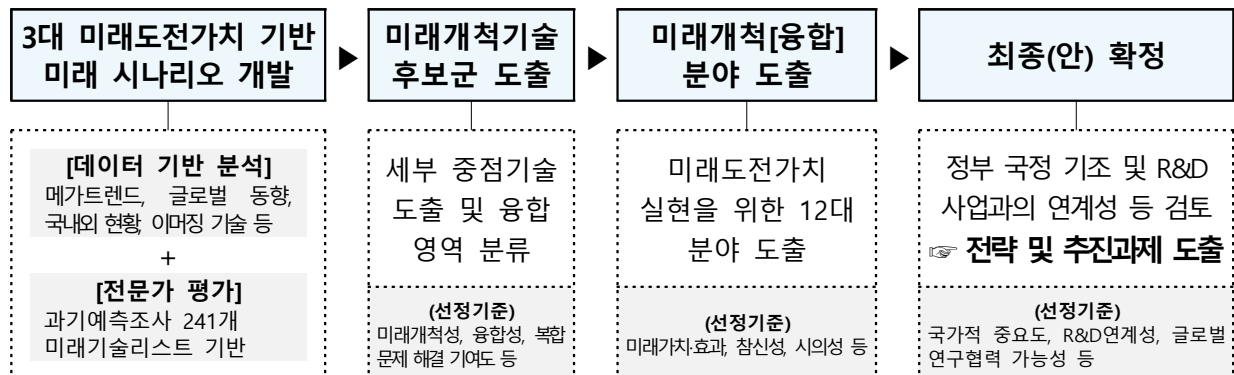
- 제5차 과학기술기본계획, 국정과제, 글로벌 융합연구 트렌드*에 맞추어 미래개척형 융합기술 테마를 선정하고 융합연구 혁신전략을 마련
- * 기술패권, 협력 플랫폼 강화, 도전적 연구 중시 등
- **(융합전략 설계)** 당면한 복합문제 해결에 필요한 도전 가치 영역을 발굴하고, 이를 실현하기 위한 융합적 전략 설계

- **(정책영역 확장)** 미래주도형 융합 R&D 전략 및 과제추진을 위하여 융합연구를 새롭게 정의하고 유형을 확장

- **(정의)** 기존 과학기술로만 해결할 수 없는 복합문제*에 해법을 제시하고, 미래기술개발에 도전하는 범(汎)학제형 협력연구
 - * 해결이 어려운 문제(Wicked problems) 및 사회적 도전과제(Societal challenges)
- **(유형)** ①다학제 연구, ②학제 간 연구, ③초학제 연구(신규), ④변혁적 연구(신규)

	다학제 연구 Multidisciplinary research	학제 간 연구 Interdisciplinary research	초학제 연구 Transdisciplinary research	변혁적 연구 Transformative research
설명	- 다른 학문 분야가 하나의 문제에 대해 병렬적으로 연구 - 지식을 교환하지만, 새롭고 통합된 지식과 이론을 만들기 위해 주제의 경계를 넘지는 않음	- 공통 목표를 달성하기 위해 주제 경계를 넘나드는 방식으로 관련되지 않은 여러 학문 분야를 포함 ※ 신경과학 (생물학, 물리학, 공학)	- 인문사회 및 비학계의 적극적 참여를 통해 새로운 지식 창출, 공통 목표 달성 (과학지식의 보완·변형) ※ 기후변화(농업, 기후과학, 수문학, 생물다양성, 역사, 사회), 모빌리티(공학, 보건의료, 사회심리학, 법학)	- 과학, 공학 또는 교육에서 중요한 기존 개념에 대한 이해를 근본적으로 전환, 새로운 패러다임분야 창조 ※ 인간 게놈지도, 탄소 섬유, 레이저, 딥러닝, CRISPR 유전자 편집
개요도				

- **(미래개척 융합기술)** 미래도전가치 실현을 위한 2040 미래 시나리오를 개발하고 선점해야 할 미래개척(융합)분야 및 세부 기술 도출



□ 비전, 목표 및 추진방향

비전

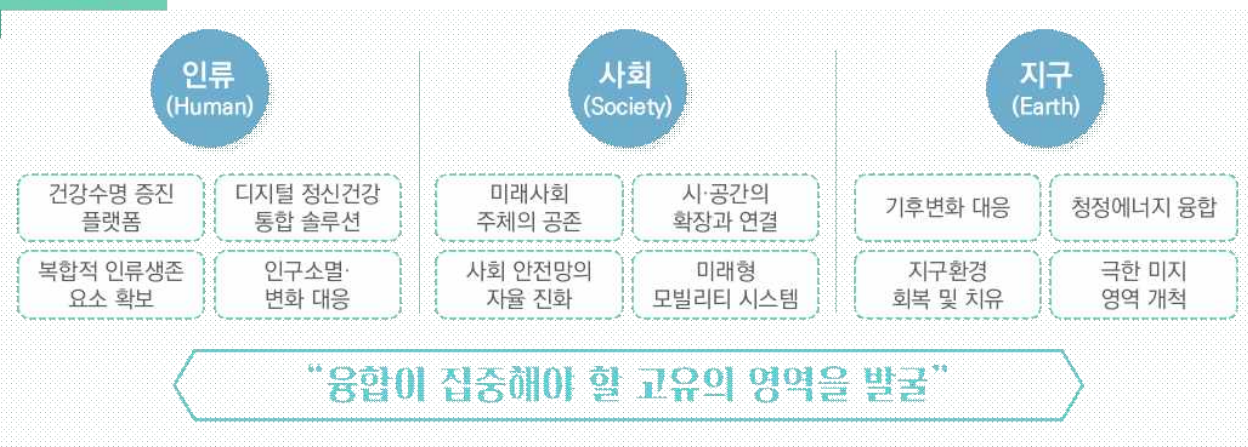
자유롭고 상생하는 **인류**, 한계와 제약이 없는 스마트 **사회**, 지속 가능한 **지구**

목표

- 1 국가 복합문제 해결을 위한 융합기술 개발(12건, '27년)
- 2 새로운 응용분야 창출로 신흥시장 개척 기여(3건, '27년)

추진방향

문제를 해결하고, 미래를 개척하는 융합기술



전략 및 추진과제

전략

1

경계 없는 융합연구

1. 변혁적 융합연구 촉진
2. 글로벌 융합연구의 전략성 강화
3. 초학제형 융합연구 견인

전략

2

견고한 융합 추진체계

4. 융합연구 추진체계 다각화
5. 융합에 특화된 평가체계 확립
6. 제도적 추진 동력 강화

전략

3

진화하는 융합 생태계

7. 융합연구 플랫폼 고도화
8. 협력과 소통의 질적 향상
9. 미래 융합인재 역량 강화

□ 전략 및 추진과제 주요 내용

[전략1] 경계 없는 융합연구

AS-IS	TO-BE
- 성공률이 높은 도전 연구 중심 - 일반R&D와 유사한 기술개발 중심 - 협력대상과 융합기술 매칭 기준 부재 - 개별 연구기관과 연구자에 의존 - 다학제/학제간 연구 운영 노하우 활용 미흡 - 초학제 연구 전주기 기획·설계에 관한 구조적 지원 빈약	- 실패 가능성은 높으나 기술 패러다임까지 전환할 수 있는 도전 융합사업 추진 - 전략성 기반의 국제 융합연구 확대 - 국제융합연구 전문성 강화, 연속성 확보 - 다학제/학제간 연구의 고도화 - 초학제 연구의 효과성 제고를 위한 기반 조성

① (변혁적 융합연구) 패러다임 전환형 도전적 융합연구 강화, 위험을 분산시킬 수 있는 포트폴리오형 융합사업 추진

패러다임 전환 사업 확대	포트폴리오형 융합사업 추진
- 위험성은 높지만, 미래를 주도할 수 있는 융합기술 엄선, 투자 확대 ※ (예시) 과기정통부 '한계도전 R&D 프로젝트' 추진, 미래융합이동체 계획 수립, 복지부 '한국형 ARPA-H 프로젝트' 등	급변하는 환경에 맞는 대안을 선택할 수 있도록 과제를 그룹 단위로 기획 및 평가하는 포트폴리오형 융합 프로그램 신규 추진

② (글로벌 융합연구) 선도국과 격차가 큰 융합연구 분야 중심으로 국제 협력 확대 등 글로벌 융합연구의 최적 경로 구축

선도형 글로벌 융합연구 강화	글로벌 융합연구 지원 센터 구축
- 국가 간 융합연구 성공경로 발굴·확산 - 기술 격차가 큰 융합 분야 선정 및 선도 기관과의 융합연구 확대 ※ (예시) 세포유전자치료 융합기술 선도기관 : 미국 NIH / 탐사로봇 융합기술 선도기관 : 미국 NASA, 독일 항공우주센터(DLR)	- 국제협력 중개, 정보 제공, 국제 행사 개최, 인력 매칭 등 국내 연구자의 해외진출 기반 마련 및 실효성 확보 ※ 해외 설치·운영 중인 (국내)기관을 우선적 활용 → 해외 연구기관과의 가교역할 수행

③ (초학제 융합연구) 성공적 연구사업 모델 확산을 통한 다학제·학제간 연구 고도화, 인문사회·지역 등 참여주체를 확대하는 초학제형 연구 건인

다학제, 학제 간 융합연구 고도화	연구자·비연구자 간 시너지 극대화	지역 융합연구 활성화
- 융합 특화 모델* 사업에 축적된 노하우를 타 사업에 확산 * NST융합연구사업, STEAM연구사업 등	- 다양한 분야 전문가 간 초학제 융합연구 콘텐츠 발굴 지원 ※ (예시) 방사청 '룬샷 프로젝트' 추진 - 융합코디네이터 풀 구축	- 권역별 지역 거점대학, 출연(연)을 중심 융합형 핵심기술 연구단 설치로 지역 전략산업·기술 융합 ※ 제6차 지방과학기술진흥종합계획('23~'27)과 연계

[전략2] 견고한 융합 추진체계

AS-IS	TO-BE
▪ 탑다운, 바텀업 등 기획 방향성에 초점 ▪ 기획 및 수행체계가 단순	▶ 종적(주체간)-횡적(분야별) 융합을 모두 고려한 복합 추진체계로 다각화
▪ 단기·계량적 성과에 초점을 둔 성과지표 ▪ 과학기술계로 편중된 평가위원 구성	▶ 성과평가 시기 유연 적용, 과정 평가 및 질적 보완지표 도입 ▶ 평가위원 다양화 및 교육 실시
▪ 「과학기술기본법」 제17조 하위법령 부재 ▪ 법적 근거 부재로 지원 기반 미약 ▪ 성과배분 기준 모호로 연구 유인 부족	▶ 「협동연구개발촉진법」 개정을 통해 구체적 법적 근거 마련 ▶ 성과 관리지침 개시 및 성과 활용 기회 확대

④ (추진체계 다각화) 혁신 주체 간 종적 융합, 기술·분야 간 횡적 융합을 동시 확대, 산-학-연-관 연계 강화

연-연	학-연
• 국가과학기술연구회(25개)-경제인문사회연구회(26개) 협력 강화 ※ (가칭)융합연구개발포럼 등 연계 추진 및 사업기획 정례화	• 집단지성 기반 분야별 학계 커뮤니티 연계를 통한 융합연구 주제 발굴 ※ 국내외 대형 학회 연계한 연구주제 발굴 프로세스 확립
산-관	관-관
• 다부처와 산업계 간 연계체계 강화 - 각 분야 부처와 산업 연합단체가 협력하여 융합연구 기획 및 합의된 목표 설정 - 융합연구 민간 자문단을 구성하여 산-관 공동참여 활성화	• 통합형 융합연구사업 지원체계 마련 및 협동성과지표(KPI)를 설정 • 문제해결 중심 사업체계 확립 및 경쟁적 과제선정 체제 ※ STEAM연구사업 개편 시 반영

⑤ (평가체계 개선) 전주기적 융합연구 평가방식 개선, 융합연구에 특화된 평가위원 구성 등 융합에 최적화된 평가체계 확립

전주기적 평가 방식 개선	최적화 평가위원 구성·육성
• 유형별 정교한 선정평가 기준 마련, ※ (예시) 다학제·학제간 연구 : 평가위원회 검토, 초학제 연구 : 수요자 패널평가, 변혁적 융합연구 : PM 중심 평가 등 • 연구 과정 존중 등 질적 성과 가치 부여 및 다양한 평가요소 고려	• 융합연구 평가위원 풀 구성 ※ 과기계 뿐 아니라 인문사회, 산업계 포괄 • 융합연구 평가교육 사전 실시 ※ 연구자 피드백 기반 우수 평가자 선별 및 보상 실시

⑥ (제도 개선) 추진동력 강화를 위한 「협동연구개발촉진법」 개정 추진, 융합연구 성과 창출 가이드라인 수립

협동연구개발촉진법 개정 추진	융합연구 성과창출 가이드 라인 마련
• 「협동연구개발촉진법」 융합연구 조항 전면적 신설·개정 → 법체계성 완결 ※ (예시) 「협동연구개발촉진법」 현행 16개 조 → 명칭 변경(협동·융합연구개발촉진법) 및 융합연구 정의 추가(복합문제 해법 제시를 위한 범(汎)학제형 도전연구) 등	• 융합연구개발 성과 관리지침 제시 • 성공요인 분석과 우수성과 사례 공유 • 후속 연구개발사업과 연계 강화 및 특허 지원 프로세스 마련 ※ 특허청 IP-R&D의 융합연구 적용 확대 및 특허 패키징 강화

[전략3] 진화하는 융합 생태계

AS-IS	TO-BE
- 학문·분야별 플랫폼이 산재 - 공신력 있는 융합연구 지수 부재 - 융합 특성 기반 합리적 분류체계 부재	- 분야·목적·기관별 분산된 데이터 플랫폼 연계 다차원 융합지수 개발을 통해 융합연구 모니터링 체계 확립 융합 표준분류체계 확립을 통해 미래유망 융합분야 선도
- 분야별, 기관별로 한정된 네트워크 조성 - 이종 분야 간 상호 이해와 학습 부족으로 인한 소통 어려움	- 전략적 네트워크 기획을 통한 분야·기관·사람 간 융합·협력 강화 융합연구자의 역량 강화를 위한 아카데미 개설
- 박사, 박사 후, 신진연구자의 융합역량 및 참여도 저조 - 신기술 등 미래변화 및 산업 수요 대응 융합인력 부족	대학을 주도로 한 학문후속세대 융합연구 참여 지원 미래변화와 산업수요에 대응할 수 있는 실전형 융합인재 양성

⑦ (플랫폼 고도화) 융합연구 데이터·콘텐츠 플랫폼 구축 및 운영, 융합 지수 등 융합연구 생태계 지원강화를 위한 모니터링 체계 구축

기획-정책으로 연결되는 융합 콘텐츠 제공	생태계 지원 모니터링 체계 구축	디지털 융복합 환경 조성
- 통합 데이터 제공 및 분석 서비스 구축 ※ NTIS의 R&DTAB 등과 연계 - 연구 파트너 탐색 지원 ※ (예시) NTIS 연구자업적서비스(KRI) 연동→ 인문사회 연구자 등록 추진	- 융합 표준분류체계 확립 → 중점융합 기술 도출 및 국가전략 수립에 활용 - 융합성 측정 방법론 개발 → 융합연구 환경변화 상시 모니터링 및 전략수립	융합연구자 간 디지털 협업 시스템 마련 ※ DARPA의 'Polyplexus'와 같은 지식 및 아이디어 공유 디지털 소통 환경 제공

⑧ (협력·소통강화) 연구자 및 기관 간 네트워크 강화, 융합연구 성과 확산을 위해 콘텐츠 기획 및 교육 확대를 통한 협력과 소통의 질적 향상

연구자 및 기관 간 협력 네트워크 확대	
- 결속력 높은 융합연구 커뮤니티 조성 및 타분야 공통 관심 주제에 대한 컨퍼런스, 세미나 개최 ※ (예시) AI 윤리에 대한 철학·사회학 및 과학기술계의 공동 컨퍼런스 개최 - 혁신성과 홍보 및 확산 강화 ※ 파급력 있는 유관 협회·학회 협력을 통한 성과 공유회 확대 - 융합연구 현장 역량 강화를 위해 융합 아카데미 신설	

⑨ (융합인재 양성) 융합 컨소시엄 중심의 융합역량 강화, 산업계 수요에 부합하는 실전형 융합인재 양성

융합 컨소시엄 중심 인재양성	수요기반 실전형 융합인재 양성
• 융합 교육과정 공동 운영 및 대학의 융합 교육·연구의 허브 역할 강화 ※ 과기정통부 데이터사이언스융합인재양성 사업 등	• 실전형 인재 양성 프로그램 시행 ※ 과기정통부 '과학기술 혁신인재양성사업'과 연계 • '일터-대학·연구원' 연계 순환형 교육 체계 구축

4. 참고사항

□ 과학기술기본계획 및 유관 계획간 연계성 검토 결과

구분	부처 검토의견
「5차 과학기술기본계획」 연계 현황 ※ 17개 추진과제와 연계 현황	○ (1-1) 임무중심 문제해결을 위한 R&D 전략성 강화 ○ (2-5) 과학기술 외교·협력 리더십 확보 ○ (2-1) 민간 주도 혁신을 통한 성장동력 확보 ○ (1-4) 미래 핵심인재 양성·확보

제4차 융합연구개발 활성화 기본계획('23~'27)[안]

2023. 12. 20



과학기술정보통신부

순 서

I. 수립 배경	1
II. 정책여건 분석 및 시사점	7
1. 해외 융합연구 정책동향	7
2. 우리나라 융합연구 현황	10
3. 진단과 평가	11
4. 4차 기본계획 수립방향	12
III. 미래개척 융합분야	14
1. 핵심 방향	14
2. 2040 미래 시나리오	14
3. 미래개척 융합분야와 기술	16
IV. 비전, 목표 및 추진전략	18
V. 전략별 추진과제	19
1. 경계 없는 융합연구	19
2. 견고한 융합 추진체계	25
3. 진화하는 융합 생태계	33
VI. 기대효과 및 과제별 소관부처	41

I. 수립 배경

1 추진 배경

□ **대외** 해결하기 어려운 도전 영역의 급증

- 그간 기하급수적인 과학기술 발전에도 글로벌 문제와 국가적 위기는 증가하는 추세, 이에 대한 해법 마련이 시급
 - ※ 기후변화, 탄소중립, 신종 감염병, 생물다양성 손실, 자연재해, 저출생 및 지역소멸 등
- 주요 국가들은 **첨단 신산업 주도권 확보**를 위해 국가별 중점기술을 지정하고 개발·확보의 전략성을 강화
 - ※ (미국) 기술패권경쟁 승리를 위해 인공지능 및 반도체 포함 연관 첨단산업 역량 제고에 총 520억 달러 규모로 투자 및 R&D 지원(Chips Act, '22)
 - ※ (EU) 6개 전략기술 분야(반도체, 전지 등) 선정 및 협력 연구 지원 확대
- 복합문제의 원인에 대한 다각적인 진단, 기술과 사회가 함께 해결하는 **총체적 국가 통합 솔루션 필요**
 - 인문사회를 포함한 다양한 분야가 함께 협력·참여함으로써 과학과 실천의 영역을 허물고 두 영역의 공동 발전이 긴요해진 시점

□ **대내** 국가정책 간 연계성 강화 및 융합정책의 실효성 확보 필요

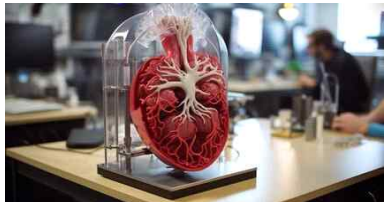
- 제5차 과학기술기본계획* 및 12대 국가전략기술** 등 상위 국가 과학 기술 정책과의 상호 연계성 및 정합성 강화 필요
 - * 과학기술기본계획 內 전체 전략에서 인재 양성, 일자리, 연구 경쟁력, 보안 등 '융합' 관련 추진과제 명시 및 '전략2'에서 융합연구 기본계획과의 연계 추진 명시
 - ** 과학기술 분야를 넘어 경제·외교·안보적 가치가 높은 12대 분야 50개 세부기술
- 제3차 융합연구개발 활성화 기본계획의 5년 주기 연동계획(rolling plan)을 수립, 추진체계와 전략과제를 보완·구체화 필요
 - 과학기술 혁신과정에서 성공적 수단으로 자리 잡은 '융합'의 효과를 극대화하기 위해 '연구'의 전략성과 실효성의 제고가 요구
 - ※ 3차 기본계획에서 장기적 안목을 가질 수 있도록 기본계획을 10년 주기로 수립하되, 경제·사회적 변화 등을 감안하여 5년 주기 연동계획(rolling plan) 추진토록 규정

2 왜, 여전히 융합인가?

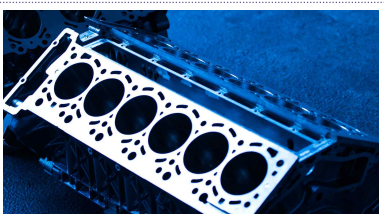
- 융합의 중요성, 자발적 융합의 강조만으로는 기술사회 전반에 의미가 약화
 - 지난 1~3차 융합 기본계획을 통해 융합의 부상을 알리고, 융합적 시도의 강조와 융합을 활성화할 수 있는 방법론을 일반화
 - 그 결과, 대부분의 기술기반 국가계획·전략에서 테마기술* 관련 융합기술 영역을 발굴하고 있으며, 융합을 통한 문제해결을 강조
 - * 공공/우주, 생명/의료, 에너지/환경, ICT, 기계/소재, 기초/기반 등
- 이제는 융합만이 가진 속성을 발휘할 수 있는 영역이 미래사회 Key Performance의 원동력 → ‘융합’이 집중해야 할 고유영역
 - #경계의 탈피, #무한 가능성, #예측 불가, #도전성, #한계 극복 등
 - (다양성 창출 기반) 새로운 접점을 발굴해 기존에 없던 분야를 창출하고, 다양한 시도를 통해 더 나은 해법을 찾아가는 연구
 - ※ (대표 사업 예시) 과학기술인문사회융합, 합성생물학 등
 - (가능성의 시험 무대) 융합을 통해 도전 가치를 증명하는 연구
 - 단기간의 성공을 보장할 수 없으나, 도전 영역을 발굴하고, 기존 분야·방식과는 다른 접근을 시도하고자 하는 연구
 - ※ (대표 사업 예시) 미래유망융합기술파이오니어, 과학난제도전, 한계도전프로젝트
 - (혁신성의 근간) 이미 견고한 기존 체제 내 분야주체·국경 간 협력을 넘는 융합을 통해 혁신 창출의 동인을 만드는 연구
 - ※ (예시) 지역-글로벌 융합연구, 중견-신진-미래세대 연구자 융합연구
- 융합의 ‘장려’를 넘어, 전략적 ‘융합의 설계’를 통해 미래 가능성 개척 및 성공 확률을 높이는 것 → 융합이 나아가야 할 New Generation
 - 도전적 시도를 유인하는 사업, 시행착오 축적·공유 체계, 경계를 넘는 전략적 연구 네트워크 구축에 ‘융합’이 앞장서야 함

참고1 융합으로만 가능한 혁신

□ 3D 프린팅과 융합

분야(국가)	성 과	
생명공학 (미국)	신체 건강수명의 연장 - 인간 모세혈관을 고속으로 출력(Prellis Biologics 社) - 인공신장을 통째로 제작(Iviva Medical 社)	
건축공학 (독일)	건축 패러다임의 전환 (COBOD, PERI 3D Construction 社) - 하이델베르크에 100% 재활용 콘크리트로 54m×11m×9m 규모 건물을 140시간 만에 완공 - 상주 노동자는 2명으로 인건비를 대폭 감소하고, 탄소 배출량은 55% 감소시킴	
전자공학 (한국, 일본)	전자회로 제작의 혁신 - 유연한 플라스틱 기판 위에 3차원 듀얼 게이트 소자구조 도입 - 반도체 집적도를 높여 2배 이상 성능 향상(포항공과대학교, 일본 야마가타 대학교)	

□ ICT · 데이터 과학과 융합

분야(국가)	성 과	
생물학 (한국)	유전정보 분석의 기하급수적 발전 (마크로젠 社) - 바이오인포매틱스 : 염기서열분석(NGS) 기법 등 대량 유전정보 분석 - 국내 유일 글로벌 유전체 분석 톱10 기업(8위) - 세계 최고 완성도 한국인 표준 유전체 수립	
재료공학 (미국)	제조공정 혁신 및 신 연구분야 창출 (Ford 社) - 전산재료공학(ICME)의 기능 및 이점을 활용한 가상 알루미늄 주조(VAC) 개발 및 도입 - 알루미늄 공정·부품 개발 시간을 15~25% 절약, 초기 투자비용의 3~9배 경제적 효과 창출	
의학 (미국)	감염병 대응 백신개발의 가속화 (Moderna 社) 정보 분자로 여겨지는 mRNA를 AI 기술을 활용하여 자동 수행 시스템 구축, 데이터 분석, 임상시험 후 1년 내 백신 긴급승인 획득	

3 그간의 추진 경과

□ 제1차 국가융합기술발전기본계획('09~'13, 국과심 운영위)

- 타 기본계획과의 연계 및 차별성을 강조하여 융합기술발전 계획의 기반을 구축
 - 국가 차원의 전략적 접근을 통한 신성장동력 창출 기반 원천기술 개발, 융합기술 R&D 관련 장비·시설 및 전문인력 양성기관 신설·확대
 - 그러나 기술의 시장규모와 성공가능성 등 경제성 중심의 기술개발로, 건강·안전 등 사회문제 해결을 위한 연구개발 및 사업화 연계 미흡

□ 제2차 창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략('14~'18, 국과심 운영위)

- 비(非)기술 분야 간 융합연구를 강조하고 융합기술발전전략 기반을 구축하고자 추진 방향을 범분야 융합연구 지원으로 확대 설정
 - 학제 간 연구가 1.1조 원('09년)에서 2.5조 원('16년)으로 확대되었고, 문제해결을 위한 다양한 융합의 범위, 영역 및 인식 확대
 - 그러나 혁신·도전적 융합연구 지원 환경과 타 분야 연구자와의 교류·협력을 확대하기 위한 제도*·인프라 구축이 다소 미비

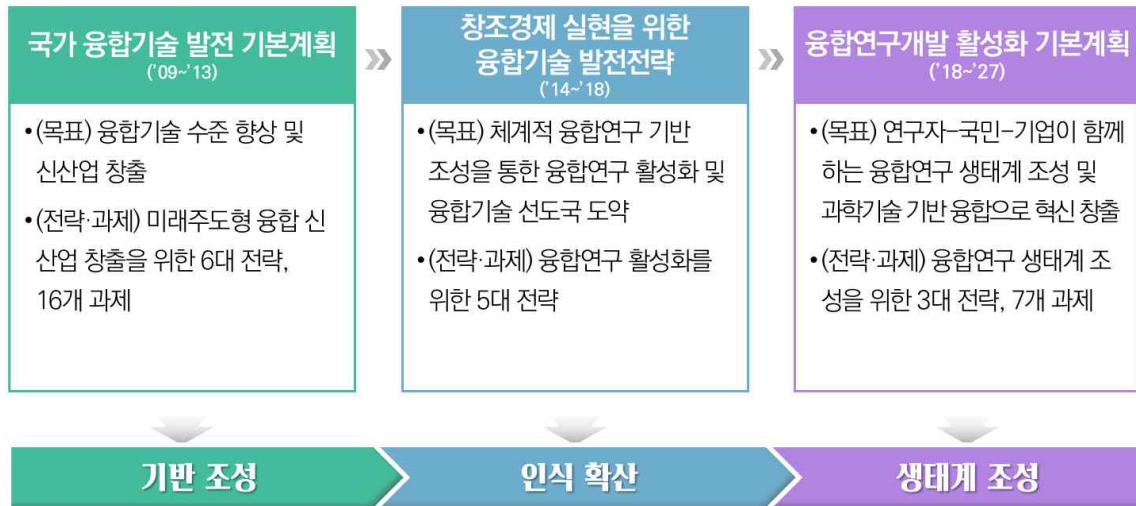
* 現 「과학기술기본법」(제17조 제4항)상 융합연구개발 촉진 조문은 구체성이 부족하여 정부가 융합연구개발을 체계적으로 지원하기 위한 근거 보완 필요

□ 제3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27, 국과심 다부처특위)

- 융합R&D 전주기 과정을 고려해 미래사회 대응을 위한 새로운 융합 R&D 추진 및 효율화 전략 수립을 기본방향으로 설정
- 부처 간, 연구자 간 협력 증대를 위해 지원체계*를 정비하고, 기초연구 지원 및 원천기술 개발을 통한 국민체감형 연구성과 확대

* 다부처협력특별위원회 개편, 미래융합협의회 출범 등 다양한 협력 기반 조성 추진

□ 융합연구 기본계획의 진화



- 융합연구 기반 조성(1차) → 융합연구의 중요성 강조를 통한 인식의 범위 및 영역 확산(2차) → 융합연구 활성화를 위한 생태계 조성·확산(3차)

□ 국가연구개발사업 융합연구 대표성과

연도	성과	세부 내용	개요도
'22	<세계적 저널 게재> 통증 실험 기반 통증 정도를 예측할 수 있는 뇌영상 바이오마커 개발	• (기관) 기초과학연구원 • (내용) LAR 뇌 영상 통증 바이오 마커를 통해 캡사이신에 의해 유발된 지속적 통증 정도를 정확히 예측할 수 있는 기술을 개발, 환자들의 전반적인 통증 점수를 예측 가능 ※ Nature Medicine 게재('21.1)	
'21	< 삶의 질 향상> 수요 맞춤형 실감형 3D 도시모델 갱신 및 지원 기술	• (기관) 한국전자통신연구원 • (내용) 가상훈련, 재난안전, 디지털트윈, 메타버스 등 수요 맞춤형 저비용 3D 공간객체 모델링과 실감형 3D 도시모델 저작 및 혼합현실 제공 기술개발 ※ 산업부, 행안부, 문체부 등 다양한 산업과 기술과 콘텐츠 연계를 위한 테스트베드 구축, 가시적 연구 성과 창출	
'21	<글로벌 기술이전> 박테리아 생장작용에 기반한 수처리 구조물 보수 공법	• (기관) 경기대학교 • (내용) 세계 최초의 바이오 융·복합 건설 유지관리 기술 개발을 통해 노후 수처리 시설물에 대한 공공 안전성 향상 및 신산업 창출 및 글로벌 기술이전 수행 ※ 베트남 TKA-Vietnam 사와 기술이전 계약(20만 달러)을 체결하여 해외시장 진출 및 중국, 홍콩 및 캐나다에도 기술이전	
'20	<핵심기술 국산화> 세계 최고 수준의 '200년 가는 슈퍼콘크리트' 기술개발 및 상용화	• (기관) 한국건설기술연구원 • (내용) 세계 최고 수준의 초고성능 콘크리트 재료·구조 기술개발을 통해 건설 신재료 분야 퍼스트 무버로서 세계선도 및 수주 견인 및 국제 경쟁력 확보 ※ 슈퍼콘크리트는 미국 IOWA 주 'Hawkeye 교량' 및 미얀마 양곤-만달레이 고속도로 'Ka Thae Myaung' 교량 건설을 시작으로 국내에는 춘천대교, 고덕대교 건설에 적용	

4 수립 근거, 추진체계 및 경과

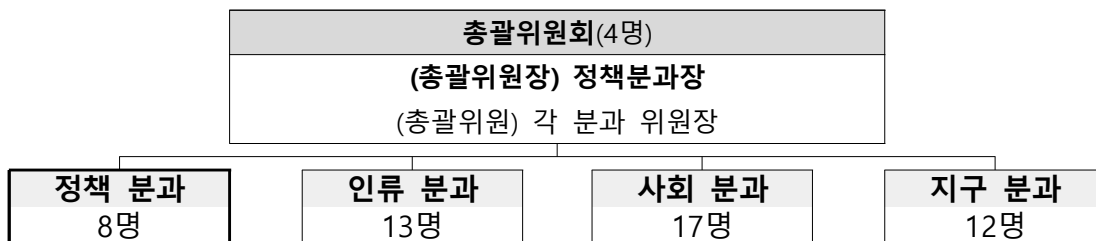
□ 수립 근거

- 「과학기술기본법」 제17조(협동·융합연구개발의촉진), 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획(‘18~’27)」(‘18.6)

▪ 과학기술기본법 §17 ④정부는 신기술 상호 간 또는 신기술과 학문·문화·예술 및 산업 간의 융합연구개발을 촉진하기 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.

□ 추진절차 및 체계

- (절차) 융합으로 창출해야 할 미래도전가치 발굴 → 미래 시나리오마련 → 융합분야, 기술 및 추진과제 도출 → 융합연구 정책 및 사업 적용
- (체계) 초학제형 수립위원회 구성^(54명)·운영, 미래융합전략센터 지원
- 인문사회 전문가 필수로 참여한 정책 및 기술 분과(인류/사회/지구) 운영



□ 추진 경과

- 기본계획 수립·추진을 위한 자문위원회 개최(‘22.5~6)
 - 융합 R&D 발전전략 구성 및 기본방향 논의를 위한 사전 검토·기획 회의 개최
- 융합연구 활성화 설문조사 실시(‘22.11)
 - 융합연구개발 활성화 정책수립을 위한 의견 수집(총 1,045명 참여)
- 기본계획 추진방향 설정(‘23.4)
 - 사전 분석내용, 설문조사 및 자문위원회 개최 개요 마련
- 국가연구개발사업 우수연구성과 100선 융합분야 연구자 인터뷰(‘23.5)
 - 융합연구 성공요인 심층 인터뷰 조사
- 전략수립 워크숍 개최(‘23.5)
 - 전략 방향 및 추진과제 구체화 의견수렴
 - 한국연구재단, 국가과학기술연구회, 미래융합전략센터, 국가나노기술정책센터, 컨설팅 기업 등 참여
- 제6회 과학기술예측조사의 미래기술에 대한 융합성 평가(‘23.7~8)
 - 전문가 300명을 대상으로 241개의 미래기술에 대한 국가 차원의 복합문제 해결 기여도, 초학제성, 도전성, 미래 개척성 등 평가
- 4차 융합연구개발 활성화 기본계획 수립위원회 운영(‘23.7~8)
 - 정책 및 기술분과위원회 구성, 기본계획 비전, 목표, 전략수립 미래개척기술 도출 및 로드맵 마련

II. 정책여건 분석 및 시사점

1 해외 융합연구 정책 동향

□ 미국

○ 국가 차원의 사회적 과제 해결을 위해 다차원적 융합연구 촉진 지원

- 융합연구 활성화를 위해 다중기관 연구개발*을 최우선 순위로 설정

* 2개 이상의 주체(Multi-Agency)가 모여 공동 수행하는 연구사업(백악관 보고서, '21.8)

- 미국국립과학재단(NSF)은 '10 Big Ideas' 중 융합연구발전(Growing Convergence Research)에서 과학적 질문이나 시급한 사회적 요구를 바탕으로 학제간 통합을 유도

- 국가 차원의 기술·사회적 과제 해결을 위해 융합연구 촉진 가속화를 목적으로 융합 액셀러레이터(Convergence Accelerator)* 프로그램 추진('19~)

* 융합연구 가속화를 위한 융합 액셀러레이터(Convergence Accelerator, CA)를 통해 다양한 협력연구 지원(연간 약 600억원 규모)

- 산-학-연-관 전략적 파트너십 강화를 위해 TIP(Directorate for Technology, Innovation and Partnerships) 신설('22.3)

* 융합 액셀러레이터 프로그램 관리와 더불어 ①혁신 생태계 육성, ②기초연구 결과의 상용화 가속화, ③공공 및 민간 파트너십 확대·지원 등 3가지 역할 수행

○ 미지 영역 선점을 위한 도전형 융합연구 강화

- DARPA, DOE*, NIH** 중심으로 연구자들에게 고위험을 감수할 수 있는 도전적 융합연구 프로그램을 통해 혁신 연구성과 창출의 기회 제공

* 미국 에너지부 ARPA-E/C : 국방부의 DARPA 모델을 차용한 고위험-고보상 연구 프로그램

** HRHR(High-Risk, High-Reward Research) : 지원 대상 및 연구전략에 따라 4개의 세부 프로그램으로 구성, 고위험 혁신연구 특성 반영을 위해 기존 평가방식 탈피

The US America COMPETES Act(2007~)

미국은 일찍이 고위험·고보상 도전연구의 세 가지 필수요소를 법에 명시, 현재까지 융합을 도전연구의 필수요건으로 공식화 : ①근본적 과학·기술적 도전과제의 존재, ②이를 극복하기 위해 다학제 연구 수행, ③고도의 참신성 필요

□ EU

○ 글로벌 해결, 지속 가능한 발전을 목표로 임무지향형 융합 R&D 확대

- Horizon Europe('21~'27) 프로그램*에 7년간 총 955억 유로 지원 예정

* (5가지 미션) ①기후변화 적응, ②암 극복, ③건강한 해양, ④기후 중립 및 스마트시티, ⑤토양 건강과 식량

- 특히, Horizon 2020에서 Horizon Europe으로 변경되면서 기존 사업 구조를 전면 개편, 전 유럽을 단일 연구지대(ERA)*로 구축하여 연구 재정지원 강화

* 각 회원국 간 연구개발의 중복투자 방지, 자유로운 협력 보장, EU내 우수성과 공유 등이 원활히 이루어지도록 유럽을 단일연구공간으로 구현하는 연구개발시스템

Horizon 2020('14~'20)		Horizon Europe('21~'27)	
Pillar1	과학적 탁월성	과학적 탁월성	Pillar1
Pillar2	산업 리더십 창출	글로벌 도전과 산업 경쟁력	Pillar2*
Pillar3	사회적 현안 해결		
기반	유럽혁신기술연구소 + 기타	유럽의 혁신	Pillar3
		참여 확대 및 유럽연구지대(ERA) 강화	기반

* EU의 정책 우선순위 반영을 위해 기존 Pillar 2와 3을 통합, 7년간 총 955억 유로 중 Pillar2에 535억 유로(56%)를 투자해 도전성 강화에 집중투자

- 융합연구 협력 플랫폼으로서 Horizon Europe 내 유럽혁신위원회(European Innovation Council) 신설, 목적 중심의 민-관 협업 연구 촉진('21.3)

□ 중국

○ 중앙집권·전략적 계획 수립, 학제 간 융합 및 응용연구 강조

- 국민경제사회발전 제14차 5개년 계획('21~'25)의 일환으로 '기초연구 10년 행동방안'을 마련하여 경제·사회 발전 도모

- 중국과학교육전략연구원 주도의 국가 전략 계획인 '21년 중대 분야 크로스 프런티어* 발표, 학제 간 융합을 변혁의 핵심 구동력으로 명시('21.09)

* 신약 창조, 미래 컴퓨팅, 인공 합성생물, 인공지능+게놈 편집, 뇌-인지-인공지능 융복합 등 5개 주요 분야 선정과 분야별 10개의 유망기술을 제시

- 코로나19에 따른 경기침체 회복을 위해 5G 통신망, IoT 등 신 인프라*를 구축, 이를 공동 활용함으로써 협력 촉진

- * 기술혁신을 위한 정보 네트워크 기반 확대와 디지털 구조전환, 스마트 업그레이드, 융합혁신 등의 새로운 서비스를 제공하는 인프라 체계(국가발전개혁위원회, '20.4)
- 특히, 정보화+공업화가 융합하는 양화 융합 바탕의 빅데이터 센터 건설, 빅데이터 수요-공급 연계 강화, 빅데이터+기타 기술 통합 추진

□ 일본

- 지속가능한 사회 실현 및 사회문제 대응을 위한 융합 R&D 기반 마련
- '과학기술기본법'을 '과학기술·혁신기본법'으로 개정('21.4), 모든 분야 (인문사회 포함)의 지식을 종합적으로 활용 명시

※ 제6기 과학기술·혁신기본계획('21~'25) 추진을 통해 인문·사회·자연과학을 융합한 종합적인 지식을 강조, 이를 통한 과학기술 분야의 혁신기술 창출 도모

- 도전적 융합 추진을 위해 '문샷(moon shot) 연구개발'을 중심으로 '50년까지 달성 목표*'를 설정하고, 전문 인재 역량을 결집하여 추진('20.1)

* ①공간, 시간 제약에서 해방된 사회 실현 ②전주기 질환 예방, ③인간과 공존하는 로봇, ④지구환경 재생을 위한 자원 순환 ⑤생물 기능에 의한 식량 생산, ⑥다용도 양자 컴퓨터

<국가 간 융합연구 전략 상대 비교>

국가	비교
 VS. 	▪ (미국) 특화 프로그램(Convergence Accelerator)을 통해 융합연구 촉진 ▪ (EU)는 상대적으로 특정 분야 간 또는 분야 내 학제 간 협업에 초점
 VS. 	▪ (미국) 효과성 제고를 위해 산업계·지역사회 등 이해관계자 협력 강조 ▪ (일본) '과학기술·혁신 기본계획'과 연계 중심
 VS. 	▪ (미국) 인공지능, 나노기술, 생명공학과 같은 신흥 분야 집중 ▪ (중국) 에너지, 환경, 건강과 같은 사회문제 해결형 융합연구 강조
 VS. 	▪ (EU) 타 기관과 타 국가 간 협력 강조, 신기술 개발과 실용화 중심 ▪ (일본) 기관 내 타 분야 연구자 간 협력 초점, 기초연구 강조
 VS. 	▪ (EU) 과학기술, 사회과학, 인문학 통합에 집중 ▪ (중국) 공학, 물리학 및 생명과학의 통합에 더 큰 중점
 VS. 	▪ (일본) 정부 과학기술종합계획 연계 중심 ▪ (중국) 제조업, 서비스 산업 혁신을 위한 산업융합 기술개발에 큰 비중

☞ 기술간 융합을 넘어 문제해결을 위한 도전형 융합연구로 정책변화, 대규모 연구비 투입과 함께 협력 강화 프로그램 확대

2 우리나라 융합연구 현황

□ 융합연구 투자 규모 및 성과는 꾸준히 확대

- (투자 성과 증대) 융합연구 투자실적은 1.6조 원('09)에서 5.6조 원('22)으로 3배 이상 증가, 논문, 특허 및 기술료 등 전반적인 성과 증대

※ 논문 8,523건('09)→16,184건('21), 특허 7,480건('09)→12,036건('21),
기술료 196억 원('09)→1,748억 원('21) 등

투자실적	과학적성과	기술적성과(출원 및 등록)		경제적 성과	
	국내외 논문	국내특허	국외특허	기술료	사업화
5조 6,287억 원 (’22년 계획기준)	1만 6,184편	9,899건	2,137건	1,748억 원	2,800건
		12,036건			

- 융합연구 활성화 수준은 목표치 대비 최대 102% 달성('19년) 및 국가 혁신역량 순위 6위('19년)로 목표 조기 달성

성과 목표	구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	...	'27
융합연구 활성화 수준	목표	(신규)	2.53	2.66	2.80	2.94	3.08	...	4.0점
	실적	2.4	2.53	2.72	2.54	2.72	2.75	...	
	달성도(%)		100	102	91	93	89	...	
우리나라 혁신역량*	목표	(신규)	17위	16위	15위	14위	13위	...	10위
	실적	18위	8위	6위	-	-	-		
	달성도(%)		달성	달성	-	-	-		

* WEF 세계경쟁력보고서(The Global Competitiveness Report) 혁신역량순위로, 코로나
위기로 '20년부터 보고서 미발표

□ 부처별로 미래유망 융합분야 선도를 위한 연구사업 추진

- 19개 중앙행정기관*(11부, 1처, 7청)이 참여, 국가연구개발사업**추진 중

* 교육부, 과기정통부, 행안부, 문체부, 농식품부, 산업부, 복지부, 환경부, 국토부, 해수부,
중기부, 식약처, 방사청, 경찰청, 소방청, 농진청, 특허청, 질병관리청, 기상청

** 「제3차 융합연구개발 활성화 기본계획」의 7대 중점과제 관련 사업

< 최근 융합연구 신규사업 추진현황 >

- ('20년) 과학난제도전 융합연구개발(과기정통부), 농촌현안해결 리빙랩 프로젝트(농식품부), 규제샌드박스 융합신제품 인증기술개발(산업부) 등 15개
- ('21년) BRIDGE융합기술개발(과기정통부), 스마트팜다부처패키지혁신기술개발(농식품부, 과기정통부, 농진청) 등 37개
- ('22년) 디지털융합R&D플랫폼구축(과기정통부), 리빙랩활용R&D(중기부), 디지털농업기술 단기고도화(농진청) 등 27개

3 진단과 평가

□ ‘과녁’ 을 제대로 그리고 조준하는 전략 필요

- 그간의 융합연구는 정책·기술상의 환경 변화를 반영했음에도 연구자 수요 중심, Bottom-Up 방식의 한계로 성과 창출의 추진력이 부족
 - 융합연구의 단기적 성과 중심의 지원으로 국가 차원의 방향성을 모색하기 어려웠으며, 융합연구 활성화라는 목표 달성에 미비점 발생
 - 기존 융합연구 기본계획은 중점과제가 광범위하여 목표 설정의 구체성이 부족함에 따라 전략의 이행력이 다소 저하
- 미래를 조망·계획하여 탄력성과 유연성을 가진 전략을 수립하고, 이를 통해 미래 변화에 민첩하게 대응하는 방안 모색 필요
 - 융합 R&D의 전략적 목표 설정과 투자를 통해 국가 연구개발의 투자 포트폴리오를 다각화하고 잠재력을 증대

※ 국가의 차세대 성장동력을 확보하기 위해 미래전략기술 분야에 2.5조원을 투자 ('24년 국가연구개발사업 예산 배분·조정(안))

☞ 융합연구 재원의 전략적 배분을 위해 중점 추진 분야를 발굴하고, 집중 육성하는 등 ‘전략성’ 을 강화할 필요

□ 미래 사회문제와 기술이 복잡하게 얽혀져 융합연구 지평을 확장할 시기

- 그간 기술과 학문의 융합을 중심으로 수립한 정책과 실제 현장 간의 괴리로 인해 융합연구 활성화 동력 약화 및 체감도 저하
 - 학제적, 초학제적 연구방법론을 지향하고는 있지만 통상적으로 분과학문의 방법론이 사용되는 경우가 많고,
 - 사회과학적 지식이나 사용자들의 현장 지식은 부가적으로 활용되는 데에 그치는 실상

☞ 분야·기술 간 ‘수평적’ 융합에 국한하지 않고, 정책, 연구, 민간 등 다양한 주체들 간의 ‘수직적’ 융합을 아우르는 통합적 융합전략 필요

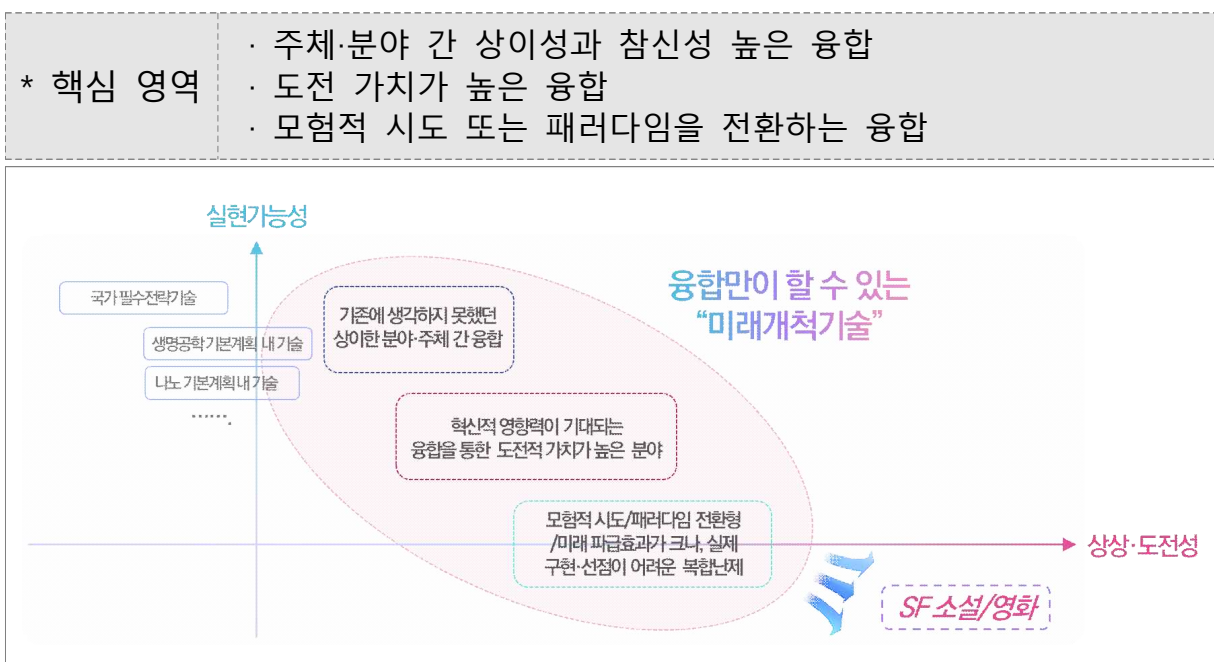
4 4차 기본계획 수립방향

□ 복합문제에 맞서는 도전적 융합전략 설계

- (위기의 인식) 성장의 문제뿐만 아니라, 인류생존 자체*의 위기 진단, 원인 규명, 해결 가능성 등에 대한 공론화
 - * 극한 기후변화, 팬데믹, 환경 오염, 에너지 고갈, 식량자원 부족 등
- 현안대응형 일시적 기술에 대한 전략만으로는 더 이상의 국가·사회·국민적 공감을 얻기 어려움
- (상상을 통한 돌파구) 초월적 상상 기반의 미래 시나리오를 통해 개인을 넘어 공동체적 번영과 전지구적 가치 실현 방안을 가정
 - 위기가 해소된 미래의 청사진을 그리고, 그로부터 우리가 앞으로 나아가야 할 방향과 필요한 기술·사회·문화적 요소들을 도출
- (도전 가치의 실현) 밝은 미래를 향해 도전 가치 영역을 발굴하고, 이를 실현하기 위한 융합적 전략 설계

□ 밝은 미래를 향한 미래개척기술 개발

- 기존 분야 보다 상상도전성이 높으며, 융합을 통해서 실현 가능성을 높여갈 수 있는 분야 설정



□ 융합정책 영역의 확장

○ 융합연구의 정의와 유형을 새롭게 설정·확장하여, 미래 주도를 위한 융합 R&D 전략 및 과제 추진

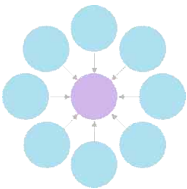
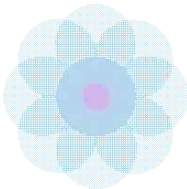
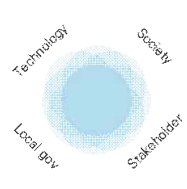
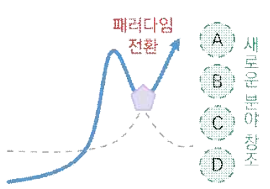
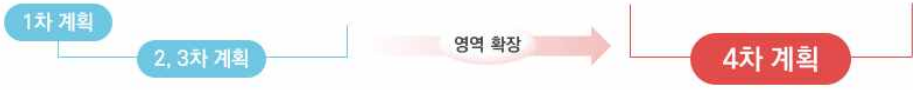
- (정의) 기존 과학기술로만 해결할 수 없는 복합문제*에 해법을 제시하고, 미래기술개발에 도전하는 범(汎)학제형 협력연구

* 해결이 어려운 문제(Wicked problems) 및 사회적 도전과제(Societal challenges)

※ (3차 기본계획 상 정의) 융합을 통한 성과를 새로운 가치로 연결·확산하기 위하여 R&D 전 과정에 걸쳐 이루어지는 활동

- (유형) 융합연구를 4대 유형으로 세분화하여 정책 대상·투자범위를 명확화, 종적·횡적 융합정책의 균형을 통해 정책의 실효성 제고

- (체계) 현장간담회, 전문가 검토회의 등을 통한 임무 도출 및 각 이해관계자로 구성된 체계적인 위원회 구성으로 계획의 내실화 도모

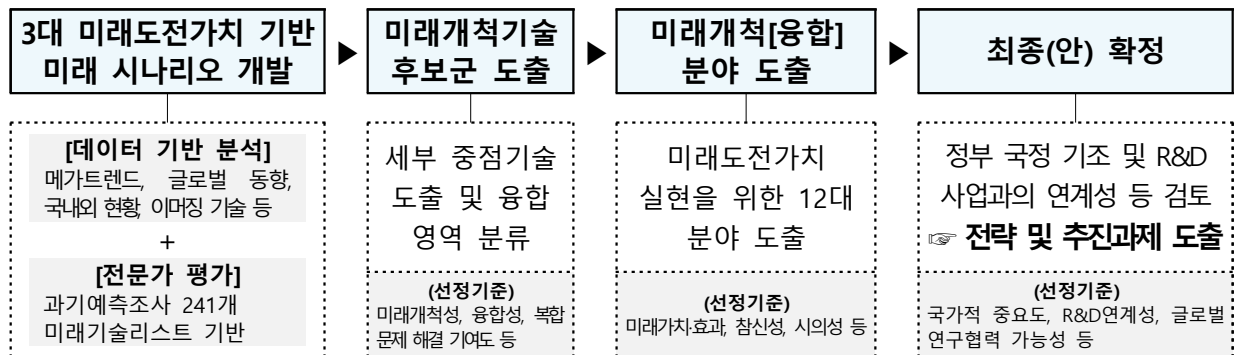
	다학제 연구 Multidisciplinary research	학제 간 연구 Interdisciplinary research	초학제 연구 Transdisciplinary research	변혁적 연구 Transformative research
설명	- 다른 학문 분야가 하나의 문제에 대해 병렬적으로 연구 - 지식을 교환하지만, 새롭고 통합된 지식과 이론을 만들기 위해 주제의 경계를 넘지는 않음	- 공통 목표를 달성하기 위해 주제 경계를 넘나드는 방식으로 관련되지 않은 여러 학문 분야를 포함 ※ 신경과학 (생물학, 물리학, 공학)	- 인문사회 및 비학계의 적극적 참여를 통해 새로운 지식 창출, 공통 목표 달성 (과학지식의 보완·변형) ※ 기후변화(농업, 기후과학, 수문학, 생물다양성, 역사, 사회), 모빌리티(공학, 보건의료, 사회심리학, 법학)	- 과학, 공학 또는 교육에서 중요한 기존 개념에 대한 이해를 근본적으로 전환, 새로운 패러다임분야 창조 ※ 인간 게놈지도, 탄소 섬유, 레이저, 딥러닝, CRISPR 유전자 편집
개요도				
				

III. 미래개척 융합분야

1 핵심 방향

□ 개 요

- (목적) 융합연구의 중장기 비전을 실현하기 위해, 우리가 나아가야 할 미래를 분석하여 향후 추진해야 할 전략과 구체적인 추진과제 도출
- (방법) 미래 모습을 가정하고, 그로부터 우리가 선점해야 할 미래 개척(융합)전략분야 및 세부 중점기술 도출



2 2040 미래 시나리오

□ 3대 미래도전가치 발굴

- 개인·공동체·국가·지구촌 문제를 미래학·인류학 관점으로 재해석, ‘인류-사회-지구’에 대한 3대 미래도전가치 발굴

※ 융합의 전 세계적 부상을 이끈 NBIC 이니셔티브, 지속가능개발목표(SDGs), 미래학과 인류학적 접근, 환경분석 진행



□ 2040 시나리오 - ‘융합연구로 개척하는 미래’

미래질문과 시나리오 #01

인류는 자유롭고, 상생하며 살 수 있을까?

- 01 **초고령화 사회, 건강한 노년의 꿈을 이루다**
- 02 **저출산 위기, 난임 치료 기술로 이겨내다**
- 03 **심각한 취업난, ‘헬 매치드’로 달라지다**
- 04 **지방 의료 공백, ‘내 결의 의사’로 사라지다**

미래 초고령화 사회에서 디지털 트윈 구현을 통한 맞춤 의료, 유전자 재프로그래밍 기술 등으로 노년층은 치매, 뇌졸중 등 노인성 질환에 대한 걱정을 덜고 전보다 더 활기찬 ‘건강한 노년’을 보낸다. 갈수록 심각해지던 저출산 위기는 난임 치료 기술에 힘입은 23만여 난임부부들의 건강한 아이 출산으로 점차 사라진다. 사회적 불안감을 안겨주던 청년 취업난과 미스매치는 미래 변화에 적합한 융합교육을 이수한 구직자와 기업 간의 ‘헬매치드’ 현상으로 해소된다. 노년층 수에 비해 의사가 적어 어려움을 겪던 지방 소도시의 의료공백은 의료용 바디케어 로봇이 메운다.



미래질문과 시나리오 #02

한계와 제약이 없는 스마트 사회가 구현될까?

- 01 **불안한 사회 범죄, 체계적으로 사전 차단하다**
- 02 **교통혼잡과 사고, 실시간 데이터 공유로 감소하다**
- 03 **장애인 학습권 제약, 다중감각 교육으로 사라지다**
- 04 **공급망 위기, 선제 대응으로 이겨내다**

살인, 테러 등 불안한 사회 범죄는 기기 간 실시간 데이터 공유 및 심층 분석, 경찰의 선제적 출동으로 사전에 차단된다. 자동차 대수와 비례하여 꾸준히 증가하던 교통사고 건수와 교통혼잡도는 차량 간 위치 데이터 플랫폼으로 오히려 감소한다. 특수학교 등에 진학하지 못하거나 집 바깥으로의 이동이 어려워 학습에 어려움을 겪던 장애인 다중감각 기반 상호작용 교육으로 완전히 새로운 교육을 체험한다. 국가적 공급망 위기는 다양한 데이터 분석에 따른 대안적 공급망 확보 등 선제적 대응으로 이겨낸다.



미래질문과 시나리오 #03

지속가능한 지구를 만들 수 있을까?

- 01 **심각한 기후 위기, 혁신적 탄소저감으로 대처하다**
- 02 **플라스틱 폐기물, 획기적으로 감소하다**
- 03 **버려지던 방사성 폐기물, 친환경 에너지원으로 바꾸다**
- 04 **커지는 우주쓰레기 위협, 안전한 미래 우주를 만들다**

심각한 기후위기는 직접공기포집 등 탄소중립 기술과 보다 정교해진 기후 모니터링 체계로 대처가 가능해진다. 아무리 분해가 되더라도 동식물에 악영향을 미치던 플라스틱 폐기물은 해중합을 통한 재활용 및 생분해 기술로 획기적으로 감소한다. 그냥 버려지던 방사성 폐기물은 방사선을 이용한 낮은 전위차에서의 물 전기분해 기술로 친환경적인 수소 에너지 생산 수단으로 활용된다. 전 세계적으로 커져가던 우주쓰레기의 위협은 궤도상 서비스 기술로 대응이 가능해지며, 지구 밖 우주 환경이 크게 개선된다.

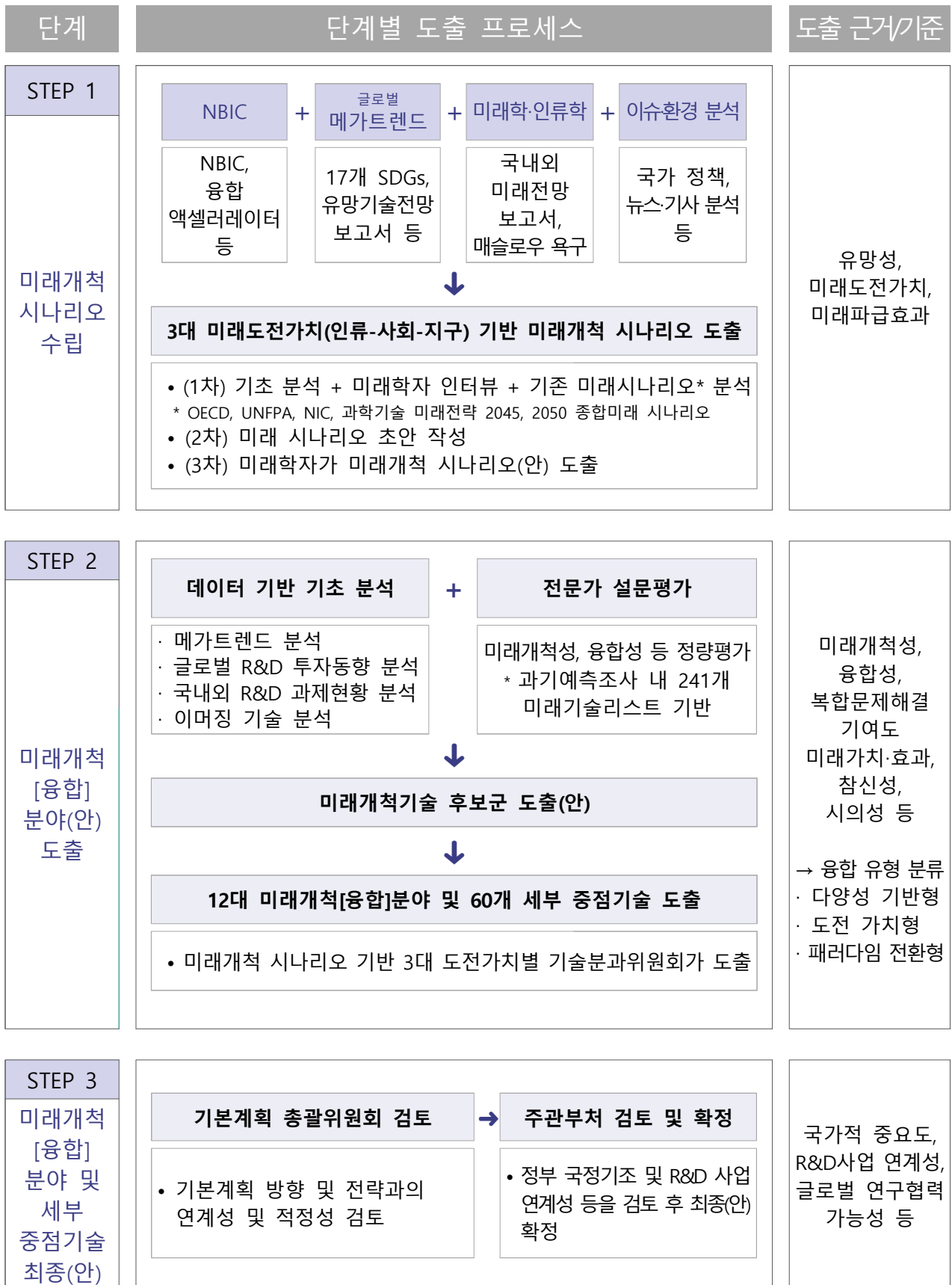


3 미래개척 융합분야와 기술

□ 미래 시나리오로부터 도출한 분야 및 세부 기술

미래개척[융합]분야	개념	세부 중점기술 (예시)
I. 자유롭고 상생하는 인류	1 건강수명 증진 플랫폼	인간의 신체기능을 확장시키거나 인공 지능에 인간적 요소를 도입하여, 인간의 진화와 신체적 건강을 이루는 제반 기술 분야
	2 디지털 정신건강 통합 솔루션	정신의학적 장애·질병을 예방, 치료하기 위하여 근거 기반의 치료적 중재를 제공하는 소프트웨어 및 기기 개발을 위한 기술 분야
	3 복합적 인류생존 요소 확보	인류의 생존을 위한 의·식·주 기본권 보장과 인류 지속가능성 확보를 위한 복합적 기술 분야
	4 인구소멸·변화 대응	인구구조 변화 문제의 해결을 위해 사회구성원 간 건강한 관계 구축과 개인과 삶의 질 향상을 돕는 기술 분야
II. 한계와 제약이 없는 스마트 사회	5 미래사회 주체의 공존	물리 데이터가 상시 연동되어 미래사회 주체(사람-기계-디지털휴먼)가 언제 어디서든 연결 및 공존하는 사회를 구현하는 기술 분야
	6 시·공간의 확장과 연결	가상공간을 확장 구축하여 현실을 대체하거나 시뮬레이션 기술로 사회 이슈를 탐지·해결하는 등 사회의 효율적 운영 관련 기술 분야
	7 사회 안전망의 자율 진화	다양한 미래 불확실성 및 위험인자로 부터 국민을 보호하고, 최소한의 사회 시스템 운영을 보장하는 보안·안전 관련 기술 분야
	8 미래형 모빌리티 시스템	이동의 편리성과 환경 영향 최소화를 모두 달성하기 위한 장기적 관점의 미래형 모빌리티 및 시스템 관련 기술 분야
III. 지속가능한 지구	9 기후변화 대응	자연생태계에 나타나는 장기적인 변화를 파악하기 위해 기후변화의 원인과 현상을 조사·분석하여 기후변화를 감시·예측 및 대응하는 기술 분야
	10 청정에너지 융합	화석연료 에너지난 해결과 탄소중립을 달성하기 위해 기존 신에너지와 재생에너지 기술을 융합하여 최대 효과의 청정에너지를 창출하는 기술 분야
	11 지구환경 회복 및 치유	지구 환경을 정화·복원하기 위해 토양·수환경·산림 분야의 오염 원인 및 유해 물질을 제거·관리하는 기술
	12 극한 미지 영역 개척 (우주/심해/지하)	지구 내 생활 공간 부족 및 자원 고갈 문제를 해결하고자 우주·심해·극지 등 미지의 극한 공간을 개척하기 위해 필요한 기술을 개발

참고2 미래개척 융합분야 도출 과정



IV. 비전, 목표 및 추진전략

비전 자유롭고 상생하는 **인류**, 한계와 제약이 없는 스마트 **사회**, 지속 가능한 **지구**

목표

- 1 국가 복합문제 해결을 위한 융합기술 개발(12건, '27년)
- 2 새로운 응용분야 창출로 신흥시장 개척 기여(3건, '27년)

추진방향 문제를 해결하고, 미래를 개척하는 융합기술



전략 및 추진과제

전략

1

경계 없는 융합연구

1. 변혁적 융합연구 촉진
2. 글로벌 융합연구의 전략성 강화
3. 초학제형 융합연구 견인

전략

2

건고한 융합 추진체계

4. 융합연구 추진체계 다각화
5. 융합에 특화된 평가체계 확립
6. 제도적 추진 동력 강화

전략

3

진화하는 융합 생태계

7. 융합연구 플랫폼 고도화
8. 협력과 소통의 질적 향상
9. 미래 융합인재 역량 강화

V. 전략별 추진과제

[전략 I] 경계 없는 융합연구

☑ 제5차 과학기술기본계획과 연계성 Check

- [전략1,2] 임무중심 문제해결을 위한 R&D 전략성 강화와 과학기술 외교·협력을 위한 리더십 확보
 - 고위험 도전·모험형 연구 활성화
 - 전략적 국제 공동연구 추진 및 중장기 협력 기반 구축
 - 균형발전과 혁신성장을 이끄는 지역 혁신체계 구축 및 대학 교육·연구 경쟁력 확보

□ 현황 및 문제점

- (도전적 연구 저해) 융합연구는 복합문제 해결을 위한 도전적·모험적 연구가 필수적이거나, 일반 R&D와 유사한 연구개발 방식으로 도전적 연구몰입 저해
- (글로벌 협력 연구 저해) 융합연구를 위한 글로벌 협력 수행 기준 및 글로벌 협력 융합연구 지원을 위한 주체의 부재로 글로벌 융합연구 활성화 저해
- (초학제 연구 한계) 연구자들의 융합연구 참여 동기 부족으로 출연연 외 연구 주체(기업, 대학, 민간 연구소 등)의 참여가 저조하여 고차원적인 융합연구 추진에 한계 존재

※ 학제 간 융합연구 사업이 일반 공동연구 지원사업으로 통합('19년)되면서 지원 과제 수 현저히 감소

[현장의 목소리]

“연구기획 시, 연구 결과의 파급효과에 대한 구체성, 합리성을 최종 사용자인 국민, 즉 비학계 구성원을 염두에 두고 사전 검토해야”

“융합연구는 다양한 시도와 모험이 필요한데, 단기적 성과에만 급급하면 장기적으로는 융합연구 활성화가 저해”

□ 추진 방향



“학계를 뛰어넘어 경계 없는 융합연구 기반 마련”

1 변혁적 융합연구 촉진

- ◎ 기술 패러다임의 주도권 확보와 미래 기술 선점을 위해, 최고 난이도와 한계에 도전할 수 있는 융합연구 지원 및 육성

AS-IS	TO-BE
- 성공률이 높은 도전 연구 중심 - 일반 R&D와 유사한 기술개발 중심	실패 가능성은 높으나 기술 패러다임까지 전환할 수 있는 도전 융합사업 추진

□ 패러다임 전환형 도전사업 추진 및 투자 확대

- 변혁적 융합기술 확보를 위한 도전적 목표 설정, 집중 지원
 - 위험성은 높지만, 미래를 주도할 수 있는 융합기술 엄선, 투자 확대
 - ※ (예시) 과기정통부 '한계도전 R&D 프로젝트' 추진, 미래융합이동체 계획 수립, 복지부 '한국형 ARPA-H 프로젝트' 등
- 선진 연구그룹에서 시도하지 않은 창의적이고 도전적인 연구방식 도입
 - 최종 성과목표와 창의적, 도전적 연구수행 방식 중심으로 선정평가 추진
 - ※ 연구 시작 전부터 연차별 목표를 설정하고 100% 달성해 나가는 등 연구방식이 정해져 있는 현 수행 방식을 탈피
 - 당해·차년도 연구수행 방식이 도전적일 경우 점검 및 평가시에 계속 지원 검토 요인으로 고려
 - ※ 연차 점검에서 연구자가 기존 연구수행을 답습하는 등 새로운 방식의 도전적 연구가 없을 경우 과제종료 검토
 - 해당분야 최고 전문가를 사업책임자(PM)*로 선정하고, 폭넓은 재량권 부여, 별도 지원조직 구성 등 전 주기에 걸쳐 유연한 관리방식 도입
 - * 책임 PM은 도전적 목표 설정, 프로젝트 전반에 관한 컨설팅 및 관리 수행

□ 미래를 대비하는 포트폴리오형 융합사업 추진

- 급변하는 환경에 다양한 대안을 선택할 수 있는 포트폴리오형 융합사업 추진을 통해 융합 R&D 투자 효율성 증대
 - 과제를 그룹 단위로 기획·평가하는 포트폴리오형 융합 프로그램 신규 추진
 - ※ 일본 Moonshot 프로그램 : 다수의 프로젝트로 포트폴리오를 구성하여 성공한 1개 프로젝트가 R&D 투자 효과성을 극대화할 수 있도록 설계

2 글로벌 융합연구의 전략성 강화

◎ 융합기술 선점이 필요한 분야에 국제공동연구를 촉진하고 인력교류 강화

AS-IS	TO-BE
▪ 협력대상과 융합기술 매칭 기준 부재 ▪ 개별 연구기관과 연구자에 의존	▪ 전략성 기반의 국제 융합연구 확대 ▪ 국제융합연구 전문성 강화, 연속성 확보

□ 선도형 글로벌 융합연구 강화

- 국가별 융합연구 수준을 정기 진단하고, 국가 간 융합연구의 성공 경로*를 발굴·확산시켜 융합연구 글로벌화를 가속

* 국가별 기술개발 수준 차, 글로벌 이슈 및 수요 반영 전략 등 글로벌 융합연구를 성공으로 이끄는 요인과 전략

- 기술 수요는 많으나 선도국과의 기술 격차가 큰 융합 분야를 선정, 선도 기관과의 융합연구 확대

※ (예시) 세포유전자치료 융합기술 선도기관 : 미국 NIH

탐사로봇 융합기술 선도기관 : 미국 NASA, 독일 항공우주센터(DLR)

- 국제적 이슈 공동 해결을 위해 국가 간 융합연구 필요성이 큰 분야를 우선 지원하는 국제협력 프로그램 확대

□ 글로벌 융합연구를 통합 지원하는 센터 지정

- 글로벌 융합연구 지원센터를 지정하여 국내 연구기관·연구자의 해외 교류 실효성 확보

※ 해외에 설치·운영 중인 우리나라 기관을 우선적으로 활용, 해외 연구기관과의 가교역할 수행

- (국제협력 중개) 해외 연구거점 활용으로 해외 우수 연구기관·연구자와 국제 융합연구 중개 지원

※ Korea Technology Advisory Group : 미국, EU 등 재외 한인 공학자로 구성된 단체로, 국내 중소·중견기업의 혁신적 국제공동연구 기획과 개방형 혁신, 기술 컨설팅 지원

- (정보 제공) 해외 융합기술·시장 최신 동향, 기술사업화, 국제협력 노하우 등 국제협력에 필요한 정보 축적 및 분석자료 제공
 - (국제행사 개최) 미래 사회 대응을 위한 주요 융합정책 이슈 발굴 및 분야별 전문가, 실무자 등이 모여 해결책을 모색하는 국제 포럼 및 심포지엄 운영
 - (인력 매칭) 국내외 연구기관·연구자 간 매칭 프로그램 운영을 통한 국제 공동연구 기획 지원으로 글로벌 네트워크 거점 역할 수행
- ※ 국제 공동연구 활성화 지원을 위해 국제협력 MOU 체결을 지원하고, 해외 거점을 활용한 협력과제 지원



- 장기적인 국제협력 기반 마련 및 국제 공동연구 추진 확대를 위해 협력 전반의 체계적인 지원
 - 글로벌 이슈 대응을 주제로 국가 간 공동연구 시, 양·다자간 협약 체결 지원으로 체계적인 융합연구 수행 지원
 - 시대적 변화를 반영하여 융합연구 국제협력 가이드라인을 마련하고, 이를 통해 연구범위 정의 및 당사자 간 책임 관계를 명확화
- ※ 국제 융합연구 사업화, 스케일업 지원, 기술이전 등 통합적 관리 방안과 성과 배분 문제 등 분쟁 해결을 위한 내용을 포함
- 법률 이슈 발생 시, 관련 법률 전문가 섭외를 통해 상담·컨설팅 지원

3 초학제형 융합연구 건인

- ◎ 연구자 중심의 다학제/학제간 연구를 고도화하고, 중·장기적으로 비학제, 지자체, 이해관계자의 역량을 총결집하여 초학제형 융합연구로 도약

AS-IS	TO-BE
- 다학제/학제간 연구 운영 노하우 활용 미흡 - 초학제 연구 전주기 기획·설계에 관한 구조적 지원 빈약	- 다학제/학제간 연구의 고도화 - 초학제 연구의 효과성 제고를 위한 기반 조성

□ 다학제, 학제간 융합연구 고도화

- 기존 융합연구 모델의 고도화·확산을 통해 다학제/학제간 연구의 효과성 제고
 - 국가과학기술연구회(NST) 융합연구*, STEAM연구사업** 등 융합에 특화된 모델과 장기간 개선을 통해 누적된 노하우를 타 사업에 확산 노력

* OECD에서 한국 대표 융합연구사례로 제시(Policy papers, No.129, '22)

** STEAM 연구사업 : 과학난제도전, 미래유망파이오니어, 과기인문, 브릿지 등 융합 연구개발 전주기를 포괄하는 융합연구사업, 내역사업간 연계성 강화추진('23~)

< NST 융합연구모델 주요 특징 >

연구몰입 및 시너지 극대화		우수성과 창출 및 사명감 고취	
① 집결형(On-site)	② 몰입형	③ 과제 쉐주기 지원	④ 참여기관 책임감
연구참여자가 물리적 단일 공간에 집결하여 융합연구 수행	연구단장, 과제책임자는 참여율 100%, 참여 연구원은 참여율 70%(하한) 설정·운영	-책임평가제(과제 착수 ~ 종료 자문·평가) 운영 -과제 쉐 주기 IP 권리·사업화 심층 지원	참여기관 연구비 의무 매칭

□ 연구자-비 연구자 간 시너지 극대화

- 과학기술·인문사회·문화 등 다양한 분야 전문가들의 협력을 통해 초학제형 융합연구 콘텐츠 발굴 및 지원
 - 소규모 전문가 집단의 탐색적 연구(기획+초기연구)를 기반으로 한 단계 평가를 통해 가능성 높은 주제를 선별하여 집중 지원
- ※ (예시) 방사청 : 국방 난제(難題) 해결을 위해 민간으로부터 획기적 아이디어를 발굴하고 민간이 직접 R&D 과제를 기획하는 '룬샷(Loon-Shot) 프로젝트' 추진

○ 과학기술·인문사회 연구자 간 결속력 강화

- 과학기술·인문사회 분야 연구자 간 커뮤니케이션, 연구방법론 등의 차이점을 완화하고 시너지는 최대화할 수 있는 ‘융합 코디네이터’ 풀 구축·운영

※ 식약처 : 식의약 바이오헬스 분야 ‘국가연구개발사업 규제정합성 검토제’ 운영
(「식의약규제과학혁신법」, '23.8.16. 개정·공포 / '24.2.17. 시행)

■ ‘규제정합성 검토’ 주요 내용(「식의약규제과학혁신법」 제12조)

▶ 국가연구개발사업 추진 중앙행정기관의 장은 해당 제품의 안전성, 유효성, 품질 등에 대한 ‘규제정합성 검토’를 식약처장에게 요청^{*}할 수 있음

* 주요 검토요청 사항 : 제품화에 필요한 규정, 개발 필요 평가기준·평가방법, 자료요건 등

- 인문사회와 타 분야 연구자 및 융합연구 참여자 간 지식 장벽을 해소하기 위한 연구자 교육 및 교류프로그램 추진

※ (예시) 인문(인문·사회·예술 등)과 융합기술의 만남을 지원하기 위해 ‘기술·인문 융합 창작소’-유관 대학·연구기관 간 연계 체계 구축·운영

□ 지역 융합연구 활성화

- 특화 기술 및 R&D 혁신역량 결집을 위해 지역 내 혁신자원의 활용도를 높이고, 혁신기관 간 연결을 위한 지역 융합 R&D 거점 조성

- 권역별 지역 거점대학, 출연(연)을 중심으로 융합형 핵심기술연구단^{*}을 설치, 지역 전략산업과 기술이 융합되도록 지원

* 제6차 지방과학기술진흥종합계획('23~'27)과 연계, 해당 지자체와 관련된 미래개척 융합기술을 중심으로 협의·추진

- 글로벌대학^{*}의 특화된 수월성을 상호 연계·보완하여 지역 융합연구의 국가 융합연구 활성화 방안으로의 발전을 도모

* 교육부가 2026년까지 비수도권의 지방대 30곳을 지정하여 지원하는 정책 사업

[전략II] 견고한 융합 추진체계

☑ 제5차 과학기술기본계획과 연계성 Check

- **[전략2] 전략적 국제 공동연구 추진 및 중장기 협력 기반 구축**
 - 연구자·수요자 중심의 통합적 지원 시스템 구축 및 인센티브 강화
- **[전략1] 전략적 투자를 위한 예산 및 평가 제도 개선**
 - 정부 R&D 투자의 전략성 제고
 - 활용성 높은 성과창출을 위해 국가R&D 평가제도 개선

□ 현황 및 문제점

- **(지원체계 파편화)** 부처간 칸막이 사업구조로 협력 방식의 애로사항이 발생하며, 융합의 중요성에 비해 연구비 지원 규모는 소폭으로 증가
 - ※ 융합 R&D 지원 규모 : 2.15억 원('19) → 2.57억 원('20) → 2.85억 원('21)
- **(평가 신뢰도 저하)** 융합연구 평가 시, 위원 구성에 대한 연구자들의 신뢰 감소 및 단기·계량적 성과 위주의 평가지표로 도전적 연구 수행이 어려움

[현장의 목소리]

"평가위원이 비전문가인 경우가 많아 분야별 특이성을 이해하기 어려운 경우 발생"
 "상용화까지 기간을 5년, 이후 연구기간을 2~3년까지 잡고, 도전을 격려하는 지표를 지향해야"

- **(법·제도 미비)** 융합연구개발의 법적 근거가 미비하여, 중장기 계획 수립 및 추진·지원체계의 제도적 실효성 부족

[현행 융합연구의 법적 근거]

- 중장기 융합연구개발 계획 수립 및 시행은 「과학기술기본법」 제17조에 개괄적 명시
- 「산업융합촉진법」, 「ICT 특별법」 등 융합 관련 법이 특정 산업·기술 관점에 국한

- **(참여 유인책 부족)** 연구성과 귀속·배분에 갈등이 발생하거나 융합연구 성과가 저평가되는 등 융합연구 참여 유인책 부족

※ 융합연구 과제기획 시 느끼는 문제점 : 학술적 vs 기술적 성과목표의 차이 (26.3%) ('22 융합연구 활성화 설문)

□ 추진 방향



“연구자의 적극 참여를 유도하는 융합추진체계의 완성”

4 융합연구 추진체계 다각화

- ◎ 범분야·다부처 협력을 통한 융합연구개발 과제 발굴·기획 체계를 마련하고, 유연한 연구 지원체계의 확보를 통한 실질적 융합연구 수행 환경 개선

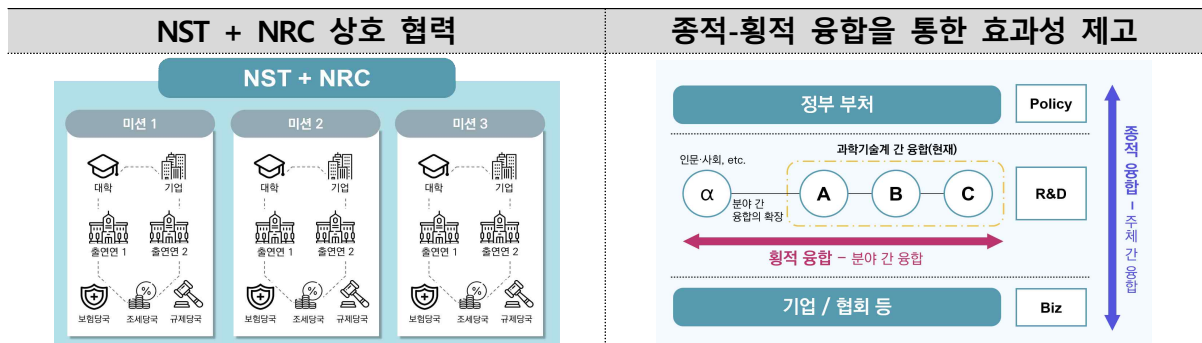
AS-IS	TO-BE
▪ 탑다운, 바텀업 등 기획 방향성에 초점 ▪ 기획 및 수행체계가 단순	▪ 종적(주체간)-횡적(분야별) 융합을 모두 고려한 복합 추진체계로 다각화

□ 융합연구 공동 추진체계 확립

- (연-연) 국가과학기술연구회(NST, 25개)-경제인문사회연구회(NRC, 26개) 협력 강화
 - 기술과 정책을 아우르는 상호 협력관계를 공고화하여 소관 연구기관 간 합동 현안 논의, 융합연구의 실행력 제고
 - 다양한 분야의 기관들이 공동 주관하는 융합연구개발포럼^(가칭)을 개최하여 사업 기획을 정례화

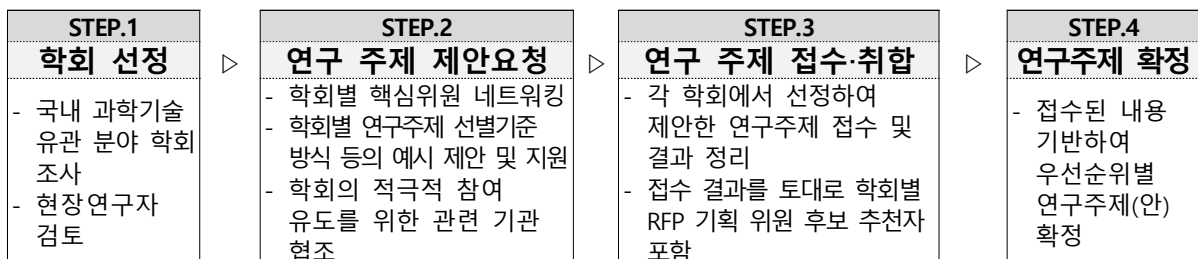
※ 과기정통부에서 매년 개최하는 '미래융합포럼'을 통해 융합의 장 확대

< 추진체계 다각화 예시 >



- (학-연) 다양한 분야(과학기술·인문사회) 전문가들이 모인 학회 간 연합 형성, 집단지성을 바탕으로 한 융합연구 주제 발굴
 - 분야별 학계 커뮤니티들을 연계하여 주제 선별 프로세스 확립, 선별된 주제와 미래개척 융합분야의 정합성 검토 추진

< 학회 활용 연구주제 발굴 프로세스(안) >



- (산-관) 단일 부처 단독 연구개발로는 성과 창출에 한계가 있는 분야에 대해 **다부처와 산업계 간 연계체계를 강화**
 - 각 분야 부처와 산업 연합단체*가 협력하여 융합연구를 기획하고, 합의된 목표 설정을 통해 연구의 질적 수준을 제고
 - * 산업기술연구조합 활성화 방안(23. 3)과 연계, 한국반도체연구조합 등 38개 산업 기술연구조합과 다부처·기업 간 연결고리 형성
 - 아이디어 제공 및 제도 검토 등을 위한 **융합연구 민간 자문단을 구성**, 산-관의 융합연구 공동 참여 활성화
 - ※ 자문단은 정책지원·사업기획·성과확산으로 나뉘어 문제발굴 → 과제화 → 임무 설정 → 대안 제시 등에 대해 폭넓은 자문 수행
- (관-관) 정부 주도형 추진방식의 **통합·재편**으로 다부처 참여 실효성 강화
 - 국가 차원의 **복합문제 해결지도**를 마련, **통합형 융합연구사업 지원 체계*** 마련 및 **협동성과지표(KPI)**를 설정
 - * 현재 기획유형(예비타당성 조사대상, 부처 자체기획추진)과 관리체계(단일 전문 기관 관리, 사업별 전문기관 별도 관리) 별로 지원체계 상이
 - 미래 이슈 예측을 통해 국가적 **시의성·중요도**가 높은 분야에 대한 **신속하고 유연한 융합 R&D**를 추진할 수 있는 기획체계 마련
 - ※ 과기정통부 STEAM연구사업 : '24년도 STEAM 기획자문단 신설·운영
 - **융합연구사업 개편**으로 내역사업별 운영·관리 구조*에서 벗어나 **문제해결 중심 사업체계*** 확립 및 **경쟁적 과제선정** 체제 도입
 - * STEAM연구사업 : (기존) 내역사업별 개별적·단절적 운영 방식 → (개편) 내역사업 구조·경계를 허물어 임무를 설정하고, 문제해결에 최적화된 유기적 형태로 전환
 - ※ 임무 정의 및 목표 수립 후, 매년 시행계획을 통해 도전 분야·유형별 신규 과제 발굴 및 기존 과제 점검 추진

〈경쟁적 과제선정을 위한 Stage-Gate 프로세스 예시〉



참고3 과기정통부 STEAM 연구사업 개편예시

	STEAM 연구사업 1.0	STEAM 연구사업 2.0
핵심 추진 방향	기초·원천에서 응용·개발 및 사업화까지 연구개발 전주기를 포괄하는 사업 구조 → 다양한 형태의 성과창출 및 연구성과 간 연계 강화 ※ 내역사업별 개별 추진으로 본래 개편 취지에 부합하기 어려움	- 임무 중심 유형화 및 전략성 강화 ① 문제해결형 ② 시장창출형 ③ 융합기반 구축 - 미래사회 이슈에 빠르게 대응할 수 있는 유연한 사업구조
사업 구조	융합연구 목적에 따라 5가지 유형*에 따른 내역사업 편제 * (기초과학) Science: 과학난제 (원천기술) Technology: 미용파 (성장동력) Engineering: 브릿지, 혁신도전 (사회혁신) Liberal Art: 과기인문, 전통문화융합 (연구성과·정보활용) Mathematics: 디지털융합	내역사업 경계 없이 임무의 성격·유형에 따라 목표를 수립하고, 이에 맞는 도전과제 추진 ※ (예시) 문제해결형: 탄소감축 5% → 20% 시장창출형: 점유율 5% → 20%
특징	미개척분야 수요조사 기반으로 연구주제 및 RFP 도출	임무에 대한 정의 ※ 도전 및 해결 방향에 대한 다양한 접근방식 발굴(연구테마)
주제 도출	상향식(Bottom-up) 연구주제 발굴	하향식(Top-down) 연구주제 도출
추진 기반	미래유망분야 발굴로부터 현장 연구자 수요를 매칭하여 미개척 분야 도출을 통해 세부 연구주제 발굴	미래사회 시나리오 기반 집단지성을 활용한 미래개척기술 발굴로부터 임무도출 → 임무의 필요성과 특성 및 난이도에 따라 분류 → 임무 특성에 맞도록 연구테마화
지원 체계	내역사업별 지원단 과제 체제 ※ 내역사업별 지원단이 별도로 존재하며, 개별 사업에 따라 별도로 과제기획 및 성과관리로 내역 간 연계나 이어달리기 등은 불가	별도의 지원단 과제 없이 유형별 신규과제 선정 기획 지원과 성과관리 및 성과연계를 지원할 one-channel 체제가 가능

5 융합에 특화된 평가체계 확립

- ◎ 융합연구의 특성을 반영한 평가기준·방식을 설계, 평가위원 구성 및 평가 시기를 보완하여 융합연구 평가의 신뢰성 제고

AS-IS		TO-BE
▪ 단기·계량적 성과에 초점을 둔 성과지표 ▪ 과학기술계로 편중된 평가위원 구성	»	▪ 성과평가 시기 유연 적용, 과정 평가 및 질적 보완지표 도입 ▪ 평가위원 다양화 및 교육 실시

□ 융합연구 전주기적 평가방식 개선

- (선정평가) 융합연구의 잠재력을 명확히 파악하기 위해 다면적 검토가 가능한 평가항목 수립 및 새로운 과제선정 방식 시도
 - 관련 분야 전문가 중심의 동료 평가, PM 중심의 책임평가, 수요자·이해관계자 평가 방식 등 유형별* 정교한 선정평가 기준 마련
 - * (예시) 다학제·학제간 연구 : 평가위원회 검토, 초학제 연구 : 수요자 패널평가, 변혁적 융합연구 : PM 중심 선정 등
 - 획기적 아이디어 발견·채택이 필수적인 융합연구 과제를 대상으로 오디션 등 새로운 형태의 평가방식 도입
 - ※ 중국 National Natural Science Foundation : 각 평가위원에 골든 투표권을 부여, 위험성 높은 주제에 대한 다른 위원의 부정적인 평가에도 유망 제안 선정 가능
 - 과제 공모 경진대회를 개최하여 우수팀에게는 시상을 통해 프라이즈(상금) 지급, 연구자들의 사기를 고취하고 성과공유를 촉진
 - ※ Future Innovator Prize : 과학 재단 아일랜드(SFI) 주최로 단계별 연구비 경연 방식 진행, 수상자에게는 10,000유로 상금과 멘토링 및 정부 사업 후속 지원
- (단계평가) 연구 과정에 대한 존중으로 향후 방향성에 대한 조언 위주의 평가 진행 및 우수성과 계속 수행 독려
 - 성과 점검 시 다양한 분야 및 주체가 참여하는 전문가 컨설팅 및 발표회 형식으로 전환하여 현장수요를 적시에 반영
 - ※ 단계평가 시 현장수요 적극 대응 및 실질적 성과 창출을 위해, 정성적 의견 위주의 컨설팅 중심 진행(국가연구개발사업 과제평가 표준지침, '21.12)

- 연구수행과정, 단계목표 달성도*, 연구분야 기여도 등을 토대로 평가하여 예기치 못한 질적 성과에 대해서도 가치를 부여

* 정성평가를 원칙으로 하나, 계량화가 필요한 일부 항목에 한해 정량평가 적용

- (최종평가) 다양한 평가요소를 고려하여 융합의 관점에서 성과를 측정, 기존 정량적 평가방식의 한계를 완화
- 융합 정도, 문제해결 기여도, 과제 의 도전성·파급력, 사회경제적 영향력, 이해관계자 만족도 등을 종합적으로 평가하는 기준 수립 추진

※ 과기정통부 : 국가연구개발 과제평가 표준지침 개정안('21.12)을 통해 사회문제 해결중심 R&D의 평가기준을 새롭게 마련

□ 융합연구에 최적화된 평가위원 구성 및 육성

- (위원구성) 과학기술계와 더불어 인문사회계, 연구 수요가 큰 산업계 등을 포괄하는 융합연구 평가위원 풀 구성

※ 기존 융합연구 과제 선정 시, 평가위원이 과학기술계 전문가로만 구성되어 융합 연구 주제와 연구자 역량을 잘 파악하지 못함(융합연구자 인터뷰, '23.5)

- (평가교육) 융합연구 평가교육 사전 실시로 융합연구 특성 파악, 기존 연구와 상이한 융합연구 평가사항에 대한 이해도 향상

※ 평가 타당성, 정밀성을 향상시키고 연구자의 피드백을 기반으로 우수 평가자를 선별, 보상 실시

□ 평가시기 조정 및 결과 활용을 통한 후속 지원 확대

- (평가주기) 불확실성이 높은 융합연구 과제를 대상으로 장기적 관점*의 평가를 시행하고, 연구 단계 및 성과목표에 따라 평가주기 차등화 추진

* 국가연구개발사업 특정평가의 경우 장기·대규모 사업 등을 대상으로 심층 평가

- (피드백 강화) 최종평가 이후 발생한 주요 실적에 대해 추적·보완평가* 실시, 해당 결과를 차기 융합연구 과제 선정과 연계 지원

* 과제 종료 직후 융합연구만의 특성(새로운 지식·기술의 창출 여부, 실용성, 사회적 파급력 등)을 종합적으로 추적

6 제도적 추진 동력 강화

- ◎ 통일된 하위법령을 마련하여 융합연구개발의 법적 지위를 확립하고, 성과 창출 가이드라인을 제시하여 연구자 주도 참여 유인책 마련

AS-IS	TO-BE
▪ 「과학기술기본법」 제17조 하위법령 부재 ▪ 법적 근거 부재로 지원 기반 미약 ▪ 성과배분 기준 모호로 연구 유인 부족	>> ▪ 「협동연구개발촉진법」 개정을 통해 구체적인 법적 근거 마련 ▪ 성과 관리지침 개시 및 성과 활용 기회 확대

□ 협동연구개발촉진법 개정 추진

- (개정방향) 「협동연구개발촉진법」에 융합연구 조항 전면적 신설개정
 - ※ 「과학기술기본법」 제17조(협동·융합연구개발의 촉진)와의 정합성 확보 목적
- 융합연구개발의 법적 근거 마련으로 법정계획-지원기관-세부조항에 이르는 전주기적 토대 형성
- (개정내용) 「과학기술기본법」 제17조(협동·융합연구개발의 촉진)이 규율하고자 하는 사항을 구체화하여 법체계성을 완결
 - ※ 「협동연구개발촉진법」 현행 16개 조 → 명칭 변경(협동·융합연구개발촉진법), 융합연구 정의 추가(복합문제 해법 제시를 위한 범(汎)학제형 도전연구)
- (계획수립) 협동·융합연구 법정 기본계획*(5년) 및 시행계획(매년)수립
 - * 기본계획 포함 의무사항, 미개척 분야 발굴·선정 등을 주요 내용으로 규정
- (지원기관) 융합연구개발 지원기관의 법적 근거를 마련하여 융합연구개발정책의 지속적·안정적 추진력 확보
- (하위조항) 개별 법률에서 다루지는 융합에 관한 사항을 통합 연계
 - ※ (인력양성 및 연구참여) 융합연구개발에 적합한 인력양성 및 연구의 적극적 참여 명시 (분류체계) 융합연구의 유형을 세분화하여 정책 대상 및 투자범위를 명확화 (교류 및 공동이용) 융합연구개발을 위한 기관 간 파견 및 장비 공동이용 지원 (평가 및 성과 배분) 도전적 연구개발환경 조성을 위한 평가 및 성과 배분 조항 신설

□ 융합연구 성과 창출 가이드라인 마련

○ 성과 배분의 범위 명확화

- 기관 내 안정적 연구활동 보장을 위한 **성과관리 원칙*** 명료화

* 성과의 사전 측정, 해당되는 자원의 투입 예측, 연구자 간 갈등관리 등

- 각 연구기관별 성과인정제도 개선을 위한 **정부지침 변경**, 성과관리법 개정 등을 반영하여 **융합연구개발 성과 관리지침** 제시

※ 국가연구개발사업의 성과관리·활용계획 수립 및 효과성 분석 도입('22.6. 연구성과 평가법 개정)

○ 융합연구개발 우수성과 사례 공유

- 융합연구개발 성과에 대한 의문점을 해소하고 효과적인 성과 창출 촉진을 위하여 우수성과 사례별 **성공요인 분석**

※ 성과 창출 시 체크리스트, 분야별/단계별 성과창출 경로, 해외 우수사례 등 제공

- 분석한 우수성과의 전주기적 흐름을 소개하여 향후 융합 분야 신규과제에 지침이 되는 **성과사례집 발간**

○ 특허 기반 융합연구 성과 창출 기회 확대

- 특허 성과정보를 **활용**하여 기술이전 가능성 및 융합의 성과가 두드러지는 특허를 대상으로 **후속 연구개발사업과 연계 강화**

※ (예시) 과학난제도전연구-미래유망융합기술파이오니어-BRIDGE융합연구사업 간 사업화 연계 강화

- 융합 분야에 특화된 특허 지원 프로세스*를 마련, **최적의 지식재산권 확보 전략**** 제시

* 특허청 IP-R&D의 융합연구 적용 확대 : 기획단계부터 IP 전략강화를 위해 경쟁기관 및 시장환경을 분석, 경쟁력 있는 조기 선점형 융합 연구개발 방향 제시

** 특허 패키징 강화 : 시장성 및 기술이전·사업화 가능성이 높은 특허를 유망기술별로 패키징하여 융합연구사업의 IP 활용 강화

[전략III] 진화하는 융합 생태계

☑ 제5차 과학기술기본계획과 연계성 Check

○ [전략2] 혁신주체의 역량 제고 및 개방형 생태계 조성

- 변화 대응력을 갖춘 과학기술인재 양성 및 확보, 개방형 혁신 연구기반 구축
- 민간 주도 혁신을 통한 성장동력 확보 및 대학·공공연구기관의 혁신거점 역할 강화

□ 현황 및 문제점

- **(협업·소통 부재)** 연구자들은 융합연구에 있어 협업의 중요성을 인지하고는 있으나, 연구자 간 용어의 차이, 분야 간 장벽 등 다학제간 협업이 저해되는 실정
※ 융합연구가 성공적으로 진행되지 못한 주요 원인 중 참여 연구자 간 충분한 소통·협력 부족이 1위(40%), 여러 분야 연구자 간 이해도 부족이 2위(20%)를 차지(융합연구연감, '21)

[현장의 목소리]

“이중 분야 전문가들이 원활하게 소통·협력할 수 있도록 자주 소통하고 협력할 수 있는 문화 형성이 중요”
“밀접한 협력을 위한 장비·인력·공간의 자유로운 교환 및 대여를 위해 기관 간 협의 필요”

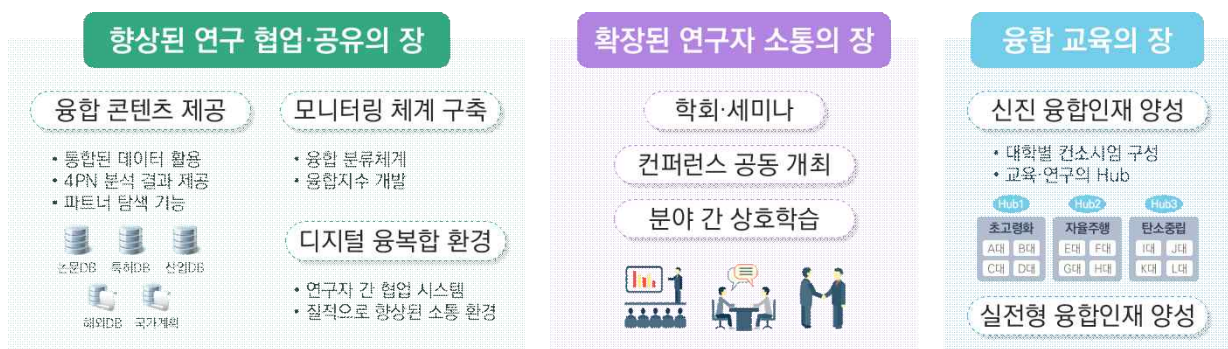
- **(협업 기반 약화)** 기존의 융합연구에서 강조하는 협업의 방법론의 물리적 한계점이 대두됨과 동시에, 온라인 기반의 연구 협업 문화 및 인프라의 뒷받침이 미흡

[현장의 목소리]

“On-site 방식의 취지는 이해하나, 강제하기 보다는 비대면 회의 같은 대체 가능한 방법도 고민해야”

- **(융합인재 부족)** 사회문제에 호기심을 가지고 능동적으로 해결하는 창의적인 융합인재가 부족하고, 신진연구자의 융합연구 역량 향상을 위한 지원이 부족

□ 추진 방향



집단지성·시너지 창출을 통한 융합역량 강화

“자생적 네트워크 형성을 통한 융합 생태계 조성”

7 융합연구 플랫폼 고도화

◎ 산재된 연구데이터 플랫폼을 유기적으로 연계·통합하고, 콘텐츠제공·모니터링·소통 강화를 통해 정책 수립의 기초자료로 활용할 수 있는 정보 제공 체계 확립

AS-IS	TO-BE
▪ 학문·분야별 플랫폼이 산재 ▪ 공신력 있는 융합연구 지수 부재 ▪ 여러 기술과 학문적 영역이 융합된 분야의 특성상 합리적 분류체계를 갖기 어려움	▪ 분야·목적·기관별 분산된 데이터 플랫폼 연계 ▪ 과학·기술·산업을 망라하는 다차원 융합지수 개발을 통해 융합연구 모니터링 체계 확립 ▪ 융합 표준분류체계 확립을 통해 미래유망 융합분야 선도

□ 연구기획부터 정책까지 연결하는 융합 콘텐츠 제공

- (통합 데이터) 연구 분야·목적·기관별로 분산된 데이터 플랫폼을 유기적으로 연계하여 융합 분야 데이터를 통합적으로 제공
 - 분야 간 데이터 형식 정합성 확보 등 데이터 활용성을 높여 연구자가 관심 있는 분야별 데이터로의 접근성 강화
- (분석 서비스) 국내외 주요 정책 및 사회적 수요를 연계하여 융합 기술 현황을 한눈에 파악할 수 있는 분석 결과 제공
 - 기존 3P(논문·특허·산업) 분석과 정책 및 사회적 수요(Needs)를 연계하는 4PN* 방법론을 활용하여 미래유망 융합기술 분석 결과를 제공

* 3P(Paper, Patent, Product) 분석+정책(Policy)+수요(Needs)



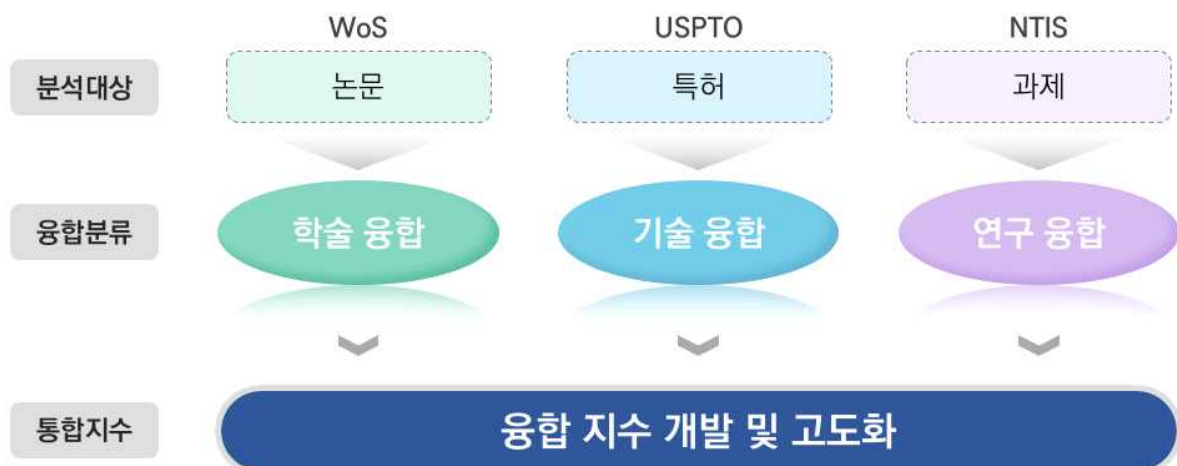
- 국가 현안, 연구 동향 정보 등을 상시 제공하고, AI를 활용한 융합연구 유망 주제 발굴 및 기획을 지원하도록 플랫폼 기능 고도화

※ NTIS의 R&DTAB 서비스, 경제인문사회연구회 데이터정보시스템(NDIS) 등 연동

- (파트너 탐색) 분야별 연구자 정보를 통합 제공하여, 연구 파트너 탐색의 수월성을 높임으로써 효과적인 융합연구팀 구성 지원
 - 연구자별 기본정보와 연구분야, 성과 중심의 정보 제공을 통해 최적의 전문가 탐색이 가능한 개방형 정보 제공 서비스 지원
 - ※ NTIS를 연구자업적서비스(KRI) 등과 연동하여 인문사회 분야 연구자 등록 추진

□ 융합 생태계 지원을 위한 모니터링 체계 구축

- (분류체계 확립) 융합 표준분류체계 확립을 통해 향후 미래에 대응할 수 있는 세부 중점기술을 도출하고, 국가 전략 수립에 활용
 - ※ 미래개척(융합)분야의 세부기술 도출 및 육성, 융합 R&D 관련 기본계획 및 시행계획과 관련된 입법 등 정부 시책 추진에 기초근거 자료로 활용 가능
- (융합지수 개발) 다차원 융합연구 지수를 개발하여 융합연구 환경변화를 상시 모니터링하고 전략 수립에 활용
 - 학술, 기술, 연구의 세 가지 측면을 고려하여 융합연구의 가치와 다양성 기반의 융합지수 개발 및 지속적인 방법론 고도화
 - ※ 다년간 주기적인 업데이트 및 고도화를 통해 방법론을 지속적으로 개선
 - 논문, 특허, 과제 분석을 통해 연구의 다면적인 융합성을 측정하는 방법론을 개발하고, 이후 전문가 의견수렴을 통해 중장기과제로 추진
 - ※ 해외논문 및 특허 정보를 분석하여 학술 및 기술 융합성을 측정하거나, NTIS의 공동연구 수행 정보를 통해 연구 융합성을 측정하는 등 다양한 방법론 개발



□ 융합 효과를 증폭하는 디지털 융복합 환경조성

- 연구자들의 자발적이고 능동적인 참여가 이뤄지는 클라우드 기반 디지털 협업 시스템 마련
 - 실시간 소통, 프로젝트 관리 등 물리적 제약을 뛰어넘는 협업툴 제공을 통해 이종 분야 연구자 간 연구 수행의 편의성 증대
 - ※ 경제인문사회연구소 소속 출연연 중심으로 구축된 스마트연구플랫폼(NCIS) 연동
- 융합연구 참여자, 이해관계자 등 혁신 주체 간 양방향 소통 및 지식 교환이 정교하게 이루어지는 **고도화된 소통 환경** 제공
 - 증거 기반의 아이디어 공유 창구를 마련하여 연구자 간 의사소통의 객관성과 합리성을 확보하고, 소통을 강화
 - ※ DARPA의 'Polyplexus'는 연구개발의 속도 향상을 위해 연구자와 다양한 이해관계자를 대상으로 증거 기반의 지식 및 아이디어를 공유하는 디지털 소통 환경 제공

(미국) DARPA, Polyplexus

Polyplexus의 기능

- 'MicroPubs' 탭을 통해 트윗과 같은 요약 문장(논문 등)을 자유롭게 업로드
 - 예상치 못한 정보를 얻을 수 있으며(연구자 간 잠재적 연결 제공), 경쟁자를 만나 협업 가능
- 'Portfolio' 탭을 통해 새로운 아이디어를 합성할 수 있는 도구 존재
 - 빠르고 효율적인 방법으로 업로드된 정보를 바탕으로 새로운 제안서, 기술 등 설계
- 정부/연구비 후원자와 연구자 간 매칭
 - 정부 및 연구비 후원자들은 특정 관심 주제를 게시하고 과제를 해결할 전문가 탐색

8 협력과 소통의 질적 향상

◎ 분야·기술·기관 간 긴밀한 융합·협력을 유도하는 네트워크 강화 및 융합연구 아카데미 개설

AS-IS	TO-BE
- 분야별, 기관별로 한정된 네트워크 조성 - 이중 분야 간 상호 이해와 학습 부족으로 인한 소통 어려움	- 전략적 네트워크 기획을 통한 분야·기관·사람 간 융합·협력 강화 - 융합연구자의 역량 강화를 위한 아카데미 개설

□ 연구자 및 기관 간 협력 네트워크 확대

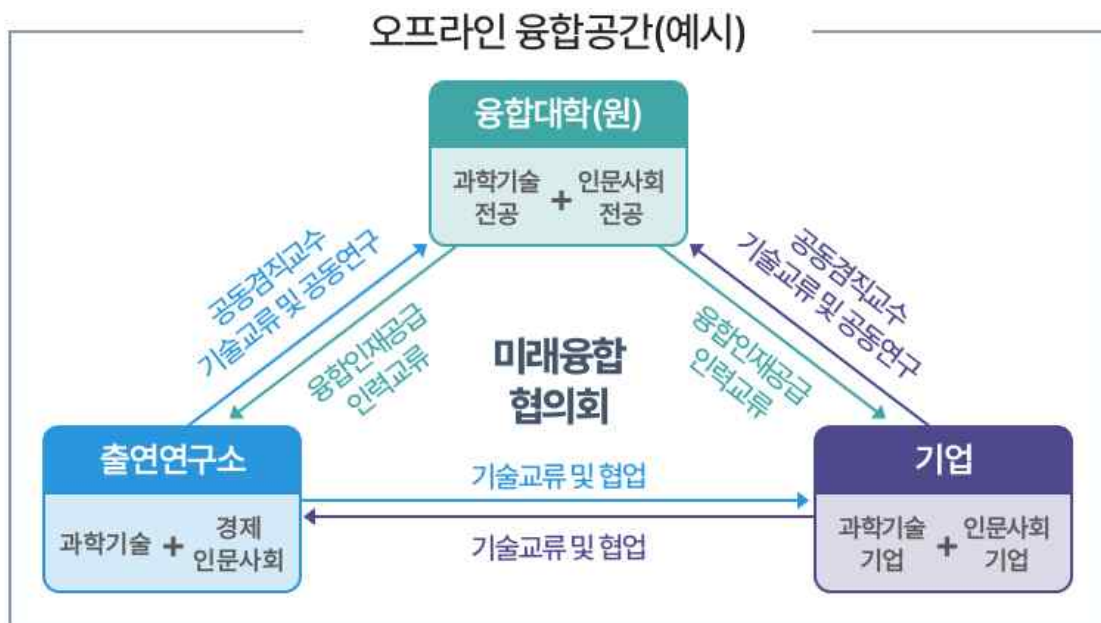
○ 단순한 네트워킹 확장을 넘어 분야 간 긴밀한 협력을 유도하는 전략적 네트워크 기획

- 기존 과학기술계 위주 네트워킹을 초월한, 분야·기술·목적별 결속력 있는 융합연구 커뮤니티* 조성 및 운영

* 인문사회 분야 산·학·연·정 참여 유도로 전 분야 융합연구 커뮤니티 구성

- 타 분야 연구자의 공통 관심 주제에 대한 학회, 컨퍼런스, 세미나 등의 공동 개최를 통한 집단지성 창출

※ (예시) AI 윤리에 대한 철학·사회학 및 과학기술계의 공동 컨퍼런스 개최



- 융합연구의 가치를 극대화하기 위한 **혁신성과 홍보 및 확산 강화**
 - 융합연구 성과가 새로운 기회와 네트워크에 연계될 수 있도록 국내외 파급력 있는 유관 협회·학회 협력하여 성과공유의 장 확대
 - ※ STEAM연구사업 성과공유회, 미래융합포럼과 연계하여 정기적인 연구성과 공유 확대
 - 사회적 영향력이 큰 융합연구 우수사례에 대하여 뉴미디어 기반 콘텐츠* 기획 및 추진
 - * 다양한 SNS 채널을 활용하여 융합연구 혁신사례, 우수 연구그룹 등 소개
 - 대중의 융합연구 수용성 제고를 위해 대학과 연계하여 교육, 전시* 확대
 - * Sci-Art, Tech-Art 등 예술 활동에 대한 과학기술의 활용 작품의 기획 전시
 - ※ 기존 국내 대학 융합연구소와 연계
- 융합연구 현장에서 필요로 하는 연구역량을 강화하고 연구자·이해관계자 간 **상호 이해와 학습의 장, 융합 아카데미 신설**
 - 융합연구 수행에 있어 필요한 연구자 간 상호 이해를 높이기 위해 타 연구 분야의 지식 체계, 언어 등을 이해할 수 있는 교류 기회 확대
 - ※ 연세대학교 융합아카데미 : 융합연구에 관한 이론적 이해 증진 및 방법론에 관한 교육 제공
 - ※ 아카데미 내 프로그램을 통해 기획한 주제로 융합연구 과제 지원 시 가점 부여 등 인센티브 제공
 - 기존 융합연구 참여자를 주도로 한 단일분야 연구자* 대상 기획-연구-확산 융합연구 단계별 멘토링 제공
 - * 융합연구에 참여하고 싶은 단일분야 연구자 또는 잠재적 이해관계자 등

9 미래 융합인재 역량 강화

◎ 학문후속세대 및 수요자 중심 실전형 융합인재 양성

AS-IS	TO-BE
- 박사, 박사 후, 신진연구자의 융합역량 및 참여도 저조 - 신기술 등 미래변화 및 산업 수요 대응 융합 인력 부족	- 대학을 주도로 한 학문후속세대 융합연구 참여 지원 - 미래변화와 산업수요에 대응할 수 있는 실전형 융합인재 양성

□ 융합 컨소시엄 중심의 인재 양성

○ 융합 교육과정 공동 운영, 인력교류 등 대학의 융합 교육·연구의 허브 역할 강화

- 복합문제 해결을 위한 주제 기반으로 필요 역량과 참여 분야 등을 선정, 협동연구 지원

※ 과기정통부 데이터사이언스융합인재양성 사업 등

- 대학 안팎의 경계를 허물어 다양한 분야의 전문가·기관과 협력하여 융합인재 양성을 위한 교육과정*을 지속적으로 개편 및 개발

* 교육부 인문사회 융합인재 양성사업

※ (미국) 애리조나 주립대 사회혁신 과학 학사 : 전공 분야를 불문하고 융합인재로 거듭날 수 있도록 사회 수요에 맞춰 교육과정 조정 및 최신화

< 대학 컨소시엄 구성 예시 >



미래 융합인재 역량을 강화할 수 있는 기반 구축

- 발전 가능성·연구 잠재성이 높은 학문후속세대(박사, 박사 후, 신진연구자)의 성장단계에 따른 안정적인 융합연구 참여 지원
 - 국내외 선진 융합연구기관 중심으로 박사·박사 후 연구원의 융합연구 참여 기회 확대 및 연수프로그램 지원
 - ※ 과기정통부 신진연구인력 연수프로그램, 교육부 이공학학술연구기반구축사업 등
 - 학문후속세대 시각에서 주도적으로 융합연구를 기획하고 새로운 아이디어를 발굴할 수 있도록 정기적인 공모전 확대
 - ※ 미래융합협의회 Fellowship : 융합연구에 관심 있는 신진연구자 및 대학원생 대상 연구지원 프로그램

□ 수요에 부합하는 실전형 융합인재 양성

- 최첨단 융합 분야 중심으로 미래 변화 대응력과 실질적 문제해결력을 동시에 지닌 실전형 인재 양성 프로그램 시행
 - 인공지능, 빅데이터 등 신산업 수요 분야와 결합한 문제해결형 연구과제 수행 및 교육을 통해 현장 지향성 제고
 - ※ 과기정통부 '과학기술 혁신인재양성사업'과 연계하여 산업 수요에 적합한 인재 양성 프로그램 운영
 - 대학과 산·연·관이 협력하여 문제기반학습(PBL, Problem-Based Learning) 기반의 융합연구 관련 교육과정*을 설계 및 운영
 - * 교육부 '산업맞춤 단기직무능력인증과정(Match業) 기본계획'과 연계하여 융합인재의 수요 지향성을 강화
- 재직자 대상 최첨단 융합 분야 재교육을 위해 실무에 최적화된 산학연 중심 '일터-대학·연구원' 연계 순환형 교육 체계 구축
 - 현장 수요에 맞는 교육과정을 기업·대학이 공동 설계하고, 기업 주도 집중 교육을 통해 실무에서 즉시 활용할 수 있는 인력을 적기에 공급
 - ※ 과기정통부 산업전문인력 AI역량강화, 산업부 산업디지털변화인재양성 프로그램 등

VI. 기대효과 및 과제별 소관부처

1 기대효과

□ 과학기술적 측면

- 개별 기술만으로 해결할 수 없었던 한계를 극복하고, 새롭게 발생하는 문제와 미래에 선제 대응하기 위해 ‘전방위’적 해결 경로 구축
 - 글로벌 메가트렌드 선도를 위한 미래개척 영역 선점을 통해 새로운 연구 분야 창출 및 혁신적 융합연구 성과 창출
 - 미래영역까지 융합연구를 확장함으로써 다양한 분야와 시점에서 도전과 그 파급을 가속화

□ 경제·산업적 측면

- 성과의 선형적 확산을 공동창조(co-creation)형으로 전환함으로써 기초·원천 융합연구가 제품·서비스 기반의 산업융합과 ‘동시에’ 일어나도록 유도
 - 지속가능성에 초점을 둔 국내·외 혁신주체 간 융합 네트워크 지원으로, 혁신적 융합역량의 경제·산업계 파급 및 확산 유도
 - 초학제형 융합연구 촉진으로 기존에 존재하지 않았던, 새로운 산업 영역과 시장을 창출하고 그 기반을 체계적으로 다짐

□ 사회적 측면

- 사회문제 해결을 넘어 새로운 교육 방법, 문화 콘텐츠, 맞춤형 의료 서비스 제공 등 인간·사회·지구 분야에서 삶의 질을 ‘입체적’으로 향상
 - 다양한 분야의 지식을 통합적으로 활용하는 융합적 사고를 배양함으로써 미래 인재 양성에 핵심 역할 수행
 - 전문가들과 지식을 교류하고 새로운 해결책을 함께 모색하게 함으로써 국민을 정책의 대상에서 혁신 동반자로 자리매김

2 과제별 소관부처

전략 및 추진과제		담당부처
전략 1. 경계 없는 융합연구		
1. 변혁적 융합연구 촉진	- 패러다임 전환형 도전사업 추진 및 투자 확대 - 미래를 대비하는 포트폴리오형 융합사업 추진	과기정통부, 산업부, 중기부, 보건복지부
2. 글로벌 융합연구의 전략성 강화	- 선도형 글로벌 융합연구 강화 - 글로벌 융합연구를 통합 지원하는 센터 지정	과기정통부, 산업부, 중기부, 보건복지부
3. 초학제 융합연구 견인	- 다학제, 학제간 융합연구 고도화 - 연구자-비 연구자 간 시너지 극대화 - 지역 융합연구 활성화	과기정통부, 지자체, 방사청, 식약처, 산업부, 보건복지부
전략 2. 견고한 융합추진 체계		
4. 융합연구 추진체계 다각화	융합연구 공동 추진체계 확립	과기정통부, 기재부, 산업부, 중기부, 보건복지부, 국토교통부
5. 융합에 특화된 평가 체계 확립	- 융합연구 전주기적 평가방식 개선 - 융합연구에 최적화된 평가위원 구성 및 육성 - 평가시기 조정, 결과 활용확산 등 후속 지원 확대	R&D 수행 전 부처청
6. 제도적 추진동력 확보	- 협동연구개발촉진법 개정 - 융합연구 성과 창출 가이드라인 마련	과기정통부, 산업부, 특허청
전략 3. 진보하는 융합생태계		
7. 융합연구 플랫폼 고도화	- 연구기획부터 정책까지 연결하는 융합 콘텐츠 제공 - 융합 생태계 지원을 위한 모니터링 체계 구축 - 융합 효과를 증폭하는 디지털 융복합 환경조성	과기정통부, 산업부, 중기부, 보건복지부
8. 협력과 소통의 증대	연구자 및 기관 간 협력 네트워크 확대	과기정통부, 산업부, 중기부
9. 미래인재 융합역량 강화	- 융합 컨소시엄 중심의 인재 양성 - 수요에 부합하는 실전형 융합인재 양성	과기정통부, 산업부, 교육부, 중기부, 보건복지부

참고4 2040 미래 시나리오

□ 자유롭고 상생하는 인류

○ 초고령화 사회, 건강한 노년의 꿈을 이루다

(다가올 미래) 2025년, 65세 이상 노년층 인구의 1,000만 돌파(통계청 예상)로 한국은 ‘초고령화 사회’로 빠르게 진입하였지만 대부분의 노년층들은 노화에 따른 신체적 능력의 저하와 질환으로 ‘아픈 노년’을 보내고 있다. 기대수명이 갈수록 연장되고 있는 가운데, 어떻게 해야 노년층이 ‘건강한 노년’을 살아갈 수 있을지가 난제로 부상하였다.

(개척하는 미래) 의학·생명공학·컴퓨터공학의 융합으로 개인별 의료용 디지털 트윈 구현으로 인한 맞춤형 의료 도입, 유전자 재프로그래밍에 따른 노화 세포 기능 개선, 유전자 편집 기술 등이 빠르게 발전하며 ‘건강한 노년’의 꿈이 현실이 되었다. 또한, 딥러닝 기반 인체 촬영 이미지 처리 기술이 더욱 정교해지며 치매, 뇌졸중 등 노인성 질환에 대한 빠른 진단과 예측이 가능해지며 노년층은 건강에 대한 걱정을 덜고 전보다 더욱더 활기찬 일상을 보내고 있다.



○ 저출생 위기, 난임 치료 기술로 이겨내다

(다가올 미래) '22년, 역대 최저 수준의 합계출생률(0.78명) 및 8년 연속 합계출생률 저하로 한국은 저출생 위기를 맞이하였지만 정작 23만여 쌍에 가까운 부부들은 정작 아이를 낳고 싶어도 낳지 못하는 ‘난임부부’로 힘겨운 싸움을 벌이고 있다.

(개척하는 미래) 의학·인공지능·생명공학 등의 융합으로 착상 전 유전자 검사로 이상정자와 유전질환을 스크리닝할 수 있는 기술이 만들어지며 이전보다 난임부부의 수가 크게 감소하였다. 또한 ‘스마트 정자 스크리닝 기술’로 난임 부부들은 착상 전 이상정자 제외 등으로 큰 걱정 없이 건강한 아이를 낳을 수 있게 되었다.

○ 지방 의료 공백, 내 결의 의사로 사라지다

(다가올 미래) 지방 소도시를 중심으로, 노년층 인구에 비해 병원과 의사 수가 지나치게 적어 발생하는 ‘의료 공백 현상’이 갈수록 심각해지고 있다. 연고지에 정착한 50대 이상 중년층 의사와 공중보건의 등으로 지방 소도시의 의료 체계가 유지되고 있지만 시민들은 이 체계가 언제 무너질지 불안에 떨고 있다.

(개척하는 미래) 의학·로봇공학·생체소재 등의 융합으로 의료용 바디케어 로봇이 개발되며 아무리 작은 지방 도시라도 노년층 환자의 생애 의료 데이터를 활용한 종합적 건강 진단과 기본적인 외과 수술이 차질없이 실시되고 있다. 이제 시민들은 치명적인 부상이 아닌 한, 큰 도시에 있는 병원까지 먼 길을 떠날 필요가 없게 되었다.

□ 한계와 제약이 없는 스마트 사회

○ 불안한 사회 범죄, 체계적으로 사전 차단하다

(다가올 미래) 경찰청 ‘범죄 발생 및 검거 현황’에 따르면, 매년 범죄 발생 건수는 감소하고 있지만 검거 건수 역시 함께 감소하여 오히려 검거율은 하락세를 드러냈다. 특히나 살인, 강도 등 강력범죄 검거율은 불안정한 추세를 보여, 우발적 살인 및 밀집 지역 중심 살상 테러 등에 대한 국민의 불안감이 더욱더 커져가고 있다.

(개척하는 미래) 정보통신공학·심리학·인공지능 등의 융합으로 도심에 설치된 CCTV, 센서 등 다수의 이종 기기 간 데이터가 실시간으로 공유되고 해당 데이터에 대한 인공지능 심층 분석이 실시되며 언제 일어날지 모르는 범죄 상황의 사전 방지나 빠른 초기 대응이 가능해졌다. 구체적으로, 특정 위치나 시점에서 이상 데이터가 연이어 감지될 경우, 범죄 발생 여부를 떠나 경찰이 현장에 무조건 출동하여 시민의 안전을 확보하고 피해를 최소화하기 위해 노력하고 있다. 한층 더 안전한 일상이 국민에게 돌아오게 되며 국민의 불안감이 크게 감소하였다.

○ 교통사고·혼잡, 실시간 데이터 공유로 감소하다

(다가올 미래) 운전면허 소지자와 자동차 누적 등록대수가 증가하며 도심교통량 및 교통사고 건수 역시 크게 증가하였다. 자율주행 시스템의 고도화 등으로 차량 대수가 갈수록 크게 증가할 것으로 예상되는 가운데, 이에 비례하여 증가할 교통사고 건수 및 교통혼잡을 어떻게 대처해야 할지가 사회적 난제로 부상하였다.

(개척하는 미래) 로봇공학·인공지능·자동차공학의 융합으로 차량 1대를 중심으로 사방의 위치, 물체를 감지하던 기존의 센서 체계를 뛰어넘어 차량 간 초정밀 위치 데이터 공유 플랫폼이 구축되었다. 그 결과, 도로 내 밀집한 자동차 간의 예상치 못한 충돌사고나 과속사고가 현저히 감소하게 되었다. 또한, 갑작스러운 공사 등 도로 위의 예상치 못한 사건·사고도 실시간으로 전달되며 교통혼잡도 역시 전보다 크게 감소하였다.

○ 장애인 학습권 제약, 다중감각 교육으로 사라지다

(다가올 미래) 해마다 전체 장애인 및 발달장애인(지적·자폐성) 수가 증가하는 데 반해 장애아동 대상 특수교육 시설 및 일반 학교 내 특수반의 수는 모자라 많은 장애인이 교육 차별을 경험하고 있다. 또한, 심한 뇌병변이나 발달 장애를 가진 장애인들에게는 교사와의 일상적인 커뮤니케이션부터가 큰 교육 장벽으로 작용하고 있다.

(개척하는 미래) 교육학·컴퓨터공학·재료공학 등의 융합으로 다중감각 기반 커뮤니케이션을 지원하는 마이크로칩과 디지털 트윈 구조의 메타버스 교육 콘텐츠로 장애인들이 현실에선 경험하기 어려운 다양한 교육적 실습, 체험 등을 경험할 수 있게 되었다. 장애인 교육 환경이 개선되고, 장애인·교사간 커뮤니케이션이 전보다 훨씬 원활해졌다.



□ 지속가능한 지구

○ 심각한 기후위기, 혁신적 탄소저감으로 대처하다

(다가올 미래) 파리협약의 체결과 신기후체제 출범으로 국제사회가 온실가스 감축에 합의했지만 이에 동의하지 않는 일부 국가들의 무분별한 온실가스 배출 등으로 기후위기가 심화되었다. 한편, 석탄을 비롯한 화석연료로 인한 미세먼지와 유해물질 발생으로 대기오염 역시 심각해지며 대안 에너지의 필요성이 떠오르게 되었다.



(개척하는 미래) 지구과학·환경공학 등의 융합으로 CO2를 물리·화학적으로 분리하여 이산화탄소 농도를 낮추는 ‘직접공기포집’ 기술로 탄소중립이 더 현실로 다가왔다. 기상학·인공지능·대기과학의 융합으로 날씨 및 대기 중 오염물질 모니터링 체계가 보다 정교해지며 기후변화에 대해 보다 빠른 대처를 할 수 있게 되었으며 건축공학·환경공학 등을 융합한 제로에너지 빌딩 설계, 고층 빌딩에 내리쬐는 태양 빛을 이용한 ‘에너지 하베스팅’ 형 스마트 윈도 개발로 도심 탄소 배출량이 20% 이상 감소하였다.

○ 플라스틱 폐기물, 획기적으로 감소하다

(다가올 미래) 국내 연간 1인당 플라스틱 컵, 페트병 등의 소비량이 꾸준히 증가하며 2030년에는 플라스틱 폐기물이 2020년보다 1.5배 더 많이 발생(자원순환정보시스템)하였다. 하지만, 플라스틱 폐기물의 재활용률은 20%에도 못 미치고 있다. 플라스틱 쓰레기는 미세하게 분해가 되더라도 결국 환경에 잔류해 인간을 포함한 동·식물에 심각한 악영향을 미칠 수 있어, 이에 대한 대비가 시급해졌다.

(개척하는 미래) 화학·환경공학·신소재공학 등의 융합으로 플라스틱 폐기물을 열분해하여 해중합을 통해 화학적으로 재활용 및 생분해할 수 있는 소재로 전환하는 기술이 개발되었다. 그 결과, 연간 5백 만 톤의 플라스틱 폐기물과 폐기물 소각 처리시 발생하는 유해물질 및 탄소배출이 크게 감소하였다.

○ 커지는 우주쓰레기 위협, 안전한 미래우주를 만들다

(다가올 미래) 최근 4년 동안, 우주쓰레기 추락사고가 884% 증가한 가운데 ‘23년 1월, 한국에선 사상 처음으로 ‘인공위성 잔해물 추락’을 경고하는 재난문자가 발신되는 등 우주쓰레기 처리가 주요한 국내외적 이슈로 부상하였다.

(개척하는 미래) 기계공학·항공우주공학·수학 등의 융합으로 인공우주물체에 도킹하여 위성 수리 및 급유를 실시, 버려진 우주쓰레기를 대기권으로 재진입해 소각시키거나 포획하여 이동시키는 ‘궤도상 서비스(On-Orbit Servicing)’ 기술이 발전하게 되었다. 이에 우주쓰레기 대응 체제가 한층 강화됐으며 우주환경 역시 크게 개선되었다.

참고5 12대 미래개척분야 기술 로드맵

I. 자유롭고 상생하는 인류

12대 미래개척분야	세부중점기술	구성기술	시기											
			5년이상						10년 이내			10년이상		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
건강수명 증진 플랫폼	패노믹스 기반 개인맞춤형 정밀의학기술	약물상호작용 시뮬레이션												
		가상화된 임상시스템 구현												
	사이버네틱 오가니즘 활용 치료·신체능력 증강	예측 알고리즘 개발												
		임상 유효성 검증												
디지털 정신 건강 통합 솔루션	인간-기계 연결을 통한 신체기능 복원·강화	줄기세포 3D 바이오프린팅(자가인공장기) 기술												
		저산소증 해소를 위한 인공폐												
	디지털 메디컬 트윈 시스템 기술	초강력 인공 근육섬유 소재 기술												
		신체적·정신적 적응 및 훈련 시스템												
복합적 인류 생존 요소 확보	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	고해상도 뇌신호 측정 기술												
		운동 신경신호 분석 신호 데이터 구축 및 해석												
	현대인의 정신질환 극복을 위한 디지털 치료제	감각 유도 신경신호 자극 패턴 알고리즘 개발												
		나노포토닉스 기반 광전 융합 반도체 기술												
인구소멸 변화 대응 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	개인 맞춤 장기 디지털 트윈 구동 기술												
		장기별 디지털 트윈 제작 기술												
	약물·비약물 통합 중독치유 기술	완전 입체 초심각 홀로그래픽 디스플레이 기술												
		질병 위험도 예측 디지털 트윈 시스템												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	멀티모달 융합데이터 기반 디지털 바이오마커												
		설명가능 인공지능 모델 기반 정신건강 평가기술												
	인지 기능 보존·향상을 위한 뇌 임플란트 기술	디지털 뇌지기술 기반 정신건강 변화요인 예측												
		정신건강 디지털 트윈모델 기반 트라우마 극복												
인구소멸 변화 대응 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	프로그램 매뉴얼 및 시나리오 개발												
		실감형 디지털 영상화, 컨트롤 프로그램												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	단계별 가이드 적용 및 임상시험												
		모바일·웨어러블 디바이스 연동 및 기록												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	중독 수준 종합적 모델링 기술 개발												
		치료효과 평가 기술 개발												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	중독 디지털 인지행동 치료 콘텐츠 개발												
		임상 적용 가능 차세대 통합 중독 치료기기 개발												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	신체 친화적 전극 개발												
		시스템 개발 및 테스트용 고등 동물 모델 개발												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	신경 증상 특이적 뇌신호 분석 알고리즘 개발												
		연구임상 및 시스템 통합												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	이중이상 감각정보 센싱												
		감각인지 주요 신경조절인자 발굴												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	청각의 촉각각 변환												
		시각의 촉각각 변환												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	작물 생육환경 관련 데이터 구축												
		실시간 생육조건 조절 기술												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	다중 대응형 톨팁 및 그리퍼 플랫폼 개발												
		작업물 인식 및 파지기술												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	개별 주택 통합 모니터링 및 대응 시스템												
		이미지, 소리, 냄새 등 디지털 전환기술 개발												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	1인 가구 등 돌봄 시스템 구축												
		지능형 타운개발을 위한 IoT 기술개발												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	인공지능 기반 생활위기 탐지 알고리즘 개발												
		이용시설 내부 센서 및 장비 구축												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	개인화된 음성/시각 등 네비게이션												
		대피유도 시스템 구축												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	미숙아 집중케어 차세대 인큐베이팅 기술 개발												
		배아 유전자 검사												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	난임 극복을 위한 인공자궁 기술 개발												
		생식기관 스크린 기술												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	맞춤형 돌봄 시스템 구축												
		원격제어 네트워킹이 가능한 센서 개발												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	사용자 맞춤형 돌봄 기기 개발												
		돌봄 공간내 인공지능 플랫폼 구축												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	대체현실 기술을 이용한 메타라이프 시스템												
		AI 기반 초개인화된 교육용 가상환경 시스템												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	사회구성원의 소통용 메타커뮤니케이션 기술												
		상호작용 패턴을 분석, 모델링 및 대화지원 기술												
고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼	신체활동 보조용 기기개발												
		다생체정보 예측 및 분석 시스템												
	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술	재택 건강관리 질환별 자동진단 시스템												
		통합 센서 시스템 개발												

II. 한계와 제약이 없는 스마트 사회

12대 미래개척분야	세부중점기술	구성기술	시기											
			5년 이상 10년 이내										10년 이상	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
미래사회 주체의 공존	안전 공간 확보를 위한 이동체 간 소통 기술	비전/라이다 센서 기반 초정밀 위치추정 기술												
		다수 자율이동체의 위치추정 및 지도작성 기술												
		통합 정보 공유 및 관제 지원 표준 플랫폼 기술												
		멀티모달 심층강화학습 기반 충돌회피 기술												
	실세계와 상시 연동하는 가상세계 구현 기술	물리적 상태 변화 고속 감지												
		실 객체, 가상 객체 간 맵핑												
		가상 세계 내 주체 간 상호작용												
		IoT형 초고속 통신 모듈												
	사물-기계-인간 자율발전형 통합 플랫폼	기계/사물 실시간 데이터 통합관리 플랫폼 기술												
		기계/사물 작업 분배수행 기술												
		대규모 멀티에이전트 강화학습 기술												
		공동 임무 최적 수행을 위한 협업 기술												
	인간과 협력하는 특수 작업형 무인 체계	비평탄화 지형에서의 이동체 자유 구동												
		자율작업 수행 알고리즘 개발												
		유해/열악 현장 자율 탐색 기술												
		원격 조종자 움직임지시 수행												
시·공간의 확장과 연결	다중감각 인터랙션 기반 디지털 학습 플랫폼	고질감 콘텐츠 및 공간 인식 기술												
		햅틱 센싱, 학습자 근육 묘사·재현												
		시공간 초월 가상 활동 플랫폼 구축												
		특수 영역 실습 동작 분석 및 학습 자료 개발												
	사회 이슈·재난의 전조 현상 예측 및 대응 기술	정부·지자체 정보 공유 체계 구축												
		지역/분야별 대규모 정보의 실시간 연계 기술												
		맞춤형 예측·모니터링·대응 플랫폼 개발												
		실시간 현황판 및 컨트롤타워 운영 기술												
	가상공간에서의 인증·모니터링 기술	사용자 무자각/지속인증/인가/접근제어 기술												
		이기종 시스템 간 자율형 보안 상호 운용 기술												
		AI 기반 사이버 범죄 탐지 기술												
		자율형 사이버 방어/공격 기술												
	버추얼 라이프 커뮤니케이션 플랫폼	XR(eXpended Reality) 기술 고도화												
		3D 모델링 및 디자인												
		서비스에 대한 사용자 경험 설계												
		음성 및 제스처 인식을 위한 기기												
사회안전망의 자율진화	도시·산업단지 에너지 공유형 통합관리시스템	재생에너지 설비 확장 및 효율 향상												
		재생 열에너지 저장 기술												
		재생에너지 공유 네트워크를 통한 수요관리												
		에너지자립형 통합관리 시스템												
	범죄 사전감지 자율방범 체계	이종 데이터 처리용 멀티모달 학습 기술												
		사람의 이동 방향 및 미래 모션 예측 기술												
		인간 움직임 정밀 측정 광전자소자												
		다목적 응용 초박막/초소형 광전자소자												
	사회 인프라 안전관리 보조 플랫폼	고감도 선택 감지 센싱 기술												
		AI를 통한 상황 인지 기반 이상 징후 탐지 기술												
		실시간 자가 감지/진단 시스템 구축												
		기계학습 기반 통합관제 기술 개발·고도화												
	재난 상황 속 도시의 자가 회복 시스템	디지털트윈 기반 도시 모델링												
		재난 예측 및 대응 시나리오 생성 기술												
		진단 데이터 기반 피해 부위 특정 및 수준 정량화												
		모듈형 긴급 구조설비 보강 기술												
미래형 모빌리티 시스템	험지 주행을 위한 모빌리티 플랫폼	유기체 세포구조 모방 기술												
		목적에 따른 자동 변형 휠 제조												
		초소형 모빌리티 플랫폼 전동화 파워트레인 제작												
		지형정보 이미지 처리를 통한 최적 경로 생성												
	교통약자용 온디맨드 Maas	배차·운행 통합관리 서비스 플랫폼												
		서비스 제공자/사용자 어플리케이션 SW												
		온디맨드 의료/행정 서비스												
		서비스 목적별 표준장비 개발												
	모빌리티 간 장벽이 없는 복합환승 플랫폼	모빌리티 형태별 환승구역 디자인												
		최적화 동선 설계												
		복합환승센터 건설												
		서비스 고도화												
	육·해·공 연계 멀티관제 시스템	AI 기반 첨단 디지털 도로 인프라 구축												
		초정밀 UAM, AAM 교통관리 시스템												
		자율운행 선박 통제 시스템 구축												
		육·해·공 인프라 통합관제 시스템 구축												

Ⅲ. 지속가능한 지구

12대 미래개척분 야	세부중점기술	구성기술	시기											
			5 - 10년 이내										10년 이상	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기후변화 대응	지구 환경·기후·재해 감시 및 예측 기술	기후예측 위한 Target Domain 체계 분석												
		데이터 원천 및 특성별 (수치, 비수치 등) 접근법 검토												
		접근 방법별 또는 통합 기후변화 예측 모델링												
		기후변화 예측 모델링 결과 검증 및 테스트												
	미래형 기상·기후 조절 기술	나노공학 물질 이용 친환경 인공강우 물질 설계 및 개발												
		인공강우 지상 검증 시스템 개발												
		인공강우 상용화 기술 개발												
		인공강우 시스템을 이용한 기후재난 대응 모델링												
	대기오염물질 관측 및 제거 시스템	인공지능 기반 대기오염물질 분석 및 예측 기술												
		인공지능 기업을 융합한 대기 오염원 기여도 진단												
		저차압·고효율 DAC용 모듈 및 시스템 개발												
		DAC 저장 및 활용 연계												
	생태계에 유익한 대기 물질 생성 기술	적외선 기반 가스별 흡수 스펙트럼 DB 구축												
		인공지능 기반 지면 및 해수 온도 정밀 모니터링												
		환경 맞춤형 바이오 에어로졸 생성 기기 개발												
		도시 환경 특성을 고려한 기상 및 대기질 모델 평가												
청정에너지 융합	안정성 기반 대용량·저비용 에너지 저장 기술	고밀도 급속충전용 이차전지 기술												
		저가·고효율 전고체전지 기술												
		고밀도 수소연료전지 기술												
		이차전지 폭발 방지 및 열냉각 기술												
	재생 및 재활용 에너지 기반 자력 발전 빌딩 기술	태양광·열 (PVTE) 복합 발전 기술												
		에너지자립 스마트 조명 제어 시스템												
		양방향 열에너지 네트워크 시스템												
		미이용 열에너지 이용·저장 기술												
	이퓨엘(e-fuel) 대량 생산 및 확장 플랫폼	가스 기반 액체연료 합성 촉매 기술												
		그린 수소 연계 생산 공정 기술												
		분산 전원용 암모니아 가스터빈 발전												
		암모니아 연료전지-암모니아 가스터빈 복합 발전 시스템												
	방사성 폐기물 재활용 기반 에너지 생산 시스템	온라인 핵분열생성물 제거 기술												
		사용후연료 직접 염소화 기술												
		사용후연료 염소화 기술의 핵 확산 저항성 평가												
		고부가가치(Pd, Nd, Zr 등) 방사성 폐기물 재활용 기술												
지구환경 회복 및 치유	토양오염 유발인자 제거 기술	안정/방사성 동위원소 이용 오염인자 판별 기술												
		토양유실량 및 토양오염물질 위해성 평가 기술												
		정화 토양 생태학적 건정성 평가 및 장기 모니터링 기술												
		정화부지 토양 재활용 기술												
	수환경 오염 통합 관리 기술	상시누출 모니터링 센서 기반 경보 시스템 개발												
		해수·담수·지하수 관정 상부 밀폐 기기 개발												
		해수·담수·지하수 오염 탐사 및 분석 기기 개발												
		미생물 및 효소 매개 해양오염수 정화 기술												
	산림 생태계 재생을 위한 설계 시스템	광파탐지 및 복합위성 기반 훼손지 원인 조사·분석 기술												
		지형·기후 데이터 분석 기반 가상 산림 재생 서비스												
		지형 보전을 위한 산림 묘목 복원 기술 개발												
		건조 및 황폐 극한지 산림복원 기술 개발												
	자원 및 탄소 순환형 생분해 플라스틱 소재 기술	열가소성 수지인 r-PET 및 r-Nylon 변환 기술												
		PET 폐기물을 농업용 생분해 멀칭 필름 소재로 전환												
		생분해 플라스틱 화학적 재활용 기술												
		중금속, 다이옥신 등 인체 유해 화합물 함량 분석												
극한 미지 영역 개척 (우주·심해·지 하)	미래도시용(지하도시, 부유식 해상도시 등) 네트워크 기술	1Gbps급 및 고신뢰·시분할 지원 IoT 무선통신 기술												
		테라스케일 지능 분산 디지털 트윈 플랫폼 기술												
		수중음파통신 기지국 제어기 및 게이트웨이 기술												
		수중도시 관리를 위한 IoT 기반 수중 이동체 기술												
	초극한 환경 기반 반도체 기술	고온 내성 반도체 소자 설계 및 제작 기술												
		고온 내성 반도체 회로 설계 기술												
		고온 안정 접합 기술												
		고온 내성 패키지 신뢰성 평가 기술												
	우주 쓰레기 모니터링/처리 및 회수 기술	시계열 기반 Computer Vision 기술												
		다중감각 우주 환경 인식 기술												
		적외선 레이저 기반 광통신 기술												
		우주 중계 노드 기술												
	우주 광물을 활용한 건축 기술	달 환경 기반 광물 분석 기술 개발												
		화성 환경 기반 3D Print 이용 건축 자재 기술 개발												
		Self-Assembly 기반 3D Printer 기술 개발												
		텐세그리티 및 케이블 로봇 기반 3D Printing 기술 개발												

I. 자유롭고 상생하는 인류

분야 1 건강수명 증진 플랫폼

미래도전가치 : #자유, #미래의료, #건강수명, #인공장기, #개인맞춤치료, #메디컬트윈, #한계극복

- **(분야개념)** 인간과 기계를 연결하여 신체의 활용 가능성을 확장하고 이를 바탕으로 인공지능에 인간적 요소를 도입하거나, 인간의 진화와 신체적 건강을 이루는 제반의 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 의료 인력 부족 현상 심화에 대응하기 위한 재활 로봇의 안전성 확보 및 접근성 향상, 일론 머스크의 뉴럴링크가 대단위 신경 인터페이스를 개발하는 등 인간-기계 연결에 관한 관심이 증가함
- **(필요성)** 난치병 등 단순 신체질환 극복뿐만 아니라 인간 능력을 향상시키는 기술 구현을 통하여 건강수명을 연장하고, 국민 건강 수준 향상을 통해 삶의 질적 개선을 추구

예시 기술1	패노믹스 기반 개인맞춤형 정밀의학기술		
미래도전가치	건강수명, 고령화, 개인맞춤치료		
개념	진단, 약물 평가,	목표	개인 데이터를 기반
예후 예측 등 데이터 분석(유전 정보, 생물학적 마커 등)을 통해 질병을 조기 발견하고 맞춤형 치료를 제공하는 기술	으로 질병 예방 및 치료법 제공하고 초정밀 의료 진단과 맞춤형 치료가 가능한 장비개발		
기술구현 의의	개인의 특성을 고려한 맞춤형 진료 및 치료를 구현함으로써 의학의 효율성과 효과성을 높이고 부작용 등으로 인한 사회적 비용 최소화	관련기술 수준	기술수준평가 내 정밀 의료 인프라 기술 82.5%, 지능형 약물 전달 최적화 기술 85%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	변혁적 연구	SIEMENS, Harvard Univ, Univ of Cambridge 등	
연구분야	의료 인공지능, 유전체 의학, 빅데이터 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단바이오, 첨단로봇·제조, 차세대 통신	(과기부) 오믹스기반정밀의료기술개발사업	

예시 기술2		사이버네틱 오가니즘 활용 치료	
미래도전가치		건강수명, 인공장기, 인공뼈, 장기프린팅	
개념	환자 정보를 기반	목표	면역거부 반응을 최소화
으로 바이오 인공장기를 개발하거나 조직의 대체, 치료를 돕는 유·무기 조직 및 신체 부차·연결형 기기 개발		화한 인공장기를 생산, 장기의 빠른 회복이나 손상된 신체 부위를 대체할 수 있는 생체조직 생산	
기술구현 의의	장기 이식 과정을 간소화하고 장기 부족 문제를 해결함과 동시에 인간 수명의 연장에 획기적으로 기여	관련기술 수준	기술수준평가 내 인공장기기술 80%, 디지털 헬스케어 기술 80%
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제	ANGEL ROBOTICS, Bionic Yantra, Stanford Univ 등	
연구분야	생체소재, 로봇 의료, 재생의료, 고분자 소재 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단바이오, 첨단로봇·제조, 인공지능	(복지부) 이종장기연구개발사업	

예시 기술3		인간-기계 연결을 통한 신체기능 복원·강화	
미래도전가치		고령화 대응, 건강수명, 신체기능의 회복	
개념	신체의 기능을	목표	신체 능력이 저하된
회복시키고 건강 상태를 모니터링하여 운동 보조나 재활치료 솔루션을 제공하는 기술		환자나 장애인에게 상하지 복합, 보행 재활 등의 맞춤형 치료 솔루션, 재활 훈련 기기 제공	
기술구현 의의	건강수명 연장과	관련기술 수준	기술수준평가 내
더불어 신체기능이 손상된 인간의 건강한 생활을 지원하고 신체기능의 회복 기간 단축으로 불필요한 의료 지출 절감		뇌 신호 관측 및 조절 기술 70%, 디지털 헬스케어 기술 80%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제	Blackrock Neurotech, Univ of Pittsburgh 등	
연구분야	뇌 과학, 첨단로봇, 재활 기기, 의료기기 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단바이오, 첨단로봇·제조, 반도체·디스플레이	(복지부) 첨단의료기술개발,	

예시 기술4		디지털 메디컬 트윈 시스템	
미래도전가치		건강수명, 디지털트윈	
개념	생체정보 분석을	목표	난치성 질환 환자나
통해 신체를 디지털화하여, 효과적 수술법 구현 및 치료를 위한 바이오 트윈 기술		외부 치료가 어려운 환자에게 치료를 제공하는 트윈 시스템 개발, 의료인 교육훈련 트윈 시스템 구현	
기술구현 의의	치료 및 수술의	관련기술 수준	기술수준평가 내
효율성 향상 및 비대면 원격 상환에서의 진단, 치료가 가능하며 비숙련의료인 대상 교육훈련 기회를 마련하여 의료인력 부족 문제 해결		의료영상융합기술 67%, 가상 혼합 현실 기술 82%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제	美 Univ of Michigan, GE 등	
연구분야	디지털 트윈, AI, 의과학, 네트워크 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단바이오, 반도체·디스플레이	(과기부) 디지털치료제활성화를위한 XR트윈기술개발	

분야 2 디지털 정신건강 통합 솔루션

미래도전가치 : #현대인정신건강, #정서장애, #중독치유, #인지향상

- **(분야개념)** 정신의학적 장애나 질병을 예방, 치료하기 위하여 환자에게 근거 기반의 치료적 중재를 제공하는 소프트웨어 및 하드웨어 개발
- **(관련 니즈 및 이슈)** 소비자의 정신건강 헬스케어에 대한 니즈가 단순 웰니스 케어에서 직접적인 질병관리로 이동하고 있어 향후 디지털 치료제 및 인지 향상 분야의 기술 개발 필요성이 점점 높아질 것으로 예상됨
- **(필요성)** 우리 사회 급격해지고 있는 경제적 격차와 경쟁구조 심화 현상은 국민 우울 위험군 비율과 자살률의 증가 등의 정신건강 문제로 확대되고 있으며, 건강사회로의 회복을 위한 현대인 정신 건강관리 솔루션 개발이 시급

예시 기술1	인간 패턴 데이터를 통한 라이프 케어 플랫폼		
미래도전가치	현대인 정신건강, 스트레스 관리, 휴식		
개념	고도화된 AI 기술을	목표	정신건강에 대한
통해 개인의 감정을 인식하고 정신 건강 관리 방안을 제공하는 통합 플랫폼 기술	선제적 개입을 가능하게 하고, 일반인 접근이 용이한 플랫폼을 통해 맞춤형 멘탈케어 경험 제공		
기술구현 의의	생활습관병 등	관련기술 수준	기술수준평가 내
현대인 정신 문제의 치료 기간을 단축하고 자가 관리와 접근하기 쉬운 치료 경험을 제공으로써 정신 건강 관리의 패러다임 전환	재활 치료 및 생활 지원 기기 기술 78%,	실현시기	5-10년 이내
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	초학제 연구	Woebot Labs, Black Dog Institute (Aus) 등 선도기관과의 협력	
연구분야	인공지능, 정신의학, AI, ICT 통신 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단바이오, 차세대 통신, 첨단로봇-제조	-	

예시 기술2	현대인의 정신질환 극복을 위한 디지털 치료제		
미래도전가치	개인의 사회 적응, 기회균등, 정신건강 회복		
개념	정서장애 인지행동	목표	시공간의 제약이 없는
치료를 제공하는 소프트웨어를 활용한 디지털 치료기기 개발	가상 현실 치료제 기반 인지행동치료 등 디지털 치료제를 통한 정신질환 치료를 제공		
기술구현 의의	전통적 정신질환	관련기술 수준	기술수준평가 내
치료의 긴 상담 시간, 높은 비용 등으로 인한 정신과 치료의 문턱을 낮추고 사회적 편견으로부터 자유로운 치료제 제공	생명·보건의료 분야 전체 77.9%	실현시기	5-10년 이내
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	학제 간 연구	Pear Therapeutics, 美 NIH, MGH, Akili Interactive 등	
연구분야	정신의학, BCI, 모바일 기기, 바이오신약, 의학 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단바이오, 차세대 통신, 첨단로봇-제조	(과기부) 디지털치료제 활성화를 위한 XR트윈핵심기술개발,	

예시 기술3	약물·비약물 통합 중독치유 기술		
미래도전가치	중독치유, 약물 오남용 문제 해결, 자기조절		
개념	생체 신호 감지를	목표	감각형 가상현실
통해 중독치유가 가능한 착용형 센서, 웨어러블 기기, 기타 약물/비약물적 치유 기술개발	치료를 비롯한 뉴로모듈레이션 치료, 기타 약물·비약물·통합 치료 등 중독 치유 기술개발		
기술구현 의의	사회의 안전을 위협하는 현대인에게 노출된 다양한 중독 질환(알코올, 약물, 스마트폰, 도박 등)의 대응 대책 마련	관련기술 수준	기술수준평가 내
	재활치료 및 생활지원 관련기술 78%	실현시기	5-10년 이내
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	학제 간 연구	Harvard Medical School, 美 NIDA 등	
연구분야	정신의학, 의학, 센서 기술, VR, 뉴로모듈레이션 치료 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단바이오, 차세대 통신, 인공지능	(다부처) 범부처 전주기 의료기기 연구개발,	

예시 기술4	인지 기능 보존·향상을 위한 뇌 임플란트 기술		
미래도전가치	인지향상, 뇌지도 구축		
개념	뇌에 인공물을	목표	생체 신호를
삽입, 연결하여 뇌 기능을 조절하거나 기억력, 인지능력 등 두뇌 능력을 혁신적으로 증강하는 기술	조절하거나, 신경의 회복, 뇌 기능의 향상을 위한 초소형 칩 개발		
기술구현 의의	인간의 신체·두뇌·감성 등의 능력을 획기적으로 향상시키고, 인지능력의 한계를 극복할 수 있도록 함	관련기술 수준	기술수준평가 내
	바이오칩 기술 80%, 생체적합 재료 개발기술 81%	실현시기	5-10년 이내
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	변혁적 연구	Neuralink, Janelia Research Campus 등	
연구분야	뇌과학, 의학, 차세대 고성능 센서, BCI, 바이오소재, 생체조직 재생, 바이오칩 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단바이오, 차세대 통신, 첨단로봇-제조, 반도체·디스플레이	(과기부) 뇌과학원천기술개발	

분야 3 복합적 인류생존 요소 확보

미래도전가치 : 주거불안 해결, 식량위기 극복, 생활안전, 포용사회, 대체 의사 소통

- **(분야개념)** 인간의 기본적 욕구(의·식·주 등) 충족을 위한 생존 필수 기술뿐만 아니라 인류 지속가능성 확보를 위한 복합적 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 기후변화, 에너지, 식량, 질병 등 사회 복잡성이 증대됨에 따라 인류는 X이벤트(Extreme Event, 미지의 재앙), 감염병 등 예측 불가능한 사회에 직면하였으며, 이에 대비하기 위한 기술·사회적 공진화 요구가 커짐
- **(필요성)** 개인의 위기, 난제 해결과 사회 발전에 기여하는 과학기술의 혁신을 통해 인류 문제 해결 강화 필요

예시 기술1	감각정보 전환을 통한 의사소통 기술		
미래도전가치	대체 의사소통, 포용사회, 다양성 존중		
개념	촉각, 시각, 후각	목표	인간 감각을 모사하거나 재현·변환된 감각신호를 타인에게 전달하여 개체 간 상호 소통하고 소통하는 기술
기술구현 의의	장애인, 노약자 등 사회적 약자의 기본 권리인 의사소통 증진 및 이를 통한 삶의 질 향상과 사회 통합 구현	관련기술 수준	기술수준평가 내 뇌 신호 관측 및 조절 기술 70%, 가상혼합현실 기술 82%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	Univ of Wisconsin, NeuroSky, Cyberkinetics 등	
연구분야	인공지능, 센서, 생체감각치환, 뇌 과학, 철학, 미디어 단말기 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 첨단로봇·제조, 첨단 바이오, 반도체·디스플레이	(과기부) ICT융합디지털포용기술개발	

예시 기술2	차세대 작물 재배·생산에 적합한 애그리테크 기술		
미래도전가치	식량위기 극복, 미래 식문화		
개념	메디푸드, 미래 식품	목표	작물의 생육 환경과 온도, 습도 등 데이터를 기반으로 무인·자동화된 차세대 애그리테크 기술의 농업 현장 안착
기술구현 의의	제조에 적합한 차세대 작물 개발 및 자동화된 생산·수확이 가능한 미래 농업 및 농식품 제작 기술	관련기술 수준	기술수준평가 내 작물 생육 스마트팜 기술 82%, 식품가치창출 기술 92%
	고부가가치 농작물	실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 Medical Foods, 네덜란드 바헤닝언대	
연구분야	농식품 가공 기술, 생명공학, IoT, 에너지소재, 환경관리, 병해충 제어, 바이오소재 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단로봇·제조, 차세대 통신, 인공지능	(농진청) 차세대농작물신육종기술개발	

예시 기술3	주거·소통이 자유로운 코리빙 타운 조성 기술		
미래도전가치	돌봄 공동체, 구성원 소통, 주거불안 해결		
개념	거주뿐만 아니라 주민 간 네트워크 형성을 통한 공동체 돌봄을 구현하고 타운 내 공간에서 다양한 경험을 제공	목표	유연한 주거와 주민 간 소통이 자유로운 공유 주거 개념 코리빙 타운을 조성하고, 돌봄 친화적인 사회환경 구축
기술구현 의의	주거불안 심화 및 주거 빈곤 등의 사회적 문제를 해결하고, 약화된 가족 돌봄 기능을 보완하여 양육의 사회적 부담 경감	관련기술 수준	기술수준평가 내 지속가능한 인프라 구조물 건설기술 85%, 스마트시티 구축 및 운영기술 86.5%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	美 Rover, Wag, Whistle 등	
연구분야	도시설계, ICT, 건축디자인, 네트워크, 사회학 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 첨단로봇·제조, 사이버보안, 인공지능	(국토부) 주거생활환경문제해결사업	

예시 기술4	다중이용시설의 생활 안전·위기 관리 기술		
미래도전가치	일상의 위협 대응, 생활 안전 확보		
개념	이용시설 내부의 센서와 통신장비를 통해 사람과 사물 위치를 측량하고 공간정보와 융합하여 위기관리 서비스 제공	목표	사이버 물리시스템 구축과 지능화된 공간정보를 사람, 센서, 기기 등을 활용하여 이용시설 내 사고감지, 개인 안전 모니터링, 대피경로 알림 등 통합 관리 시스템 구축
기술구현 의의	국민의 쾌적하고 안전한 생활을 위협하는 위기를 관리하고, 위험 요인 감지·사고 예방을 통해 국가 안전 수준 향상	관련기술 수준	기술수준평가 내 재난 전주기 정보통신체계기술 80%, 시스템 SW 운영 및 기반 기술 75%
	국민의 쾌적하고 안전한 생활을 위협하는 위기를 관리하고, 위험 요인 감지·사고 예방을 통해 국가 안전 수준 향상	실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 Google Maps Indoor, SketchUp, SparkCognition 등	
연구분야	인공지능, 센서, IoT, 정보처리시스템, 네트워크, 보건의료 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 첨단로봇·제조, 인공지능, 반도체·디스플레이	(행안부) 재난안전부처협력기술개발	

분야 4 인구소멸·변화 대응

미래도전가치 : 저출생 극복, 돌봄 공백 대응, 고령사회 대응, 미래교육

- **(분야개념)** 저출생·고령화로 인한 인구구조변화에 따른 사회·경제적 충격에 대응하기 위한 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** OECD 회원국 중 가장 낮은 출생률, 보건 환경 개선 및 의학 기술 발전에 따른 고령 인구 증가에 따른 인구문제 심화와 함께 수도권 인구 집중화 현상 지속으로 지역 소멸 위험 가속화
- **(필요성)** 급격히 변화하고 있는 미래 인구구조에 적응해 나가기 위하여 미래 구성원의 경쟁력을 강화하고, 생산가능 인구 축소에 대한 대응책 마련이 필요

예시 기술1	난임 극복을 위한 미래 생식기술		
미래도전가치	저출생 극복, 가정해체 위험 대응, 난임치료		
개념	이상정자와	목표	난소 기능 저하, 유전질환을 스크리닝하거나, 보조 생식술, 인공자궁 등 미래 생식기술 개발
기술구현 의의	저출생으로 인한 인구구조 변화와 사회문제에 대응하고, 임신·출생 관련 미충족 의료 해결에 기여하고 출생률 증진	관련기술 수준	기술수준평가 내 불임·난임 기술 85%, 바이오 및 생체공학 기반 인공장기 기술 80%, 생명·보건으로 분야 전체 77.9%
		실현시기	10년 이상
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	변혁적 연구	美 Olympus Corp, 日 도코지케이카이 의과대 등	
연구분야	의과학, 생명공학, 인공지능, 신경생물학, 보건 의료, 유전체기반 기술 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단바이오, 인공지능	(복지부) 공익의료기술연구사업	

예시 기술2	돌봄 부담 감소를 위한 첨단 스마트 시티 시스템		
미래도전가치	돌봄 공백 해소, 저출생 극복, 고독사 방지		
개념	돌봄이 필요한 구성원(영유아, 노인, 장애인 등)을 위한 케어 클라우드 시스템 및 SW·HW 시스템	목표	신체적·정신적 독립을 가능하게 하는 맞춤형 돌봄 스페이스, 기기 등 개발
기술구현 의의	돌봄 필요 가구의 비용·인력 부담 경감을 통해 생산가능인구의 사회 복귀와 생산성 증대, 사회적 고립으로 인한 사회문제 해결	관련기술 수준	기술수준평가 내 적응형 서비스 로봇기술 83.5%, 다중 인공지능 공통 플랫폼 기술 80%, 시스템 SW 운영 및 기반 기술 75%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	초학제 연구	美 Care Angel, Tombot 등	
연구분야	로봇공학, 교육, AI, 제어/지능화, 신호처리, 제품 디자인, 의학, 간호학, 사회복지학, 사회학 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 첨단로봇·제조, 인공지능, 반도체·디스플레이	(복지부) 수요자중심돌봄로봇 및 서비스실증연구개발	

예시 기술3	미래구성원의 지적 성장을 위한 공존형 (미래)교실		
미래도전가치	미래교육, 디지털 자원 활용, 디지털 포용		
개념	네트워크로 연결된 원격 학습자들 간 협업 학습 공간의 구현을 통해 확장 체험을 실현하는 미래 교실 구축	목표	오프라인 공간의 한계를 벗어나 다수의 원격 학습자가 함께 상호작용하고, 미래 산업 수요에 적합한 콘텐츠를 제공하는 학습 공간 구현
기술구현 의의	청소년 등 미래사회 구성원의 사회 변화에 대한 적응력 및 경쟁력 강화, 유연하고 역동적인 교육을 통한 미래사회 필요 인력 확보	관련기술 수준	기술수준평가 내 가상·혼합현실 기술 82%, 지능형 콘텐츠 제작 기술 83.5%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	초학제 연구	美 Coursera, Duolingo, Udacity 등	
연구분야	교육, 디스플레이, 인터랙티브 미디어, 신호처리 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 첨단로봇·제조, 인공지능, 반도체·디스플레이	(과기부) 개인기초연구, 이공학술연구기반구축 사업 등	

예시 기술4	고령층의 정보 활용 및 생산 능력 지원 기술		
미래도전가치	고령사회 대응, 의료 부담 감소, 노동 생산성		
개념	노화에 따른 생리적·신체적 약화로 인한 심리적 위축, 사회적 기능의 축소를 지연하고 노인 생산 능력을 향상시키는 기술	목표	노인의 일상생활 수행 능력 향상을 위한 인지능력 보조 기기, 자립생활 지원을 위한 운동 능력 보조 기기 등 개발
기술구현 의의	고령화로 인한 사회·경제적 부담을 완화하며 경제 활동 인구를 늘리고, 노동 생산성을 높이며 노인 삶의 질 향상에 기여	관련기술 수준	기술수준평가 내 재활치료 및 생화지원 기기 기술 75%, 적응형 서비스 로봇기술 96%
		실현시기	10년 이상
융합 분야	융합 주체		
형태·유형	초학제 연구	Turn Biotechnologies, Univ of Cambridge 등	
연구분야	유전자 치료, 분자세포 생물, 생체조직 재생, 단백질체, 생물정보학 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단로봇·제조	(복지부) 고령친화서비스연구개발 (복지부) 노인장애인보조기기연구개발	

II. 한계와 제약이 없는 스마트 사회

분야 1 미래사회 주체의 공존

미래도전가치 : #인간-기계공존, #가상세계, #초고속통신, #자율운행, #노동력대체

- **(분야개념)** 물리적 데이터가 상시 연동되어 미래사회 주체(사람-기계-디지털휴먼)가 언제 어디서든 연결되어 공존하는 사회를 현실화하는 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 미국 국가정보위원회(NIC)는 2030년경 기계와 연결되는 슈퍼휴먼이 등장할 것으로 예측하였으며, 향후 초연결 관련 기술 발전으로 사회적 구조에 변화가 예상됨
- **(필요성)** 아무 곳에 가지 않아도 어디든 갈 수 있고 직접 하지 않아도 무엇이든 할 수 있는 미래사회 실현을 위해 '현실세계-가상세계' 및 '사람-기계-디지털휴먼'의 완전한 상생이 가능한 기술 구현 필요

예시 기술1	안전 공간 확보를 위한 이동체 간 소통 기술		
미래도전가치	자율이동체, 안정성, 인간-기계 공존		
개념	연속적으로	현목표	모든 자율이동체가
이동하는 모든 자율이동체가 안전하게 공존하기 위한 초정밀 위치 감지 및 경로 조정 기술		실내·외 어느 환경에서든 외부 상황을 스스로 인식·판단하여 이동할 수 있는 기술 구현	
기술구현 의의	미래 운송수단 간	관련기술 수준	기술수준평가 내
교통안전 수준을 향상하고 자율주행 관련 국내 기술력 향상과 시장 활성화 도모		초고속·대용량·초저지연 통신 네트워크 기술 90%, 초연결 사물인터넷 기술 88%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 Amazon Robotics, Waymo, 加 Polytechnique Montréal 등	
연구분야	제어계측공학, 물리학, 안전공학, 초고속통신, 전자/정보통신공학		
국가필수전략기술 연계성	차세대통신, 인공지능, 반도체·디스플레이, 사이버보안	관련 사업	
		(과기정통부) 무인이동체원천기술개발	

예시 기술2		실세계와 상시 연동하는 가상세계 구현 기술	
미래도전가치		사회 적응 훈련, 실시간 연동, 인간-기계 공존	
개념	실세계의 물리적	목표	디바이스 및 사물의
변화 발생에 대한 즉각 감지 및 가상공간 내 반영 기술		물리적 특성과 상태 변화를 가상세계에 즉각 반영하여 구현함으로써 미래사회 주체의 사회 적응을 지원	
기술구현 의의	현실을 그대로	관련기술 수준	기술수준평가 내
반영한 가상세계의 활용 범위를 넓혀 인간과 기계의 학습 공간으로 삼는 등 새로운 패러다임 제시		가상·혼합현실 기술 82%, 다중 인공 지능 공통 플랫폼 기술 80%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 Meta, NVIDIA, MIT, 伊 Italian Institute of Technology 등	
연구분야	컴퓨터학, 초고속통신 전자/정보통신공학, 텍스처 매핑, 토목공학	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	사이버보안, 차세대통신, 인공지능, 반도체·디스플레이	(과기정통부) 스마트제조혁신기술개발	

예시 기술3	사물-기계-인간 자율발전형 통합 플랫폼		
미래도전가치	인간-기계 공존, 초고속 통신망, 편리한 생활		
개념	사물, 기계, 인간이	목표	사물과 인간의 끊임
연결되어 소통 협력하며 자율 발전하는 IoT 통합 플랫폼		없는 소통을 통한 고신뢰 융복합 서비스(의사결정 보조, 자율 임무 수행 등) 제공	
기술구현 의의	인간-기기를 연결	관련기술 수준	기술수준평가 내
함으로써 원격지의 기기를 조작하거나 명령이 가능해 생활 편의성 증대		초연결 사물인터넷 기술 88%, 다중 인공지능 공통 플랫폼 기술 80%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 카네기멜런대, 피츠버그대, US Air Force Research Lab. 등	
연구분야	로봇공학, 인지과학, 컴퓨터학, LLM, IoT		
		관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단로봇·제조, 차세대통신, 사이버보안, 반도체·디스플레이	(과기정통부) 자율형IoT핵심기술개발	

예시 기술4		인간과 협력하는 특수 작업형 무인 체계	
미래도전가치		노동력 대체, 생산성 향상, 안전	
개념	특수 환경에 투입	목표	위험 작업지에서
되여 자율 또는 원격 작업을 수행하는 이동체		작업자와 상호작용하여 능동적으로 임무를 수행하는 기기 개발	
기술구현 의의	고위험 또는 노동 기피 지역(공장, 핵 시설, 광산 등)의 노동력 대체 및 생산성 향상	관련기술 수준	기술수준평가 내
		재난구조 및 극한 탐사로봇 기술 80%, 스마트 제조로봇 기술 80%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	스위스연방공대, 美 Boston Dynamics 등	
연구분야	컴퓨터학, GPS, 재활의학, 기계공학, 경영학		
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 차세대통신, 첨단로봇·제조, 사이버보안, 첨단 모빌리티	관련 사업	
		(소방청) 소방현장대응형첨단로봇개발	

분야 2 시·공간의 확장과 연결

미래도전가치 : #가상공간, #시뮬레이션, #모니터링, #미래예측, #선제대응

- **(분야개념)** 가상공간 확장을 통하여 현실에서의 경험을 대체하거나, 시뮬레이션을 통해 사회 이슈를 선제적으로 탐지하고 해결 방안을 제시함으로써 효율적으로 사회를 운영하도록 하는 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 환경 재해, 사회적 재난 등의 문제를 예측하고 사회 인프라 운영에 반영하는 등 사회문제에 대한 해결역량 강화 및 시민 서비스 확대 니즈 증가
- **(필요성)** 시뮬레이션을 통해 복잡다단한 사회문제의 원인을 파악할 수 있을 만큼 현실과 유사한 가상공간을 구축하기 위해 관련 정보의 선별·수집·정제 기술, 대용량 데이터 핸들링 및 저장 기술 등의 고도화 필요

예시 기술1		다중감각 인터랙션 기반 디지털 학습 플랫폼	
미래도전가치		평등한 교육, 다중감각 지원 가상현실, 신소재개발	
개념	가상공간에서 다중	목표	실험·제작 실습,
감각을 느낄 수 있는 디지털 트윈 기반 학습 공간 구현 기술		체험 등 학습자 활동에 대해 가상공간 안에서 현실과 유사한 학습경험 제공	
기술구현 의의	교육 소외계층에	관련기술 수준	기술수준평가 내
대한 학습권 보장 및 높은 실감성에 의한 몰입감 향상으로 학습 효과 증진		다기능 융·복합 소재 기술 75%, 가상·혼합현실 기술 82%, 지능형 콘텐츠 제작 기술 83.5%	
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	변혁적 연구	美 Stanford Univ(Virtual Human Interaction Lab), edX 등	
연구분야	컴퓨터학, AR, 재료공학, 교육학, 신소재공학		
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 차세대통신, 반도체·디스플레이, 사이버보안	관련 사업 (과기정통부) 실감콘텐츠핵심기술개발	

예시 기술2		사회 이슈·재난의 전조 현상 예측 및 대응 기술	
미래도전가치		사회 예측, 사회 재난 예방, 공급망 문제 대응	
개념	지역/상황/시간을	목표	정치·외교 이슈, 웹,
통합적으로 고려하여 사회적 사건·사고를 예측하고 대응하는 모델		무역동향 등 다양한 정보를 복합적으로 분석하여 문제 상황을 예측하고 선제적 대응 방안 제시	
기술구현 의의	중대 사회 이슈·재난의 전조 현상을 예측하여 문제 발생 전 사전 조치함으로써 효과적 대응 및 피해 저감 가능	관련기술 수준	기술수준평가 내 복합재난 스마트 예측·대응 기술 80%, 재난 전주기 정보통신체계기술 80%
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	日 NISTEP, EU SoBigData 등	
연구분야	산업공학, 안전공학, 사회학, 빅데이터		
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 차세대통신, 사이버보안, 반도체·디스플레이	관련 사업	
		(행안부) 사회복합재난대응기술개발	

예시 기술3		가상공간에서의 인증·모니터링 기술	
미래도전가치		초연결사회, 인증·보안 표준화, 개인정보 보호	
개념	네트워크 기반으로	목표	가상공간에서 보안
모든 개체가 연결될 미래사회의 필수 기반 기술로서, 가상공간에서 모든 기기와 서비스 간 호환성 극대화 기술		인증 체계를 극복할 수 있는 네트워크 체계 및 표준 프로토콜 개발	
기술구현 의의	인증·보안 원천기술	관련기술 수준	기술수준평가 내
분야에서의 선도국 지위 선점을 통한 관련 사이버보안 산업 내 경쟁력 확보		지식정보보안기술 83%, 지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술 79%	
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구		
연구분야	정보보호학, 컴퓨터학, 사회학, 전자/정보통신공학, 통신규약	英 NCC Group, 美 게임브리지대 등	
국가필수전략기술 연계성	사이버보안, 인공지능, 차세대통신	관련 사업	
		(과기정통부) 사이버보안챌린지선도기술개발	

예시 기술4		버추얼 라이프 커뮤니케이션 플랫폼	
미래도전가치		물리 공간 초월, 초실감, 원활한 소통, 현실 대체	
개념	XR(eXpended Reality) 기술 고도화를 통한 비대면 환경에서 할 수 있는 일상생활의 다양화	목표	기존 온라인 소통방식(화상회의, 라이브 쇼핑 방송 등)을 뛰어넘어 현실과 동일한 소통 공간과 객체 구현
기술구현 의의	물리적 공간의 제약을 해소하여 다수의 대면 서비스(업무, 쇼핑, 진료 등)를 가상 공간에서 시행할 수 있게 됨에 따라 새로운 시장 창출 가능	관련기술 수준	기술수준평가 내 가상·혼합현실 기술 82%, 초고속·대용량·초저지연 통신 네트워크 기술 90%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간	美 Unity Technologies, Meta Platforms(Horizon Workrooms) 등	
연구분야	XR, 정보보호학, 컴퓨터학, 사회학, 전자/정보통신공학		
국가필수전략기술 연계성	차세대통신, 사이버보안, 첨단제조, 인공지능	관련 사업 (문체부) 문화기술연구개발 (중기부) 창업성장기술개발	

분야 3 사회안전망의 자율진화

미래도전가치 : #안전, #범죄예방, #인프라보호, #신속복구, #사회시스템

- **(분야개념)** 다양한 미래 불확실성 및 위험인자로부터 국민을 보호하고, 최소한의 사회 시스템 운영을 보장하는 보안·안전 관련 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 에너지 수급 불안정, 정복되지 않은 새로운 질병의 등장, 고도화되는 범죄 수법, 사회 시스템 붕괴 시 야기될 혼란 등은 미래 사회의 위협 요소로 예상됨
- **(필요성)** 원인이 더 다양하고 복잡해지는 사회 위협·불안 요소를 탐지 및 제거하여 안전한 사회 시스템 유지하기 위한 예측·대응 기술의 고도화 필요

예시 기술1		도시·산업단지 에너지 공유형 통합관리시스템	
미래도전가치	에너지 관리, 재생에너지, 에너지 수요-공급 조절		
개념	비정기적 전력	목표	지역 간 재생에너지
수요 피크에 대비하여 재생에너지를 안정적으로 공급하는 에너지 인프라 구축 및 관리 기술		공유 네트워크를 통한 에너지 수요-공급 조절 시스템 구축	
기술구현 의의	도시·산업단지로서의 안정적 재생열 및 재생전기 공급을 통한 사회 인프라 및 일상 유지	관련기술 수준	기술수준평가 내 ICT기반 자원 개발·처리 기술 70%, 스마트 에너지 그리드 기술 80%,
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 NextEra Energy, STEM, 獨 Fraunhofer ISE 등	
연구분야	재생에너지, 에너지공학, 기계공학, 에너지네트워크, 전기공학		
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 수소	관련 사업 (다부처) 수열냉난방 및 재생열하이브리드 시스템기술개발	

예시 기술2		범죄 사전감지 자율방범 체계	
미래도전가치		범죄예방, 치안유지, 사회 안전	
개념	다수의 이중 기기 간	목표	정찰용 드론, CCTV, 관제시스템 등의 협력으로 범죄 징후, 범죄 발생지 등을 정확히 파악하여 치안과 범죄예방 활동에 도움
협업을 통해 범죄/재난 상황 사전 감지·예방, 초기 대응 시스템			
기술구현 의의	범죄/응급/재난 상황에서 시민 안전을 확보하고 사회·경제적 피해를 최소화	관련기술 수준	기술수준평가 내 범죄·테러 통합 지능형 예측·대응 시스템 80%, 스마트 제조로봇 기술 80%
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	美 Knightscope, Teledyne FLIR 등	
연구분야	심리과학, GPS, 안전공학, 경찰학, IoT, 로봇공학		
국가필수전략기술 연계성	첨단로봇·제조, 차세대통신, 인공지능, 첨단모빌리티	관련 사업 (경찰청) 미래치안도전기술개발	

예시 기술3		사회 인프라 안전관리 보조 플랫폼	
미래도전가치		인프라 보호·유지, 사회 안전, 재난방지, 센서 고도화	
개념	사회간접자본 시설	목표	여러 사회기반시설을
에서 이상 상황 발생 시 신속히 경고 및 조치(보수)하는 기술		고성능 센서네트워크로 연결하고, 이를 통해 얻은 데이터를 분석하여 비정상 징후 및 이상 탐지	
기술구현 의의	붕괴 시 큰 사회적 혼란을 야기할 수 있는 사회기반 시설의 안전상태 유지	관련기술 수준	기술수준평가 내
		재난 전주기 정보통신체계기술 80%, 시스템 SW 운영 및 기반 기술 75%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 Lawrence Berkeley National Lab., 日 하마마츠 광학 등	
연구분야	고성능 센서네트워크, 제어계측공학, 물리학, 안전공학		
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 차세대통신	관련 사업	
		(과기정통부) ICT융합산업혁신기술개발사업	

예시 기술4		재난 상황 속 도시의 자가 회복 시스템	
미래도전가치		재난 신속 복구, 도시 유지, 폐기물 절감	
개념	재난 상황에 의해	목표	극한 상황에서도
손상된 건물 및 도시 시설의 자가 진단·치유 기술		최소한의 생활을 영위할 수 있을 만큼 안전하게 작동하는 도시 구현	
기술구현 의의	건물 및 도시 시설의	관련기술 수준	기술수준평가 내
유지보수 및 폐기물 처리 비용 절감, 극한 상황에서의 사회 안전 유지		지능형 건물관리 기술 82%, 기능성 유기소재 기술 82%	
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	변혁적 연구	美 Texas A&M Univ., MIT 등	
연구분야	신소재공학, 재생물질, 건축공학, 화학, 토목공학		
국가필수전략기술 연계성	첨단로봇·제조, 반도체·디스플레이, 인공지능	관련 사업	

분야 4 미래형 모빌리티 시스템

미래도전가치 : #모빌리티, #이동권보장, #사용자친화, #자동화, #주행환경극복

- **(분야개념)** 이동의 편리성과 환경 영향 최소화를 모두 달성하기 위한 장기적 관점의 미래형 모빌리티 및 시스템 관련 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 미래형 모빌리티 C.A.S.E(Connected, Autonomous, Shared, Electrical) 변화에 따른 모빌리티 산업의 벨류체인 변화에 대응하고 새로운 유형의 모빌리티를 위한 인프라 구축 및 공유 시스템의 중요성 인식
- **(필요성)** 미래 주거공간, 생활영역의 확장에 따라 원거리 이동시간 단축하는 등의 다양한 미래형 모빌리티에 대한 요구에 맞추어 안전하고 편리한 이동을 가능케 하는 운용 시스템 개발 필요

예시 기술1		협지 주행을 위한 모빌리티 플랫폼	
미래도전가치	이동의 자유, 소프트 기계, 생물모방구조체		
개념	여러 지형(험지, 계단, 빙판 등)에 적합한 방식을 자동으로 선택하여 운행하는 다양한 이동방식 탑재 모빌리티 개발	목표	유연 구조체, 상향별 이동방식 변환 등 관련 기술의 개발을 넘어 실제 수요와 연계한 제품 제작 및 검증
기술구현 의의	군사 작전이나 수색 작업과 같이 효율적 이동이 중요한 활동에 활용 가능성이 높음	관련기술 수준	기술수준평가 내 기능성 유기소재 기술 82%, 스마트팜 기술 70%
		실현시기	10년 이상
		융합 주체	
융합 분야		스위스 EPFL's Biorobotics Lab, 美 Boston Dynamics 등	
형태·유형	변혁적 연구		
연구분야	로봇공학, 신소재공학, 지리학, 맵 빌딩		
국가필수전략기술 연계성	첨단모빌리티, 첨단로봇·제조, 인공지능	관련 사업	

예시 기술2		교통약자용 온디맨드 MaaS	
미래도전가치		이동권 보장, 교통약자, 도심공동화	
개념	교통약자 요청 시	목표	교통약자의
이동·의료·행정 기능을 탑재한 차량을 배차·운행하는 모빌리티 서비스		이용 목적에 부합하는 특정 기능(의료, 행정 등)을 탑재한 모빌리티 서비스의 상용화	
기술구현 의의	고령화, 도심공동화	관련기술 수준	기술수준평가 내
현상 등에 의한 이동성 제약 해소 및 국민 삶의 질 향상		시스템 SW 운영 및 기반 기술 75%, 스마트 자동차 기술 84%, 적응형 서비스 로봇기술 83.5%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	다학제 연구	日 MONET, 핀란드 Whim 등	
연구분야	자동차공학, 초고속 통신, 전자/정보통신 공학, 행정학		
국가필수전략기술 연계성	첨단모빌리티, 첨단로봇·제조, 차세대통신	관련 사업	
		(국토부) 대도시권수요응답형 광역모빌리티서비스실용화	

예시 기술3		모빌리티 간 장벽이 없는 복합환승 플랫폼	
미래도전가치		대중교통 활성화, 지속가능성, 미래교통수단	
개념	자율주행차, UAM, AAM 등 다양한 모빌리티를 연결하는 복합환승센터	목표	다양한 모빌리티를 복합·연속적으로 사용할 수 있는 최적화 환승 서비스 제공
기술구현 의의	상용화 모빌리티의 다각화 및 활용성 극대화를 통한 이동 편의성 증대, 환경 친화 대중교통 이용 활성화	관련기술 수준	기술수준평가 내 스마트시티 구축 및 운영 기술 86.5%, 지속가능한 인프라 구조물 건설기술 85%
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	다학제 연구	英 Collaborative Mobility UK, 獨 Technische Universität Braunschweig 등	
연구분야	건축공학, 기계공학, 조경학, 안전공학, 항공 우주공학		
국가필수전략기술 연계성	첨단모빌리티, 우주항공 해양, 첨단로봇·제조, 차세대통신	관련 사업	
		(국토부) 도심지하교통인프라건설 및 운영기술고도화연구	

예시 기술4		육·해·공 연계 멀티관제 시스템	
미래도전가치		미래교통체계, 편리한 이동, 안전한 이동	
개념	지상·해상·항공의 동시 관제를 가능케 하는 고정밀 3차원 교통 지원체계	목표	관제시스템 기반 교통 연계 프로세스 구축을 통한 미래 교통 체계 고도화
기술구현 의의	육·해·공 연결망을 구축하고 새롭게 출현할 다양한 형태와 동력원을 활용하는 모빌리티의 원활하고 효율적인 운영을 지원	관련기술 수준	기술수준평가 내 국토공간정보 구축 및 분석기술 81%, 유·무인 자율 비행체 통합 관제시스템 기술 70%, 스마트 도로교통 기술 80%
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	獨 PTV Group, 싱가포르 난양공과대학 등	
연구분야	전자/정보통신공학, 교통 공학, 항공우주공학		
국가필수전략기술 연계성	첨단모빌리티, 우주항공 해양, 차세대통신, 인공지능	관련 사업	
		(국토부) 도심항공모빌리티가상통합운용 및 검증기술개발	

III. 지속가능한 지구

분야 1 기후변화 대응

미래도전가치 : #기후예측, #기상조절, #오염물질제거, #대기질관리

- **(분야개념)** 자연생태계에 나타나는 장기적인 변화를 파악하기 위해 기후변화의 원인과 현상을 조사·분석하여 기후 변화를 감시·예측 및 대응하는 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 미국은 기후변화 대응 관련 혁신 기술 개발비를 2022년 대비 56% 증액하여 7억 달러로 배정하였고, 국내에서는 2021년 기후 위기 대응 기술 개발을 촉진하기 위해 기후기술법 제정함
- **(필요성)** 기후변화로 인한 호우, 태풍, 대설 등으로 경제적 손실 및 대규모 인명 피해가 발생함으로써 기후변화에 대한 위기감이 확대됨에 따라 선제적으로 기후·환경 변화를 대응하는 기술이 필요함

예시 기술1		지구 환경·기후·재해 감시 및 예측 기술	
미래도전가치		기후변화 감시 및 전망, 이상기후 예측	
개념	인공지능기반 기상 기후 데이터 분석 및 예측 모델링을 통해 기후변화 감시 및 예측하는 기술	목표	첨단 관측 및 분석 기기를 개발하고 인공지능 기반 관측 요소 정밀화를 통해 불확실성을 최소화하는 예측 시스템 구축
기술구현 의의	정확한 기후 예측 정보를 생산 및 배포하여 기후재난 안전 확보 및 예보 지원	관련기술 수준	기술수준평가 내 기후변화 감시·예측·적응 기술 80%, 자연재해 감시·예측·대응 기술 75%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	美 NASA, MIT 등	
연구분야	대기 및 지구과학, 기후 인공지능, 빅데이터 분석 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단 모빌리티, 차세대 통신	(기상청) 기후및기후변화감시·예측정보 응용기술개발 (과기부) 기후변화대응기술개발	

예시 기술2		미래형 기상·기후 조절 기술	
미래도전가치		기상 조절, 기후재난 피해 저감	
개념	가뭄, 강풍, 홍수 등	목표	기상 데이터 분석 및
이상기후 관측 후 인공증설, 인공 강우를 통해 기상변화를 유발 또는 조절하는 기술		인공기후 지상 검증 시스템 구현으로 인공강우, 인공증설의 과학적 재현성 확보 및 실용화 구축	
기술구현 의의	이상기후 현상의 선제적 대응으로 기후재난 피해 및 막대한 경제적 손실을 경감하고 국민 안전 확보	관련기술 수준	기술수준평가 내 기후변화 감시·예측·적응 기술 80%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	美 The University Corporation for Atmospheric Research 등	
연구분야	기상학, 기상 데이터 분석, 인공기후 조절, 예측정보 응용 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단 바이오, 수소, 인공지능, 우주항공·해양	(기상청) 기상업무지원기술개발연구	

예시 기술3		대기오염물질 관측 및 제거 시스템	
미래도전가치		온실가스 감축, 미세먼지 저감, 탄소중립 달성	
개념	대기오염물질	목표	인공지능 기반 대기
식별 및 농도 분석하여 오염물질 위치를 파악하고, 대기오염 유발 물질을 선택적으로 제거하는 기술		오염물질 판별 및 농도를 분석하고, 이산화탄소 포집·저장 및 화학소재로 의 전환하는 등 제거 기술 제공	
기술구현 의의	타 기술 대비 저비용 효율성으로 및 차세대 탄소 자원화와 탄소 저감 실현	관련기술 수준	기술수준평가 내
		미세먼지 등 대기오염 대응 기술 70%, 고효율 친환경 Non-CO2 온실 가스 저감 기술 88.5%	
		실현시기	5-10년 이내
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 LI-COR Biosciences, 日 National Institute for Environmental Studies 등	
연구분야	지구과학, 온실가스 저감, 탄소 자원화, 포집 저장 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 이차전지, 우주항공·해양	(과기부) 기후변화대응기술개발	

예시 기술4		생태계에 유익한 대기 물질 생성 기술	
미래도전가치		공기 정화, 건강한 대기, 대기 환경 개선	
개념	대기질 정보 다윈	목표	플랑크톤 변화, 대기·
화를 통해 실시간으로 생명체에 유익한 대기 물질을 생성하여 쾌적한 대기 환경을 조성하는 기술		해수면 온도 등 복합적 생태계 모니터링을 통해 인체 이로운 대기 물질을 생성하는 기기 제공	
기술구현 의의	청정한 대기 환경으로 스트레스 완화와 피로회복을 촉진하여 국민건강 증진 및 대기 생태계 보전	관련기술 수준	기술수준평가 내
		미세먼지 등 대기오염 대응 기술 70%	
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	변혁적 연구	유럽 Uni of Edinburgh 등	
연구분야	대기과학, 통계학, 면역학, 센서, 바이오·에어로졸 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단 바이오, 우주항공·해양, 차세대 통신	(환경부) 대기환경관리기술사업화연계 기술개발	

분야 2 청정에너지 융합

미래도전가치 : #에너지순환, #에너지수급안정화, #제로에너지, #탄소중립, #에너지안보

- **(분야개념)** 화석연료 에너지난 해결과 탄소중립을 달성하기 위해 기존 신에너지와 재생에너지 기술을 융합하여 최대 효과의 청정에너지를 창출하는 기술 분야
- **(관련 니즈 및 이슈)** 미국 에너지정보청(EIA)은 신재생에너지 수요 비중이 지속적으로 상승하여 2050년 재생에너지 점유율 16%를 예측하였고, 자원보유국의 자원 민족주의가 심화되면서 에너지 안보에 대한 국민적 관심이 증대함
- **(필요성)** 산업고도화 및 에너지 사용량 증가에 따른 고급 에너지 수요 증가하고, 탄소중립 달성 및 신재생에너지의 경제성 확보를 위해 적극적인 청정에너지 기술 개발 필요

예시 기술1	안정성 기반 대용량·저비용 에너지 저장 기술		
미래도전가치	에너지 안정 수급, 에너지 안보 확립		
개념	합리적인 비용으로 이차전지, 태양전지 등 장·주기적으로 안정한 대용량 에너지 저장 장치 개발	목표	태양광, 풍력 등 다중 에너지원 발전의 병설이 가능하고, 초장주기 에너지를 저장가능한 이차전지를 개발하여 에너지 저장능력 향상
기술구현 의의	저가·고효율·고밀도 저장장치 개발 및 운용 안정성을 확보하여 에너지 수급 안정화와 굳건한 에너지 안보 확립	관련기술 수준	기술수준평가 내 대용량 장수명 이차전지 기술 96%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 PNNL, 中 CATL, IEEE NTC 등	
연구분야	전기화학, 에너지공학, 이차전지, 태양전지 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	수소, 이차전지, 차세대 원자력	(산업부) 리튬기반차세대이차전지 성능고도화 및 제조기술개발	

예시 기술2	재생 및 재활용 에너지 기반 자력 발전 빌딩 기술		
미래도전가치	제로에너지 빌딩, 에너지 효율 향상, 에너지 하베스팅		
개념	친환경 무탄소 신재생에너지원(지열, 태양열, 태양광 등)을 활용하여 건물 운용 에너지를 감소시키는 기술 개발	목표	에너지 발전 기술과 스마트 에너지 그리드를 연동하는 BEMS(Building Energy Management System) 기반 에너지 자급자족 건물 구현
기술구현 의의	제로 에너지 빌딩 및 이를 기반으로 하는 스마트 시티 구현으로 연간 에너지 사용량 최대 25% 절감	관련기술 수준	기술수준평가 내 스마트 에너지그리드 기술 80%, 폐자원 재활용 기술 80%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	美 UCLA, Michigan State University, GE Research 등	
연구분야	에너지공학, 제로에너지 건축, 산업경제, 스마트 그리드 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	수소, 반도체·디스플레이, 첨단 모빌리티	(산업부) 신재생에너지핵심기술개발	

예시 기술3	이퓨얼(e-fuel) 대량 생산 및 확장 플랫폼		
미래도전가치	탄소배출 제로, 온실가스 저감, 그린 수소		
개념	화석연료를 대체하는 탄소중립 연료 이퓨얼을 실증·상용화를 통해 친환경 운송 수단 플랫폼을 구축하는 기술	목표	그린수소와 대기 중 이산화탄소 기반 이퓨얼 제조 공정을 개선하고 이퓨얼 기반 수송 수단을 상용화하여 글로벌 공급망 확대
기술구현 의의	이퓨얼 기반 내연 기관 차량 등 기존의 인프라에 활용하여 온실가스 배출량 20~40% 저감으로 탄소중립 달성	관련기술 수준	기술수준평가 내 친환경 고효율 자동차 기술 90%, 친환경·스마트 선박 기술 81%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	남아프리카 공화국 SASOL, 獨 카를스루에 공대 등	
연구분야	전기에너지공학, 산업공학, 전기기반 연료, 친환경 내연기관 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	수소, 반도체·디스플레이, 첨단 바이오	(산업부) 온실가스감축을위한 SUV용하이브리드시스템 고도화기술개발	

예시 기술4	방사성 폐기물 재활용 기반 에너지 생산 시스템		
미래도전가치	방사성 폐기물 재활용, 선진 원자력, 고농도 수소 생산		
개념	방사성 폐기물을 재활용하여 친환경 신재생에너지를 창출하는 선진 원자력 시스템	목표	사용후핵연료 처리 시 생성되는 전기를 활용하여 고농도·고농도의 수소와 에너지를 생산하는 기술 제공
기술구현 의의	핵연료, 귀금속 자원 및 수소 생산으로의 재활용을 통해 사용후핵연료 저장·관리 비용 최소화	관련기술 수준	기술수준평가 내 원자력 에너지 기술 88%, 폐자원 재활용 기술 80%
		실현시기	10년 이상
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	변혁적 연구	美 INL, ORNL, MIT, TerraPower사 등	
연구분야	원자력공학, 수소 생산, 원자력 신사업, 핵연료 순환 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	수소, 차세대 원자력, 반도체·디스플레이	(산업부) 방사성폐기물관리기술개발	

분야 3 지구환경 회복 및 치유

미래도전가치 : #토양재생, #해수치유, #플라스틱 분해, #산림복원

- **(분야개념)** 지구 환경을 정화·복원하기 위해 토양·수환경·산림 분야의 오염 원인 및 유해 물질을 제거·관리하는 기술
- **(관련 니즈 및 이슈)** 플라스틱 폐기물은 매년 1천 400만톤이 버려져 2040년까지 2천900만 톤으로 증가할 것으로 예상되고, 독일 스톡홀름 복원력 센터에서는 지구의 토양·해수 오염으로 인해 안전 기준 한계치를 넘었다고 분석
※ 출처: 환경단체 Earth.Org(2022), 12 Biggest Environmental Problems Of 2022 보고서
- **(필요성)** 인간 활동, 환경오염, 자연 파괴로 인해 저하된 지구 건강 회복력을 상승시키고, 인류가 살아갈 수 있는 안전한 지구 공간으로 만들기 위한 기술 개발 필요

예시 기술1	토양오염 유발인자 제거 기술		
미래도전가치	토양오염원 제거, 정화 토양 재활용		
개념	토양오염물질	목표	토양오염 정밀탐사
조사 및 정화 기술을 개발하고, 재오염 방지를 위한 장기 모니터링 체계를 구축하는 기술		장비 이용 오염원 판별 및 오염원 맞춤형 물리적·화학적·생물적 제거 기술 제공	
기술구현 의의	체계적 관리를 통해 토양의 양적·질적 상태 보전 및 정화 토양 재활용 촉진으로 토양 관리 비용 절감	관련기술 수준	기술수준평가 내 토양·지중 환경오염 관리기술 84%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	日 Kurita Water Industries 등	
연구분야	물리학, 생화학, 정밀 탐사 기기, 정화토양 재활용 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단 바이오, 첨단로봇·제조, 인공지능	(환경부) 토양지하수오염방지기술개발사업	

예시 기술2	수환경 오염 통합 관리 기술		
미래도전가치	해양 치유, 해양 활성화, 오염물질 차단		
개념	각 중 수환경(해수 담수, 지하수 등)의 오염물질 감지·예측하여 선택적으로 오염원을 제거하는 통합 관리 시스템 개발	목표	초정밀 센서 기반 경보 시스템 구축 및 오염원 이동 경로 예측 모델링을 개발하고 생화학적 수자원 정화 기술 제공
기술구현 의의	선진적인 수자원 관리 체계 구축으로 오염 피해 저감 및 수환경 모니터링 시스템 고도화	관련기술 수준	기술수준평가 내 수환경오염물질 초고도 처리 및 제어 기술 79.3%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	美 Ocean Conservancy 등	
연구분야	생화학, 고성능 센서, 예측 모델링, 오염수 정화 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 첨단 바이오, 우주항공·해양	(환경부) 토양지하수오염방지기술개발사업 (해수부) 해상풍력·수산업 환경공정기술 개발사업	

예시 기술3	산림 생태계 재생을 위한 설계 시스템		
미래도전가치	미래 생태계 설계, 산림 자원 관리, 산림복구		
개념	산림 피해 규모 및 원인을 조사·분석·진단하여 맞춤형 복원 방법 설계 및 솔루션 지원 기술	목표	복합위성이나 드론, 인공지능 등 첨단 기술 활용으로 훼손지 유형·규모별로 조사하여 복원 방법 설계 및 제공
기술구현 의의	생태계 훼손에 따른 사회·경제적 비용을 절감하고, 생태계의 회복 시간을 획기적으로 단축	관련기술 수준	기술수준평가 내 토양·지중 환경오염 관리기술 84%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	초학제 연구	캐나다 FPInnovations 등	
연구분야	산림과학, 경제학, 산림 데이터 분석 및 설계 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 첨단 바이오, 첨단로봇·제조	(산림청) 산림과학기술개발	

예시 기술4	자원 및 탄소 순환형 생분해 플라스틱 소재 기술		
미래도전가치	폐기량 감축, 온실가스 배출 저감, 매립지 부족 해결		
개념	비분해 플라스틱 폐기물을 생화학적 재활용 기술을 통해 고성능 생분해 소재로 전환하는 기술	목표	열분해, 재증합, 공중합 등 화학 및 효소 분해를 통해 바이오매스 플라스틱 제공
기술구현 의의	매립지 부족 해결, 30-50%의 온실가스 배출 저감 및 연간 5백만 톤의 플라스틱 폐기물 발생량 감축	관련기술 수준	기술수준평가 내 바이오 및 폐자원 에너지화 기술 78%, 폐자원 재활용 기술 80%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주체	
형태·유형	학제 간 연구	美 MIT, 西 ICIQ 등	
연구분야	생명공학, 효소 분해, 생분해 소재, 친환경 탄소 자원 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단 바이오, 수소, 우주항공·해양	(해수부) 해양플라스틱쓰레기저감을위한기술개발	

분야 4 극한 미지 영역 개척(우주/심해/지하)

미래도전가치 : #미래도시형 통신, #미래 공간 확대, #미래형 반도체, #깨끗한 우주

- **(분야개념)** 지구 내 생활 공간 부족 및 자원 고갈 문제를 해결하고자 우주·심해·극지 등 미지의 극한 공간을 개척하기 위해 필요한 기술을 개발
- **(관련 니즈 및 이슈)** 지구 대륙의 한계를 벗어나 심해나 타 행성에서 새로운 에너지 자원으로 활용 가능한 광물자원을 확보하기 위해 NASA 화성 프로젝트를 진행하는 등 미지 영역 개척에 대한 관심과 수요 증가
- **(필요성)** 미래세대 인류가 직면할 지구 자원의 고갈, 생태계 파괴 문제를 해결하기 위해 극한 환경의 미지 영역 개척을 통한 지구내·외 새로운 공간의 마련이 시급함

예시 기술1	미래 도시용(지하도시, 부유식 해상도시 등) 네트워크 기술		
미래도전가치	미래도시 광역 통신망, 스마트 시티, 자유로운 통신		
개념	지구-기후 위기에 대응하는 부유 수상-지하도시 간 소통이 가능한 통신 고도화 기술	목표	미래형 도시 간 또는 도시 내 소통을 위해 실시간 제어 가능한 고속 IoT 통신 기술 및 안정화 시스템 구축
기술구현 의의	고속 응답 가능으로 미래형 도시 상시 모니터링 및 재난 안전 대응 가능	관련기술 수준	기술수준평가 내 복합재난 스마트 예측·대응 기술 80%, 초고속·대용량·초저지연 통신 네트워크 기술 90%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주제	
형태·유형	초학제 연구	美 MIT, 日 도쿄해양대 등과의 협력 가능	
연구분야	전자통신학, 사회학, 지구과학, IoT, 초고속 네트워크 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	차세대 통신, 우주항공·해양, 첨단 모빌리티	-	

예시 기술2	초극한 환경 기반 반도체 기술		
미래도전가치	미래형 반도체, 힘센 반도체, 초극한 환경용 반도체		
개념	초극한 환경(극고·극저·고온, 고압, 고충격, 고방사선 등)에서 동작 가능한 고신뢰성 반도체 기술	목표	극지, 심해, 타 행성 등에서 안정적으로 동작할 수 있는 우수한 물성의 칩, 메모리 등 반도체 부품 개발 및 상용화
기술구현 의의	미래형 초극한 환경용 반도체 확보를 통해 우주 반도체 주도권 확보 및 시장 경쟁력 높임	관련기술 수준	기술수준평가 내 초고집적 반도체 공정 및 장비·소재 기술 90%, 극한공간 인프라 기술 75%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주제	
형태·유형	초학제 연구	美 NASA, GE, MIT 등과의 협력 가능	
연구분야	우주항공학, 산업경제, 반도체 시스템, 고온·고압용 반도체 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	반도체·디스플레이, 첨단로봇·제조, 차세대 통신	-	

예시 기술3	우주 쓰레기 모니터링/처리 및 회수 기술		
미래도전가치	우주쓰레기 제거 및 추락 방지, 위성 충돌 방지		
개념	지구 행성 주위를 부유하는 우주 쓰레기를 추적, 모니터링 및 제거하는 기술	목표	우주 쓰레기의 대기권 진입을 통한 수거를 유도하거나, 이동 경로를 변경하여 궤도를 이탈시키는 등 우주 쓰레기 제거 기기 개발 및 상용화
기술구현 의의	인공위성 및 우주선 지구 추락 문제 해결로 국민 안전 확보 및 기상관측, 기상, 통신 등의 전통 산업을 넘은 新 우주산업 개척	관련기술 수준	기술수준평가 내 우주 탐사 및 활용 기술 56%, 우주환경 관측·감시·분석 기술 55.5%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주제	
형태·유형	학제 간 연구	美 NASA, University of Miami 등과의 협력 가능	
연구분야	우주공학, 전자통신학, 물리학, 고난도 자율 조작, 궤도 관측 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	인공지능, 우주항공·해양, 첨단로봇·제조	-	

예시 기술4	우주 광물을 활용한 건축 기술		
미래도전가치	우주 특화 건축물, 미래 공간 확대, 건설 비용 절감		
개념	우주 광물 혼합물을 이용하여 고온·고압 등 초 극한 우주 환경을 위한 시설물 건축 기술 개발	목표	지구 외 환경 모니터링을 위한 정밀 탐사 기기 및 원격 제어 시스템 등을 활용하여 우주 광물 기반 건축 자재 개발 및 시설물 건축
기술구현 의의	달, 소행성 및 지구의 극한 환경 등 기술 활용 범위 확대로 인력 기반 탐사와 건설 비용 절감 및 인류 생활 공간 확대	관련기술 수준	기술수준평가 내 우주 탐사 및 활용 기술 56%, 우주환경 관측·감시·분석 기술 55.5%
		실현시기	5-10년 내외
융합 분야		융합 주제	
형태·유형	초학제 연구	美 NASA, University of Miami 등과의 협력 가능	
연구분야	건축학, 우주공학, 첨단로봇, 안전 AI, 3D 프린팅 등	관련 사업	
국가필수전략기술 연계성	첨단 모빌리티, 우주항공·해양, 첨단로봇·제조, 인공지능	(국토부) 인공지능기반의 건축설계자동화기술개발	

과학기술정보통신부
기초원천연구정책관 융합기술과

담당과장	김현옥 과장
담당자	김민수 사무관
연락처	전 화 : 044-202-4575 E-mail : ms5725@korea.kr