

미래 과급력 있는 원천기술 확보를 위한
『미래를 여는 과학기술 프로젝트』
(A Study for New Future-Oriented R&D
Program)

연구기관 : (사)글로벌혁신경제학회
연구책임자 : 안 준 모

2021. 06. 14

과학기술정보통신부

안 내 문

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

과학기술정보통신부 장관

제 출 문

과학기술정보통신부장관 귀하

본 보고서를 “미래 파급력 있는 원천기술 확보를 위한 『미래를 여는 과학기술 프로젝트』 예비타당성 조사 기획 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 06. 14.

주관연구기관명 : (사)글로벌혁신경제학회

연구책임자 : 안준모

공동연구원 : 윤지웅, 박상욱, 최영보, 이호규

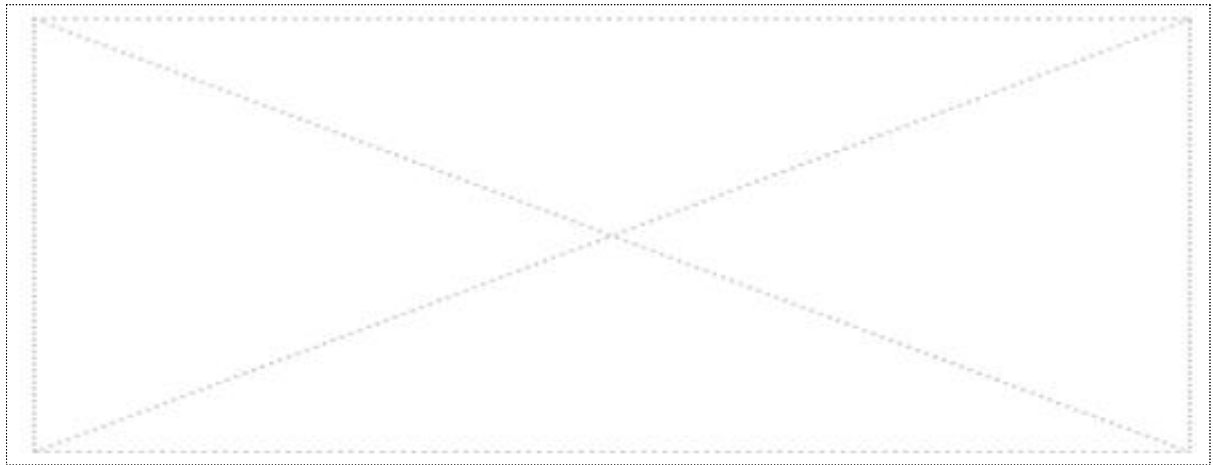
보조연구원 : 최호철, 김건희, 원영훈, 조예령

보 조 원 : 최연서

< 요약 문 >

1 개요

- [사업명] 미래 파급력 있는 원천기술 확보를 위한 『미래를 여는 과학기술 프로젝트』
- [사업 목표] 국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 독자적 원천기술개발을 위한 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 추진



- 국민이 제안하는 난제에 연구자 응답하는 R&D 사업
 - 일반 시민들 대상으로 국내외 사례를 소개하고 토론을 거쳐 대난제와 미션을 도출하는 국민
 - 참여형 과제 도출(국민 PD 101)
- 미들업(Middle-up) 기술지정/비지정과제 복합기획
 - 국민 공론조사 등을 통해 도출된 난제에 대해 연구자 수요조사 추진
- 적절성 재검토를 받은 대형 R&D 플랫폼으로 기획
 - 과제 총량은 일정하며 난제에 따른 미션, 과제만 opt-in, opt-out
 - 기존의 과학난제도전융합연구사업, 선도형 과학기술 이니셔티브: ‘미래를 여는 과학기술 프로젝트’, 미래전략 2045 등 선행사업을 이어받는 R&D사업 플랫폼

2 추진배경 및 필요성

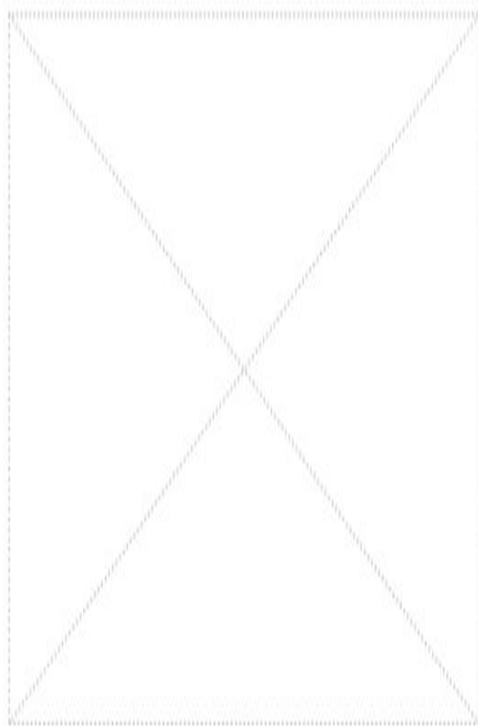
□ 국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 기획

○ (배경) 최근 R&D 일몰제 시행으로 연속사업 형태로 추진되어 온 많은 R&D사업이 종료되면서 중장기적인 혁신모멘텀이 위축

- 새로운 R&D패러다임에 걸맞는 국가 R&D사업을 기획하고, 성과창출 및 확산과 연계 시키기 위한 최적화된 사업운영체제와 추진절차의 정립이 필요

○ (필요성) 국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 독자적 R&D를 위한 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 기획 필요

- 사회적으로 중요한 난제(grand challenges) 해결을 '미션'으로 삼는 새로운 임무지향적 R&D 사업 추진 필요



- 1단계 : 시민참여형 난제 도출
- 시민이 참여하는 워크숍을 통해 거대 난제 도출
- 다양한 주제로 워크숍을 진행하고, 공통적으로 해결해야 한다고 제시된 목표가 거제 난제로 설정됨
- 거대 난제에 포함되는 내용
 - △사회적 가치, △구체적인 목표, △연구와 혁신, △산업간, 행위자간, 학문간 협업, △문제 해결을 위한 방법
- 거대 난제의 속성
 - △여러 부문의 협력을 장려해 효율적 문제 해결 추구할 것, △국가의 학문 및 산업적 경쟁력을 최대한 활용, △장기적 관점에서 해결 방안 모색, △난제 해결을 위해 인재를 키우고, 지역 경제 기반을 활용하며 필요한 사회기반시설 확충

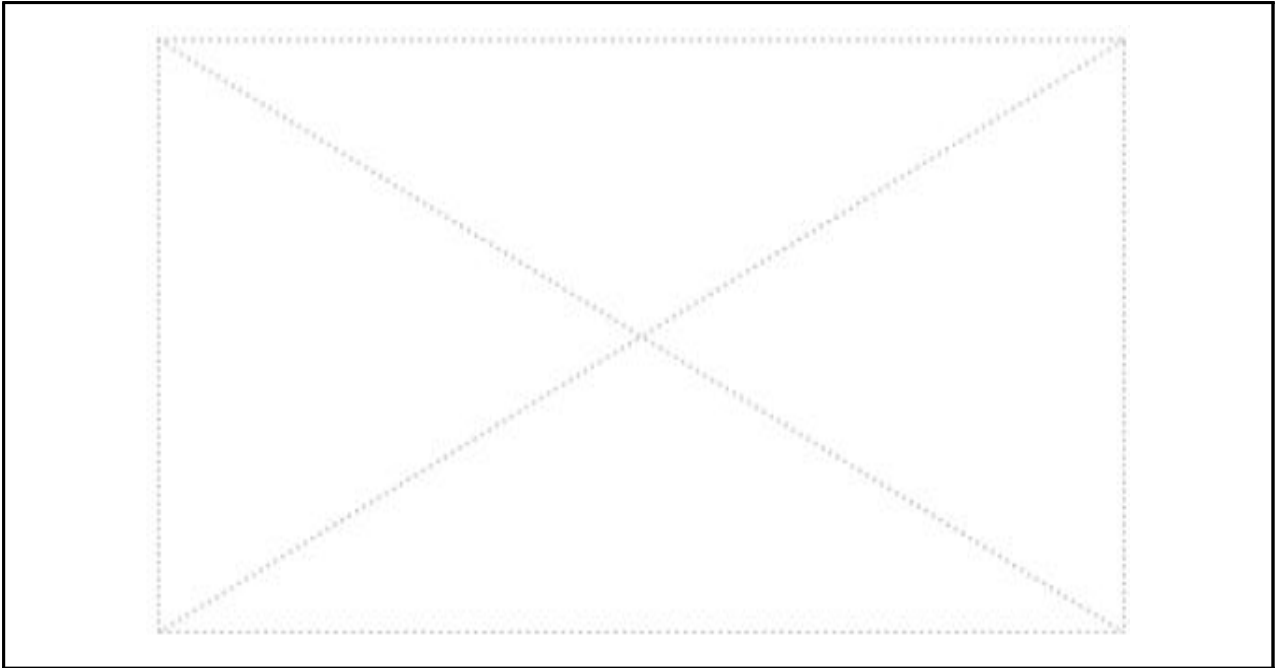
- 2단계 : 미션 정의
- 시민 참여 워크숍으로 거대 난제가 도출되면, 정부 및 전문가들이 모여 목표를 달성하기 위해 필요한 미션 정의
- 미션도 거대 난제와 유사한 특징을 가지지만, 거대 난제와 달리 제한된 시간 안에 달성할 수 있는 목표 설정

- 3단계 : 과제 발굴
- 거대 난제와 미션이 주어지면, 이를 달성하기 위한 프로젝트를 발굴하는 단계
- 과학기술분야 연구자들이 아이디어 제안하는 상향식(Bottom-up) 방식으로 부문별 목표 발굴

3 해외사례

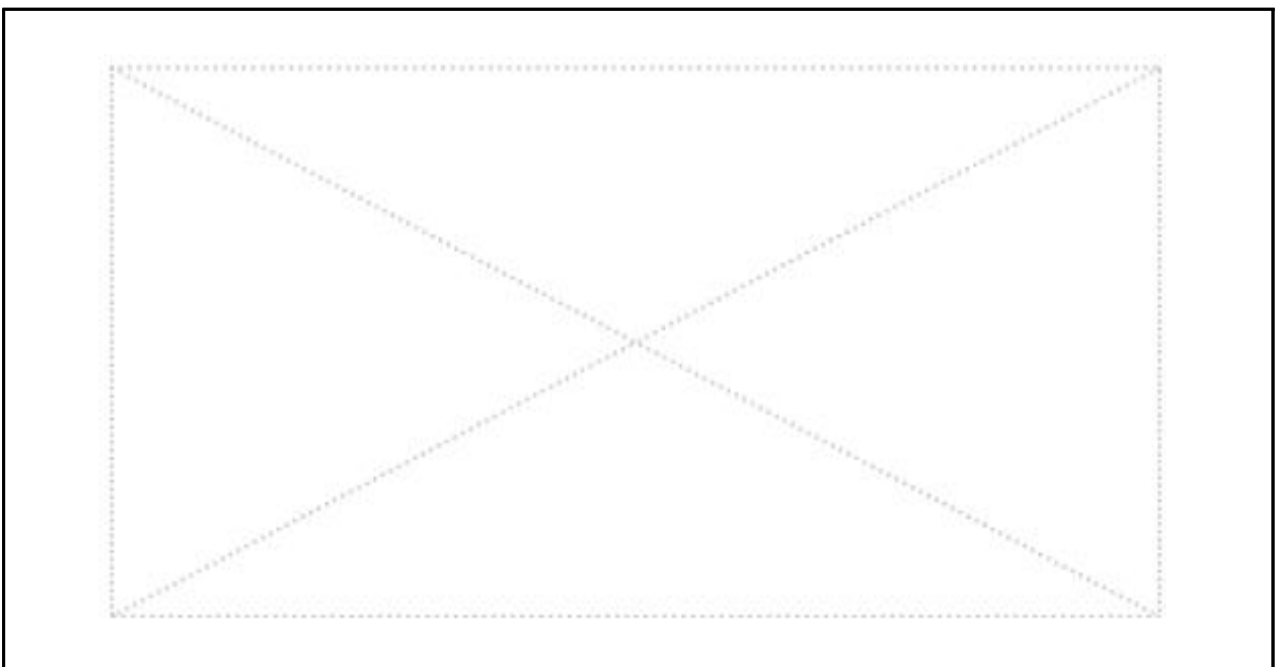
□ (영국 Grand Challenge) 다양한 부문의 공통난제들을 ‘거대 난제’로 설정

- 인공지능과 데이터, 고령화 사회, 친환경 성장, 미래 모빌리티



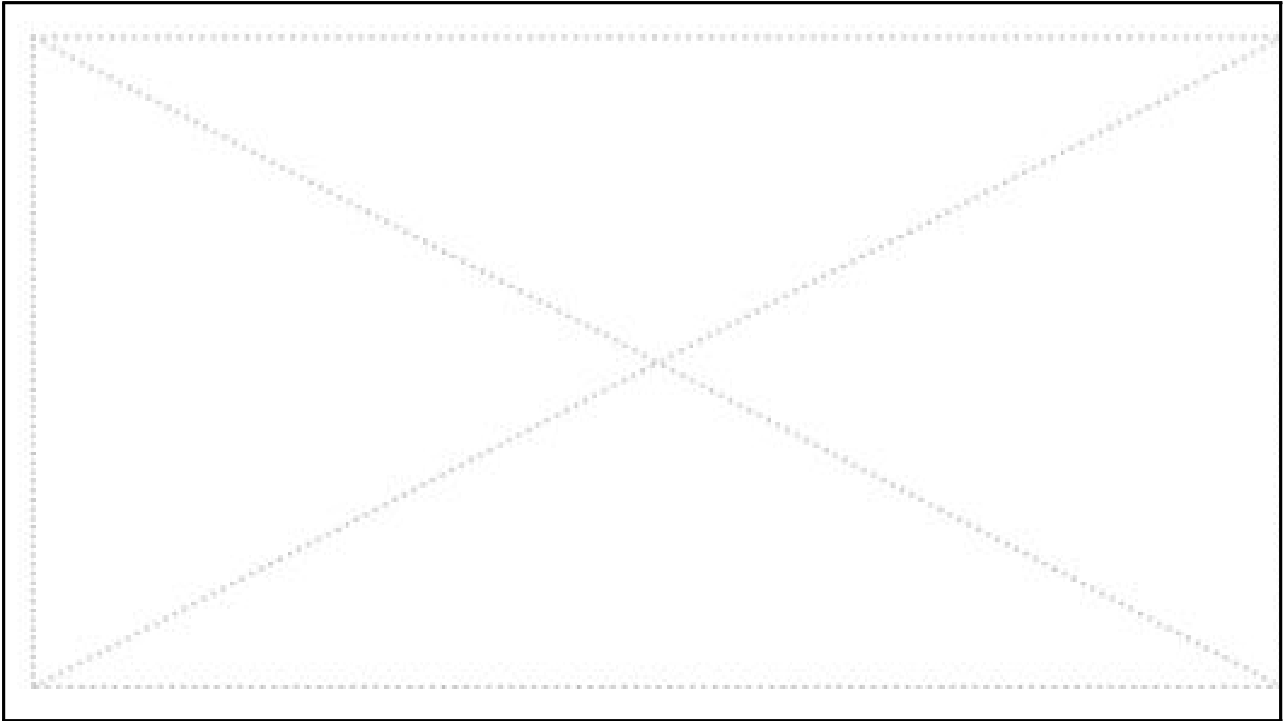
□ (미국 10 Big ideas) 수십 년 동안의 장기적인 연구 의제 도출

- 첨단 융합기술을 기반으로 미래사회를 주도하는 연구과제를 장기 지원



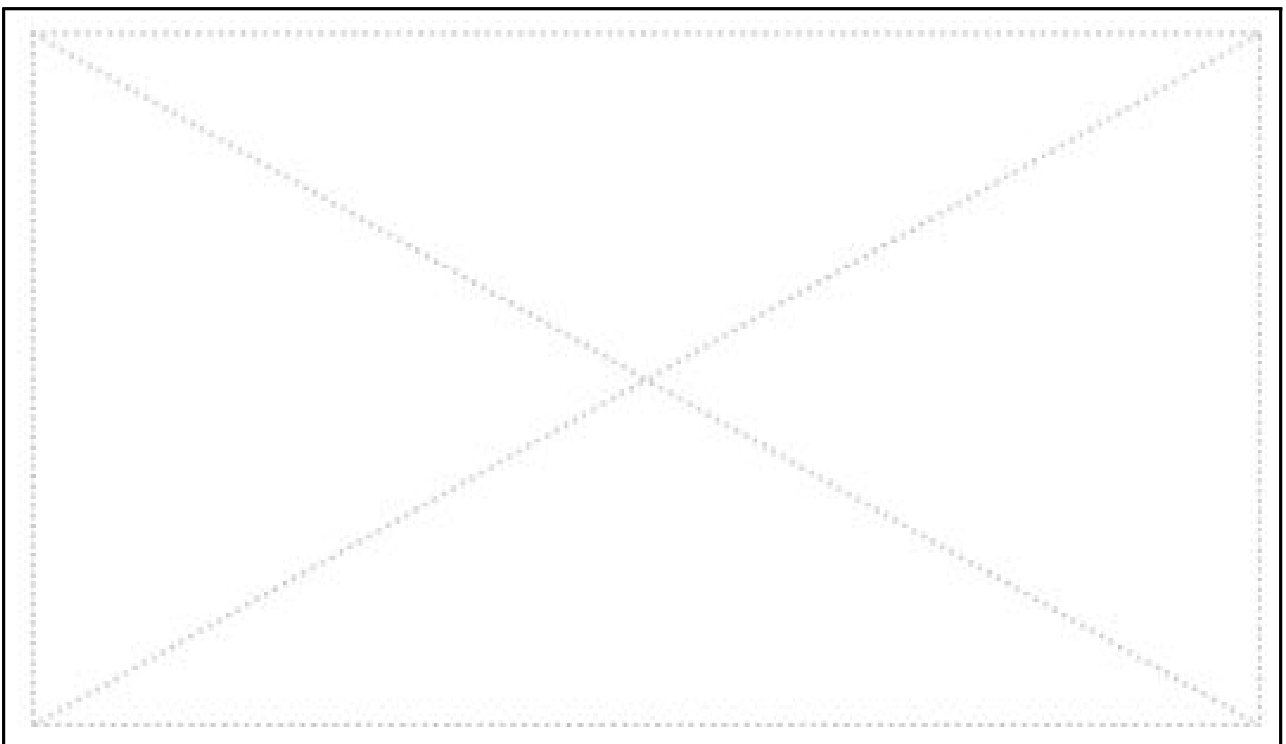
□ (일본 Moonshot) 사회 문제 해결을 목표로 최첨단 연구능력을 결집

○ 대담한 발상에 근거한 도전적 연구를 통해 파괴적 혁신을 도모



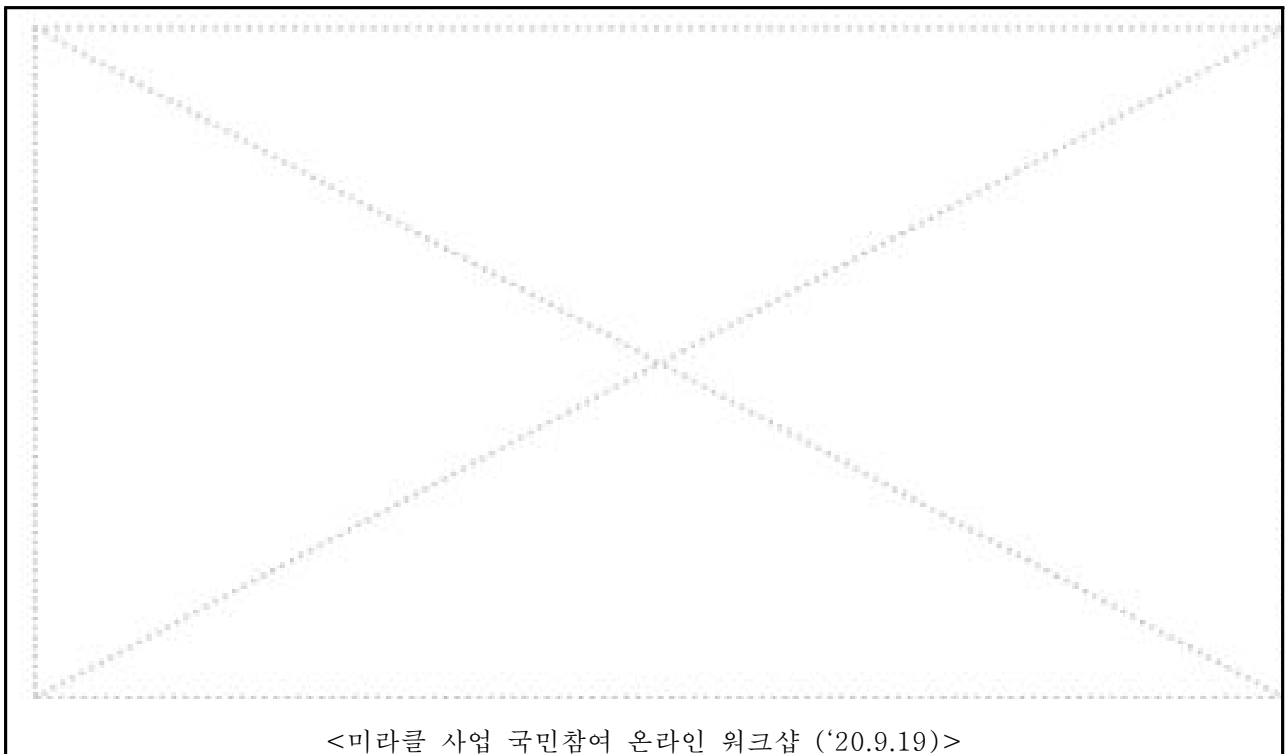
□ (독일의 High-Tech Strategy 2025) 3대 실행분야를 선정하고 이행방안을 제시

○ 첨단 융합기술을 기반으로 미래사회를 주도하는 연구과제를 장기 지원



4 사업기획 방법

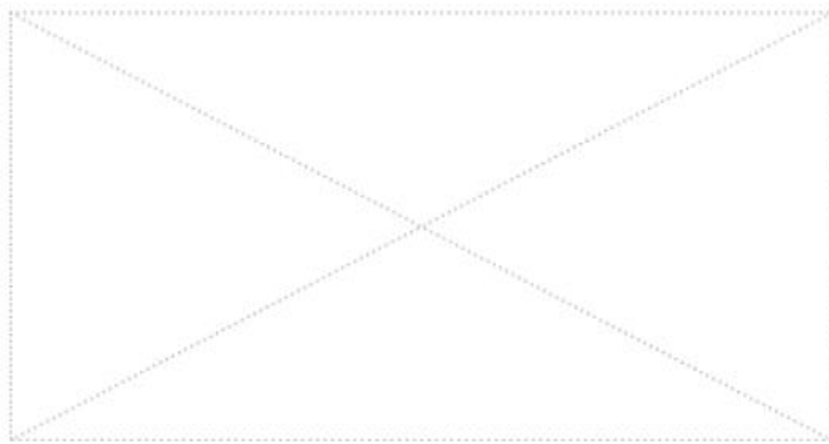
- (국민 공론조사 실시) 사회적 거대난제(Grand Challenges) 발굴을 위한 국민 공론조사(시민참여 워크숍) 실시
 - 일반 시민들을 대상으로 국내·외 사례를 설명하고 토론을 거쳐 大난제를 도출하는 국민참여형 과제도출(국민 PD 101 concept)



- (국민 공론조사 기반 전문가 수요조사 실시) 미들업(middle-up) 기술지정/비지정 과제 복합기획
 - 국민 공론조사로 도출된 분야별 난제에 대해 연구자 수요조사 추진
 - 유관 학회 등 산학연 전문가 집단을 대상으로 수요조사 실시
 - 총 제안기술 52건에 대한 수요기술 검토를 기반으로 지원 예시 연구주제 도출
- (기획 위원회 운영) 난제-미션-프로젝트 전체 구성
 - 기술분과별 작업 및 총괄팀 회의를 통해 세부과제 도출
 - 사업구조, 사업 규모 및 기간, 지원 대상, 지원 분야 등 사업의 뼈대를 이루는 본 사업의 주요 내용 확보

5 사업구성안

- (추진방식) 미션을 달성을 위한 과제 성격에 따라 ‘재창조형’과 ‘게임체인저형’으로 나누어 추진



- (재창조형) 선기획을 통해 5년 내 가시적 성과를 달성할 수 있도록 SPEED-UP에 초점(선기획(1년)→1단계(2년)→2단계(2년), 연 10억원)

※ (예시) 외부 전원 공급 장치 없이 자가 구동이 가능한 패치형 유해물질 탐지 기술

- ▶ 산업현장에서 쓰일 수 있는 두께 1mm 미만의 패치형 센싱 시스템, 10초 이내 유해물질(유독가스 등) 탐지 반응 기술 확보

- (게임체인저형) 기존접근과 다른 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 장기·안정적 지원(10년 : 1단계(2년)→2단계(3년)→3단계(5년), 연 50억원)

※ (예시) 인공태풍을 이용하여 미세먼지 확산을 저감하는 기술 개발

- ▶ 대기 중 미세먼지를 급속 확산·저감할 수 있는 안정적으로 제어할 수 있는 인공태풍 유발/유지/제어 원천기술을 확보

- (추진형태) 과제 성격에 따라 사업단 또는 총괄과제 형태 지원

6 유형별 투자계획

☐ 사업비 배분 방향

- 사업추진의 효과성을 고려하여 총사업비 중 재창조형과 게임체인저형 과제의 사업비 비중을 4:6로 배분
- 성과 창출을 위한 다양한 지원방식이 적용되는 신규 사업의 특성을 반영하여 연도별 예산 배분을 탄력적으로 운용

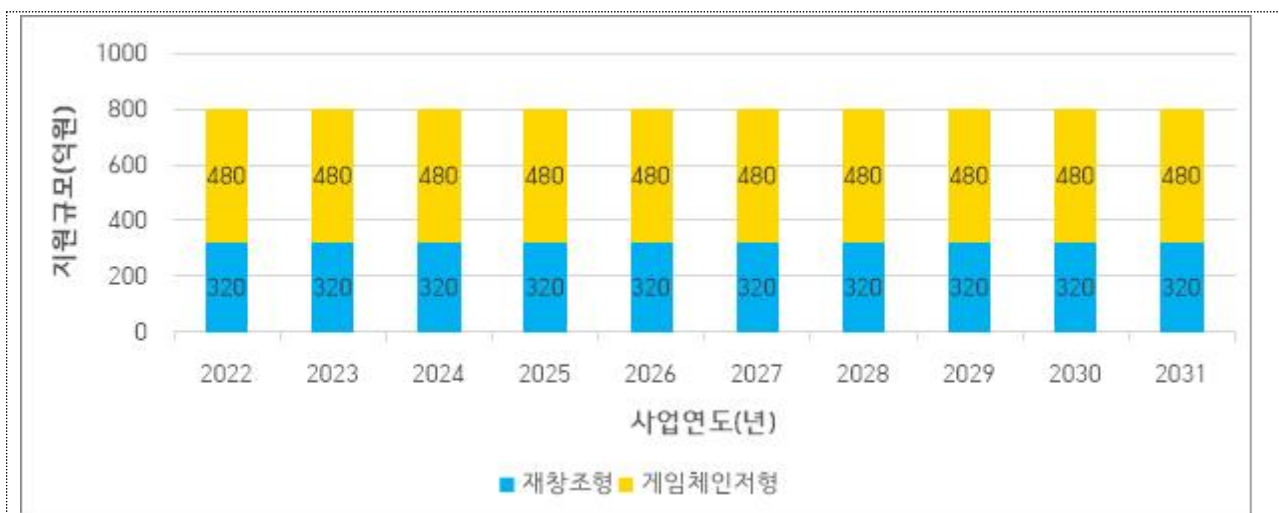
☐ 과제 유형별로 적정 사업비 설계

- 재창조형 과제는 5년간 연 15억원 이상 지원
 - 복수 연구진의 1년 先기획(1억원) 후 대상 과제를 선정하여 4년간 연 15억원 이상 지원
- 게임체인저형 과제는 10년 간 연 30억원 이상 지원
 - 1단계에서는 복수 연구진을 선정하여 2년간 경쟁연구를 진행 후, 단계평가를 통해 연 30억원 이상 통합연구 지원

<표 1> 연도별/유형별 정부 투자 계획(안)

(단위 : 억원)

유형	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	합계
재창조형	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3,200
게임체인저형	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	4,800
합계	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,000



[그림 1] 연도별/유형별 투자 규모(안)

7 사업추진 타당성

☐ 정부지원의 필요성

- (와해적 혁신) 와해적 혁신을 가져오기 때문에 민간이 주도적으로 투자하기 어려운 분야
- (High Risk High Return) 사업화까지 소요시간이 길어 민간투자가 어려운 분야
- (확산 기술) 나노·미래소재기술은 확산성이 높아 특정 민간 분야에서 독점하여 투자하는 것보다는 전산업 분야로 확산될 수 있도록 정부가 기반을 마련하는 것이 필요한 분야
- (융합기술) 융합적인 특성이 강해, 여러 연구주체가 협력해야 기술적 발전이 가능한 분야
- (인프라 필수) 민간이 담당하기 어려운 공용 인프라를 기술개발과 병행하여 구축해야 하는 분야
- (일자리 창출) 새로운 비즈니스 기회를 제공함으로써 효과적으로 일자리를 창출할 수 있는 분야

☐ 법적지원 근거

- 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 제14조)등

☐ 국가 중장기 연구개발계획과의 연계성

- 100대 국정과제 중 “융복합 테스트베드 구축 및 첨단 기술산업 육성(과제34-2)”
- 제4차 과학기술기본계획(‘18~’22) 중 “국민이 체감하는 혁신성장동력 육성(과제12)”
- * 4차 산업혁명 대응계획(‘17.11)

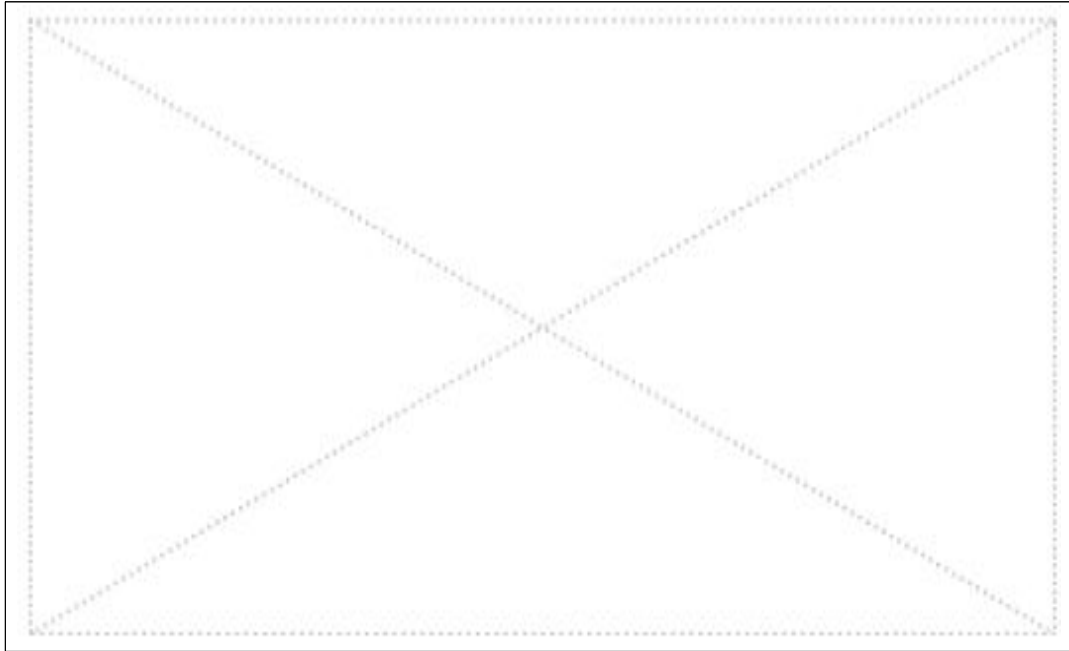
☐ 경제적 타당성 분석(B/C)

- 총 투입비용 8,000억 원 중 경제성분석 대상 예시 연구주제 투입비용은 2,850억 원 (현재가치 약 2,425억 원)이며 총 편익은 약 5,403억 원(현재가치 약 2,755억 원)으로 약 1.14의 B/C ratio 도출

<표 2> 비용/편익 분석 결과

(단위 : 원)

연도	비용		편익		순 현재가치
	비용	비용현재가(NPV)	편익	편익현재가(NPV)	
합계	285,000,000,000	242,457,485,866	540,270,849,578	275,515,208,300	33,057,722,435

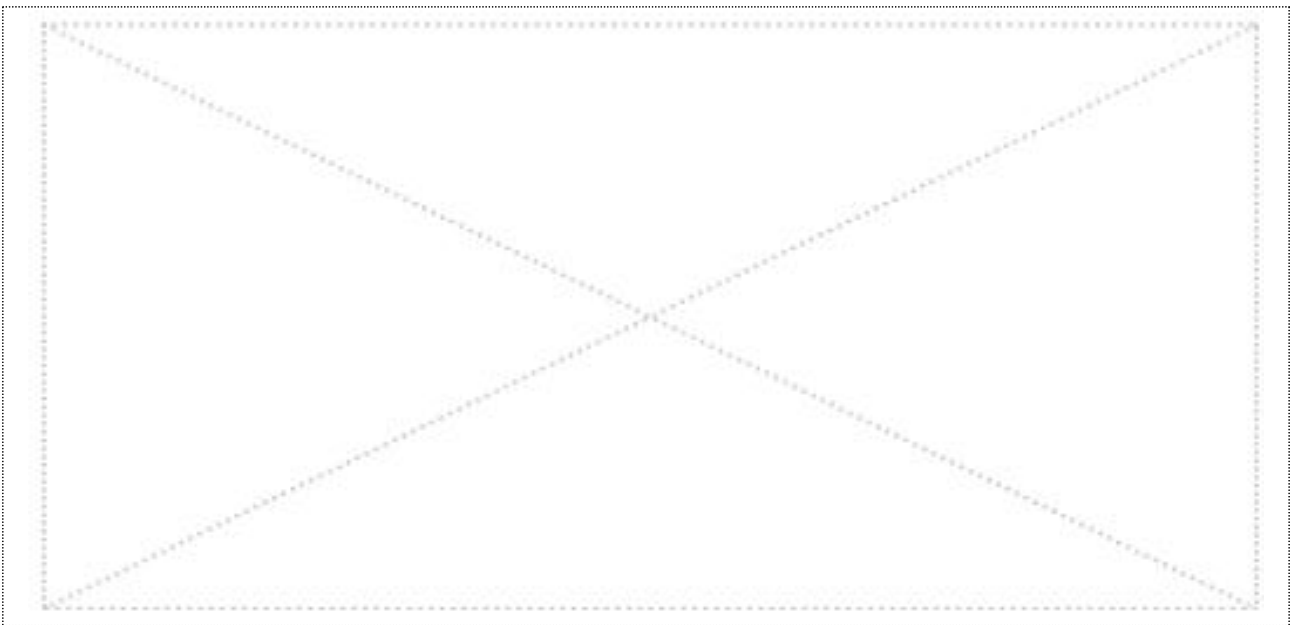


[그림 2] MIRACLE사업의 차별성 및 연계방안

- (사업목표 및 구성) 미래 大난제 해결과 세계 최고수준의 R&D 성과 확보를 목표로 기술분야 선정과정에서부터 다양한 국민들의 수요를 직접 반영
 - ‘글로벌프런티어사업’은 세계 최고 수준의 원천기술력 확보를 중점적인 목표로 설정하고 연구단 구성·운영을 포함
 - ‘혁신도전 프로젝트(K-DARPA)’은 국가차원의 초고난도 연구개발을 통한 국가적 문제 해결 및 미래 선도산업 창출을 목표로 하며, 실패할 가능성이 있는 개념검증(탐색형)에서부터 연구개발 및 사업화까지(패키지형) 통합
- 과학기술정보통신부 내에서 현재 진행 중인 사업들 중 소규모 사업들의 통합 및 계속사업화를 통해 보다 장기적으로 사회적 난제 해결에 역량을 집중
 - 국가적 문제해결 및 미래 선도산업 육성을 위한 ‘혁신도전 프로젝트’, 연구자 중심의 과학 난제 해결을 위한 ‘과학난제 도전 융합연구개발사업’ 등
- (후속과제 지원) 대국민 수요조사에 기반하여 추진된 소규모·단기 과제들의 성과를 검토하고 향후 후속연구가 필요하다고 판단되는 과제들을 선정하여 지원

9 사업 운영체계

- ☐ (사업추진위) 과기부, 일반시민, 전문가 등이 공동으로 참여하는 사업추진위원회를 통해 사업운영 관련 의사결정
- ☐ (기획위) 매년 산학연 전문가 그룹으로 기획위원회를 구성하여 우수한 연구결과를 활용할 수 있는 최적의 주제발굴 및 기획안 작성



[그림 3] 사업 추진 체계

10 기획연구 활용방안

- ☐ 미래선도기술개발 플러스 사업(IMPACT-Plus) 사업 기획 추진 중
 - 성과 연계 등을 위해 국민이 제안하는 미래사회 시나리오에 기반한 파급력있는 원천기술을 확보를 목적으로 IMPACT 플러스 사업 기획(별첨 1 참조)

목차

제1장 사업개요	1
제1절 사업의 개념 및 추진근거	1
1. 사업의 개념	1
2. 추진근거	2
제2절 추진 필요성 및 시급성	4
1. 대내외 환경 변화와 대응	4
2. 미래大난제 해결을 위한 breakthrough의 필요성	8
3. 혁신 생태계 조성의 필요성	9
제3절 국고지원 타당성	11
제4절 기획 체계	13
1. 기획 추진 체계	13
2. 기획 추진 경과	15
제2장 주요 현황 분석	21
제1절 국내외 환경분석	21
1. 미래 기술개발 트렌드 분석	21
2. 국내·외 정책여건 분석	50
3. 사회적 문제와 거대난제 발굴 및 대응 현황	67
제2절 관련 R&D 사업 추진 현황	70
1. 사업 현황	70
2. 과기정통부 혁신도전 프로젝트	75
제3절 주요 해외 사례	79
1. 일본의 신사업 구조비전(2017)	79
2. 일본의 문샷(Moonshot)	85
3. 영국의 Grand Challenges	90
4. 독일의 High-Tech Strategy 2025	95
5. 프랑스의 France Europe 2020	103
제3장 사업 목표 및 전략	111
제1절 비전 및 목표	111
1. 비전 및 목표	111
2. 사업 성과목표지표 총괄표	112
3. 성과 지표	113

제2절 추진 방법	118
1. 난제 정의	118
2. 예시기술 식별	121
3. 타당성 분석	123
제4장 사업 운영 방안	124
제1절 사업 운영 체계	124
제2절 사업운영 방법과 절차	127
제3절 소요 예산	131
제4절 평가체계	134
1. 평가의 기본방향	134
2. 연구과제 선정	135
3. 단계평가	137
4. 종료평가	138
제5장 타당성 분석	139
제1절 타당성 분석과정	139
제2절 과학기술적 타당성	140
1. 분석 개요	140
2. 문제·이슈 도출의 적절성	141
3. 사업목표의 적절성	153
4. 세부활동 및 추진전략의 적절성	162
제3절 정책적 타당성	243
1. 상위정책과의 부합성	243
2. 관련 사업과의 차별성 및 연계방안	248
3. 사업수행 위험요인 및 대응방안	254
제4절 경제적 타당성	257
1. 비용 추정	257
2. 편익 추정	258
3. 분석결과	271
참고문헌	273
<별첨 1> IMPAcT(미래선도기술개발) 플러스 사업 추진(안)	275

<첨부 1> 국민 공론조사(시민참여 워크숍) 결과	285
<첨부 2> 전문가 수요조사 양식	292
<첨부 3> 수요조사 결과	297
<첨부 4> 기획위원회 구성 및 운영	359
<첨부 5> 기획위원회 개최결과	362
<첨부 6> 우선 추진 세부과제별 수요조사서	369
<첨부 7> 사업의 비전·목표 및 설정근거	426
<첨부 8> 핵심과제 특허 분석 유형화	428

표 목 차

<표 1-1> 관련 상위계획	3
<표 1-2> 코로나19로 인한 금년 R&D 투자계획 변화	5
<표 1-3> 코로나19로 인한 금년 R&D연구원 채용계획 변화	5
<표 1-4> 한국과 중국의 기술수준과 기술격차 변화	6
<표 1-5> 주요국 연구단계별 역량 및 R&D 활동경향	6
<표 1-6> 주요 추진 경과	16
<표 2-1> 지능연결사회 대비 과학기술자가 바라본 미래기술 트렌드 및 분류	22
<표 2-2> 제5회 과학기술 예측조사 2016~2040 트렌드 및 분류	23
<표 2-3> OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016 트렌드 및 분류 ..	25
<표 2-4> 미래산업을 둘러싼 메가 트렌드와 우리 산업에의 시사점 트렌드 및 분류 ..	27
<표 2-5> 2030 산업 기술의 미래전망_산업계 인식조사 트렌드 및 분류	30
<표 2-6> 2018년 KISTEP 미래유망기술 선정에 관한 연구 트렌드 및 분류	34
<표 2-7> Global Material Resources Outlook to 2060 트렌드 및 분류	36
<표 2-8> 제3차 과학기술문화 기본계획('20~'25) 트렌드 및 분류	40
<표 2-9> Global Trends to 2030 트렌드 및 분류	44
<표 2-10> Imagine 2030- The Decade Ahead 트렌드 및 분류	45
<표 2-11> 미래사회 구상 2050 트렌드 및 분류	46
<표 2-12> 코로나가 초래할 경제적 파장과 대응책 트렌드 및 분류	47
<표 2-13> Politico: 코로나 이후의 세계 변화상 트렌드 및 분류	48
<표 2-14> The World Remade by COVID-19: Scenarios for resilient Leaders 트렌드 및 분류 ..	49
<표 2-15> 국정운영 5개년 계획 목표 및 전략	50
<표 2-16> 과학기술정보통신부 소관 국정과제 현황	51
<표 2-17> 제4차 과학기술기본계획 전략 및 중점추진과제	51
<표 2-18> 4차 산업혁명 대응계획 핵심전략별 세부내용	52
<표 2-19> 한국판 뉴딜 종합계획 10대 대표과제	55
<표 2-20> 미국혁신전략 세부내용	57
<표 2-21> 미국 FY2021 과학기술투자 우선순위 세부내용	58
<표 2-22> 트럼프 행정부의 5G 이니셔티브	59
<표 2-23> AI 이니셔티브의 5가지 원칙	60
<표 2-24> Europe 2020 5대 전략목표	60
<표 2-25> 3대 전략테마별 7개 주도계획 세부내용	61
<표 2-26> 독일 과학기술 혁신전략 및 실행계획	63
<표 2-27> 제5기 과학기술기본계획 4개 영역별 실천과제	64
<표 2-28> 통합이노베이션 전략 2019 개요	66

<표 2-29> 난제 사업 간의 비교	69
<표 2-30> 2019년도 신규지원 과제 목록	72
<표 2-31> 2020년도 신규지원 테마 목록	74
<표 2-32> 혁신도전 프로젝트 추진전략 및 세부 추진과제	76
<표 2-33> 2020년 선정 연구테마 목록	78
<표 2-34> 혁신도전 프로젝트 추진 경과	78
<표 2-35> 일본의 강점과 성장 기회 개요	82
<표 2-36> 비저너리 회의 일정 및 내용	87
<표 2-37> 문샷 연구개발 추진 체제 및 평가 방법	89
<표 2-38> 제1차 4가지 Grand Challenge	90
<표 2-39> MOIIS Commission	91
<표 2-40> Mission-oriented framework	91
<표 2-41> 건강 및 질병 관리 분야 주요 과제	96
<표 2-42> 지속가능성, 온난화 및 에너지 분야 주요 과제	97
<표 2-43> 모빌리티 분야 주요 과제	98
<표 2-44> 도시와 농촌 분야 주요 과제	99
<표 2-45> 안전 및 보안 분야 주요 과제	100
<표 2-46> 경제 및 노동 분야 주요 과제	101
<표 3-1> 사업 성과목표지표 총괄표	112
<표 3-2> 사업추진방식별 특허성과 정량지표	113
<표 3-3> 과학기술정보통신부 주요 R&D사업별 SMART 등급 분석결과(`19년)	114
<표 3-4> 사업추진 방식별 논문성과 정량지표	114
<표 3-5> 주요 R&D사업별 SCI급 논문 성과(`19년)	115
<표 3-6> 주요 R&D사업별 JCR 상위 5% 논문 성과(`19년)	115
<표 3-7> 사업추진방식별 기술사업화 정량지표	115
<표 3-8> 주요 R&D사업별 기술실시계약 성과(`19년)	116
<표 3-9> 예시 연구주제 별 기타 성과지표 및 목표치	117
<표 3-10> 기획총괄자문회의 ‘난제-미션-프로젝트’ 검토 결과	119
<표 3-11> 우선 추진 대상 기술테마 프로젝트 1차선정 결과	121
<표 3-12> 우선 추진 대상 기술테마 프로젝트 최종구성	122
<표 4-1> 사업추진방식별 특징	127
<표 4-2> 연도별/유형별 정부 투자 계획(안)	131
<표 4-3> 사업유형에 따른 연도별 투자 계획(안)	132
<표 4-4> 연도별 사업비 배분계획	133
<표 4-5> 1단계 단계평가 등급표(안)	134
<표 4-6> 게임체인저형 과제 평가지표	135

<표 4-7> 재창조형 과제 평가지표	136
<표 4-8> 1단계 연구결과 평가지표	138
<표 5-1> 기술적 타당성 분석 항목	140
<표 5-2> 여성대상 범죄 및 문지마 범죄 추이(2017~2019)	142
<표 5-3> 20개 핵심 키워드	144
<표 5-4> 대한민국 과학기술 미래전략 2035의 기술개발 방향 제안	144
<표 5-5> 국민제안 미래사회 36개 테마(GIST)	145
<표 5-6> 워크숍 일정	146
<표 5-7> 국민 제안 목록	146
<표 5-8> 미션(핵심이슈) 목록	147
<표 5-9> 동 사업의 핵심이슈 및 해결방안	148
<표 5-10> 사업의 구성	151
<표 5-11> 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지: 핵심이슈 및 R&D 방향	151
<표 5-12> 안전하고 공평한 디지털 사회 구현: 핵심이슈 및 R&D 방향	151
<표 5-13> 안전하고 지속 가능한 환경유지: 핵심이슈 및 R&D 방향	152
<표 5-14> 미래 모빌리티 기반 확보: 핵심이슈 및 R&D 방향	152
<표 5-15> 사업목표의 적절성 평가질문 구성	153
<표 5-16> 본 사업의 논리모형	153
<표 5-17> 동 사업의 임무설정	155
<표 5-18> 사업의 방향 및 목표	157
<표 5-19> 프로젝트별 성과목표 및 설정근거	158
<표 5-20> 프로젝트별 성과지표 및 목표치	159
<표 5-21> 프로젝트별 핵심과제 및 최종성과물	162
<표 5-22> 사업목표와 세부 활동의 연계성 분석	163
<표 5-23> 수요조사 최종결과	165
<표 5-24> 1차 세부과제 정리 내역	167
<표 5-25> 최종 사업구성	168
<표 5-26> 전문가 집단 구성 내역	169
<표 5-27> 총괄기획위원회 운영과정	169
<표 5-28> 세부과제별 핵심 키워드	171
<표 5-29> 중복성 검토 결과	173
<표 5-30> 유사·중복과제 검토	174
<표 5-31> 프로젝트별 성과지표 및 목표치	175
<표 5-32> 검색 DB 및 검색범위	186
<표 5-33> 분석대상 기술분류	187
<표 5-34> 미라클 프로젝트 기술의 유효특허 선별결과	187

<표 5-35> 미라클 프로젝트 기술의 TCT 값	194
<표 5-36> 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 TCT 값	194
<표 5-37> AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 TCT 값	195
<표 5-38> 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 TCT 값	195
<표 5-39> 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 TCT 값	196
<표 5-40> 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 TCT 값	196
<표 5-41> 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 TCT 값	197
<표 5-42> 선제적 재난 대응 기술(CC)의 TCT 값	197
<표 5-43> 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 TCT 값	197
<표 5-44> 지수분석을 통한 각국의 질적 수준 및 시장	199
<표 5-45> 상위계획과 본 사업과의 부합성 검토결과	243
<표 5-46> 유사 국가연구개발사업 세부비교	252
<표 5-47> 사업 추진 시 발생가능 위험요인 및 관리 방안(예시)	255
<표 5-48> 사업 비용	257
<표 5-49> 설문조사 표본배분	263
<표 5-50> 제시금액별 WTP응답분포	265
<표 5-51> 지불의사자와 지불거부자	265
<표 5-52> 지불의사금액 모형추정 결과	267
<표 5-53> 평균 WTP 추정결과	268
<표 5-54> 연간 총편익 추정결과	269
<표 5-55> 총편익 추정의 기본방향	270
<표 5-56> 비용/편익 분석결과	271
<표 5-57> 민감도 분석 결과(편익/비용 변화)	272

그림 목차

[그림 1-1] 한국의 부품·소재 수입의존도 추이	4
[그림 1-2] 기획 추진 체계	13
[그림 1-3] 기존 market pull을 대신할 수 있는 새로운 국민수요 프레임워크 예시	13
[그림 1-4] 다양한 전문가 집단활용 검증체계	14
[그림 2-1] 2030 뉴 노멀 시대와 주요 키워드 기반 융합 기술군 선정	21
[그림 2-2] 8개 분야 메가트렌드	25
[그림 2-3] 그림 서식과 내용의 예시	27
[그림 2-4] 2030년 산업 기술의 미래에 영향을 미칠 이슈	29
[그림 2-5] ‘생산과 소비 혁명’의 동인과 미래상	31
[그림 2-6] 미래 트렌드 및 이에 따른 대응 계획	32
[그림 2-7] 미래 유망기술로 선정된 기술	33
[그림 2-8] 메가 트렌드별 ‘통일’에 의한 트렌드 변화	35
[그림 2-9] OECD 세계 재료 자원 전망 : 2060년	36
[그림 2-10] 초연결·초지능 시대의 미래이슈, 수요와 10대 미래유망기술 간 관계도 ...	38
[그림 2-11] 제3차 과학 기술 문화 기본계획 비전체계	39
[그림 2-12] 과학 기술기반 국민생활 사회문제해결 종합계획 비전체계도	41
[그림 2-13] 재난안전기술개발종합계획 비전체계도	42
[그림 2-14] 4차 산업혁명 대응계획(I-Korea 4.0) 비전 체계도	52
[그림 2-15] 한국판 뉴딜 종합계획 비전체계도	54
[그림 2-16] 각 분야별 예상 비중	62
[그림 2-17] 혁신도전 프로젝트 추진 체계	75
[그림 2-18] 4차 산업혁명 기술로 실현되는 사회 니즈(일본 경산성)	79
[그림 2-19] 문샷의 목표와 구상 책정을 위한 프로세스	86
[그림 2-20] 비저너리 회의 결과(그래픽 레코딩)	87
[그림 2-21] 최종 선정 목표	88
[그림 2-22] 문샷 연구개발 추진 체제 및 평가 운용 프로세스	89
[그림 2-23] 거대 난제 관리 체제(제안)	93
[그림 2-24] 거대 난제와 과제 설정 흐름도(제안)	94
[그림 2-25] 친환경 성장 과제 로드맵(제안)	94
[그림 3-1] 다양한 전문가 집단활용 검증체계	118
[그림 4-1] 사업 추진 체계	124
[그림 4-2] 사업 추진방식	127
[그림 4-3] 2차 일반국민 평가 개념도	129
[그림 4-4] 연도별/유형별 투자 규모(안)	131
[그림 5-1] 타당성 검토 추진 흐름도	139

[그림 5-2] 국정운영 5개년계획	143
[그림 5-3] 최상위정책 상의 과학기술의 역할	149
[그림 5-4] 동 사업의 사업설계 과정	156
[그림 5-5] 사업의 구성	158
[그림 5-6] 동 사업의 수혜자	160
[그림 5-7] 시민참여 워크숍 절차	164
[그림 5-8] NTIS 활용 중복성 검토	170
[그림 5-9] 사업 총괄로드맵	179
[그림 5-10] 사업 추진방안	180
[그림 5-11] 2차 일반국민 평가 개념도	181
[그림 5-12] 사업 추진 체계	183
[그림 5-13] 미라클 프로젝트 기술의 국가별 특허출원 동향	188
[그림 5-14] 미라클 프로젝트 기술의 국가별 내·외국인 특허출원 현황	189
[그림 5-15] 미라클 프로젝트 기술의 국가별 주요 출원인 현황	190
[그림 5-16] 미라클 프로젝트 기술의 기술 성숙도 분석	191
[그림 5-17] IP 관점에서 본 미라클 프로젝트 기술의 국가별 질적 수준 및 IP시장 확보력	198
[그림 5-18] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 특허출원 동향 ..	200
[그림 5-19] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황 ...	201
[그림 5-20] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 주요 출원인 현황	202
[그림 5-21] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 기술 성숙도 분석 ·	203
[그림 5-22] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 특허출원 동향 ...	205
[그림 5-23] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황	206
[그림 5-24] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 주요 출원인 현황	207
[그림 5-25] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 기술 성숙도 분석	208
[그림 5-26] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 특허출원 동향 ..	210
[그림 5-27] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황 ·	211
[그림 5-28] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 주요 출원인 현황 ..	212
[그림 5-29] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 기술 성숙도 분석	213
[그림 5-30] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 특허출원 동향	215
[그림 5-31] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황 ..	216
[그림 5-32] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 주요 출원인 현황	217
[그림 5-33] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 기술 성숙도 분석	218
[그림 5-34] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 특허출원 동향	220
[그림 5-35] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황 ..	221
[그림 5-36] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 주요 출원인 현황	222
[그림 5-37] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 기술 성숙도 분석	223
[그림 5-38] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 특허출원 동향	225

[그림 5-39] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황 ...	226
[그림 5-40] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 주요 출원인 현황	227
[그림 5-41] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 기술 성숙도 분석	228
[그림 5-42] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 특허출원 동향	230
[그림 5-43] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황	231
[그림 5-44] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 주요 출원인 현황	232
[그림 5-45] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 기술 성숙도 분석	233
[그림 5-46] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 특허출원 동향	235
[그림 5-47] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황..	236
[그림 5-48] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 주요 출원인 현황..	237
[그림 5-49] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 기술 성숙도 분석	238
[그림 5-50] MIRACLE사업의 차별성 및 연계방안	248
[그림 5-51] MIRACLE 사업 재원조달 방안	254

제1장 사업개요

제1절 사업의 개념 및 추진근거

1. 사업의 개념

☐ 사업내용

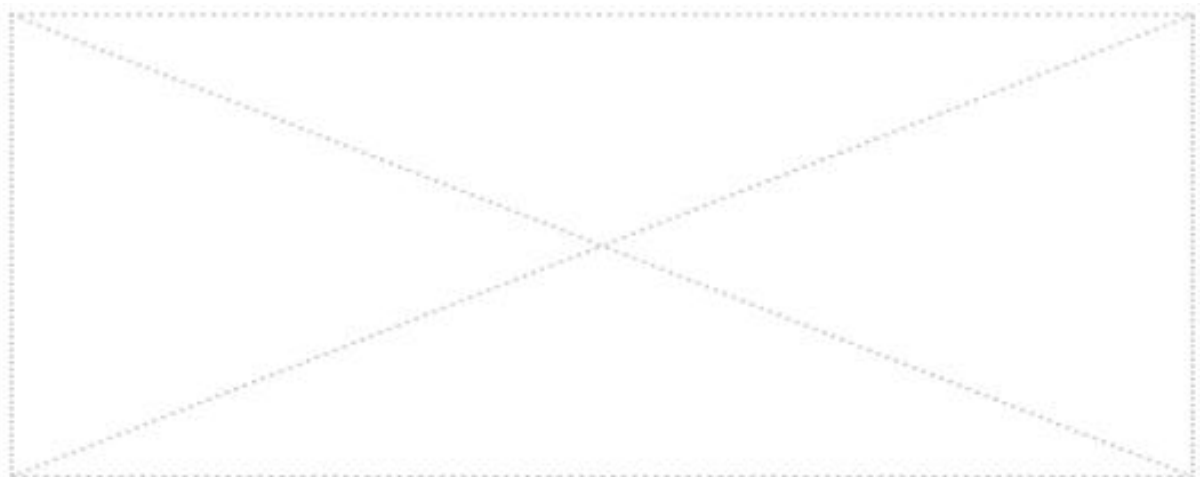
- 미래사회 大난제 대비와 극복을 위한 원천 R&D 사업 추진
- ‘MIRACLE(Mission-oriented Advanced R&D for Grand Challenges)’ 기획
- 미래 大난제 해결을 위한 (사회)임무 중심형 원천기술개발사업
- 국가적 차원에서 중장기적인 육성이 필요한 원천기술들을 안정적으로 지원

☐ 사업 목표

최종 목표

국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 독자적
원천기술개발을 위한 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 추진

【(가칭) 미래 대난제 해결을 위한 임무 중심형 원천기술개발 사업 “MirACle”】



2. 추진근거

가. 법령상 추진근거

- ☐ 「과학기술기본법」, 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 등에서 기초연구와 원천기술개발 연계 R&D지원에 대한 근거를 제시하고 있음

「과학기술기본법」

제4조(국가 등의 책무와 과학기술인의 윤리) ① 국가는 과학기술혁신과 이를 통한 경제·사회 발전을 위하여 종합적인 시책을 세우고 추진하여야 한다.

제15조(기초연구의 진흥) 정부는 과학기술혁신의 바탕이 되는 기초연구를 진흥시키기 위하여 대학과 정부가 출연하는 연구기관의 연구 및 상호 연계·협력을 활성화하고 안정적인 연구비를 지원하는 등 종합적인 시책을 세우고 추진하여야 한다.

제16조의 5(성장동력의 발굴·육성) ① 정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다.

제17조(협동·융합연구개발의 촉진) ① 정부는 기업, 교육기관, 연구기관 및 과학기술 관련 기관·단체 간 또는 이들 상호간의 협동연구개발을 촉진하고 복돋우기 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.

「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」

제14조(특정연구개발사업의 추진) ① 과학기술정보통신부장관은 기초연구의 성과 등을 바탕으로 하여 국가 미래 유망기술과 융합기술을 중점적으로 개발하기 위한 연구개발사업(이하 "특정연구개발사업"이라 한다)에 대하여 계획을 수립하고, 연도별로 연구과제를 선정하여 이를 다음 각 호의 기관 또는 단체와 협약을 맺어 연구하게 할 수 있다. 이 경우 제2호의 기관 중 대표권이 없는 기관에 대하여는 그 기관이 속한 법인의 대표자와 협약할 수 있다.

- 「과학기술기본법 제4조 제1항」에서 정부는 과학기술혁신과 이를 통한 경제·사회 발전을 위하여 종합적인 시책을 세우고 추진해야 한다고 명시함
 - 동법 15조에서는 정부는 과학기술혁신의 바탕이 되는 기초연구를 진흥시키기 위하여 대학과 정부가 출연하는 연구 및 상호 연계·협력을 활성화하고 안정적인 연구비를 지원하는 종합적인 시책을 세우고 추진해야 함을 명시함
 - 동법 제16조의 5 제1항에서 정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진해야 함을 명시함
 - 동법 제17조 제1항에서 정부는 신기술 상호간 또는 신기술과 학문·문화·예술 및 산업 간의 융합연구개발을 촉진하기 위한 시책을 세우고 추진해야 함을 명시함
- 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 제14조 제1항」에서 기초연구의 성과 등을 바탕으로 하여 국가 미래 유망기술과 융합기술을 중점적으로 개발하기 위한 연구개발사업("특정연구개발사업")에 대하여 계획을 수립하고, 연도별로 연구과제를 선정하여 법이 정하는 기관 또는 단체와 협약을 맺어 연구하게 할 수 있음을 명시

나. 관련 상위계획

- ☐ 국정운영계획, 국가 상위계획, 관련 기본계획 등 다양한 국가계획에서 동 사업의 추진 근거를 찾을 수 있음

<표 1-1> 관련 상위계획

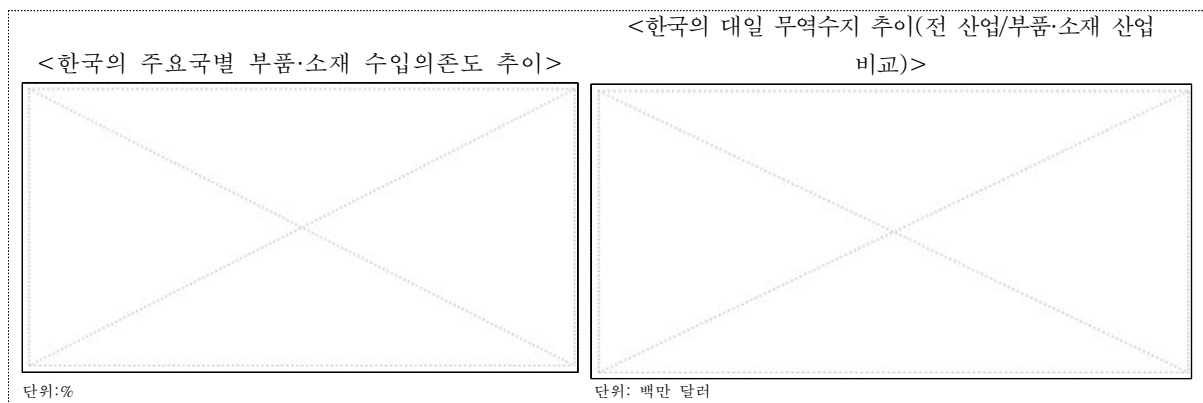
구분	내용
국정운영 5개년 계획 (국정과제)	<ul style="list-style-type: none"> • 34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성 • 35. 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성
제4차 과학기술 기본계획 (2018~2022)	<ul style="list-style-type: none"> • (추진전략 1) 미래도전을 위한 과학기술역량 확충 <ul style="list-style-type: none"> – (추진과제 1-②) 연구자 주도의 창의적 연구에 대한 투자 확대 – (추진과제 1-③) 기초·원천연구의 기획·선정·평가 프로세스 혁신 • (추진전략 2) 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성 <ul style="list-style-type: none"> – (추진과제 10-①) 국민 참여형 ‘열린 국가 R&D시스템’으로 전환
제3차 융합연구 활성화 기본계획 (2018-2027)	<ul style="list-style-type: none"> • (중점과제 2) 다양한 융합 시도와 노력 장려 <ul style="list-style-type: none"> – (세부과제 1) 과학 난제 극복을 위한 융합선도분야 발굴·도전 촉진
2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)	<ul style="list-style-type: none"> • (중점투자방향 1) 연구자 중심의 창의·도전적 연구 확대 <ul style="list-style-type: none"> – 도전·혁신성 강화 • (중점투자방향 5) 신산업의 혁신성장 가속화 <ul style="list-style-type: none"> – Post 성장동력

제2절 추진 필요성 및 시급성

1. 대내외 환경 변화와 대응

가. 글로벌 가치사슬 붕괴와 기술보호주의의 대두

- ☐ 2008년 글로벌 금융위기, 유가하락, 코로나19 등 외부충격 주기가 짧아지고 미국·유럽의 우경화가 가속화되면서 기술보호주의가 대두
 - 그간 20~30년 주기로 나타나던 경기침체가 최근 잦은 빈도로 나타나면서 세계 각국의 자국 우선주의가 심화
 - 미국-중국의 무역마찰, 유럽의 반 이민정책 등이 격화되면서 세계 각국의 분리주의* 움직임이 가속화
 - * 영국의 Brexit 및 스코틀랜드, 웨일즈의 분리운동, 스페인 카탈루냐 지방, 이탈리아 북부지방, 미국 캘리포니아주의 분리운동 등
 - 이 같은 자국 우선주의, 분리주의는 그간 추진되어 온 글로벌화에 반하는 움직임으로 기술개발에 대한 보호주의* 및 사일로(silo) 현상을 초래할 것으로 전망
 - * (예) 미국은 자국 기술로 개발한 코로나19 진단키트 사용을 강조
- ☐ 최근 일본의 불화수소 수출제한은 우리나라의 원천기술 및 소재 분야의 높은 해외의존도 문제를 노정하면서 소재·부품·장비 관련 R&D의 재편을 유발



자료: 김규판. (2019). 일본의 對한국 수출규제와 전망. 대외경제정책연구원, KIEP 기초자료, 19-11.

[그림 1-1] 한국의 부품·소재 수입의존도 추이

- 단기적으로 수입국 다변화, 국내생산 등 다양한 수급안정 노력을 통해 피해를 최소화 하였고, 소재부품장비 R&D의 증액이 이루어짐
- 그러나, 국내 경제에 주요한 영향을 미치는 핵심 기초·원천기술의 확보와 대외충격을 최소화할 수 있는 건강한 혁신시스템 구축이 근본적인 처방

- 더욱이, 최근 코로나19로 기업 및 개인의 국제이동이 제한되면서 R&D 국제협력 네트워크와 글로벌 가치사슬(value chain) 및 공급망(supply chain) 와해가 우려되면서, 모든 분야에 걸쳐 제2의 소재·부품·장비 충격이 올 가능성 존재
- 코로나19 팬데믹 여파로 국내 기업들의 R&D활동이 축소되고 있어 과거 IMF외환위기 때와 같은 상당한 수준의 민간 혁신역량 저하가 예상됨

<표 1-2> 코로나19로 인한 금년 R&D 투자계획 변화

(단위, %)

구분	크게 감소	다소 감소	변화 없음	다소 증가	크게 증가	합 계
대기업, 중견기업	3.4	31.0	63.8	1.8	0.0	100.0
중소기업	13.1	35.1	47.3	4.0	0.5	100.0
합계	12.8	34.9	48.0	3.9	0.5	100.0

자료: 한국산업기술진흥협회

<표 1-3> 코로나19로 인한 금년 R&D연구원 채용계획 변화

(단위, %)

구분	크게 감소	다소 감소	변화 없음	다소 증가	크게 증가	합 계
대기업, 중견기업	10.3	25.9	62.1	1.7	0.0	100.0
중소기업	14.6	27.0	54.3	4.0	0.1	100.0
합계	14.4	26.9	54.6	3.9	0.1	100.0

자료: 한국산업기술진흥협회

- 이 같은 민간 R&D의 축소는 자체적인 혁신역량뿐 아니라 흡수역량(absorptive capacity)의 저하를 유발하여, 경기가 회복 시 저성장의 늪을 유발할 수 있음
- 이러한 악재 속에서 국제적 감염병 사태로 방역차원의 개인과 물류의 이동이 제한되면서 국제적 협력을 통해 이루어졌던 글로벌 R&D 활동, 글로벌 기술이전과 기술 협력에 제약이 불가피
- 코로나19 등 감염병 사태로 산업에 활용도가 높은 원천기술을 제때 확보하거나 적기에 기술지원을 받지 못할 경우, 가치 및 공급사슬망의 붕괴를 초래할 수 있음
 - 기초원천기술이 부족한 우리나라 특성상 해외 기술의존도가 높은 분야는 코로나19 사태가 장기화 될 경우 추가·후속 기술개발이 지연될 수 있음

☞ 앞으로 대두될 세계 각국의 분리주의, 기술보호주의 움직임에 대비하기 위해 독자적인 미래 원천기술을 개발하여 확보할 필요

나. 글로벌 선도기술 부족과 개도국의 추적

- ☐ 120개 중점과학기술 대상으로, 대부분의 주력산업 분야에서 韓·中 간 기술격차가 크게 줄어들고 있거나 추월당했으나 선도 R&D 활동은 부족
 - 중국과의 기술격차는 2014년 1.4년에서 2018년 동일 수준으로 추격당했으며, 인공지능, 빅데이터, 핀테크 등 신산업 분야는 이미 추월당함
 - 최고기술 보유국(미국) 대비 기술수준 격차의 경우, 한국은 2014년에 비해 1.5% 축소시킨 반면 중국은 6.3%를 축소시킴

<표 1-4> 한국과 중국의 기술수준과 기술격차 변화

구분	2014		2016		2018	
	한국	중국	한국	중국	한국	중국
기술수준(%)	78.4	69.7	78.6	71.1	76.9	76.0
기술격차(년)	4.4	5.8	4.2	5.2	3.8	3.8

※ 연도별 미국의 기술수준을 100으로 설정

자료: KISTEP. 각년도. 기술수준평가보고서.

- ☐ 우리나라는 신산업, 소재부품산업 등 주요 산업기술 대분류에서 최고 기술수준을 갖춘 분야가 없으며, 최고 기술수준을 보유한 세부기술 수는 감소
 - 우리나라는 2013년에 407개 산업기술(소분류) 중 20개 분야에서 최고 기술수준을 보유했으나, 2015년 13개, 2017년 6개로 축소됨(산업기술평가원, 2018)
- ☐ 우리나라의 연구단계별 역량과 R&D 활동경향 또한 주요국 대비 상대적으로 낮은 수준
 - 우리나라의 연구단계별 역량은 중국과 유사하나, R&D 활동경향이 중국 대비 상대적으로 낮기에 글로벌 환경 속 우리나라 기술수준의 위치가 우려됨

<표 1-5> 주요국 연구단계별 역량 및 R&D 활동경향

구분		한국	중국	일본	EU	미국
연구단계역량	기초	보통	보통	우수	우수	탁월
	응용개발	우수	우수	우수	우수	탁월
연구개발 활동경향		상승	급상승	상승	상승	상승

자료: 한국과학기술기획평가원. (2019). 2018 기술수준평가.

☞ 세계적 선도기술 확보 및 혁신역량 제고를 위해 국가적 역량을 투입할 필요

다. 기존 대형 R&D의 한계 극복을 위한 새로운 기획 필요

☐ 최근 R&D 일몰제 시행으로 연속사업 형태로 추진되어 온 많은 R&D사업이 종료되면서 중장기적인 혁신모멘텀이 위축되고 있음

☐ 더욱이, 코로나19로 인한 감염병 대응활동, 재난지원자금 등 외부충격으로 인한 새로운 예산수요가 급격히 증가하면서 현실적으로 중장기 대형 R&D가 안정적으로 추진되기 힘든 상황

☐ 그러나, 경기침체기 상황에서 혁신에 지속적으로 투자한 기업이 회복력(resilience power)을 바탕으로 시장을 장악*하듯, 국가의 기반성 R&D투자가 지속되지 않는다면 국가경쟁력의 점진적인 저하가 불가피

* 2008년 글로벌 금융위기를 기점으로 샤프나 히타치, 소니가 연구 개발 투자액을 평균 31% 감축했으나, LG와 삼성은 연구개발을 각각 119%와 37% 늘렸으며 결과적으로 한국기업들이 경기침체 후 글로벌 시장의 절반가량을 차지하게 된 발판이 되었음

☐ 우리나라가 경기침체기·기술전환기에 반복적으로 일어나는 창조적 파괴의 주인공이 되기 위해서는 국가주도형 대형 R&D사업이 반드시 필요

☐ 국가적 아젠다를 실현하고 기존 국가R&D 체계와 대형 R&D사업의 한계를 극복하기 위한 사업기획 및 구체적인 방안 마련이 필요

○ 다만, 빠른 환경변화와 최종수요 반응을 위해 기존 국가대형 R&D 사업들을 체계적으로 분석하여 새로운 대형 R&D 사업을 설계할 필요

- 새로운 R&D패러다임에 걸맞는 국가 R&D사업을 기획하고, 성과창출 및 확산과 연계 시키기 위한 최적화된 사업운영체계와 추진절차의 정립이 필요

○ 또한, 기술개발뿐만 아니라 해당 기술로 야기될 수 있는 사회문제 또는 시나리오를 종합적으로 고려한 R&D 운영 및 관리체계 필요

○ 특히, 중장기 투자가 필요한 영역, 고위험으로 투자위험이 큰 영역, 시장실패(market failure) 영역, 스퍼illover(Spill-over) 효과가 커서 선제적 투자가 필요한 영역, 공공재 성격이 강하고, 정부의 역할이 강하게 요구되는 분야 등을 종합적으로 고려하여 대형 국가 R&D 사업의 위상과 사업 철학에 부합하는 구체적인 전략과제(아이템) 도출이 필요

- 글로벌 트렌드에 대응하고 국가적 역량을 결집하기 위한 구체적인 도전과제(또는 미 레이슈) 발굴·구체화가 중요

👉 R&D 필요성에 대한 공감대를 넘어, 모든 구성원이 R&D의 과정을 체감할 수 있는 새로운 대형 국가R&D 기획이 필요

2. 미래大난제 해결을 위한 breakthrough의 필요성

☐ Fast-Follower로서 단기간 고성장을 실현하였으나 전략의 한계 노출

- 우리 산업은 그간 정부의 육성정책과 해외기술 도입, 수출 및 외형 확장 지향, 생산 기술 고도화 등을 통해 단기간 고성장 달성
 - 고성장의 배경에는 메모리반도체, 디스플레이와 같은 장치 산업에서의 선제적 설비투자를 통해 생산공정 및 설비투자에 대한 노하우를 보유하게 된 것이 가장 큰 요인
- 제조업 수출중심의 성장구조로 성장한 한국 경제는 더 이상 추격 대상을 찾을 수 없고, 새로운 성장동력을 지속적으로 창출할 수 있는 패러다임 변화 필요(노무라종합연구소, 2017)

☐ 기존의 tech-push 또는 market-pull 기술혁신 모델은 복잡하고 다원화된 최종수요를 제대로 반영하지 못함

- 선형 모델인 market-pull 프레임은 중간 수요인 기업의 예측에 기반하고 있기 때문에 진정한 최종 수요인 ‘국민’의 니즈를 제대로 반영하지 못하는 경우가 있음
- 최근 코로나19로 촉발된 감염병에 대한 우려, 언택트(비대면) 및 디지털 트랜스포메이션 등 새로운 형태의 다양한 최종수요가 부각될 것으로 예상되는 바, 복잡한 미래수요에 선제적으로 대응할 수 있는 시스템적 접근이 필요

☐ 신산업 창출과 산업의 경쟁력 강화를 위해 신성장 공식 필요

- 주력산업이 ‘레드오션’화된 기존시장을 벗어나 글로벌시장을 창출할 수 있는 고부가가치 미래선도기술 확보가 필요
 - 국내경제의 신성장공식으로서 핵심미래선도기술의 확보, 규제완화, 성장동력 발전여건 조성 등이 필요 (대한민국 미래리포트, 한국 경제신문, 2015)
- 어려운 과정을 거쳐 원천기술을 확보하고, 그 기술을 적용한 새로운 혁신제품은 시장 지배력의 강화를 뛰어넘어 특정 산업의 생태계도 바꿀 수 있는 파급력 보유
 - 애플은 iOS(iPhone OS)의 독자적 모바일 운영 체계를 기반으로 모바일기기 시장을 장악하고 관련 분야로 확대, 운영체계 기술만으로 글로벌 시장의 영업이익 80%를 독차지하는 반면 판매량 1위 삼성 스마트폰 국산화율은 49.4% 수준
 - ※ 애플의 스마트폰 세계시장 점유율(IC insights, company reports, 2016)): 애플 15.0%, 삼성 21.3%(생산대수 기준)
 - ※ 스마트폰 판매 이익(스트래티지 애널리틱스(SA), 2016): 애플 449억 달러(2.3억 대), 삼성 83억 달러(3.2억 대)

3. 혁신 생태계 조성의 필요성

- '21년 정부 R&D예산은 27.4조원으로, 이번 정부 내 민간과 정부재원을 합한 국가 총 R&D 투자규모*는 100조원을 넘어설 것으로 전망

* 국가R&D(조원) : ('90) 3.2 → ('00) 13.8 → ('10) 43.9 → ('15) 66.0 → ('19) 89.0

- 국가 혁신역량을 가늠하는 민간 R&D 투자는 그간 급속히 확대*되어 경제·고용 성과 창출 및 국가 기술혁신의 주축**으로 자리매김

* 국가 R&D 중 민간재원 비중 : ('63) 3% → ('81) 58.5% → ('00) 72.4% → ('19) 78.6%

**기업부설연구소 : 3,000여 개('97년) → 3만 9,000여 개('20년)로 약 13배 증가

- 민간 자체적으로 불확실성이 높은 미래 유망분야의 원천기술 확보를 위한 장기적인 투자와 역량 확보 어려운 현실

- 국내 중견·중소기업의 경우 대기업 대비 R&D 인력 및 인프라가 부족

※ 박사급 인력의 78%(125천명)가 대학·연구소에 재직

- 기업 R&D 투자는 단기 매출에 집중되어, 원천기술 확보를 위한 장기 투자와 역량 확보는 어려운 현실

※ 산업분야 원천기술의 개발기간 : DRAM 11년, CDMA 7년, HDTV 10년 등 장시간 소요

- 민간(개별 기업)이 독자적으로 수행하기 어려운, 즉 불확실성 및 위험 부담이 큰 선도기술에 대한 중장기·대규모 R&D투자 약화

- 국내 중견·중소기업의 경우 대기업 대비 R&D 인력 및 인프라가 부족하며, 단기 매출에 집중되어 원천기술 확보를 위한 장기 투자와 역량 확보는 어려운 현실

※ 산업분야 원천기술의 개발기간 : DRAM 11년, CDMA 7년, HDTV 10년 등 장시간 소요

- 기술혁신의 짧아진 주기와 급격한 산업환경 변화로 다양한 연구개발 주체들 간의 협력 R&D 사업의 필요성이 높아지고 있음

- 상당수의 민·관 협의체가 주요 사업과의 연계를 통해 한시적으로 운영되어 왔으나, 지속적이고 체계적으로 운영되지 못함

- 정부주도의 '위원회 중심 기획'으로 인해 민간이 명확한 목표를 갖고 R&D 기획과정에 주도적으로 참여하기 어려운 구조

- 이에 따라, 정부의 지속적인 R&D 투자확대에도 불구하고 민간의 혁신활동 촉진을 통해 기업의 R&D 활력으로 이어지지 못함

- 주요국은 정부와 민간이 협력적 네트워크를 구축하여 혁신성장 및 공동의 목표를 달성하는 민관파트너십(PPP; Public-Private Partnership)을 활성화하고 있음
 - (영국: Sector Deal, 업종협약) 英 정부가 산업경쟁력 강화를 위해 '17년 제시하였으며, 각 업종별 대표기업들과 정부가 국가R&D 투자전략·방향을 논의하고 협약 추진
 - * (분야) 생명공학 Sector Deal('17년), AI·자동차 Sector Deal('18년), 해상풍력 Sector Deal('19년)
 - (EU Technology Platform, 기술플랫폼) 기업중심 산학연합의체로, EU가 지향할 전략 연구아젠다(SRA)를 정기적으로 수립·제안하고 있으며 EU Horizon 2020에 '14-'20년 800억 유로(약 103조) 투입
 - * (분야) 바이오, 에너지, ICT 등 6개 부문 38개 ETP와 3개의 부문횡단 ETP 시행 중

□ 글로벌 시장에서의 주력산업 및 신산업 분야 경쟁력 확보를 위해서 민간의 혁신기술 개발에 대한 지원체계 구축이 필요

- 국내 산업계 대부분의 제조기업은 전문 R&D 인력부족, R&D 투자 기피, 자전주의* 등에 의해 핵심기술 확보가 어려운 환경
 - * 자전주의(自前主義) : 개발부터 생산까지 기업 내에서 자체 해결하는 방식
- GDP 대비 R&D 투입 규모 1위 국가의 위상에 맞게 원천연구 성과가 죽음의 계곡을 건너 실용화로 연계될 수 있는 체계와 모델 운영 급선무

□ 기존의 산발적이고 단기적인 기술개발 방식에서 벗어나 'AICBM(AI+IoT+Big Data+Mobile)' 시대에 효과적으로 대응할 수 있는 안정적인 기술공급 생태계 구축 필요

- 선진국과의 경쟁 초기단계의 기술을 개발하고 산업계에 공급할 수 있는 이어달리기식 R&D 방식을 도입해 R&D의 지속성, 연속성 확보
- 신흥개도국의 추격대응, 제조업 수출 중심의 양적 확장 구조를 뛰어넘는 고부가가치 중심 산업을 육성하기 위해, 대학·연구소·기업의 기술활용 역량과 체계를 연결하는 기술 공급체계 구축 필요

□ 정부 주도의 단기적 협의체 구성이 아닌, 정부와 민간이 협업 방향 등을 구체화할 수 있는 수요기반형 R&D 민·관 협업 체계 구축 필요

제3절 국고지원 타당성

☐ 국정과제의 성실히행을 위한 정책적 수단

- (정책 실효성) 전문가들은 신산업 육성과 주력산업 경쟁력 제고를 위해 가장 핵심적인 필요조건으로 ‘원천기술 확보’ 제시(한국경제신문, 2015.10.)
 - 원천기술은 세계적으로 경쟁력 있는 혁신제품을 생산해 내는 근간 기술이 되고, 이 혁신제품들은 곧 주력산업을 고도화하고 신산업을 창출하는 매개체 역할 수행
 - 5대 국정목표 중의 하나인 ‘더불어 잘사는 경제’를 위해 20대 국정전략으로 ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명’의 슬로건 하에 ‘고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴 및 육성’과 ‘주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복’을 국정과제로 추진

☐ 추격형 기술개발 체계에서 벗어나기 위한 R&D 사업추진 필요

- 글로벌 산업 대변혁에 적극적으로 대응하고 기존의 추격형 기술개발 체계에서 벗어나기 위해서는 새로운 방식의 R&D 추진 필요
 - 한정된 정부 R&D 재원의 효율성을 높이기 위해 기술변화의 추이, 민간의 기술역량 수준, 시장 및 산업의 성숙도 등을 고려한 정부와 민간의 역할 조정과 R&D투자 방향의 재편 필요
 - 저예산, 단기 성과형 R&D, 과다 경쟁 체제를 통한 추격형 기술개발은 국가 R&D 양적 성장에도 불구하고 기술 질적 수준 저조
 - 미래 신산업 창출과 국가 경쟁력 확보를 위해서는 개별 산업의 경계를 넘어 부가가치를 창출할 수 있는 산업적 파급효과가 큰 핵심·원천 기술개발 재원의 효율화 측면에서 선택과 집중이 필요
 - 대학, 연구소의 풍부한 인적 자원과 인프라를 민간투자와 결합시켜 민간의 기술개발 역량을 제고하고, 장기적으로 원천·핵심 기술개발 선순환 체계를 구축하도록 R&D 생태계 선진화 필요

☐ 전통 주력산업 침체 극복과 신산업 창출을 위한 추진전략 확보

- (과거 성장전략) 글로벌 선도기업(First-mover)이 혁신제품을 내놓으면 후발주자(Fast-follower)로 시장에 참여, 빠르고 효과적인 R&D 및 설비투자로 공정혁신을 통해 수익을 창출하는 전략 추진
 - 지난 50년간 기계, 자동차, ICT등 다양한 제조업 분야에서의 성장을 실현하면서 ICT 제품 중심으로 세계시장 점유율 1위 기업 창출
 - 그러나 오늘날 사업환경 글로벌화와 기술혁신의 가속화로, 시장트렌드 교체와 기술수명 주기가 단축됨으로써 공정혁신 단계가 축소되어 First-mover와 Fast-follower의 공

생이 어려워짐

- (주력산업 경쟁력 약화) 단적으로 한국과 중국의 주력산업 세계시장 점유율만 보더라도, 중국에 추월 당해 10년 전과 지금은 대역전 현상이 발생하였으며, 그 원인으로 원천기술 주목
 - 자동차, 조선해양, 철강 등의 주력산업에서 성장성 한계 표출, 스마트폰, 메모리 반도체 등 IT 분야 일부 산업을 제외한 전분야에서 주력산업 성장의 정체 및 경쟁력 약화 현상 대두
- (신산업 창출미흡) 글로벌 산업 트렌드에 맞는 혁신 제품 개발을 통한 신산업 창출과 시장선점 경쟁에서 우리의 수준은 미흡
 - 우리나라의 4차 산업혁명 준비 정도는 평가대상 45개국 중 25위로 중하위권 수준으로 신산업 경쟁력 약화 우려
- (원천·핵심기술 확보 시급) 주력산업 경쟁력 약화, 신산업 창출 및 준비 미흡의 문제를 극복할 방안으로 글로벌 시장선점을 위한 원천·핵심기술 확보가 시급하게 선행되어야 함
 - ※ 삼성디스플레이는 스마트폰 OLED 패널 시장점유율 98.5% 독식(조선일보, 2017.11.30.)

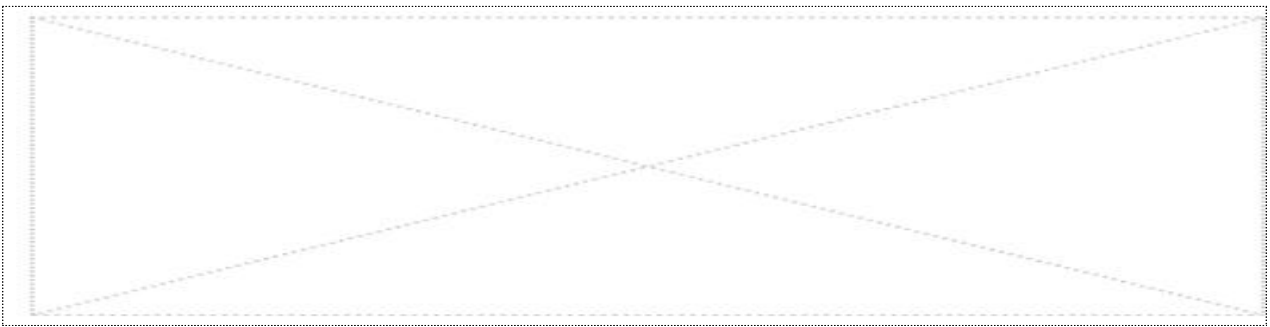
□ R&D 투자 비율 1위 수준에 적합한 생산성 향상 방안 필요

- (연구생산성 제고 필요) 세계 GDP 대비 R&D 연구비 투자 1위 국가의 위상에 걸맞는 R&D 생산성 향상 방안 마련 필요
 - 우리나라 R&D 투자 비용('15)은 GDP 기준 세계 1위(4.23%)를 기록하고 있으나 기술혁신 및 제도 개선을 통한 생산성 증가율*은 과거보다 급속히 떨어지고 있는 현상 발생
 - ※ 산업연구원 분석에 의하면, 총생산성에서 노동·자본 투입 증가분을 뺀 경제성장 요인 기여도를 종합한 총요소생산성(TFP: Total Factor of Productivity)은 2011~2015년 0.97로 크게 감소(1981~1990), 4.06 → (1996~2000) 2.52 → (2006~2010) 2.58 → (2011~2015) 0.97
 - R&D 투자대비 기술료 창출 규모를 기준으로 볼 때, 우리나라 연구생산성은 매년 감소하는 추세
 - ※ 정부출연연구기관의 연구생산성은 3%(2015 기준)로 미국 산업연구 중심기관 10.0%, 독일 프라운호퍼 7.7%와 큰 차이가 존재
 - ※ 연구생산성의 차이는 기초연구 성과를 사업화로 연계하는 죽음의 계곡을 극복할 수 있는 R&D 부족에 기인
 - 미국 등 선진국들이 당면한 혁신의 역설(Innovation Paradox)*에서 벗어나기 위해서는 기술혁신의 속도를 높이고, R&D 성과를 산업경제 성장으로 연계시켜 나갈 전략 필요
 - * R&D 투자 등 혁신활동은 늘려가지만, 과학의 발전과 경제의 성장은 저성장에 벗어나지 못함
- (부처 협력 R&D 추진) 원천·핵심기술 개발 및 산업계 활용·확산을 통해 R&D사업의 연구생산성을 제고하기 위해 과기정통부와 산업부의 유형별 과제추진 및 성과연계 이어달리기 지원 추진 필요

제4절 기획 체계 및 경과

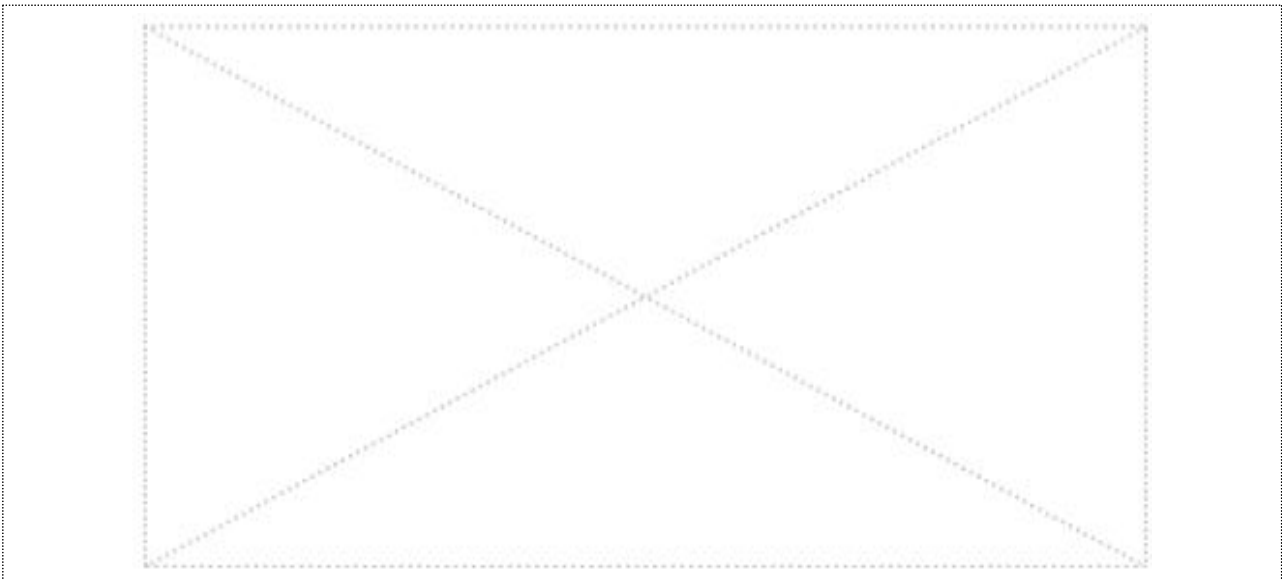
1. 기획 추진 체계

- 과기정통부에서 추진중인 R&D 지원사업을 통합 조정하고 연계지원을 통한 시너지 효과 확보를 위한 기획 추진체계 구축
 - 사업컨셉디자인 후 그에 맞는 후보 기술 selection : top down
 - 후보기술 grouping을 통한 사업컨셉 emerging : bottom up
 - 사업컨셉디자인 시 기존 사업 흡수, 상위계획 alignment 등 정책적 타당성 고려



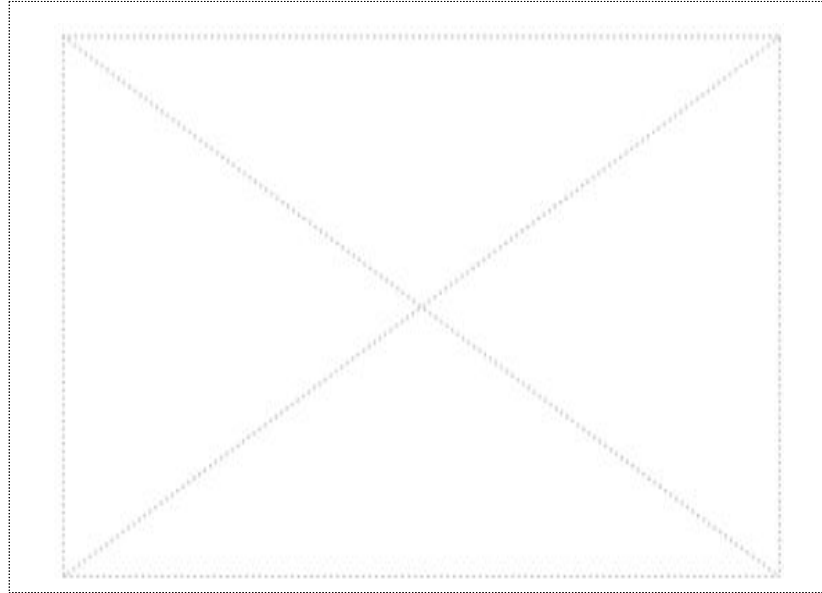
[그림 1-2] 기획 추진 체계

- 사업 추진 과정에서 국민참여를 극대화하기 위한 민관파트너쉽(PPPP) 추진



[그림 1-3] 기존 market pull을 대신할 수 있는 새로운 국민수요 프레임워크 예시

- 주요 이공계 학회(기초연구연합, 학문분야별 학회 등), 기업·협회 및 단체(산기협, 산업업종별 협회), NGO(과총, 과실연 등) 및 연구재단 PM 등을 활용 후보 기술 압축



[그림 1-4] 다양한 전문가 집단활용 검증체계

□ 총괄지원기관 (한국연구재단) 역할

- 사업추진방향 수립 및 관련 정책 협의 조정
- 기획위원회에서 작성한 사업기획내용에 대한 검토 및 자문
- 기존사업 및 국가연구개발사업 성과 분석 및 자문

□ 기획기관 (WG: Working Group) 역할

- 총괄팀
 - (구성) 연구책임자, 총괄간사, 기술분야별 총괄팀장 및 분석지원 팀장
 - (역할) 추진전략 수립, 추진체계 기획 및 사업운영방안 등 상세기획 추진
- 기술분과
 - (구성) 각 기술분야 전문가
 - (역할) 수요조사 및 분야별 주요 연구주제 도출과 기술적 사안에 대한 자문수행
- 분석 분과
 - (구성) 글로벌혁신경제학회 분석팀
 - (역할) 국내외 연구개발과 투자동향 조사, 논문/특허분석 자문 및 비용효과 분석 자문

2. 기획 추진 경과

☐ 기획 준비 위원회 구성 및 운영

- (기간) 2020.05.06. ~ 20.07.01.
- (구성) 한국연구재단 및 과학기술정보통신부
- (내용) 전문가 집단을 기반으로 한 기획 준비 위원회 구성 및 사전회의 수행

☐ 사회적 거대난제(Grand Challenges) 발굴을 위한 국민 공론조사(시민참여 워크숍) 실시

- (기간) 2020.09.07. ~ 2020.09.19.
- (내용) 시민이 생각하는, 해결이 시급한 사회적 난제를 파악하기 위해 시민참여형·합의회의형 조사를 실시
 - 에너지·환경, 인공지능, 고령화사회·인구, 모빌리티, 보건·안전 5개 분야

☐ 총괄 기획 위원회 구성

- (기간) 2020.10.01. ~ 2020.11.30.
- (내용) 주요 학회의 추천을 통해 전문가로 구성된 총괄기획위원회 구성

☐ 국민 공론조사 기반 전문가 수요조사 실시

- (기간) 2020.11.11. ~ 2020.12.10.
- (내용) 유관 학회 등 산학연 전문가 집단을 대상으로 수요조사 실시
- (결과) 총 제안기술 52건에 대한 수요기술들을 기반으로 지원 예시 연구주제 도출

☐ 기획 위원회 운영 (준비위원회 활동 포함)

- (기간) 2018.12.01. ~ 현재
 - 총괄회의 3회 개최
- (내용) 기술분과별 작업 및 총괄팀 회의를 통해 기획 보고서 작성

☐ 타당성 조사

- (기간) '21.02.01 ~ '21.06.01.
- (과학기술적 타당성) 수요조사서를 통해 도출된 예시 연구주제들에 대해 타당성 조사 수행
- (정책적 타당성) 사업의 차별성 및 연계 및 위험요인에 대한 분석 수행
- (경제적 타당성) 예시 연구주제에 대한 가치창출의 편익을 분석

<표 1-6> 주요 추진 경과

일자	장소						주요 내용
		부처	전문기관	연구진	자문위원	합계	
20. 05.06	토즈 압구정 센터			(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 이호규 박사 최호철 연구원 원영훈 연구원		5	<ul style="list-style-type: none"> 소재부품장비, 코로나19 등 사회적 난제 해결에 미흡했던 R&D 분야에 대한 투자 필요성 제시 수요조사 스펙트럼의 다양화를 통한 차별화 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> 기업수요에만 국한되었던 기존 조사방식과 달리, 일반국민 및 관련 전문가들의 수요를 다양하게 조사하는 방안을 추진전략으로 제시 사업운영 방식에 대해 ①독립된 외부연구단 운영, ②재단 내 특수팀/본부 설치, ③특수목적법인 등 R&D PPP 운영에 관한 프로세스 등이 제안됨
20. 06.25	사당역 라포르스 페이스			(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 최영보 교수 최호철 연구원 박진환 연구원 원영훈 연구원 (기술과가치) 정정수 센터장 김지훈 선임연구원		8	<ul style="list-style-type: none"> 사업구성방식으로 국민제안을 바탕으로 하는 상향식(Bottom-up), 전문가 주도로 분야를 설정하는 미들업(Middle-up) 등 제안 사업추진방식으로 민관파트너십(PPPP) 제안 기초연구연합 등 주요학회 대상 수요조사를 통한 사업 구성 및 차별화 방안 보완 과학기술기본계획 등 과학기술에 대한 국가적 수요의 역사적 변천 과정 정리 필요
20. 07.01	양재 엘타워	(과기정통부) 황판식 과장 박수진 사무관	(한국연구재단) 안화용 실장 이재섭 연구원	(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 박상욱 교수 최영보 교수		14	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 프런티어사업의 성과 및 한계에 대한 상세 분석 필요 사업 기획안에 대한 광범위한 수요조사 필요 기존 일몰형 사업의 한계 분석을 토대로 계속형 R&D 사

일자	장소						주요 내용
		부처	전문기관	연구진	자문위원	합계	
				이호규 박사 원영훈 연구원 (기술과가치) 정정수 센터장 김지훈 선임연구원			<p>업의 필요성 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> • 사업컨셉이 유사한 ‘혁신도전 프로젝트’와의 차별화 및 연계 방안 제시 필요 • 계속형 R&D사업을 전제로 사업구성의 이원화 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> – (1) 단기적으로는, 국민제안기술을 바탕으로 5년 이내에 확실한 성과를 제시할 수 있는 아이템에 대해 기술 비지정 사업으로 진행 – (2) 장기적인 육성이 필요하다고 판단되는 기술을 미들업으로 발굴한 후 ‘Big Push’를 통해 지속적인 지원
20. 07.29	방배역 (주)기술과 가치 본사 2층			<p>(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 박상욱 교수 이호규 박사 최호철 연구원 김건희 연구원 김경희 연구원 손현우 연구원 원영훈 연구원 조예령 연구원</p> <p>(기술과가치) 정정수 센터장 김지훈 선임연구원 송민섭 연구원</p>		13	<ul style="list-style-type: none"> • 난제도출 및 수요조사 방안에 대한 논의 <ul style="list-style-type: none"> – (난제 도출) 일반 시민들을 대상으로 국내외 사례를 설명하고 토론을 유도하여, 사회적 난제를 도출하는 프로세스 논의 – 과기부, KISTEP, 과총, 과실연, 과학기술학회 등과의 협의를 통해 60~100여명 규모로 참가자 모집 예정 – (수요조사) 도출된 난제를 바탕으로, 연구자들을 대상으로 수요조사를 진행하여 난제 해결을 위한 구체적인 과제를 도출 • 국내외 시민참여 기반의 난제 도출 사례 분석을 통한 벤치마킹 필요 • 자문위원 구성 및 활용에 관한 논의 <ul style="list-style-type: none"> – 현재 300여명의 전문가 풀이 준비가 되었으나, 개별 전문가들의 특성 및 경험에 대한 정보가 미흡하여 수요조사를 위한 풀로 활용하는 것이 적절할 수 있음
20. 08.19	서울역 프리미엄 라운지	(과기정통부) 박수진 사무관	(한국연구재단) 이재섭 연구원 이한진 연구원 이석용 연구원	<p>(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 박상욱 교수 이호규 박사</p>		9	<ul style="list-style-type: none"> • 국민참여형 난제도출 프로세스를 통한 절차적 측면의 차별화 강조 <ul style="list-style-type: none"> – 비대면 방식으로 강의 수강 후, 분임토의를 통해 국민들이 합의된 난제를 도출하는 프로세스 제시 – ‘과학난제 도전 융합연구사업’의 확장된 사업으로서, 과학난

일자	장소						주요 내용
		부처	전문기관	연구진	자문위원	합계	
				원영훈 연구원			<p>제가 아닌 사회적 난제를 도출하기 위한 국민 수요조사 수행의 필요성 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 콘텐츠의 중복성에 대한 우려가 제기되나, 이후 연구분야를 가이드하면서 전략적으로 과제들을 조정할 예정 • 기존에 산발적으로 진행되던 소규모 사업들의 통합(안) 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 소규모로 난립하던 사업들과 공론조사 등을 통해 새롭게 제시되는 사업들의 통합 운영을 통한 MIRACLE 사업의 차별화 포인트 제시 - 연구자 대상 수요조사를 통해 대략적인 연구금액을 상향식으로 취합하고, 이후 연구재단과 하향식으로 예산을 검토 - 기존 사업들에 대한 통합 및 사업의 지속화에 대한 논의는 기획보고서의 문제 제기에서부터 제시 필요 • 사업추진체계의 기본방향에 대한 논의 <ul style="list-style-type: none"> - 선정단계에서는 과제 간의 경쟁을 통해 강도 높게 관리하되, 과제선정 이후에는 연구수행의 자율성을 보장하는 사업추진 기본방향 논의
20. 09.19	온라인 (zoom)	(과기정통부) 박수진 사무관		연구진 전원	61명 참여	-	<ul style="list-style-type: none"> • 시민참여 워크숍 공지 및 참가 신청 접수(09.07~09.11) • 과학기술로 해결할 사회적 거대난제(Grand Challenges) 발굴을 위한 시민참여 워크숍 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 시민이 생각하는, 해결이 시급한 사회적 난제를 파악하기 위해 시민참여형·합의회의형 조사를 실시(09.19) <ul style="list-style-type: none"> : 전문가 강의 수강 후 분임토의를 통한 합의를 바탕으로 난제 도출 - 과기정통부, KISTEP 협조 하에 기술예측센터 보유 풀, 기술영향평가 시민포럼 참여경험자, 각 분야의 전문가, 산업계 종사자, 과학기술학 전공 대학원생 등 다양한 사회 주체들 포함 • 에너지·환경, 인공지능, 고령화사회·인구, 모빌리티, 보건·안전 등 5개 분야별 분임 구성, 총 43개 난제 도출

일자	장소						주요 내용
		부처	전문기관	연구진	자문위원	합계	
20. 12.01	과총 2층 다산실, 온라인 (zoom)	(과기정통부) 박수진 사무관	(한국연구재단) 이재섭 연구원	(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 박상욱 교수 이호규 박사 최호철 연구원 (기술과가치) 김지훈 선임연구원	김정석, 김영억, 최은영, 최영진, 류성호, 이성주, 박진호, 김우재, 차두원, 신운호, 최낙원, 김진영, 심원준	21	<p><제1차 기획총괄자문회의></p> <ul style="list-style-type: none"> 기획사업 소개 및 기획총괄 자문회의의 역할 안내 <ul style="list-style-type: none"> 사업 개념, 기본철학, 운영방향 설정 주요 미래기술 또는 대난제 과제 설정에 관한 논의 사업 추진 타당성조사 관련 자문 ‘난제-미션-프로젝트(과제)’ 맵핑 초안에 대한 자문위원들의 검토의견을 취합 요청
20. 12.14	온라인 (zoom)	(과기정통부) 박수진 사무관		(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 박상욱 교수 이호규 박사 최호철 연구원 원영훈 연구원 (기술과가치) 김지훈 선임연구원	김정석, 김영억, 최은영, 최영진, 류성호, 이성주, 박진호, 김우재, 차두원, 최낙원, 김진영	19	<p><제2차 기획총괄자문회의></p> <ul style="list-style-type: none"> 기준에 추진된 과제들과의 중복성에 대한 의견 제기 <ul style="list-style-type: none"> 난제에 기반하여 기획된 과제들이라도 중복성 이슈는 피할 수 없으며, 결과물 또는 기간의 측면에서 기존 과제들과의 차별화가 요구됨 난제 또는 미션 설정의 적절성에 대한 의견 <ul style="list-style-type: none"> 연구자 입장에서 미션의 내용이 추상적인 측면이 있으므로, 미션과 프로젝트 사이 중간영역의 목표와 같은 것을 설정하자는 의견 제시 미션 또한 조금 더 과학기술의 측면에서 혁신이 필요한 영역으로 한정하는 것이 적절할 것으로 보임 다만, 연구개발에만 초점을 맞춰야 할지, 연구개발을 통해서도 해결되지 않는 문제도 포함해야 하는지에 대해서는 논의 필요 비전과 부합하지 않는 프로젝트에 대한 검토 요구

일자	장소						주요 내용
		부처	전문기관	연구진	자문위원	합계	
20. 12.28	온라인 (zoom)	(과기정통부) 박수진 사무관	(한국연구재단) 최태섭 실장 이재섭 연구원	(글로벌) 안준모 교수 윤지웅 교수 박상욱 교수 최영보 교수 이호규 박사 최호철 연구원 원영훈 연구원 (기술과가치) 김지훈 선임연구원	김정석, 김영억, 최은영, 최영진, 류성호, 이성주, 박진호, 김우재, 차두원, 신원호, 최낙원	22	<p><제3차 기획총괄자문회의></p> <ul style="list-style-type: none"> • 난제 및 프로젝트 네이밍에 대한 의견 <ul style="list-style-type: none"> - 범위가 너무 넓거나, 너무 좁아서 난제라는 느낌이 들지 않으며, 일반사람들이 알 수 있는 용어를 통해 재구성할 필요가 있음 - 난제에서 나온 용어들이 프로젝트 명칭을 정할 때 녹아들어 가는 것이 필요하다는 의견 제시 - 프로젝트 명칭을 통해서 직관적으로 그 필요성을 알 수 있도록 네이밍이 될 필요가 있음 • 관련 프로젝트 간의 통합 요구 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 분류를 보았을 때, 하드웨어와 소프트웨어 연구가 분리된 것으로 보이며, 일부 프로젝트의 경우 이 둘을 합치는 것이 필요함 • 난제-미션-프로젝트 전체 구성의 적절성에 대한 의견 <ul style="list-style-type: none"> - 기술적인 측면에서의 난제와 시스템 측면에서 필요한 난제가 섞여 있음 - 5년 내 해결 어려운 기술 다수 존재하는 것으로 보이며, 과제별로 기간을 차별화할 필요가 있을 것으로 보임

제2장 주요 현황 분석

제1절 국내외 환경분석

1. 미래 과학기술 트렌드 분석

가. 국내·외 선행 미래예측 문헌 분석

(1) 지능연결사회 대비 과학기술자가 바라본 미래기술

☐ 분석 개요

- **(목적)** 4차 산업혁명, 新 기후체제, 100세 시대 도래에 따른 2030년 미래사회를 현재 과학 기술, 정책, 사회구조를 기반으로 예측하고 국가, 사회, 개인적 차원의 이슈 분석
- **(프로세스)** 미래 과학 기술 포럼의 기술분과 내 전문가 그룹의 과학·기술적 관점을 중심으로 미래 이슈를 도출하고 핵심 시대상(트렌드) 선정

☐ 메가트렌드 분석 결과

- **(핵심 시대상)** 새로운 표준이 기준이 되는 뉴 노멀(New-normal)시대의 도래
 - 2030년을 목표 시점으로 4차 산업혁명, 신기후체제 및 100세 시대를 세 가지 큰 키워드로 선정하여 미래사회 변화상을 각 산업계, 정부·공공부문 및 사회·사람의 변화 이슈와 과학기술 발달 수준을 기반으로 분석



[그림 2-1] 2030 뉴 노멀 시대와 주요 키워드 기반 융합 기술군 선정

<표 2-1> 지능연결사회 대비 과학기술자가 바라본 미래기술 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	세부트렌드	개요	분류
1	4차 산업혁명	정보보안	4차 산업혁명 시대 대표 기술의 적용으로 지능정보사회에서 일어날 수 있는 불안감을 해소하기 위한 체계	기술 (T)
2		기반 소재·부품	4차 산업혁명의 주요 분야인 가상현실, 인공지능(AI), 사물인터넷 (IoT), 3D프린트 등의 핵심소재 개발	기술 (T)
3		기반 에너지	사물인터넷(IoT) 기반의 다양한 환경을 감시하고 제어할 수 있는 수많은 센서가 사회기반시설에 적용되고, 효율적인 에너지 분산 관리 시스템 필요	환경 (E)
4		기반 네트워크	스마트 무인기, 스마트 국방, 스마트 그리드, 스마트 팩토리, 스마트 메디컬 등 고신뢰성이 요구되는 도메인에 사용하는 기술로, 최적의 성능을 가지는 네트워크 시스템	기술 (T)
5	신 기후체제	기후재난	기후 변화로 인해 발생 가능한 태풍, 해일, 집중호우, 고온, 가뭄 및 생태계의 퇴화, 수자원과 식량의 유용성 감소, 생태계의 변화와 같은 자연적 위험에 대응하기 위한 기후변화적응	환경 (E)
6		자원안보	생활에 더욱 직접 관계된 물, 식량 등의 자원의 지속적 확보 및 효율적 공급기술	환경 (E)
7		온실가스 감축	파리협정에서 설정한 국가별 온실가스 감축목표 달성을 위한 탄소소저감, 탄소자원화 등의 기술	환경 (E)
8	100세 시대	맞춤형 서비스	100세 시대 도래 및 개인별 생활환경 다양화에 따라 개인의 욕구를 정확히 파악하고 그들의 만족도를 충족해 줄 수 있는 다양한 맞춤형 서비스	사회 (S)
9		개인의료 정보	인구 고령화와 만성질환 유병률의 증가로 인한 의료비 문제와 의료 서비스 접근성 향상을 위한 IT + 의료 기술	사회 (S)
10		건강증진 생활환경	미세먼지 포함 대기오염에 민감한 고령인구 증가 및 대기오염물질 생성 속도 증가로 인한 사망자 증가에 대비한 사회복지 차원의 건강유지 및 환경 개선	사회 (S)

(2) 제5회 과학기술 예측조사 2016~2040

☐ 분석 개요

- (목적) 5년마다 미래사회에서 요구되는 과학기술을 예측 조사하여 과학기술정책·전략 수립에 기초자료로 제공
- (프로세스) 미래사회 트렌드 분석 → 트렌드별 이슈 도출 → 주요 이슈 선정 → 주요 이슈별 사회적 니즈 도출을 통해 미래기술 선정

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 메가트렌드 및 트렌드 분석을 수행하고 이를 기반으로 한국 사회에서 특히 중점적으로 관심을 가져야 하는 미래사회 이슈를 제시
 - 각 이슈가 영향을 미치는 시기를 장·단기로 구분하여 이슈를 도출, 단기적 관점(10년 내)의 이슈 65개, 장기적 관점(11년 후 ~25년 내)의 이슈 35개 등 총 100개 이슈 도출
 - 도출된 이슈 중 한국 사회에서 특히 중점적으로 관심을 가져야 하는 미래사회 이슈를 평가하여 주요 이슈로 선정, 총 40개의 주요 이슈를 도출

- 2040년까지의 중장기적 관점에서 우리 사회가 주목해야 할 세계적인 미래사회 변화 트렌드로 5개 메가트렌드와 40개의 세부트렌드를 STEEP 기반으로 재편성하여 활용
- 5대 메가트렌드 : 휴먼 임파워먼트, 초연결에 의한 혁신, 환경 리스크 심화, 사회 복잡성의 진화, 경제 시스템의 재편

<표 2-2> 제5회 과학기술 예측조사 2016~2040 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	세부트렌드	분류
1	휴먼 임파워먼트	기대수명증가	사회(S)
2		자아 중심 사회	
3		출산율 저하	
4		여성 임파워먼트	
5		인간 능력 확대	기술(T)
6		초고속 이동	
7		인공지능과 자동화	
8		새로운 소재	
9		우주 시대	
10	초연결에 의한 혁신	디지털 네트워크 사회	사회(S)
11		초연결 기술	기술(T)
12		네트워크 중심의 권력이동	정치(P)
13		전자민주주의 가속화	
14	환경 리스크 심화	식량위기 악화	환경(E)
15		에너지 수급 불균형	
16		물 스트레스 심화	
17		자연재난 증가	
18		생태계 파괴 심화	
19	사회복잡성의 진화	국제적 갈등 심화	사회(S)
20		문화적 다양성 확대	
21		경제·사회적 불평등 심화	
22		융합을 통한 창조	기술(T)
23		기술발전에 따른 부작용 증가	
24		사회적 재난 증가	환경(E)
25		건강 위협요인 증가	
26		통일 이슈 증가	정치(P)
27		국제 권력의 유동성 심화	
28		안보 위협요소의 진화	
29	경제시스템의 재편	글로벌 인구 이동	사회(S)
30		도시화 확대	
31		세계 인구 증가	
32		글로벌 경제의 연결성 강화	경제(E)
33		신흥국·개도국의 부상	
34		중국의 국제적 영향력 확대	
35		신경제 시스템의 확산	
36		일자리 구조적 변화	
37		선진국 저성장 위험 지속	
38		그리노믹스의 활성화	
39		제조업 패러다임 변화	
40		시장의 패턴 변화	

(3) 국토교통 비전 2045 수립을 위한 연구

☐ 분석 개요

- **(목적)** 현안 및 미래 이슈를 해결하고 국토교통 본연의 가치를 초월한 국민 모두를 아우르는 사회통합 관점의 장기적인 방향성 확립
- **(프로세스)** 국토교통 관련 전문가뿐만 아니라 미래·인문학 전문가 등을 포괄한 다양한 전문가로 구성된 위원회를 통하여 국토교통 분야의 비전을 수립하고, STEEP 분야별 국토교통 비전 2045에 대한 메가 트렌드를 도출

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- **총 6개 메가 트렌드와 23개의 세부 트렌드를 도출**하였으며, 메가 트렌드에 따른 세부 트렌드(변화 동인)와 그에 따른 국토교통 미래사회 전망 제시
 - 장기적 시계에 따른 과급력이 강한 미래 메가 트렌드에 대한 전망 및 국토교통 차원에서 우선 고려할 메가 트렌드 설정
 - 2045년 대한민국 미래상에 부합하며, 실효성 높은 비전 및 도전과제 도출을 위해 변화상에 따른 바람직한 국토교통 모습 도출
 - 「풍요로운 공간, 행복한 삶, 가치 있는 미래」를 비전으로 창의&혁신, 청정&안전, 통합&공존, 감성&재미의 4개 핵심가치와 이에 대응하는 미래상을 제시
- ※ (창의&혁신) 상상이 실현되는 스마트 국토, (청정&안전) 안전하고 회복력 있는 도시, (통합&공존) 더불어 사는 포용 사회, (감성&재미) 오감 만족 즐거운 생활

(4) OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016

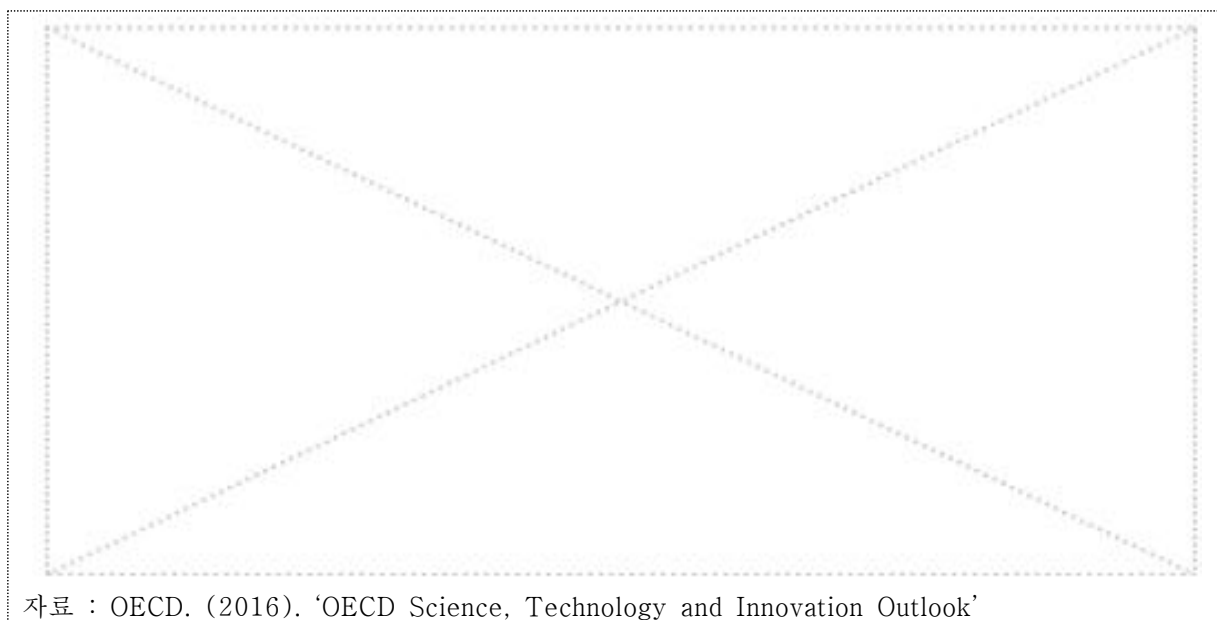
☐ 분석 개요

- **(목적)** 향후 10~15년 간 과학, 기술 및 혁신(STI) 시스템을 포함하여 사회 및 경제에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 주요 글로벌 메가 트렌드를 분석
- **(프로세스)** 세계 경제와 혁신, 미래사회와 STI와의 관계, 현대 국가와 미래 STI 정책에 강력한 영향을 미칠 것으로 예상되는 메가 트렌드를 설정

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 8개 분야를 제시하고 각 분야별 정량적 데이터에 기반하여 메가 트렌드를 제시
 - Demography(인구통계), Natural resources and energy(천연자원 및 에너지), Climate change and environment(기후변화 및 환경), Globalisation(세계화), Role of governments(정부의 역할), Economy(경제), jobs and productivity(고용 및 생산성), Society(사회), Health(건강), inequality and well-being(불평등 및 복지)

- 전 세계적으로 STI 정책 협력의 강화를 통하여 메가 트렌드의 부정적 요소에 대응 필요



[그림 2-2] 8개 분야 메가트렌드

<표 2-3> OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	세부트렌드	분류
1	인구	선진국의 인구 증가	사회(S)
2		고령화 사회	사회(S)
3		국제적 이주	사회(S)
4	건강, 불평등 및 복지	부와 소득 분배 : 글로벌 컨버전스 방향	경제(E)
5		소득과 부의 국지적 차이	경제(E)
6		성장하는 교육 수준	사회(S)
7		전염병	환경(E)
8		비 전염성 및 신경계 질환	환경(E)
9		의학 연구 및 기술 발전	기술(T)
10	사회	가족 및 가구	사회(S)
11		남녀 간 격차 해소	사회(S)
12		더욱 연결된 사회	사회(S)
13		중산층과 소비의 글로벌화	사회(S)
14		도시화	사회(S)
15	천연자원과 에너지	수자원	환경(E)
16		식품	환경(E)
17			

번호	메가트렌드	세부트렌드	분류
18		에너지	환경(E)
		수자원-식품-에너지 연계	환경(E)
19	경제, 일자리 및 생산성	생산성 성장의 미래	사회(S)
20		동쪽과 남쪽으로 움직이는 세계 경제의 중심	사회(S)
21		경제를 파괴하는 디지털 기술	사회(S)
22		디지털 플랫폼의 등장	기술(T)
23		미래의 직업	사회(S)
24		금융의 미래	사회(S)
25	정부의 역할	정부의 변화하는 경제 개발 역할	정치(P)
26		연구 지원에 있어 정부의 역할	정치(P)
27		국가의 재정 위기	정치(P)
28		정부에 대한 신뢰의 위기	정치(P)
29		국제 국가 체제의 불안정성 증가	정치(P)
30		비국가 활동세력의 중요성 증가	정치(P)
31	세계화	무역 및 글로벌 가치 사슬	사회(S)
32		다국적 기업	사회(S)
33		글로벌 디지털 흐름	사회(S)
34		부정 거래의 세계화	사회(S)
35		정치의 세계화	정치(P)
36		고등 교육을 통한 국제 이동성	사회(S)
37	기후변화와 환경	지구온난화	환경(E)
38		기후, 생태계 및 건강에 대한 극적인 결과	환경(E)
39		세계의 생물 다양성이 처한 위협	환경(E)
40		폐기물 재활용 및 순환 경제의 전제	환경(E)

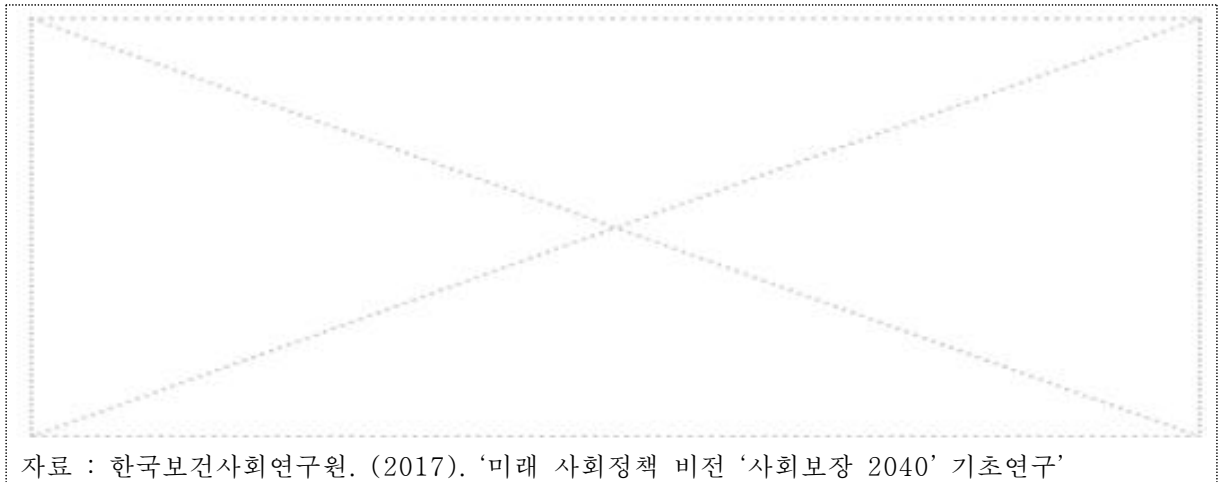
(5) 미래 사회정책 비전 ‘사회보장 2040’ 기초연구

☐ 분석 개요

- **(목적)** 중장기 사회정책이 직면한 도전들에 대한 변화를 감안하여 뉴 패러다임 검토가 필요하며, 이 검토를 통해 보건·복지·인구 정책에 대한 기본방향을 제시
- **(프로세스)** 사회정책이 직면한 8가지 도전들에 대한 국·내외 보고서를 참고하여 검토 후 분석을 통해 도출된 내용을 바탕으로 미래 방향 제시

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 사회정책의 뉴 패러다임으로 포용적 성장(복지)로 나아가기 위한 방향을 제시
 - 저출산, 고령화, New Nomal(뉴 노멀), 분절적 노동시장, 4차 산업혁명, 빈곤·불평등·양극화·사회갈등 심화 등



자료 : 한국보건사회연구원. (2017). '미래 사회정책 비전 '사회보장 2040' 기초연구'

[그림 2-3] 그림 서식과 내용의 예시

(6) 미래산업을 둘러싼 메가 트렌드와 우리 산업에의 시사점

☐ 분석 개요

- **(목적)** 사회·기술·환경·경제변화 등 다양한 관점에서 미래 한국산업에 영향을 미치는 주요 메가 트렌드를 조망하고, 이에 능동적·선제적으로 대응하여 미래산업 경쟁력을 강화하기 위한 정책적 시사점 도출
- **(프로세스)** 글로벌 메가 트렌드 분석을 1차 문헌 조사와 2차 전문가 설문조사 중심으로 진행하여 국내에 영향력이 높을 것으로 여겨지는 30개 트렌드 선정

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 영향력이 높을 것으로 여겨지는 트렌드 핵심 10개를 도출하여 한국산업 전반, 제조업, 서비스 산업, 정보통신산업, 에너지 산업, 중소기업에 대한 연관성을 검토 후 대응 방안 수립에 활용
 - 글로벌 경제성장의 침체(경제5), 전 세계 중산층 인구증가(사회3), 언제 어디서나 정보 수집·분석·활용 가능한 디지털 사회 도래(기술1), 기술변화와 기술 확산 속도는 더욱 증가(기술6), 고령화 및 평균연령 증가로 인한 인구구조 변화(사회1) 등
- 분석 결과와 국내현황을 고려하여 미래 대응 방안이 요구되는 산업영역과 메가 트렌드 추출

<표 2-4> 미래산업을 둘러싼 메가 트렌드와 우리 산업에의 시사점 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	세부트렌드	분류
1	인구구조 및 사회문화적 성향 변화	고령화 및 평균연령 증가로 인한 인구구조 변화	사회(S)
2		개도국 인구 급증, 반면 선진국 인구증가 정체	사회(S)
3		전 세계 중산층 인구 증가	사회(S)
4		여성의 소득 및 지위 향상	사회(S)
5		전통적인 가족 개념의 변화(1인 가구 증가 등)	사회(S)
6		개인주의 성향 더욱 확대	사회(S)
7		일보다 삶의 질을 중시하는 라이프스타일 확산	사회(S)
8	신기술, 신산업의 사회적 영향력은 더욱 확대	언제 어디서나 정보 수집, 분석, 활용 가능한 디지털 사회 도래	기술(T)
9		컴퓨터(또는 인공지능)의 업무 대체로 인한 일자리 변화	기술(T)
10		건강관리 수요를 충족하는 실시간 건강관리 서비스의 확산	기술(T)
11		증강현실 및 가상현실의 일상화	기술(T)
12		맞춤형 생산시스템 확산 및 개인 제조업자 증가	기술(T)
13		기술변화와 기술 확산 속도는 더욱 증가	기술(T)
14		기술발달의 부정적 효과로 인한 자연주의 성향 확산	기술(T)
15		사이버 범죄 등 초국가적 테러 증가	기술(T)
16	기후변화 및 자원고갈 문제의 현실화	지구온난화 또는 기후변화로 인한 부정적 현상 증가	환경(E)
17		에너지, 물 등 핵심자원 수요의 일부 국가 및 지역 집중화 더욱 증가	환경(E)
18		전 세계적인 식량, 물 부족 현상 발생	환경(E)
19		석유, 가스 등 주요자원 고갈 압박 더욱 상승	환경(E)
20	글로벌 경제성장 침체 속에 경제양극화 더욱 확대	신흥개도국 경제규모의 증가 가속	경제(E)
21		중국이 세계 최고의 경제대국으로 부상	경제(E)
22		제품뿐만 아니라 서비스, 투자, 인력 등 다방면의 국가 간 교류 확대	경제(E)
23		경제 양극화 및 불평등 구조 더욱 확대	경제(E)
24		글로벌 경제성장의 침체	경제(E)
25		지식기반자본 중심의 경제성장	경제(E)
26	글로벌 권력의 이동 및 파편화	미국의 지배력 약화, 글로벌 권력은 다극체제로 이동	정치(P)
27		국가 간 상호의존 확대로 인한 갈등 증가, 이로 인한 국제규제 증가	정치(P)
28		국가 경계가 사라진 국가경제통합 현상(EU 등) 확대	정치(P)
29		민족, 종교 등으로 인한 국가 간 갈등심화(서구와 이슬람권 대결 등)	정치(P)
30		공공부문 부채 증가로 인한 공공서비스 제약 발생	정치(P)

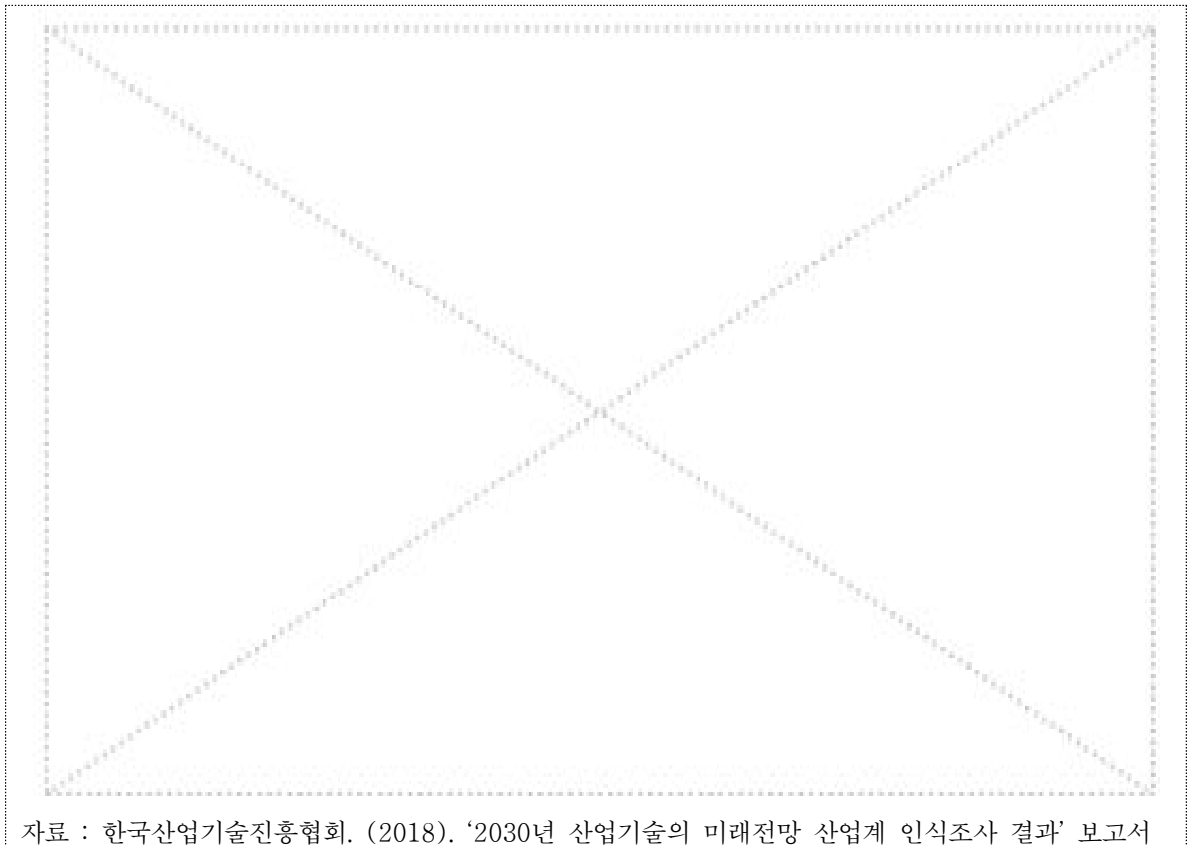
(7) 2030 산업기술의 미래전망 : 산업계 인식조사 결과

☐ 분석 개요

- **(목적)** 산업계 참여 형태의 산업 기술 장기비전 수립을 위한 2030년 산업 기술의 미래에 대한 인식조사 실시
- **(프로세스)** 2030년 우리나라를 변화시킬 변화상(키워드)을 ① 경제·산업·기술 분야 ② R&D(기술혁신 트렌드)분야 ③ 정치·사회분야로 나누어 조사

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 2030년까지‘AI(인공지능)’와‘남북경제협력’을 우리나라 경제·산업·기술 분야에서 변화를 몰고 올 가장 중요한 키워드로 인식
- 긍정적인 경제전을 이어가고, 4차 산업혁명 관련 기술과 남북경협 기회 잘 살리려면, 산업계 차원에서 민간 주도의 혁신, 기술 역량 제고, 혁신역량 강화, 개발과 협력을 통한 상생, 미래인재 육성 등을 위한 노력 필요



[그림 2-4] 2030년 산업 기술의 미래에 영향을 미칠 이슈

<표 2-5> 2030 산업 기술의 미래전망_산업계 인식조사 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	키워드	분류
1	경제·산업·기술 분야	AI(인공지능)	기술(T)
2		남북 경제협력	경제(E)
3		3D 프린팅과 제조혁명	기술(T)
4		가상/증강현실	기술(T)
5		생산 가능인구 감소	사회(S)
6		사물인터넷	기술(T)
7		빅데이터	기술(T)
8		바이오 혁명	기술(T)
9		블록체인	기술(T)
10		4차 산업혁명	기술(T)
11		로봇	기술(T)
12		디지털경제/초 연결	경제(E)
13		중국의 성장과 변화	경제(E)
14	R&D (기술혁신 트렌드 분야)	AI 기반 R&D	기술(T)
15		융합 R&D	기술(T)
16		클라우드 기반 R&D	기술(T)
17		글로벌 개방혁신	기술(T)
18		R&D전문기업/프리랜스 R&D 시대	기술(T)
19		사이버 R&D	기술(T)
20		R&D 중심 기업 선도	기술(T)
21		R&D와 비즈니스모델 통합	기술(T)
22		자율연구 확대	기술(T)
23		파괴적 혁신	기술(T)
24	정치·사회 분야	고령화	사회(S)
25		위라벨	사회(S)
26		남북관계 변화	정치(P)
27		환경파괴	사회(S)
28		지역, 세대, 이념 갈등	정치(P)
29		신에너지 등장	사회(S)
30		에너지 자원 고갈	사회(S)
31		정치 불안과 권력변화	정치(P)
32		저출산	사회(S)
33		디지털 교육혁명	사회(S)
34		국가 지역 간 불균형	정치(P)
35		여성중심 사회	사회(S)
36		소득불균형	사회(S)

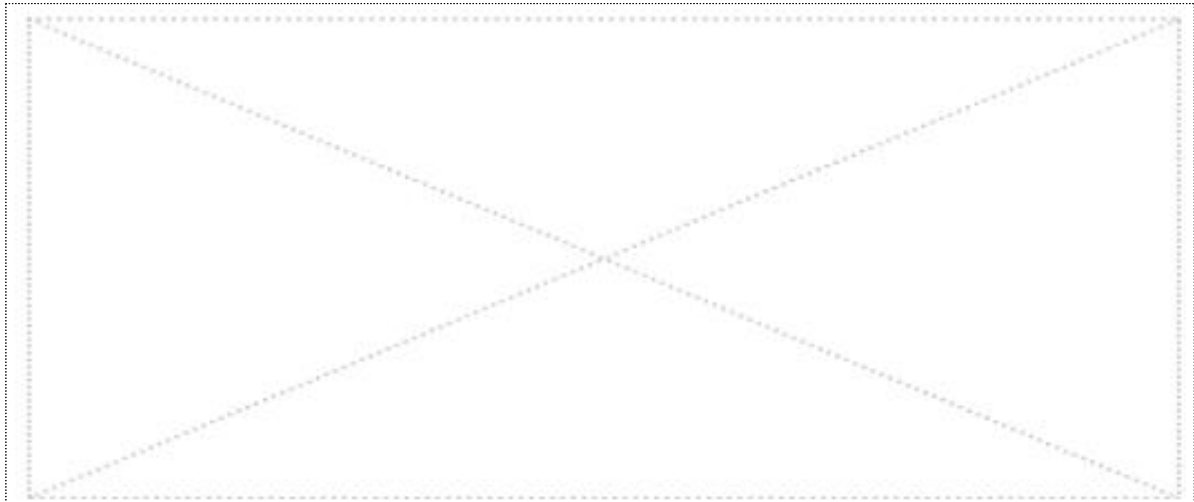
(8) [10년 후 대한민국] 4차 산업혁명 시대의 생산과 소비

☐ 분석 개요

- **(목적)** 4차 산업혁명기에는 가상공간과 실제 공간을 결합하는 새로운 플랫폼의 출현으로 생산과 수요의 다양화·융합화에 대한 시장의 소비 트렌드 분석
- **(프로세스)** 생산과 소비 혁명의 변화 트렌드를 분석 후 연결되는 키워드로 정리하여 미래의 생산과 소비 사례를 도출

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 소비 혁명의 변화 트렌드는 **맞춤, 신속, 환경, 융합, 지능, 연결**의 6개 키워드로 정리되며, 이후 전문가 논의를 통해 **8개 분야로 구분**하여 분석
 - **자동차, 교통, 에너지, 의료, 소매, 지식서비스, 식량, 자원**의 8개 분야로 구분
- 생산과 소비의 변화에 대응하는 미래형 비즈니스모델을 창출하고, 개방형 혁신과 미래 양성을 통해 혁신역량을 키우는 것이 중요



자료: 지식공감. (2017). ‘[10년 후 대한민국] 4차 산업혁명 시대의 생산과 소비’

[그림 2-5] ‘생산과 소비 혁명’의 동인과 미래상

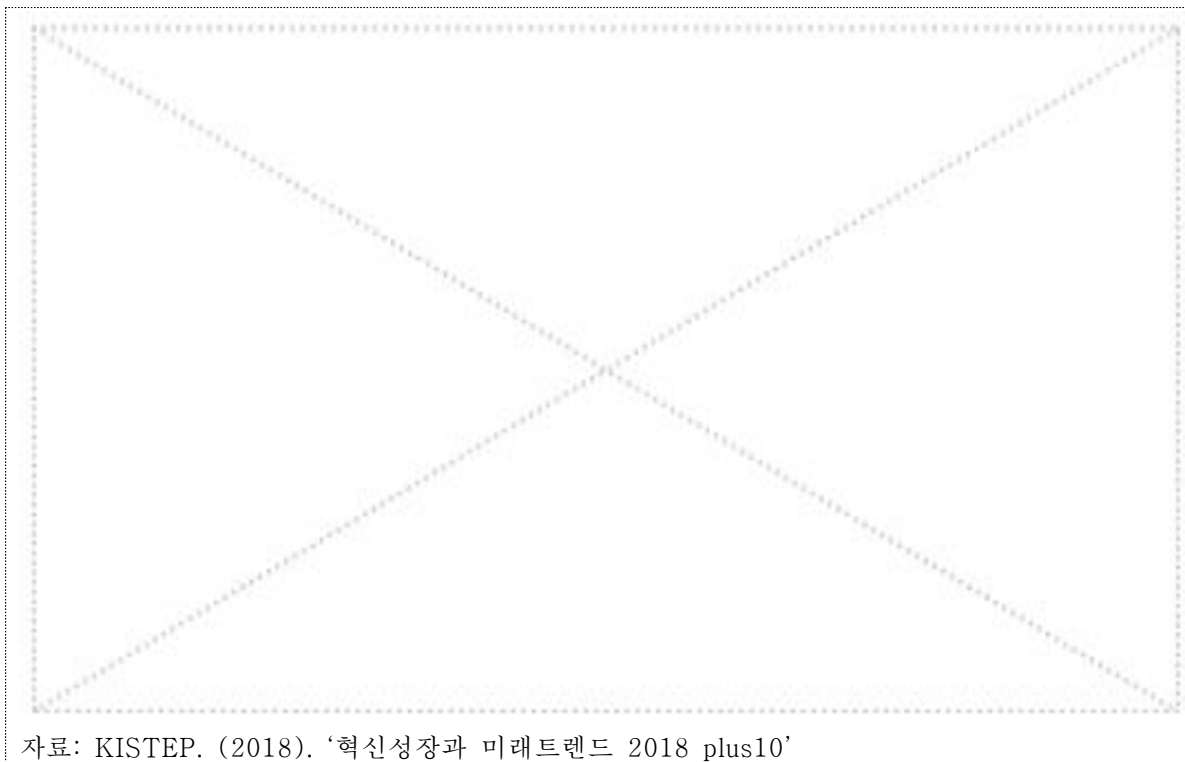
(9) [KISTEP 정책총서] 혁신성장과 미래 트렌드 2018 plus10

☐ 분석 개요

- **(목적)** 미래의 과학 기술 혁신정책 분야에서 준비해야 할 10대 미래 이슈를 통해 미래 지향적인 정책 제안 제시
- **(프로세스)** 국내외 과학기술 분야의 최근 동향과 변화를 분석 후 검토, AI 시대에 대비하기 위한 인재상과 법적 체계 검토, 미래 먹거리 창출에 대한 창업, 정부의 R&D 투자방향을 전환하고, Post-PBS 시대의 혁신 시스템 준비 제안

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 미래의 10가지 중요한 트렌드 및 이슈를 제시, 분석하여 그에 따른 대응 방안과 정책을 제시하여 미래에 나아가야 할 방향을 제안



[그림 2-6] 미래 트렌드 및 이에 따른 대응 계획

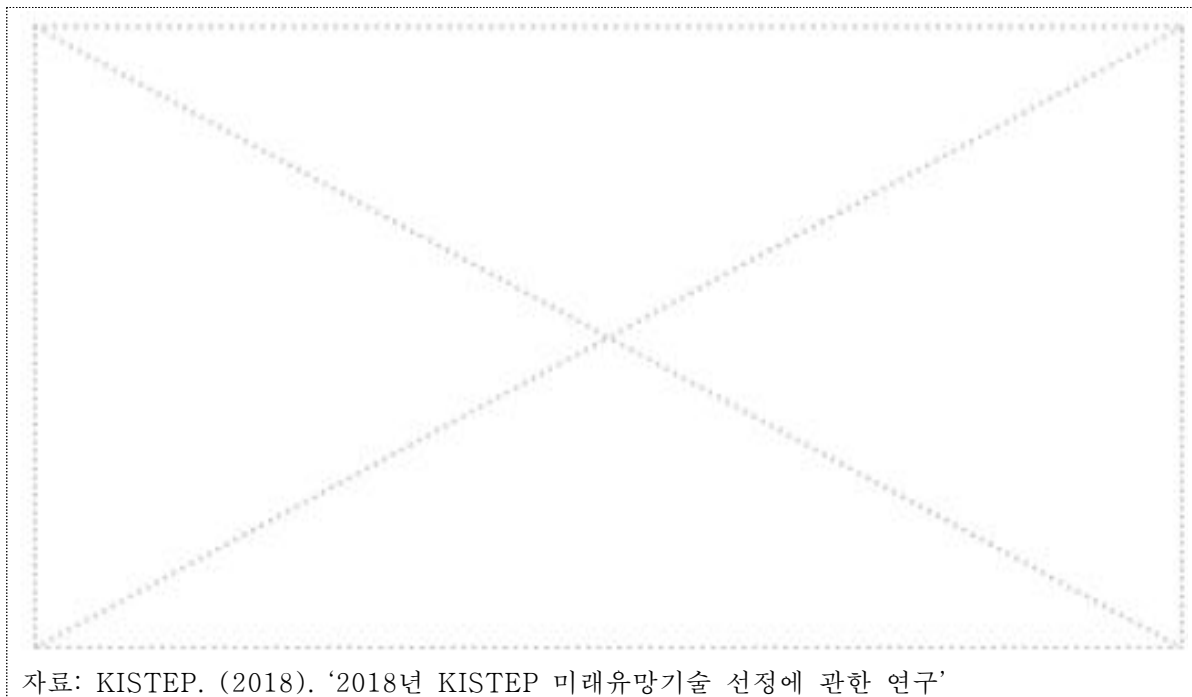
(10) 2018년 KISTEP 미래유망기술 선정에 관한 연구

☐ 분석 개요

- (목적) 바람직한 미래의 한국 사회를 준비하는 관점에서 과학 기술의 역할 강화방안 모색
- (프로세스) 이슈분석 결과, 연구진 검토를 토대로 향후 5~10년을 중심으로 미래 한국 사회에서의 핵심이슈로 부각 될 4개 후보 Pool 도출

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 10대 미래 유망기술 선정을 3개 과정으로 구성하여 미래 수요 분석하여 사람 중심의 스마트 소사이어티 구현을 위한 10대 미래 유망기술을 선정
 - 2018년 10대 미래 유망기술: 반응형 주택 기술, 라이프로그 개인비서 소프트웨어 기술, 커넥티드 car 기술, 모듈형 대중교통 시스템, 무선전력 전송기술, 스마트 타투 기술, 소프트 로봇 기술, 스마트팜 기술, 인공지능 보안기술, 혼합현실 기술



자료: KISTEP. (2018). '2018년 KISTEP 미래유망기술 선정에 관한 연구'

[그림 2-7] 미래 유망기술로 선정된 기술

<표 2-6> 2018년 KISTEP 미래유망기술 선정에 관한 연구 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	트렌드 및 이슈, 키워드	분류
1	스마트 소사이어티	도시계획의 실패, 도시화	사회(S)
2		지속가능한 도시	사회(S)
3		도시집중화, 라이프스타일의 변화	사회(S)
4		도시화의 지속	사회(S)
5		삶, 교통	사회(S)
6	기후변화	기후변화 축소/적응 실패 극단적 기상이변(홍수, 태풍)	환경(E)
7		기후변화 대응	환경(E)
8		기후변화와 지속가능 발전	환경(E)
9		기후변화 및 지속가능성 문제에 대한 체계적인 관리	환경(E)
10		기후변화, 환경 및 보건 이슈 주목	환경(E)
11		기후변화 및 환경	환경(E)
12	사회재난	대형인재(원유누출, 핵사고), 감염질병의 대규모 확산, 대규모 테러 공격	사회(S)
13		신종질병 위협, 신 안보전략, 인종갈등, 테러 국제적인 조직범죄 확대	사회(S)
14		테러 위협 증대	사회(S)
15		사이버 의존 증가, 대규모 사이버 공격, 대규모 데이터 사기/절도, 중요 정보 인프라/네트워크 파괴	사회(S)
16	제4차 산업혁명	ICT의 융합	기술(T)
17		첨단 정보통신 기술, 제조업의 발전	기술(T)
18		미래 생산성, 디지털 기술	기술(T)

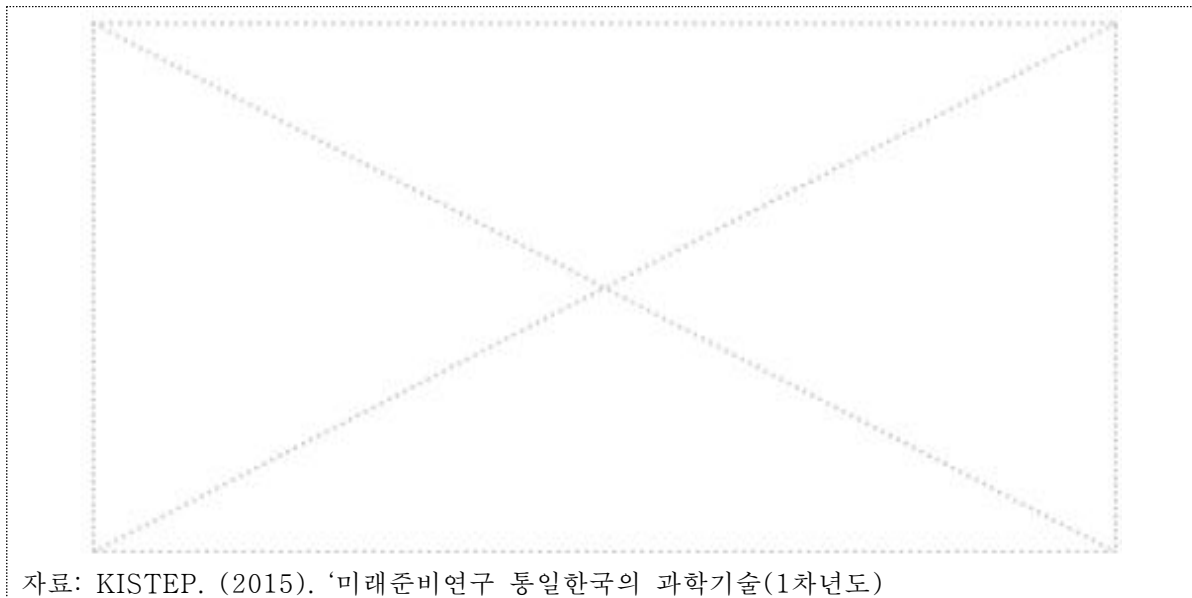
(11) 미래준비연구 통일한국의 과학기술(1차년도)

☐ 분석 개요

- (목적) 기존의 미래예측 연구에서 제시된 한국사회의 미래 트렌드가 통일로 인해 어느 정도의 변동성이 발생하는지를 분석
- (프로세스) 국내 과학 기술 및 인문사회 분야의 오피니언 리더 350여명에게 설문조사 실시로 2035까지 한국 사회에 대한 25개 트렌드의 주요 미래 수요(니즈)를 조사

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- ‘통일’이 미래 한국사회의 메가 트렌드에 미치는 영향에 대한 분석을 통해 북한과의 미래 교류·협력을 지향
 - 글로벌화, 갈등의 심화, 인구구조의 변화, 문화적 다양성 증가, 에너지·자원의 고갈, 기후변화 및 환경문제 심화, 중국의 부상, 과학 기술의 발달과 융·복합화
- 북한과의 협력으로 인한 ‘사회적 효과’, ‘경제적 효과’ 등을 기대



[그림 2-8] 메가 트렌드별 '통일'에 의한 트렌드 변화

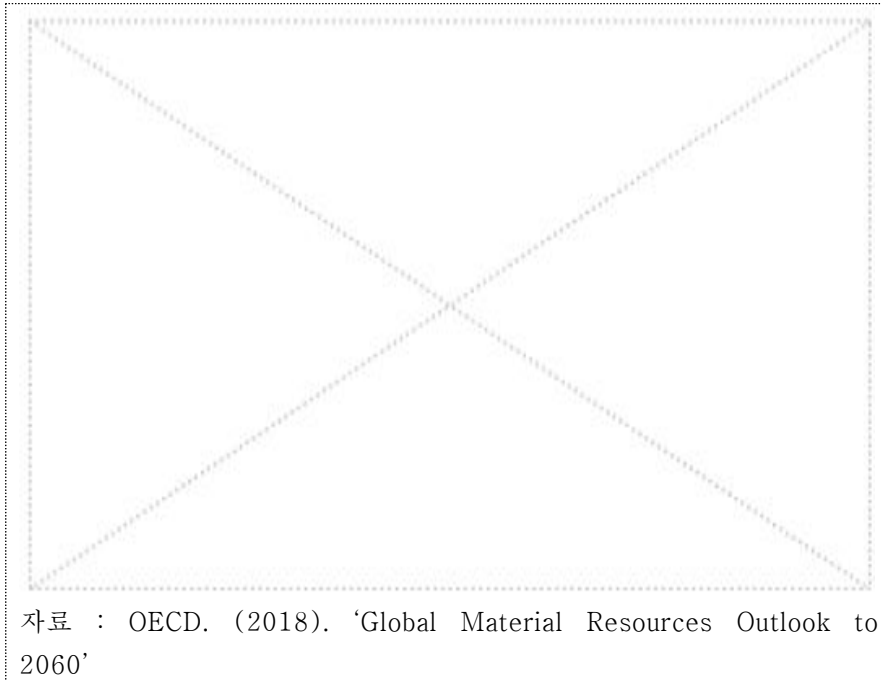
(12) Global Material Resources Outlook to 2060

☐ 분석 개요

- (목적) 환경적 결과와 직접적으로 연관된 소재 및 자원 활용 시장의 성장을 통해 웰빙의 경제적, 미래 위협 요소를 전망
- (프로세스) 전 세계의 재료 사용에 대한 분석, 예측으로 환경적 결과를 제시하여 2060년도에 환경에 대한 정량적인 전망을 제공

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 61개의 서로 다른 물질 재료에 대한 부문별, 지역별 활용 수준에 대해 분석 후 미치는 영향을 평가
- 분석 결과, 금속 및 비금속 광물은 다른 유형의 재료보다 빠르게 성장할 것으로 전망



[그림 2-9] OECD 세계 재료 자원 전망 : 2060년

<표 2-7> Global Material Resources Outlook to 2060 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	트렌드 및 이슈, 키워드	분류
1	사회 경제작기술적 미래재료	Construction	기술(T)
2		Food	사회(S)
3		Iron and Steel	기술(T)
4		Electricity and utilities	사회(S)
5		Ar., fish. and forest.	사회(S)
6		Non-metallic minerals	기술(T)
7		Other manufacturing	경제(E)
8		Textiles	기술(T)
9		Chemicals	기술(T)
10		Pulp, paper and publish	경제(E)
11		Fossil fuels and mining	사회(S)
12		Business services	경제(E)
13		Transport services	사회(S)
14		Other services	사회(S)
15		Motor vehicles	기술(T)

(13) 2018년 과학 기술혁신 및 사회이슈 분석을 위한 예측기반연구

☐ 분석 개요

- (목적) 2015년 발간한 미래이슈 보고서에서 언급된 이슈에 대한 검토 및 국내 환경변화에 따른 이슈 재검토
 - 28개 이슈의 재검토를 위해 기존 국내 미래전략보고서에서 10년 이상 반복되었거나, 국제기구(WEF, OECD 등)에서 제시된 메가 트렌드를 종합하여 9개 메가 트렌드 선정

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 국내 미래전략보고서 등과 국제기구에 발표한 메가 트렌드 분석결과를 종합하여 9개 메가 트렌드 선정
 - ①글로벌 저성장의 심화, ②신흥국 부상에 의한 경제 다극화, ③고령화의 진전, ④지구온난화 심화, ⑤환경의 질 악화, ⑥도시화 심화, ⑦계층간 격차 심화, ⑧과학기술의 영향력 확대, ⑨한반도 평화정착

(14) 디지털 기술발전이 초래하는 지속 가능 성장의 미래예측 연구(에너지 소비의 미래)

☐ 분석 개요

- (목적) 독일 ISI 등 세계 주요기관과 경험을 공유하기 위한 국제협력 네트워크를 구축하여 디지털 기술과 지속 가능한 성장에 공동예측
 - 디지털 기술이 영향을 미치는 지속 가능한 성장 관련 주요 이슈의 미래모습에 대한 전망을 바탕으로 지속 가능한 성장 측면에서 우리 사회가 직면하게 되는 기회 및 위협요인을 파악하고 정책적 대응 방안 도출

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 지속가능한 발전목표¹⁾를 달성하기 위한 17개 목표별 5대 행동영역 및 목표별 디지털 기술의 역할을 분석

1) 제70차 UN총회 '2030 지속가능발전의제' 채택

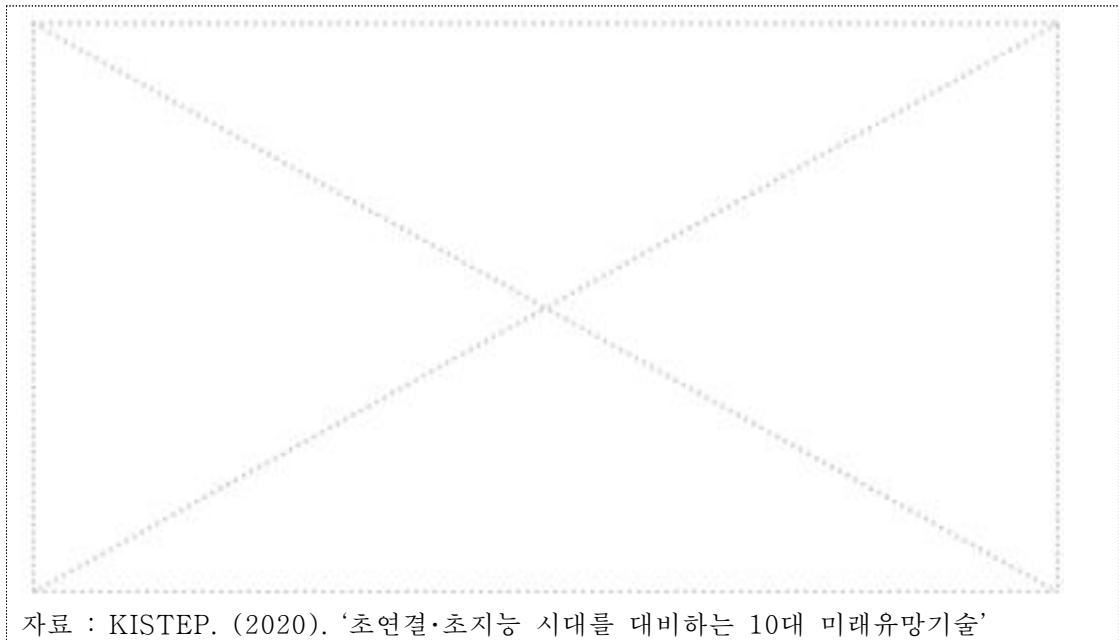
(15) 초연결·초지능 시대를 대비하는 10대 미래 유망기술

☐ 분석 개요

- (목적) 미래사회의 지속 가능한 발전을 위해서는 미래변화에 필요한 유망기술을 발굴하여 선제적으로 대응
 - 국내 핵심 트렌드/변화로 인해 발생 가능한 경제/사회/문화적 이슈를 전망하고, 그에 대응할 수 있는 미래 유망기술을 발굴

☐ 메가트렌드 분석 결과

- 인문·사회과학 분야 전문가, 일반 국민, 기술 전문가 등 다양한 분야 및 계층의 의견을 수렴하며 4단계(주요 미래이슈 도출, 미래 유망기술 후보 도출, 미래 유망기술 선정, 미래 유망기술 분석)에 걸쳐 수행
 - 초연결·초지능 사회를 이루기 위한 15개 수요 및 6개 분야의 적용 가능한 10대 유망기술 도출

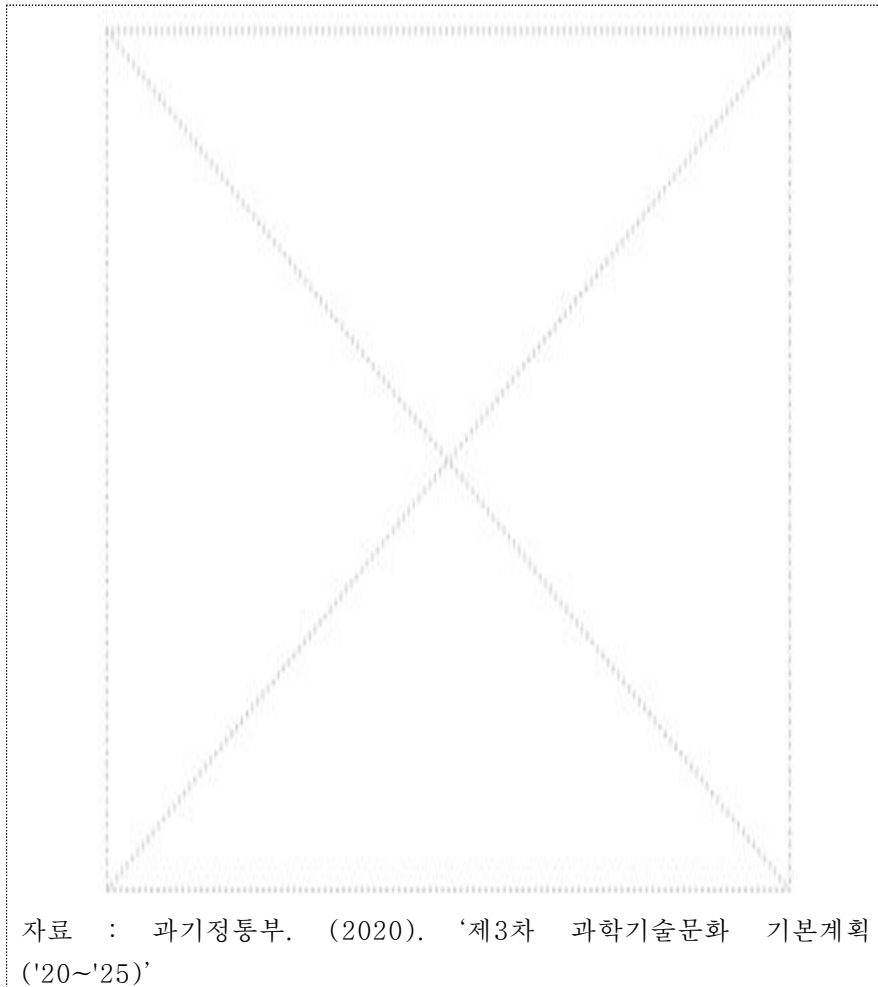


[그림 2-10] 초연결·초지능 시대의 미래이슈, 수요와 10대 미래유망기술 간 관계도

(16) 제3차 과학 기술 문화 기본계획('20~'25)

□ 개요

- (목적) 과학 기술과 국민의 소통 강화를 위한 4차 산업혁명 등의 기술발전, 인구·사회 변화 등을 반영한 과학 기술 문화 중장기 발전전략을 수립



[그림 2-11] 제3차 과학 기술 문화 기본계획 비전체계

□ 메가 트렌드 분석 결과

- 과학 기술과 국민이 소통하며 함께하는 사회를 실현하기 위한 3대 추진전략 9대 중점 추진과제 선정

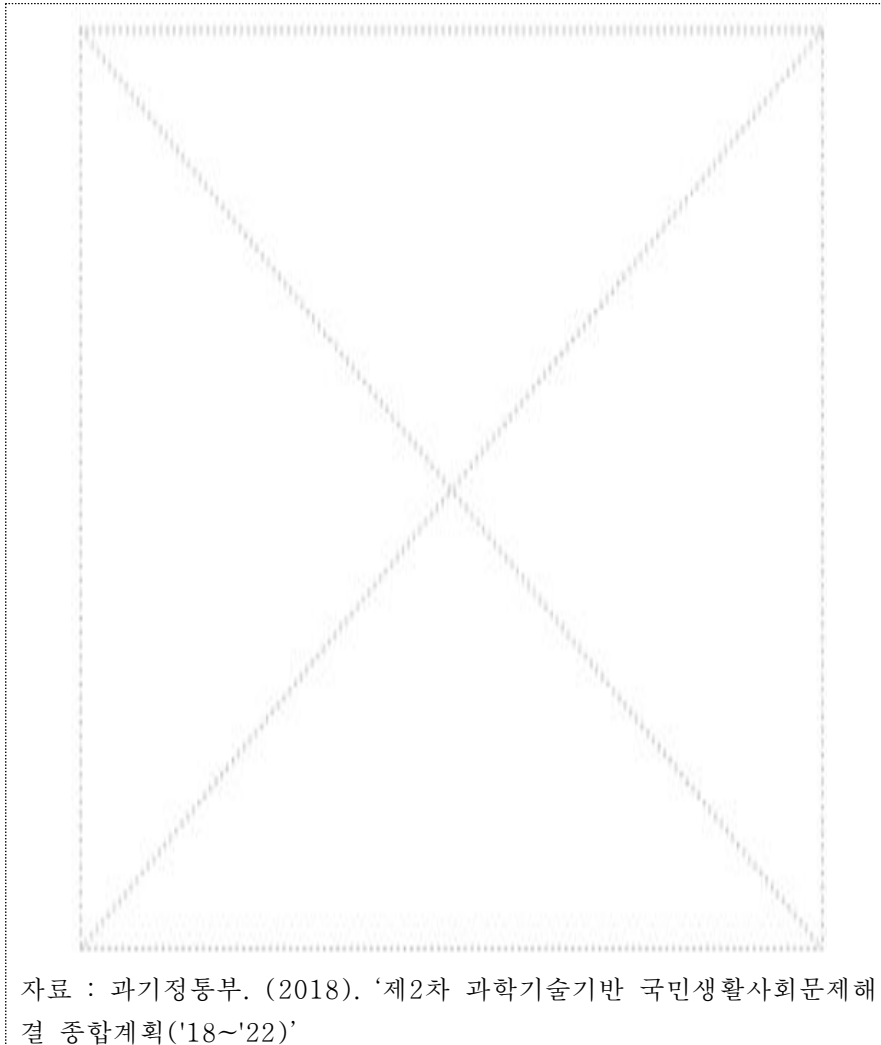
<표 2-8> 제3차 과학기술문화 기본계획('20~'25) 트렌드 및 분류

번호	추진전략	중점추진과제	세부내용	분류
1	전 국민의 과학문화 향유기회 확대	과학문화 접근성 강화	<ul style="list-style-type: none"> 생활 공간 속 '우리동네 과학관' 육성 전문과학관 및 어린이 과학체험관 확충 전 국민 대상 과학소양 콘텐츠 개발·육성 	사회(S)
2		청소년의 과학기술 흥미와 호기심 제고	<ul style="list-style-type: none"> 과학문화 선도학교 등 학교 과학 활동 지원 청소년 학교 밖 과학문화 활동 강화 	사회(S)
3		과학기술 격차해소 지원 확대	<ul style="list-style-type: none"> 취약계층의 과학문화 접근성 강화 배려계층 대상 과학문화 서비스 다양화 	사회(S)
4	전문성 기반의 과학문화 서비스 강화	뉴미디어 시대 소통 전문인력 확대	<ul style="list-style-type: none"> 과학문화 전문인력 양성 과학문화 전문인력 활용 강화 	기술(T)
5		민간의 과학문화 활동 지원	<ul style="list-style-type: none"> 단체 및 동호회 등 시민의 과학문화활동 지원 민간 기업의 과학기술 사회공헌 참여 촉진 	사회(S)
6		지역의 과학문화 기반 강화	<ul style="list-style-type: none"> 과학문화도시 육성 과학문화 지역거점센터 운영 	정치(P)
7		과학문화 플랫폼 강화	<ul style="list-style-type: none"> 온라인 통합 정보 플랫폼 구축 과학문화 연구 활성화 	기술(T)
8	과학문화 추진체계 고도화	법적 근거 마련 및 재원 다각화	<ul style="list-style-type: none"> 과학문화 확산의 법적 근거 마련 과학문화 확산을 위한 재원 다각화 	정치(P)
9		과학창의재단 역할 재정립 등 추진체계 정비	<ul style="list-style-type: none"> 지역 과학문화 활성화를 위한 추진체계 마련 한국과학창의재단 역할 재정립 	정치(P)

(17) 제2차 과학 기술기반 국민생활 사회문제해결 종합계획('18~'22)

☐ 개요

- (목적) 국민이 체감할 수 있는 사회 문제해결 성과 창출과 현 정부의 국정철학인 국민참여형 국정운영 구현을 위한 정책 추진
 - 각 부처 추진 사회문제해결 R&D 제도 지원 및 범부처 확산을 위해 「제2차 사회문제 해결 종합계획」 수립



[그림 2-12] 과학 기술기반 국민생활 사회문제해결 종합계획
비전체계도

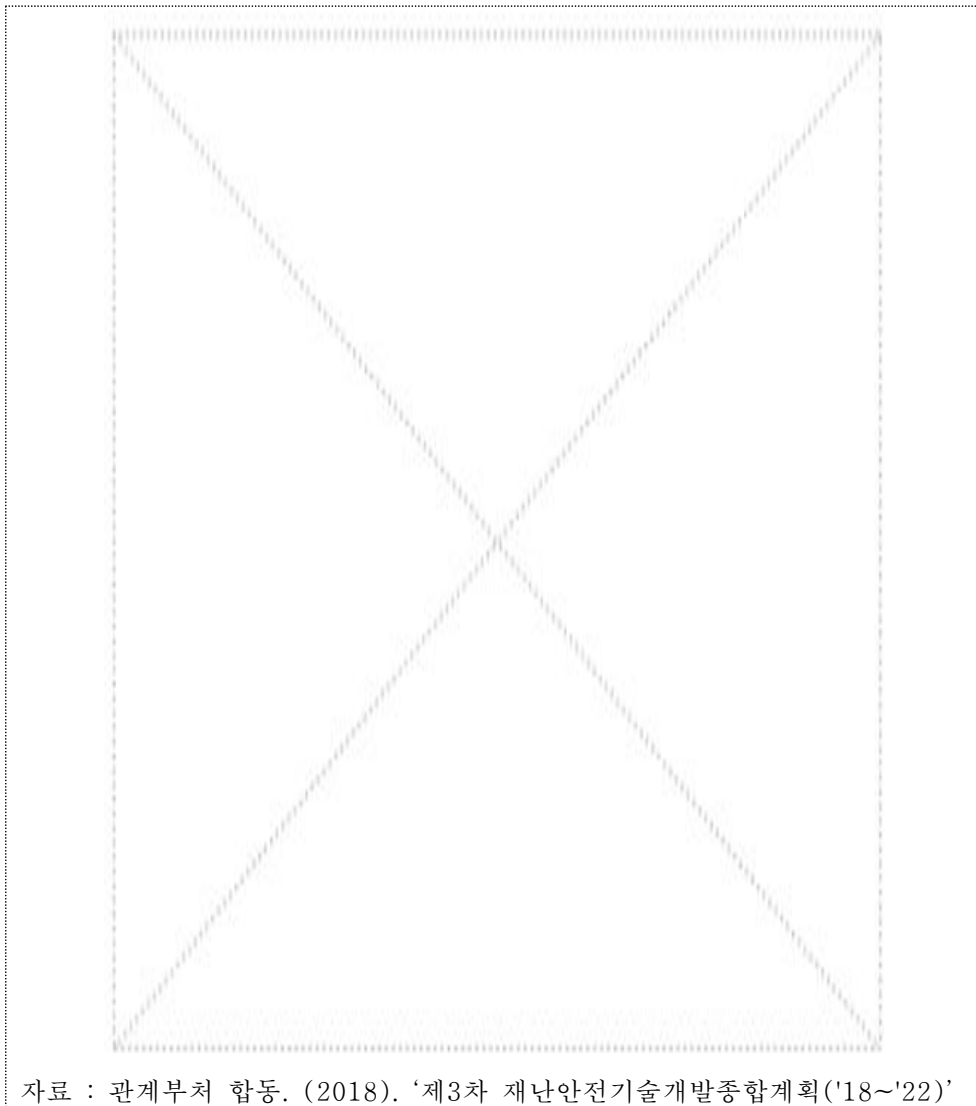
□ 메가 트렌드 분석 결과

- 기존 1차 종합계획(30개 문제)을 바탕으로 시민·관계부처·지자체가 제기한 심각성·시급성을 기준으로 40개 문제로 확대
 - 10대 분야별 40개 주요 사회 이슈 선정

(18) 제3차 재난안전기술개발 종합계획('18~'22)

□ 개요

- (목적) 대형·복합·신종재난 등 각종 재난 및 안전사고로부터 국민안전 기본권 확보를 위한 과학 기술의 역할 증대
 - 제4차 산업혁명 등으로 인한 기술의 진보에 발맞춘 재난 안전 분야 과학 기술개발 및 범부처 차원의 협력적 R&D 추진



[그림 2-13] 재난안전기술개발종합계획 비전체계도

□ 메가 트렌드 분석 결과

- 국민 삶의 질 향상을 위한 재난안전기술 개발 및 환경 조성을 위한 3대 추진전략, 10개 추진과제 선정

(19) 포스트 코로나 시대의 미래전망 및 유망기술

☐ 분석 개요

- (목적) 코로나 이후 변화될 미래사회 모습을 전망하고 이를 바탕으로 정부가 투자전략 수립

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 코로나 이후 주요 환경변화가 크게 영향을 미칠 헬스케어, 교육, 교통, 물류, 제조, 환경, 문화, 정보보안 등의 8대 영역 파악
 - 8대 영역별로 미래모습 전망을 바탕으로 유망기술 도출

(20) Global Trends 2035 : Paradox of Progress(미국)

☐ 분석 개요

- (목적) 新 행정부 출범에 앞서 중·장기적(20년)인 사회적, 경제적, 정치적 트렌드와 미래전망
 - 미국 국가정보위원회에서 2017년 작성된 보고서로 미래에 대한 주요 가정, 기대, 불확실성 검토

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 글로벌 7대 트렌드와 단기적 미래예측, 이에 기반한 장기적 미래예측 결과인 3개 시나리오 구성
 - 섬(Island, 국가), 궤도(Orbits, 지역), 커뮤니티(Communities) 3가지 유형별 시나리오 및 대응책 제시

(21) The Next Digital Economy(캐나다)

☐ 분석 개요

- (목적) 차세대 디지털 경제의 변혁에 따른 전망 및 미래정책 수립에 필요한 과제 도출
 - 2019년 캐나다 미래전략정책처(Policy Horizons Canada) 발표

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 차세대 디지털 경제에 미칠 8대 이머징 기술에 주목하고 이를 토대로 차세대 디지털 경제의 특징과 기업·노동·경제 분야의 중요한 변화를 전망

(22) ESPS ; Global Trends to 2030(EU)

☐ 분석 개요

- (목적) 2030년까지 글로벌 트렌드에 대응하기 위한 유럽 차원의 도전과 기회 점검
 - 기후·도시·경제·에너지·교통 분야를 중심으로 메가-트렌드와 미래변화 촉발요인을 분석하고, 기후변화·노동·R&D 투자·불평등 등 사회 전반의 정책조치 유무에 따른 2030년의 상반된 사회상 제시

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 환경, 고령화, 신기술, 유럽 위상, 분쟁 관리, 민주주의 보호, 평등 실현 등 7개 분야 대응 방안 제시

<표 2-9> Global Trends to 2030 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	분류
1	○ 글로벌 중소도시 급팽창	사회(S)
2	○ 스마트시티화로 인한 도시 청정, 안전, 효율성 강화	기술(T)
3	○ 사이버공간 내 범죄·위협 가능성 증대	기술(T)
4	○ 평생학습 중요성 강조	사회(S)
5	○ 기술발전에 따른 고용환경 변화	경제(E)
6	○ 실업률, 불평등으로 인한 도시범죄 증가	사회(S)
7	○ 국제 경쟁력 강화를 위한 기술혁신의 중요성 강조	정치(P)
8	○ 글로벌 유무선 접속 환경 보편화	기술(T)
9	○ 인간중심적 기술개발 및 윤리적 AI 활용	기술(T)
10	○ 중국의 경제규모 성장	경제(E)
11	○ 국가 내 인종·이념간 분열 심화	사회(S)
12	○ 재생에너지 산업의 중요성 증가	경제(E)
13	○ 지구온난화로 인한 자연재해 증가	환경(E)
14	○ 시민 중심의 정책 결정	정치(P)
15	○ 인터넷을 매개로 한 사이버 테러 위협 증가	기술(T)

(23) Imagine 2030- The Decade Ahead(Deutsche Bank)

☐ 분석 개요

- (목적) 향후 10년 금융·경제·산업·고용·생활·정치 분야에 도래할 24가지 급진적 아이디어 제시(2020.01)

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 금융 및 경제 분야에서 포퓰리즘, 국가 재정위기 증대, 기업 수익률 저하, 노조 영향력 확대 등의 위기 요인 예측
- 기술적 측면에서는 승자독식 구조의 양자컴퓨팅 기술, 드론·전기차 등 신 운송 수단 확산, AI 상업·스포츠 영역 적용, 정밀 의료의 보편화 등 예측

<표 2-10> Imagine 2030- The Decade Ahead 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	분류
1	○ 인공지능 윤리 모델 보완	기술(T)
2	○ 밀키트(간편식) 확산	사회(S)
3	○ 온라인 상거래 저변 확대	사회(S)
4	○ 스마트폰 개인기기의 플라스틱화	기술(T)
5	○ 스포츠 경기의 통계·인공지능 기술 적용	기술(T)
6	○ 5G 활용 전원생활 편익 증대	기술(T)
7	○ 정밀 의료 보편화	기술(T)
8	○ 승자독식이 가능한 양자컴퓨팅 기술	기술(T)
9	○ 전기차 인프라 경쟁 심화	환경(E)
10	○ 암호화폐 보급 증대	기술(T)
11	○ 유럽 금융규제 완화	경제(E)
12	○ 중국 내수 약진 및 인도 경제력 향상	정치(P)
13	○ 온라인 플랫폼 기반 노조 활성화	사회(S)
14	○ 일일 6시간 근무제 도입	사회(S)
15	○ 재생에너지 활용 확산	환경(E)
16	○ 세대 간 정치적 갈등 심화	사회(S)
17	○ 기술 경쟁 및 인구 감소로 인한 유럽 쇠약	정치(P)
18	○ 기상환경변화 대응 공공정책 중요성 대두	환경(E)

(24) 미래사회 구상 2050(미츠비시종합연구소)

☐ 분석 개요

- (목적) 2050년 디지털 기술의 발전이 초래하는 국제사회·정부·기업·개인 등 사회 구성 요소들의 6대 변화 트렌드 제시

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- (6대 변화 트렌드) 디지털경제권 대두, 패권국 없는 국제 질서, 탈 탄소 실현 순환형 사회, 변화하는 정부의 역할, 다양한 커뮤니티가 공존하는 사회, 기술에 따라 달라지는 삶

<표 2-11> 미래사회 구상 2050 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	분류
1	○ 인공지능·자동화 시대의 인간상 강조	기술(T)
2	○ 정보 접근능력에 따른 정보의 불균형	기술(T)
3	○ 평생 교육체계 수요 증가	사회(S)
4	○ 디지털 기술에 의한 사회적 과제(웰니스, 식음료, 에너지, 환경, 모빌리티, 방재인프라 등)해결	사회(S)
5	○ 개인 의료용기기 고도화	기술(T)
6	○ 송배전 네트워크 분산화	환경(E)
7	○ 센서 기반 주요 기반시설 관리	기술(T)
8	○ 디지털 교육 최적화	사회(S)
9	○ 국제경제 패권 경쟁 심화	정치(P)
10	○ 디지털 기반 비즈니스 모델·시장 변화	경제(E)
11	○ 농업 무인화	기술(T)
12	○ 탈 탄소 실현 및 순환형 사회	환경(E)
13	○ 100시대 유지를 위한 재정확보 및 복지정책 강화	정치(P)
14	○ 경제 격차 해소를 위한 사회복지 제도	정치(P)
15	○ 디지털 거래 보호·규제 환경 조성	경제(E)

(25) 코로나가 초래할 경제적 파장과 대응책

☐ 분석 개요

- (목적) 코로나로 인한 경제 사회적 파장이 분야별로 미칠 6가지 경제적 파장과 대응책 제시
 - 2020년 5월 Information Technology and innovation Foundation²⁾ 발표

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- (6가지 경제적 파장) ①경제봉쇄로 인한 경제 위기, ②anti 대기업운동, ③연방 적자, ④중국의 경쟁우위 가속화, ⑥미중 무역 감소로 인한 경제 위기, ⑦디지털 기술 무장

<표 2-12> 코로나가 초래할 경제적 파장과 대응책 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	분류
1	○ 비접촉·비대면 디지털 서비스	기술(T)
2	○ 미-중 무역 감소	정치(P)
3	○ 미연방 재정 적자 심화	정치(P)
4	○ 생산 자본주의→금융 자본주의	경제(E)
5	○ 중국 내 미국제품 생산기지 이탈	경제(E)
6	○ 대규모 실직	경제(E)
7	○ 원격의료 제도 기반 정비	정치(P)
8	○ 디지털 인프라 확충 정책 강화	정치(P)

2) 워싱턴 DC에 위치한 소재 정보기술 및 산업 분야 비영리 공공정책 싱크탱크

(26) Coronavirus Will Change the World Permanently. Here's How(Politico)

☐ 분석 개요

- (목적) 코로나 19가 경제활동 및 사회 전반에 미치는 여파를 조사하여 미래 변화상에 대한 예측
 - 7개 분야별 34명 미국 내 학자들을 대상으로 설문 조사 실시(2020.03)

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- 원격의료 확산, 온라인 교육 강화, 온라인 서비스 규제 완화, 디지털 라이프 스타일 확산, 가상화 정치 도입, 디지털 기반 정치 참여 확대 등 기술 응용 효과 및 질병 대처를 위한 사회 내부 진단 간 연대 강화를 전망

<표 2-13> Politico: 코로나 이후의 세계 변화상 트렌드 및 분류

번호	메가트렌드	분류
1	○ 대면 접촉 기피	사회(S)
2	○ 전문가 가치 부각(의료, 정치)	사회(S)
3	○ 개인주의 → 공적 가치	사회(S)
4	○ 외식감소	사회(S)
5	○ 종교 예식 변화	사회(S)
6	○ 디지털 라이프 스타일 도래(문화, 스포츠)	사회(S)
7	○ 원격의료 및 가상현실 활용 증가	기술(T)
8	○ 국가별 공급망 강화	정치(P)
9	○ 대량 소비 위축	경제(E)
10	○ 빈부 격차 심화	사회(S)
11	○ 온라인 서비스 규제 완화	정치(P)
12	○ 정부 역할 강화	정치(P)
13	○ 정부 주도 의료시스템 재정비	정치(P)
14	○ 정부-기업-시민 간 공조 긴밀화	정치(P)
15	○ 디지털 기반 정치(전자투표, 가상의회)	기술(T)

(27) The World Remade by COVID-19: Scenarios for resilient Leaders(Deloitte)

☐ 분석 개요

- (목적) 국가-지역, 정부-민간 간 협업과 정부의 코로나 피해 대응 역량에 따른 다양한 시나리오를 예측하여 포스트 코로나 시대 대응 전략 수립을 위한 방향성 제시
- 5대 불확실성 요소의 작용에 따라 3~5년 이후 전개될 4가지 미래 시나리오 전망 (2020.04)

☐ 메가 트렌드 분석 결과

- ①전염병 피해, ②국가 간 협업의 수준, ③의료 시스템 대응 수준, ④경제적 여파, ⑤사회적 응집력 등 5가지 불확실한 요소 중 가장 핵심적인 역할을 하게 될 협업의 수준과 전염병의 피해를 활용하여 4대 시나리오를 분석

<표 2-14> The World Remade by COVID-19: Scenarios for resilient Leaders 트렌드 및 분류

번호	4대 시나리오	메가트렌드	분류
1	지나가는 폭풍	○ 세대 갈등 증폭	사회(S)
2		○ 온라인 학습	사회(S)
3		○ 원격 컨퍼런스 기술 투자	기술(T)
4		○ 사회·경제 불평등	사회(S)
5		○ 강력한 기후변화 대응	환경(E)
6		○ 국제기구 조정 능력 강화	정치(P)
7	우호적 기업	○ 목적 지향적 사회	사회(S)
8		○ 원격 근무 확산	사회(S)
9		○ VR/AI/3D 프린팅	기술(T)
10		○ 온라인 보안	기술(T)
11		○ 산업 질서 재편	경제(E)
12		○ 온건한 기후변화 대응	환경(E)
13	동아시아 부상	○ 공공-민간 협업 강화	정치(P)
14		○ 국가 권위 강화	사회(S)
15		○ 가상화의 보편화	사회(S)
16		○ 4차 산업혁명 가속	기술(T)
17		○ 소비자 데이터 공유증가와 AI발전	기술(T)
18		○ 글로벌 경제 위축	경제(E)
19	외로운 늑대	○ 중국경제 부상	경제(E)
20		○ 기후변화 대응 감소	환경(E)
21		○ 정부 감시 체제화	정치(P)
22		○ 사회적 거리두기 일상화	사회(S)
23		○ 개인 자유 제한	사회(S)
24		○ 감시 기술 투자	기술(T)
25		○ 데이터 공유 의무화	기술(T)
26		○ 공급망 자급 체제화	경제(E)
27		○ 빈번한 시장 충격	경제(E)
28		○ 기후협약 와해	환경(E)
29		○ 국가 고립주의	정치(P)
30		○ 국제기구 조정 능력 와해	정치(P)

2. 국내·외 정책여건 분석

가. 국정목표 및 상위 R&D정책 조사·분석

☐ 국정운영 5개년 계획

- 국정운영의 최상위 계획으로 현 정부의 세부정책 수립, 정책 집행, 정책평가 및 환류의 기준
 - 국민의 나라 정의로운 나라를 실현하기 위해 ‘국민’과 ‘정의’를 핵심키워드로 설정
 - 5대 국정목표, 20대 국정전략, 100대 국정과제, 487개 실천과제를 발표

<표 2-15> 국정운영 5개년 계획 목표 및 전략

국정목표	국정전략
국민이 주인인 정부	① 국민주권의 촛불 민주주의 실현
	② 소통으로 통합하는 광화문 대통령
	③ 투명하고 유능한 정부
	④ 권력기관의 민주적 개혁
더불어 잘사는 경제	① 소득 주도 성장을 위한 일자리 경제
	② 활력이 넘치는 공정경제
	③ 서민과 중산층을 위한 민생경제
	④ 과학 기술발전이 선도하는 4차 산업혁명
	⑤ 중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성
내 삶을 책임지는 국가	① 모두가 누리는 포용적 복지국가
	② 국가가 책임지는 보육과 교육
	③ 국민 안전과 생명을 지키는 안심 사회
	④ 노동 존중성 평등을 포함한 차별 없는 공정사회
	⑤ 자유와 창의를 넘치는 문화국가
고르게 발전하는 지역	① 풀뿌리 민주주의를 실현하는 자치분권
	② 골고루 잘사는 균형발전
	③ 사람이 돌아오는 농산어촌
평화와 번영의 한반도	① 강한 안보와 책임국방
	② 남북 간 화해협력과 한반도 비핵화
	③ 국제협력을 주도하는 당당한 외교

자료 : 국정기획자문위원회. (2017). 문재인정부 국정운영 5개년 계획

- 과학기술정보통신부 관련 국정과제는 ‘31번 교통·통신비 절감으로 국민 생활비 경감’, ‘33번 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반구축’, ‘34번 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성’, ‘35번 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성’, ‘36번 청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충’ 등이 있음
 - 4차 산업혁명 시대에 대비한 기술적·산업적 기반을 확보하고 미래 과학기술 역량 확보를 위한 혁신 생태계 및 지원체계 개편을 계획 수립

<표 2-16> 과학기술정보통신부 소관 국정과제 현황

국정과제	주요내용	시행부처
#31 교통·통신비 절감으로 국민 생활비 경감	<ul style="list-style-type: none"> ○ ‘광역 알뜰 교통카드 도입’, ‘광역버스 확충’ 등으로 교통비 및 출퇴근 시간 절감 ○ 가계통신비 실효적 인하 및 통신시장 경쟁 촉진 	국토부/ 과기부
#33 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4차 산업혁명의 인프라 구축, 규제 개선 및 핵심 기술력 확보 ○ 소프트웨어 기업 육성·양성 및 ICT 역기능에 선제적으로 대응 	과기부
#34 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제조 경쟁력과 ICT, 서비스 등의 융합을 통해 미래형 신산업 육성 	산업부/과기부/국토부/복지부
#35 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술 컨트롤타워 강화 및 총괄조정 효율성 제고 ○ 자율과 책임성이 강화된 연구자 중심의 R&D 시스템 혁신 	과기부
#36 청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구자 주도 기초연구지원 예산 2배 확대 및 연구 자율성을 보장 ○ 청년 과학기술인 친화적 연구환경 조성 	과기부

출처 : 국정기획자문위원회. (2017). 문재인정부 국정운영 5개년 계획

☐ 제4차 과학기술기본계획('18~'22)

- 과학기술을 활용한 국민 삶의 질 향상 및 인류사회 발전에 기여를 위해 4대 전략 19개 추진과제 수립
 - 과학기술 발전에 관한 중·장기 정책목표, 정책의 기본방향, 산업·인력·지역 등 정책의 추진방향, 현 정부의 주요 정책기조 포함
- ‘①창의·도전적 연구 활성화를 위한 연구자 중심의 환경 조성’, ‘②혁신적 기술개발을 위한 R&D생태계 조성’, ‘③4차 산업혁명기술 기반의 혁신성장동력 및 안전한 생활환경 구현’ 등의 세부계획 수립

<표 2-17> 제4차 과학기술기본계획 전략 및 중점추진과제

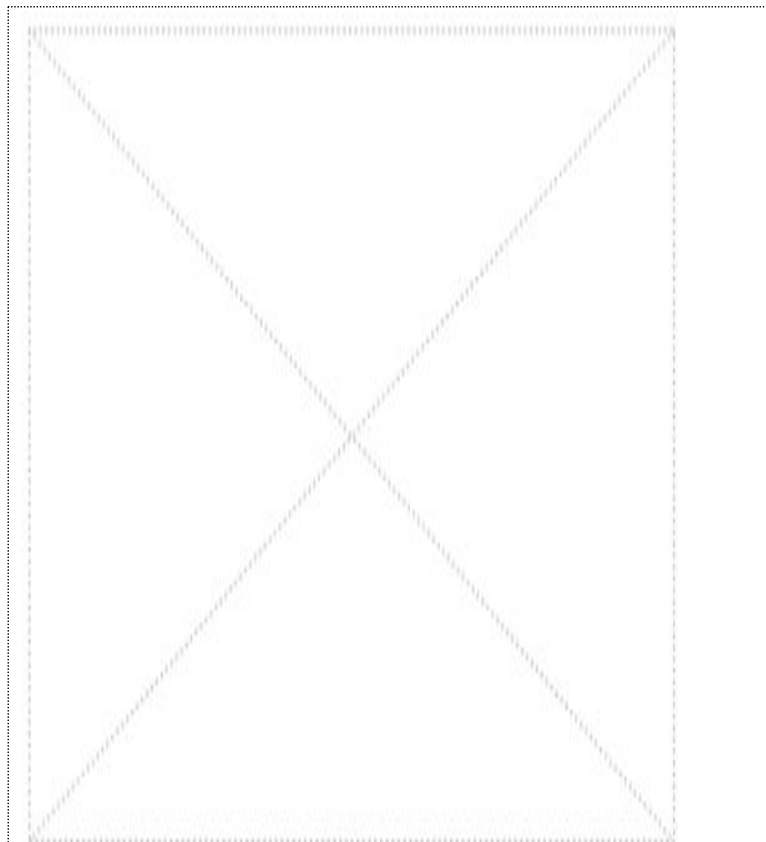
4대 전략	중점추진과제
미래 도전을 위한 과학 기술 역량 확충	과학적 지식탐구 및 창의·도전적인 연구 진흥
	연구자 중심의 연구몰입 환경 조성
	창의·융합형 인재 양성
	국민과 함께하는 과학문화 확산
	과학기술 외교의 전략성 강화
혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성	주체·분야 간 협력·융합 활성화
	기술혁신형 창업·벤처 활성화
	경쟁력 있는 지식재산 창출
	지역 주도적 지역혁신 시스템 확립
	국민 참여 확대 및 컨트롤타워 강화
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	4차 산업혁명 대응기반 강화
	국민이 체감하는 혁신 성장동력 육성
	제조업 재도약 및 서비스업 육성

4대 전략	중점추진과제
과학 기술로 모두가 행복한 삶 구현	혁신성장 중추인 중소기업 육성
	과학기술 기반 일자리 창출 강화
	건강하고 활기찬 삶 구현
	안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현
	쾌적하고 편안한 생활환경 조성
	따뜻하고 포용적인 사회 실현

자료 : 과학기술정보통신부. (2018). 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)

□ 4차 산업혁명 대응계획(I-Korea 4.0)

- ‘전 국민이 누리는 4차 산업혁명 시대 구현’을 위해 4대 기본방향을 기초로 4대 핵심전략 수립·발표



자료: 과학기술정보통신부. (2018). ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획’

[그림 2-14] 4차 산업혁명 대응계획(I-Korea 4.0) 비전 체계도

<표 2-18> 4차 산업혁명 대응계획 핵심전략별 세부내용

핵심전략	핵심과제	세부내용
지능화 혁신 프로젝트 추진	지능화 기반 산업 혁신	스마트 의료 ○ 보건의료 데이터 구축, 정밀의료 확산, 의료로봇 상용화, AI 기반 신약개발 혁신 등
		제조업 디지털 혁신 ○ 스마트 공장 확산 및 제조로봇 보급 ○ 제조업의 서비스화 및 3D프린트 활용 촉진
		스마트 이동체 ○ 무인이동체 원천기술확보 및 자율차 상용화 ○ 드론산업 적극 지원 및 자율운항선박 조기도입
		미래형 에너지 혁신 ○ 스마트그리드 전국 확산, 신재생에너지 신비즈니스 창출
		스마트 금융·물류 ○ 엄격한 금융 규제, 물류비 상승 등에 대응, 핀테크 활성화 ○ 스마트 물류센터 확산 등으로 금융·물류 혁신 촉진
		스마트 농수산업 ○ 생산-유통-재해대응 전반의 AI 기반 스마트팜 고도화 ○ 농업·해양 로봇 보급 등으로 경쟁력 제고
	사회문제 해결 기반 삶의 질 제고 및 新성장 촉진	스마트 시티 ○ 도시문제를 효율적으로 해결하는 지속 가능한 스마트시티 혁신 모델·플랫폼 구현
		스마트 복지 ○ AI 기반의 스마트 복지 시스템, 돌보미 로봇, 복지 사각지대 제거 및 차세대 복지 산업 육성
		스마트 환경 ○ 미세먼지 정밀예보, 스마트 상하수도 시스템 구축을 통한 청정국가 실현 및 환경오염·기후변화 대응력 확보
		스마트 안전 ○ 안전사고·생활 범죄 대응, IoT 시설물 유지관리, 지능형 CCTV, 해상 스마트 내비게이션 등 안전체계 지능화로 사고예방 및 피해 최소화
	스마트 국방	○ 지능형 경계 시스템·지능형 지휘 결심 지원체계·정비수요 예측 서비스 등 도입으로 효율적 국방 운영체계 구축 및 군병력 감소에 대응
성장동력 기술력 확보	지능화 기술 경쟁력 확보	○ 산업 수학·뇌과학·양자·나노·소재 등의 기초기술과 연계를 통해 AI·컴퓨팅·로보틱스 등을 고도화 ○ 축적된 기술 역량을 바탕으로 융합이 확산되는 선순환 구축
	혁신성장동력 육성	○ 4차 산업혁명의 지능화 혁신 분야 중 핵심기술을 검토하여 성장동력 과제로 반영하고 맞춤형 집중육성
	R&D 체계 혁신	○ 창의·도전적 연구를 통한 혁신동력 발굴을 위해 연구자 중심으로 R&D프로세스 개편, 국가 연구데이터 플랫폼 구축, 연구소기업 창업 활성화로 R&D 성과 확산
산업 인프라·생태계 조성	초연결 지능형 네트워크 구축	○ 5G 조기 상용화 및 10기가 인터넷망 상용화추진 ○ IoT 전용망 구축을 통한 핵심 네트워크 인프라 확보
	데이터 생산공유 기반 강화	○ 데이터 구축 → 개방 → 데이터 유통·활용 등 전 과정의 국가 빅데이터 지원체계 마련
	신산업 규제 개선	○ 신기술·신규 서비스 창출을 위한 규제 샌드박스 지정 ○ 신산업 분야 혁신 친화적 규제체계 설계
	중소·벤처/지역거점 성장 동력화	○ ICT 융합 클러스터 전국 확산 및 실증·사업화 지역 특구 조성 등 지역기반 지능화 혁신 촉진
미래사회 변화 대응	핵심인재 성장지원	○ 지능화 기술 핵심인재 양성 및 신산업·주력산업 전문인력 교육 확대 ○ 국내 취약분야 해외 우수 인재 전략 유치
	미래 교육체계 혁신	○ 창의·융합형 인재 양성을 위한 미래 교육체계 개편 추진
	일자리 안전망 확충	○ 고용구조 변화 대응하고 유망 신산업으로의 원활한 전직을 위한 취업 지원 강화, 교육 훈련 확대
	사이버 역기능·윤리 대응 강화	○ 사이버 안전망 강화 ○ AI 활용 역기능을 예방하기 위한 인간중심 윤리 정립

자료: 과학기술정보통신부. (2018). ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획’

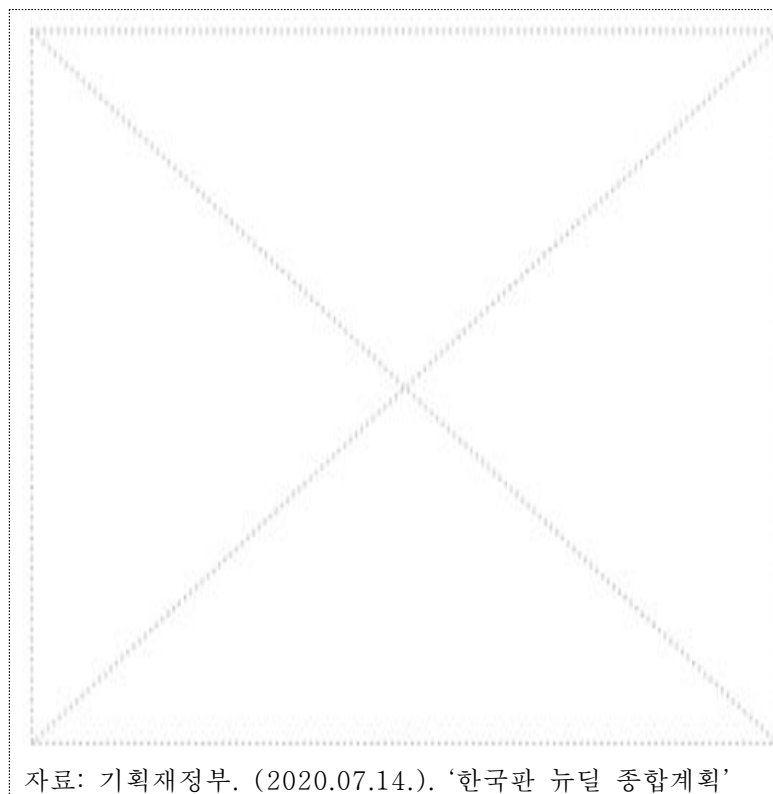
- 4차 산업혁명 관련 기술의 전 산업 적용을 위해 산업별 지능화 기반 확보전략을 수립하고 사회문제 해결을 위한 분야별 적용방안 설정

- 전 산업 및 분야별 세부전략과 더불어 관련 기술·산업·인력 등 확보전략 수립

□ 한국판 뉴딜 종합계획(선도국가로 도약하는 대한민국으로 대전환)

- 추격형 경제에서 '선도형 경제로', 탄소 의존 경제에서 '저탄소 경제로', 불평등 사회에서 '포용 사회'로의 전환을 통해 선도국가로 도약하기 위한 국가 대전환 프로젝트

- 선도국가로 도약하는 대한민국 실현을 위해 3대 정책 방향, 28개 과제(10대 대표과제)선정



[그림 2-15] 한국판 뉴딜 종합계획 비전체계도

<표 2-19> 한국판 뉴딜 종합계획 10대 대표과제

분야	대표과제	세부내용
디지털 뉴딜	데이터 댐	○ 데이터 수집·가공·거래·활용 기반 강화를 통한 데이터 경제 가속화 ○ 5G 전국망을 활용한 전 산업 5G·AI 융합확산
	지능형 정부	○ 5G·블록체인 등 디지털 기술을 활용한 국민 맞춤형 공공서비스 시스템 구축
	스마트 의료 인프라	○ 감염병 사전예방·대응 및 환자의 의료편의 제고를 위한 스마트 의료 인프라 구축
융합과제	그린 스마트 스쿨	○ 에너지 절감시설 설치를 통한 안전·쾌적한 녹색환경 확보 ○ 온·오프 학습공간 구현을 통한 디지털 교육환경 조성
	디지털 트윈	○ 자율차, 드론 등 신산업 기반마련 ○ 안전한 국토·시설관리를 위한 도로-지하공간-항만-댐 대상 디지털 트윈 구축
	국민안전 SOC 디지털화	○ 국민 안전성 및 편의성 제고를 위한 핵심기반시설의 디지털화 및 재난 예방·대응 시스템 구축
	스마트 그린 산단	○ 산업단지의 스마트·친환경 제조공간으로 전환을 위한 스마트화 + 에너지 고효율·저오염화
그린뉴딜	그린 리모델링	○ 공공건축물의 태양광 설치 및 친환경 단열재 교체 등 에너지 성능 강화
	그린 에너지	○ 태양광·풍력(육상·해상) 등 신재생에너지 산업 생태계 육성을 위한 대규모 사업추진 및 설비 보급
	친환경 미래 모빌리티	○ 탄소배출·미세먼지 감소, 글로벌 미래차 시장선점을 위한 친환경 미래 모빌리티 전환 가속화

자료 : 기획재정부, (2020.07.14.), ‘한국판 뉴딜 종합계획’

- (디지털 뉴딜) 데이터 경제 가속화를 위한 5G·AI 활용기반 구축 및 국민맞춤형 공공·의료서비스 시스템·인프라 구축 계획 수립
- (디지털뉴딜 + 그린뉴딜) 4차 산업혁명 기술을 활용한 에너지 절감, 제조 효율화, 안전한 사회 관리 시스템 구축 등의 계획 수립
 - 최근 코로나19로 온라인수업이 진행되면서 야기된 디지털 교육환경 조성 계획 포함
- (그린뉴딜) 친환경 건축물 및 이동수단 확보, 신재생에너지 산업생태계 육성을 위한 추진전략 수립

나. 해외 주요국가별 상위 R&D정책 조사·분석

(1) 미국

☐ 미국 과학기술정책의 특징

- 미국의 과학기술정책 기조는 국가적 임무수행을 위해 모든 과학기술적 자원을 총동원한다는 개념의 ‘임무지향 기초과학기반(Mission-oriented Science based)’ 과학기술정책을 기본으로 삼고 있음
- 기초과학 기반 정책: 과학에 대한 지원은 자동적으로 기술 개발 및 상품 혁신으로 이어진다는 혁신에 대한 단순선형모형(Simple Linear Model)에 기반하여 기초연구에 집중
- 「미국의 혁신 및 경쟁력 강화에 관한 법(2017)」에서 기초연구의 중요성을 재확인하며 투자 확대 추진을 강조
- ※ 연구개발을 위한 행정적·규제적 부담을 완화하고, 과학·기술·공학·수학교육을 진흥하는 한편, 사적분야를 교두보로 활용하고 생산 및 기술 등을 이전할 수 있도록 함

☐ 미국혁신전략(A Strategy for American Innovation)

- 2015년 경제성장 촉진과 국가적 당면과제 해결을 위한 ‘미국혁신전략’ 개정안³⁾을 발표
- 미국 혁신전략 개정안은 연방정부의 역할인 혁신을 위한 3대 요소와 이를 구현할 3대 전략적 계획으로 구성
- 혁신을 위한 3대 요소로 혁신기반(Building Block)에 대한 투자, 민간 혁신활동 촉진, 국민의 혁신성 유인을 제시
- 3대 전략 계획으로는 양질의 일자리 창출과 지속적인 경제 성장, 국가적 당면과제의 해결, 국민과 함께하는 혁신적인 정부 구현수립 제시

3) 국가경제위원회(NEC)와 과학기술정책국(OSTP)이 작성했으며, 첫 발표('09년) 이후 수정('11년)을 거쳐 최종 개정안 발표

<표 2-20> 미국혁신전략 세부내용

구분	세부내용	
혁신을 위한 3대 요소	혁신기반 투자 (Building Block)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 선도적 기초연구 투자 ○ 고품질 STEM⁴⁾ 교육 확대 ○ 혁신경제 추진을 위한 이민자 지원 ○ 사회 기반시설 구축 ○ 차세대 디지털 인프라 구축
	민간 혁신활동 촉진	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발 세액공제 강화 ○ 혁신적 기업가 지원 ○ 혁신을 위한 프레임워크 보장 ○ 정부 데이터 개방 ○ 정부 지원 연구 기술의 상용화 ○ 지역 혁신 생태계 개발 지원 ○ 혁신 기업의 해외 경쟁 지원
	국민 혁신성 유인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인센티브(상금) 제공을 통한 국민 창의성 제고 ○ 제작·클라우드소싱·시민참여형 연구를 통한 국민 혁신성 발굴
3대 전략 계획	양질의 고용 창출 및 지속적 경제성장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 첨단 제조업 분야의 선도적 입지 강화 ○ 미래산업에 대한 투자 ○ 포용적 혁신경제 구축
	국가적 당면과제의 해결	<ul style="list-style-type: none"> ○ Grand Challenges(그랜드 챌린지) ○ 정밀 의학 이니셔티브 투자 ○ 브레인 이니셔티브를 통한 새로운 신경기술 개발 가속화 ○ 의료분야 혁신 추진 ○ 첨단 차량 기술투자 ○ 스마트 시티 구축 ○ 청정에너지기술 활성화 및 에너지 효율성 증대 ○ 교육 기술 혁신 ○ 우주 기술 역량 혁신 ○ 컴퓨팅 분야의 새로운 프런티어 추구(National Strategic Computing Initiative 런칭) ○ 2030년까지 국제적 극빈곤 종식
	국민을 위한 혁신적 정부 실현	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공공부문의 문제 해결을 위한 혁신 Toolkit 도입 ○ 정부 기관 연구소를 통한 혁신 문화 조성 ○ 효과적인 공공 디지털 서비스 제공 ○ 사회 혁신 추진을 위한 근거자료 구축 및 활용
9대 전략적 기회분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 첨단 제조업 ○ 정밀 의학 ○ 브레인 이니셔티브(뇌신경질환의 효과적 진단과 치료 목적) ○ 첨단 차량(자율 주행 기술을 바탕으로 사고율 감소 기대) ○ 스마트 시티(스마트시티 이니셔티브) ○ 청정 에너지 및 에너지 효율성 증대 기술 ○ 교육 기술(ConnectED Initiative를 통해 교육첨단연구사업국(ARPA-ED) 설립) ○ 우주 기술 ○ 첨단 컴퓨팅 기술(HPC, high-performance computing) 	

자료 : A Strategy for American Innovation(2015)

□ 트럼프 행정부 과학기술정책 동향

- 오바마 행정부의 혁신전략 체계의 기조는 트럼프 행정부 출범 이후에도 계승되고 있고, 미국의 R&D 관련 예산은 매년 증가하는 추세이며, 특히 국가안보 등에 관련한 국방 R&D 예산의 비중이 높음
 - 최근 AI와 5G 등 미래기술에 대한 집중적 투자 의지를 표명하며 과학기술 선도국의 지위를 견고히 하기 위한 노력을 하고 있고 의료와 제조업, 우주 영역에서도 지속적인 R&D 투자가 이루어지고 있음
 - 최근 FY2021 과학기술투자 우선순위를 통해 미국의 과학기술 선도국가 지위를 확고히 하기 위한 5대 중점분야와 14대 과학기술 선정
 - 정부 부처와 기관이 다른 분야의 과학기술 기업과 협력하여 성공을 극대화하기 위한 5가지 우선 조치를 시행
- ※ ①고도로 숙련된 다양한 미국 인력 구축 및 활용, ②미국적 가치를 반영하는 연구환경 조성 및 지원, ③고위험·고성과의 혁신적 연구지원, ④데이터 활용, ⑤전략적 다부문 파트너십 구축·강화·확장

<표 2-21> 미국 FY2021 과학기술투자 우선순위 세부내용

5대 중점분야	14대 과학기술	세부내용
국가안보	첨단 군사기술	○ 초음속 무기, 우주 안보 시스템, 핵 억지력 등
	주요 기반시설 복원력 향상	○ 자연재해와 사이버·전자기펄스 공격 등의 물리적 위협에 대비하여 우주 기상 R&D 투자
	반도체	○ Executive Order on Securing the Information, Communications Technology and Services Supply Chain과 같은 기조 유지
	주요 광물자원	○ 희토류 및 주요 광물에 대한 공급망 확보와 더불어 광물의 처리·추출·정제 등 기술개발 투자
미래형 산업	인공지능, 양자정보과학, 양자컴퓨팅	○ 2019 Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence과 2019 National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan에서 제시한 8가지 전략과 함께 진행 ○ 2018 National Quantum Initiative AcP and the 2018 National Defense Authorization Act과 같은 기조 유지
	첨단 통신망과 자율성(Autonomy)	○ 첨단 통신망 개발 및 구축, 육·해·공의 자율운행 차량 관련 시스템 투자, 초음속 항공기 관련 연구개발 투자 등
	첨단 제조업	○ Strategies for American Leadership in Advanced Manufacturing에서 NSTC가 설정한 목표 지원(스마트·디지털 제조, 산업용 IoT·머신 러닝· AI를 가능하게 하는 첨단 산업용 로봇공학 등)

4) 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics)의 앞글자를 딴 용어로 과학기술 분야의 융합형 인재 양성을 위한 교육

5대 중점분야	14대 과학기술	세부내용
에너지 및 환경	에너지	○ 화석연료·핵·재생 에너지 모두 포함
	해양	○ 배타적 경제수역(EEZ)의 자원 효율적 활용, 해양 자원 등에 관한 공공 데이터 확보
	지구과학	○ 작은 뇌우부터 지구의 장기적 변화까지 지구 시스템에 대한 예측가능성 향상
의료 및 바이오 경제혁신	생체의학	○ 오피오이드(opioid) 위기 대처, 전염병 신속 봉쇄, 항균 저항성, 만성질환 예방 및 치료, 유전자 치료, 신경과학, 의료 대책 및 공중 보건, HIV/AIDS 퇴치 등을 위한 투자
	재향군인 건강과 복지	○ 재향군인의 자살 방지를 위한 연구 지원
	바이오경제	○ 생명공학, 체학(Omics), 과학적 수집, 차단방역, 데이터 분석과 같이 제약, 제조, 농업 등 여러 분야의 경제 성장을 견인할 수 있는 R&D
우주탐사	우주탐사 및 상업화	○ 달과 화성의 자원 활용, 극저온 연료 저장 및 관리, 우주 내 제조 및 조립, 첨단 우주 관련 동력 및 추진 능력, 민간 부문 지원

자료 : FY2021. Administration Research and Development Budget Priorities

□ 핵심기술 분야별 정책

- (5G) 미국 내 5G 무선 네트워크 구축을 위한 주파수 대역 개발 및 통신 산업 글로벌 주도권을 확보하는 것을 목표로 5G 이니셔티브 발표
 - 5G 산업을 육성하기 위한 이니셔티브에는 역대 최대 규모의 주파수 할당, 규제 해소, 5G 펀드 조성 등이 포함되어 있으며, 이를 통해 미국 내 일자리 300만개를 만들고, 5,000억 달러의 경제 효과를 창출할 계획

<표 2-22> 트럼프 행정부의 5G 이니셔티브

구분	세부내용
5G 이니셔티브 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요 원칙) 민간투자 우선, 정부는 규제 해소 ○ (주파수 확보) 5G 주파수 3개 대역 동시 경매(미국 역사상 최대 규모) ○ (5G 펀드 조성) 외곽지역 5G망 구축에 10년간 204억 달러 투자 ○ (규제 선진화) 비즈니스 데이터 서비스 도입 등 5가지 규제 선진화 ○ (효과) 일자리 300만개, 5천억 달러 경제 효과 창출
美 통신사업자 5G 서비스 계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ (버라이즌) 2개 지역에서 모바일 5G 서비스 시작(4월) ○ (AT&T) 3개 지역에서 모바일 5G 서비스(2019년 중) ○ (T모바일) 30개 도시 시범서비스 중(2020년까지 전국 확대) ○ (스프린트) 일부 지역에서 모바일 5G 시작(5월)

자료 : 매일경제. (2019.4.14.)

- (AI) ‘인공지능 분야 선도 가속화(Accelerating America’s Leadership in Artificial Intelligence)’에 서명하고 연방기관 예산 편성 시 AI 프로그램을 우선하도록 독려
 - 정부 데이터를 개방하여 R&D를 촉진하는 연구개발, 거버넌스, 일자리 창출, 인프라 구축,

국제협력 분야에 대한 5가지 원칙을 포함한 AI 이니셔티브를 추진 중

- NSTC 산하에 인공지능 특별위원회⁵⁾를 설치하였고, 미국 국방부의 최고 연구기관인 DARPA⁶⁾에서 AI Next 캠페인 추진과 20억 달러의 투자 방안을 수립

<표 2-23> AI 이니셔티브의 5가지 원칙

구분	주요내용
연구개발	연방정부와 산업계, 학계가 공동으로 과학의 새로운 발견과 경제 경쟁력, 국가 안보를 촉진하기 위한 인공지능의 기술 발전을 추진
거버넌스	새로운 인공지능 관련 산업을 창출하고 인공지능 기술 안전 테스트와 적절한 기술 표준을 수립
일자리 창출	근로자들을 교육해 인공지능 기술을 개발하고 적용할 수 있는 기능을 갖추도록 하고 오늘날의 경제와 미래의 작업에 대비
인프라 구축	인공지능 기술에 대한 대중의 신뢰와 자신감을 키우고 그 응용에서 국민의 자유와 프라이버시, 가치관을 보호해 미국 국민의 인공지능 기술에 대한 잠재력을 충분히 발휘할 수 있도록 지원
국제협력	미국의 AI 연구 및 산업을 위해 우방국과의 국제 및 업계 협력을 강화하는 한편, 전략적 경쟁 상대와 적대국들로부터 미국의 기술우위와 인공지능 기술 기반을 보호

자료 : ·KISTEP. (2019.3.15.). 과학기술&ICT 정책·기술 동향 138호

② EU

☐ Europe 2020

- 2008년 경제위기로 인해 드러난 유럽경제의 구조적 약점을 극복하기 위해 2010년에 시작되어 2020년까지 성장과 고용창출을 위한 유럽연합(EU)의 10개년 전략프로그램
- **(목표)** EU의 경제위기 극복을 넘어 유럽성장모델의 보강하고 스마트하고 지속적이며 포괄적인 성장환경 창조

<표 2-24> Europe 2020 5대 전략목표

구분	전략목표
고용률 증대	20-64세 연령대 인구의 75%가 고용될 것
R&D 투자 확대	EU GDP의 3%가 R&D에 투자될 것
기후변화/에너지	‘20/20/20 기후·에너지 전략’ ⁷⁾ 의 목표 달성
교육률 증진	조기퇴교율이 10%이하로 감소될 것과 청년인구의 40%이상이 대학 및 동급의 교육기관 학위를 보유
빈곤 퇴치	빈곤위험에 처하는 인구를 2천만 명 이하로 감소할 것

출처 : Korea-EU Research Center

5) Select Committee on Artificial Intelligence

6) Defense Advanced Research Projects Agency

- 스마트성장(Smart Growth), 지속적 성장(Sustainable Growth), 포괄적 성장(Inclusive Growth)을 전략테마로 설정하고 EU가 추진하는 경제 전략을 구성
 - (스마트 성장) 지식 및 혁신을 기반으로 한 경제개발
 - (지속적 성장) 자원효율, 친환경 및 경쟁력 강화 중심의 경제개발
 - (포괄적 성장) 사회·지역 통합 및 고용확대를 위한 경제개발
- 5대 주요 전략목표 달성을 위해 3대 전략테마별 7개 주도 계획(flagship initiatives)을 설정

<표 2-25> 3대 전략테마별 7개 주도계획 세부내용

전략테마	주도계획	세부내용
스마트성장 (Smart Growth)	혁신 연합 (Innovation Union)	○ 혁신적 아이디어가 상품·서비스화되어 성장 및 일자리 창출을 촉진할 수 있도록 하는 연구혁신 프레임 워크 및 지원금 접근성의 향상
	청년인적자원의 활성화 (Youth on the move)	○ 교육시스템의 성능향상 및 청년층의 노동시장 진출 촉진
	유럽 디지털 아젠다 (A digital agenda for Europe)	○ 고속인터넷의 보급 속도 증가 및 디지털 단일시장의 혜택 확보
지속적 성장 (Sustainable Growth)	자원 효율적인 유럽 (Resource efficient Europe)	○ 저탄소경제 달성을 목표로 한 자원효율성 향상, 재생에너지 소비 확대 등을 통한 경제와 자원소비간의 분리
	글로벌 시대의 산업정책 (An industrial policy for the globalisation era)	○ (중소)기업환경 개선 및 글로벌 경쟁력 강화를 위한 강하고 지속적인 산업기반 개발 지원
포괄적 성장 (Inclusive Growth)	신기술·일자리 아젠다 (An Agenda for new skills and jobs)	○ 노동참여 증가 및 노동수요와 공급의 조절방식 개선을 목표로 한 노동이동성 향상, 전문기술 개발을 통한 노동력 강화 및 노동시장 현대화
	빈곤퇴치를 위한 유럽 플랫폼 (European Platform against Poverty)	○ 사회적·지역적 통합을 통한 성장과 일자리 창출의 혜택 확산 및 빈곤과 사회소외를 겪고 있는 인구의 삶의 질 향상 및 능동적인 사회참여 독려

자료: Korea-EU Research Center

☐ EUREKA(EU 공동연구개발 프로그램)

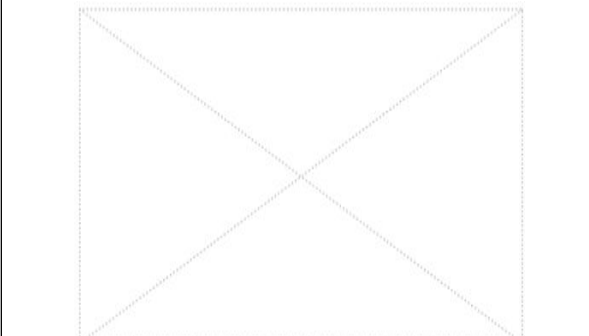
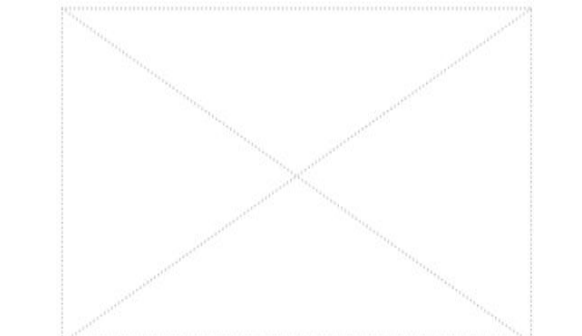
- 중소기업 중심의 시장 지향적 산업기술개발 공동체 조성을 목표로 설립된 범유럽 R&D 네트워크
 - 현재 총 43개국이 가입되어 있으며 4,198개 프로젝트에 297억 3,800만 유로(약 45조 원)가 투자됨
 - 상용화 기술 위주의 국제 공동연구개발 사업을 발굴해 지원하는 프로그램

7) 20/20/20 기후·에너지 전략 : 유럽의 에너지 효율 향상 및 기후변화 대처를 위해 수립되어, 온실가스 배출량 감소, 재생에너지 사용량 증가, 에너지 효율성 향상을 목표로 함

- 우리나라는 2009년 6월 비 유럽국 최초로 준 회원국으로 가입하여 현재 IT분야의 참여가 가장 활발함
- 우리나라의 참여 업체 중 중소기업의 비율은 70%로, 30여 개의 국가(372개 기관)과 협력 중

☐ EUROSTARS

- 유레카(Eureka)에서 진행하는 중소기업 전용 국제 R&D협력 프로그램
 - 중소기업 중심의 시장지향형 R&D프로그램 확대 및 유로스타 회원국간 R&D 투자효율성 제고에 목적을 두고 운영 중
 - ※ EU집행위원회(펀드지원)와 유레카사무국(관리·운영)이 공동으로 운영하고 있으며 사업규모는 약 12억 8,400만 유로
- 기술분야에서는 생명공학·의약분야(32%)와 ICT분야(32%)가 가장 높은 예산비중을 차지하고 있으며, 시장분야에서는 생명공학·의약분야(38%)로 가장 높은 예산 비중을 차지함

기술분야	시장분야
	

[그림 2-16] 각 분야별 예상 비중

③ 독일

☐ 국가 과학기술 정책기조

- 독일은 ‘연방기본법’과 과학기술 정책지침인 ‘하이테크전략’에 근거한 R&D정책을 추진 중
 - (연방기본법) 연구·학문의 자유를 보장하며, 연방정부와 주정부의 공조 지원을 규정하고 대학에 대한 시설건설과 운영비 펀딩 등을 규정
 - (하이테크 전략) 연방정부의 연구개발 혁신전략인 ‘하이테크전략’(2006년)을 중심으로, 2010년과 2014년에 개정된 독일 최초 범부처 전략이며, 기술개발, 펀딩, 연구개발 시스템에 이르는 과정을 규정

□ 주요 과학기술 정책

- 연방교육연구부는 ‘하이테크전략(’06년)’의 성과에 대한 긍정적인 평가를 바탕으로 ‘하이테크전략 2020(’10년)’, ‘신 하이테크전략(’14년)’으로 과학기술 전략을 고도화 함
- 정책 전략을 구체적으로 실행하기 위해 연방경제에너지부는 ‘인더스트리 4.0(’12년)’, ‘스마트 서비스 벨트(’14년)’, ‘디지털전략 2025(’16년)’을 발표
- ※ ‘하이테크전략’은 독일정부의 이노베이션과 산업경쟁력 강화를 위한 국가 기본전략을 설정

<표 2-26> 독일 과학기술 혁신전략 및 실행계획

부처	실행계획	주요내용
연방교육 연구부 (BMBF)	하이테크전략 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 독일 혁신과 산업경쟁력 강화를 위한 국가전략 ○ 혁신을 연방정부 정책의 중심에 놓고 범부처 차원의 공통 목표 설정
	하이테크전략 2020 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 지구적 당면과제 해결을 위한 독일 과학기술 역할 강조 ○ 5대 중점과제 및 10대 프로젝트 개발 발표
	하이테크전략 2020 실행계획 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 혁신정책을 실현시키는데, 결정적으로 중요한 10대 프로젝트를 최종 확정 ○ 10대 미래프로젝트에 ‘인더스트리4.0’ 새로 포함
	신 하이테크전략 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기 추진된 과학기술혁신에서 진화한 2015년 이후의 과학기술 혁신 정책의 기본방향 제시 ○ 혁신 파급력이 높은 6대 우선과제 육성, 산·학 협력 강화, 창업지원을 포함한 중소기업 역량 강화 추진
연방경제 에너지부 (BMWi)	인더스트리 4.0 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 제조업 가치사슬에 ICT 기술을 결합하여 독일 제조업의 스마트화 및 서비스화를 통한 새로운 비즈니스 모델 창출
	스마트 서비스벨트 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인더스트리 4.0을 기반으로 여러 산업분야에 사물인터넷을 확대·적용 하여 세계 인프라 시장 주도 ○ 중소기업을 중심으로 이업종 간 융합·연계를 통한 새로운 서비스와 부가가치를 창출하기 위한 전략
	디지털전략 2025 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 경제로의 이행을 촉진하기 위한 정책 우선순위와 정책목표 이행을 위한 영역별 정책목표 제시 ○ 디지털화의 10대 주요이슈에 대한 정책적 목표와 우선순위를 설정 하고 현황분석 및 개선방향 제시

자료 : 독일 연방교육연구부(www.bmbf.de)

④ 일본

□ 제5기 과학기술기본계획(2016~2020)

- 지속성장과 발전, 국가과제 해결, 안전하고 풍요로운 국민생활 실현 등을 추구하기 위한 4개 영역 및 실천과제 구성
 - **(미래 산업구조와 사회변혁에 대한 대응)** 미래 산업구조 변화에 대응하기 위하여 미래지향적·도전적 연구개발 투자를 확대하고, 일본의 강점기술과 ICT 신기술의 융합을 통해 초스마트사회(Society5.0)를 실현
 - ※ 초스마트사회(Society5.0)는 제5기 과학기술기본계획에서 제시한 정보사회에 이은 새로운 경제사회 모습
 - **(경제·사회 과제 대응)** 국민이 안전·안심하고 생활할 수 있도록 지구규모과제 및 경제·사회과제에 대응하여 지속가능 사회를 실현
 - **(기초 역량의 육성 강화)** 과학기술 인재 육성을 기반으로 기초역량을 강화하고 연구자금의 개혁을 추진
 - **(인재·지식·자금의 선순환 유도 시스템)** 인재·지식·자금의 선순환 시스템을 구축하여 도전적 기업창출, 지역 활성화, 글로벌 수요 선점에 기여

<표 2-27> 제5기 과학기술기본계획 4개 영역별 실천과제

영역	실천과제
미래 산업구조와 사회변혁에 대한 대응	<ul style="list-style-type: none"> ○ [1-1] 미래지향적·도전적 연구개발에 대한 투자 및 인재 강화 ○ [1-2] 초스마트사회(Society5.0) 실현(서비스·사업의 시스템화 및 시스템화 인재 육성) ○ [1-3] 초스마트사회 경쟁력 강화 및 기초기술 강화(일본 강점기술과 IoT, 빅데이터, 수리과학, AI, 사이버보안기술 간 접목)
경제·사회 과제 대응	<ul style="list-style-type: none"> ○ [2-1] 지속성장과 지역사회의 자율 발전 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지·자원·식량의 안정적 확보 - 초고령화·인구감소에 대응하여 지속 가능한 사회 실현 - 산업경쟁력 및 지역 활력 향상 ○ [2-2] 안전하고 안심할 수 있는 생활 실현 <ul style="list-style-type: none"> - 자연재해, 식품안전, 생활환경, 노동위생, 사이버보안, 국가안전보장 등 ○ [2-3] 지구 규모 문제 대응 및 세계발전에 공헌 ○ [2-4] 국가전략 상 중요한 프런티어 개척
기초 역량의 육성 강화	<ul style="list-style-type: none"> ○ [3-1] 과학기술 인재의 육성과 유동화 <ul style="list-style-type: none"> - 지식 전문가의 활약 촉진 - 젊은 전문가 양성·확보 및 활동 촉진 - 과학기술이노베이션 인재가 다양한 곳에서 활약할 수 있도록 기반 구축 - 인재양성 시스템을 담당하는 주체의 의식개혁 - 인재의 유동화, 국제 두뇌 순환의 추진, 다양한 인재의 활용 촉진 - 차세대를 담당할 인재 육성 및 저변 확대

영역	실천과제
	<ul style="list-style-type: none"> ○ [3-2] 지식기반의 함양 <ul style="list-style-type: none"> - 이노베이션 원천으로 학술연구와 기초연구 추진 - 횡단적·기초적 과학기술의 강력한 추진, 지식기반으로 연구 환경 정비 ○ [3-3] 자금 개혁의 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 기반적 경비의 개혁, 공모형 연구자금의 개혁, 국공립대학의 개혁 및 연계된 연구자금의 개혁
인재·지식·자금의 순환 유도 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ○ [4-1] 오픈 이노베이션 추진을 위한 조직 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 오픈이노베이션 추진을 위한 환경정비 - 연구성과의 활용·재이용으로 이노베이션 창출을 가속화 하는 정보기반 구축 ○ [4-2] 신규사업에 도전하는 중소 벤처기업 창출 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 기업가 정신을 가진 인재의 육성, 대학벤처 창출 등 ○ [4-3] 국제 지적재산의 표준화와 전략적 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 이노베이션 창출을 위한 지적재산의 활용 촉진 - 전략적 국제표준화의 가속 및 지원체제의 강화 ○ [4-4] 지방창조를 위한 과학기술이노베이션의 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 지역기업의 활성화, 지역 특성을 살린 이노베이션 시스템의 구축 - 지역이 주체가 되는 시책의 추진 ○ [4-5] 글로벌 수요를 선도하는 연구개발 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 수요를 선점하는 연구개발 추진 - 포괄적 혁신(Inclusive Innovation)을 추진할 수 있는 체제 구축

☐ 통합이노베이션 전략(2019)

- 대학개혁, 전략적 연구개발, 정부사업 혁신화를 위한 ‘Society 5.0 실용화, 및 창업 강화’, ‘연구역량 제고’, ‘국제협력 강화’, ‘최첨단분야 중점전략 추진’ 등 4개 핵심분야 선정
 - 스마트 시티 실현을 통해 Society 5.0 본격 사회 구현
 - 연구개발형 스타트업 지원을 위한 정부사업 및 제도 혁신을 통한 환경 정비
 - 연구력 강화에 필요한 인재, 자금, 환경 개혁
 - 인간중심 사회 실현을 위해 일본의 문화 강점을 살린 혁신 및 사고방식 전파

<표 2-28> 통합이노베이션 전략 2019 개요

주요 추진전략		주요내용
지식원천		<ul style="list-style-type: none"> ○ Society 5.0 데이터 연계기반 정비 본격화 ○ 주요아키텍처 구축(스마트시티 지리데이터 분야 선행) ○ NII 중심 연구데이터 저장소 정비, 연구 데이터 관리·활용 정책 ○ 과학기술 관계 예산 분석 등을 위한 증거 시스템 구축
지식창조	혁신 생태계 창출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 분야 젊은 연구자 활약 지원 ○ 대학의 경영역량 강화 ○ 초중등 교육 내 ICT 활용
	전략적 연구개발 추진	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파괴적 혁신 연구개발(문샷형) ○ SIP, PRISM 등 사회구현 목표 연구개발
지식사회 구현	Society 5.0 구현 (스마트 시티)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부 활동본격 실시 ○ 민관 협력 플랫폼 구축 ○ 슈퍼시티 구상 실현
	창업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 창업환경 강화(대학, 민간조직 등)
	정부사업·제도 혁신화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부 사업·제도 등 혁신 확대 ○ 공공조달 지침보급
지식 국제 전개	SDGs달성을 위한 과학기술혁신	<ul style="list-style-type: none"> ○ G20을 통한 로드맵의 기본구상 공유 ○ 국제 전개를 위한 플랫폼 구축
	국제 네트워크 강화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국제 스마트시티 연합 틀 구축 ○ 국제연구개발 거점 조성(생명공학, 양자기술) ○ 국제 공동 연구 기반 강화 ○ 국제 오픈 사이언스 추진을 위한 G7협력
중점 강화분야	기초기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI(인력양성, 네트워크 구축 등) ○ 생명공학(로드맵 수립, 바이오 뱅크 구축 등) ○ 양자기술(혁신전략 수립, 연구개발 거점 조성 등)
	응용기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경·에너지(환경 혁신전략 수립) ○ 안전·안심(기술요구-시즈 매칭, 자원배분) ○ 농업(스마트농업 실현) ○ 기타(위성데이터, 해양데이터, 우주벤처 등)

자료 : 글로벌 과학기술정책정보 서비스(now.k2base.re.kr)

3. 사회적 문제와 거대난제 발굴 및 대응 현황

가. 난제의 개념 및 특성

☐ 선행연구에서의 난제(wicked problems) 정의

- 문제가 발생하면 문제의 현상을 조사하고 원인을 밝힌 뒤 과학적 지식을 바탕으로 비용이 적게 들면서 가장 효율적인 해결책을 선택하여 실행하는 일련의 선형적인 과정을 거쳐 왔음
- 그러나 점차 문제가 복잡해지고 사회 구성원의 이해관계가 미묘하게 얽히면서 과거의 성공적인 문제 식별, 진단, 해결 과정은 더 이상 유효하지 않은 접근 방법이 되고 있음
- Rittel & Webber(1973), 박치성·백두산·정창호(2018)
 - 기계적 합리성으로 해결하기 어려운 문제를 난제라고 정의하고 그 배경에는 가치의 다원화로 인한 사회적 맥락이 변화하고 있음을 지적
 - 도시계획에서 직면한 문제들이 과학과는 다른 난해함을 지니고 있음을 파악하고 이를 난제(Wicked problems)라는 용어로 표현
 - 잘 정의되고, 명확히 분리될 수 있고, 솔루션(Solution)을 발견할 수 있는 자연과학에서의 문제들과는 달리 공공 정책과 같은 정부 계획의 문제는 불명확하고 해결책(Resolution)이 애매하여 정치적 판단에 의존하며 결코 완전히 해결되지 않아 반복해서 갈등을 해결(Resovle)해야 하는 성질의 것
 - 난제란 사회문제나 거의 모든 공공정책에서 다루는 이슈를 지칭
- Conklin(2005)
 - 자동차 설계를 사례로 6가지 난제 특성 제시 및 범위를 산업으로 확장
 - i) 해결책이 개발될 때까지 문제를 모르고, ii) 난제를 멈출 수 있는 해결책이 없고, iii) 해결책은 옳고 그름의 문제가 아니며, iv) 모든 난제는 독특하고, v) 해결책 시행은 일회성에 그치고, vi) 난제는 대안이 없다는 것
- Roberts(2001)
 - 난제란 현재의 분석 방법으로는 해결책을 내놓을 수 없는 문제
 - (4가지 난제 특성) i) 문제를 정확히 진단할 수 없고 사실상 문제가 무엇인지에 대한 광범위한 이견이 있음, ii) 문제에 대한 명확한 진단 없이는 해결책 탐색이 끝이 없음, iii) 자원과 정치적 영향력과 같은 제약이 지속적으로 변화되기 때문에 문제 해결 절차가 복잡함, iv) 다양한 이해관계자가 출몰하고 그들의 입장이 변하고, 의사소통에 실패하거나 문제를 풀 규칙이 변함
- Camillus(2008)
 - 난제란 조직이 끊임없는 변화나 전혀 없는 도전에 마주했을 때 발생

- i) 많은 이해관계자가 관여된 문제, ii) 근원이 복잡하고 뒤얽힌 문제, iii) 이해되기 어렵고 문제를 해결하려고 시도할 때마다 바뀌는 문제, iv) 선례가 없는 문제, v) 정답이 없는 문제로 정의

○ OECD(2016)

- 난제란 역동적이고 체계적이지 않고 영구적이며 우리가 살고 있는 세상의 복잡성 (Complexity)을 반영한 사회적 문제이면서 그 정의가 어렵고 다른 사회적 문제들과 얽혀 있으며 많은 이해관계자들이 관여된 문제

○ Weber & Khademian(2008)

- 난제란 i) 문제가 너무 복잡해서 구조화하기 어렵고, ii) 문제가 다양한 영역과 정책 영역에 걸쳐 중첩돼있으며, iii) 끝이 없는 문제로 정의
- 난제를 효과적으로 관리하기 위해서는 광범위한 지식을 활용하고 난제의 복잡성을 해결할 수 있는 새로운 지식 기반을 개발하며, 협력을 전제로 지식을 이전·수신·통합하는 노력 필요

○ Peters(2017)

- Rittel and Webber(1973)에 의해 명백하게 제시된 난제의 특성 외에 난제는 여러 이해관계자들(actors)이 포함되며 사회적이고 정치적으로 복잡함

□ 국가 난제 정의 및 특성(STEPI, 2019)

- (정의) 문제 지속시간이 길어 고착화되었으며 원인 규명이 모호한 것, 다수의 이해관계자가 존재하여 이해관계자 갈등이 심화되어 교착된 상태, 문제의 복잡성이 높고 Policy mix를 통해 해결 가능, 다양한 해결책이 있을 수 있으나 완전 해결이 불가능한 특징을 지닌 문제 유형을 말하며, 이러한 특징을 지닌 국가수준의 문제
- (특성) 국가 난제는 많은 이해관계자가 얽혀있으며 문제의 복잡도가 높아 보다 넓은 범위에서 문제가 논의되고 해결되어야 함
 - 특히 과학기술정책 분야 국가 난제 문제해결의 목표는 공공의 선, 공공재적 성격을 지니기 때문에 문제해결을 위해서 단순히 과학기술 측면에서만 이뤄지는 것이 아니라 인문사회학적 접근도 함께 필요

나. 난제 사업의 비교

<표 2-29> 난제 사업 간의 비교

구분	과학난제	산업난제 (알키미스트 프로젝트)	사회문제해결형 R&D
정의	그 동안의 과학기술 지식으로는 풀지 못한 문제, 또는 인력, 기술, 자본 등의 이유로 시도하지 못한 주제, 그리고 현재 인류에게 닥친 위기 중 과학적으로 해결해야 할 숙제 등	성공 가능성이 낮지만 미래 세대를 위한 산업의 난제에 도전하는 고난도 기술개발 과제	일상생활에서 발생하는 사회문제 해결을 통해 건강·안전·편의 등 삶의 질을 향상시키는 R&D
발생 원인	기술문제	기술문제	사회문제
진단	현상	현상	현상
대안	과학기술	과학기술	과학기술
	세상을 바꾸는 도전형 R&D (기초원천기술개발)	미래 산업을 위한 고난도 R&D (산업기술개발)	국민 삶의 질 향상
	3대 분야(생명과학, 지구과학, 미래기술)	5대 분야(자동차, 로봇, 첨단장비, 신재생에너지, 에너지효율)	건강, 환경, 문화여가, 생활안전, 재난재해, 에너지, 주거교통, 가족, 교육, 사회통합

자료 : STEPI. (2019).

다. 난제 발굴 및 대응에 대한 정책적 함의

- ☐ 사회적 문제 및 거대난제의 원인과 진단, 그리고 해결방안 모색 과정에서 다학제적 관점 필요
 - 학제와 분야를 초월하여 다양한 분야 전문가들이 참여하는 지식 네트워크는 국가 난제와 같이 복잡하고 고착화된 문제를 해결하기 위한 좋은 연구 조직의 출발점 역할 수행 가능
- ☐ 정부 난제사업 결과에 대한 대국민 확산 활동 전개 필요
 - 다양한 분야의 커뮤니티 활동을 통해 전문가들이 거시적 통찰력을 획득하고 온라인 플랫폼 등을 활용한 국민과의 소통으로 다양한 융합주제 도출 및 R&D 과제화 가능 협업 환경 구축
- ☐ 사회적 문제 및 거대난제 해결·관리에 초점을 맞춘 특화된 방법론 개발 필요
 - 다양한 문제가 복합적으로 결부되어 있는 국가 수준의 난제를 해결하고 모니터링하기 위해서는 난제에 특화된 방법론 개발 필요

제2절 관련 R&D 사업 추진 현황

1. 사업 현황

가. 산업통상자원부 알키미스트 프로젝트

□ 알키미스트 프로젝트 개요

- ‘알키미스트* 프로젝트’는 산업의 난제에 도전하는 중대형 연구개발 사업으로 2019년 6월 발표한 「제조업 르네상스 비전 및 전략」에서 밝힌 ‘고난도 도전적 R&D 확대’ 방향에서 추진하는 사업
 - * 알키미스트(Alchemist, 연금술사) : 중세 시대 값싼 금속으로 금을 만들려고 시도한 연구자 → 목표달성에 실패했지만 그 과정에서 현대화학의 발전 기틀 마련 및 화학산업 발전에 기여
- ‘미래 산업 판도를 뒤흔들 대담한 기술적 도전’, ‘향후 10~20년 내에 산업의 판도를 바꿀 수 있는 게임체인저(Game Changer)로서 강력한 산업적 파급력을 가진 기술개발’이라는 목표를 명시
 - (‘19년도) 그랜드챌린지 발굴위원회*가 도출한 17개 후보 과제 중 대국민 공청회 및 선호도 조사를 거쳐 산업적 파급력과 기술적 혁신성, 사회적 관심도 등을 고려하여 전문가 심의를 통해 최종 6개 과제선정
 - (‘20년도) 제2기 그랜드챌린지 발굴위원회**가 발굴한 후보 테마 중 도전성, 혁신성, 산업적 파급력, 글로벌 리더십, 사회적 관심도 등을 고려하여 전문가 심의를 통해 최종 10개 테마선정
 - * ①자동차, ②로봇, ③첨단기계·장비, ④신재생에너지, ⑤에너지효율향상 등 5개 분과 60여명의 전문가로 구성된 알키미스트 프로젝트 과제 발굴·기획단(‘19.3.26. 발족)
 - ** 인문·기술 등 다양한 분야의 총 16인의 전문가로 구성(인문 6인, 기술 10인, 위원장 민동준 연세대 교수)
- 전형적인 연구개발 사업과는 달리, 산업의 난제라는 기술개발 목표만 제시하고 구체적인 방법론은 수행기관이 자율적으로 다양하게 제시 가능
 - 기술개발의 목표만을 제시하는 ‘난제정의서(테마정의서)’만을 제시, 기존의 연구개발 과제에서 제시하는 기술적 스펙 등이 포함된 제안요청서(Request for Proposal, RFP)가 없는 형태
 - ‘20년도에는 목표·기술이 모두 정해진 과제 대신, 과제 상위 단계인 ‘테마’를 공고하고 각 테마별 상세 과제는 연구자가 자유롭게 제안하도록 함
- 알키미스트 프로젝트는 도전적 연구개발이라는 취지에 맞게 1) 수행기관 공개 선정, 2) 경쟁형(토너먼트 방식) 연구수행, 3) 성공·실패 판정 폐지 등 기존 산업기술 연구개발 사업과 차별화된 평가·관리 방식을 도입

- '20년도에는 위의 기본 틀을 유지하며 보다 도전적이고 창의적인 과제 발굴을 위해
1) 테마 공고, 2) 개념연구 도입, 3) 3단계 경쟁형 연구 등으로 수행 방식을 보완

□ 지원 분야

- '19년도에는 4개 분야(신재생, 에너지 효율향상, 자동차, 로봇), 6개 과제를, '20년도에는 4개 분야(인간, 사회, 산업, 지속가능성), 10개 테마, 60개 과제선정
- '20년도에는 현재 기술 기준으로 미래 기술을 예측하는 방식이 아닌, 인간이 추구하는 미래 가치, 욕망을 토대로 미래 사회를 그려본 후, 이를 실현하기 위해 필요한 기술을 테마로 도출

□ '19년도 과제 세부내용

- (자동차 분야) 1분 충전 600km 주행 전기차
 - 친환경 전기자동차의 도입 필요성이 증대되고 있으나 상대적으로 긴 충전시간과 짧은 주행거리가 소비자 수용성 제고 및 시장 확대의 제약요인으로 작용
 - 1분 이내 급속충전기 가능하며, 1회 충전으로 600km 이상 주행 가능하도록 하는 전기자동차용 이차전지 기술로, trade-off 관계에 있는 에너지밀도와 출력특성을 동시에 해결할 수 있는 돌파구를 제시하는 대안 기술개발이 목표
- (자동차 분야) 공기정화 자동차(대기 중 미세먼지 저감을 위한 공기청정 모빌리티)
 - 미세먼지로 인한 도심지의 대기오염 완화를 위한 대책 마련이 필요하여 주행 중인 차량에서 바로 미세먼지를 저감할 수 있는 시스템을 개발하여 공기 질을 개선하는 것을 목표로 함
 - 기존 미세먼지 포집 및 정화 기술의 에너지 소모량이 크기 때문에 이를 최소화하면서 대기 중의 미세먼지를 제거할 수 있는 신개념 차량용 정화시스템 개발이 목표
- (로봇 분야) 100m를 7초에 주파하는 로봇 슈트
 - 노화와 장애로 저하된 인간의 근력과 운동 속도를 로봇기술로 보완하고자 하는 로봇 슈트 연구가 활발하며 이에 대한 수요는 확대될 전망
 - 최대운동속도, 구동력(힘), 에너지(파워) 효율, 반응속도, 무게 및 착용성에 대해 개별적으로 진행 중인 로봇슈트 연구를 통합하여 실질적으로 인간의 운동능력을 증강할 수 있는 새로운 개념의 로봇슈트 개발이 목표
- (신재생 분야) 실리콘 태양전지의 이론 한계효율(30%)을 극복하는 슈퍼 태양전지
 - 상용화된 실리콘 단일접합 태양전지 효율은 22~26% 수준이며 이미 효율한계에 접근했음
 - 기존 결정질 실리콘 태양광 산업적 기반을 활용하여 차세대 시장을 선점할 광 이용 기술을 극대화한 효율 35% 이상 이중접합 태양전지 개발이 목표
 - 중국이 선도하는 기존 시장을 뒤흔들 수 있는 상용화 가능한 독창적 소재와 기술이 필요하며 셀 재료는 제한을 두지 않으나 재료 및 공정 측면에서 가격경쟁력을 가져야 함

○ (신재생 분야) 투명한 태양전지

- 불투명하고 정형화되어 응용성에 제한이 있는 기존 실리콘 기반 태양전지의 한계를 극복할 수 있는 투명 태양전지 기술개발이 목표

○ (에너지 효율향상 분야) 카르노 효율 한계에 근접하는 히트펌프 기술

- 폭염과 혹한으로 인한 전기사용량의 피크부하가 폭증했으나 현재 주류기술인 증기압 축식 히트펌프의 효율 개선은 한계가 있음
- 기존 히트펌프와 동일한 수준의 소재 내구성을 가지며 기존 히트펌프와 호환 가능한, 2배 이상의 효율을 가진 새로운 히트펌프 기술개발이 목표

<표 2-30> 2019년도 신규지원 과제 목록

분야	과제명		주요 내용 및 의미
자동차	1	1분 충전 600km 주행 전기차	현(現) 내연차 중심의 자동차 산업의 급속한 와해와 전기차 시장으로 재편 가능, 전기 항공 등 타 수송산업에도 큰 파급력
	2	실외 공기정화 자동차 (대기 중 미세먼지 저감을 위한 공기청정 Mobility)	주행 중 배출 미세먼지 보다 많은 양의 미세먼지를 정화하여 획기적인 실외 미세먼지 대책으로 기능
로봇	3	100m를 7초에 주파하는 로봇슈트	인체 움직임에 대한 빠른 반응력, 높은 운동 속도, 큰 보조력을 지닌 로봇슈트로, 인간의 운동능력 한계 등을 획기적으로 개선
신재생	4	유리창형 투명 태양전지	가시광선 투과율 70%, 발전효율 12% 이상인 태양전지로 건물 유리창에서 발전이 가능, 태양광 발전을 획기적으로 확산
	5	이론 한계효율을 극복한 슈퍼 태양전지	실리콘 태양전지의 이론적 발전효율(30%)을 능가한 태양전지(35%↑)로서 가격경쟁력을 앞세운 중국 산업을 근본적으로 초월
에너지 효율 향상	6	카르노 효율 한계에 근접한 히트펌프	초고효율 히트펌프*로서 기존 냉난방 기기의 소비전력(전기요금)을 50% 이상 감소시키며, 냉난방기 산업 재편 가능 * COP(Coefficient of performance, 성능계수 : 이동시킨 열량/사용된 일)>10 (실외35℃, 실내27℃ 기준)을 만족하는 히트펌프

자료 : 산업통상자원부. (2019). “산업기술개발과 알키미스트 프로젝트 공고” 표 일부 수정

□ ‘20년도 테마 세부내용

○ (인간 분야) Brain to X(B2X)

- 우울증, 조현병 등의 정신질환 치료 및 인구 고령화에 따른 치매 예방을 위한 뇌 기능 직접 모니터링과 뇌 자극 시도 확산
- 사람의 생각만으로 외부기기를 제어하거나 타인과 소통할 수 있고 인지 기능 강화가 가능한 쌍방향 신경 인터페이스인 B2X 기술개발이 목표
- IoT와 연동한 스마트 홈 시장, 차세대 모빌리티 산업과 연계 가능하며 뇌질환 조기진단 및 치료에 활용하여 의료시장으로 확대 가능

○ (인간 분야) 신체 보호형 스마트 슈트

- 최근 유해환경 및 오염·질병원으로부터 인체를 상시 보호하는 기술의 필요성이 크게 증대

- 유해물질을 자동으로 감지하여 인체를 상시 보호할 수 있는 경량 소프트 웨어러블 스마트 수트 기술개발이 목표이며 추가적으로 인체 능력을 향상시키거나 재해나 사고 상황에서 비상구호 시스템으로 발전 가능
- (인간 분야) 유전자 자가교정 및 치유조절 기술
 - 기존의 CRISPR-Cas 기반 기술을 혁신적으로 확장시키거나 이를 돌파할 수 있는 새로운 유전자 교정 및 치료기술 개발이 목표
- (인간 분야) 면역거부반응이 없는 소프트 임플란트
 - 뼈, 치아, 관절과 같은 기관과 달리, 소화, 호흡, 순환 등에 관여하는 부드러운 장기는 생물학적 대체품이 전무한 상태이나 세계적인 인구 고령화로 임플란트 산업에 대한 수요는 증가하고 있음
 - 모듈화된 장기란 인체 내 면역거부반응 없이 이식되어 목표 장기의 핵심적인 기능을 수행할 수 있는 다중세포 조직체를 뜻함
 - 수준 높은 바이오공학기술과 다양한 임상 사례를 활용하여 임상적용 및 산업화가 가능한 모듈화된 장기 기술개발이 목표
- (사회 분야) 오프더그라운드(off-the-ground, OTG) 모빌리티
 - 세계적으로 주요 도시가 거대화됨에 따라 야기된 교통 및 환경 문제를 해결하기 위한 신개념 교통수단에 수요가 증대
 - OTG 모빌리티는 표면에서 뜬 상태로 사람이 탑승 또는 조종하여 이동할 수 있는 초근거리, 1인용 소형 이동수단을 의미
 - 대중화된 주요기술이 없는 초기의 신산업으로 지상과의 비접촉을 위한 동력원의 개발이 필요하며 OTG 모빌리티의 소형화, 경량화, 에너지 고밀도화, 안전성 등의 문제를 통합적으로 고려해서 개발해야 함
- (사회 분야) In-Situ(현장형) 바이러스 검출 및 분석 시스템
 - 신종 전염병 발생 빈도수가 증가하며 공항, 항만 등 현장에서 신속, 정확한 검사의 필요성 증가
 - 신종 바이러스 및 재출현 바이러스, 체내 유입 바이러스, 표면 바이러스 등 다양한 바이러스를 타겟으로 신속한 검출과 분석이 가능한 혁신적인 진단 시스템의 개발을 목표로 함
- (산업 분야) AI 기반 초임계 소재
 - 신소재 개발에 소요되는 시간을 혁신적으로 줄일 필요성이 대두되며 소재 개발 분야에서 AI 적용이 시도되고 있음
 - AI 기반으로 소재의 공정, 특성 등을 통합 설계하여 이론 물성의 임계치(70%) 이상을 갖는 소재를 개발할 수 있는 플랫폼 개발이 목표
- (산업 분야) 분자 레벨 프린터
 - 폭염과 폭한으로 인한 전기사용량의 피크부하가 폭증했으나 현재 주류기술인 증기압

축식 히트펌프의 효율 개선은 한계가 있음

- 기존 히트펌프와 동일한 수준의 소재 내구성을 가지며 기존 히트펌프와 호환 가능한, 2배 이상의 효율을 가진 새로운 히트펌프 기술개발이 목표

○ (지속가능성 분야) CO2 Free 저가 수소 생산

- 수소 제조-산업-민간부문 등 3대 축에 CO2 Free 수소 제조기술을 제공함으로써 기존의 소극적 온실가스 감축이 아닌 근본적으로 환경비용을 제로화 할 수 있는 파괴적이고 경제적인 수소 신산업 창출

○ (지속가능성 분야) 아티피셜 에코 푸드

- 소, 돼지, 닭, 어류 등의 세포배양 연구가 증가하고 있으며 시장에 세포배양육 출시를 위한 기술력이 축적되고 있음
- 아직 상업적인 생산단계까지 상용화되지 않았으나 대량생산체제를 위한 세포주, 배지, 바이오리액터, 제품 품질 개선 마련 등의 연구가 다양하게 수행될 것으로 예측
- 자체적 세포배양육 기술을 획득하기 위한 집중 투자를 통해 식량안보 및 환경오염에 대한 대응책을 마련하는 것이 목표

<표 2-31> 2020년도 신규지원 테마 목록

	미래가치	인간육망	테마명		주요 내용
인간	인간-사물 협업	소통	1	Brain to X(B2X)	생각만으로 외부기기를 제어하거나 타인과 소통할 수 있는 쌍방향 신경 인터페이스
	증강인간	신체 보호	2	신체 보호형 스마트 수트	유해물질(바이러스, 유독가스, 미세먼지 등)을 자동으로 감지하여 인체를 상시 보호할 수 있는 경량 소프트 웨어러블 수트
	장생인간	무병 장수	3	유전자 자가교정 및 치유조절 기술	세포 내에서 질병 유전자를 감시하고 자가 교정하여 질병의 발병을 예방하거나 치료하는 기술
			4	면역거부반응이 없는 소프트 임플란트	다중 세포로 구성되며, 인체 내 면역거부반응 없이, 부드러운 장기기능(하드타입(뼈, 치아, 관절) 제외)을 대체·보완할 수 있는 ‘모듈화 된 장치’
사회	교통	편리함, 즐거움	5	오프더그라운드(Off-the-Ground, OTG) 모빌리티	표면에서 뜬 상태로 사람이 탑승 또는 조종하여 이동할 수 있는 초근거리 신개념 이동수단
	안전	안전함	6	In-Situ(현장형) 바이러스 검출 및 분석 시스템	신종 전염병 등 고전파성·고위험성 바이러스의 신속 검출·분석 및 혁신 진단 시스템
산업	제조혁신	맞춤형 생산	7	AI 기반 초임계 소재	AI 기반으로 소재의 공정·특성 등을 통합설계하여 이론 물성의 임계치(70%) 이상을 갖는 소재 개발
			8	분자 레벨 프린터	원자 혹은 분자 스케일로 2차원(대면적) 또는 3차원 형태의 구조물을 형성할 수 있는 분자 레벨 프린팅 기술 및 제품
지속가능성	Extreme CO ₂	탄소 Free	9	CO ₂ Free 저가 수소 생산	경제성이 탁월한 CO ₂ FREE 저가 그린수소 대량생산 기반기술 및 공정
	에코푸드	친환경 식량	10	아티피셜 에코 푸드	식량안보 및 환경오염 대응이 가능하고, 축육 세포기반 동물성 영양성분 함유 가공식품 개발

자료 : 산업통상자원부. (2020). “2020년도 산업기술 알키미스트 프로젝트 신규지원 대상과제 공고”

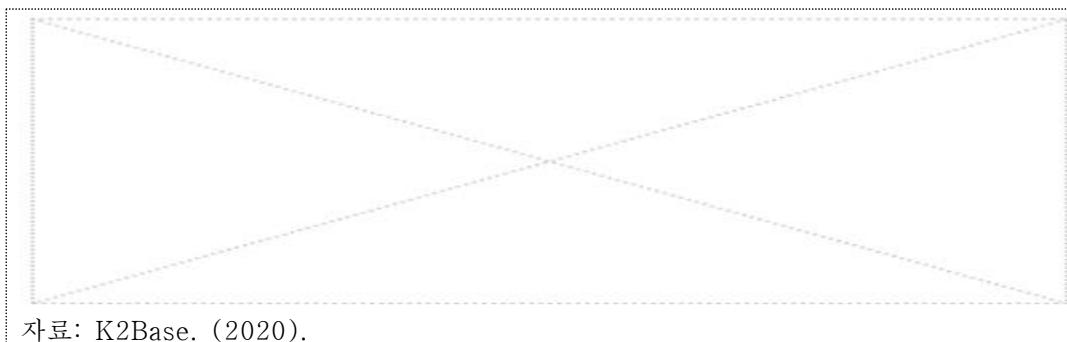
2. 과기정통부 혁신도전 프로젝트

☐ 추진 배경

- 4차 산업혁명 시대의 선도 국가로 도달하기 위해 사회·경제적으로 파급효과를 크게 가져올 수 있는 혁신적 성과 창출의 필요성 증가
- 혁신적인 성과 창출을 위하여 문제정의에서 출발한 임무완결형 및 고난도 연구 목표를 설정하고, 해당 목표를 달성하기 위한 가장 효율적인 방법을 활용할 수 있는 연구 친화적인 R&D 제도를 구축하는 것이 선제적으로 필요함

☐ 사업 개요

- (사업 목적) 풍요롭고 살기 좋은 대한민국을 만들기 위한 과학기술 혁신을 추진
 - 국민의 행복과 삶의 질(환경, 안전, 고령화, 보건, 먹거리 등 국민의 행복과 삶의 질에 직결되는 사회적 문제를 포괄) 향상, 미래 혁신선도 산업 창출에 관련된 과학·기술 분야의 난제를 선제적으로 해결하기 위해 명확한 임무 중심의 혁신적·도전적 범부처 R&D 사업을 추진
 - 과기정통부 과학기술혁신본부 주관 하에 한국과학기술기획평가원 (KISTEP) 내부 조직으로 혁신도전 프로젝트 추진단(KARPA: Korea Advanced Research Program Accelerator)을 신설/운영, 매년 5개 내외의 R&D 사업을 기획하고, 각 사업은 개별 부처 예산에 반영하여 추진
- (사업 비전) 미래사회의 과학·기술적 난제를 선제 해결
- (사업 목표) 임무 중심의 범부처 혁신도전형 R&D 프로그램을 발굴·수행·정착



[그림 2-17] 혁신도전 프로젝트 추진 체계

□ 추진 체계

○ 혁신도전 프로젝트 추진단장

- (역할) 혁신도전 프로젝트를 총괄하며 국가 고위험 혁신형 R&D의 밑그림을 그리는 R&D 혁신 리더
- (주요내용) 혁신도전 프로젝트 추진전략 수립, 과학기술계 의견을 수립하여 차년도 연구 테마를 발굴, 관계 부처와 협업하여 R&D 사업을 기획, 전체 프로젝트 진행사항을 관리 및 대외협력을 총괄, 자체 발굴, 사업단장이 발굴한 제도 개선사항의 해결방안 제시 등

○ 혁신도전 프로젝트 추진위원회

- (역할) 혁신도전 프로젝트의 주요 사항을 심의 및 조정
- (주요내용) 추진단장이 수립한 혁신도전 프로젝트 추진전략에 관한 사항, 차년도 연구 테마, 후속 사업추진 방향에 관한 사항, 혁신도전 프로젝트 추진상 나타나는 제도 개선 관련 사항, 참여부처간 협력, 이견 조정, 중재에 관한 사항
- (구성) 민간위원장 1인, 관계부처 국장급 공무원 12인, 민간위원 13인, 추진단장 1인 등 총 27인

□ 추진전략 및 세부 추진과제

<표 2-32> 혁신도전 프로젝트 추진전략 및 세부 추진과제

추진전략	추진방향	세부 추진과제
① 임무지향적 기획으로 사업의 전략성 제고	- 연구개발 목표의 임무지향성 강화를 위한 새로운 접근 - 추적형에서 선도형 R&D로의 전환	미래사회가 필요로 하는 임무지향적 기획 선도형 R&D 체제로 전환하기 위한 도전적 목표 설정
		범부처 R&D 사업을 통해 사회적 문제 해결
② 탐색형과 패키지형의 Two track형 사업 기획	- (탐색형) 개념검증(최대 300억/3년) - (패키지형) 개념검증에서 사업화·실증까지 포괄	독창적인 프론티어 연구를 위한 탐색형 사업(단기)
		아이디어 구현에서 사업화·실증을 연계한 패키지형 사업(중장기)
③ 도전중심의 연구문화 선도 및 제도 개선	- 도전성 강화를 위한 평가제도 개선 추진 - Go/No go 평가 및 경쟁형·블록 펀딩형 연구비 지원	창의적이고 독창적인 연구에 대해 특성에 맞는 평가 도입
		경쟁형 R&D 활성화와 블록펀딩 방식의 연구비 지원
④ 새로운 연구문화를 선도하기 위한 프로세스 혁신 추구	- 사업기획 의도가 사업종료시까지 반영될 수 있는 일관성 확보 - 기획단계의 제도개선 및 기업의 참여 활성화	사업 전주기에 걸쳐 인관성 확보
		철저한 사전기획 및 검증으로 기간·예산의 '부풀리기' 관행 근절

추진전략	추진방향	세부 추진과제
⑤ 개방형 상시 기획과 연구테마 발굴	<ul style="list-style-type: none"> - Top-down과 Bottom-up 병행의 개방형 기획 - 민간 전문가 참여 중심의 아이디어 발굴 	<ul style="list-style-type: none"> 연구테마 발굴 단계부터 국내 산학연 전문가, 부처, 관련 기관이 참여 민관공동협의체인 혁신도전 프로젝트 추진위원회 운영 아이디어 발굴을 위한 CIA(Crazy Idea Accelerator) Forum 상시 운영

□ 2020년 선정 연구테마

○ 연구테마 선정 기준

- 연구주제 발굴 3대 영역과 5개의 연구테마 선정기준에 따라 신규 연구테마 후보 검토

○ 연구주제 발굴 3대 영역

- ① 건강하고 행복한 100세 시대 실현
- ② 안전하고 쾌적한 사회 구현
- ③ 대한민국 경제의 지속적 발전

○ 5개의 연구테마 선정 기준

- (목표의 명확성) 해결하고자하는 문제 및 사업의 목표, 임무가 명확하고 구체적인가?
- (도전성) 세계 최초 또는 세계 최고 수준을 지향하는가?
- (혁신성) 와해성 혁신을 이끌어 낼 수 있는가?
- (차별성) 이미 추진하였거나 현재 추진 중인 사업과 중복되지 않는가?
- (파급효과) 성공할 경우 과학기술적, 산업적, 사회적으로 큰 파급효과가 기대되는가?

○ 연구테마 선정 절차

- ① (테마 발굴) 정부부처, 출연(연), 대학, 산업계 수요 조사, CIA 온라인 포럼 운영, 추진단 자체 발굴 등을 통한 연구테마 발굴 및 조사
- ② (테마 검증) 관련 분야의 기존 연구과제 현황, 연구방향 등에 대한 전문가 의견 수렴 및 연구테마 심의위원회를 통한 심층적 검토·평가를 진행하여 사업의 필요성 검증
- ③ (테마 확정) 주관/참여 부처 협의 및 혁신도전 프로젝트 추진위원회의 심의를 통한 연구 테마 확정

□ 2020년 선정 연구테마

<표 2-33> 2020년 선정 연구테마 목록

연구테마	주관부처	참여부처	사업유형	주요 내용
초대용량 빅데이터의 영구보존을 위한 신개념 메모리 기술	과기정통부	사업기획시 추가 협의	탐색형	초저전력이면서 장수명인 DNA 기반 메모리 시스템을 설계·구현하여 장기보관에 특화된 신개념 메모리 장치 개발
해난사고 신속한 초동대응용 수공양용형 AUV 기반 기술	해수부	과기정통부 해경청	탐색형	해난사고 발생 시 즉각 현장 투입이 가능한 공중·수중 기동 무인이동체 개발
모든 성상(Phase)의 폐유기자원 업사이클링 공정기술	환경부 과기정통부		탐색형	고·액·기체 등 모든 성상의 폐유기물을 C2 단량체로 변환하는 표준 공정기술 개발
자폐성 장애를 위한 혼합형 디지털치료제 기술	복지부 과기정통부		탐색형	앱·Ai·센서 등이 결합된 자폐성 장애 환자 맞춤형 디지털 치료제 개발
다목적 성충권 드론 기술	과기정통부	사업기획시 추가 협의	탐색형	24시간 고정밀 임무수행(기상·재난 관측, 국경감시 등)이 가능한 성충권 드론 기술 개발

□ 추진 경과

<표 2-34> 혁신도전 프로젝트 추진 경과

구분	내용	일정
국가R&D 혁신방안 수립	VIP 주재 국가과학기술자문회의 제1회 전원회의 상정	‘18.7.
국가R&D 도전·혁신성 강화 방안 마련	제5회 과학기술관계장관회의 상정	‘19.5.
관계부처 실무협의	혁신도전 프로젝트 추진방향에 대한 관계부처 의견 수립	(1차)‘19.9. (2차)‘20.1. (3차)‘20.4.
연구테마발굴협의회 구성 및 운영	총 347건의 연구테마 수요를 받아 10개의 연구테마 후보 도출	‘19.7.~’19.12.
운영규정 제정	혁신도전 프로젝트 운영관리규정(과기부 훈령) 제정	‘20.5.
사업추진계획 확정	제1차 혁신도전 프로젝트 추진위원회 상정	‘20.5.
추진단장 취임	혁신도전 프로젝트 추진단장 취임	‘20.5.
시범사업 착수	시범사업 전담PM 선정위원회 구성 및 선발	‘20.5.~’20.6.
출연(연) 대상 설명회 개최	출연(연) 대상 혁신도전 프로젝트 설명회 개최 및 연구테마 제안서 접수	‘20.8.
2020년도 연구테마 선정	제2차 혁신도전 프로젝트 추진위원회 상정	‘20.7.
	제3차 혁신도전 프로젝트 추진위원회 상정	‘20.9.
사업기획 공모	2020년도 선정 연구테마 사업기획 공모	(1차)‘20.9. (2차)‘20.10.
사업기획 착수	2020년도 선정 연구테마 사업기획 착수	(1차)‘20.10. (2차)‘20.11

자료: K2Base. (2020).

제3절 주요 해외 사례

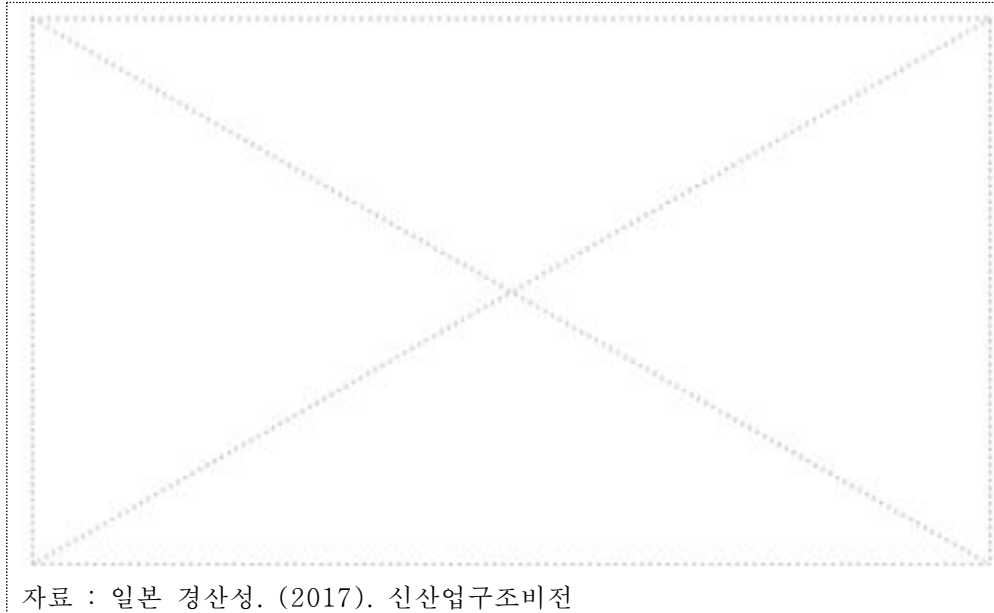
1. 일본의 신사업 구조비전(2017)

□ 16년 1월 발표한 제5기 과학기술기본계획을 통해 앞으로 지향해나가야 할 미래사회 모습으로 ‘소사이어티 5.0’ 제시

- (목표) 2030년을 목표로 4차 산업혁명 기술을 활용하여 각 산업을 연결 (Connected Industry)하여 사이버 공간과 현실공간(physical)이 고도로 융합된 사회인 세계 첨단 ‘초스마트 사회(Society 5.0)’의 실현을 목표로 함
- (개념) Society 5.0은 IoT, 빅데이터, 인공지능(AI), 로봇 기술 등 4차 산업혁명의 핵심기술을 통한 새로운 제품·서비스 창출, 생산성 혁명이 핵심
 - 4차 산업혁명이 야기할 기술변화를 기반으로 한 산업 전반의 변화 즉, 커넥티드 인더스트리가 Society 5.0이라는 새로운 사회로 이어진다는 인식
- (특징) 초스마트 사회(Society 5.0)는 산업 전반의 생산성 향상, 신사업 창출뿐 아니라 저출산·고령화 등 사회문제 해결에 초점
 - 독일 인더스트리 4.0이 제조업 혁신에 중점을 둔 한편, 일본의 초스마트 사회는 산업, 사회, 일반생활 등 포괄한 기술혁신을 강조
- 산업구조 및 취업구조의 극적인 변화에 따라 종래 상상하지 못했던 사회가 도래할 가능성에 주목하고 이의 실현에 노력
- 다양한 제약요인을 극복해 나가는 과정에서 개인의 문제해결과 새로운 경제시스템이 상호작용하면서 실현된 society 5.0을 국제화할 예정

□ 일본이 직면한 중장기적 문제 해결 프로세스

- (제도개혁) 새로운 기술과 비즈니스 모델의 시행착오를 용인하지 않는 규제체제, 업계 내 규제를 통한 신규참여 제한 등이 문제
 - 현재 규제당국은 구체적인 사회 니즈가 있어야 규제개혁이 가능하다는 입장인 반면, 기업은 데이터 수집·활용이 어려운 규제환경으로 인해 사회 니즈를 입증할 수 없다는 문제점을 호소
 - 혁신의 성과를 새로운 부가가치의 창출로 연결시키기 위해서는 시행착오를 통해 사회 실증경험을 축적해가는 것이 필수
 - 참여자와 시간을 한정해 ‘우선 시도해보는 것’을 허용하여 신기술 보급 속도를 높이고, 기업하기 좋은 비즈니스 환경 구축 등이 필요



자료 : 일본 경산성. (2017). 신산업구조비전

[그림 2-18] 4차 산업혁명 기술로 실현되는 사회 니즈(일본 경산성)

- (인재육성) 강의중심 교육, 문·이과 간 장벽, 전문영역의 종적방식 교육, 종신고용, 연공서열 등 경직적 고용·노동시장 등 문제에 직면
 - 실리콘밸리의 벤처기업과 같이 젊은 인재와 창업가가 활약하여 글로벌벤처로 성장해 나갈 수 있는 환경 조성 및 지원 필요
 - 글로벌 유니콘 기업(기업가치 10억 달러 이상, 업력 10년 이하 스타트업)중 일본 유니콘 기업은 메르카리(Mercari) 1개 사에 불과
- (과학기술·혁신역량 강화) 정부자금에 의존한 대학 시스템, 외부와의 가치창출을 위한 경쟁이 결여된 환경 등이 장애요인으로 작용
 - 인용빈도가 높은 논문 비중의 감소, 이공계 학생 수 부족 등 과학기술에 대한 선호가 낮아지면서 ‘과학기술입국’으로서의 지위 약화
 - 인용빈도가 높은 논문 수 비중을 보면, '02~04년에는 평균 7.2%로 세계 4위였으나, 2012~14년에는 평균 5.0%로 세계 10위로 하락
 - 과학기술 전공 대학 졸업자 수(2012년)도 일본은 15만 7천명으로 한국의 26만 6천명보다 적은 수준
- (미래투자 확대) 낮은 수준의 과학기술 예산, 신규교원의 고용 불안정성, 고령자가 역량을 발휘하기 어려운 사회 구조문제 등으로 인해 미래투자 확대가 불투명
 - 일본의 과학기술예산이 GDP에서 차지하는 비중은 0.6% 이하로 한국, 프랑스, 독일 등에 비해 낮은 수준('14년)
 - 동경대학의 자금력은 1,697억 엔으로 하버드대학 42억 달러, 스탠포드대학 41억 달러, 케임브리지대학 14.4억 파운드, 옥스퍼드대학 10.9억 파운드에 비해 열세(2012년, 2012/13년 기준)

- (데이터 기반환경 조성) 과도한 데이터 비용부담, 데이터 사이언스 기반 부족, 데이터 이용에 대한 이해 부족 등
 - 현재 검색포털, SNS, 전자상거래, 채팅 등에서 일본 대표업체의 월간 이용자 수는 경쟁업체에 비해 미미한 수준
 - 데이터 사이언스 관련 프로그램이 매우 부족하고, 데이터 처리 비용 또한, 미국에 비해 5~10배 높은 수준

□ 일본의 전략 방향

- (제도개혁) 새로운 기술과 비즈니스 모델의 시행착오를 용인하지 않는 규제체제, 업계 내 규제를 통한 신규참여 제한 등이 문제
 - 현재 규제당국은 구체적인 사회 니즈가 있어야 규제개혁이 가능하다는 입장인 반면, 기업은 데이터 수집·활용이 어려운 규제환경으로 인해 사회 니즈를 입증할 수 없다는 문제점을 호소
- 일본의 강점과 약점을 분석한 후에 선택과 집중을 통해 특화할 전략분야를 결정
 - 이를 위해 세계의 기술이나 산업의 방향성을 파악하고 세계의 주요 플레이어의 전략을 파악
- 현장(real) 데이터에 강점을 보유하고 있는바, 이를 뛰어난 제조기술과 결합한 플랫폼 창출 전략 채택
 - 일본은 4차 산업혁명의 제1라운드인 네트워크상에서의 경쟁(가상(Virtual) 데이터)에서는 미국 등의 플랫폼 구축에 일방적으로 의존하는 상태
 - 그렇지만, 4차 산업혁명의 2라운드는 건강·의료·간병, 제조 현장, 자율 주행 등 현실 세계의 현장(real) 데이터를 둘러싼 경쟁으로 전개될 것으로 일본정부와 기업인들은 예상함
 - 일본의 자동차의 세계시장점유율은 30%, 산업용 로봇의 세계시장 점유율은 약 60%에 달하여, 공장이나 차량, 의료보험, 노령화 관련 등 현장 데이터가 어느 나라보다도 풍부하게 축적되어 있으며, 향후 입수할 가능성도 크다는 강점을 가지고 있음
 - 따라서, 일본은 데이터를 경쟁영역과 협조영역으로 구분하고 협조영역의 데이터를 제조분야의 강점과 결합하여 현장(real) 데이터 플랫폼 창출·발전을 세계적으로 선도할 계획임
- 세계적으로 중요한 과제 해결을 위한 현장 데이터 플랫폼 창출에 매진
 - 일본은 사회적 과제에서도 다른 나라에 앞서 경험하고 있는 ‘과제 선진국’이라는 점에서 이를 기회로 판단
 - 세계 최고의 저출산 고령화 사회의 과제 해결을 위해 건강·의료·간병 데이터를 AI를 통해 분석해서 건강수명의 연장, 삶의 질을 최대화하는 의료, 생애 현역 사회 실현 등을 추진
 - 지방경제의 피폐라는 과제 해결을 위해 마을 조성에 관한 데이터에 AI를 활용함으로써 활기찬 ‘새로운 마을 조성’을 실현

- 일본정부는 과제해결형 플랫폼 창출을 위해 현장 데이터의 이용 활용 사이클의 사회적 실증(實證)을 세계 최초로 실시함으로써 개선을 거듭하는 것이 필수적이라고 판단

□ 4대 전략분야 설정

- 일본의 강점은 다양하게 활용가능한 ‘리얼데이터’, 강한 제품력(빠른 기술도입과 혁신), 사회적 문제 해결의 선진성
 - 최근 가상데이터에서 건강·의료·간호, 제조현장, 자율주행 등 리얼데이터를 둘러싼 경쟁으로 전환되면서 ‘리얼데이터 플랫폼’ 강조
 - 리얼데이터의 가치를 발굴하여 혁신적인 제품·서비스의 구현까지 연결시키는 ‘리얼데이터의 활용 사이클’ 구축이 중요
 - 일본의 강점과 결합될 수 있는 전략분야로 ①이동, ②생산·구매, ③건강유지·고령자 사회참여 촉진, ④생활 등 4개 분야 선정

<표 2-35> 일본의 강점과 성장 기회 개요

전략 분야	리얼데이터	제품력	사회적 문제 해결
이동	<ul style="list-style-type: none"> 차량 센서 등에서 수집한 리얼데이터, 각 업체의 연간 조km 단위의 운전 제어 등 리얼데이터 	<ul style="list-style-type: none"> 승용차 시장에서 일본계 기업의 세계 최고 점유율 : 약 30% 	<ul style="list-style-type: none"> 교통약자(면허 비보유자 약 4천만 명, 근처 버스 정류장 및 철도 역 1km 권외 거주자 236만 명 등) 고령화율 : 26.7% 물류업체의 노동력 부족 : 약 4만 명
생산, 구매	<ul style="list-style-type: none"> 로봇 센서 등에서 취득 가능한 리얼데이터 : 센서 점유율(CMOS, 이미지 센서 : 약 46%, 역감각 센서 약 100%) 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 핵심 용소 부품 및 최종 제품의 세계 최고 점유율 : 약 57% 	<ul style="list-style-type: none"> 생산성 저조(제조업 2.0%, 서비스업 1.0%(14년)) 에너지 및 환경 이슈 제약(2030년에 2013년 대비 26.0% 감축)
건강 유지	<ul style="list-style-type: none"> 전국민의 의료보험제도 의료비 청구서 전산화율 : 약 96% 	<ul style="list-style-type: none"> 간호 현장에서의 로봇기술 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 세계 최고의 인구 감소/고령화 → 고용자 감소 → 일본시장 축소 → 사회보장 지속 가능성 의료, 간호종사자 인력 부족
생활	<ul style="list-style-type: none"> 마을만들기에 필요한 인프라 운영에서 취득 가능한 데이터 : 세계 유수의 철도 밀집도, 전력공급 신뢰도 	<ul style="list-style-type: none"> 가전제품의 일본 점유율 건설/토목 I-Construction 	<ul style="list-style-type: none"> 지방경제 피해 → 격차확대에 대한 우려

자료 : 일본 경제산업성. (2017.4.28)

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/innovation_dai4/siryu3.pdf

□ 4대 전략분야별 육성계획 : 1) 이동

- (2030년 미래상) 운전자로 인한 사고 50% 감소, 1시간의 통근·통학 시간 활용, 운수부문의 CO2 배출량의 28% 절감(13년 대비)
 - 교통약자(먼저 비보유자 약 4천만 명, 버스정류장·철도역에서 1Km외곽 거주자 236만 명)의 이동 불편을 완전히 해소
 - 물류업체의 고용수급 개선, 부재중 택배 재배달에 따른 부하 감소, 도서지역의 생필품 수급개선, 재해 시 물자수송 등 대응범위 확대
- (로드맵) 무인 자율주행자동차의 상용화, 다양한 수송수단의 단절을 해소(Seamless)한 효율적 물류서비스 실현
 - 다양한 이동수단을 통한 사람의 안전한 이동서비스(사람) 및 육송·수송·해송 등 수송수단을 연결하는 물류서비스(사물) 제공

□ 4대 전략분야별 육성계획 : 2) 생산·구매

- (2030년 미래상) 신제품·서비스가 언제, 어디서나 제공되고, 생산성 향상이 근로자 임금 상승으로 연결되며 환경 부하 저감과 안전성 유지·향상이 지속되는 사회
 - (명목 GDP) '15년 500조엔 → '20년 600조엔 이상, 4차 산업혁명 관련 산업에 의한 부가가치 90조엔으로 추정('25년)
 - (노동생산성 증가율) '14년 제조업 2.0%, 서비스업 1.0% → '20년 2%
 - (온실가스 배출량 감축) '30년 '13년 대비 26% 감축
- (로드맵) 소비자 니즈(needs) 파악, 제조·농업 분야의 최적화된 공급사슬 구축, 탄소순환형 사회 구축, 기존에 없던 스마트 재료 실용화
 - (스마트 공급사슬 : 소비자 니즈 파악) AI 차세대 로봇시장 규모 확대, 스마트 스토어 구현, 소비자 행동 데이터에 관한 제도 정비 등
 - (스마트 공급사슬 : 제조·농업분야) 계열사와 공장 간 데이터 연결이 최적화된 공급사슬 구축, 데이터를 활용한 전략적 생산 전면 도입
 - (스마트 바이오·재료) 혁신적 바이오 소재를 이용한 탄소순환형 사회구축 및 기존에 없던 스마트 재료 실용화 추진

□ 4대 전략분야별 육성계획 : 3) 건강유지·고령자의 사회참여 촉진

- (2030년 미래상) 건강수명을 5세 연장해 평균수명과 건강수명의 격차를 단축하고, 환자의 만족도를 최대화하며, 평생 현역사회를 실현
 - 개인의 건강·의료 데이터를 연도별로 파악하여 효과적으로 이용·활용할 수 있는 기반

구축('20년 본격 가동)

- '35년 간호가 필요할 것으로 추정되는 816만 명을 절반으로 줄이고, 간병·돌봄으로 인한 이직을 제로화
- ICT·간호로봇·센서 등을 활용해 간호부담을 줄이고, '35년까지 간호 분야의 부족인력 68만 명을 완전히 해소
- (로드맵) 개인의 건강·의료 데이터 활용 시스템 구축, 환자 만족도가 높은 의료환경 제공, 간호의 질·생산성 향상 등

☐ 4대 전략분야별 육성계획 : 4) 생활

- (2030년 미래상) 새로운 도시 구축, 공유경제, 핀테크 분야의 문제를 세계 최초로 해결하여 개인 생활의 만족도와 지역 활력 제고로 연결
 - 개인의 건강·의료 데이터를 연도별로 파악하여 효과적으로 이용·활용할 수 있는 기반 구축('20년 본격 가동)
- (로드맵) △새로운 도시 구축 △공유경제 △핀테크 각각의 로드맵 수립
 - (새로운 도시 구축) 비즈니스 창출, 사회문제 해결, 주민 만족도와 활력 향상을 위한 오픈 데이터화, 리얼데이터를 활용한 인프라 개선
 - (공유경제) 공유경제 성공사례 창출, 지역으로의 공유경제 확산, 민·관이 협력하여 국제규칙 제정 참여, '공유경제 촉진실' 설치 등
 - (핀테크) 무현금 결제비율의 정책 지표화, 본인확인의 디지털화, 금융·유통의 EDI3) 추진, 글로벌 경쟁력을 갖춘 핀테크 거점 구축

☐ 시사점

- 일본 신산업 구조비전은 4차 산업혁명이 초래할 2030년 미래사회에 대비하기 위해 해결해야 할 과제와 전략에 대한 로드맵 제시
 - 지난 '16년 4월, 국가성장전략이 신산업구조비전의 중간정리를 발표한 이후, 4개 전략분야 육성을 위한 목표치와 정책수단 구체화
 - 신산업구조비전은 4차 산업혁명이 경제·사회에 미칠 영향과 새로운 산업·취업구조 변화에 대응한 민·관의 전략을 총망라
 - 4대 전략분야(①이동(모빌리티) ②생산·구매 ③건강유지·고령자 사회참여 촉진 ④생활)는 특정 산업·업종이 아닌 포괄적 영역으로 설정
 - 2030년은 각 산업이 연결(Connected Industries)되어 경계가 명확치 않고, 사이버-물리 공간이 고도로 융합된 '초스마트 사회'로 설정
- 전략분야는 포괄적이나, 로드맵에 설정한 목표와 인프라, 비즈니스 환경·제도의 전략방향이 상세하고, 관련 프로젝트까지 구체화

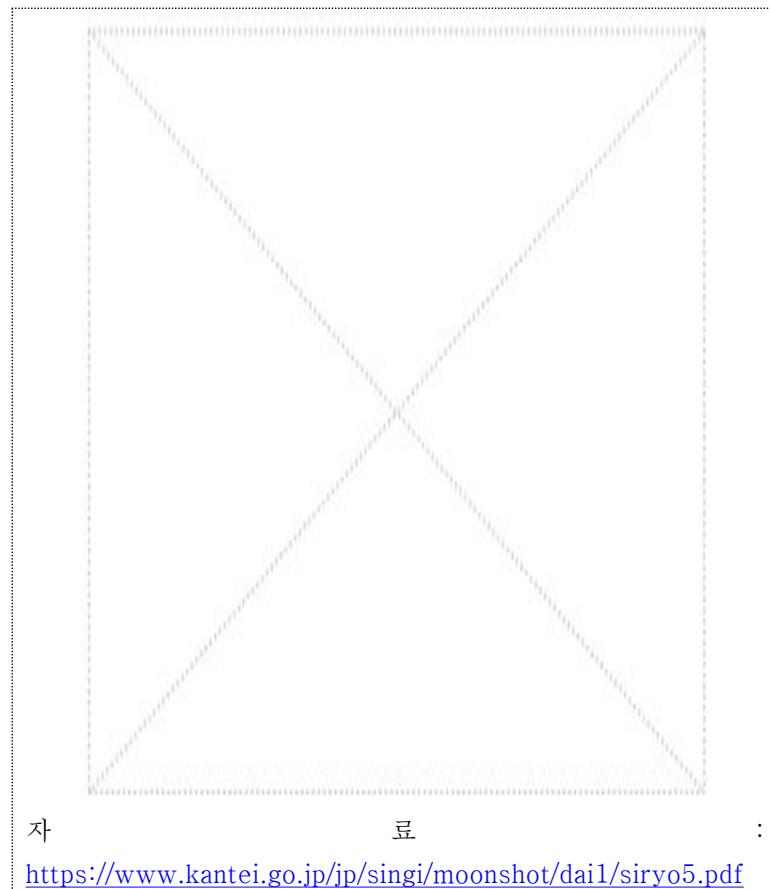
- ‘이동’ 분야의 경우, 20년까지 특정지역에서의 무인주행 이동서비스 실현을 목표로 도로·주행 데이터의 고속 인지·판단을 위한 고효율 AI와 고정밀도 3차원 지도 개발 등을 추진할 계획
- 일본 신산업 구조비전의 주목할 점은 자국의 강점과 약점에 기반하여 주력해야 할 전략분야를 선택·집중한다는 접근방식
 - 일본은 이미 가상데이터를 둘러싼 플랫폼 경쟁에 뒤처졌다는 위기의식을 반영하여 ‘리얼데이터’ 플랫폼 선도를 새로운 목표로 설정
 - 정부 주도의 데이터 플랫폼 구축, 제3자간 데이터 공개 거래시장 구축 등 시장 메커니즘 기반의 데이터 유통 활성화 정책 추진
- 일본이 강점을 갖는 분야인 자동차, 헬스케어 등을 중심으로 리얼데이터 활용(플랫폼)을 촉진하고, 적극적인 제도개혁 실시
 - 일본 자동차 기업의 글로벌시장 점유율은 30% 이상으로 각 업체는 조km 단위의 운전제어에 따른 리얼데이터 추적 가능
- 우리나라도 새로운 경쟁환경을 명확히 인식하고, 경쟁우위에 기반한 전략분야와 정책수단을 구체화하여 집중적으로 추진할 필요
 - 고르게 발달한 제조업 전반의 경쟁력과 산업 간 공통적으로 활용될 수 있는 산업혁명의 핵심기술을 결합하고, 새로운 비즈니스 모델을 개발하여 신산업 창출 동력을 강화해나갈 필요
 - 일본 사례에 비추어 전략분야별 성장촉진을 위한 규제특례, 요소 기술개발, 비즈니스 환경 정비, 창의적 교육·사회·문화 기반 마련등 종합적 지원책 마련 필요
- 우리나라도 고용·사회보장시스템 등 경제·사회 분야별 영향과 연관관계를 고려한 장기적 관점의 4차 산업혁명 종합전략 수립 필요
 - 일본 신산업구조비전은 4차 산업혁명을 제조업의 생산성 향상에 국한하지 않고 사회 전반을 변화시키는 국가 혁신전략으로 설정
 - 일본의 4차 산업혁명 전략은 산업·고용구조 변화가 야기할 산업 구조조정, 고용 감소, 산업 간 고용이전 등을 종합적으로 고려

2. 일본의 문샷(Moonshot)

☐ 문샷형 연구개발제도

- 파괴적인 혁신의 창출을 목표로, 기존 기술의 연장에 더해 보다 대담한 발상에 근거한 도전적인 연구개발(문샷)을 추진
- 어려운 과제에 과감하게 도전해 미래 성장 분야를 개척하기 위한 연구 개발 프로젝트 ImPACT(혁신적 연구개발 추진 프로그램)가 2013년부터 2018년까지 5년 동안 한시적으로 운영됨에 따라 후속 제도로 출범함

- (제도의 취지) 미래 사회를 전망하는 과정에서 어렵지만 실현되면 큰 영향을 줄 것으로 예상되는 사회 문제를 대상으로 사람들을 매료시키는 야심찬 목표(=문샷 목표)와 구상을 내걸고 최첨단 연구를 선도하는 연구자 아래 전 세계의 연구자의 능력을 결집해 목표를 실현하는 것
- 기초 연구 단계에 있는 지식과 아이디어가 산업 사회에 응용되어 다양한 분야에서 파괴적 혁신을 만들어내고 있다는 점을 감안해, 일본의 기초 연구 능력을 극대화한 도전적 연구개발을 적극적으로 추진할 뿐 아니라 실패를 허용하는 혁신적 연구 성과를 발굴하고 육성 및 지도할 것
- 관리 방법 역시 세계의 연구 개발 동향을 고려해 관련 연구 개발 체제를 부감하고 체제와 내용을 유연하게 검토할 수 있는 형태로 개편하며 동시에 최첨단 연구 지원 시스템을 구축할 것



[그림 2-19] 문샷의 목표와 구상 책정을 위한 프로세스

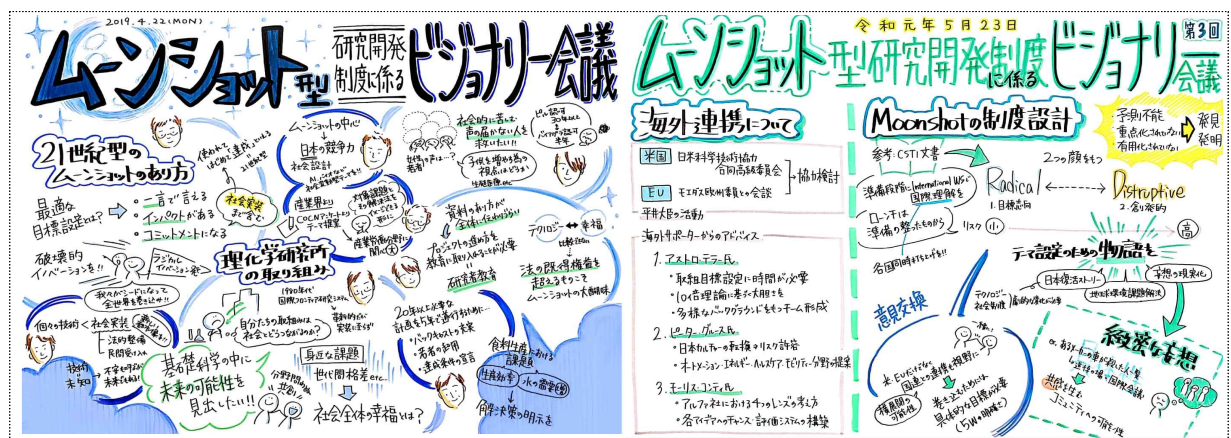
□ 사업개요

※ 2018년 12월 20일 내각부 종합과학기술 이노베이션회의에서 제안한 ‘문샷형연구개발제도의 기본적 구상에 관해’ 보고서, 수상관저 정책회의 기록, 2020년 7월 내각성 정책통괄관(과학기술·이노베이션 담당) 미래혁신연구추진담당에서 발표한 자료 참고

- 내각관방, 내각부, 문부과학성, 후생노동성, 농림수산성 및 경제산업성이 함께 연구 개발을 추진
 - 각 부처와 외부 지식인의 협의를 통해 추진 방안을 결정하되 상세 사항은 내각부와 내각관방이 정함
- 목표 설정을 위한 비저너리(visionary) 회의 개최
 - 회의 구성원으로는 소니 컴퓨터 사이언스 연구소 소장, 아티스트, 미츠비시 케미컬 이사회장, SF 작가, 세계경제포럼 일본대표 등의 인사 등이 포함

<표 2-36> 비저너리 회의 일정 및 내용

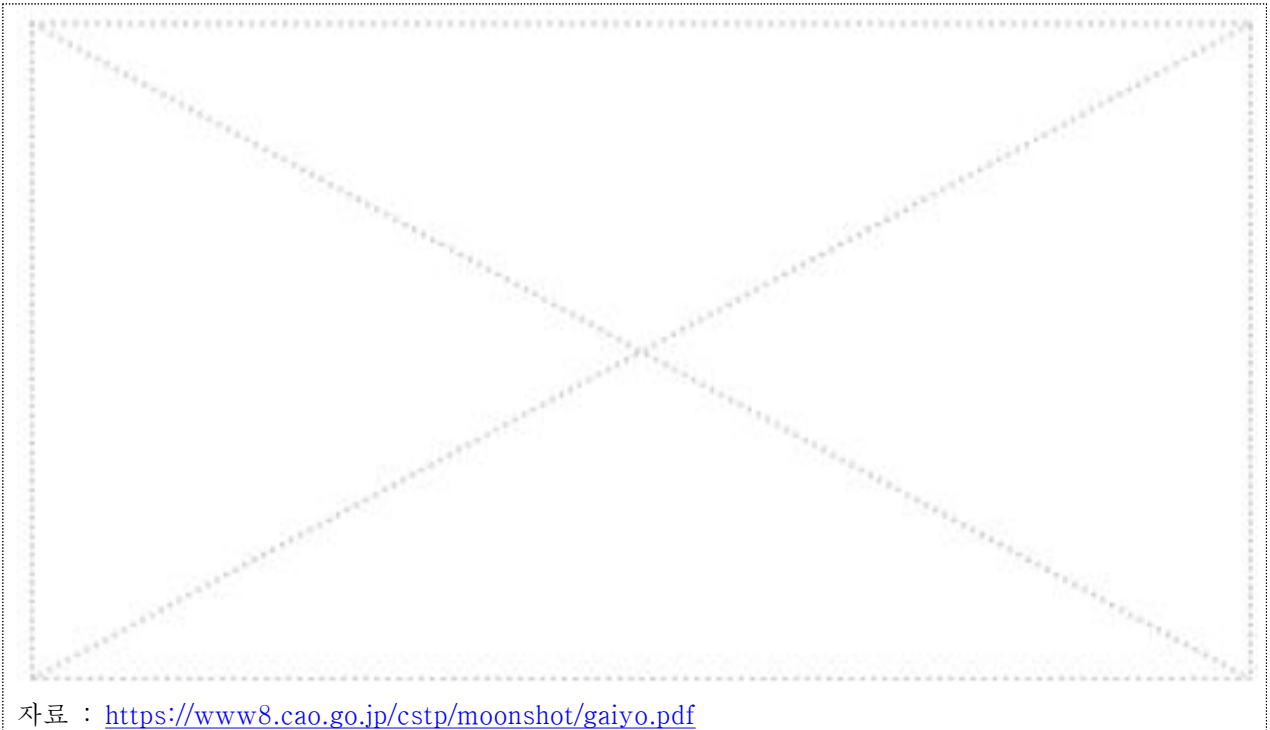
일시	내용
2019년 03월 29일	제1차 회합 <제1회 문샷형 연구개발제도에 관한 미래 회의> ○ 참고자료로 “2028년 미래생활” 조사가 사용 - 2018년 6월 전국 성인 1천 명을 대상으로 수행된 인터넷 설문조사 - “10년 후에 되었으면 하는 / 되어 있는” 일본 사회, - “10년 이내에 실현될 기술 / 긍정적인 영향을 줄 기술”에 대한 물음
2019년 4월 22일	제2차 회합 ※ 일반인 대상 아이디어 공모 일부 수행 (※ 참고자료 1) ○ 학계, 산업계 대표로부터의 요청 및 희망 사항 청취
2019년 5월 23일	제3차 회합 ※ 일반인 대상 아이디어 공모 완료 (※ 참고자료 1) ○ 문샷 목표 수립을 위한 검토 자료 작성 - 일반인 대상 아이디어 공모, 기존 연구개발 상황, 실현 가능성, 사회 문제로의 중요성 등을 염두에 두고 검토 자료 작성 - 아이디어 공모 분류에 따른 목표 책정 검토 소재 제시
2019년 6월 14일	간담회 (비공개)
2019년 7월 31일	제4차 회합 ○ 산업계의 의견, 일반인 의견 약 1800건을 포함해 관계 부처의 제안 접수를 통해 얻어진 검토 결과를 정리 ○ 3개 분야, 25개 목표 제안



[그림 2-20] 비저너리 회의 결과(그래픽 레코딩)

국제 심포지엄 개최(2019년 12월 17일~18일)

- 1일차 : 기초강연, 연구 진행 방식에 대한 소개, 목표 결정 위한 영역 및 비전 소개
- 2일차 : 분과별 회의, 정리
- 비저너리 회의를 통해 도출된 구상에 대한 의견 청취 및 홍보
- 최종 결과 : 사회, 환경, 경제의 3개 영역, 7개 목표 설정



자료 : <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/gaiyo.pdf>

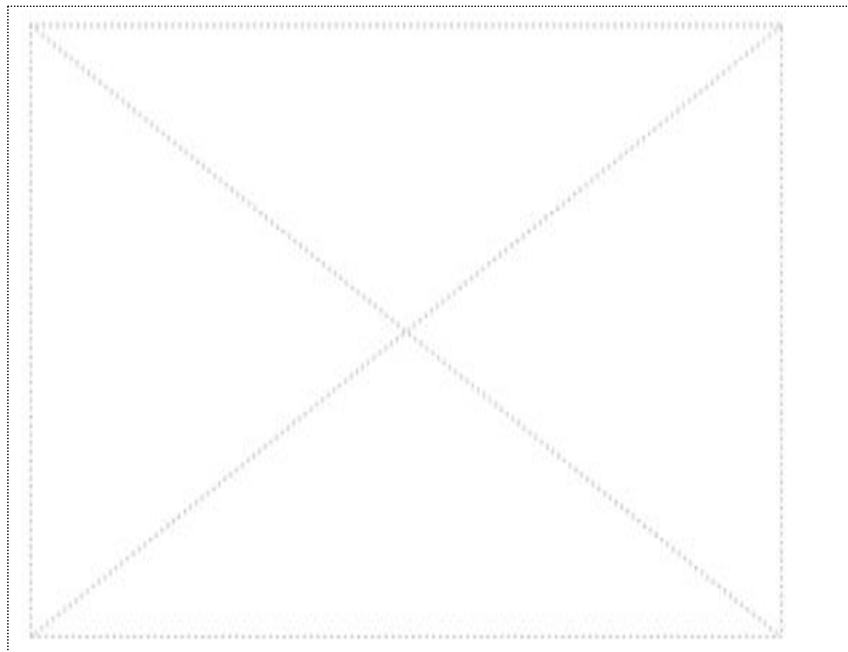
[그림 2-21] 최종 선정 목표

☐ 문샷형 연구개발제도의 특징 및 운영 방식

- 어렵지만 실현하기만 한다면 커다란 임팩트를 기대할 수 있는 사회문제 등을 대상으로 야심찬 목표 또는 구상을 국가에서 책정
- 복수의 프로젝트를 총괄하는 PD(Program Director) 아래에서 국내외의 탑 연구자를 PM(Project Manager)로서 공모
- 연구 자체를 부담(俯瞰)한 포트폴리오를 구축해 ‘실패를 허용’ 하면서 도전적인 연구개발을 추진
- 스테이지 게이트를 마련해서 포트폴리오를 유연하게 검토함, 스핀아웃(Spin-out)을 권장하며 데이터기반을 이용한 첨단 연구지원시스템을 구축
- 2018년 보정예산으로 1천억 엔을 계상해 기금을 조성, 2019년 보정 예산으로 150

억 엔을 계상, 최장 10년간 지원

□ 문샷형 연구개발제도의 운용 및 평가 지침



[그림 2-22] 문샷 연구개발 추진 체제 및 평가 운용 프로세스

<표 2-37> 문샷 연구개발 추진 체제 및 평가 방법

문샷 목표결정 / 연구개발구상 책정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총합과학기술 이노베이션회의(CSTI)에서 ‘문샷 목표’를 결정 ○ 각계 부청에서 목표 달성을 위한 ‘연구개발구상’을 책정
연구개발의 실시 (PD 임명/PM 공모 및 수탁 등)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구추진법인이 PD를 임명, PM을 모집 및 수탁 ○ PD는 목표를 전략적으로 달성하기 위한 포트폴리오(프로젝트 구성, 자원배분 등을 정리한 매니지먼트 계획)을 구축 (→ 연구추진법인이 최종결정) ○ PD의 지시 아래 각 PM이 프로젝트 계획서를 책정한 뒤, 연구개발을 전략적으로 실시
평가방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구추진법인은 외부 평가를 원칙으로 하며, 평가는 3년차 및 5년차, 5년을 넘긴 프로젝트는 8년차와 10년차에도 실시 ○ 연구추진법인은 외부평가 및 자기평가의 결과를 전략협의회 등에 보고해서 조언 등을 구하고, 프로젝트의 계속, 변경, 종료 등을 결정 ○ 5년차에 CSTI가 문샷 목표의 달성을 위한 연구개발(프로그램)의 계속·종료를 결정 ○ 연구추진법인은 매년(외부평가를 받는 해를 제외하고), 자기평가를 수행하며 그 결과를 전략협의회 및 관계부청에 보고

☐ 문샷 주제 도출을 위한 아이디어 공모 결과

- 제2차 회의, NISTEP의 AI를 활용해 2019년 4월 15일까지 응모된 1509개 건에 대한 미래상을 키워드 분석
 - 환경 및 자원 (458건), 식량 (44건), 건강 및 의료 (243건), 도시 (72건), 에너지 (137건), 산업 및 노동 (86건), 정보통신 및 테크놀로지 (131건), 우주 개척 (112건), 그 외 (226건)
- 제3차 회의, 2019년 5월 7일까지 모집된 총 1796개 제안에 대한 분류 및 분석 결과 참고해 논의 진행
 - 기술, 사회, 개발, 자원, 과제, 환경, 해양, 에너지 순으로 키워드 도출

3. 영국의 Grand Challenges

☐ 계획 개요

- 비즈니스·에너지·산업전략부(Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS)에서 발표한 미래 지향적 산업 전략으로, 국민 생활 수준 증진과 국가 생산성 증대를 목표로 함
 - 국민 생활에 필요한 기술을 개발하고 제도를 정비함과 동시에, 국가 미래 경제 경쟁력 제고

<표 2-38> 제1차 4가지 Grand Challenge

인공지능과 데이터 (Artificial Intelligence and data)	- 2030년까지 데이터와 인공지능을 이용해 만성 질환의 예방, 초기진단, 치료를 가능케 함 - 인공지능과 데이터를 이용해 국가보건의료서비스 개선을 목적으로 함 - 인공지능실(Office for Artificial Intelligence)가 디지털·문화·미디어·스포츠부(Department for Digital, Culture, Media and Sport, DCMS)와 BEIS의 협력부처로 설립됨
고령화 사회 (Ageing society)	- 2035년까지 노령 시기 최소 5년을 건강하고 독립적으로 보낼 수 있도록 하며, 빈자와 부자 사이의 노령 삶의 질 격차를 줄이는 것을 목표로 함 - 더 오래 일할 수 있도록 고용 제도를 정비하고, 노령 인구에 필요한 시장을 개척. 보건의료제도와 사회보장 부문 혁신 도모
친환경 성장 (Clean growth)	- 2030년까지 에너지 사용을 최소 절반으로 감축 : 에너지 소비의 40%가 거주지 냉난방과 전력 사용에 집중되어 있으므로 첨단 건설 및 에너지 사용 기술을 이용해 거주 및 건물 관련 에너지 소비 감축 - 2030년까지 최소 1개의 저탄소 산업단지 형성, 2040년까지 세계 최초의 탄소제로 산업단지 형성
미래 이동수단 (Future of mobility)	- 2040년까지 배기가스 없는 차량 디자인 및 제조 분야에서 세계를 선도하는 것을 목표로 함 - 친환경 자동차 소비 장려를 위한 인센티브 정책 발의 및 집행

○ 목표 설정 및 과제 운영 과정에 정부 외 행위자와 협업

- 유니버시티 칼리지 런던(University College London, UCL)의 임무지향적 혁신과 산업 전략 위원회(Commission for Mission Oriented Innovation and Industrial Strategy, MOIIS Commission)와 협업
- 과제 목표 달성을 위해 해당 분야 선도 기업과 협업
- Grand Challenge 달성을 위한 과제(Mission) 수행
- 산학연 협력을 통해 다양한 아이디어를 거대 난제 해결에 사용

<표 2-39> MOIIS Commission

- Mazzucato 교수 등이 이끌고 있으며, 여러 학문 분야의 석학들이 참여
- 해당 위원회는 영국 산업전략 Grand Challenges의 거대난제 설정 및 UCL 자체 거대난제 설정에 참여
- 임무들이 공공 가치를 반영하기 위한 과제 디자인 및 기준 설정
 - ※ Mission-oriented framework
- 과제에 참여하는 행위자들이 정부와 직접 일할 수 있는 상향식(Bottom-up) 실험을 가능케 하는 것을 목적으로 함
- ‘친환경 성장’의 2차 목표 설정에 참여했으며, 비즈니스·에너지·산업전략부(Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS)와 긴밀히 협업
 - ※ ‘2040년까지 세계 최초 탄소제로산업단지 형성’
- 위원회 모임, 산업 전략, 정책 평가 등과 관련된 워크숍 개최

<표 2-40> Mission-oriented framework

- Mazzucato 교수의 working paper에 쓰인 용어로, 임무지향적 과제가 만족해야 하는 기준들을 제시하고 있음
- 1) 사회적 가치를 명시할 것
 - 2) 구체적인 목표를 설정할 것
 - 3) 연구와 혁신을 포함할 것
 - 4) 산업간, 행위자간, 학문간 협업
 - 5) 임무 자체가 문제 해결을 위한 방법을 포함할 것

○ 과제나 목표에 따라 여러 정부 부처나 단체와 협업

※ 영국의 정부부처는 25개의 장관급 정부부처(Ministerial departments)와 20개의 비장관급 정부부처(Non-ministerial departments)로 구성되어 있으며, 그 외에도 412개의 책임운 영기관(Agency and public body)가 있음

- 산업 전략으로서의 Grand Challenge 이외에도 부처/단체별 (Grand) Challenge 설정하기도 함

예시

- non-departmental public body인 Nuclear Decommissioning Authority
 - : 2030년까지 원자력 폐기물의 50% 재활용/2차 폐기물의 70% 감축/에너지 중립적으로 모든 건물 전환/위험 환경에서의 원자로 폐기에서 인간 참여 50% 감축

- 거대 난제나 과제의 성격에 따라 해외와 협업 진행하기도 함

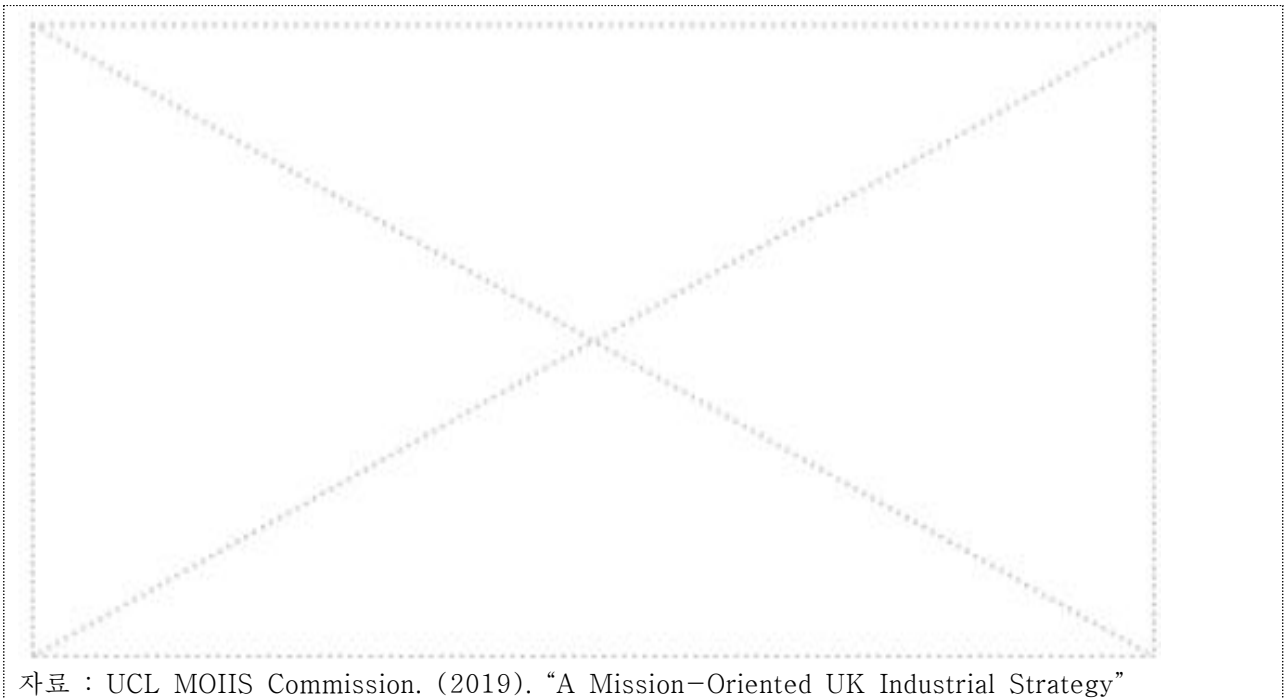
- UKRI(UK Research and Innovation, 책임운영기관)에 다양한 펀드 프로그램 운영해 거대난제와 과제에 필요한 자금 지원
 - Industrial Strategy Challenge Fund : 거대 난제 및 기타 국가개발계획에 맞는 프로그램에 학계 및 산업계 연구자들이 지원
 - 각 난제 및 과제의 성격에 맞는 다양한 펀드 프로그램 운영

□ Grand Challenges 설정

- 산업전략실(Industrial Strategy Council)에서 과제 설정 및 관리 담당
 - ‘거대 난제(Grand Challenges)’와 더불어 ‘산업 부문 과제’, ‘생산성 기반’ 세 가지 갈래의 산업전략 담당하고 있으나 책임운영기관을 만들거나 정책을 직접 제안하는 일은 할 수 없는 기관
 - 중앙정부, 특히 비즈니스·에너지·산업전략부(BEIS)와 긴밀히 협력
 - 비즈니스·에너지·산업전략부(BEIS)와 UCL MOIIS Commission의 협력
 - BEIS의 Grand Challenges 팀과 UCL MOIIS Commission이 협력 위원회를 구성해 거대 난제 및 과제 로드맵 설정 워크숍 진행
 - UCL 팀은 전(前) 정부 과학 고문, 시민 단체 활동가, 혁신 연구자 등 다양한 경력 및 배경의 위원들로 구성되어 있음
 - 학계, 산업계, 시민 단체에 이르는 다양한 부문의 의견 수렴
 - UCL MOIIS Commission은 BEIS뿐만 아니라 DfT(Department for Transport), HMT(Her Majesty's Treasury) 등 기타 정부 부처와도 워크숍 진행
 - 거대 난제 설정, 과제 정책 평가, 혁신을 위한 지적재산권 관리, 고령화 사회 문제 해결을 위한 노동 정책, 거대 난제 해결 위한 재정 지원 등 다양한 주제로 워크숍 진행
 - 여러 주제의 워크숍을 진행한 후 공통적으로 해결해야 할 난제들을 ‘거대 난제(Grand Challenges)’로 설정
 - 시민 및 연구자 등 다양한 사회 주체들과 함께하는 거대 난제 설정
 - 학계와 산업계 성장뿐만 아니라 국민 생활 수준 증진을 위해 달성해야 하는 목표 설정
 - 기술적 측면의 혁신이나 목표 달성보다는 국민 생활 수준 증진과 경제 성장에 필요한 과제를 설정하고 그에 맞는 기술 발전 등이 따라오도록 함
 - Grand Challenges 목표 달성의 경우, 거대 난제를 연구 및 성장 방향으로 제시한 후 다양한 연구가 가능하도록 지원
- ※ 정부가 모든 것을 계획하는 방식(Top-down)과 학계/민간 연구자들이 모든 것을 제안하는 방식(Bottom-up)의 중간 형태로, 거대 난제 목표 달성을 위한 연구자들 및 현장의 피드백 반영 가능

- 여러 거대 난제 해결을 동시에 추구할 수 있는 과제(Mission)가 도출될 수 있도록 함
 - 사회 문제 해결을 위해 간학제적 협업이 필요한 만큼, 여러 학문 및 산업 부문이 협력할 수 있는 과제를 설정하는 것이 중요함
 - 거대 난제 설정은 여러 분야가 협업해 자유롭고 다양한 연구 아이디어가 창출될 수 있는 방향으로 진행되며, 매우 분명한 목표를 설정해 장기적으로 흔들림 없이 추구할 수 있도록 함

예시
<ul style="list-style-type: none"> 고령화 사회로 진입하고 있는 상황(Ageing society)에서, 노령 인구를 위한 이동수단 및 사회기반시설을 발전시키는 일(Future of mobility)이 중요해짐. 자율주행차량이나 노인의 이동을 돕는 하드웨어/소프트웨어(Artificial Intelligence and data)가 이와 함께 발전해야 하며, 이동 수단 기술과 산업 발달은 친환경적이고 지속가능해야 함(Clean growth)

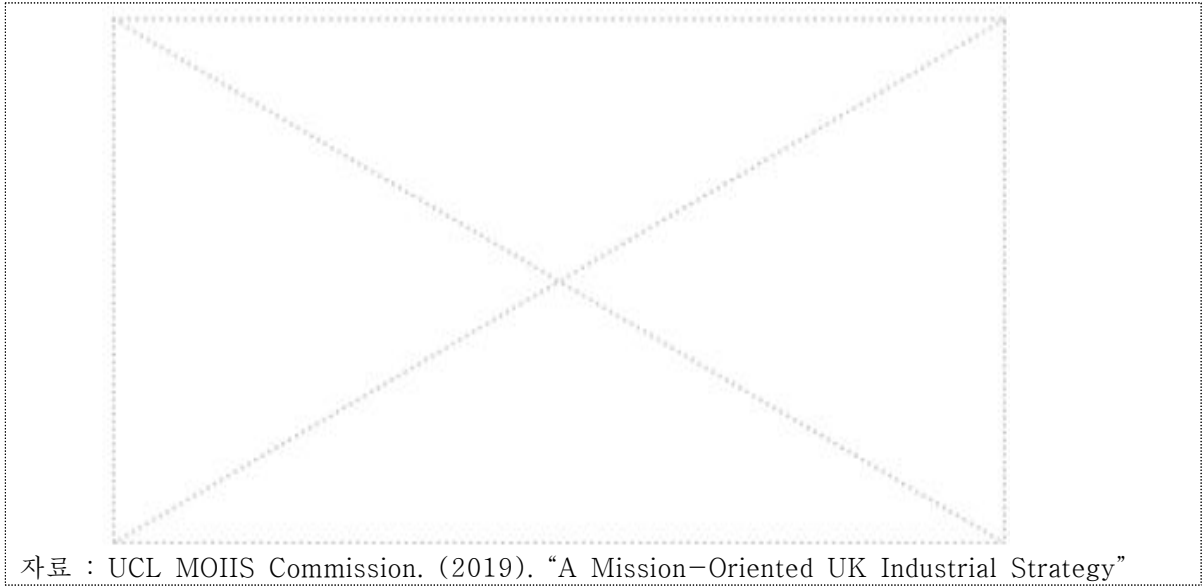


[그림 2-23] 거대 난제 관리 체제(제안)

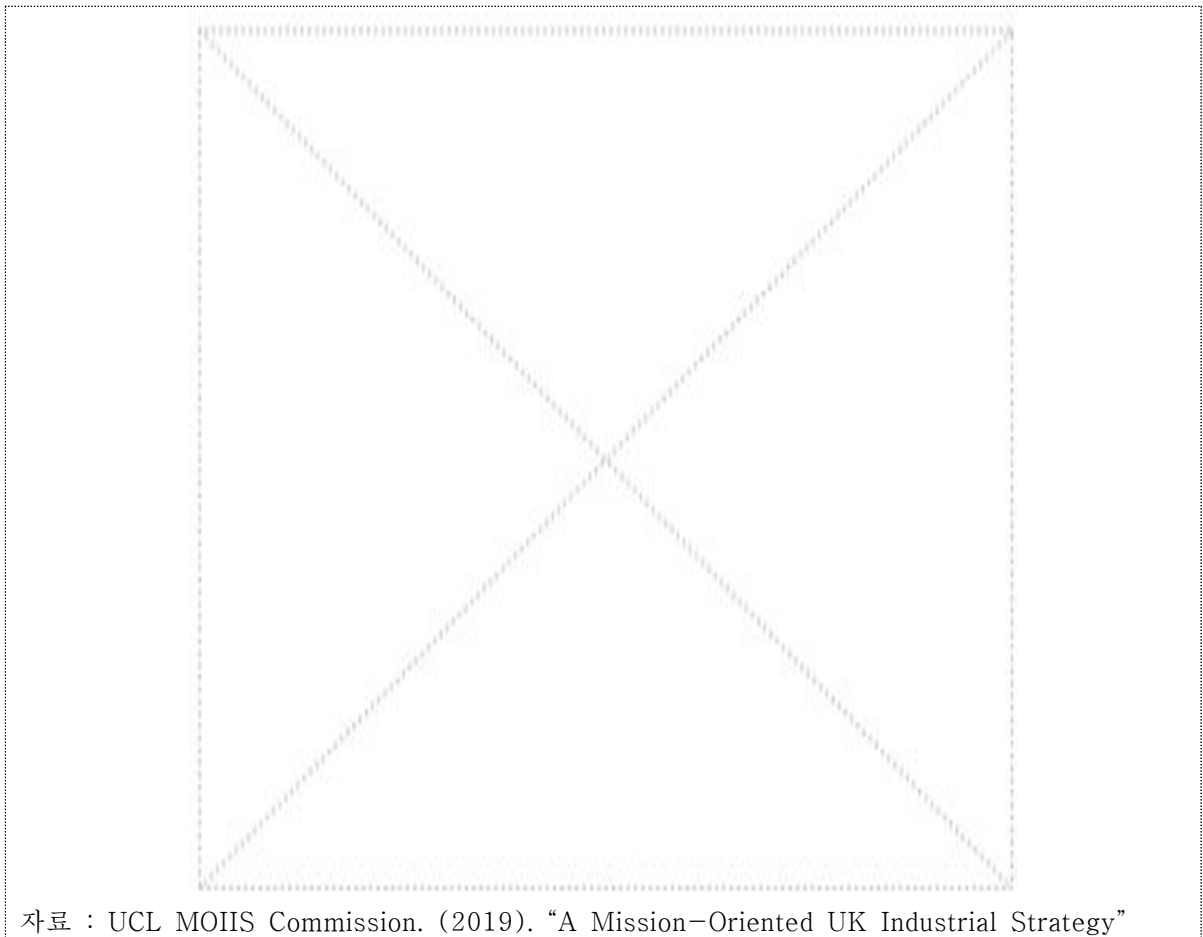
□ 거대 난제 해결을 위한 과제(Mission) 디자인 및 로드맵 설정

- 과제 로드맵을 만들 때는 아래와 같은 속성들을 고려해야 함
 - 여러 학문 및 산업 부문의 협력을 장려해 문제를 효율적으로 해결할 수 있어야 함
 - 영국이 가진 학문 및 산업적 경쟁력을 최대한을 활용할 수 있는 과제 디자인
 - 거대 난제는 장기적 관점에서 해결 방안이 모색되지만, 난제 해결을 위한 과제(Mission)은 제한된 시간 내에 해결되어야 함(Timebound)

- 난제 해결을 위해 인력을 양산하고, 지역 경제 기반을 활용하며 필요한 사회기반시설을 확충해야 함



[그림 2-24] 거대 난제와 과제 설정 흐름도(제안)



[그림 2-25] 친환경 성장 과제 로드맵(제안)

4. 독일의 High-Tech Strategy 2025

- 독일 연방교육연구부의 Hightech-Strategie 2025는 △사회과제 해결, △미래역량 강화, △개방혁신 및 벤처문화 확립이라는 3대 실행분야를 선정하고 이행방안을 제시
 - (사회과제해결) △건강 및 질병 관리, △지속 가능성, 온난화 및 에너지, △이동성, △도시와 농촌, △안전, △경제 4.0 및 노동 4.0에 집중
 - (미래역량 강화) △다양한 핵심기술 시너지 고양, △직업훈련 및 평생 교육체계 구축, △변화 대응을 함께 강구할 시민의 참여를 도모
 - (개방형 혁신 및 벤처 문화 확립) △아이디어의 사업화 등 지식의 실현 강화, △기업가정신 고취, △지식·혁신 네트워크 활용 등을 통해 스타트업, 중소기업, 연구기관 및 시민사회 모두가 참여의 혜택을 향유할 수 있는 방안을 모색

□ 세부 내용 1) 건강 및 질병 관리

- 독일은 기존·신종 질병의 효과적 치료를 위해 △연구 지원, △글로벌 연구 파트너십 체결, △의학 및 질병관리 분야의 디지털 혁신 활용 지원 등을 시행
 - 암 연구, 공중보건 연구 강화, 조직의학적이며 환자 중심적인 연구 지원, 만성질환 및 고령 질환 모니터링, 국민건강 관련 데이터 활용
 - 대학 내 의학연구 및 임상시험 구조 강화 및 기초연구와 임상 연계를 위한 중개연구 지원
- 새로운 진단·치료 및 질병 관리·보급 방법에 대한 연구를 병행 지원하는 한편, 생명 과학 분야의 윤리, 법 및 사회적 측면에 대한 과학적 기반 마련
 - 농촌 지역 의료기기 보급 지원 확대 및 원격의료 활용
 - 감염병에 대응하기 위한 연구개발 및 국제 공조 추진
- 다학제적 간호·간병 기술 개발 및 테스트 촉진
 - 환자가 자택에서 자기결정권이 보장되는 생활을 영위할 수 있도록 IoT 기술을 활용한 주거공간 개발 연구 지원
 - 기술적인 측면보다 사용자의 편의와 요구사항을 중심에 두는 기술 지원 체계 개발

<표 2-41> 건강 및 질병 관리 분야 주요 과제

주요 과제
<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 건강연구 기본 프로그램 구축에 관한 전략 방향 제시
<ul style="list-style-type: none"> • 국가 차원의 암퇴치 캠페인, 국내 암 연구활동 통합·강화, 미래 지향적인 암 예방 및 보급 발전 도모
<ul style="list-style-type: none"> • ‘국가의약품질이니셔티브(Nationale Wirkstoffinitiative)’를 추진해 학계, 제약업계, 규제기관이 새로운 협력 하에서 새로운 의약품질 개발을 개발할 수 있도록 지원
<ul style="list-style-type: none"> • ‘디지털건강혁신로드맵(Roadmap Digitale Gesundheitsinnovationen)’을 통해 혁신적인 이헬스 솔루션 개발과 이행이 신속하게 이루어지도록 모든 관계자의 협력을 최적화
<ul style="list-style-type: none"> • 산업협회, 전문가 등과 협력해 가공식품에 함유된 설탕, 지방, 염분 감소를 위한 혁신 전략 수립
<ul style="list-style-type: none"> • 산업계와 학계가 함께 간병 부담 완화를 위한 새로운 제품·프로세스 및 방법을 연구 중으로 이를 사회 및 기술 혁신과 긴밀히 연계

☐ 세부 내용 2) 지속 가능성 및 온난화 및 에너지

- 독일은 「독일 지속가능성 전략(Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie)」을 마련하고 2050년까지 온실가스 중립을 목표로 함
 - 연방정부의 ‘2050 기후행동계획(Klimaschutzplan 2050)’은 모든 산업 분야의 구체적인 감축 목표 설정을 통해 2030년까지 이행할 목표를 세부적으로 제시하고, 이 원칙을 혁신 정책과 교육시스템에 각인
 - 화석연료를 재생에너지로 대체하기 위해 바이오 기반 생산방식 및 공정 추진
- 안전성·경제성 및 친환경성을 담보할 수 있는 기술적·사회적 해결방안을 제시하는 한편, 장기적 대책을 마련
 - 지능적이고, 효율적인 에너지 사용을 위해 미래지향적 개념과 비즈니스 모델을 기반으로 한 교통, 난방, 전력 섹터 연계를 추진
 - 화물, 해운, 항공교통 분야를 위한 합성연료 개발 프레임워크를 지속적으로 조정
- R&D를 통해 에너지 전환, 자원효율적 순환경제, 기후변화 대응이 혁신, 투자 및 지역 발전의 원동력이 될 수 있도록 조치
 - 산업계는 온실가스 중립적 생산체계를 마련하며, 기업간 협력을 통해 시범 프로젝트를 실시하고 독일의 기술 및 시스템 솔루션 수출 기회를 마련
 - 지속가능성 연구를 위한 솔루션과 데이터룸 개발을 지원

<표 2-42> 지속가능성, 온난화 및 에너지 분야 주요 과제

주요 과제
<ul style="list-style-type: none"> 지속가능한 개발을 위한 연구(FONA) 관련해 새로운 프레임워크를 구축하고 지속가능성 연구를 지원함으로써 지속가능한 삶과 경제 활동에 대한 선택권을 제시
<ul style="list-style-type: none"> 바이오 경제 국가 전략을 지속적으로 개발해 생물학적 지식과 바이오 기술 프로세스의 실제 활용, 응용지향적인 기초연구 강화, 신뢰성 있는 바이오 경제의 기술적 기반 마련(바이오매스 한계와 생태계의 수용력도 함께 고려)
<ul style="list-style-type: none"> 산업계와 함께 ‘국가자원보호기술연구혁신전략’ 수립
<ul style="list-style-type: none"> CO2재료 사용에 대한 국가연구아젠다를 통해 CO2 순환에 대한 체계적 이해를 도모하고 CO2 활용기술과 응용 개발 지원을 통해 바이오 경제 수립에 기여
<ul style="list-style-type: none"> ‘수원에서 파이프까지(von der Quelle bis zur Mündung)’ 아우르는 수질 연구를 통해 향후 인간, 환경, 경제에 깨끗한 물을 제공
<ul style="list-style-type: none"> 산업의 탈탄소화 지원 프로그램을 통해 기후변화 대응 선도국으로서의 지위 유지
<ul style="list-style-type: none"> ‘자원 효율적인 순환 경제’ 연구 컨셉트를 지속 발전시켜 제품 순환을 위한 혁신 솔루션과 함께 순환경제에 적용하는 디지털 기술 개발을 촉진
<ul style="list-style-type: none"> 기술·경제·사회 혁신 지원을 위한 연구프로그램 추진을 통해 독일과 유럽의 현 에너지 체계를 지속가능한 에너지 체계로 전환
<ul style="list-style-type: none"> 기초연구에 관한 독일-프랑스 합작 이니셔티브를 통해 양국의 공동 에너지 연구에 새로운 계기를 부여하고 ‘에너지 동맹’의 기술적 실행을 추진
<ul style="list-style-type: none"> ‘교통분야의 에너지 전환’ 및 ‘지속가능한 이동성 합성원료(NaMoSyn)’ 공동연구 이니셔티브를 추진함으로써 합성원료 연구 및 화석원료의 지속가능한 대안에 대한 사용 가능성을 실험
<ul style="list-style-type: none"> 생물다양성 보존 연구 이니셔티브를 통해 생물다양성 손실을 혁신적인 톨과 신뢰성 있는 지표로 정확히 평가하고 효과적으로 대응 <ul style="list-style-type: none"> * 주요 주제는 곤충 감소 방지에 대한 연구
<ul style="list-style-type: none"> 독일해양연구동맹(DAM)을 통해 독일의 뛰어난 해양연구를 통합하고, 이를 해외 파트너들과 효과적으로 공유
<ul style="list-style-type: none"> 다이얼로그 플랫폼 ‘바이오 경제산업(Industrielle Bioökonomie)’을 통해 산업계와 사회주체들이 원자재 관련 이슈 변화에 미리 논의할 수 있는 장을 마련
<ul style="list-style-type: none"> ‘지속가능성 2030(Nachhaltigkeit 2030)’ 과학 플랫폼을 통해 과학 및 사회주체들을 결합시켜 지속가능성 정책을 과학적 관점에서 논의하고, 간담회를 통해 정치 및 사회 분야에 이행을 촉구하며 연구 관련 질의사항을 제기할 수 있는 장을 마련 <ul style="list-style-type: none"> * 미래 중점 분야는 지속가능한 개발목표(SDG) 이행, 지속가능한 소비, 노동의 미래, 글로벌 공공재(Global Commons), 이동성 등
<ul style="list-style-type: none"> ‘리얼랩(Reallabor)’을 통해 에너지 연구 결과가 신기술 실증과 시장 진출로 이어질 수 있도록 지원
<ul style="list-style-type: none"> 초분광 센서가 탑재된 지구 관측용 위성(EnMAP)을 통해 이전과는 다른 차원의 지표면 변화 감지와 생태계, 토질 및 수질 관리 추진

□ 세부 내용 3) 모빌리티

- 모빌리티 분야에 에너지·환경·고용·교역·생산·도시개발·빅데이터·통신 분야 연계
 - 최신 IT 기술을 바탕으로 자동차·물류, 항공우주산업, 철도해운업 및 대중교통 체계가 변화에 발 맞출 수 있도록 지원하고 다양한 교통수단의 연결을 강화
 - 교통 인프라를 통해 주행 중 에너지 공급을 위한 대안 컨셉 개발
 - 합성연료 연구 촉진 및 시장 출시를 위한 기반 마련
- 신소재·경량구조물, 고성능 센서·전자 기술 등에 대한 연구로 자기 학습적인 안전한 자율시스템, 대체연료 차량 시스템 및 그 연료, 유해물질 배출 감소 등에 기여
 - 교통, 육상 및 해운 화물 운송, 항공 등에서 자율주행 개발 지원 추진

<표 2-43> 모빌리티 분야 주요 과제

주요 과제
<ul style="list-style-type: none"> • 자율 주행 연구 분야 지원을 위한 종합적 연구 프레임인 ‘자율주행 (Autonomes Fahren) 액션플랜’ 수립 • 가치사슬 최대 활용으로 인한 잠재력과 산업에 응용 시 창출되는 기회를 명시하는 배터리 연구 및 생산 전략 수립 • 우주산업 연구 프로그램 ‘VI 아우프러프 1(VI Aufruf 1)’을 통해 인더스트리 4.0에 대한 예산 투입 범위를 확장하고 전기하이브리드 비행에 대한 예산 투입을 시행 • 녹색 스마트 해운(Maritime green and smart) 모토 하에 해양 연구 분야에 녹색 기술을 탑재한 스마트 이동성 연구를 강화 • 현대화펀드(mFund) 연구 이니셔티브 추진을 통해 이동성 4.0 분야의 데이터 기반 응용을 지원 • 다수의 산업분야를 아우르는 네트워킹 이니셔티브 ‘우주산업이 움직인다! (Raumfahrt bewegt!)’로 우주산업 기반의 기술과 서비스를 미래지향적인 이동성 연구에 활용 • 고체배터리 개발 클러스터를 통해 전해액을 이용하지 않는 차세대 배터리 기술 활용 소재·셀 기반 공정사슬을 개발 • 배터리셀 생산 클러스터를 통해 배터리셀 생산 분야의 국가 역량(연구 측면)을 개발하고, 산업계를 지원 • 기초연구에 관한 독일-프랑스 합작 이니셔티브를 통해 양국의 공동 에너지 연구에 새로운 계기를 부여하고 ‘에너지 동맹’의 기술적 실행을 추진 • 독일 항공우주센터(DLR)를 통해 H2ORIZON(우주산업, 에너지, 메가 와트 단위의 교통 섹터 연계) 프로젝트 하에 수소 전주기(풍력에너지로 수소 생산, 이를 수송·보관·사용) 사이클을 개발하고 이동수단의 연료로 사용하거나 전력/열 보급, 로켓시험에 활용

□ 세부 내용 4) 도시와 농촌

- 도시와 농촌을 미래지향적이며 지속가능한 생활·경제권으로 발전시킬 필요 대두
 - 구조적으로 취약한 지역에 대한 전 국가적 지원 체계를 구축하는 한편, 동 목표에 부합하는 기술 지향적 펀딩 프로그램을 출범
 - 전국을 디지털 광대역 통신망으로 연결하여 저개발 지역에 빠른 인터넷 연결을 보급하는 한편, 구조적으로 취약 지역에는 위성통신 활용을 대안으로 제시
- ‘지속가능한 발전을 위한 아젠다2030’의 맥락 하에서 지속가능한 도시 발전 추진
 - 도시와 농촌지역이 기후변화 과제를 해결하고 지속가능하고 복원력있는 인프라를 구축할 수 있도록 지원
 - 대도시권의 주택 공급에 비해 수요와 가격이 증가하고 있는 점을 감안해 ‘디지털 가치사슬 설계 및 건설’이나 건설 자동화를 통해 품질 고급화, 비용 감축, 기간 단축을 실현함으로써 주택 건설 수요 충족
- 미래도시혁신플랫폼과 국가도시개발정책공동이니셔티브 추진을 통해 지속가능한 도시 발전을 위한 솔루션을 공유하고 자금 조달을 조율
 - 자원 효율적 순환경제 발전을 위해 도시 및 농촌 지역의 디지털 기술 활용 장려
 - 연결성 기반 주택 시스템 등을 지원하는 동시에 정보보안과 시스템 안정성 및 제어성 제고를 추진

<표 2-44> 도시와 농촌 분야 주요 과제

주요 과제
• 혁신 및 구조 변화 프레임워크를 통해 구조적으로 취약한 동서독 지역에 미래·혁신 지향적인 발전 방향 제시
• 연방 차원의 농촌 발전 프로그램 하에서 디지털 시대에 걸맞는 농촌 지역 조성 추진
• 정부기관 합동 이니셔티브인 ‘태양광 건설/에너지 효율 도시(Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt)’의 통합 및 지식이전 추진
• 도시, 도시외곽, 농촌 등이 지역 차원에서 효율적이고 자원 절약이 가능한 토지 관리를 실현할 수 있도록 도시 농촌 플러스 지원 프로그램인 ‘미래도시(Zukunftsstadt)’ 이니셔티브를 추진
• ‘미래도시’ 이니셔티브의 일환으로 미래를 위한 자원 효율적인 도시지역 지원 이니셔티브(RES:Z) 추진
• 미래도시 혁신 플랫폼 하에서 신규 활동 추진
• 제3차 미래도시경진대회를 통해 비전 2030+의 실현

- 안정적인 농·식품 산업 및 지역경제 발전이 필수적으로 지역 가치사슬 강화를 위한 연구·혁신을 지원하고, 농촌지역이 매력적인 생활 및 일자리 공간으로 자리잡도록 새로운 솔루션 개발
- 구조적으로 취약한 변두리 지역의 경제 구조와 사회·기술 인프라를 개선할 수 있도록 지원을 지속
- 농촌지역 개발을 위해 디지털화 솔루션을 제공하고 이를 위해 전국을 디지털 광대역 통신망으로 연계

□ 세부 내용 5) 안전과 보안

- 테러, 조직범죄, 사이버 범죄, 자원 및 에너지 부족, 기후변화와 그에 따른 자연 재해로 기존 안보 체계에 근본적으로 새로운 변화가 요구되는 시점으로 시민 안전 관련 연구를 지속적으로 지원하고 그 범위를 확장
- 주요 인프라 시설 보호, 시민보호를 위한 디지털화, 범죄·과격주의·테러리즘·테러 예방에 관한 연구를 집중 지원
- 비인도적 환경에 대한 자동대응 시스템 개발, 테러리즘 예방 등에 관한 역량센터 및 핵심 연구클러스터를 설립
- 상황발생에 대한 시뮬레이션, 헬퍼 교육 및 훈련 체계, 보호·탐지방법 개선, 사이버 범죄·스파이·사보타주 방지를 위한 새로운 과학수사 방법 개발
- 자연재해, 평화유지 임무 수행, 국내 보안유지를 위해 위성 통신과 위성 원격탐지 기법 연구 심화

<표 2-45> 안전 및 보안 분야 주요 과제

주요 과제
<ul style="list-style-type: none"> • ‘민간 보안을 위한 연구프레임 워크프로그램 2018~2023(Rahmenprogramm Forschung für die zivile Sicherheit 2018~2023)’을 통해 혁신 솔루션 개발과 이행을 지원함으로써 시민들의 안전과 삶의 질을 보장하고 주요 인프라를 보호
<ul style="list-style-type: none"> • ‘디지털 환경 하에서 안전한 자기결정 2015~2020’ 연구프레임워크프로그램 이행을 통해 정보통신기술(ICT) 시스템을 개선하고 시민들의 사생활을 보호
<ul style="list-style-type: none"> • 지구 및 기후 변화에 따른 자연재해 위협 연구를 지원하여 사회 혁신 및 최신 기술로 생명과 인프라를 보호
<ul style="list-style-type: none"> • 고-디지털(Go-digital) 프로그램으로 중소기업과 수공업자에 IT보안, 사업 프로세스의 디지털화, 디지털 시장진출에 대한 컨설팅 및 이행 서비스를 제공
<ul style="list-style-type: none"> • 해상안전을 위한 실시간 기술 R&D를 지원하여 민간 해양안전 기반 마련
<ul style="list-style-type: none"> • 자르브뤼켄의 CISPA, 다름슈타트의 CRISP와 칼스루에의 KASTEL 등 IT 보안 역량강화 센터 지원하여 독일의 사이버 보안 역량 개선
<ul style="list-style-type: none"> • 민간 연구 기술개발과 더불어 연방군의 통신 분야에서 하인리히 헤르츠 통신 위성 활용

- ‘디지털 환경 하에서 안전한 자기결정 2015~2020(Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015~2020)’ 기본 프레임 연구에 기반해 IT 보안 연구를 강화할 예정
- IT 보안 연구 역량센터의 지속적 발전을 지원하고 글로벌 연구 네트워크를 확대해 보안기술 기업 설립과 유지를 도모

□ 세부 내용 6) 경제 및 노동

- 디지털화로 생산 및 가치창출 과정에 큰 변화가 발생함에 따라 연방 정부는 데이터 기반 경제 4.0(Wirtschaft 4.0)의 경쟁력, 안정성 및 지속가능성 확보를 위해 노력
- 인더스트리 4.0 솔루션 및 스마트 기기 확산, 하이브리드 제품·공정 도입, 플랫폼 경제 참여 등 새로운 경제 활동을 지원
- 스마트 산업 서비스를 통한 인더스트리 4.0의 발전을 도모
- 자원효율화 기술, 적층제조, 디지털 프로세스 응용, 자재 경량화 등을 통해 순환경제 가치사슬의 디지털화도 지속적으로 지원

<표 2-46> 경제 및 노동 분야 주요 과제

주요 과제
<ul style="list-style-type: none"> • '18년 과학의 해를 맞아 시행되고 있는 '미래의 직업세계(Arbeitswelten der Zukunft)' 이니셔티브를 통해 연방정부, 시민, 전문가가 함께 미래의 노동에 대해 심도 있게 논의
<ul style="list-style-type: none"> • '경량건설 기술이전 연구프로그램(Förderprogramm Technologietransfer Leichtbau unterstützt Aktivitäten)'을 통해 다양한 산업과 소재를 아우르는 기술 이전 활동을 지원하고 R&D를 촉진
<ul style="list-style-type: none"> • '노동의 미래' 프로그램을 통해 전국 전문대학에 지역역량센터를 설립하고 지역 기업의 파트너로 활동할 수 있도록 지원
<ul style="list-style-type: none"> • '미래의 생산, 서비스 및 노동 혁신연구프로그램(Forschungsdachprogramm Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit)'을 통해 독일 내 가치와 일자리 창출에 기여할 수 있는 응용 가능 솔루션 개발을 지원
<ul style="list-style-type: none"> • 농촌 역량센터를 통해 농업 분야의 디지털 응용을 위해 시연과 개발 실험 분야를 도출하고 의견을 조율
<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 시대의 무역 이슈를 다루기 위한 무역역량센터 설립

- 디지털 기술이 업무현장에서 활용될 가능성이 높아지면서 기회와 함께 리스크 요인도 증대함에 따라 노동 4.0(Arbeit 4.0)을 통해 디지털화된 직업 세계에서

의 근로자 안전 및 건강 보장

- 건강한 삶, 가정과 직장의 양립성 확보, 친환경적이고 경제적이며 지속가능한 노동 방식의 창출을 위해 ‘노동의 미래(Zukunft der Arbeit)’ 연구 지원 추진
- 인간과 기계 간 혁신적인 상호 작용을 통해 기업이 미래를 준비할 수 있도록 지원

□ 특징 및 시사점

- 지원 프로그램 개발 및 이행 시 범부처 차원의 협력 강화는 ‘하이테크전략 2025’의 성공을 위한 필수 요소로 연방정부 내 조율은 정무 차관 회의를 통해 진행함
 - 회의의 목적은 ‘하이테크전략 2025’의 핵심 분야와 함께 혁신 정책 관련 아젠다를 설정·운영·체계화하는 것임
 - 이 밖에도 공동의 미션, 우선 실행 분야의 새로운 이니셔티브와 더불어 새로운 주제를 정하고 확립하는 것 또한 논의 가능
 - 이를 통해 부처 간 협회 하에 솔루션 전략을 조율하고 부족한 점을 보완 가능함
- ‘하이테크전략 2025’의 이행과 개선은 산업계·학계·사회 대표자로 구성된 정무차관급 자문기구와의 협력 하에 진행함
 - 동 기구는 기존 자문 기구를 보완하며, 미래 역량 개발에 중요한 주제를 도출하고 전략의 이행과 발전을 위한 자극제로 작용함
 - ‘학습하는 전략’이라는 맥락에서 필요시 최신 기술 및 사회 변화에 적응하도록 유도하며 새로운 주제와 미션을 제시하는 역할을 수행함
 - 정무 차관 회의에서 이 자문기구의 조언에 대해 논의하고 필요시 부처 차원에서 이를 수렴하여 이행함
- 평가는 연구 혁신 정책에 중요한 도구로, 목표 달성, 효과, 경제성 차원의 성과관리를 통한 프로그램 최적화에 필수적 요소임
 - ‘하이테크전략 2025’의 주요 지원 프로그램을 모두 평가하고, 특히 효과 및 영향 분석을 지속해 나갈 예정이며, 성과 보고서도 정기적으로 발표 계획임
 - 전략 예측 도구는 어떠한 미래 기술과 혁신 분야가 독일 경제 경쟁력과 관련성이 있고, 어떠한 변화를 보이는지 파악하기 위한 촉매제 역할 수행하므로 과학·경제·사회와 관련된 미래 과제에 한해 예측 프로세스(Foresight Process)를 도입할 예정임
 - 중장기 발전의 기회와 리스크를 효과적으로 포착하기 위해 각 부처의 전략 예측 역량을 강화해 나갈 예정
- ‘하이테크전략 2025’의 이행과 지속 발전에 사회의 참여를 강화해 나갈 방침임
 - 연방정부는 시민 및 시민 조직의 의견을 혁신의 장에서 활용할 수 있도록 연구를 확대하고 시민 및 시민 조직의 참여를 유도할 방침임
 - 혁신 관련 아젠다 설정 단계부터 시민 사회의 참여 및 시민 사회 자체적인 연구활동을

유도하는 한편, 미래포럼을 통해 시민들과 포괄적인 정치 현안에 대한 전략을 공유할 예정임

5. 프랑스의 France Europe 2020

☐ 과제 개요

- 경제 및 금융 위기가 지속되면서, 유연성 향상과 고급 제품 및 서비스를 포함한 경쟁력의 중요성이 대두되고 있으며 기존 생산 체계에 대한 개념이 변화되고 있음
 - 미래의 공장(Factory of the future)으로의 전환을 위해 국가 산업을 준비·지원해야 하며, 부가가치가 높은 분야를 선정해 투자와 연구개발에 집중할 필요가 있음
 - 이를 위해 새로운 국가 연구 전략은 연구에 대한 정확한 방법 및 우선순위에 따라 결정되어야 하며, 주요 사회적 도전에 적합한 R&D 대응을 제공할 수 있어야 함
- 연구와 혁신을 위한 유럽 프레임워크 프로그램인 ‘Horizon 2020’를 위해 5개의 연구협의회⁸⁾ 및 CNRS⁹⁾와 CNES¹⁰⁾의 연구기관 및 대학과 진행한 논의를 통해 프랑스가 진행해야 할 9가지 주요 사회적 과제를 도출함
 - 이러한 도전에 대한 논의는 다양한 종류의 혁신으로 이어지며, 사회적·경제적·환경적인 국가 이익에 기여할 수 있을 것으로 기대됨
- 다음 9가지 주요 사회적 과제 국가 에너지 연구 전략, 국가 의료 전략 또는 국가 지속가능 개발 전략과 상호 연결되며, 정부의 다른 정책들에도 영향을 미칠 것임
 - △합리적 자원 분배 및 기후변화 적응, △깨끗하고 안전하며 효율적인 에너지, △제조업 부흥 촉진, △건강과 웰빙, △식품 안보 및 인구 문제, △지속 가능한 모빌리티와 도시 시스템, △정보 통신 사회, △혁신·통합적이며 적응력이 높은 사회, △유럽을 위한 공간적 열망(우주)

☐ 과제 목표

- 전략적인 국정 운영, 국가적 프로그램의 우선순위 설정 및 조직 단순화, 평가 및 연구 지표 재검토
- 일관성 향상과 유럽 프로그램과의 연합 및 조정 최적화
- 사회적, 과학적, 기술적 난제 직면 및 경쟁력 있는 솔루션 제공
- 연구 지원을 위한 공공 정책의 지속 가능성 향상
- 지식 및 기술의 진보를 위한 우선순위 영역을 집합적으로 설정하고 구현을 위한 요소를 제공

8) 생명 과학을 위한 Aviesan, 환경을 위한 AllEnvi, 에너지 과학을 위한 Ancre, 디지털 과학과 기술을 위한 Allistene, 그리고 인간과 사회 과학을 위한 Ahtena

9) 프랑스 국립과학연구센터, Centre National de la Recherche Scientifique

10) 프랑스 국립 우주 연구센터, Centre national d'études spatiales

□ 세부 내용 1) 합리적인 자원 관리 및 기후 변화에 대한 적응

- 기후 변화와 지역적으로 특징에 따른 연구 개발을 지원하고, 원자재 공급망 전반에 대한 연구와 혁신을 지원하고자 함
 - 프랑스는 새로운 소재와 새로운 에코 프로세스와 같은 문제뿐만 아니라, 글로벌 수준의 통합적이고 지속적인 관찰 및 정보 시스템의 개발을 목표로 함
- 이에 생태 전환에 대한 정부의 로드맵에 따라 다음과 같은 우선 순위를 선정함
 - 해양 생물 자원의 이해와 활용에 있어 의료 및 화장품 분야의 응용 개발을 촉진하고 에너지의 미래에 대한 발전을 도모하는 동시에 환경을 보존함
 - 생태계 전환 지원을 위한 생태계 개발 모델링 및 예측
 - 경제 발전을 저해하지 않고 환경을 보존하기 위해 사회 생태계의 기능 이해 도모

□ 세부 내용 2) 깨끗하고 안전하며 효율적인 에너지

- 2012년 9월에 열린 환경 회의에서, 프랑스 대통령은 2025년까지 총 전기 발전량에서 원자력 발전 비율을 75%에서 50%로 감소하는 것을 목표로 제시함
 - 화석 원료의 고갈과 지구 온난화를 대응하기 위해 재생 에너지와 에너지 효율에 대규모 투자와 경제·생태학·사회적 행동방향을 정할 필요가 있음
 - 따라서 연구는 모든 에너지 부문에 동원되어야 함
- 해양과 풍력 자원 또는 바이오매스와 같은 재생 가능 자원의 평가와 예측을 향상시키는 것임
 - 태양열과 같은 발전 부문들의 수율을 누릴 수 있는 새로운 기술 개발도 필요하며, 결합된 에너지 소스를 개발하고 발전 저장(Power generation storage) 및 수소/연료 전지 분야에 대한 노력이 필요함
 - 스마트 그리드(smart grid), 아키텍처, 신뢰성 및 유연성이 에너지 믹스 내에서 전략적이어야 하며 원자력 관련 문제에 더욱 특별한 주의를 기울여야함

□ 세부 내용 3) 제조업 부흥 촉진

- 경제의 탈산업화는 제조업 현장뿐만 아니라 연구개발 및 제조 운영과 관련된 서비스 활동의 오프쇼어링¹¹⁾(Off-shoring)으로 이어짐
 - 프랑스는 제조 산업에 국가의 제품과 서비스를 활성화하는 데 기여해야 하는 "미래의 공장"과 새로운 제조 방식, 그리고 획기적인 기술에 대한 숙련도에 대비하고자함
 - 생산 공정의 생산성에 중요한 '선진 제조¹²⁾'는 이러한 기술은 새로운 설비뿐만 아

11) 기업들이 서비스 분야의 업무 일부를 인건비가 싼 해외로 이전시키는 현상

12) 디자인부터 생산, 유통, 수명주기 종료까지 수명주기 전반에 걸쳐 제품 제작을 개선하는 데 도움이 되는 모든 기술을 포함함

나라 모든 산업 분야와 기존 공장에도 적용될 수 있음

- 연구와 혁신 인력을 동원해 첨단 공정과 엔지니어링, 새로운 제조, 생산, 검사, 로봇틱스 및 기타 프로세스에 집중할 필요가 있음
- 나노전자, 나노소재, 마이크로 및 나노유체학, 소프트웨어, 소형화된 지능형 시스템 등 식별된 전략기술 분야에 대한 지원과 유연성을 새로운 시장과 결합할 필요가 있음
- 유럽위원회의 High Level Group Key Enabling Technologies를 통해 유럽의 산업 미래를 위한 6개의 KETs¹³⁾(첨단 소재, 첨단 제조, 나노 전자, 나노테크놀로지, 광전자학, 생명공학 등)를 선정함

☐ 세부 내용 4) 건강과 웰빙

- 헬스케어는 의료와 예방 분야도 성장과 일자리의 원천으로서 혁신 잠재력을 지니고 있으며, 경제와 사회 발전의 전략적 원동력으로 작용함
 - 과학 연구와 혁신 우선순위가 국가 의료 전략과 조정되는 것은 의료 문제에 대한 경제적 이해관계가 미치는 영향에서 발생하는 의료비 증가 통제를 비롯한 경제적 측면에 대한 고려와 의료 접근에 대한 형평성 문제가 점점 중요해지고 있기 때문임
 - 생명 과학과 건강은 과학, 기술, 건강 관련, 사회경제적 문제와 직결되어 있으므로 다학제적 접근방식이 필요함
- 보건안전과 환경에 대한 정책의 정의와 평가, 의료시스템과 공중보건 및 예방정책의 효과와 효율성 향상에 대한 논의의 핵심 정보 제공, 보건에 대한 연구를 전반적으로 촉진하는 것이 주요 과제임
 - 우선순위로 다루어야 하는 주요 과제는 기대 수명 연장에 따른 병리학(신경퇴행성 질환)의 예방, 환자의 거주지 및 자립 생활 유지, 만성·다발성 및 환경 관련 질병에 대한 관리 전략, 전염병의 출현 또는 재발견, 맞춤형 의료, e-medical의 개발과 관련된 새로운 경제 모델의 개발임
 - 사회 문제에 적용되는 과학적이며 미래지향적인 연구(합성 생물학, 줄기세포 또는 기능적 뇌 영상화 진행과 같은 기술)는 국가 연구 전략의 방향을 제시할 수 있을 것임

☐ 세부 내용 5) 식품 안보 및 인구 문제

- 인구 증가에 따른 식량 안보 문제를 대비하기 위해 자원 효율적인 생산 시스템 개발 및 생물 다양성 보존, 관련 생태계 시스템 확립, 저탄소 공급망 구축될 필요가 있음
 - 프랑스의 경우 양질의 식품 공급을 확립하기 위해 바이오 패러다임으로의 전환이 요구됨
 - 이를 위해 농림부를 중심으로 농업생태학의 발전을 위한 연구가 지속되어야함
- 생물경제학의 발전은 생물자원, 생물과학, 생명공학 분야의 연구와 혁신과 화학 및 공정공학과의 결합을 요구함

13) Key Enabling Technologies

- 즉, 기존 공산품을 보다 자원 효율적이고 에너지 효율적인 방식으로 제조할 수 있는 Bio product로 대체하는 연구를 촉진할 필요가 있음
- 또한 이들 분야에서 진행하게 될 연구는 실험실에서 산업으로의 Scale-up이 필요함
- 이러한 패러다임 변화는 새로운 모델을 개발하여 성능을 평가하고 모든 차원(경제, 생태, 건강 관련 및 사회적)에서 새로운 프로세스, 제품 및 섹터의 영향을 식별할 수 있도록 해야 함

□ 세부 내용 6) 지속 가능한 모빌리티와 도시 시스템

- 에너지와 환경 문제 사이의 교차점에서 지속가능한 모빌리티와 생활 편의성에 대한 새로운 대응방식이 필요함
 - 시민들의 교통비 지출을 통제하는 동시에 환경 친화적인 정책을 전개하기 위한 조치가 취해져야 함
 - 이러한 변화는 혁신적인 모듈 간 운송 솔루션과 새로운 대체 서비스를 제공하며, 편안함, 안전 및 효율과 같은 에너지 관련 및 생태적 기준에서 더 나은 성능을 제공할 수 있음
 - 이러한 도전은 사회적 이슈(CO2 배출량 감소 및 기후 영향)에 따른 것으로 프랑스의 경우 교통이 GDP의 큰 비중(유럽 평균 6.3%)을 차지함
- 연구와 혁신 분야에 투자하면 경제 성장과 일자리 창출의 원천인 새로운 서비스 창출이 가능해짐
 - 차량 인프라 사용자 시스템에서 공학 과학과 인간 및 사회 과학을 모두 아우르는 연구 활동과 함께 기술·조직·사회적으로 결합 된 접근 방식을 필요함
 - 이러한 개발은 지능형 교통 시스템 분야에서 최적화될 수 있음
- 지속 가능한 도시 시스템은 경제·생태·사회적 발전에 따라 재고해야함
 - 규모(건물, 블록, 도시 구역 등), 토지 점유(주택, 공공기반 시설 등), 그리드(에너지, 운송, 상하수도 등)에 따라 달라지는 역학을 모두 고려하기 위해 체계적인 접근 방식을 채택해야함

□ 세부 내용 7) 정보 통신 사회

- 정보, 서비스 및 애플리케이션으로 인해 발생하는 데이터의 급증은 우리의 삶과 행동을 크게 변화시키고 있음
 - 디지털은 유럽 성장의 주요 요인으로 작용하고 있으며, 데이터는 정치 권력의 구성 요소가 되고 있음
 - 또한 디지털은 사회의 문화, 건강, 훈련 또는 사회의 거버넌스(소셜 네트워크와 오픈 데이터 운동)와 같은 분야에 큰 영향을 미치고 있음
 - 이러한 관점에서 전략적인 중요성이 대두되었고, 2013년 2월에 개최된 디지털 기술에 관한 정부 세미나 빅데이터, 사이버 보안, 사물인터넷, 집중 컴퓨팅, 로봇공학 등에 대

한 논의를 진행함

- 정보가 대표되고, 이전, 저장되고, 디지털화되면서 정보를 사용하는 시스템의 안전이나 보안에 대한 의문이 제기됨
 - 프랑스는 디지털 보안을 위한 주요 프로젝트, 기밀 정보 보호 및 개인 사생활에 대한 존중과 함께 이러한 기술을 결합함으로써 디지털 주권과 산업 및 사회적 경제 환경을 정비하고자함
- 모든 디지털 시스템은 매우 많은 양의 데이터를 다양한 출처로부터 생산하고 순환시킴
 - 또한 연구·국방·보안·산업·기상학·의료 등 다양한 활동 분야에서 발생하는 빅데이터를 활용한 데이터산업을 육성하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어 기술에 대한 국가 행동 계획을 시행할 필요가 있음
- 더 많은 에너지를 소비하지 않고 고성능 디지털 네트워크를 더 발전시켜야 할 필요성이 대두됨
 - 미래 디지털 인프라(서버, HPC, 클라우드, Smart Grids), 개인용 컴퓨터 및 멀티미디어 시스템 간의 융합으로 인한 미래 소비자 제품, 미래의 디지털 인프라의 기초가 되는 구성 요소의 기반 기술을 촉진하기 위한 파트너십 연구를 진행하고자함

□ 세부 내용 8) 혁신·통합적이며 적응력이 높은 사회

- 오늘날의 유럽 사회는 혁신 능력을 높이고, 다양한 요소들을 통합하여 세계적인 변화에 효과적으로 적응해야하며 이를 위해서는 인문사회과학 분야에서 다음과 같은 노력이 필요함
 - 관련된 연구의 비교 특성을 고려하여 초국가적 시스템 개발
 - 데이터베이스뿐만 아니라 의료 및 교육 분야에서 종방향 연구를 가능하게 하는 프로그램으로 구성된 적절한 연구 인프라 구축 및 운영과 접근성을 갖추어야함
 - 디지털화된 형식으로 유럽 문화유산의 체계화, 정확화 및 공동 식별에 필요한 기구 구성
- 특히 기존 베이스 시스템을 정비하는 것이 필요함
 - 프랑스와 유럽에서 필요한 변화와 혁신적 진전을 이루기 위해서는 시민의 수용성이 요구되며, 이를 위해 시민의 신뢰성 회복 및 공공재에 대한 접근이 이루어져야함
 - 수용성을 측정하기 위한 개발 지표를 설정하고, 예측된 변화(도시, 기술, 정치 등)에 대해서는 사회적 수용성과 관련 모집단에 대한 영향을 고려하는 것이 중요함
- 개별적, 집합적으로 행동과 그에 따른 대변을 결정하는 과정을 이해하는 것과 관련된 크로스커팅이슈¹⁴⁾가 존재함
 - 잘못된 행동(식이, 중독 등)의 유해성에 대한 확실한 정보가 존재할 때 또는 불가피한 상황에서 취해진 부적절한 집단 행동의 문제가 존재함

14) 국제사회에서 국제개발을 언급할 때, 모든 분야와 영역에서 공통적으로 고려해야 하는 과제를 의미

- 또한 사회적 집단 내에서 정보가 공유되고 왜곡되는 채널, 의견이 형성되는 메커니즘, 그리고 선동을 야기하는 소셜 소프트웨어 시스템도 고려할 필요가 있음
- 이 부분에서 인지과학, 사회학, 정치철학, 미디어학 등의 기여가 요구됨
- 예방 원칙의 분석적 연구를 다양한 형태로 진행하기 위한 노력이 필요함
 - 철학자, 심리학자, 사회학자, 경제학자, 법률 전문가 등 많은 분야에 전문화된 과학자들을 포함하는 학제간 노력이 필요함
- 유럽 기업들 간 통합적 시너지 효과를 발휘하기 위해서는 교육 분야의 노력이 요구됨
 - 교육 방법은 디지털 도구를 점점 더 많이 사용할 것이며, 관련 연구는 지식의 이전과 공유에 대한 완전히 새로운 접근방식을 만들어 낼 것임
 - 인간 및 사회과학, ICTs, 생명과학 등 교육 분야에 구조화된 인지과학이 요구됨
- 유럽 문화 유산의 보급, 이해 및 연구는 유럽 사회의 통합을 위해 필요함
 - 디지털 시대에 들어서면서 단순히 디지털화된 형태의 문화유산뿐만 아닌 인문학 분야(문자, 언어, 예술 연구)의 현대적 연구 형태에 주의를 기울여야 함
 - 인디지털 형태로 보존된 작품들은 역사적·사회적 맥락을 확립하는 메타데이터와 함께 지적·정서적 활동을 위한 기회와 매개체로 사용되어야 함
 - 역사와 관련한 연구는 혁신과 적응뿐만 아니라 통합의 도전을 받아들이는 데 기여할 수 있음
 - 문화 유산은 관광활동을 통한 주요 일자리 원천으로 인문학의 연구가 기여할 수 있는 우선순위임
 - 따라서 인문사회와 정보통신기술(ICT)을 밀접하게 연계하는 학제 간 프로젝트가 필요함

□ 세부 내용 9) 유럽을 위한 공간적 열망(우주)

- 프랑스는 역사적, 정치적 이유로 유럽 우주산업 분야에서 주도적인 역할을 하고 있으며, 특히 유럽우주국(ESA)을 통해 전 세계적으로 중요한 역할을 하고 있음
 - 이는 최고 수준의 과학계, 혁신 우주 기구, 연간 우주 예산 등을 반영함
 - 프랑스는 우주, 지구 관측, 통신 및 위치/탐색, 공간 과학, 보안 및 국방의 다섯 가지 주요 전략 영역에서 벤치마크 지위를 가지고 있음
 - 프랑스는 리스본 조약에 따라 유럽 연합이 우주 분야에서 공동 능력을 개발에 기여하고 있음
- 효과적인 연구 성과를 얻기 위해서는 유럽연합(EU)과 유럽우주국(ESA), 회원국 간 긴밀한 협력이 필수적임
 - 2012년 나폴리에서 열린 ESA의 위원회에서는 유럽이 취해야 할 전략적 과제를 상징적으로 보여주는 몇 가지 프로그램을 결정함
 - 2022년 Arian 5호를 계승할 새로운 Arian 6호 발사대의 시운전을 포함한 지속 가능한 우주로의 접근성 보장, 통신회사의 경쟁력 유지 등이 포함함
 - 이온 위성 산업은 미래의 NeoSat¹⁵⁾ Programme을 위한 새로운 플랫폼을 가지고 있

고, 프라임 계약사인 아스트리움과 TAS에 의해 운영되며, Metop 2세대 프로그램과 함께 기상학을 참조하고, 과학적인 지구 관측 프로그램을 지속하고자함

□ 특징 및 시사점

- France Europe 2020의 전략 연구 위원회(Strategic Research Council)는 수상 산하에 위치하며 프랑스와 해외의 고급 과학자와 전문가, 그리고 사회 경제계의 저명한 인사들이 참여함
 - 국무총리 또는 고등교육연구부 장관이 의장을 맡고, 2006년 법률로 만들어진 협의체인 고등과학기술회의와 고등기술협의회를 대체함
 - 본 위원회는 정부의 채택을 위한 France Europe 2020 의제에 포함될 연구와 혁신에 대한 과학적이고 전략적인 우선순위를 제안함
 - 연구혁신처장이 위원장을 맡고, 학계 및 산업연구계 의원(과학기술 의사결정 평가를 위한 의회 사무국 - OPECST)이 참여하는 부처간 운영위원회전략연구협의회가 존재함
- 연구협의체를 통한 국가 전략 아젠다 도출
 - 생명 과학을 위한 Aviesan¹⁶⁾에서부터 환경을 위한 AllEnvi¹⁷⁾, 에너지 과학을 위한 Ancre¹⁸⁾, 디지털 과학과 기술을 위한 Allistene¹⁹⁾, 그리고 인간과 사회 과학을 위한 Ahtena²⁰⁾까지 공공 연구 시스템을 개선하고 국가와 국가 간의 전략적 대화에 참여함
 - 다양한 연구협의체들과의 논의를 통해 주요 국제 기구들과 더 효과적으로 상호작용할 수 있으며, 유럽 위원회에 효과적으로 제안할 수 있음
 - 또한 미래 연구의 과학적 우선순위 도출에 자문을 받을 수 있으며, 전략적 연구 의제 구축에 있어 CNRS와 함께 핵심적인 역할을 할 수 있음
 - 연구계가 함께 아젠다를 공유·도출하는 단순하고 효과적인 프로세스를 결정하고자 함
 - 이 과정은 다루어야 할 주요 우선순위는 소관 부처간 비전으로 전제되도록 함
- 제안된 프로세스는 2개 기관을 중심으로 구성된 단순화된 거버넌스에 기초함
 - 전략적 연구 위원회 : 전략적 수준
 - 부처간 운영위원회 : 리더십 수준
- 전략 아젠다 「France Eroupe 2020」을 정기적으로 개정하고, 그 아젠다가 표방하는 전략을 2년마다 OPECST 보고서에 기록하여, 새로운 요구에 따라 과학적, 전략적

15) Next Generation Platform은 유럽 위성 산업이 '차세대 플랫폼'을 개발하도록 지원하는 ESA 프로그램임. 이 프로그램은 산업계와 제휴하여 3톤에서 6톤의 정지궤도 위성을 위한 새로운 위성 플랫폼 제품 라인을 개발하고 궤도에서 시연하는 것을 특별히 목표로 하고 있음

16) 보건 및 생명과학 분야 산업계와의 단일 협상 창구로서, 산업계와 원활한 협력 및 기술 이전 가속화가 가장 큰 목적임

17) 식량, 물, 기후 및 영토의 주요 사회적 과제를 해결하기 위해 프랑스 환경 연구 연합체

18) ANCRE는 프랑스 국가 에너지연구 조정 연합으로, 다양한 국가 공공기관들이 이끌어온 에너지 관련 연구의 효율성 강화 및 협력 개선을 목적으로 하며, 또한 에너지 분야의 개발과 연구 관련한 프랑스의 전략 실행과 유럽에너지연구동맹에 참여하고 있음

19) 프랑스 디지털 및 기술 연구동맹

20) 프랑스 인문사회과학분야 연구동맹

우선순위를 조정할 수 있도록 함

- 연구, 경제, 혁신, 국제사회를 대표하는 12~15명의 과학자, 저명 인사, 자격을 갖춘 전문가로 구성하여 연 1~2회 개최함
- 운영위원회에서 초안한 제안을 토대로 우선순위 정의
- 과학적, 기술적 우선순위 구현을 위한 지원 방안 제시
- 후속적으로 의제의 성과/효과에 대한 결정

○ 전략 아젠다 개발을 위한 운영위원회 구성

- DGRI(Director General for Research and Innovation)가 위원장을 맡은 본 위원회는 12~16명의 위원으로 구성되며, 관계부처 국장, 고등교육연구기관, CNRS, CNES, 민간연구공동체 위원 및 사회경제적 주체, 지역 및 OPECST를 대표함
- 전략협의회에 미래지향적 연구와 국제 벤치마킹을 수행하고 전략 아젠다의 핵심 전략 목표를 구축하는 데 필요한 과학 및 경제 정보 제공
- 전략회의의 요구에 대응하여, 참가자를 동원하고, 작업을 조정
- 5개의 연구협의체와 교차되는 주제에 대한 기여도의 일관성을 보장
- 부처 간 차원을 감독하고 프로세스 및 시간표 구성
- 사무국은 전략, 연구 및 혁신을 담당하는 DGRI 국장이 운영함

○ 다학제적인 연구협의체와 CNRS는 타 기관(CNES, ADEME 등)의 전략 위원회와 함께 주요 전략 라인에 기초하여 사전 조사를 수행하고 로드맵을 제안하며 다음과 같은 책임을 짐

- 생태계에 따라 연구와 혁신의 장단점을 파악
- 국가 산업 위원회와 경쟁력 허브의 결합
- 인텔리전스, 토론, 로드맵 개발 및 권고안 작성 작업 조정
- 사회적 과제에 대응하여 해결해야 하는 과학 및 기술 과제(과학적, 기술적)
- 우선순위를 가질 만한 유럽 및 국제 상호 협력 프로그램 식별

제3장 사업 목표 및 전략

제1절 비전 및 목표

1. 비전 및 목표

최종 목표

국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 독자적
원천기술개발을 위한 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 추진

【 미래 파급력 있는 원천기술 확보를 위한 『미래를 여는 과학기술 프로젝트』
“MirACle”】



추진 전략

1. 미래기술 R&D주제 발굴 스펙트럼의 다양화

- 국민제안 컨셉과 수요를 발굴하여 기획단계부터 최종수요자 니즈를 반영
- 가시화되지 않은 숨은 니즈 발굴을 위한 빅데이터 분석 수행

2. 기존 사업의 한계를 보완하기 위한 소통·검증 활성화

- 미래 대안제와 세부 대상기술 후보는 다양한 전문가 그룹을 통해 검증
- 학회, 기술분야별 단체, 과학기술 협단체(과총 등), NGO 등과 활발히 소통

3. 대형 R&D 사업 거버넌스 추진체계 구축·운영의 고도화

- 국민 이사제, PPP기반 민관합동 투자 등 동태적·비선형적 R&D관리체계 제안
- 기업 멤버십 시스템 등 산학연관이 모두 참여할 수 있는 새로운 거버넌스 제시

2. 사업 성과목표지표 총괄표

<표 3-1> 사업 성과목표지표 총괄표

구 분	내 용								
전략목표	국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 독자적 원천기술개발을 위한 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 추진								
성과목표	도출된 사회적 난제를 해결하기 위한 세계 최고수준 기술 확보								
단계별 성과목표	1단계(2022~2023)			2단계(2024~2025)			3단계(2026~2031)		
	JCR 상위 5% 이내 논문 112건 SMART A등급 특허 8건 기술이전 실시계약 24건			JCR 상위 5% 이내 논문 168건 SMART A등급 특허 12건 기술이전 실시계약 36건			JCR 상위 5% 이내 논문 280건 SMART A등급 특허 20건 기술이전 실시계약 60건		
성과지표	지표명			지표명			지표명		
			지 표 구 분			지 표 구 분			지 표 구 분
			가 중 치			가 중 치			가 중 치
	우수논문지수 (mrnIF)	질	0.40	우수논문지수 (mrnIF)	질	0.40	우수논문지수 (mrnIF)	질	0.40
	우수특허지수 (smart3)	질	0.40	우수특허지수 (smart3)	질	0.40	우수특허지수 (smart3)	질	0.40
성과지표	기술이전료	질	0.20	기술이전료	질	0.20	기술이전료	질	0.20
	합계		1.00	합계		1.00	합계		1.00

3. 성과 지표

☐ (특허성과) 스마트지수 A 이상 80건 포함 총 2,000건

- 사업비 10억원 당 평균 약 2.0건(스마트 지수 A 이상 약 0.05건)으로 산정하였으며, 아래의 표와 같이 세부지원 형태에 따른 실적 지표를 설정하고 이를 합산

<표 3-2> 사업추진방식별 특허성과 정량지표

지원유형		게임체인저형	재창조형
지원 과제수		9	12
지원액(억원)		4,800	3,200
10억원당 특허(건)		2	2
특허(건)		960	640
	총 특허(건)	1,600	
10억원당 우수특허 수(건)		0.05	0.05
우수특허(건)		24	16
	총 우수특허(건)	40	

○ 지표설정의 논리 및 근거

- 우수 특허는 SMART 등급 중 A등급 특허를 의미하며, 연구비 10억원 당 0.05건으로 설정
- 기존 과학기술정보통신부 원천기술개발 사업의 성과 0.014건/10억원(11건/7820억원; '19년도 과학기술정보통신부 주요 R&D사업별 SMART 등급 분석결과)을 상회하도록 매우 도전적인 목표를 설정
- 기술수준 향상을 주목적으로 하는 재창조형에 비해 게임체인저형의 경우 산업경쟁력의 향상을 위한 지적재산권의 확보에 더욱 치중해야 하므로, 게임체인저형 과제의 경우 10억원당 목표 특허실적 수를 경쟁형에 비하여 1.5배 높게 설정하여 사업의 지원형태별 특성을 반영

<표 3-3> 과학기술정보통신부 주요 R&D사업별 SMART 등급 분석결과('19년)

구분	연구비(억원)	A등급 특허 수	10억원 당 A등급 특허 수
기초연구사업	12,114	5	0.004
원천기술개발사업	7,820	11	0.014
원자력연구개발사업	2,171	3	0.014
거대과학연구사업	4,924	19	0.039

자료 : 한국연구재단. (2020). 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서.

□ (학술논문) JCR 상위 5% 이내 560편 포함 SCI급 논문 총 7,200편

- 사업비 10억원 당 평균 SCI급 약 9편(JCR 상위 5% 이내 0.7편)으로 세부지원 형태에 따른 실적 지표를 설정하고 이를 합산

<표 3-4> 사업추진 방식별 논문성과 정량지표

지원유형	게임체인저형	재창조형
과제 수	9	12
지원액(억원)	4,800	3,200
10억원당 SCI급 논문(수)	9	9
SCI급 논문(수)	4,320	2,880
총 SCI급 논문(수)	7,200	
10억원당 상위5% 논문(수)	0.7	0.7
상위5% 논문(수)	336	224
총 상위5% 논문(수)	560	

- 지표설정의 논리 및 근거

- 본 사업에서 설정한 10억원 당 SCI 논문 수는 기존 원천기술개발사업의 성과 수준을 모든 지원형태에서 상회하도록 설정
- 10억원 당 JCR 상위 5% 논문 수도 기존 원천기술개발사업의 성과와 비교할 때 유사한 수준을 상회하도록 설정. 높은 도전적 목표 수립
- 학술논문의 경우, 게임체인저형은 창의적인 원천기술개발을 목표로 추진하는 만큼

재창조형에 비해 1.5배 정도 더 높은 목표치를 갖도록 설정

<표 3-5> 주요 R&D사업별 SCI급 논문 성과('19년)

구분	연구비 (억원)	SCI급 논문수	10억원당 SCI급 논문수
기초연구사업	12,114	20,351	16.8
원천기술개발사업	7,820	6,439	8.2
원자력연구개발사업	2,171	741	3.4
거대과학연구사업	4,924	363	0.7

자료 : 한국연구재단. (2020). 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서.

<표 3-6> 주요 R&D사업별 JCR 상위 5% 논문 성과('19년)

구분	연구비 (억원)	JCR 상위 5%논문수	10억 원당 JCR 상위 5%논문 수
기초연구사업	12,114	1,022	0.84
원천기술개발사업	7,820	435	0.56
원자력연구개발사업	2,171	29	0.13
거대과학연구사업	4,924	10	0.02

자료 : 한국연구재단. (2020). 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서.

□ (기술사업화) 기술이전 실시계약 120건

- 기술이전 실시계약 건수는 100억원 당 평균 1.5건으로 설정하였으며 세부지원 형태에 따른 실적 지표는 아래와 같음

<표 3-7> 사업추진방식별 기술사업화 정량지표

지원유형	게임체인저형	재창조형
과제 수	9	12
지원액(억원)	4800	3200
100억당 기술이전 건수	1.5	1.5
기술이전 건수	72	48
총 기술이전 건수	120	

○ 지표설정의 논리 및 근거

- 기술사업화의 경우, 모든 과제에 대하여 평균 1.5건 이상의 기술이전을 요구하는 등 전체적으로 높은 수준의 기술사업화 지표를 설정
- 본 사업에서 설정한 100억원 당 기술이전 지표(1.5건)는 기존 원천기술개발사업의 성과 수준(1.00건)을 상회하는 수준으로서 도전적인 지표임
- 게임체인저형의 경우, 학술논문 실적과 기술수준의 향상과 더불어 기술사업화 성과지표에서 차지하는 비중을 높여, 논문 및 특허 성과가 실질적인 사업화로 이어질 수 있도록 사업의 특성을 반영

<표 3-8> 주요 R&D사업별 기술실시계약 성과(`19년)

구분	연구비	기술실시계약 체결건수	100억원당 기술실시계약 체결건수
기초연구사업	12,114	32	0.26
원천기술개발사업	7,820	78	1.00
원자력연구개발사업	2,171	7	0.32
거대과학연구사업	4,924	0	0.00

자료 : 한국연구재단. (2020). 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서.

□ 사업 특성 및 목표별 기타 추가 성과(예시)

- 사업의 특성 및 목표를 고려하여 설정하되, 특히 사업 유형별 핵심 성과를 중점적으로 고려하여 결과지표 중심으로 성과지표 설정

<표 3-9> 예시 연구주제 별 기타 성과지표 및 목표치

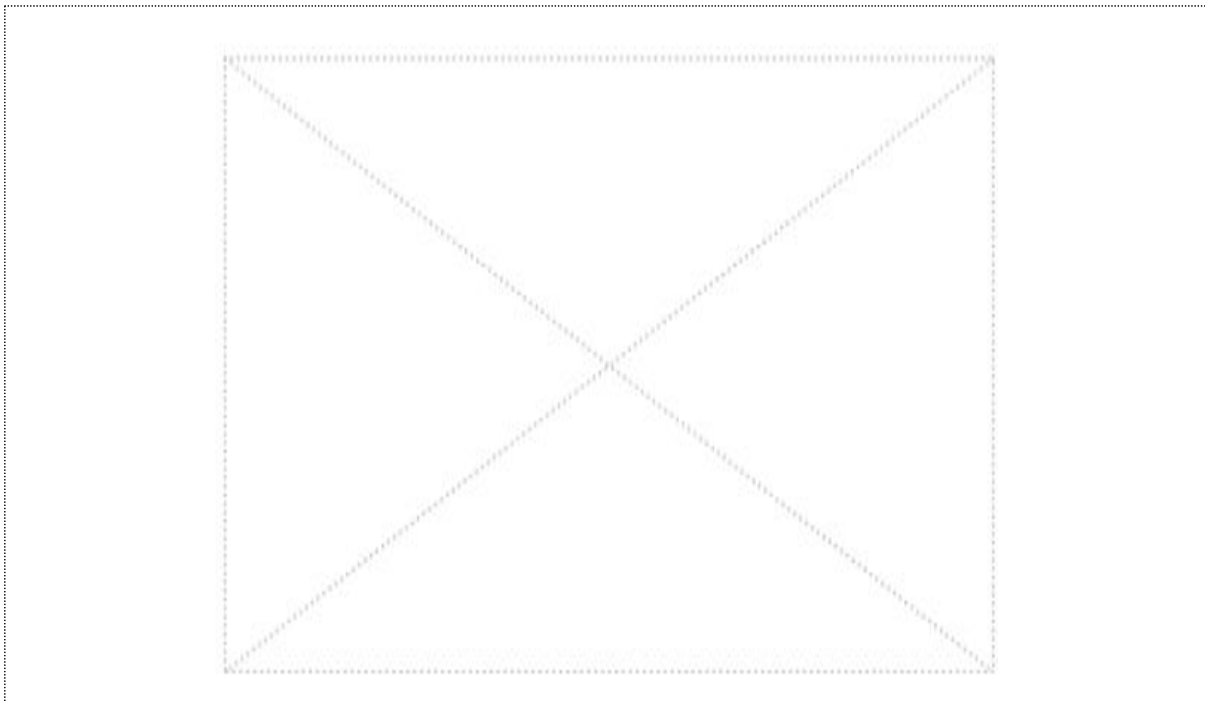
프로젝트(4)	최종 성과	성과지표(단위)	목표치
[1] 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	인공지능기반 예방·진단·치료 시스템	시스템(식)	1
	개인 맞춤형 디지털 치료법	식약처 승인(건)	2
		FDA 승인(건)	2
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	뇌 신호 분석 알고리즘	알고리즘(개)	7
	고속 양자암호 통신 시스템	국제표준(건)	8
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	수중·해저 도시 설치·운영 표준	국제표준(건)	1
	저탄소 발전 표준모델	국제표준(건)	5
	에너지 생산 최적화	에너지 생산 효율(%)	50
	미세먼지 저감율	저감율(%)	50
	질병·재난·재해 감시·예측·대응 시스템	질병·재난(식)	1
		대형산업사고(식)	1
		유해인자(식)	1
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	실시간 운행 모니터링 시스템	시스템(식)	1
	유해가스 제거 촉매	제거율(%)	90
	고성능 촉매	촉매(개)	2

주: 프로젝트별 핵심과제 및 세부과제의 성과물 중 핵심 성과를 선별하여 평가할 수 있는 지표를 도출함

제2절 추진 방법

1. 난제 정의

- 미들업(Middle-up) 형태의 복합형 과제기획 추진, 국민 참여를 통해 도출된 사회난제를 해결하기 위해 개발해야 할 기술들을 과제화 하기 위해 연구자들의 집단지성 활용
- (국민조사 실시) 미래사회 시나리오전 개최 및 사회적 거대난제(Grand Challenges) 발굴을 위한 시민참여 워크숍 실시
 - 기업 또는 연구자수요에 국한된 기존 R&D 수요조사 방식을 넘어 일반국민 및 관련 전문가 수요를 다양하게 수렴할 수 있는 방안 마련
 - 일반국민의 수요조사를 위해 기존 선행연구에서 도출된 국민제안 기술 및 데이터 트렌드 분석방식 활용



[그림 3-1] 다양한 전문가 집단활용 검증체계

- (국민 조사 기반 전문가 수요조사 실시) 국민조사로 도출된 4대 분야*별 난제에 대해 연구자 수요조사 추진
 - 전문가 및 기업의 수요를 체계적으로 조사하기 위해 주요 이공계 학회(기초연구연합 등), NGO(과총, 과실연 등), 산업별 기술협단체(산기협, 기계산업협회, 인터넷기업협회 등) 및 연구재단 PM에 대한 자문 네트워크 구축

- 4대 분야 : 건강한 삶, 효율적이고 따뜻한 디지털 사회, 깨끗하고 안전한 사회, 편안한 모빌리티
- 총 제안기술 52건에 대한 수요기술들을 기반으로 지원 예시 연구주제 도출

<표 3-10> 기획총괄자문회의 ‘난제-미션-프로젝트’ 검토 결과

국민제안 주제(4)	미션	테마	프로젝트 (안)
[1] 요람에서 고령까지 건강한 삶	2035년까지 면역과 질병에 대해 완벽하게 이해	면역, 질병, 뇌	생애 주기별 면역세포 발달과 항상성 유지에 대한 이해와 응용
			환경변화와 감염병 및 난치병 극복을 위한 면역조절
			환경성 질환 극복을 위한 장-호흡기 면역제어 천연물 원천 기술 개발
			뇌 인지 및 기능 등 뇌 작동원리에 대한 이해와 응용
	2030년까지 건강수명 90세 달성	고령화, 노화, 신체손상 , 디지털 치료제	노화인자 발굴 및 질환 치료
			퇴행성 신경질환 및 신경손상 치료를 위한 인공신경
			손상된 뇌기능 보조를 위한 양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스
			후천적 신체손상을 극복할 수 있는 디지털 치료제
	2030년까지 진단/치료 체계를 혁신적으로 전환	AI 예측, 바이오 유통	빅데이터와 인공지능을 포함한 맞춤형 질병 예측, 진단 및 치료
			바이오 극저온 동결보존 및 콜드체인
			인체 디지털 트윈과 인공지능 기반 임상
[2] 효율적이고 따뜻한 디지털 사회	2035년까지 인간과 기계의 효율적 협업시스템 구축	미래의 노동	인간과 기계의 협업, 인체기능 대체를 위한 뇌-기계 인터페이스 기술
	2035년까지 가짜뉴스, 정보유출 제로화	디지털 보안	예측 결과를 신뢰할 수 있는 책임성 있는 인공지능 구현
			동적 상호 운용을 위한 재구성이 가능한 블록체인 네트워크
			정보유출로부터 안전한 차세대 암호 통신기술
			차세대 양자 암호화 구현을 위한 비휘발성 메모리 기반 Process-In-Memory (PIM) 소자 및 아키텍처
	2030년까지 디지털 양극화 극복	AI 적정기술	양극화와 격차를 해소할 수 있는 디지털 적정기술
[3] 깨끗하고 안전한 세상	2035년까지 환경오염 없는 탄소중립도시 구축	환경오염	탄소중립도시 구현 핵심기술 개발
			네거티브 탄소배출
			이산화탄소 포집 및 자원화
			청정화합물 합성전환

국민제안 주제(4)	미션	테마	프로젝트 (안)
			분산에너지 기반 커넥티드 커뮤니티
			탄소 중립 저에너지 주택 및 건물 플러스 에너지 커뮤니티를 위한 도시발전
			건축물용 광발전 창호
			탄소제로 배출을 위한 신에너지원 기술개발
			폐기물의 획기적 처리 및 자원화
			폐기물 에너지화 (poly-generation) 기술
			비재활용 복합 폐기물의 획기적 처리 및 자원화
			폐플라스틱 기반 고부가가치 탄소소재 제조
			폐배터리 재활용 기술
	2035년까지 환경오염 없는 탄소중립도시 구축	환경	미세먼지의 혁신적 저감
			초미세먼지 형성 언트리거(untrigger)형 탈질/탈황원제 촉매 개발
			NH ₃ reformed SCR의 Model based 능동제어
			산업분야 미세먼지 혁신저감 솔루션
			태풍 생성 원리를 이용한 대규모 인공사이클론 및 이를 이용한 미세먼지 확산/저감
			에너지 자가생산/공급 드론과 이를 이용한 (초)미세먼지 포집/제거
			구름 챔버를 활용한 가스-에어로졸-구름 상호 영향 규명 및 미세먼지 저감
	2030년까지 각종 재난을 예측하고 선제적으로 대응	재난/ 안전	차세대 위치추적 시스템을 통한 질병/재난 대응
			화학공장, 원전 등 대형산업사고 위험성 자동예측
			각종 유해물질 실시간 대응
			초장거리 양자 기술 기반 유해 가스 LIDAR
			자가 구동이 가능한 패치형 유해물질 탐지 시스템
			감응형 초분광-AI 기반 유해인자 추적/파괴
[4] 편안한 미래 모빌리티	2030년 깨끗하고 안전한 자율주행 기반 구축	안전	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링을 통한 안전사고 저감
			자율주행 자동차용 야시 카메라 개발
		환경오염	타이어/브레이크 마모 미세먼지 및 도로 재비산먼지 흡입-집진장치
			지하 공간/터널 미세먼지 유발 다종의 유해가스 제거
	2030년까지 모빌리티 에너지원 제약을 극복	에너지	수소연료전지용 초고성능 촉매개발
			고에너지 밀도/고안전성 전고체 2차 전지 개발

2. 예시 연구주제 식별

☐ (기획 위원회 운영) 난제-미션-프로젝트 전체 구성

○ 기술분과별 작업 및 총괄팀 회의를 통해 세부과제 도출

○ 기획총괄자문회의를 거쳐 우선 추진 대상 기술테마 프로젝트 예시 선정

- 기획총괄자문회의의 1차 선정을 통해 4개 프로젝트(국민제안 주제), 11개 핵심과제(미션), 32개 세부과제로 사업구성

<표 3-11> 우선 추진 대상 기술테마 프로젝트 1차선정 결과

프로젝트(4)	핵심과제(11)	세부과제(32)
[1] 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지	신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	생애 주기별 면역세포 항상성 유지연구
		면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구
		뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술
		천연물 기반 장-호흡기 면역 제어 기술
	AI 기반 노화방지 및 대응 기술	노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술
		퇴행성 신경 치료용 인공신경 개발 기술
		양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술
		후천적 신체손상 디지털 치료기술
	AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	장기 기능회복 전기치료 기술
		AI 기반 맞춤형 질병 예측·진단·치료기술
		바이오 극저온 동결 보존기술
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술
		AI 기반 맞춤형 질병 예측·진단·치료기술
	정보 신뢰성·보안성 향상기술	바이오 극저온 동결 보존기술
		디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술
		AI 기반 맞춤형 질병 예측·진단·치료기술
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	탄소중립도시 구현 기반기술	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술
		건축물 창호 활용 광발전 기술
		탄소제로 신에너지원 확보 기술
	폐기물 처리 혁신기술	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술
	미래 미세먼지 저감기술	인공태풍 생성·활용 기술
		구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술
	선제적 재난 대응 기술	질병·재난 대응형 차세대 위치추적 기술
		대형산업사고 위험성 자동 예측기술
		초장거리 양자 기술 기반 유해가스 측정·감지 기술
		자가구동형 유해물질 탐지 기술
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	미래 자율주행 안전성 확보 기술	생활환경 감응형 유해인자 추적·과피 기술
		퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술
	미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술
		수소연료차 활용 연료전지 기술
		고에너지·고안전성 전고체 2차 전기 기술

☐ 도전성, 혁신성에 대해 2차 점검을 실시하여 세부과제별 내용을 수정·보완하고 부처와 협의하여 최종 21개 세부과제로 정리

<표 3-12> 우선 추진 대상 기술테마 프로젝트 최종구성

프로젝트(4)	핵심과제(11)	세부과제(21)	구 분
[1] 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지	신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구	게임 체인저형
		뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술	게임 체인저형
	AI 기반 노화방지 및 대응 기술	노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술	게임 체인저형
		양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술	게임 체인저형
		후천적 신체손상 디지털 치료기술	재창조형
	AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	바이오 극저온 동결 보전기술	재창조형
		디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술	게임 체인저형
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	뇌-기계 간 인터페이스 기술	게임 체인저형
		정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	재창조형
	정보 신뢰성·보안성 향상기술	차세대 암호 통신 기술	게임 체인저형
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	미래도시 구현 기반 및 핵심기술	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	재창조형
		수중도시 구현을 위한 시공 기술	게임 체인저형
	미래 에너지 확보 기술	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	재창조형
		탄소제로 신에너지원 확보 기술	게임 체인저형
	미래 미세먼지 저감기술	인공태풍 생성·활용 기술	게임 체인저형
		구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	게임 체인저형
	선제적 재난 대응 기술	대형산업사고 위험성 자동 예측기술	재창조형
		생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	재창조형
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	미래 자율주행 안전성 확보 기술	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술	재창조형
		지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술	재창조형
	미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	수소연료차 활용 연료전지 기술	재창조형

3. 타당성 분석

- ☐ 분석대상 사례 선정, 분석항목 설계, 사례간 교차분석, 성공사례 발굴, 성공요인 고찰 등을 통해 본 사업의 정체성 확보를 위한 차별화 포인트 도출
 - 책임급 연구원들이 보유한 폭넓은 경험을 바탕으로 사례분석, 벤치마킹 방법론을 활용하여 대형 중장기 R&D 프로그램에 대한 면밀한 분석을 수행하여 사업계획 설계의 근거로 활용
 - 우수사례를 대상으로 파급효과와 핵심 성공요인을 분석하고, 필요시 유사사업 관계자 인터뷰를 진행
- ☐ 최근 변화된 예비타당성조사제도의 내용에 맞춰 타당성분석의 방법론을 정립하기 위해 ‘국가연구개발사업의 예비타당성조사 운용지침(KISTEP)’을 참고로 신규 사업의 기획내용/범위, 가용 자료의 종류 등의 분석계획을 수립
 - (과학기술적 타당성) 예측 불가능한 미래사회에 대한 불안·위협 해소 및 국민이 바라는 미래사회를 실현하는데 적절한지를 검토
 - 미래사회 실현을 위한 신규 대형 R&D사업의 필요성 제시
 - 사업목표의 적절성 평가 질문을 고려하여 사업의 논리모형을 구성하고 제안된 사업목표의 적절성을 분석
 - (정책적 타당성) ‘미래 대난제 해결을 위한 (사회)임무 중심형 원천기술개발사업 (MirACle)’의 정책적 부합성을 검토하여, 동 사업이 국가정책의 구체적 실현에 기여할 수 있고, 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가
 - 과기정통부의 기존 연구개발사업 일몰로 재원확보가 가능한 예산액 고려하여 본 사업 재원조달 가능성 검토
 - 기존에 산발적·소규모로 추진 중인 사업들을 통합해 국가적·사회적으로 장기적인 이슈에 대응할 수 있는지 여부를 검토
 - (경제적 타당성) 연구개발의 성공 시 제공되는 서비스에 대한 총지불의사금액 (WTP: willingness to pay)으로 환산
 - 진술선호법의 장점은 설문에서 가상의 시나리오를 적절하게만 작성한다면, 평가하고자 하는 재화와 그 재화의 공급상황에 대해 다양한 상태를 쉽게 지정할 수 있다는 점
 - 특히 현재의 제도적 준비 또는 공급수준에 의해 제한되지 않기 때문에 새로운 사업들의 편익을 사전적으로 측정하는 데 이용하기에 적합

제4장 사업 운영 방안

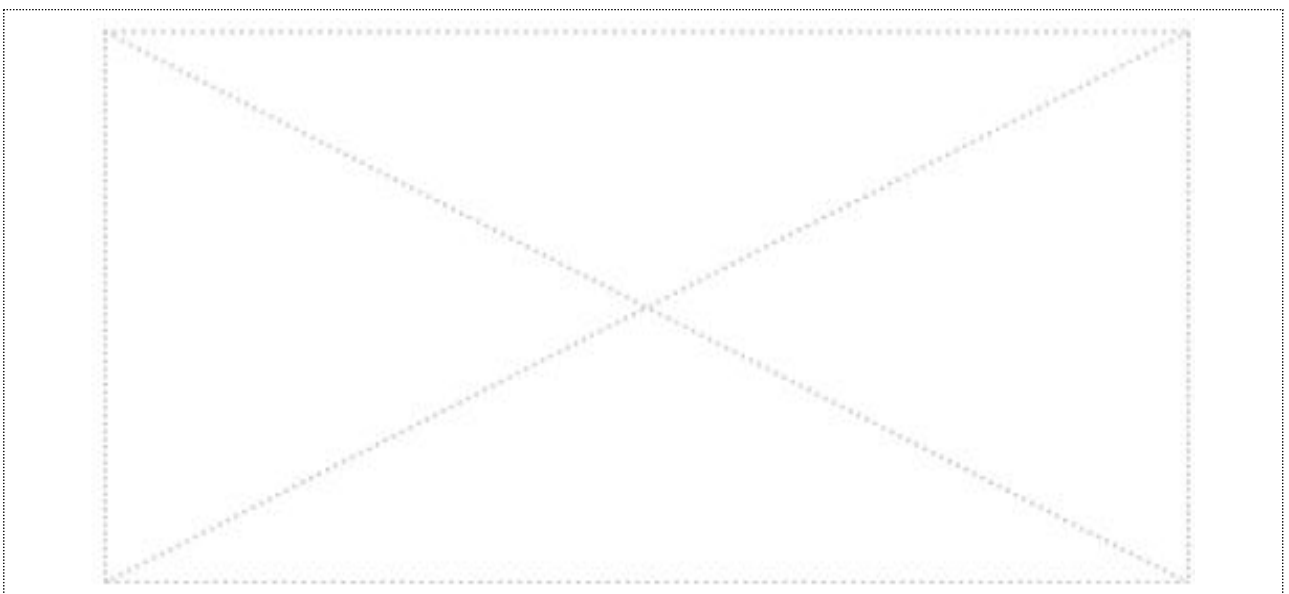
제1절 사업 운영 체계

< 기 본 방 향 >

일반국민이 직접 제안할 수 있도록 하되, 과학기술의 전문성을 고려하여 Middle-up 형태의 과제기획 프로세스와 Platform 형태의 추천체계를 통해 산·학·연·관·민이 함께 만들어 갈 수 있는 장을 마련

□ 거버넌스 구조 (안)

- 과학기술정보통신부 총괄하에 일반 시민, 전문가 등이 공동으로 참여하는 사업추진 위원회를 설치하여 사업운영 및 관련 의사결정을 심의·의결하며 이를 통해 사업 추진
 - 국민제안에 따라 미션과 과제가 추가 및 종료될 수 있는 유연한 플랫폼 구조로 운영
 - 연구주제 도출, 수행팀 선정, 사업 운영 및 평가관리 등 전반적인 사업의 운영은 한국연구재단에서 담당
 - 매년 산학연 전문가 그룹으로 기획위원회*를 구성하여 우수한 연구결과(top paper, 기반 특허)를 활용할 수 있는 최적의 기획안을 작성, 효율적인 사업의 주제발굴을 추진
- * 기획위원회: 매년 사업추진 후보주제에 대한 필요성, 환경조사, 경쟁력 분석 등을 수행하는 분야 전문가로 구성된 비상설 조직으로 한국연구재단에서 구성하여 활용



[그림 4-1] 사업 추진 체계

□ (사업추진위원회) 산학연관민의 다양한 이해관계자가 참여하는 MIRACLE사업의 최종 의사결정을 전담하는 컨트롤 타워

○ MIRACLE 사업에 대한 종합적인 의사결정, 기술개발대상 과제 선정, 완료과제에 대한 평가 및 성과확산*을 총괄

* 제품개발 필요시 협의체를 통해 관련부처 및 산업체 협조

- (산) 연구개발 결과에 대한 제품개발 가능성 평가 및 기술사업화 지원
- (학) 해당기술에 대한 기술평가 및 개발지원
- (연) 해당기술에 대한 기술평가 및 개발지원
- (관) 사업기획 등을 주도, 복수의 관련부처 참여 가능
- (민) 아이디어 제시, 중간 및 최종단계 평가 참여

○ 실질적이고 효과적으로 작동하는 사업추진위원회가 되기 위해서는 과제와 관련된 이해관계자들을 최대한 많이 참여시키는 것이 관건.

- 따라서 단순히 다양한 이해관계자로 구성하기 보다는 잠재적인 참여자로 협의체 풀(pool)을 구성하는 것이 효과적

- 예를 들어, 다음과 같이 산·학·연·관·민을 구성할 수 있음

※ (산) 미션과 관련된 사업을 하거나 신사업으로 고민하고 있는 기업

※ (학/연) 미션에 속하는 과제에 대한 연구개발에 관심을 보인 기관/연구그룹

※ (관) 해당과제와 법/제도적으로 관련 있는 부처

※ (민) 과제를 제안했거나 과제후보군 압축에 참여한 일반 국민이 참여

□ (플랫폼 구조) 주기적인 (3~5년)으로 일반국민의 미션제안을 실시하고 이에 따라 새로운 미션이 추가되고 완료된 미션이 종료되는 OPT-IN, OPT-OUT 구조의 '미션 플랫폼' 형태로 운영

○ 예타 기획과정에서 실시한 '국민 제안 워크숍'을 3~5년 주기로 실시함으로써 외부 환경변화에 따른 신규 미션 발굴을 실시하고 기존 미션 유지/변경에 대한 중간평가를 실시

○ 국민제안 미션 뿐 아니라 기존 추진되던 유사사업들을 미션 또는 과제 형태로 흡수하여 예산투자의 효율성을 제고할 수 있는 '유연한 플랫폼' 형태로 운영

□ 한국연구재단의 역할 및 기능

- 사업의 시행계획수립 및 공고 지원, 과제 접수, 평가, 진도관리 주관
 - 과기부에서 매년 발표하는 사업의 시행계획, 공고 등에 필요한 구체적인 자료작성 지원
 - 과제기획, 과제선정, 수행 및 과제종료 후 성과관리까지 나노·미래소재원천기술 개발사업 전반을 총괄 지원
- 연구팀을 유치한 주관연구기관의 지원사항 점검 및 방문 실사 시행
- 과제수행팀의 운영 및 관리 등 본 사업의 특성을 반영할 수 있도록 운영 지침 준비 시행

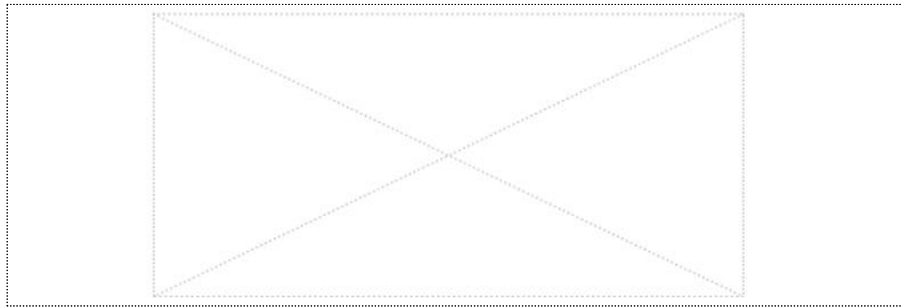
□ 한국연구재단의 기획 기능 활용

- 한국연구재단 전략기획팀은 연구팀의 원천특허의 효율적 확보를 위한 자문 및 관련 정보 제공
 - 지속적 특허동향 분석 및 특허 청구항 강화 지원
 - 개발된 원천기술 특허 아이디어에 대한 컨설팅 실시
- 특허 사전심의제도 추진 및 발명 중요도를 고려한 발명 등급제에 대한 기준 마련과 발명평가 시행
 - 특허 사전심의제도 강화를 통한 불필요한 특허비용 지출 방지 및 발명 중요도를 고려하여 S/A/B 등급 평가(기술성, 시장성 고려)
- ※ 한국연구재단은 특허청의 IP R&D 사업을 활용하여 단계평가 전 연구 구체화 시점부터 특허전략수립 지원
- 기획에 필요한 주요 통계, 정책, 해외동향 정보의 정확성과 시의성을 확보하기 위해 연구재단은 별도의 전문기관을 활용하여 나노소재분야 전체 및 사업의 효율성 및 성과를 정기적으로 조사 분석을 추진

제2절 사업운영 방법과 절차

□ 사업운영방향

- 창의적인 아이디어 발굴을 촉진하기 위해 다양한 수행체계와 사업추진방식을 설정
- (수행체계) 하나의 미션을 달성하기 위한 과제의 기술분야가 하나인 경우(단일형)과 복수의 기술분야 과제들이 동시수행되어야 하는 경우(복수형)로 나누어 운영
- (추진방식) 과제 성격에 따라 ‘게임체인저형’과 ‘재창조형’으로 나누어 추진
 - 과제 성격을 어느정도의 수행기간이 필요한가에 따라 단기형(5년이내)과 장기형(10년이내)로 구분
 - 또한, 얼마나 새로운 내용인가(the newness of contents)에 따라 기존기술의 새로운 조합과 업그레이드로 미션을 해결할 수 있는, 즉 기술은 존재하나 현재 해결방안이 없는 ‘재창조형’ 형태의 과제와, 기술자체가 존재하지 않아 미션 해결을 위해서는 근본적이며(fundamental) 급진적(radical)인 기술혁신이 일어나야 하는 ‘게임체인저형’으로 구분



[그림 4-2] 사업 추진방식

<표 4-1> 사업추진방식별 특징

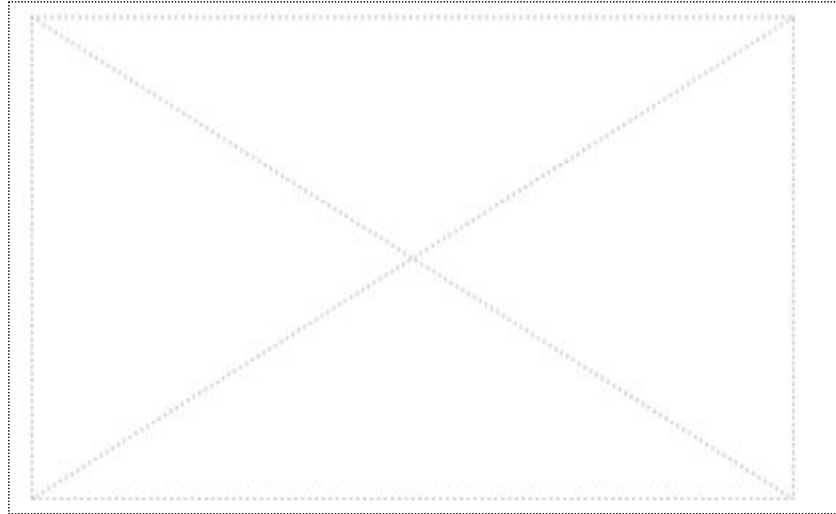
사업추진방식	특 징
게임체인저형	<ul style="list-style-type: none"> • 명확한 해결책이 존재하지 않는 주제에 대하여 복수의 연구방법에 대한 복수 연구자의 과제수행을 허용, 기존접근과 다른 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 장기·안정적 지원 • 단계평가를 통해 상대적으로 우월한 과제수행자가 연구를 지속하되, 우수 연구자(팀)의 중간진입을 허용
재창조형	<ul style="list-style-type: none"> • 선기획을 통해 5년내 가시적 성과를 달성할 수 있도록 speed-up에 중점을 둠

□ 사업운영절차

- 개별과제의 목표에 맞는 다양한 과제 형태를 발굴하고 그에 맞는 진행절차 구축
- (사전기획) 각 과제는 형태(단위, 총괄)에 관계없이 사전기획단계를 거쳐 목표의 구체성과 수행근거 및 개략적인 수행 로드맵을 확보
 - 연구수행 중 성과점검, 투자효율성 제고, 과제 수행자 간 경쟁과 집중의 기회를 제공하기 위해 단계평가제도를 도입하고 전체 사업기간을 2단계로 설계
- (미션 선정) 국민참여 워크숍을 3~5년 주기로 실시하여 국민들이 원하는 난제를 발굴하고 이를 사업추진위원회에서 미션으로 발전시킴
- (과제후보군 압축 및 선정)

1차 전문가 평가를 통해 3배수 선정 (기술성 평가)
2차 일반대중 선호도 평가 (사회적 니즈 평가)
3차 사업추진위원회를 통해 최종과제(대상기술) 선정

- ① 1차 전문가 평가는 후보기술에 대한 기술적 실현가능성을 중점적으로 평가하여 실질적인 추진가능성을 제고
 - 기술적 내용에 대한 이해도가 부족한 일반국민이 제시한 후보기술의 경우 현실적인 중·단기 내 과제 추진이 어려울 우려가 있으므로 전문가 평가를 1차로 실시
 - 실제로 일본의 사회환원가속화 프로젝트의 경우, 실증 실험 구현이 어려워 충분히 진행되지 않은 프로젝트도 있었음에 유의하여, 1차 검증을 통해 실현가능한 후보기술을 압축
 - ② 2차 일반국민 평가에서는 실행가능성이 담보된 압축된 후보기술에 대한 선호도 평가를 실시하여 해당과제에 대한 사회적 니즈를 반영하고 해당기술개발에 대한 사회적 동의 (consensus)를 형성
 - 2차 평가는 선호도 평가를 통해 다수의 국민이 지지하는 공익적 성격의 기술을 가려낼 뿐 아니라, 국민들이 어느 정도의 경중을 두고 있는지를 모의 예산배분*을 통해 (양과 질을) 동시에 파악하여 본 사업예산 배분에 참고자료로 활용
- * 온라인 평가를 통해 가입 시 주어진 모의예산을 나누어 배분하는 형식으로 선호도를 조사하는 등 참여자가 직접 의사결정 한다는 느낌을 줄 수 있도록 운영 ([그림 6-3] 참조)



[그림 4-3] 2차 일반국민 평가 개념도

③ 3차 사업추진위원회가 1차 기술성 평가, 2차 국민선호도 평가를 통해 압축된 후보 기술을 총 예산규모를 고려하여 최종적으로 세부 조정·조율 후 확정

- 산학연관민 협의체는 일반국민·학계·연구계·산업계·관련부처가 골고루 참여하도록 함으로써, 1~2차 평가를 통해 스크린되지 못한 위험인자를 걸러내고 최종적인 의견수렴을 하는 통로로 활용
- (연차점검) 연구자의 자율성 보장을 위해 연차별 성과만 약식으로 보고
- (단계평가) 단계 평가는 최종 과제목표의 달성가능성을 주로 평가하며, 수행자, 예산의 규모 및 배분, 최종 연구기간의 변경 여부를 결정, 단계탈락의 경우 실패로 판정하되, 연구윤리에 위배되지 않는 경우에 한해 연구 수행자는 불이익이 없도록 조치
- (최종평가) 과제의 최종 성공, 실패 여부를 판정하며, 대표성과의 우수성을 별도 평가하여 수행 기간 내 발생한 개별적 우수성과의 활용을 촉진
- (후속사업 연계) 연구 성과가 우수하고 기술의 사업화 연계 가능성이 높은 과제를 선별하여 기술사업화추진계획보고서를 과제 종료일 이전 제출토록 조치하고, 타부처 사업으로 연계 추진

☐ (특기 사항) 각 단계별 특허 조사·분석 및 지식재산 컨설팅 실시

- 기술경쟁상황 및 시장기술수요 평가를 통한 특허 포트폴리오 전략 수립 및 단계별 특허조사·분석을 통한 특허 포트폴리오 구축
- 과제 선정 평가 시 우수 IP선점·획득 전략 수립 및 연구기관 차원의 특허정보 활용 표준모델 수립 여부 평가
 - 특허분석 결과에 기초한 R&D 방향 및 특허선점 전략 제시하도록 함
- 지속적 특허동향 분석 및 특허 청구항 강화 지원

- 연구 수행 시 각 단계 개시 후 1.5년 이내에, 대상 나노·소재 기술 및 관련 응용 분야에 대한 특허 동향분석 실시
- 세계적 특허 경쟁으로 인해 특허맵이 빠르게 변경되는 것을 감안하여 주기적으로 특허 동향분석을 실시하여 원천 특허 발굴 및 회피 가능성 증진
- 연구재단은 수시로 자문위원회를 설치하여 특허 사전 심의제도 추진 및 발명 중요도를 고려한 발명 등급제의 기준 마련 및 발명평가 시행
 - 특허 사전 심의제도 강화를 통한 불필요한 특허비용 지출 방지 및 발명 중요도를 고려하여 S/A/B 등급 평가(기술성, 시장성 고려)
- 특허 출원 및 등록 비용을 연구 간접비에서 충원하는 방안을 제도적으로 마련
 - 기술이전, 실용화가 가능한 원천 특허 확보를 위해서는 삼극 특허 출원·등록이 필요하나 국제특허는 상당한 비용이 발생
 - 연구개발혁신법 상 특허 비용은 주관기관인 대학(산학협력단), 출연연의 간접비에서 충당할 수밖에 없으므로 주관기관의 지원 의지가 중요

제3절 소요 예산

□ 사업비 배분 방향

- 사업추진의 효과성을 고려하여 총사업비 중 재창조형과 게임체인저형 과제의 사업비 비중을 4:6로 배분
- 성과 창출을 위한 다양한 지원방식이 적용되는 신규 사업의 특성을 반영하여 연도별 예산 배분을 탄력적으로 운용

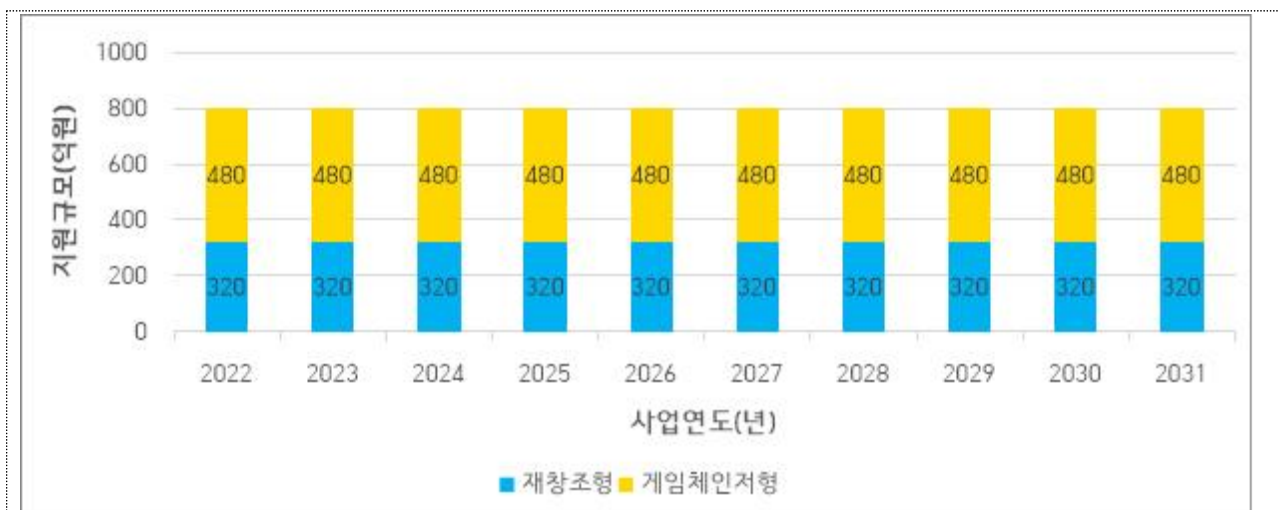
□ 과제 유형별로 적정 사업비 설계

- 재창조형 과제는 5년간 연 15억원 이상 지원
 - 복수 연구진의 1년 先기획(1억원) 후 대상 과제를 선정하여 4년간 연 15억원 이상 지원
- 게임체인저형 과제는 10년 간 연 30억원 이상 지원
 - 1단계에서는 복수 연구진을 선정하여 2년간 경쟁연구를 진행 후, 단계평가를 통해 연 30억원 이상 통합연구 지원

<표 4-2> 연도별/유형별 정부 투자 계획(안)

(단위 : 억원)

유형	‘22	‘23	‘24	‘25	‘26	‘27	‘28	‘29	‘30	‘31	합계
재창조형	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	3,200
게임체인저형	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	4,800
합계	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,000



[그림 4-4] 연도별/유형별 투자 규모(안)

<표 4-3> 사업유형에 따른 연도별 투자 계획(안)

		‘22	‘23	‘24	‘25	‘26	‘27	‘28	‘29	‘30	‘31
사업 유 형	재창조 형	후천적 신체손상 디지털 치료기술					신규 수요과제 (‘27~’31)				
		정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술									
		구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술									
		퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술									
		고에너지·고안전성 전고체 2차 전기 기술									
		바이오 극저온 동결 보존기술									
		폐기물 에너지화(poly-generation) 기술									
		생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술									
		지하공간터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술									
		탄소 중립 저에너지 도시발전 기술									
		대형산업사고 위험성 자동 예측기술									
		노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술									
	게임 체인저 형	생애 주기별 면역세포 향상성 유지연구									
		수중도시 구현을 위한 시공 기술									
		뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술									
		양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술									
		탄소제로 신에너지원 확보 기술									
		인공태풍 생성·활용 기술									
		디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술									
		차세대 암호 통신 기술									
		차세대 암호 통신 기술									

☐ 예시연구주제별 사업비 배분계획은 다음과 같음

○ 재창조형의 경우 27년 이후 동일한 규모로 신규 수요과제로 추진될 예정

<표 4-4> 연도별 사업비 배분계획

(단위 : 억원)

유형	예시 연구주제	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	합 계
재창조 형	노화역노화 질환 치료모델 개발 기술	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150
	후천적 신체손상 디지털 치료기술	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	300
	바이오 극저온 동결 보전기술	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	500
	정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	500
	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
	구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
	대형산업사고 위험성 자동 예측기술	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
	생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기 술	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
	지하공간터널 미세먼지 유발 유해 가스 제거기술	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150
	고에너지고안전성 전고체 2차 전기 기술	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	400
게임 체인저 형	생애 주기별 면역세포 향상성 유지연구	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	700
	뇌 기능 기반 뇌질환 예방진단치료기술	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,200
	양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌- 기계 인터페이스 기술	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	400
	디지털 트윈 기반 개인 질병 예측 치료기술	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	400
	뇌-기계 간 인터페이스 기술	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	400
	차세대 암호 통신 기술	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	400
	수중도시 구현을 위한 시공 기술	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	700
	탄소제로 신에너지원 확보 기술	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	300
	인공태풍 생성·활용 기술	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	300
	합계	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,000

제4절 평가체계

1. 평가의 기본방향

☐ 평가단 구성

- 미라클 사업 특성상 심사평가하는 패널 내에 1인의 특허 전문가를 포함하여 원천 기술확보 가능성 및 특허가치에 대한 평가를 반영하고, 일반 국민 1인을 포함시켜 미션달성에 대한 평가를 반영
- 과제평가의 전문성을 지향하되 평가 대상과제의 연구책임자 및 부책임자의 사제 지간, 친인척지간, 동일기관 소속 등 상관관계가 있는 전문가는 평가위원에서 배제(상피제도)

☐ 평가방법

- 서면 검토 : 평가 관련 자료 사전검토
 - 각 평가위원은 평가 대상과제의 평가관련 자료를 사전에 심층적으로 검토하고, 과제별 질의 및 검토사항을 사전에 작성하여 발표평가 시 활용
 - 서면 검토를 통해 과제별 질의 및 검토사항은 평가위원 간 공유
- 발표 평가(온·오프라인)
 - 각 단계별로 발표 평가 실시
 - 각 평가위원은 연구단 전체에 대한 평가점수 부여
 - 각 평가위원은 필요한 경우, 과제 구성에 대한 의견 제시 가능
 - 평가서는 발표평가 후 일괄 작성
- 평가점수 산정방법 및 후속조치
 - 평가는 절대평가를 원칙으로 함
 - 평가점수 최고점 및 최저점 각 1인을 제외한 평가위원의 평가점수를 산술평균하여 종합점수(소수점 이하 2자리까지 계산) 및 등급 결정
 - 1단계 단계평가의 경우 다음 표에 의한 후속 조치

<표 4-5> 1단계 단계평가 등급표(안)

구분	A 등급	B 등급	C 등급	D 등급
점수	85점 이상	75점 이상 85 미만	60점 이상 75 미만	60 미만
조치	2단계 진입*	2단계 진입	연구비 조정*	지원중단

- C등급 연구팀의 2단계 연구비 삭감 → A등급 연구단 연구비 증액(*)
- 1단계 연구에서 원천특허 확보 가능성을 보여주지 못한 연구팀은 D등급 처리 및 지원 중단
- 단, 경쟁형 과제인 경우 1단계 종료 후 단계 평가 시 우수 연구자의 신규 지원을 허용하고 기존 연구팀과 함께 평가하여 2단계 계속 과제를 선정함. 탈락한 연구팀의 연구비는 선정된 연구팀 연구비에 편입하여 증액
- 지원 중단된 연구팀의 경우 성실실패 여부 검증
- 연구팀 조기 종료에 따른 잔여 예산은 우수연구팀 추가 지원 및 신규 우수과제 선정 지원

2. 연구주제 선정

☐ 과제선정

- 과제선정은 전술한 3단계 프로세스에 따라 진행하되 게임체인저형 과제와 재창조형 과제는 심사기준을 달리함

1차 전문가 평가를 통해 3배수 선정 (기술성 평가)
 2차 국민참여단 선호도 평가 (사회적 니즈 평가)
 3차 사업추진위원회를 통해 최종과제(대상기술) 선정

☐ 게임체인저형 과제 선정 과정

- 미션 해결을 위해 자유 공모를 통해 모집된 연구제안서 중에서 1차 및 2차 평가를 통과한 과제를 대상으로 함
- 지금까지 시도된 적이 없는 독창적인 아이디어/접근방법이거나 기술개발 성공시 미션해결 가능성을 상당한 수준으로 제고하는 과제를 선정

<표 4-6> 게임체인저형 과제 평가지표

평가항목	평가지표	점수
연구목표의 독창성	○ 얻고자 하는 기술적 목표가 얼마나 도전적인가? ○ 기존 한계를 극복하기 위한 새로운 아이디어	40
연구계획의 우수성	○ 새로운 개념의 접근성 및 접근 방법의 적절성 ○ 연구책임자의 역량 및 경험	30
미션과의 연계성	○ 미션해결을 가능하게 할 수 있는 핵심기술인가? ○ 경제적/사회적 파급력이 상당한가?	30

□ 재창조형 과제 선정 과정

- 미션 해결을 위해 자유 공모를 통해 모집된 연구제안서 중에서 1차 및 2차 평가를 통과한 과제를 대상으로 함
- 단기간(5년 이내)에 가시적인 성과를 달성할 수 있는지를 중점평가
- 평가점수는 평가에 참석한 위원별 점수 중 최고점수 및 최저점수를 제외한 점수의 산술평균점수를 계산하여 종합점수를 취합하고, 각 위원별 평가의견과 해당 과제의 종합의견을 모두 작성토록 함

<표 4-7> 재창조형 과제 평가지표

평가항목	평가지표	점수
기술적 체계성	○ 기술개발 목표의 명확성 및 실현가능성 ○ 연구수행 방법론의 적합성 및 사업 부합성 ○ 연구성과(원천특허, 논문 등)의 수월성	30
연구팀 구성의 우수성	○ 연구책임자의 역량 및 경험 ○ 융합연구 추진체계 등 연구팀 구성의 적절성	20
개발체계 구축 환경의 우수성	○ 학제간 연구단 운영 계획의 효율성 ○ 연구팀 및 외부 연구역량 활용, 기술개발 동향 모니터링 계획 ○ 연구기반 구축 수준 및 기관의 지원 의지	25
미션과의 연계성	○ 미션해결을 가능하게 할 수 있는 핵심기술인가? ○ 경제적/사회적 파급력이 상당한가?	15
도달 가능성	○ 5년 이내 성과를 창출할 수 있는가?	10

3. 단계평가

☐ 평가 주안점

- 각 과제 유형별 지향하는 목표의 달성 가능성, 연구계획 대비 달성도 등을 중심으로 평가
- 1단계 평가를 통한 2단계 연구비 탄력 운영 시행
- 창의적 원천기술 연구수행을 위해 연차평가는 원칙적으로 실시하지 않고 점검으로 대체하며 단계평가만 실시
- ※ 필요시 현장점검이나 전문가 자문실시

☐ 평가항목 및 지표

- 1단계 종료 후 과제의 계속 여부를 판단하기 위해 실시하는 단계평가는 기술평가 전문기관의 사전검토 내용을 바탕으로 분야별 전문위원회 평가 실시
- (게임체인저형) 연구방법의 우수성, 해당 연구방법을 통한 개발기술의 원천성 검증 및 원천특허 확보 가능성에 대해 집중적으로 평가
 - 각 연구주제 당 선정된 복수의 과제에 대해서 연구방법의 우수성 및 그 실적의 우수성을 바탕으로 평가
 - 1단계 기간 동안에 출원된 특허를 바탕으로 1단계 종료시점에서는 기술의 원천성, 실험적 검증, 경제성 등을 검증
 - 각 연구주제 당 선정된 복수의 과제에서 평가가 가장 우수한 과제를 2단계 계속 과제로 선정
 - 단계 평가 시 우수 연구자의 신규 지원을 허용하여 기존 연구팀과 협력연구를 전제로 계속 과제를 선정
 - 연구내용의 도전성 및 연구성과의 우수성에 대해 집중적으로 평가하는 게임체인저형 과제의 경우, 학문적·과학기술적 성과를 중심으로 평가
- (재창조형) 개발기술의 원천성 검증과 원천특허 확보 가능성에 대해 집중적으로 평가
 - 1단계 기간 동안에 출원된 특허를 바탕으로 1단계 종료시점에서는 기술의 원천성, 실험적 검증, 경제성 등을 검증
 - 관련 기술 특허 포트폴리오 구축의 노력 및 의지 평가
 - 총괄-세부별 병행평가를 추진하고 세부과제 탈락 및 신규팀 진입을 허용
 - 난제 해결 정도 및 기술의 사업화 가능성을 중점적으로 평가

<표 4-8> 1단계 연구결과 평가지표

평가항목	평가지표	점수
계획	○ 사업목표는 명확하고 타당한가? ○ 성과지표는 목표와 연계성이 있으며, 성과계획은 합리적인가?	20
추진체계	○ 사업내용이 목표에 적합하게 구성되고, 추진되고 있는가? ○ 다른 사업과 유사·중복이 없는가?	20
사업결과	○ 연구목표 대비 연구성과 달성 수준 ○ 사업성과의 우수성 (게임체인저형) 창의적 아이디어 바탕의 원천특허 포트폴리오 구축 진척도 (재창조형) 단기 미션달성의 가능성	40
2단계 연구계획	○ 2단계 연구계획의 우수성 ○ 2단계 연구비 및 연구기간의 적절성	20

4. 종료평가

☐ 평가 주관점

- 각 과제 유형별 지향하는 사업목적의 달성도, 연구계획 대비 달성도 등을 중심으로 평가

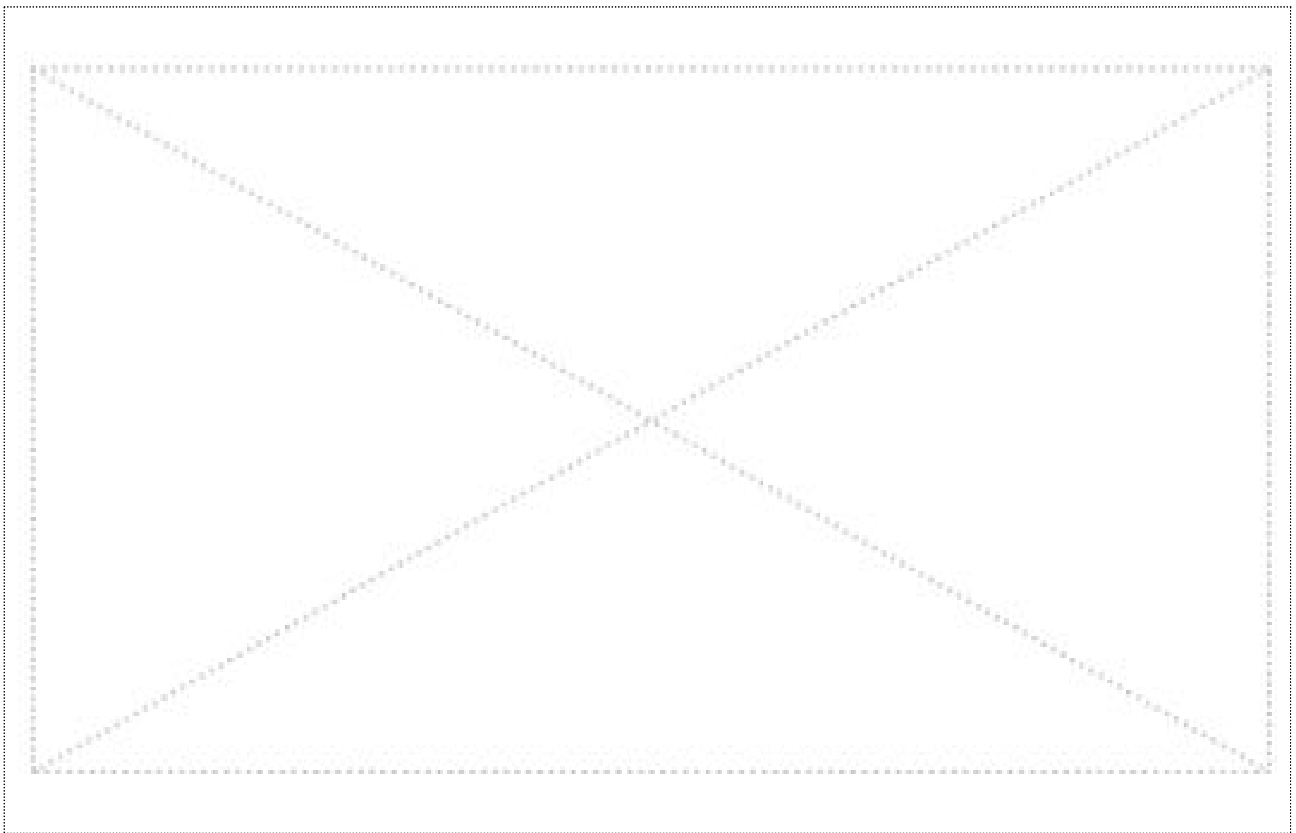
☐ 평가항목 및 지표

- 최종평가는 분야별 전문위원회를 구성하여 심사하되, 기술전문가 뿐만 아니라 기술 이전 전문가, 기술의 최종수요자, 일반국민 등 다양한 전문가로 구성
- 확보된 원천기술 또는 특허를 구체화한 미션해결기술의 확보 여부와 원천특허로서 가치를 극대화할 수 있는 특허 포트폴리오 구축 실적 등을 집중적으로 평가
 - 연구팀이 경쟁 등의 이유로 특허내용을 외부에 공개하지 않아야 될 필요가 있는 경우 평가위원회는 비공개로 평가
 - 게임체인저형의 경우 도전적으로 제안한 연구목표의 달성 여부 및 출판한 논문이나 출원한 특허의 우수성을 중점적으로 평가

제5장 타당성 분석

제1절 타당성 분석과정

- 기획총괄위에서 우선 추진과제 후보로 도출한 과제에 대한 검증 후 후보기술로 선정된 프로젝트 또는 과제에 대해서 과학기술적 타당성 및 경제적 타당성 분석 추진



[그림 5-1] 타당성 검토 추진 흐름도

제2절 과학기술적 타당성

1. 분석 개요

☐ 기술적 타당성 분석의 의미²¹⁾

- 기술적 타당성 분석은 개별 연구 개발 활동을 명확하게 정의하고, 예산집행 결과 어떠한 효과가 예상되는지에 대한 논리적 인과관계를 제시하여, 제안한 사업이 제시한 목표를 달성하기 위한 최선 안인지에 대해 검토
- 기술적 타당성 분석의 기본평가항목은 문제·이슈 도출의 적절성, 세부 활동 및 추진전략의 적절성으로 분석항목을 구성하고, 각 항목에 대한 분석을 토대로 종합 분석결과를 도출
 - 문제·이슈 도출의 적절성은 문제·이슈 식별과정의 적절성, 과학기술기반 문제·이슈 정의의 적절성으로 세분
 - 사업목표의 적절성은 식별된 문제·이슈와의 연관성, 사업목표 설정의 적절성으로 세분
 - 세부활동 및 추진전략의 적절성은 세부활동 구성 및 내용이 구체성과 연계성, 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성으로 세분

<표 5-1> 기술적 타당성 분석 항목

평가항목	평가내용
문제/이슈 도출의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업기획 배경 및 경위의 적절성 ○ 문제·이슈 식별과정의 적절성 ○ 과학기술기반 문제·이슈 정의의 적절성
사업목표의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식별된 문제·이슈와의 연계성 ○ 사업목표 설정의 적절성
세부활동 및 추진전략의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세부 활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 ○ 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성

자료 : 과학기술정보통신부. (2019). 2019 국가연구개발사업 예비타당성조사 매뉴얼

21) 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침

2. 문제·이슈 도출의 적절성

- 동 사업은 예측 불가능한 미래사회에 대한 불안·위협 해소 및 국민이 바라는 미래사회를 실현함에 있어 예상되는 문제·이슈를 식별하고 문제를 정의함

가. 문제/이슈 식별의 적절성

(1) 문제/이슈 식별과정

☐ 예측 불가능한 위협요인 대응의 시급성

- 기후변화로 인한 환경변화, 대형 재난·재해 발생 증가, 팬데믹, 사이버 테러 등 예측이 어려운 위협요인에 대한 두려움이 증가하고 있어 국가 및 국민의 안전성 확보를 위한 미래 위협요인에 대한 대응의 시급성 강조
- (기후변화) 2050년 온실가스 배출량 산업혁명 이전의 2배 증가 예상, 2100년까지 현재보다 3.7℃ 올라갈 수 있다고 경고²²⁾
 - 2100년 기후변화로 인한 전 세계 평균 손실액은 4조 2천억\$로 추정. 전 세계 평균기온 5℃ 상승 시 7조 2천억\$, 6℃ 상승 시 13조 8천억\$의 손실 발생 예상²³⁾
- (재난·재해) 지구온난화, 이상기후 등으로 태풍, 홍수 등 대규모 자연재해 발생빈도 증가하여 후쿠시마 대재앙과 같은 자연재해와 시스템 취약성이 결합된 초대형 복합 재난(X-event) 발생 증가
 - 1995년~ 2014년 20년간 발생한 날씨 관련 재난으로 60만 명이 사망했으며, 2005년부터 2014년까지 전 세계에서 발생한 날씨 관련 재난 횟수는 연평균 335회²⁴⁾
- 가뭄, 홍수, 폭풍우, 산사태, 산불 등 약 8,400건의 자연재해 발생으로 200만 명이 사망하고, 1조 5천억 달러 이상의 재산 손실이 발생한 것으로 추정
 - 국내의 경우 최근 10년('09~'18)간 자연재해로 해마다 '18년 환산가격으로 약 3.6조에 달하는 피해를 입고 있으며, 복구 금액으로는 연평균 7.7조 이상 지출²⁵⁾
- (팬데믹) 코로나바이러스와 같은 신종바이러스의 경우 백신 및 치료제 개발 전까지 전파 차단이 가장 중요한 과제이므로 신종바이러스 출현을 예측하고 관리하는 제도적 기술적 노력이 필요함
 - 코로나바이러스는 '19년 12월 1일 중국 우한시에서 첫 감염자가 확인되어 '20년 7월

22) AR5 Synthesis Report, IPCC(2014)

23) The Cost of Inaction: Recognising the value at risk from climate change, The Economist(2015)

24) 날씨 관련 재난으로 인한 인류의 피해(The Human Cost of Weather Related Disasters) 2005-2015, UN

25) 2018 재해연보, 행정안전부(2019.8)

22일 기준 전 세계 누적 확진자는 총 14,805,982명 (사망 613,718명)이며, 국내 누적 확진자는 13,879명(297명)

- (사이버 테러) ICT 발전으로 인터넷을 통한 해킹 행위가 범세계적으로 활동영역을 확대하는 등 인권침해 및 범죄 가능성 급증
- DDoS 공격의 최대규모는 2007년 24Gbps에서 2018년 1.7Tbps로 급격히 증가하였고, 향후 5세대 공격은 대규모 테라급 공격, AI 신기술을 이용한 기계 해커 공격 등으로 사이버 공격의 본격화 예상(문지마 범죄) 2015년~2019년까지 범죄발생 대비 검거 비중은 평균 83.4%로 높은 수준을 유지하고 있지만 같은 기간 여성 대상 폭행 사건은 꾸준히 증가했고 ‘문지마 범죄’²⁶⁾는 범죄유형으로 분류되지 않아 정확한 집계 어려움

<표 5-2> 여성대상 범죄 및 문지마 범죄 추이(2017~2019)

(단위 : 건)

구분	2017	2018	2019
여성 대상 폭행	50,401	52,146	52,876
데이트 폭력	14,136	18,671	19,940

자료 : 2020년 경찰청 국감자료

- (고령화 심화) 유엔의 「2019년 세계인구전망」에 따르면 전 세계적으로 65세 이상 노년층의 급격한 증가로 인해 65세 이상 인구 비중은 2019년 9.1%에서 2067년 18.6%로 9.5%p 증가할 것으로 전망
- 국내 고령 인구(65세 이상) 비중은 2019년 14.9% → 2067년 46.5%로 31.6%p 증가할 전망이며, 세계에서 가장 빠른 속도로 고령화 진행 중
- (저출산 심화) OECD 국가의 출산율은 감소추세로, 2016년 기준 OECD 회원국의 평균 출산율은 1.68명이며, 특히 한국, 중국의 합계 출산율이 급격하게 감소 중²⁷⁾
- 저출산 국가는 합계 출산율이 2.1 이하, 초저출산 국가는 합계 출산율이 1.3 이하 기준
- (인공지능과 사회 윤리의 충돌) 과거 인공지능 시스템 내부의 의사결정 과정은 저장된 지식과 추론 규칙을 통한 파악이 가능했으나, 수많은 데이터를 학습한 인공지능 시스템은 의사결정 과정에 대한 조사와 분석 사실상 어려움
- 기계의 판단이 사회의 윤리적 판단이나 가치 시스템과 일치할 수 있는가에 대한 학술적, 사회적, 법률적 논의가 활발히 진행되고 있음
- (지능 정보 기술의 윤리 및 안정성 확보를 위한 논의) 4차 산업혁명 시대가 도래함에 따라 스스로 판단하고 의사결정을 내리는 로봇에 대한 사회적 수용과정에서의 윤리적 논의가 중요한 문제로 부각 되고 있음

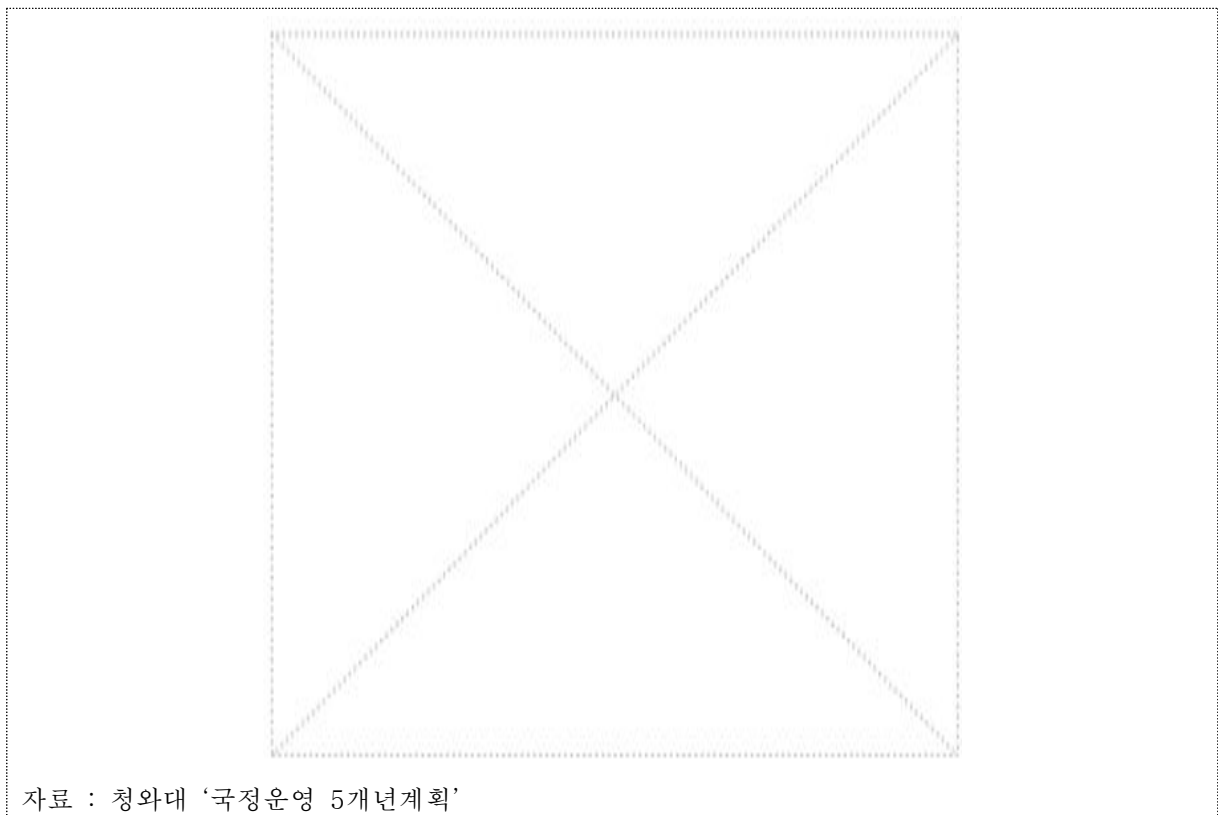
26) 여성혐오범죄

27) 저출산 정책개선방안에 관한 연구, 한국지방행정연구원(2018.12)

- 로봇의 의사결정에 따라 희생자가 발생한 경우 그 책임을 누가 부담할 것인지 등의 다양한 윤리적 이슈에 대한 충분한 사회적 합의 필요
- (4차 산업혁명에 따른 업무 대체) 인간의 지능 대체(인공지능), 노동 대체(로봇) 기술발전에 따라 현존하는 일자리 상당수가 소멸
 - 생산 자동화에 따른 제조업 일자리, 키오스크 등의 보편화에 따른 서비스업 일자리 등은 소멸
 - ※ 2030년 기준 증가하는 일자리 92만 명, 감소하는 일자리 80만 명으로 총 172만 명의 고용 변화 발생 예상(고용노동부)
 - 드론 조종사, 로봇관리자, 자율자동차 프로그래머 등 새로운 산업이 도래함에 따라 새로운 일자리의 등장
 - ※ 2050년 제조업 일자리 100% 자동화 가능, CEO도 30% 이상 대체

□ 국민이 원하는 미래사회 실현의 필요성

- 예측 불가능한 위협 요인에 대응하고 국민이 원하는 미래사회 실현을 위한 정부지원의 당위성을 정책이행, 국가 R&D 투자의 목적 등의 측면에서 설명
 - 「국정운영 5개년 계획」에서 국가는 국민에게 복지와 교육, 안전과 안심, 차별 없는 사회를 보장한다는 국정기조를 발표하고 이에 따른 상위정책을 수립·추진함



[그림 5-2] 국정운영 5개년계획

- 국가 R&D 투자의 목적은 국가 차원에서 필요한 기술의 개발뿐만 아니라 지식의 창출, 인력양성, 인프라 구축, 제도 정비 등을 통해서 궁극적으로 기술을 혁신하고 경제를 발전시키며 국가 경쟁력을 고양하는 것임
 - 국가는 국정목표 중 ‘내 삶을 책임지는 국가’에서 밝히는 포용적 복지, 국가가 책임지는 교육, 안심사회, 공정사회 등을 실현하기 위한 노력이 필요함
- 국가 R&D사업 운영 및 성과 관점에서 미래 예측불가능한 위협요인에 대응하고 국민이 원하는 미래사회를 구현하기 위해서는 장기적 관점의 연구 필요
 - 하지만 국가 R&D 일몰제 도입 이후 중장기 목표를 가지고 추진하는 대형 R&D 사업이 부재한 가운데, 전략적으로 단기 소규모 R&D 추진 보편화
 - 정책의 최종 수요자인 국민이 원하는 미래사회구현을 위한 기술개발 필요

□ 문제/이슈 식별절차

- ①국내·외 미래 사회상 및 유망기술 전망 선행연구 조사 → ②국민 제안테마 및 미래전략 반영 → ③국민참여 워크숍을 통해 미래사회 위협요인 및 미래상을 도출하고 그에 따른 문제·이슈를 식별
- (선행연구 분석 결과) 미래 시대 사회상 및 유망기술 등을 예측·전망한 28개 국내·외 선행연구 보고서별로 예측된 유망분야를 중심으로 20개의 핵심 키워드 도출

<표 5-3> 20개 핵심 키워드

순번	키워드	순번	키워드
1	갈등/불평등 해소	11	에너지 효율화
2	건강	12	우주시대
3	경제 패러다임전환	13	인공지능 + 휴먼
4	과학윤리	14	일자리
5	기후변화	15	저출산/고령화
6	도시 집중화	16	저탄소화
7	디지털 사회	17	지속가능한 자원확보
8	사고/재난	18	차세대 모빌리티
9	생활 패턴 변화	19	통일/안보
10	신소재	20	환경오염

- (대한민국 과학기술 미래전략 2035 + 국민제안 미래사회 테마(GIST)) 등 사업에 앞서 선행된 ‘과학기술 미래전략’ 및 광주과학기술원이 주도하여 도출한 ‘국민제안 미래사회 테마’에서 제안된 기술개발 방향 및 테마 정의서의 내용 반영

<표 5-4> 대한민국 과학기술 미래전략 2035의 기술개발 방향 제안

도전과제	기술개발 방향
기후변화, 재난재해 감염병 등 인류의 생존을 위협하는 요인에 대처	○ 온실가스 감축과 기후변화 적응 및 기상조절·예측
	○ 재난재해 긴급대응과 복구 및 사전예측
	○ 신·변종 감염병의 감염원 감지·퇴치 및 감염자 진단·치료
환경오염 대응을 통한 문명의 지속가능성 확보	○ 폐기물 전주기적 관리와 자원화 및 대체 신소재 개발
	○ 원자력의 안전한 활용 및 핵융합 기술개발 도전
차세대 바이오·의료 기술을 통한 건강한 삶 실현	○ 난치병 극복 및 예방의료 실현
	○ 뇌 기능 규명을 통한 뇌질환 극복 및 기억 회복
인간의 신체적·지적 능력 보완 및 확장	○ 장애와 노화를 극복하는 신체적 능력 회복 및 극대화
	○ 인공지능 알고리즘·하드웨어 고도화로 지적 능력 향상
자원 고갈에 대비한 농어업·제조업·에너지 혁신	○ 농어업·제조업 스마트화 및 미래식량 개발
	○ 친환경 에너지원 확보 및 에너지 효율화 추진
우주 생활권 및 안전하고 편리한 이동 실현	○ 우주를 넘나들고 지상을 고속주파하는 유인 운송수단 개발
	○ 친환경·지능형 기술로 안전하고 편리한 이동 실현
다양한 소통방식과 신뢰할 수 있는 네트워크 확보	○ 소통의 현실감 제고 및 방식·대상 다양화
	○ 신뢰할 수 있고 안전한 소통 네트워크 구축
새로운 삶의 영역을 확보하기 위한 미지의 공간 개척	○ 우주·심해·극지 개척으로 자원 확보 및 생활권 확장

<표 5-5> 국민제안 미래사회 36개 테마(GIST)

No	테마	No	테마	No	테마
1	인공지능 에이전트	13	수중도시	25	대륙산 사이버 루프
2	웨어러블 디바이스	14	인공강우	26	신재생에너지
3	무인의료시스템	15	노화방지키트	27	에너지 전송
4	반려로봇	16	난임치료	28	인공장기
5	스마트 생산건설	17	냉동인간	29	인공태양
6	가상형실 홀로그램	18	뇌 디지털 화	30	물정화
7	개인 맞춤형 원격교육	19	움직이는 도시	31	탄소수집기
8	국방로봇	20	테러·범죄 방지		
9	친환경 도시	21	우주쓰레기 행성		
10	우주여행	22	미세먼지제거로봇		
11	화성식민지	23	스마트 바이오 클린시티		
12	항성간 자원 전송	24	물류드론		

○ (대국민 제안 난제 도출) ‘국민참여 제안 워크숍’을 통해 국민제안 (41개)를 도출

※ 워크숍의 원활한 진행을 위해 분임을 구분

<표 5-6> 워크숍 일정

시간	내용	비고
13:15~13:30 ('15)	온라인 접속 확인 및 분임배정	
13:30~13:40 ('10)	인사, 취지 및 핵심키워드 설명	연구책임자
13:40~14:30('50)	(특강 1) 과학기술혁신정책의 최신 동향	박상욱 교수
14:30~14:50('20)	(특강 2) 거대난제 대응 R&D 해외 사례	안준모 교수
14:50~15:00('10)	휴식 및 분임토의 회의실 입장	Zoom
15:00~16:30('90)	분야별 분임토의	진행조교
16:30~16:40('10)	휴식 및 전체 회의실 입장	
16:40~17:30('10)	분임토의 결과 발표	분임장

<표 5-7> 국민 제안 목록

No	난제	No	난제
1	국토의 비효율적 이용 및 에너지 5불균형 현상 심화	22	인공지능에 적용하기 위한 분야별 데이터 수집축적 증가
2	기후변화로 인한 이상기후 발생 피해 증가	23	인공지능, 디지털 기술의 활용으로 업무환경 변화, 실업 등의 문제 발생
3	자율주행차, 무인차량, 드론 등의 사고 우려	24	비대면으로 인한 사회성 결여된 생활 및 잘못된 정보 활용에 따른 오작동 우려
4	청정에너지 활용으로 인한 기존 시스템과의 충돌	25	인공지능 오류로 인한 분쟁, 전쟁 발생 위험 존재
5	정신건강치료 병력으로 인한 사회활동 방해	26	나에게 필요한 정보, 잘못된 정보 등을 구분하기 어려울 정도로 많은 정보에 노출됨
6	정신장애 기인 폭행사고 피해 증가	27	인공지능, 디지털 분야 연구 및 기술개발에 투자 집중
7	오토바이, 전동킥보드를 활용한 배달사고 증가	28	삶의 연장 및 유지보다는 삶의 질 향상이 우선되어야 함
8	미단속 구간의 과속차량 여전히 존재	29	고령산업 생태계 재활성화 필요
9	무단침입, 문지마 폭행, 데이트 폭력의 꾸준한 발생	30	디지털 기술제품서비스 사용환경이 20~40대에 특화됨
10	성범죄, 음주운전사고로 인한 국민적 스트레스 증가	31	인구구조 및 업무환경 변화로 인한 주거환경 및 건축설계 개념 변화
11	예측하지 못하는 건설안전 사고 우려 증가	32	은퇴 연구자, 기술자는 소중한 노하우를 보유하고 있음
12	재난재해 발생빈도는 증가하나 사전 경보 서비스는 부족함	33	에너지 사용에서 소외되는 취약계층이 여전히 존재함
13	당뇨, 고혈압, 치매 등 만성질환 예방 및 실시간 관리 부족	34	효율적인 에너지 수급 관심 증가
14	감염병 확산 및 그에 따른 환경변화로 인한	35	에너지 자급자족 관심 증가

No	난제	No	난제
	스트레스 증가		
15	비대면이 어려운 장소 중심의 감염병 확산	36	재생에너지 확대를 위한 에너지 공급 효율 개선 필요
16	발생원인이 불분명한 전염병의 출현 증가	37	음식물, 재활용 등 다양한 쓰레기 발생증가
17	환자 정보 공유 시 보안문제로 원활한 공유가 어려움	38	기후변화로 인한 생태계 및 생활환경 변화 예상
18	범죄, 사고, 재난 정보를 종합적으로 파악하기 어려움	39	식량 확보 위기 고조
19	공평한 비대면 교육 환경제공이 어려움	40	대기질 및 해양의 오염 심화
20	신규 질병 발생에 대한 두려움 증가	41	에너지 절약 및 환경보호는 시민의 동참이 필수적임
21	디지털 기술의 활용으로 소외되는 세대 발생		

(2) 문제정의의 적절성

☐ 문제·이슈 제시

- ① 국내·외 선행 연구보고서, ② 대한민국 과학기술 미래전략 2035 + 국민제안 미래사회 테마, ③ 국민참여 제안 워크숍을 통해 도출된 키워드, 테마, 국민제안(워크숍)을 취합하여 동 사업의 17개 미션(핵심이슈)을 제시

<표 5-8> 미션(핵심이슈) 목록

순번	미션(핵심이슈)
1	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살수 있는 방법은?
2	빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?
3	증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?
4	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?
5	인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?
6	다양한 위험상황에 대한 인간의 접촉을 최소화 할 수 있을까?
7	사회에서 발생하는 다양한 격차를 해소할 수 있는 방법은?
8	데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?
9	자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?
10	이동의 한계를 극복할 수 있을까?
11	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?
12	안전한 주거환경에서 걱정 없이 살 수 있을까?
13	신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?
14	은퇴자의 지식 및 기술을 계속 활용할 수 있을까?
15	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?
16	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?
17	안전한 식량을 안정적으로 확보할 수 있을까?

□ 미션(핵심이슈)에 대한 해결방안

- 기획연구진 및 총괄기획위원회에서 동 사업의 미션(핵심이슈)를 해결하기 위한 4대 해결방안은 도출함
- ①무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지, ②안전하고 공평한 디지털 사회 구현, ③안전하고 지속 가능한 환경유지, ④미래 모빌리티 기반 확보

<표 5-9> 동 사업의 핵심이슈 및 해결방안

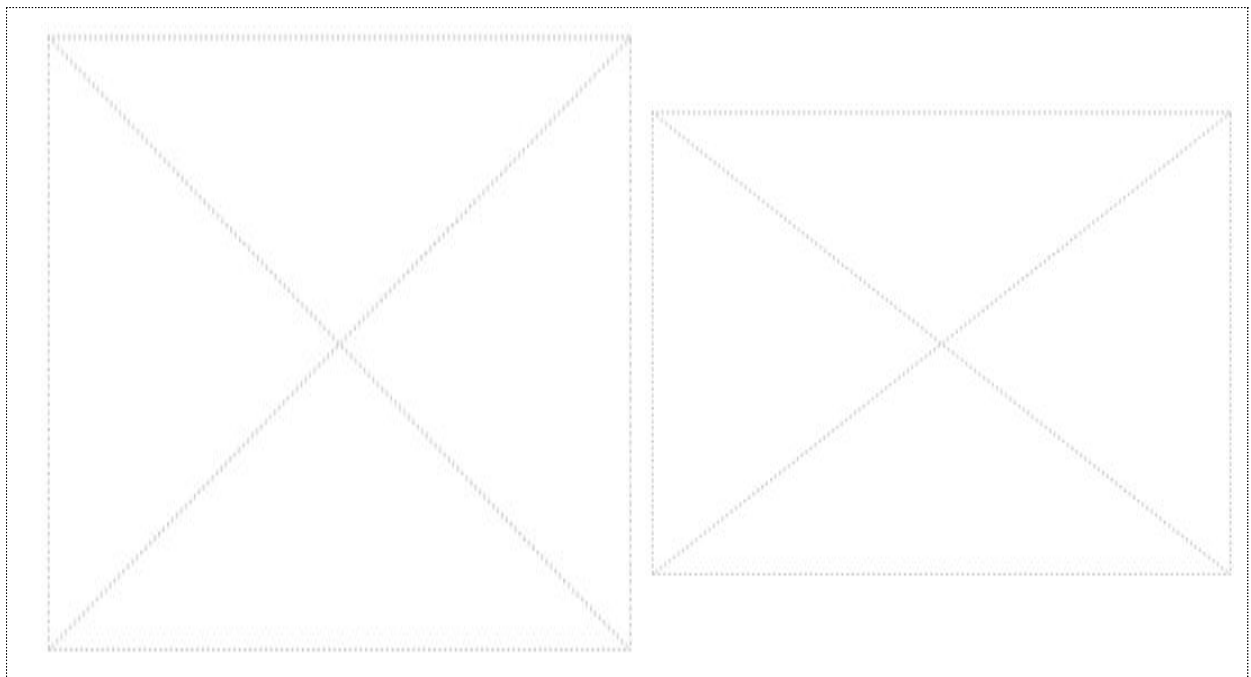
미션(핵심이슈)	해결방안
건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살수있는 방법은?	
신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?	⇒ 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지
은퇴자의 지식 및 기술을 계속 활용할 수 있을까?	
빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?	
인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?	⇒ 안전하고 공평한 디지털 사회 구현
사회에서 발생하는 다양한 격차를 해소할 수 있는 방법은?	
데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?	
증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?	
재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?	
에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?	
안전한 주거환경에서 걱정 없이 살 수 있을까?	⇒ 안전하고 지속 가능한 환경유지
쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?	
기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?	
안전한 식량을 안정적으로 확보할 수 있을까?	
데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?	
자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?	⇒ 미래 모빌리티 기반 확보
이동의 한계를 극복할 수 있을까?	

나. 문제/이슈 해결을 위한 R&D사업 추진의 중요성 및 필요성

(1) 문제/이슈 해결을 위한 R&D사업 추진의 적절성

☐ 미래사회 실현을 위한 신규 대형 R&D사업의 필요성

- 「국정운영5개년계획」에서는 국민에게 복지와 교육, 안전과 안심, 차별 없는 사회보장 강조하고 있으며, 「제4차과학기술기본계획」에서는 풍요롭고, 안전하고, 공정하고, 자연과 함께하는 사회를 만들기 위한 과학기술의 역할을 강조함



[그림 5-3] 최상위정책 상의 과학기술의 역할

- 과학기술이 국가 경제발전에 중추적인 역할을 하고 있으나 경제성장만으로 국민의 삶의 질이 향상되었다고 보기 어려움
- 경제성장에도 불구하고 최근 기후변화, 팬데믹, 문지마 범죄 등이 국민의 삶을 위협하고 있고 특히 기후변화로 인한 환경변화가 가시화되고 있는 상황
- ‘국민 삶의 질 향상’은 헌법으로 규정한 것처럼 국민의 권리자 국가의 의무이므로 국가는 국민의 삶의 질 향상을 위해서는 모든 수단(정책, R&D 등) 동원해야 함

대한민국 헌법 전문

유구한 역사와 전통에 빛나는 우리 대한국민은 3·1운동으로 건립된 대한민국임시정부의 법통과 불의에 항거한 4·19민주이념을 계승하고, 조국의 민주개혁과 평화적 통일의 사명에 입각하여 정의·인도와 동포애로써 민족의 단결을 공고히 하고, 모든 사회적 폐습과 불의를 타파하며, 자유와 조화를 바탕으로 자유민주적 기본질서를 더욱 확고히 하여 정치·경제·사회·문화의 모든 영역에 있어서 각인의 기회를 균등히 하고, 능력을 최고도로 발휘하게 하며, 자유와 권리에 따르는 책임과 의무를 완수하게 하여, 안으로는 국민생활의 균등한 향상을 기하고 밖으로는 항구적인 세계평화와 인류공영에 이바지함으로써 우리들과 우리들의 자손의 안전과 자유와 행복을 영원히 확보할 것을 다짐하면서 1948년 7월 12일에 제정되고 8차에 걸쳐 개정된 헌법을 이제 국회의 의결을 거쳐 국민투표에 의하여 개정한다.

- 동 사업에서는 국민의 삶의 질 향상을 위한 수단 중 미래 예측 불가능한 위협요인을 최소화하고 국민의 원하는 미래사회를 구현할 수 있는 기술적 수단을 중장기 R&D사업을 통해 확보하려 함
- 이를 위해 장기적인 관점에서 국민이 원하는 미래사회를 구현을 위한 기초기술 및 예측 불가능한 위협요인에 대한 대응력 제고를 위한 원천기술 확보 필요

과학기술기본법 제15조 2항28)

- ① 정부는 과학기술혁신을 위하여 도전적 연구개발을 적극적으로 촉진·지원하여야 하고, 필요한 재원(財源)을 우선적으로 확보하기 위하여 노력하여야 한다.
- ② 정부는 창의적인 연구수행방식의 장려, 연구의 파급효과를 중심으로 한 선정평가 및 성과평가 등 도전적 연구개발 문화를 활성화하기 위한 시책을 수립·시행하여야 한다.
- ③ 정부는 도전적 연구개발을 촉진하기 위하여 동일한 연구주제에 대해 복수의 연구기관 또는 연구자가 경쟁하는 방식으로 국가연구개발사업을 추진할 수 있다.
- ④ 정부는 연구개발비를 사전에 지급하지 아니하고 도전적 연구개발 목표를 공모하여 성과평가 결과가 우수한 연구기관 또는 연구자에게 예산의 범위에서 연구개발비 또는 포상금을 지급하는 방식으로 국가연구개발사업을 추진할 수 있다.
- ⑤ 정부는 중장기적인 투자를 필요로 하는 국가연구개발사업 중 도전성 또는 혁신성이 높은 사업에 대하여 「국가재정법」 제23조에 따라 그 경비의 총액과 연부액을 정하여 미리 국회의 의결을 얻은 범위에서 수년도에 걸쳐서 지출할 수 있다.
- ⑥ 제2항부터 제5항까지의 규정에 따른 도전적 연구개발 촉진을 위한 국가연구개발사업의 추진 및 창의적 연구수행방식 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

- R&D사업의 예산확보 및 관리 측면에서도 국가 R&D사업 일몰제 도입 이후 전략으로 단기적인(2년~3년) 소규모 R&D사업이 보편화 되는 가운데 동 사업에서는 사회적 난제 해결을 위해 추진되는 단기 R&D사업을 통합·흡수하여 추진할 예정

- 4대 프로젝트에 R&D 유형을 5년 내 현장적용이 가능한 ‘재창조형’과 근본적인 기술 혁신이 필요한 ‘게임체인저형’으로 구분하여 추진

<표 5-10> 사업의 구성

구분	내용	예시(과제)	
		과제명	내용
재창조형	○ 5년 내 가시적 성과를 달성할 수 있도록 SPEED-UP에 초점	자가구동형 유해물질 탐지 기술	산업현장에서 쓰일 수 있는 두께 1 mm 미만의 패치형 센싱 시스템, 10초 이내 유해물질탐지
게임체인저형	○ 기존접근과 다른 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 장기·안정적 지원	인공태풍 생성·활용 기술	대기 중 미세먼지를 급속 확산·저감할 수 있는 안정적으로 제어할 수 있는 인공태풍 유발/유지/제어

(2) 문제/이슈 해결을 위한 과학기술적 수단의 적절성

☐ 문제 해결을 위한 R&D방향

- (무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지) 노화과정 및 노화로 인한 뇌기능 변화의 근본적인 이해를 통해 고령까지 건강한 신체 유지 및 인공지능 기술을 적용하여 개인별 맞춤형 의료서비스 제공 기술 등의 개발

<표 5-11> 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지: 핵심이슈 및 R&D 방향

미션(핵심이슈)	R&D 방향
건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살수있는 방법은?	⇒ ○ 신체-질병 번역관계 분석 ○ 인공지능을 활용한 노화 방지 ○ 개인 맞춤형 질병 예측·진단
신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?	
은퇴자의 지식 및 기술을 계속 활용할 수 있을까?	

- (안전하고 공평한 디지털 사회 구현) 뇌-기계 신호 번역을 통한 뇌파를 활용한 원격제어, 인공지능의 의사결정 신뢰성 확보 및 개인정보 암호화 기술 등의 개발
- 디지털 사회로의 전환과정에서 발생할 수 있는 디지털 기술 소외층 최소화를 위한 양극화 극복 기술 개발

<표 5-12> 안전하고 공평한 디지털 사회 구현: 핵심이슈 및 R&D 방향

미션(핵심이슈)	R&D 방향
빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?	
인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업 할 수 있는 방법은?	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 효과적인 인간-AI간 협업체계 구축 ○ 디지털 양극화 및 소외 극복
사회에서 발생하는 다양한 격차를 해소할 수 있는 방법은?	
데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?	

- (안전하고 지속 가능한 환경유지) 기후변화, 환경오염 대응을 위한 탄소중립도시 구현 기반 구축 및 미세먼지 처리·저감기술, 대규모 재난 및 재해 예측·감시·대응 기술 개발

<표 5-13> 안전하고 지속 가능한 환경유지: 핵심이슈 및 R&D 방향

미션(핵심이슈)	R&D 방향
증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?	
재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?	
에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소제로 도시 구현 ○ 미세먼지 저감 및 제거 ○ 선제적 재난·재해 대응력 강화
안전한 주거환경에서 걱정 없이 살 수 있을까?	
쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?	
기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?	
안전한 식량을 안정적으로 확보할 수 있을까?	

- (미래 모빌리티 기반 확보) 수소차, 수소트램, 드론택시 중 미래 활용 가능성이 높은 모빌리티의 안전성 확보 및 미래 모빌리티에 활용할 수 있는 미래 신 에너지 확보

<표 5-14> 미래 모빌리티 기반 확보: 핵심이슈 및 R&D 방향

미션(핵심이슈)	R&D 방향
데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?	
자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 미래 모빌리티 안전성 확보 ○ 미래 모빌리티 활용을 위한 신 에너지 개발
이동의 한계를 극복할 수 있을까?	

3. 사업목표의 적절성

가. 사업목표와 해결할 문제·이슈와의 연관성

(1) 본 사업의 임무의 적절성

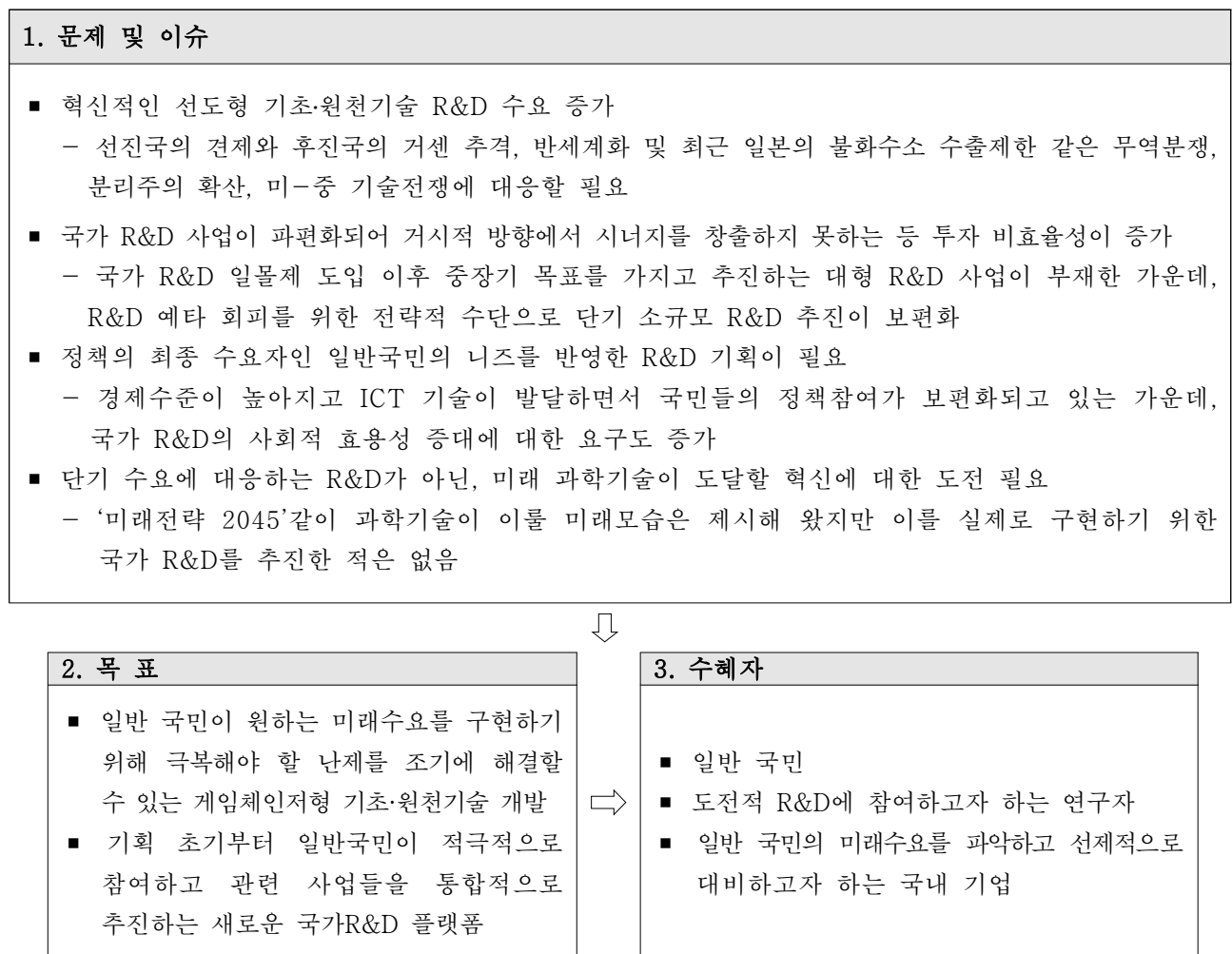
☐ 사업의 논리모형 구성

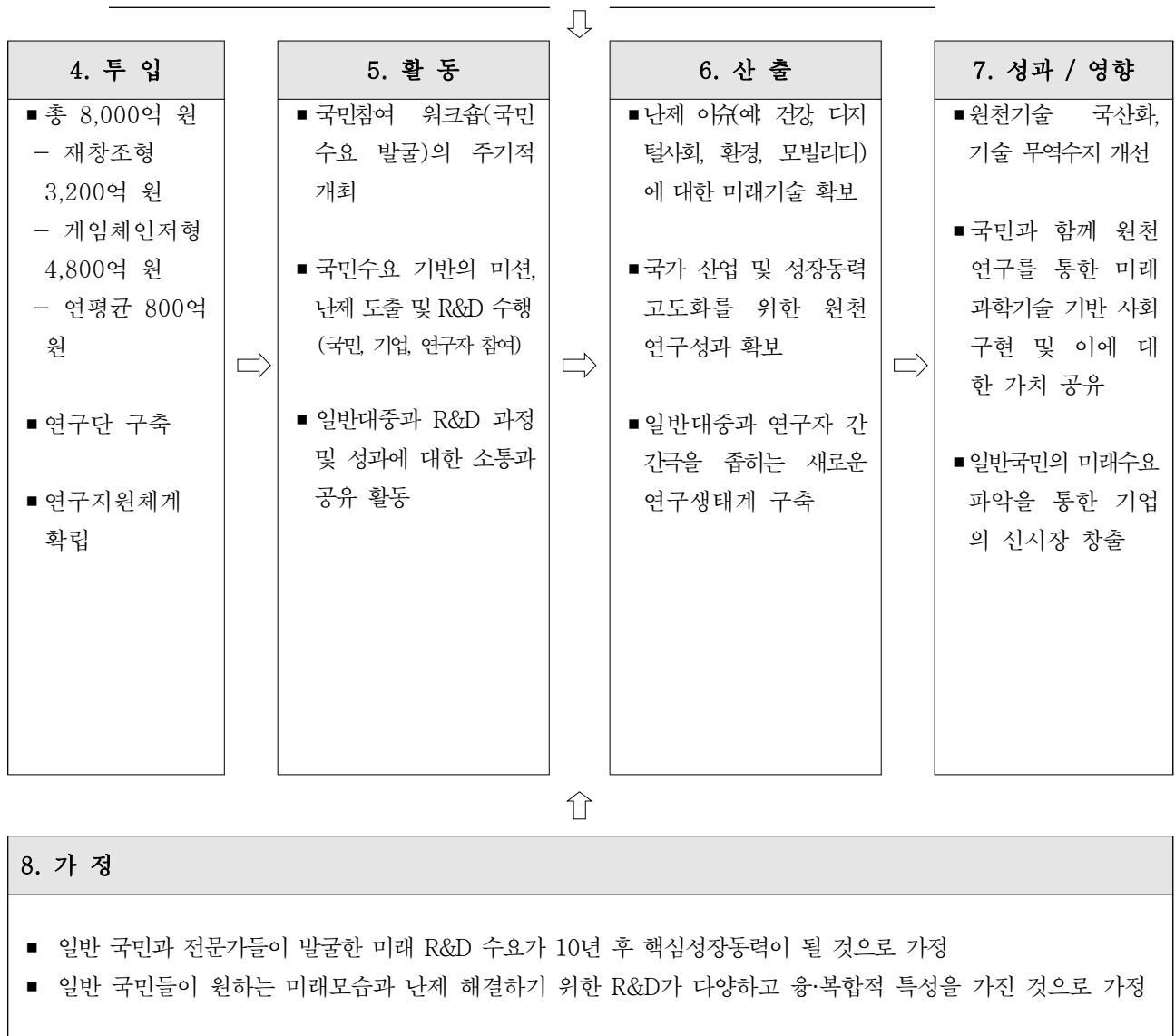
- 사업목표의 적절성 평가 질문을 고려하여 사업의 논리모형을 구성하고 제안된 사업목표의 적절성을 분석함

<표 5-15> 사업목표의 적절성 평가질문 구성

평가질문
1. 사업목표와 해결할 문제사이에는 연관관계가 존재하는가?
2. 사업목표는 달성하고자 하는 효과를 구체적으로 제시하고 있는가?
3. 사업목표의 효과성을 측정하기 위한 성과지표가 적절히 제시되었는가?
4. 사업성과에 대한 수혜자의 표적화가 적절히 이루어졌는가?

<표 5-16> 본 사업의 논리모형





☐ 이슈·문제 해결을 위한 임무 설정

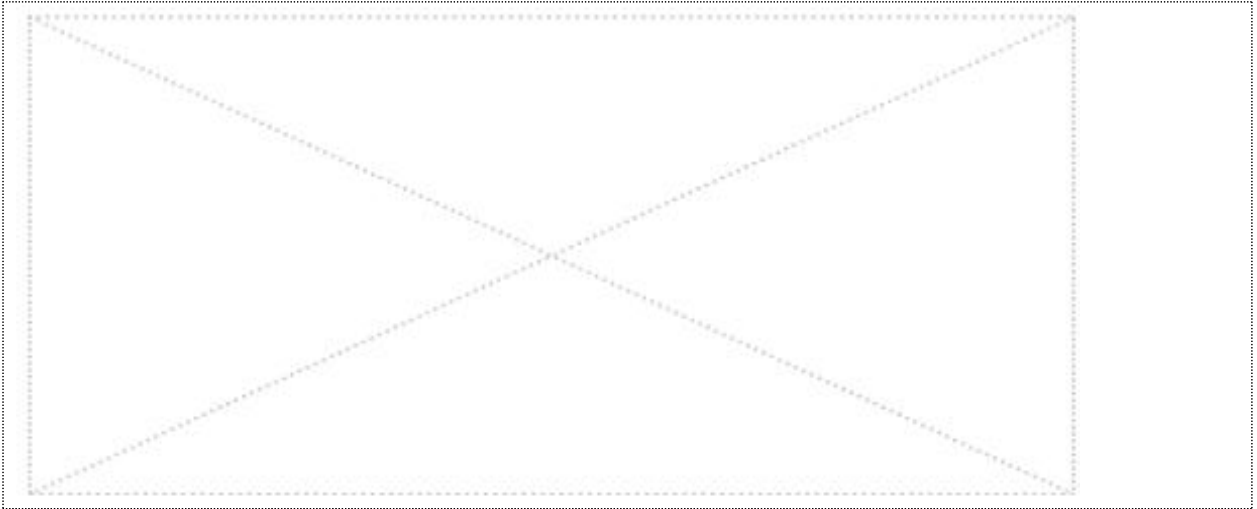
- 국민이 제안한 미션(핵심이슈)을 수행하기 위한 수단(해결방안) 중 과학기술적 수단(R&D방향)을 설정하고 그에 따른 동 사업의 임무(목표)를 설정

<표 5-17> 동 사업의 임무설정

미션(핵심이슈)	해결방안	R&D방향	사업추진 목표
건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살수있는 방법은?			
신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?	⇒ 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능을 활용한 노화 방지 ○ 개인 맞춤형 질병 예측·진단 	⇒ 신체-질병-면역 상호관계 분석 및 AI를 활용한 맞춤형 예방·진단·치료 기반 확보
은퇴자의 지식 및 기술을 계속 활용할 수 있을까?			
빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?			
인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?	⇒ 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 효과적인 인간-AI 간 협업체계 구축 ○ 디지털 양극화 및 소외 극복 	⇒ 효율적인 디지털 사회를 구현 및 정보보호 실현
사회에서 발생하는 다양한 격차를 해소할 수 있는 방법은?			
데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?			
증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?			
재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?			
에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?	⇒ 안전하고 지속 가능한 환경유지	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소제로 도시 구현 ○ 미세먼지 저감 및 제거 ○ 선제적 재난·재해 대응력 강화 	⇒ 깨끗하고 지속 가능한 환경 구현 및 재난·재해 피해 최소화를 위한 선제적 미래기술 확보
안전한 주거환경에서 걱정 없이 살 수 있을까?			
쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?			
기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?			
안전한 식량을 안정적으로 확보할 수 있을까?			
데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?			
자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?	⇒ 미래 모빌리티 기반 확보	⇒ <ul style="list-style-type: none"> ○ 미래 모빌리티 안전성 확보 ○ 미래 모빌리티 활용을 위한 신 에너지 개발 	⇒ 미래 모빌리티 활용 안전성 및 전용 에너지원 확보
이동의 한계를 극복할 수 있을까?			

(2) 사업 개념설계의 적절성

☐ 사업 설계 과정



[그림 5-4] 동 사업의 사업설계 과정

- 동 사업은 국민이 제안한 미래상을 실현하기 위한 문제·이슈를 파악하고 문제·이슈를 해결하기 위한 R&D활동을 전문가로부터 제안받아 총괄기획위원회를 통해 동 사업의 R&D활동 및 사업을 설계함

☐ 사업의 개념

- 국민이 제안하는 사회난제에 연구자가 응답하는 R&D 사업
 - 미래사회 시나리오 공모전 등을 진행하여 희망하는 미래 또는 기술발달로 인한 우려 사항에 대한 수요조사 실시
 - 미래사회 주제에 대해 토론을 거쳐 대안제와 미션을 도출하는 국민 참여형 과제 도출
- 미들업(Middle-up) 형태의 복합형 과제기획
 - 국민 참여를 통해 도출된 사회난제를 해결하기 위해 개발해야 할 기술들을 과제화 하기 위해 연구자들의 집단지성 활용
- 도출된 사회적 난제를 해결하기 위해 산·학·연이 힘을 모아 원천기술을 확보하는 중장기 프로그램
 - 기존 단기·소규모 R&D 형태로 추진하던 도전형 R&D를 이어받아, 중장기(5년 또는 2+3+5년이상)적으로 원천기술 확보를 추진
 - 국민제안 미션 뿐 아니라 기존 유사사업(혁신도전프로젝트 등)을 과제 형태로 흡수하여 예산 투자의 효율성을 제고
- 적절성 재검토를 통해 계속 유지될 수 있는 R&D 플랫폼

나. 사업목표 설정의 적절성

- 동 사업은 성격이 상이한 프로젝트별로 각각의 사업목표를 제시하는 등 사업목표를 통해 달성하고자 하는 효과를 구체적으로 제시

(1) 사업의 방향 및 목표와의 연관성

□ 사업의 목표 설정

- 동 사업은 국민이 제안한 미래사회를 실현하기 위해 국민이 제안한 미션을 4개의 프로젝트로 구분하고 각 프로젝트별로 R&D 추진방향을 설정하고 그 방향에 부합하는 사업목표 및 목표치를 설정함

<표 5-18> 사업의 방향 및 목표

프로젝트	R&D방향	사업목표
[1] 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	⇒ ○ 인공지능을 활용한 노화 방지 ○ 개인 맞춤형 질병 예측·진단	⇒ 신체-질병-면역 상호관계 분석 및 AI를 활용한 맞춤형 예방·진단·치료 기반 확보
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	⇒ ○ 효과적인 인간-AI간 협업체 계 구축 ○ 디지털 양극화 및 소외 극복	⇒ 효율적인 디지털 사회를 구현 및 정보보호 실현
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	⇒ ○ 탄소제로 도시 구현 ○ 미세먼지 저감 및 제거 ○ 선제적 재난·재해 대응력 강화	⇒ 깨끗하고 지속 가능한 환경 구현 및 재난·재해 피해 최소화를 위한 선제적 미래기술 확보
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	⇒ ○ 미래 모빌리티 안전성 확보 ○ 미래 모빌리티 활용을 위한 신 에너지 개발	⇒ 미래 모빌리티 활용 안전성 및 전용 에너지원 확보

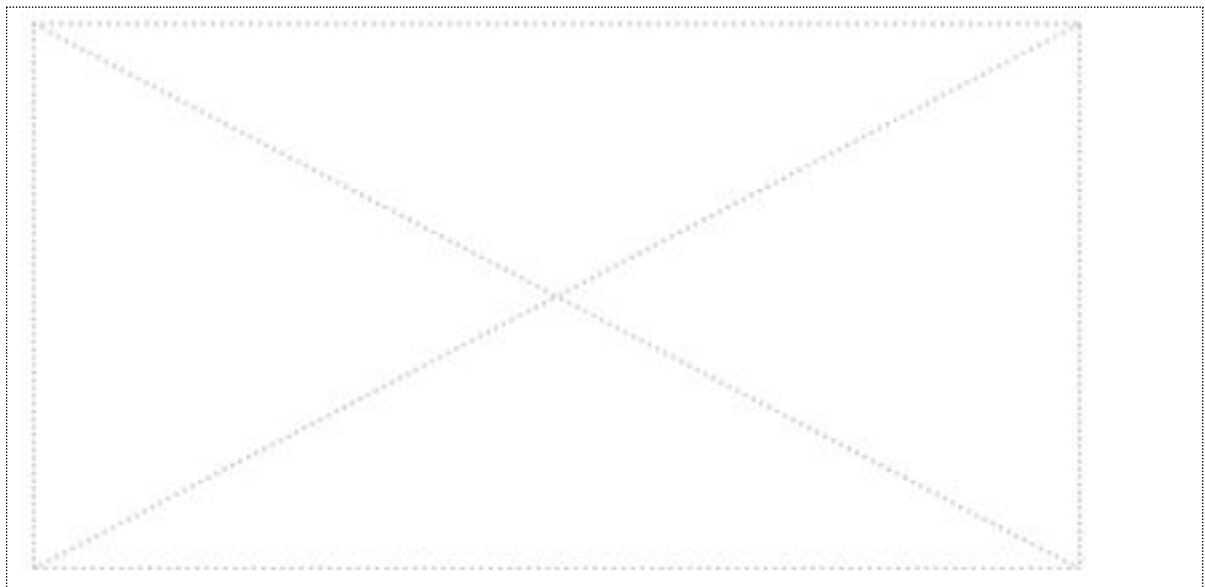
☐ 사업의 목표설정 근거

<표 5-19> 프로젝트별 성과목표 및 설정근거

프로젝트(4)	성과목표	설정근거
[1] 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	신체-질병-면역 상호관계 분석 및 AI를 활용한 맞춤형 예방·진단·치료 기반 확보	고령화 시대에 사망전까지 건강한 삶을 유지 하기 위해서는 신체-질병-면역 상호관계 분석이 선행되어야 하고 분석결과에 따라 개 개인별 예방·진단·치료 서비스가 필요함
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	효율적인 디지털 사회를 구현 및 정보보호 실현	디지털 사회에 진입에 따라 예상되는 인간 -AI간 충돌의 방지 및 디지털 사회의 소외 계층 없어야 하며, 방대한 정보에 대한 판별 및 개인정보의 보호가 필요함
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	깨끗하고 지속 가능한 환경 구현 및 재난·재해 피해 최소화를 위한 선제적 미래기술 확보	깨끗하고 지속가능한 환경유지를 위한 탄소 제로 도시 및 에너지 원의 확보가 시급하며, 예측이 어려운 재난·재해의 감시·탐지·대응 기술 확보가 필요함
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	미래 모빌리티 활용 안전성 및 전용 에너지원 확보	기존 내연기관 차량을 대체하는 미래 모빌리 티를 안전하게 활용하기 위해서는 미래 모빌 리티에 대한 모니터링 및 전용 에너지 확보 가 선행되어야 함

(2) 사업기간 설정의 적절성

☐ 유형별 사업기간 설정



[그림 5-5] 사업의 구성

- 미션을 달성을 위한 과제 성격에 따라 ‘재창조형’과 ‘게임체인저형’으로 나누어 추진
 - (재창조형) 선기획을 통해 5년 내 가시적 성과를 달성할 수 있도록 SPEED-UP에 초점(선기획→1단계→2단계)
 - (게임체인저형) 기존접근과 다른 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 장기·안정적 지원(1단계→2단계→3단계)

다. 사업 성과지표의 적절성

- ☐ 각 세부과제별 최종성과물을 토대로 프로젝트별 성과목표를 설정하고 대표되는 최종성과물을 점검하기 위한 목표치 및 성과지표를 정량적으로 제시
- 사업의 특성 및 목표를 고려하여 설정하되, 특히 사업 유형별 핵심 성과를 중점적으로 고려하여 결과지표 중심으로 성과지표 설정

<표 5-20> 프로젝트별 성과지표 및 목표치

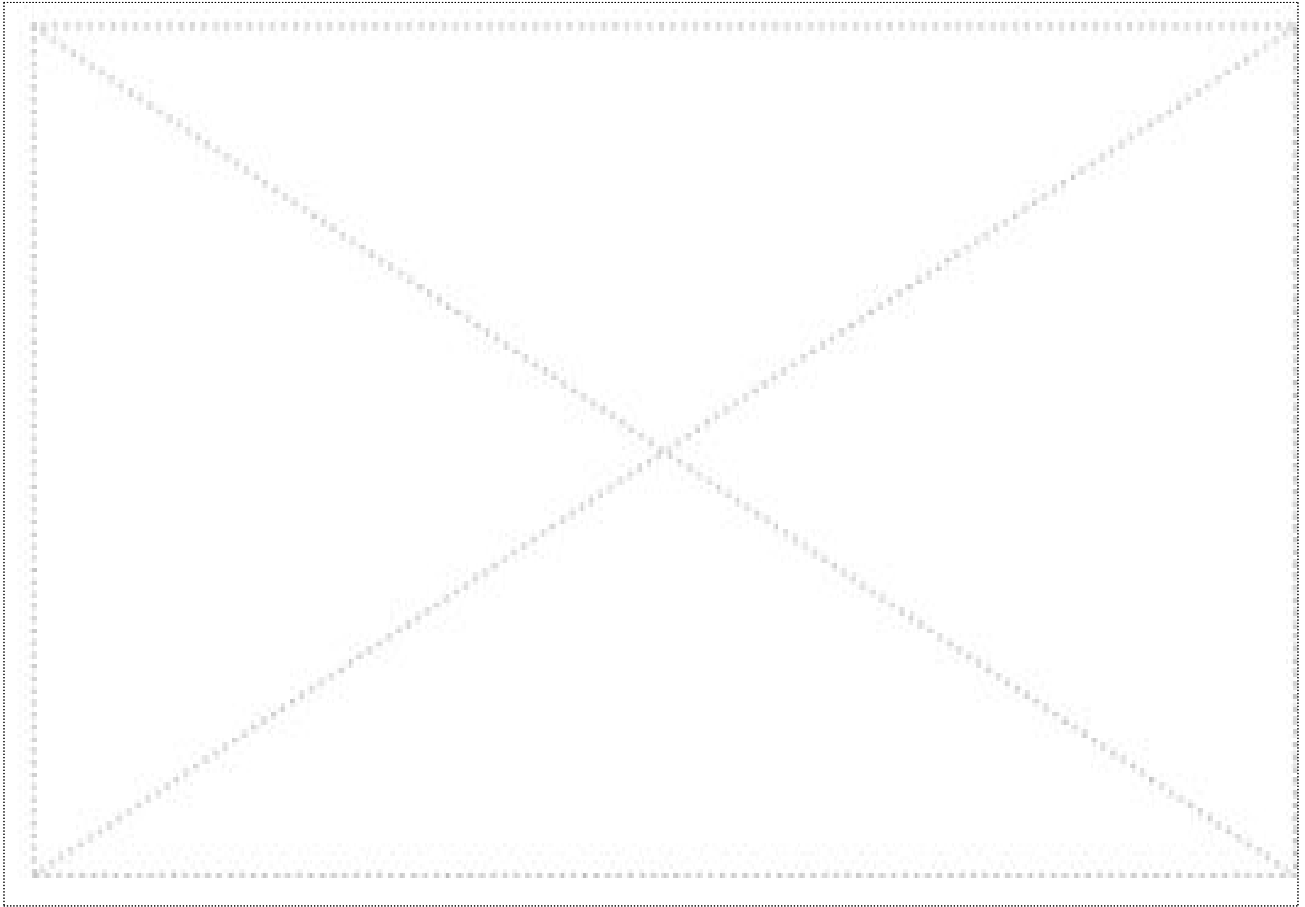
프로젝트(4)	최종 성과	성과지표(단위)	목표치
[1] 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	공통 성과 합계	JCR 상위 5% 이내 논문	255.5건
		SMART A등급 특허	18.25건
		기술이전 실시계약	54.75건
	(추가) 인공지능기반 예방·진단·치료 시스템	시스템(식)	1
	(추가) 개인 맞춤형 디지털 치료법	식약처 승인(건)	2
		FDA 승인(건)	2
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	공통 성과 합계	JCR 상위 5% 이내 논문	70건
		SMART A등급 특허	5건
		기술이전 실시계약	15건
	(추가) 뇌 신호 분석 알고리즘	알고리즘(개)	7
	(추가) 고속 양자암호 통신 시스템	국제표준(건)	8

프로젝트(4)	최종 성과	성과지표(단위)	목표치
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	공통 성과 합계	JCR 상위 5% 이내 논문	182건
		SMART A등급 특허	13건
		기술이전 실시계약	39건
	(추가) 수중·해저 도시 설치·운영 표준	국제표준(건)	1
	(추가) 저탄소 발전 표준모델	국제표준(건)	5
	(추가) 에너지 생산 최적화	에너지 생산 효율(%)	50
	(추가) 미세먼지 저감율	저감율(%)	50
	(추가) 질병·재난·재해 감시·예측·대응 시스템	질병·재난(식)	1
		대형산업사고(식)	1
		유해인자(식)	1
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	공통 성과 합계	JCR 상위 5% 이내 논문	52.5건
		SMART A등급 특허	3.75건
		기술이전 실시계약	11.25건
	(추가) 실시간 운행 모니터링 시스템	시스템(식)	1
	(추가) 유해가스 제거 촉매	제거율(%)	90
	(추가) 고성능 촉매	촉매(개)	2

주: 프로젝트별 핵심과제 및 세부과제의 성과물 중 핵심 성과를 선별하여 평가할 수 있는 지표를 도출함

라. 수혜자 표적화의 적절성

- ☐ 동 사업을 수행하는 산학연의 연구자가 1차 수혜자, 동 사업의 결과물을 활용하는 현장 대응 부처가 2차 수혜자가 될 것이며, 동 사업의 미션을 제시한 국민이 최종 수혜자로 판단됨



[그림 5-6] 동 사업의 수혜자

4. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동과 사업목표와의 연관성

- 세부기술 및 사업목표 간의 활동들이 사업목표 달성을 위해 효율적으로 연계되어 있고 세부과제와 사업목표와의 연관성이 높은 것으로 판단

☐ 세부과제별 기술개발 내용 및 최종성과물

- 사업의 활동들이 전체 사업목표 달성을 위해 효율적으로 연계되어 있음

<표 5-21> 프로젝트별 핵심과제 및 최종성과물

프로젝트	성과목표	핵심과제	최종 성과물
[1] 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	신체-질병-면역 상호관계 분석 및 AI를 활용한 맞춤형 예방·진단·치료 기반 확보	신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	○ 인공지능기반 예방·진단·치료 시스템 ○ 개인 맞춤형 디지털 치료법
		AI 기반 노화방지 및 대응 기술	
		AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	효율적인 디지털 사회를 구현 및 정보보호 실현	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	뇌 신호 분석 알고리즘 고속 양자암호 통신 시스템
		정보 신뢰성·보안성 향상기술	
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	깨끗하고 지속 가능한 환경 구현 및 재난·재해 피해 최소화를 위한 선제적 미래기술 확보	미래도시 구현 기반 및 핵심기술	○ 수중·해저 도시 설치·운영 표준 ○ 저탄소 발전 표준모델 ○ 에너지 생산 최적화 ○ 미세먼지 저감율 ○ 질병·재난·재해 감시·예측·대 응 시스템
		미래 에너지 확보 기술	
		미래 미세먼지 저감기술	
		선제적 재난 대응 기술	
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	미래 모빌리티 활용 안전성 및 전용 에너지원 확보	미래 자율주행 안전성 확보 기술	○ 실시간 운행 모니터링 시스템 ○ 유해가스 제거 촉매 ○ 고성능 촉매
		미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	

□ 기술개발 내용 및 최종성과물과 사업목표와의 연관성

- 동 사업의 4개 프로젝트는 비전인 “과학기술이 이루는 건강하고 깨끗하고 안전한 미래사회”와 높은 관련성을 가지고 있으며, 목표인 “국민이 원하는 미래사회 실현을 위한 도전·혁신적 과학기술 개발”에 부합하도록 설정됨

<표 5-22> 사업목표와 세부 활동의 연계성 분석

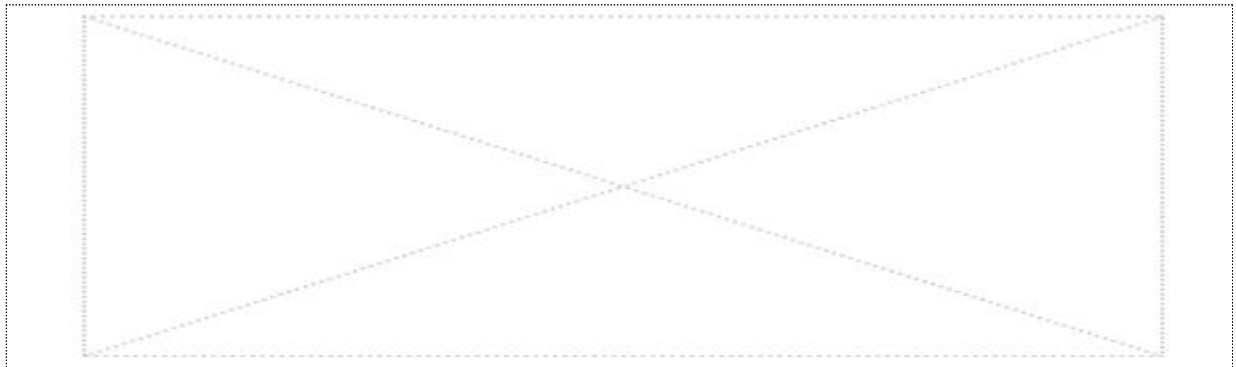
사업 비전	과학기술이 이루는 건강하고 깨끗하고 안전한 미래사회				
사업 목표	국민이 원하는 미래사회 실현을 위한 도전·혁신적 과학기술 개발				
사업의 구성					
프로젝트	No	핵심과제	비전과의 관련성	목표와의 부합성	종합 결과
요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	1	신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	○	△	△
	2	AI 기반 노화방지 및 대응 기술	○	○	○
	3	AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	○	○	○
안전하고 공평한 디지털 사회 구현	4	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	○	○	○
	5	정보 신뢰성·보안성 향상기술	○	△	△
안전하고 지속가능한 환경 유지	6	미래도시 구현 기반 및 핵심기술	○	○	○
	7	미래 에너지 확보 기술	○	△	△
	8	미래 미세먼지 저감기술	△	○	△
	9	선제적 재난 대응 기술	○	○	○
미래 모빌리티 기반 확보	10	미래 자율주행 안전성 확보 기술	○	○	○
	11	미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	○	△	△

나. 세부활동 도출의 적절성

(1) 수요조사의 적절성

☐ 수요조사 개요

- (시민참여 워크숍) 동 사업은 시민이 참여하는 ‘과학기술로 해결할 사회적 거대난제 (Grand Challenges) 발굴을 위한 시민참여 워크숍’을 통해 국민이 원하는 미래사회 모습에 대한 수요를 조사함
- (목적) 시민이 생각하는, 해결이 시급한 사회적 난제를 파악하기 위해 시민참여형·합의회의형 조사를 실시
 - 에너지·환경, 인공지능, 고령화사회·인구, 모빌리티, 보건·안전 5개 분야
- (방식) 온라인 비대면 회의
 - ※ COVID-19 대응 사회적 거리두기 + 지리적 제약 없는 시민참여
- 기존의 기술수요조사 및 「국민이 바라는 과학기술」과의 차별점
 - ‘기술’이 아닌 ‘문제’를 도출
 - 단순 설문조사가 아닌, 전문가 강의 수강 후 분임토의를 통한 합의 방식
- (참여인원) 전체 참여단 92명 중 61명 참여



[그림 5-7] 시민참여 워크숍 절차

- (수요조사) 시민참여 워크숍을 통해 조사된 국민이 원하는 미래사회 모습을 실현하기 위한 기술수요를 조사함
 - 시민참여 워크숍에서 제시된 미션을 해결하기 위한 과학기술적 수단을 제안받고자 에너지, 인공지능, 보건·의료 등 다양한 분야 학회 및 협회를 통해 56개 기술을 제안받음

<표 5-23> 수요조사 최종결과

순번	미션	제안기술
1	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 뇌질환 단백질의 초기 응집체 검출과 응집 진행 억제 약물 전달 기술 2. 생체친화적 소재 기반 생체신호수집·자극유도 장치 및 제반 시스템 개발 3. 다중초점 렌즈의 레이저 직접표화 기술 개발 4. 폐의 지속적인 건강을 위한 흡입용 백신 및 치료약물 개발 5. 뇌질환 및 신경 손상에 의한 감각퇴행 및 감각마비 치료를 위한 감각뇌회로-기계 연결 기술과 영장류 감각 학습-기억 기술 개발 6. 건강한 폐를 오랫동안 유지하기 위한 흡입형 백신 개발 7. 인체 부착가능 교류 자기장 발생장치 개발 및 교류자기장에서 고자가발열이 가능한 산화철나노입자의 개발을 통한 암 영상진단 및 치료기술 개발 8. AI 기반 고위험 신종 감염병 진단 및 예후 예측을 위한 고정밀 진단 플랫폼 개발 9. 생체조직세포의 극저온 보존 나노소재 기술 10. 지능형 건강상태 실시간 자가진단 플랫폼을 위한 웨어러블 뉴로모픽 소자 개발 11. 질병 예측 분석 기술 12. 감염병 조기진단용 초고감도 실시간 실리콘센서 개발 13. 자체 전원 수확 및 증폭 회로가 있는 강유전 기반의 유연한 유기 바이오 센서
2	빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 빅데이터 오픈 플랫폼 개발 2. 하드웨어 해킹방지/정보보안 기술을 위한 신개념 확률론적 메모리 소자 개발 3. 스케일링의 한계를 극복한 서브나노 (sub-nm) 급 최종집적 초저전력 메모리 반도체
3	증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 개인 스트레스 모니터링 및 완화 관리를 위한 통합 웨어러블 기술 개발 2. 주취 범죄 예방을 위한 블랙 아웃 (알코올성 치매)증후군 진단/모니터링 기술
4	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 기존 인프라 설비 내 배관계 자율 사고 대응 및 감시를 위한 모듈형 스마트화 기술 개발 2. 실시간 유해가스 유출을 감지를 위한 항시 동작하는 초저전력 가스 센서 개발 3. 빅데이터기반 딥러닝을 활용한 초고감도 센서 시스템 개발 4. 에너지 자립형 안전 감시 IoT 시스템 개발
5	인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사람이 원하는 바를 로봇이 인지하는 스마트 로봇 기술 개발 2. 편의성을 지닌 무선 뇌전도 센서와 자동차 내부 기계 학습 AI시스템의 통합 개발
6	다양한 위험상황에 대한 인간의 접촉을 최소화 할 수 있을까?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 고속/경량 이미지 기반 인공지능 기술 적용을 통한 주요 체계/장비 상태감시/진단 기술 개발
7	사회에서 발생하는 다양한 격차를 해소할 수 있는 방법은?	-

순 번	미션	제안기술
8	데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?	1. 머신러닝을 활용한 일반 사용자 생성 콘텐츠와 광고 콘텐츠 구분 서비스 2. 딥러닝을 활용한 개인 데이터 익명성 확보
9	자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?	1. 고에너지 밀도 및 급속충전 특성을 갖는 수계 전지 개발 2. 친환경 에너지 급속충전 / 그래핀 기반 이차전지 음극재 개발
10	이동의 한계를 극복할 수 있을까?	-
11	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?	1. 에너지 프로슈머 오픈 플랫폼 개발 2. 열화학적 물분해 수소 제조 기술 3. 바이오매스 및 CO ₂ 동시 활용 화학원료 및 에너지 제조 기술 4. 베타전지: 충전이 필요 없는 고효율의 차세대 전지 개발 5. 커금속 촉매 대체 산성 전해질 물분해 산화물 (광)촉매 개발 6. 가시광 투과율 가변형 스마트 윈도우 태양전지
12	안전한 주거환경에서 걱정 없이 살 수 있을까?	1. 우주 극한환경 인공지능 및 우주데이터센터용 신소재 및 소자 기술 개발 2. 달에 우주기지 건설을 위한 건설자재 및 초소형·초경량·초대형 작업공간 스마트 로봇 개발 3. 수소기반 친환경 탄소제로 도시
13	신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?	1. Hetero-chronic parabiosis(병체결합) 연구를 통한 항노화/역노화(회춘) 인자 발굴 및 효과 기전 규명 연구, 항노화/역노화 유도 신약 개발 2. 극저온 콜드체인 혁신 동결보존 기술 3. 자가 충전형 헬스 모니터링 웨어러블 근력 강화 슈트 4. 자립형 인공지능 헬스케어 시스템 5. 가소성 축진을 통한 신경회로 회복 연구 6. 퇴행성 신경 질환 및 신경 손상 치료를 위한 생체신호 반응형 인공 신경 개발 7. 인공지능 기반의 신경-인공신경 인터페이스를 통한 신경 대체 기술 개발 8. 전기치료 피드백 시스템을 통한 장기의 기능 복원 및 증강
14	은퇴자의 지식 및 기술을 계속 활용할 수 있을까?	-
15	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?	1. 공해 없는 폐플라스틱 처리를 위한 유해물질 전해기술 개발 2. 친환경 생분해 재료개발 3. 음파 파동간섭제어로 눈에 보이지 않는 초미세플라스틱 제거기술 개발 4. 유해한 물질을 사용하지 않는 친환경 전자 패키징 소재 및 제조 기술 5. 폐플라스틱 업사이클링을 위한 고분자 비트리머 기술
16	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?	1. 미세 먼지 제거 드론 개발 2. 3차원 다공성 계층 구조 탄소 기반 혁신적 수소 저장 물질 개발 3. 바이오매스를 이용한 negative CO ₂ -emission 수소생산 시스템 개발 4. CO ₂ 전환 바이오리파이너리 융합기술 개발 5. 태양, 날씨 등 기후에 영향을 받지 않고 연속적·영구적 에너지 순환이 가능한 증산발전-전기투석 담수 일체형 플랫폼 개발
17	안전한 식량을 안정적으로 확보할 수 있을까?	-

(2) 우선순위 설정과정의 합리성

☐ 세부기술 최종 설정과정

- 시민참여 워크숍에서 선정된 17개 미션을 기획연구진에서 4개 프로젝트로 유형화하고
미션 해결을 위해 제안된 56개 기술을 총괄기획위원회를 통해 32개 세부과제로 정리
 - 32개 세부과제를 11개 핵심과제로 분류
 - A : 재창조형(5년 이내), B : 게임체인저형(10년 이상)

<표 5-24> 1차 세부과제 정리 내역

프로젝트(4)	핵심과제(11)	세부과제(32)
[1] 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지	신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	생애 주기별 면역세포 항상성 유지연구
		면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구
		뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술
		천연물 기반 장-호흡기 면역 제어 기술
	AI 기반 노화방지 및 대응 기술	노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술
		퇴행성 신경 치료용 인공신경 개발 기술
		양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술
		후천적 신체손상 디지털 치료기술
		장기 기능회복 전기치료 기술
	AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	AI 기반 맞춤형 질병 예측·진단·치료기술
		바이오 극저온 동결 보존기술
		디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	뇌-기계 간 인터페이스 기술
		디지털 양극화 해소용 디지털 적정기술
	정보 신뢰성·보안성 향상기술	정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술
		차세대 암호 통신 기술
		비휘발성 메모리 기반 PIM 기술
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	탄소중립도시 구현 기반기술	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술
		건축물 창호 활용 광발전 기술
		탄소제로 신에너지원 확보 기술
	폐기물 처리 혁신기술	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술
	미래 미세먼지 저감기술	인공태풍 생성·활용 기술
		구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술
	선제적 재난 대응 기술	질병·재난 대응형 차세대 위치추적 기술
		대형산업사고 위험성 자동 예측기술
		초장거리 양자 기술 기반 유해가스 측정·감지 기술
		자가구동형 유해물질 탐지 기술
		생활환경 감응형 유해인자 추적·파괴 기술
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	미래 자율주행 안전성 확보 기술	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술
		지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술
	미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	수소연료차 활용 연료전지 기술
		고에너지·고안전성 전고체 2차 전기 기술

- 1차 정리된 세부과제를 기획연구진 및 총괄기획위원회에서 도전성, 혁신성에 대해
2차 점검을 실시하여 세부과제별 내용을 수정·보완하고 부처와 협의하여 최종 21개
예시 연구주제로 정리

<표 5-25> 최종 사업구성

프로젝트(4)	핵심과제(11)	예시 연구주제(21)	구 분
[1] 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지	신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구	게임 체인저형
		뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술	게임 체인저형
	AI 기반 노화방지 및 대응 기술	노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술	게임 체인저형
		양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이 스 기술	게임 체인저형
		후천적 신체손상 디지털 치료기술	재창조형
	AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	바이오 극저온 동결 보전기술	재창조형
		디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술	게임 체인저형
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	뇌-기계 간 인터페이스 기술	게임 체인저형
	정보 신뢰성·보안성 향상기술	정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	재창조형
		차세대 암호 통신 기술	게임 체인저형
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	미래도시 구현 기반 및 핵심기술	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	재창조형
		수중도시 구현을 위한 시공 기술	게임 체인저형
	미래 에너지 확보 기술	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	재창조형
		탄소제로 신에너지원 확보 기술	게임 체인저형
	미래 미세먼지 저감기술	인공태풍 생성·활용 기술	게임 체인저형
		구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	게임 체인저형
	선제적 재난 대응 기술	대형산업사고 위험성 자동 예측기술	재창조형
		생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	재창조형
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	미래 자율주행 안전성 확보 기술	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술	재창조형
		지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술	재창조형
	미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	수소연료차 활용 연료전지 기술	재창조형

(3) 전문가 집단 구성의 적절성

☐ 기획위원회 명단 및 세부내용

- 총괄기획위원회는 관련 분야 시니어급 전문가 14명으로 구성

<표 5-26> 전문가 집단 구성 내역

구분	소속	성명	산·학·연	분야
1	이화여자대학교	김우재	학	화공신소재
2	충북대학교	신윤희	학	안전/기계
3	한국과학기술연구원	최낙원	연	뇌과학
4	차두원모빌리티연구소	차두원	산	모빌리티
5	아주대학교	이성주	학	인공지능
6	영남대학교	박진호	학	에너지
7	순천향대학교	류성호	학	만성질환
8	서울대학교	최은영	학	면역학
9	세종대학교	최영진	학	나노소재
10	가천대학교	김정석	학	의공학
11	광운대학교	김영익	학	센서/측위
12	한국해양과학기술원	심원준	연	해양오염
13	한국과학기술연구원	김진영	연	기후변화/환경
14	한국과학기술원	오혜연	학	인공지능

☐ 기획위원회 운영과정

- 총괄기획위원회는 2020년 12월 1일 Kick-off하여 3차례 회의를 진행하였고 1회 세부과제 내용 작성 및 1회 수정·보완 진행

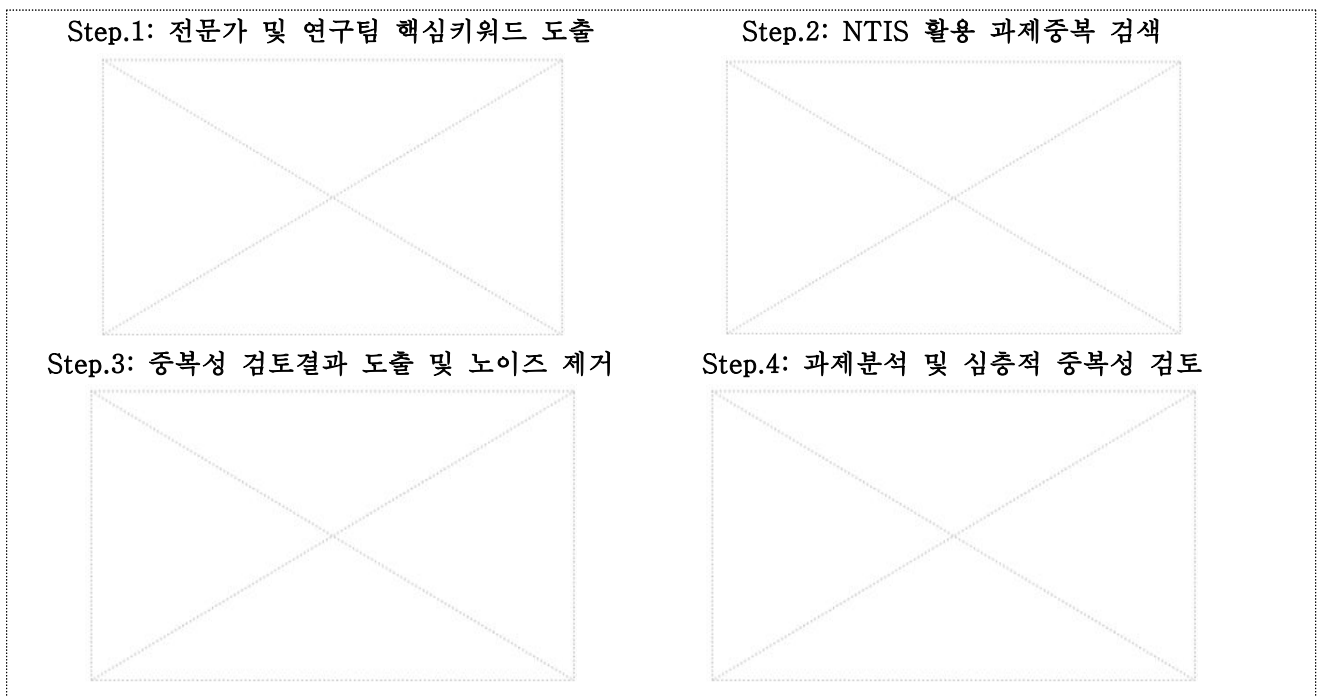
<표 5-27> 총괄기획위원회 운영과정

구분	일시	회의명	세부내용
1	2020.12.01. 16시	1차 총괄기획위원회의	사업소개 및 총괄기획위원회 역할 분담
2	2020.12.14. 14시	2차 총괄기획위원회의	세부과제 초안에 대한 자문위원들의 검토의견을 취합
3	2020.12.28. 14시	3차 총괄기획위원회의	세부과제 RFP 초안에 대한 검토
4	2021.01.03~ 2021.01.14	세부과제 RFP 검토·확정	세부과제 RFP 초안 검토의견에 따른 위원별 해당과제 작성 및 확정

(4) 과제수준의 중복성 검토

☐ 중복성 검토 방법

- NTIS 국가R&D사업관리서비스(<http://rndgate.ntis.go.kr>)에 본 사업의 R&D부분인 해양무인시스템 평가·인증기술개발 사업의 세부과제별 한글 키워드를 입력하여 기 수행된 과제와의 중복성 검토 실시



[그림 5-8] NTIS 활용 중복성 검토

- Step.1: 핵심키워드 도출
- Step.2: 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 과제 카테고리 과제중복 검색을 위한 검색조건 도출 및 입력
- Step.3: 검색조건을 통한 1차 중복성 검토결과 도출

○ 세부과제별 기존 과제와의 중복성 검토를 위한 8개의 한글 키워드 및 영문 키워드 도출

<표 5-28> 세부과제별 핵심 키워드

세부과제명	키워드	
	국문	영문
면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구	면역조절, 만성염증, 대사체분석, 공동 자극분자, 면역세포, 종양항원, 면역억, 병원체	Immunomodulatory, Chronic inflammation, Metabolite analysis, Co-stimulatory molecules, Immune cells, Tumor antigen, Infection immunity, Pathogen
뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술	다중오믹스, 뇌질환, 신경세포, 신경네트워킹, 광전기생리학, 뇌-컴퓨터 인터페이스, 뇌질환 제어, 비침습	Multiple Omics, Brain disease, Neurons, Neural network, Photoelectrophysiology, Brain-computer interface, Brain disease control, Non-invasive
노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술	노화/역노화, 항노화, 노화 인자, 심혈관질환, 근감소증, 나노입자, 전기화학적 센서, 단백질	Aging/reverse aging, Anti-aging, Aging factor, Cardiovascular disease, Sarcopenia, Nanoparticles, Electrochemical sensor, protein
양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술	뇌기능 측정, 국소 부위, 뇌기능 자극, 신경 보철, 신경신호, 뇌기능 모델링, 모사 반도체, 뉴로모픽	Brain function measurement, Local area, Brain function stimulation, Neural prosthesis, Nerve signal, Brain function modeling, Simulation Semiconductor, Neuromorphic
후천적 신체손상 디지털 치료기술	개인건강기록, 정밀의료, 영상 분석, 인공지능, 소프트웨어, 약물 복용량, 초소형 시스템, 생체 정보	Personal health record, Precision medicine, Video analysis, A.I, software, Medication dosage, Compact system, Biometric information
바이오 극저온 동결 보존기술	동결보존, 메타물질, 얼음성장, 세포외기질, 해동 기술, 생체 조직, 조직세포, 해동복원	Cryopreservation, Metamaterial, Ice growth, ECM, Defrosting technology, Biological tissue, Tissue, Defrost restoration
디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술	웨어러블, 센서, 생체의학, 인공지능 전이학습, 기계학습, 빅데이터, 시각화	Wearable, sensor, Biomedical, A.I, Transfer learning, Machine learning, Big data, Visualization
뇌-기계 간 인터페이스 기술	고해상도 센싱, 무선 레코딩, 디코딩 알고리즘, 원격조종, 실시간, 실험기구, 인공지능, 머신러닝	High resolution, Sensing, Wireless recording, Decoding algorithm, Remote control, real time, Experiment equipment, Machine learning
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	데이터 품질, 일관성, 정확성, 대표성 인공지능, 능동학습, 모니터링, 인터페이스	Data quality, consistency, accuracy, Representativeness, A.I, Active learning, monitoring, interface
차세대 암호 통신 기술	양자암호통신, 알고리즘, 네트워크, 단일광케이블, 양자신호, 송수신, 양자채널, 소형화	Quantum cryptographic communication, algorithm, network, Single optical cable, Quantum signal, Send and receive, Quantum channel,

세부과제명	키워드	
	국문	영문
		Miniaturization
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	에너지 하베스팅, 분산 에너지, 에너지 최적화, 스마트그리드, 친환경 에너지, 상호운용성, 정보보안, 연결형 커뮤니티	Energy harvesting, Distributed energy, Energy optimization, Smart Grid, Green Energy, Interoperability, Information security, Connected Community
수중도시 구현을 위한 시공 기술	해저 지반 및 건설환경 조사, 입지 적합성 판정, 최적 공간 배치, 구조체 안정화, 최적형상 설계, 수중 건설 공정 관리, 해저 연약지반 개량, 해저지반 굴착 및 매립	Undersea ground and construction environment survey, Location suitability determination, Optimal space layout, Structure stabilization, Optimal shape design, Underwater construction process management, Improvement of soft submarine ground, Excavation and reclamation of submarine ground
폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	폐기물 열적변환, 폐기물 에너지화, 기포유동층, 루프실, 가스화, 열분해 선택적 에너지원, 친환경에너지	Thermal conversion of waste, Waste to energy, Bubble fluidized bed, Loop thread, Gasification, pyrolysis, Selective energy source, Green Energy
탄소제로 신에너지원 확보 기술	탄소배출, 넷제로, 탄소중립, 에너지발전, 신에너지, 에너지하베스팅, 발전시스템, 친환경에너지	Carbon emissions, Net zero, Carbon neutral, Energy generation, New energy, Energy Harvesting, Power generation system, Green Energy
인공태풍 생성·활용 기술	태풍, 인공태풍, 미세먼지, 미세먼지저감, 태풍유발, 인공 태풍 기동, 테스트 베드, 급속확산	Typhoon, Artificial typhoon, fine dust Fine dust reduction, Hurricane causes, Man-made typhoon, maneuver, Test bed, Rapid spread
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	가스, 에어로졸, 구름 챔버, 시나리오, 미세먼지, 미세먼지저감, 테스트 베드, 급속확산	gas, Aerosol, Cloud chamber, scenario, fine dust, Fine dust reduction, Test bed, Rapid spread
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	공정정보, 사고 위험 요소, 인공지능, 시나리오, 실시간 모니터링, 피난경로, 위험 정보, 리스크	Process information, Accident risk factors, A.I, scenario, Real-time monitoring, Evacuation route, Risk information, risk
생활환경 감응형 유해인자 추적과피 기술	초분광 이미지, 통합과장 영역대, 유해인자, 휴대용 탐지 장치, 인공지능 자연어 처리, 화학적 후처리, 표면장력	Hyperspectral image, Integrated wavelength rang, Harmful factor, Handheld detection device artificial intelligence, A.I, Natural language processing, Chemical post-treatment, Surface tension
퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술	퍼스널모빌리티, 데이터베이스, 실시간 모니터링, 사고발생 감지, 안전사고발생 정보, 인공지능, 사고예방, 충격감지	Personal mobility, Database, live monitoring, Accident detection, Safety accident information, A.I, Accident prevention, Shock detection
지하공간-터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술	질소산화물, 탄소배출, 전환방응, 촉매, 미세먼지, 미세먼지유발, 탄소중립, 활성금속	Nitrogen oxide, Carbon emissions, Conversion response, catalyst, fine dust, Induces fine dust, Carbon neutral, Active metal

세부과제명	키워드	
	국문	영문
수소연료차 활용 연료전지 기술	백금, 백금합금, 전이금속, 금속촉매, 그래핀, 탄소나노튜브, 전구체, 수소	platinum, Platinum alloy, Transition metal, Metal catalyst, Graphene, Carbon nanotube, Precursor, Hydrogen

☐ 중복성 검토 결과

○ 21개 세부과제에 대한 중복성 검토 결과 18개의 유사 과제가 검색됨

<표 5-29> 중복성 검토 결과

검색일시		2021-03-01 16:53:10	
검색범위		기 수행과제+ 공공R&D 과제	
기준유사도1)		60	
검색결과요약		등록과제수	유사과제수
		21건	18건
세부 검색 결과			
순번	세부과제명	유사과제여부	
		기수행 과제2)	공공 R&D 과제3)
1	면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구	4	0
2	뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술	1	0
3	노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술	0	0
4	양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술	0	0
5	후천적 신체손상 디지털 치료기술	0	0
6	바이오 극저온 동결 보전기술	0	0
7	디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술	0	0
8	뇌-기계 간 인터페이스 기술	0	0
9	정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	0	0
10	차세대 암호 통신 기술	0	0
11	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	1	0
12	수중도시 구현을 위한 시공 기술	0	0
13	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	1	0
14	탄소제로 신에너지원 확보 기술	4	0
15	인공태풍 생성·활용 기술	0	0
16	구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	0	0
17	대형산업사고 위험성 자동 예측기술	0	0
18	생활환경 감응형 유해인자 추적과피 기술	1	0
19	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술	0	0
20	지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술	6	0
21	수소연료차 활용 연료전지 기술	0	0

자료 : NTIS(<http://rndgate.ntis.go.kr/>)

주 1) 기준유사도 : 유사과제라고 판단할 최소 기준이 되는 유사도 점수

2) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되었거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제)

3) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

□ 유사·중복과제 검토

- 기 수행과제와 중복 가능성이 있다고 검색된 과제는 ①면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구, ②뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술, ③노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술, ⑦디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술, ⑩차세대 암호 통신 기술, ⑬폐기물 에너지화(poly-generation) 기술, ⑭탄소제로 신에너지원 확보 기술 등 7개 세부과제임

<표 5-30> 유사·중복과제 검토

동 사업 세부 과제	내용	유사 과제	내용
면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구	면역조절 원리의 근원적 이해를 통해 다양한 질환에 대한 새로운 예방, 진단, 치료 기술을 확립	TLR 수용체 자극에 의해서 유도되는 항원제시세포의 기능 연구	감염에 의하여 유발되는 염증환경에서 작동하는 면역시스템의 조절 메커니즘을 이해
		만성바이러스감염동안 생성된 B 세포의 항원제시능 분석 및 이를 이용한 만성바이러스감염 치료 효능 평가	자극된 B 세포에 의한 T 세포 면역반응 증진 및 이에 대한 기전과 이를 이용한 만성바이러스 감염 억제를 평가
		자가면역질환에서의 면역체계 기능 및 조절에 대한 융합적 연구	자가면역질환에서의 면역체계 기능 및 조절에 대한 융합적 연구
뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술	뇌기능 작동 원리의 근원적 이해를 통해 주요 뇌질환에 대한 새로운 예방, 진단, 치료 기술을 확립	뇌기능 활용 및 뇌질환 치료기술개발 사업	뇌기능활용 및 뇌질환치료기술개발연구사업 연구과제 수행을 위한 관리 및 운영
노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술	노화 인자 발굴 및 기전을 파악할 수 있는 모델 구축	혈액인자를 이용한 reverse aging 기술 개발	노화에 따라 변화하는 후보 역(逆)노화 인자(혈액내 단백질)의 효능을 규명
		역노화 (reverse aging) 꼬마선충의 제조 및 분석	역노화를 통한 노화 관련 질환 모델 개발
디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술	디지털 트윈 기술과 개인의 신체 정보를 바탕으로 인체 아바타(patient avatar)를 구현	기계학습(Machine Learning) 기반 사회보장 빅데이터 분석 및 예측모형 연구	사회보장 빅데이터 분석 및 예측모형 연구
차세대 암호 통신 기술	양자컴퓨팅 위협에도 안전한 양자암호통신 상용화 기술 개발	양자정보 및 양자시뮬레이션 연구	차세대 양자컴퓨팅, 양자통신 및 암호의 이론적 배경을 제공하는 양자정보에 대한 기초연구
		양자암호통신 분야 QKD 기술 표준개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 중심 요구사항 도출 ○ ETSI QKD ISG 표준 참여 ○ TTA 양자암호통신 표준 제안
		반사실적 통신 핵심기술 연구	양자 네트워크(quantum network) 구현을 위한 반사실적 통신(counterfactual communication) 핵심 기술 개발
폐기물 에너지화(poly-generation)	폐기물을 에너지원으로 필요한 에너지원을(액체연	고형연료를 이용한 열분해 가스화	대학·연구기관 등이 보유한 연구장비를 활용하는 중소기업

동 사업 세부 과제	내용	유사 과제	내용
n) 기술	료, 합성가스 등) 생산하는 에너지화 최적화(수요 및 경제성) 시스템 개발		업에게 온라인 바우처(쿠폰) 방식으로 장비이용 지원
탄소제로 신에너지원 확보 기술	저에너지 건축물 효율 향상 및 플러스에너지 커뮤니티 구축을 통한 넷 제로 시티 구현	뇌기능 활용 및 뇌질환 치료기술개발 사업	뇌기능활용 및 뇌질환치료기술개발연구사업 연구과제 수행을 위한 관리 및 운영

- 중복 가능성이 있다고 검색된 과제 중 대부분은 과제의 유형(장비지원사업 등) 및 내용에서 상이하여 실제 중복성이 없는 것으로 판단되나, 동 사업은 중장기적 기초원천 연구를 수행하는 사업으로 해당 과제의 결과물과 연계하는 사업 운영 필요

다. 세부활동별 성과지표의 적절성

☐ 동 사업의 성과지표 및 목표치

- 4개 프로젝트별 최종성과물을 성공여부를 판단하기 위해 성과물별로 성과지표 및 목표치를 구분하여 설정
- 핵심과제별 성과물에 대해 총괄기획위원회 및 기획연구진에서 검토하여 최종 성과지표를 설정

<표 5-31> 프로젝트별 성과지표 및 목표치

프로젝트	핵심과제	최종 성과	성과지표(단위)	목표치	채택여부
[1] 요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지	[1-1] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	질환 극복 기전 연구 및 표적의 기능성 규명	특허(건)	10	×
			SCI(건)	20	×
			JCR 상위 5% 이내 논문	133	○
			SMART A등급 특허	9.5	○
	[1-2] AI 기반 노화방지 및 대응 기술	인공지능기반 예방·진단·치료 시스템	기술이전 실시계약	28.5	○
			JCR 상위 5% 이내 논문	59.5	○
			SMART A등급 특허	4.25	○
			기술이전 실시계약	12.75	○
	[1-3-] AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	개인 맞춤형 디지털 치료법	시스템(식)	1	○
			JCR 상위 5% 이내 논문	63	○
			SMART A등급 특허	4.5	○
			기술이전 실시계약	13.5	○
[2] 안전하고	[2-1] 디지털 협업 효율화	뇌 신호 분석 알고리즘	식약처 승인(건)	2	○
			FDA 승인(건)	2	○
			JCR 상위 5% 이내 논문	28	○

프로젝트	핵심과제	최종 성과	성과지표(단위)	목표치	채택여부
공평한 디지털 사회 구현	및 양극화 극복기술		SMART A등급 특허	2	○
			기술이전 실시계약	6	○
			알고리즘(개)	7	○
	[2-2] 정보 신뢰성·보안성 향상기술	고속 양자암호 통신 시스템	JCR 상위 5% 이내 논문	42	○
			SMART A등급 특허	3	○
			기술이전 실시계약	9	○
			국제표준(건)	8	○
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	[3-1] 미래도시 구현 기반 및 핵심기술	수중·해저 도시 설치·운영 표준 저탄소 발전 표준모델	JCR 상위 5% 이내 논문	84	○
			SMART A등급 특허	6	○
			기술이전 실시계약	18	○
			국제표준(건)	6	○
	[3-2] 미래 에너지 확보 기술	에너지 생산 최적화	JCR 상위 5% 이내 논문	35	○
			SMART A등급 특허	2.5	○
			기술이전 실시계약	7.5	○
			에너지 생산 효율(%)	50	○
	[3-3] 미래 미세먼지 저감기술	미세먼지 저감율	JCR 상위 5% 이내 논문	35	○
			SMART A등급 특허	2.5	○
			기술이전 실시계약	7.5	○
			저감율(%)	50	○
	[3-4] 선제적 재난 대응 기술	질병·재난·재해 감시·예측·대응 시스템	JCR 상위 5% 이내 논문	28	○
			SMART A등급 특허	2	○
			기술이전 실시계약	6	○
			질병·재난(식)	1	○
			대형산업사고(식)	1	○
			유해인자(식)	1	○
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	[4-1] 미래 자율주행 안전성 확보 기술	실시간 운행 모니터링 시스템 유해가스 제거 촉매	JCR 상위 5% 이내 논문	24.5	○
			SMART A등급 특허	1.75	○
			기술이전 실시계약	5.25	○
			시스템(식)	1	○

프로젝트	핵심과제	최종 성과	성과지표(단위)	목표치	채택여부
	[4-2] 미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	고성능 촉매	제거율(%)	90	○
			JCR 상위 5% 이내 논문	28	○
			SMART A등급 특허	2	○
			기술이전 실시계약	6	○
			촉매(개)	2	○

주: 각 프로젝트별 핵심과제 및 세부과제의 성과물 중 핵심 성과를 선별하여 평가할 수 있는 지표를 도출함

라. 세부활동의 기간추정과 시간적 선후관계의 적절성

(1) 동 사업의 성격

☐ 동 사업을 구성하는 4개 프로젝트는 국민의 제안하는 미래사회의 모습으로 4개 프로젝트의 목표 달성을 위해 필요한 기술을 중심으로 21개 세부과제를 도출하였고 21개 세부과제를 11개 예시 연구주제로 확정하여 사업을 구성

○ 각 프로젝트, 핵심과제 간 PBS 및 WBS 등 업무 분해도를 가지지 않음

☐ 동 사업은 기간이 한정된 단기R&D사업이 아닌 장기R&D사업으로 5년마다 적정성 검토를 진행하여 진행하는 것으로 기획됨

○ 5년 이내 가시적 성과 달성이 가능한 재창조형 세부과제의 경우 5년간 진행 후 추가 진행 여부를 평가하는 방식으로 추진

※ (예시) 외부 전원 공급 장치 없이 자가 구동이 가능한 패치형 유해물질 탐지 기술

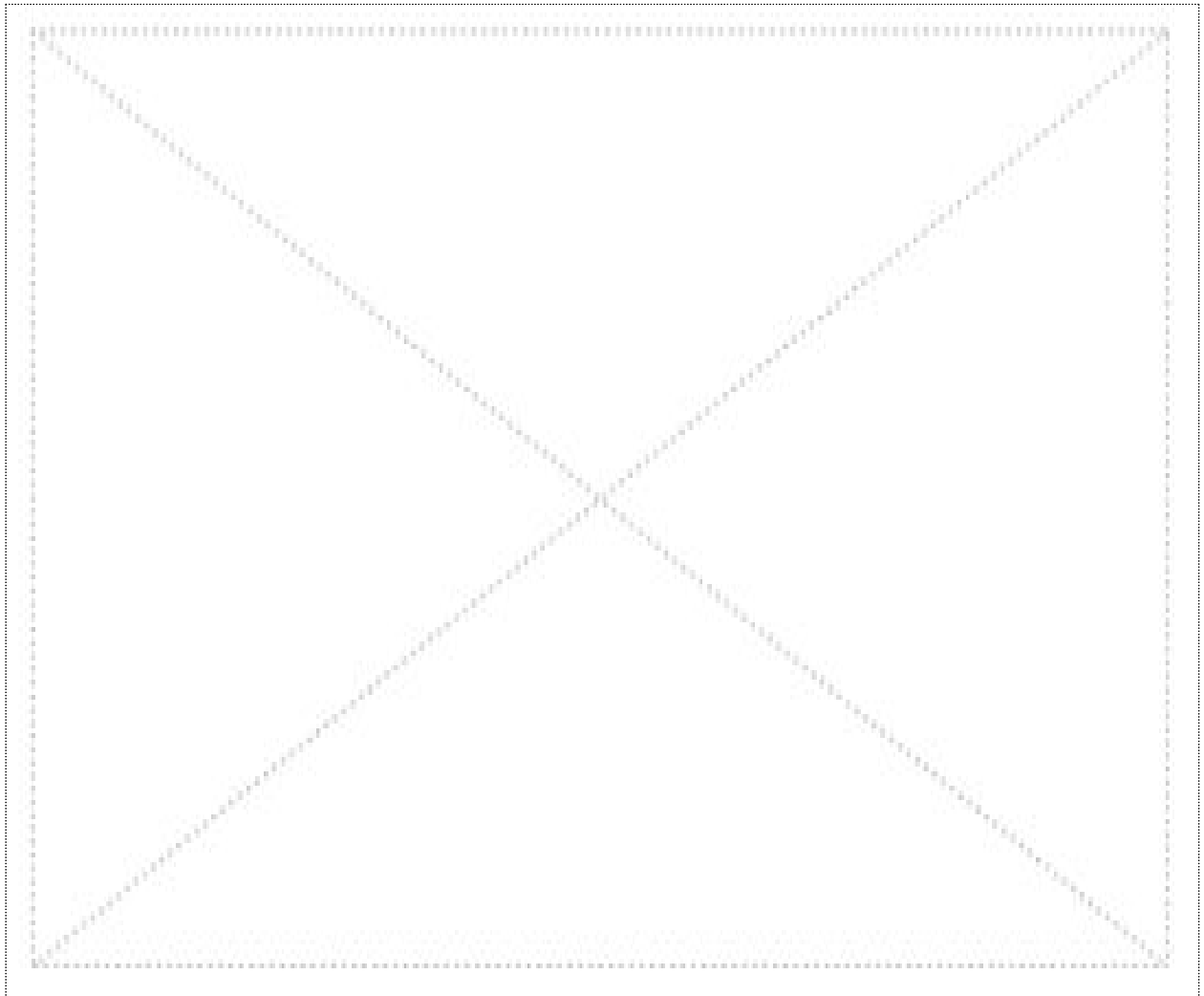
▶ 산업현장에서 쓰일 수 있는 두께 1mm 미만의 패치형 센싱 시스템, 10초 이내 유해물질(유독가스 등) 탐지 반응 기술 확보

○ 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 장기·안정적 지원이 필요한 게임체인저형의 경우 총 사업기간은 10년 이상으로 진행하되, 일정기간이 되면 세부기술에 대한 적절성을 평가하는 방식으로 추진

※ (예시) 인공태풍을 이용하여 미세먼지 확산을 저감하는 기술 개발

▶ 대기 중 미세먼지를 급속 확산·저감할 수 있는 안정적으로 제어할 수 있는 인공태풍 유발/유지/제어 원천기술을 확보

(2) 동 사업의 총괄 로드맵



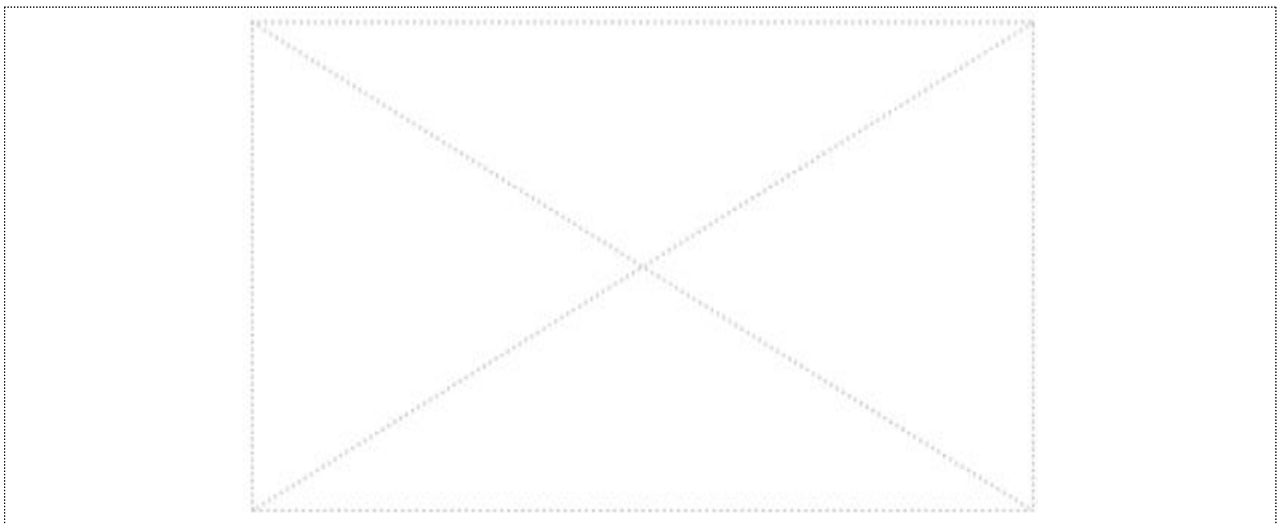
[그림 5-9] 사업 총괄로드맵

마. 추진전략의 적절성

(1) 연구개발 추진방안의 적절성

☐ 사업 운영 방법

- 창의적인 아이디어 발굴을 촉진하기 위해 다양한 수행체계와 사업추진방식을 설정
- (수행체계) 하나의 미션을 달성하기 위한 과제 기술분야가 하나인 경우(단일형)과 복수의 기술분야 과제들이 동시수행되어야 하는 경우(복수형)로 나누어 운영
- (추진방식) 과제 성격에 따라 ‘재창조형’과 ‘게임체인저형’으로 나누어 추진
 - 과제 성격을 어느정도의 수행기간이 필요한가에 따라 단기형(5년 이내)과 장기형(10년 이내)로 구분
 - 또한, 얼마나 새로운 내용인가(the newness of contents)에 따라 기존기술의 새로운 조합과 업그레이드로 미션을 해결할 수 있는, 즉 기술은 존재하나 현재 해결방안이 없는 ‘재창조형’과 기술자체가 존재하지 않아 미션 해결을 위해서는 근본적이며(fundamental) 급진적(radical)인 기술혁신이 일어나야 하는 ‘게임체인저형’으로 구분



[그림 5-10] 사업 추진방안

☐ 사업 운영 절차

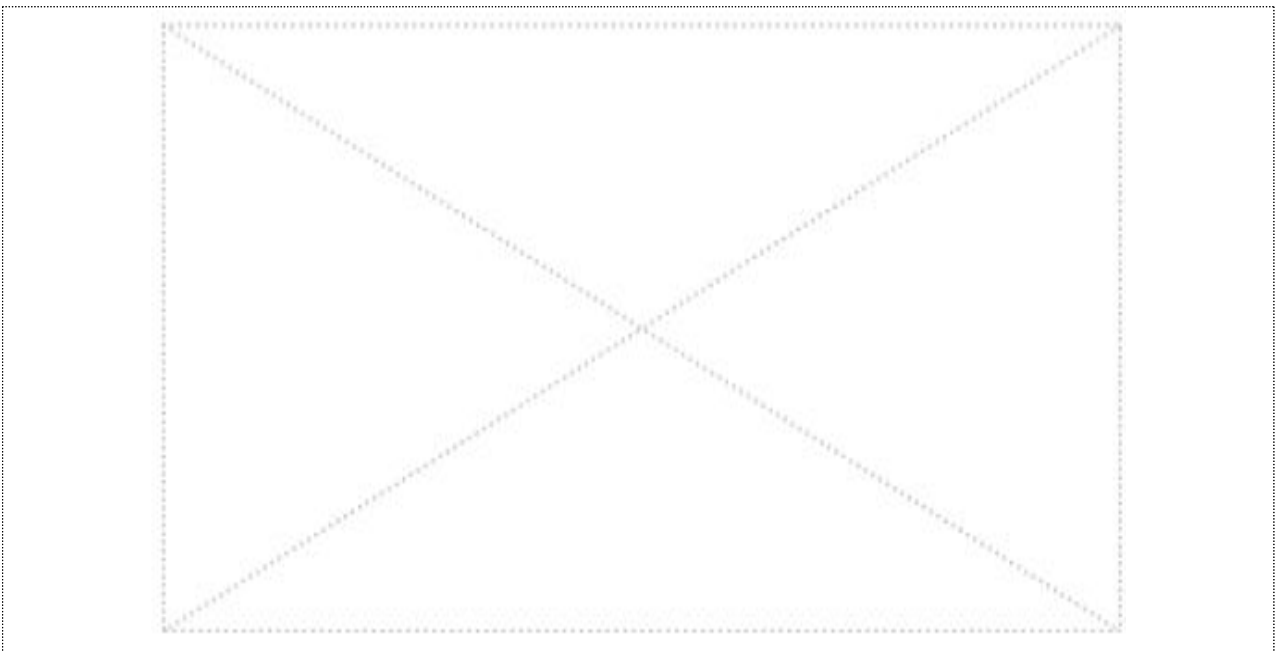
- 개별과제의 목표에 맞는 다양한 과제 형태를 발굴하고 그에 맞는 진행절차 구축
- (사전기획) 각 과제는 형태(단위, 총괄)에 관계없이 사전기획단계를 거쳐 목표의 구체성과 수행근거 및 개략적인 수행 로드맵을 확보
 - 연구수행 중 성과점검, 투자효율성 제고, 과제 수행자 간 경쟁과 집종의 기회를 제공

하기 위해 단계평가제도를 도입하고 전체 사업기간을 2단계로 설계

- (미션 선정) 국민참여 워크숍을 3~5년 주기로 실시하여 국민들이 원하는 난제를 발굴하고 이를 사업추진위원회에서 미션으로 발전시킴

□ 과제후보군 압축 및 선정

- ① 1차 전문가 평가는 후보기술에 대한 기술적 실현가능성을 중점적으로 평가하여 실질적인 추진가능성을 제고
 - 기술적 내용에 대한 이해도가 부족한 일반국민이 제시한 후보기술의 경우 현실적인 중·단기 내 과제 추진이 어려울 우려가 있으므로 전문가 평가를 1차로 실시
 - 실제로 일본의 사회환원가속화 프로젝트의 경우, 실증 실험 구현이 어려워 충분히 진행되지 않은 프로젝트도 있었음에 유의하여, 1차 검증을 통해 실현가능한 후보기술을 압축
 - ② 2차 일반국민 평가에서는 실행가능성이 담보된 압축된 후보기술에 대한 선호도 평가를 실시하여 해당과제에 대한 사회적 니즈를 반영하고 해당기술개발에 대한 사회적 동의(consensus)를 형성
 - 2차 평가는 선호도 평가를 통해 다수의 국민이 지지하는 공익적 성격의 기술을 가려낼 뿐 아니라, 국민들이 어느 정도의 경중을 두고 있는지를 모의 예산배분*을 통해 (양과 질을) 동시에 파악하여 본 사업예산 배분에 참고자료로 활용
- ※ 온라인 평가를 통해 가입 시 주어진 모의예산을 나누어 배분하는 형식으로 선호도를 조사하는 등 참여자가 직접 의사결정 한다는 느낌을 줄 수 있도록 운영



[그림 5-11] 2차 일반국민 평가 개념도

- ③ 3차 사업추진위원회가 1차 기술성 평가, 2차 국민선호도 평가를 통해 압축된 후보기술을 총 예산규모를 고려하여 최종적으로 세부 조정·조율 후 확정
- 산학연관민 협의체는 일반국민·학계·연구계·산업계·관련부처가 골고루 참여하도록 함으로써, 1~2차 평가를 통해 스크린되지 못한 위험인자를 걸러내고 최종적인 의견수렴을 하는 통로로 활용
 - (연차점검) 연구자의 자율성 보장을 위해 연차별 성과만 약식으로 보고
 - (단계평가) 단계 평가는 최종 과제목표의 달성가능성을 주로 평가하며, 수행자, 예산의 규모 및 배분, 최종 연구기간의 변경 여부를 결정, 단계탈락의 경우 실패로 판정하되, 연구윤리에 위배되지 않는 경우에 한해 연구 수행자는 불이익이 없도록 조치
 - (최종평가) 과제의 최종 성공, 실패 여부를 판정하며, 대표성과의 우수성을 별도 평가하여 수행 기간 내 발생한 개별적 우수성과의 활용을 촉진
 - (후속사업 연계) 연구 성과가 우수하고 기술의 사업화 연계 가능성이 높은 과제를 선별하여 기술사업화추진계획보고서를 과제 종료일 이전 제출토록 조치하고, 타부처 사업으로 연계 추진

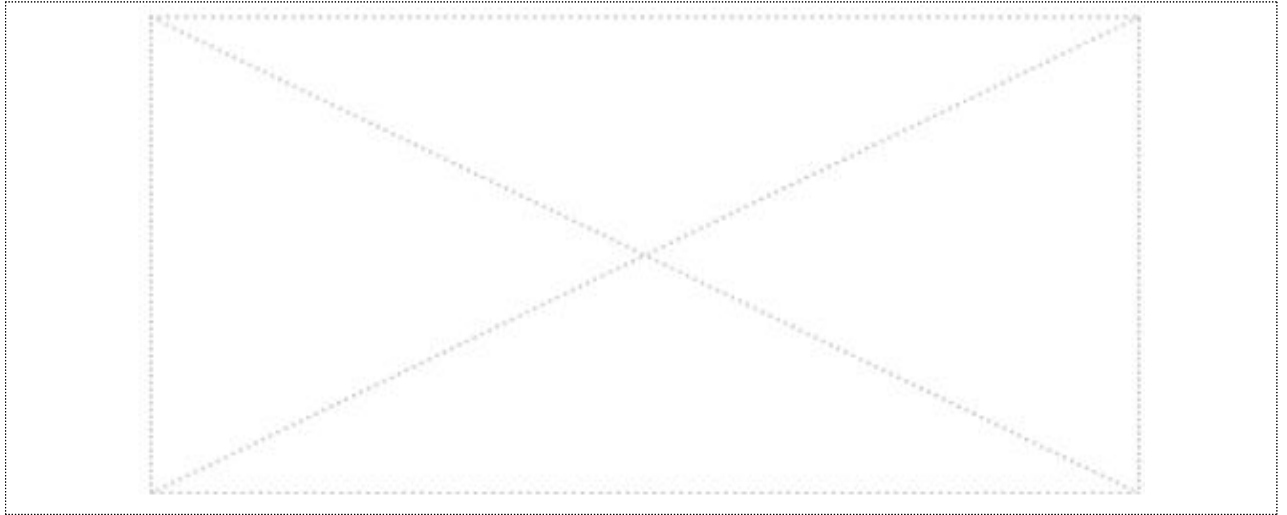
(2) 추진체계의 적절성

☐ 거버넌스 구조 (안)

- 과학기술정보통신부 총괄하에 일반 시민, 전문가 등이 공동으로 참여하는 사업추진 위원회를 설치하여 사업운영 및 관련 의사결정을 심의·의결하며 이를 통해 사업 추진
 - 국민제안에 따라 미션과 과제가 추가 및 종료될 수 있는 유연한 플랫폼 구조로 운영
- 연구주제 도출, 수행팀 선정, 사업 운영 및 평가관리 등 전반적인 사업의 운영은 한국연구재단에서 담당
- 매년 산학연 전문가 그룹으로 기획위원회*를 구성하여 우수한 연구결과(top paper, 기반 특허)를 활용할 수 있는 최적의 기획안을 작성, 효율적인 사업의 주제발굴을 추진
 - ※ 기획위원회: 매년 사업추진 후보주제에 대한 필요성, 환경조사, 경쟁력 분석 등을 수행하는 분야 전문가로 구성된 비상설 조직으로 한국연구재단에서 구성하여 활용

☐ (사업추진위원회) 산학연관민의 다양한 이해관계자가 참여하는 MIRACLE사업의 최종 의사결정을 전담하는 컨트롤 타워

- MIRACLE 사업에 대한 종합적인 의사결정, 기술개발대상 과제의 선정, 완료과제에 대한 평가 및 성과확산*을 총괄
 - ※ 제품개발 필요시 협의체를 통해 관련부처 및 산업체 협조



[그림 5-12] 사업 추진 체계

- (산) 연구개발 결과에 대한 제품개발 가능성 평가 및 기술사업화 지원
 - (학) 해당기술에 대한 기술평가 및 개발지원
 - (연) 해당기술에 대한 기술평가 및 개발지원
 - (관) 사업기획 등을 주도, 복수의 관련부처 참여 가능
 - (민) 아이디어 제시, 중간 및 최종단계 평가 참여
- 실질적이고 효과적으로 작동하는 사업추진위원회가 되기 위해서는 과제와 관련된 이해관계자들을 최대한 많이 참여시키는 것이 관건
- 따라서 단순히 다양한 이해관계자로 구성하기 보다는 잠재적인 참여자로 협의체 풀(pool)을 구성하는 것이 효과적
 - 예를 들어, 다음과 같이 산·학·연·관·민을 구성할 수 있음
 - ※ (산) 미션과 관련된 사업을 하거나 신사업으로 고민하고 있는 기업
 - ※ (학/연) 미션에 속하는 과제에 대한 연구개발에 관심을 보인 기관/연구그룹
 - ※ (관) 해당과제와 법/제도적으로 관련 있는 부처
 - ※ (민) 과제를 제안했거나 과제후보군 압축에 참여한 일반 국민이 참여
- (플랫폼 구조) 주기적인 (3~5년)으로 일반국민의 미션제안을 실시하고 이에 따라 새로운 미션이 추가되고 완료된 미션이 종료되는 OPT-IN, OPT-OUT 구조의 ‘미션 플랫폼’ 형태로 운영
- 예타 기획과정에서 실시한 ‘국민 제안 워크숍’을 3~5년 주기로 실시함으로써 외부 환경변화에 따른 신규 미션 발굴을 실시하고 기존 미션 유지/변경에 대한 중간평가를 실시

- 국민제안 미션 뿐 아니라 기존 추진되던 유사사업들을 미션 또는 과제 형태로 흡수하여 예산투자의 효율성을 제고할 수 있는 ‘유연한 플랫폼’ 형태로 운영

☐ 한국연구재단의 역할 및 기능

- 사업의 시행계획수립 및 공고 지원, 과제 접수, 평가, 진도관리 주관
 - 과기부에서 매년 발표하는 사업의 시행계획, 공고 등에 필요한 구체적인 자료작성 지원
 - 과제기획, 과제선정, 수행 및 과제종료 후 성과관리까지 나노·미래소재원천기술 개발사업 전반을 총괄 지원
- 연구팀을 유치한 주관연구기관의 지원사항 점검 및 방문 실사 시행
- 과제수행팀의 운영 및 관리 등 본 사업의 특성을 반영할 수 있도록 운영 지침 준비 시행

☐ 한국연구재단의 기획 기능 활용

- 한국연구재단 전략기획팀은 연구팀의 원천특허의 효율적 확보를 위한 자문 및 관련 정보 제공
 - 지속적 특허동향 분석 및 특허 청구항 강화 지원
 - 개발된 원천기술 특허 아이디어에 대한 컨설팅 실시
- 특허 사전심의제도 추진 및 발명 중요도를 고려한 발명 등급제에 대한 기준 마련과 발명평가 시행
 - 특허 사전심의제도 강화를 통한 불필요한 특허비용 지출 방지 및 발명 중요도를 고려하여 S/A/B 등급 평가(기술성, 시장성 고려)
 - ※ 한국연구재단은 특허청의 IP R&D 사업을 활용하여 단계평가 전 연구 구체화 시점부터 특허전략수립 지원
- 기획에 필요한 주요 통계, 정책, 해외동향 정보의 정확성과 시의성을 확보하기 위해 연구재단은 별도의 전문기관을 활용하여 나노소재분야 전체 및 사업의 효율성 및 성과를 정기적으로 조사 분석을 추진

바. 특허동향 분석

(1) 분석방법

☐ 전반적인 특허출원 동향을 파악하기 위해 특허정보 기반의 정량분석을 수행함

- 다음과 같은 분석지표에 대한 정량분석을 통해 출원연도, 출원국가, 출원인 국적에 따른 기술개발 동향과 주요 기술 선도 기업 및 기술수준 등을 고찰

☐ 분석지표

○ 연도별 출원동향

- 연도별 출원현황 및 특징적인 동향에 대해 논하고, 관련 기술의 시계열적 분석을 통해 원천기술의 출현, 응용기술의 사업화, 시장형성 등의 동향을 파악

○ 분야별 출원동향

- 기술별로 최근 출원이 증가되고 있는 기술 분야를 파악하고, 기술개발 방향 및 기술발전 방향을 분석하여 중점혁신기술 및 이슈기술을 파악

○ 국가별 국적별 출원동향

- 출원된 특허에 대해 국가별 출원현황을 분석하고, 이를 통해 국가간 기술경쟁력, 국가의 출원인 국적에 의한 기술 주도성, 해당국가의 시장성 등을 파악

○ 주요 출원인 분석

- 패밀리 정보를 활용하여 출원인별 기술개발 전략, 중점기술을 파악하고 본 기술을 주도하고 있는 출원인 성향을 파악

○ 기술 성숙도 분석

- 시장 진입도를 나타내는 출원인수와 기술 활동도를 나타내는 출원건수를 버블 그래프로 도시하여 국가별 기술·시장의 성숙 단계를 파악

○ 기술 순환 주기(TCT) 분석

- 기술 순환 주기(Technology Cycle Time, TCT)는 선출원특허 인용(Backward Citation)에 기반하여 기술의 변화 및 진보 속도를 나타내는 지표로서, 그 값이 짧을수록 관련 기술개발의 속도가 빠른 것으로 이해

○ 지수 분석

- 특허지수를 활용하여 국가별 기술 수준을 분석함으로써 기술수준, 시장성, 시장 진입 정도를 파악하고 특허의 기술적 가치를 파악

○ ① 피인용도 지수(CPP : Cites per Patent)

- 특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용(Forward Citation)되는

횃수의 평균값을 나타내며, 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있음

- CPP 지수가 클수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있음을 의미함
- 피인용도 지수(CPP) = 출원인 국적의 피인용수/출원인 국적의 특허건수

○ ② 시장확보 지수(PFS : Patent Family Size)

- 한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 패밀리 특허라 하는데, 해당 국가에 상업적 이익 또는 기술경쟁 관계가 있을 때 해외에 출원하므로 패밀리 특허가 많을 경우 특허를 통한 시장확보 가능성이 크다고 할 수 있을 것임
- 시장확보 지수(PFS) = 출원인 국적의 평균 패밀리 특허건수/전체 평균 패밀리 특허건수

○ ③ 인용도 지수

- 특허 당 인용횃수(Backward Citation Per Patent)로서, 인용하는 선출원(Backward Citation) 갯수가 많으면 즉 인용도 지수가 크면 상대적으로 성숙단계에 들어간 기술임을 의미하고, 인용하는 선출원 개수가 적으면 즉 인용도 지수가 작으면 기술 개발단계가 초기임을 의미함

(2) 분석 범위

☐ 분석 대상 DB 및 분석 범위²⁹⁾

<표 5-32> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개, 등록특허 (공개, 등록일 기준)	한국	WIDSDOMAIN	2001.01.01~ 2020.12.31	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIDSDOMAIN		특허공개 및 등록 전체문서(PAJ 포함)
	미국	WIDSDOMAIN		특허공개, 특허공개(공표), 특허 공개(재공표) 전체문서
	유럽	WIDSDOMAIN		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련 정보를 대중에게 공개하므로 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 구간에 출원된 특허는 그 정량적 의미가 정확하지 않음.

☐ 기술분류 체계

<표 5-33> 분석대상 기술분류

대상기술	세부기술
미라클 프로젝트 기술	(AA) 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술
	(AB) AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술
	(BA) 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술
	(BB) 정보 신뢰성·보안성 향상 기술
	(CA) 탄소중립도시 구현 기반 기술
	(CB) 미래 미세먼지 저감 기술
	(CC) 선제적 재난 대응 기술
	(DA) 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술

☐ 유효특허 선별 결과

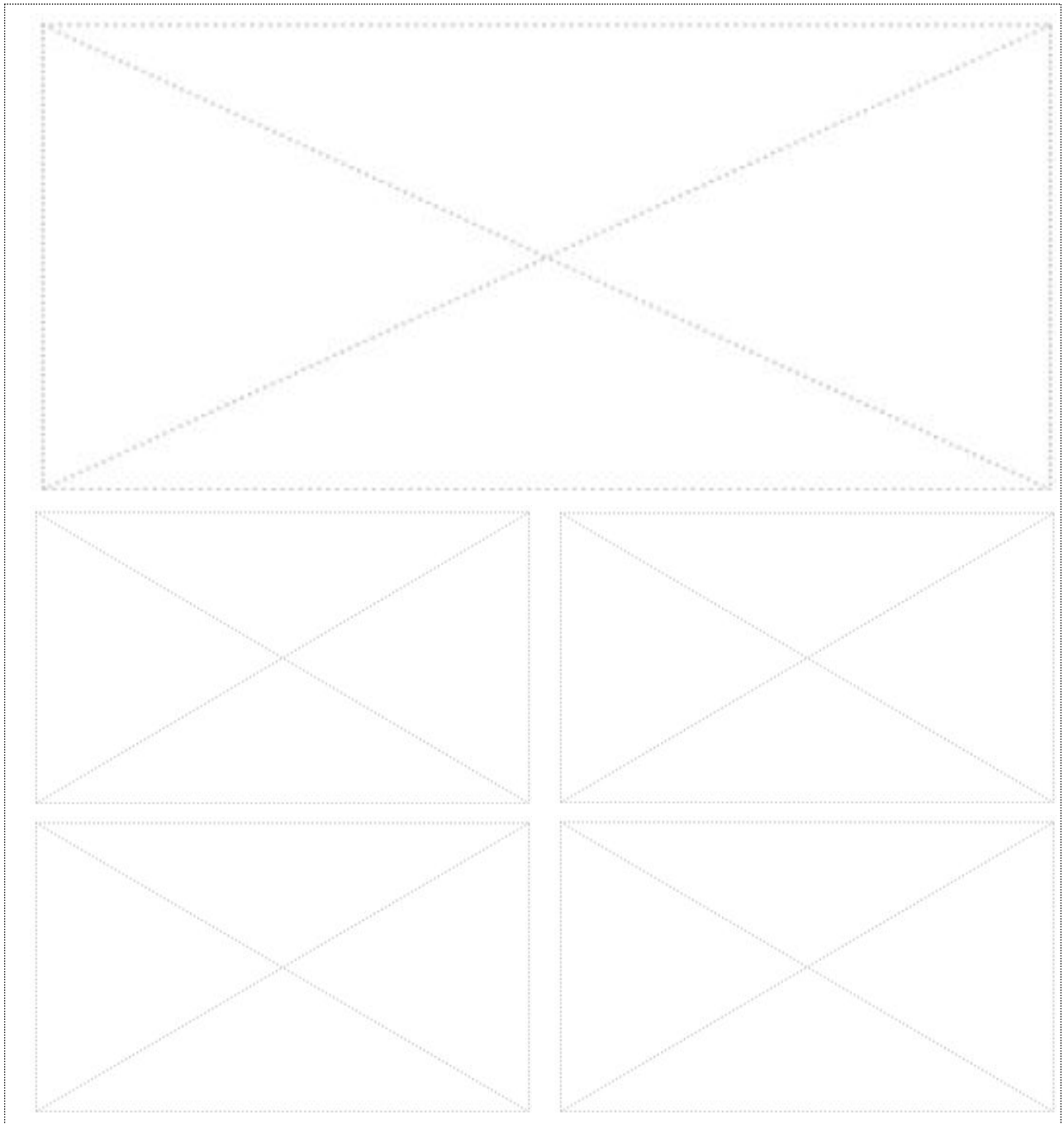
<표 5-34> 미라클 프로젝트 기술의 유효특허 선별결과

기술분류	유효 데이터 건수					비고
	US	KR	JP	EP	계	
신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)	458	291	390	236	1,375	질병이 신체에 침투하고 면역되는 과정을 이해하여 질병을 치료하는 기술
AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)	227	169	26	30	452	인공지능 기술을 활용하여 노화를 방지하고 개인 맞춤 의료서비스를 제공하는 기술
디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)	556	188	26	94	864	인간과 인공지능이 효과적으로 협력하여 업무를 진행하고 디지털 기능을 제대로 누리지 못하는 사람이 없게 하는 기술
정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)	94	99	140	42	375	인터넷 공간에 존재하는 정보의 신뢰성을 검증하고 개인 정보를 효과적으로 보호할 수 있는 기술
탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)	151	195	79	33	458	탄소 제로 도시를 구현하기 위한 에너지 자립도시 기반확보 기술
미래 미세먼지 저감 기술(CB)	73	665	102	30	870	인공 태풍 및 구름채보를 활용한 대규모 미세먼지 저감기술
선제적 재난 대응 기술(CC)	148	115	45	31	339	인공지능 기반 질병과 재난상황 발생지역을 추적하는 등 사고재난질병 상황 예방감사대응 기술
미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)	311	92	455	100	958	수소 자동차 등 미래의 모빌리티 운행을 위한 기반 구축기술
합계	2,018	1,814	1,263	596	5,691	

(3) 분석 내용

① 전체 분류 특허분석

☐ 국가별 특허출원 동향 분석



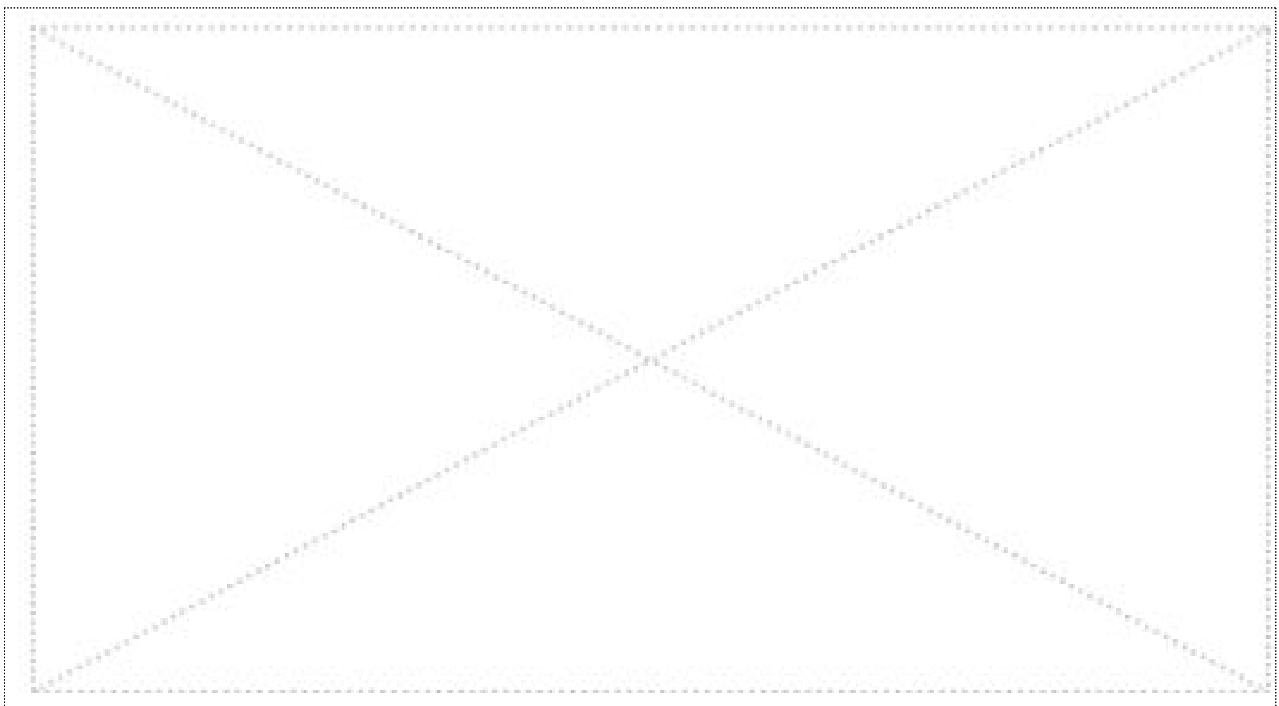
[그림 5-13] 미라클 프로젝트 기술의 국가별 특허출원 동향

- 미라클 프로젝트 기술의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2001년부터 2011년까지는 큰 변화없이 특허출원이 이루어지다가, 2012년 이후 출원이 급증하는 추세를 보임
- 최다 출원국인 미국은 전체 출원건수인 5691건 중 35%인 2018건을 출원하였는데, 출원 동향은 전체 특허동향과 유사한 추세를 보임
- 한국은 32%인 1814건을 출원하였고, 2013년 이후 출원이 급증하는 추세를 보임
- 일본은 22%인 1263건, 유럽은 11%인 596건을 출원하였고, 일본은 50건에서 100건 사이에서, 유럽은 10건에서 50건 사이에서 큰 변동없이 출원이 이루어 지다가 2018년 이후 출원이 감소함

의미:

- 출원연도에 따라 특허출원건수를 시계열적으로 표현한 선형그래프로서, 출원국가별로 연도별 동향을 나타낸 것은 특정시장에서의 출원활동을 분석하기 위함
- 주의할 점은 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상, 전체 데이터에 반영되지 못하는 특허들로 인하여 최근연도의 출원건수가 감소하는 것으로 나타나지만, 실제로는 그렇지 않을 수도 있음에 유의해야 함

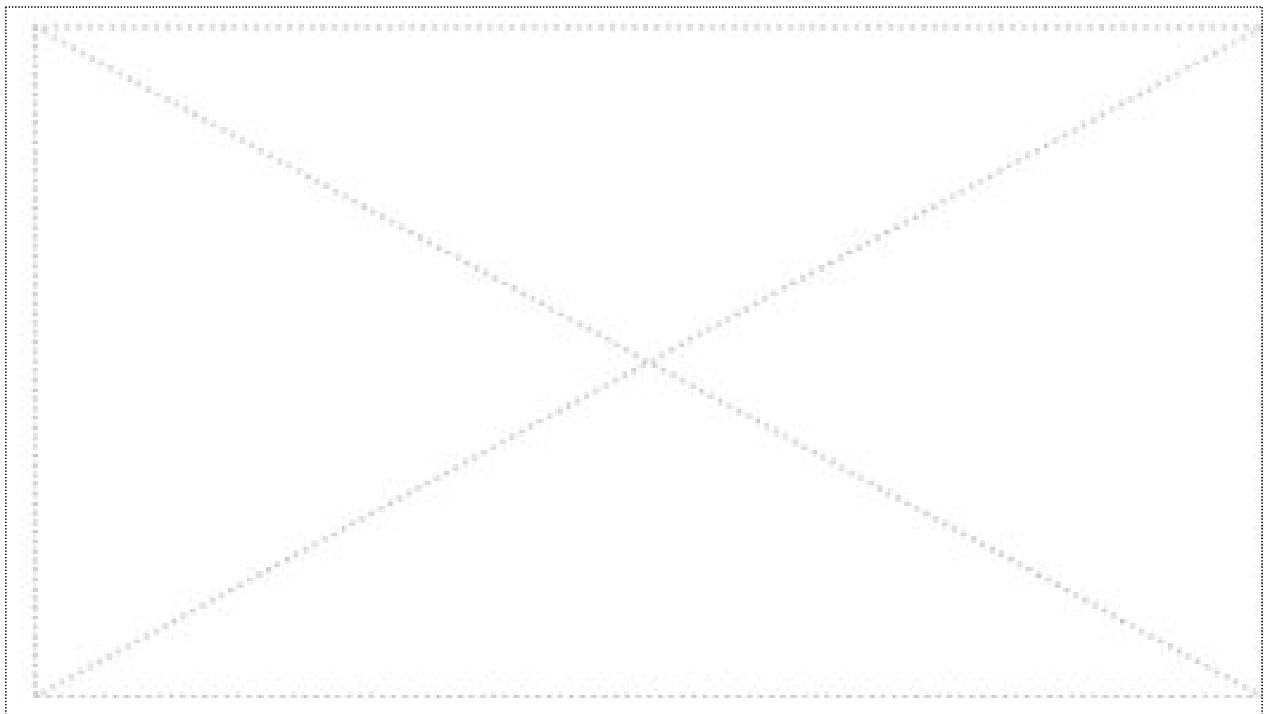
☐ 국가별 내외국인 특허출원 현황



[그림 5-14] 미라클 프로젝트 기술의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 35%(2018건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 50%(1016건), 외국 국적의 출원도 50%(1002건)로 구성되며, 외국인의 국적은 일본, 한국, 독일, 프랑스, 중국 등임
- 한국은 전체 32%(1814건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 91%(1656건), 외국 국적의 출원은 9%(158건)로 구성되고, 외국인 국적은 일본, 미국, 중국, 스위스, 캐나다 등임
- 일본은 전체의 22%(1263건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 83%(1053건), 외국 국적의 출원은 17%(210건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 한국, 독일, 스위스, 프랑스 등임
- 유럽은 전체의 11%(596건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 37%(217건), 외국 국적의 출원은 63%(379건)로 구성되며, 자국 국적은 독일, 프랑스, 영국, 스위스, 네덜란드 등이고, 외국인 국적은 미국, 일본, 한국, 요르단(JO), 중국 등임

□ 주요 출원인 분석



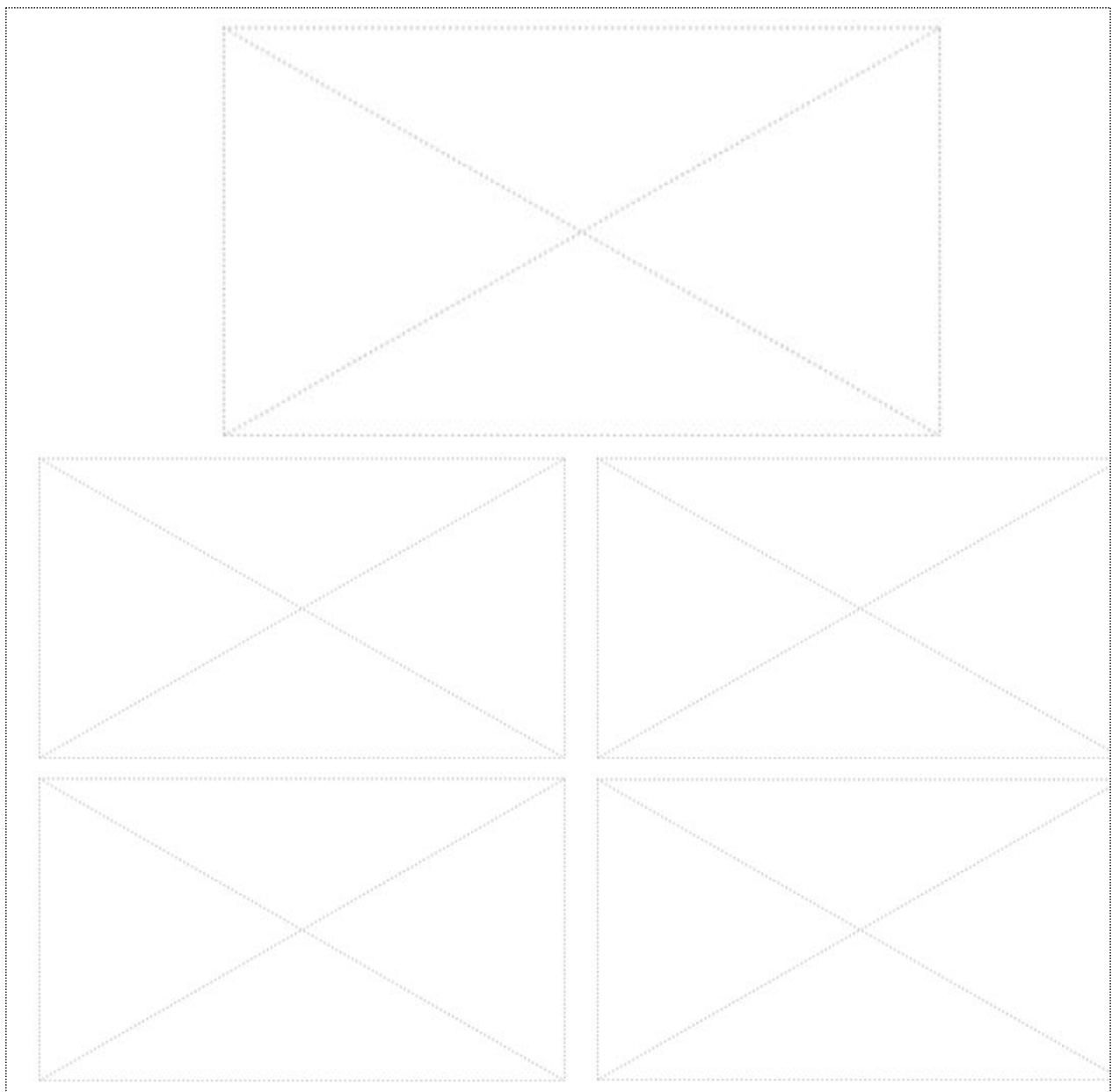
[그림 5-15] 미라클 프로젝트 기술의 국가별 주요 출원인 현황

- 미라클 프로젝트 기술의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 3인, 한국 국적의 출원인 3인, 일본 국적의 출원인 4인으로 구성
- 최다 출원인은 IBM(US, 163건)이고, 그 뒤를 이어 HYUNDAI MOTOR(KR, 156건), HONDA MOTOR(JP, 149건), TOYODA MOTOR(JP, 117건), NISSAN

MOTOR(JP, 92건) 순으로 분포

- IBM(US)는 다국적 기술 및 컨설팅 회사로서, AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)와 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA) 기술에서 다수의 출원을 진행하였고, HYUNDAI MOTOR(KR), HONDA MOTOR(JP), TOYOTA MOTOR(JP), NISSAN MOTOR(JP)은 모두 자동차 제조 회사로서, 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)에서 많은 출원을 진행한 것으로 분석

☐ 기술 성숙도 분석



[그림 5-16] 미라클 프로젝트 기술의 기술 성숙도 분석

- 미라클 프로젝트 기술의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악
- 미라클 프로젝트 기술 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간뿐만 아니라 3구간 대비 4구간에서도 출원인수 및 출원건수 모두 증가하는 것으로 분석되므로, 기술 성숙도상 발전기로 파악
- 미국 및 한국은 전체 특허에 대한 기술 성숙도와 마찬가지로 부활기로, 2구간 대비 3구간 뿐만 아니라 3구간 대비 4구간에서도 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하는 발전기로 파악
- 일본은 2구간 대비 3구간, 3구간 대비 4구간 모두 출원인수가 다소 증가하였으나 출원건수가 감소하였는바, 기술 성숙도상 퇴조기로 파악
- 유럽은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 감소하였지만, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 큰 폭으로 증가하였는바, 새로운 세대의 기술들이 빠르게 출원되고 있는 부활기로 파악

의미:

- 각 출원구간으로 구분하여 출원건수와 출원인수를 2차원 버블차트로 구현한 그래프임
- 출원건수는 기술개발의 활동 정도를 나타내고, 출원인수의 증가는 시장의 신규진입자가 증가하는 것을 의미하며, 이는 해당기술분야의 시장이 커지고 있다고 해석할 수 있음
- 발전기는 출원인과 출원건수가 활발하게 진행되는 단계로서 연구활동이 활발한 것을 판단할 수 있으며, 성숙기는 출원건수 및 출원인의 증가율이 낮아지면서 시장진입자들이 빠져나가는 단계로 이해할 수 있고, 퇴조기는 출원인 뿐 아니라 출원건수도 감소하여 해당기술의 시장이 수축되는 단계로 해석할 수 있으며, 부활기는 원천기술을 이용하여 현 시장에 맞는 기술들이 다시 개발되어 새로운 아이디어와 함께 시장이 재형성되는 단계로 볼 수 있음

해석 및 활용 시 유의사항:

- 모든 출원국은 속주주의 원칙, 즉 동일한 발명에 대하여 상이한 국가에서 획득한 특허는 각각 독립적으로 해당국가의 법률에 따라 존속·소멸한다는 원칙³⁰⁾에 따라 독립적으로 권리의 효력이 발생하기 때문에, 해당 출원국가에 특허출원한다는 것은 해당 시장에서 권리를 확보하려는 의지가 있다고 볼 수 있을 것이므로, 이에 출원국가별로 해당기술의 시장 및 개발현황을 비교해봄으로써, 어느 시장이 활발한지, 기술개발이 어디까지 진행되었는지 판단할 수 있음
- 주요 시장국과 우리나라의 상황을 비교해 보고, 우리나라보다 기술개발 단계가 앞서있는 시장국을 파악하여, 현재 기술개발과 기술시장에 진입하기 위한 기술적인 강점은 무엇이며, 기회요인이 어떤 것들이 있는지 연구기획시 주도면밀하게 분석할 필요가 있음

연계분석항목:

- 연구기획단계는 성장기, 발전기 등에 위치하는 것이 바람직한데, 특히 출원건수가 많고 출원인수의 증가가 큰 경우 국가에 대하여 다출원인 현황과 최근 신규 시장 진입자를 파악하고 이들의 특허문헌을 Review하고 비교함으로써 새로운 기술들을 모니터링 할 수 있을 것임

30) 특허와 정보분석(개정판), 한국발명진흥회, '07

□ 기술순환주기(TCT; Technology Cycle Time) 분석

- 각 분야별로 유효특허 수가 많은 상위 10개 IPC를 도출하고 해당 IPC의 TCT중앙값에 기초하여 최종 TCT를 산출함
 - TCT중앙값은 한국과학기술정보연구원이 구축/운영하고 있는 STAR-Value 시스템에서 제공하는 정보로서, 미국 등록특허 56개년(1960년 ~ 2016년) 자료를 기준으로 산출
 - 각 IPC별로 유효특허 건수와 TCT중앙값을 곱하고 이를 다시 유효특허 건수로 나누어 TCT를 산출
 - 어떤 발명을 인용하는 후속 발명이 등록되기 위해서는 선행 발명과 비교하여 신규성 및 진보성이 인정되어야 하므로 TCT는 기존에 존재하던 발명과 대비하여 특허성이 인정될 만큼 진보된 발명이 출현하는 데에 걸리는 시간을 나타내는 지표로서 기술발전의 속도, 즉 혁신활동의 속도에 대한 정보를 제공
 - 특정 기술분야의 기술발전 속도나 특정 주체의 기술 혁신 활동의 기반이 최근의 연구 성과에 기초하는지 아니면 오래 전의 연구성과에 기초하는지를 살펴볼 수 있으며 기술수명주기 등의 명칭으로도 사용
- TCT 값이 존재하지 않는 IPC는 생략하고, TCT 값이 존재하는 후순위 IPC 이용 분석
- 위의 산출 방식에 의해 산출된 미라클 프로젝트 기술의 TCT는 7.73년임
 - 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)은 8.95년
 - AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)은 5.42년
 - 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)은 8.2년
 - 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)은 5.97년
 - 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)은 6.11년
 - 미래 미세먼지 저감 기술(CB)은 10.19년
 - 선제적 재난 대응 기술(CC)은 6.67년
 - 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)은 7.61년으로 분석
- AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB, 5.42년), 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB, 5.97년), 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA, 6.11년), 선제적 재난 대응 기술(CC, 6.67년)은 전체 평균 기술순환주기(7.73년) 보다 짧은 주기를 갖는 것으로 분석되었는데, AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB), 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB) 및 선제적 재난 대응 기술(CC)은 인공지능 또는 기계학습이라는 최근에 부상하는 컴퓨팅 기술에 의해 기술순환주기가 짧은 것으로 사료되고, 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 대부분은 태양광 발전 기술인데 태양광 발전 기술의 본질은 반도체 기술인 관계로 기술순환주기가 짧은 것으로 사료
- 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA, 8.95년), 디지털 협업 효율화 및 양

극화 극복 기술(BA, 8.2년), 미래 미세먼지 저감 기술(CB, 10.19년)은 상대적으로 긴 기술 순환 주기를 가지는 것으로 분석

○ 미라클 프로젝트 기술 및 그 요소기술 분야에 대한 특허 분류별 TCT 값은 아래와 같음

<표 5-35> 미라클 프로젝트 기술의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
미라클 프로젝트	G01N	1,369	9	12,321
	H01M	590	8	4,720
	G06N	548	4	2,192
	B01D	486	10	4,860
	H04L	285	6	1,710
	G06F	203	6	1,218
	B03C	148	11	1,628
	G06Q	145	4	580
	B60K	125	6	750
	A61B	111	9	999
	합계	4,010		30,978
	평균			7.73

<표 5-36> 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)	G01N	1333	9	11997
	C07K	19	7	133
	A61K	9	8	72
	C12Q	5	7	35
	B01L	3	9	27
	A01N	1	8	8
	A61B	1	9	9
	C12N	1	8	8
	C40B	1	3	3
	G01K	1	8	8
	합계	1374		12300
	평균			8.95

<표 5-37> AI 기반 노화대응 및 진단치료 기술(AB)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)	G06F	65	6	390
	G06Q	65	4	260
	G06T	30	6	180
	G06K	22	7	154
	G06N	21	4	84
	G08B	4	7	28
	H04L	4	6	24
	G01N	3	9	27
	G09B	3	8	24
	G10L	3	7	21
	합계	220		1192
	평균			5.42

<표 5-38> 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)	G06N	501	9	4509
	G06F	85	6	510
	H01L	84	8	672
	G11C	45	5	225
	A61B	40	9	360
	G06K	21	7	147
	A61N	15	8	120
	G06E	11	5	55
	G10L	6	7	42
	H04B	6	6	36
	합계	814		6676
	평균			8.2

<표 5-39> 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)	H04L	278	6	1668
	H04K	30	6	180
	H04B	16	6	96
	G06F	14	6	84
	G06Q	10	4	40
	H01L	7	8	56
	G09C	6	5	30
	H04J	5	6	30
	G02F	3	6	18
	G01J	2	7	14
	합계	371		2216
	평균			5.97

<표 5-40> 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)	H02J	78	7	546
	H02N	23	5	115
	G06Q	20	4	80
	G06F	19	6	114
	G02F	6	6	36
	H01L	6	6	36
	H02M	5	6	30
	G01C	3	7	21
	G05F	3	5	15
	G01C	3	7	21
	합계	166		1014
	평균			6.11

<표 5-41> 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
미래 미세먼지 저감 기술(CB)	B01D	483	10	4830
	B03C	148	11	1628
	E01H	32	12	384
	B60H	31	8	248
	B04C	25	9	225
	E06B	25	10	250
	E21F	13	11	143
	E01F	12	10	120
	E04H	12	10	120
	B61D	11	11	121
	합계	792		8069
	평균			10.19

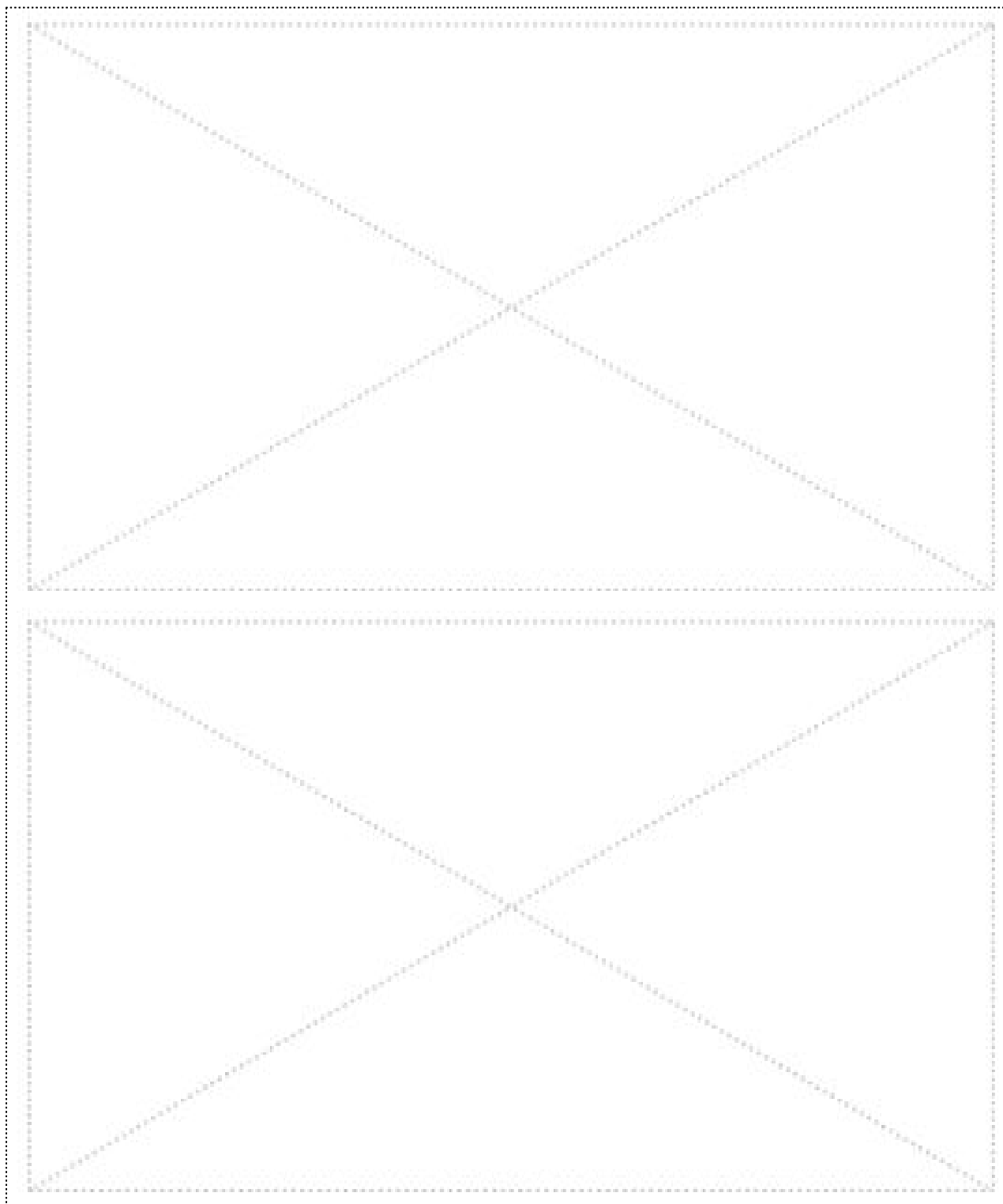
<표 5-42> 선제적 재난 대응 기술(CC)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
선제적 재난 대응 기술(CC)	A61B	69	9	621
	G06Q	43	4	172
	G08B	40	7	280
	G06N	23	4	92
	G06F	19	6	114
	G01W	13	7	91
	G06K	11	7	77
	G06T	9	6	54
	G01V	8	7	56
	A61N	7	8	56
	합계	242		1613
	평균			6.67

<표 5-43> 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 TCT 값

분류	IPC(main)	출원건수	중앙값	건수*중앙값
미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)	H01M	588	8	4704
	B60K	125	6	750
	B60L	109	7	763
	G01N	25	9	225
	B01J	13	9	117
	B60H	12	8	96
	B62D	12	8	96
	G01M	6	8	48
	G06Q	6	4	24
	B60R	5	6	30
	합계	901		6853
	평균			7.61

□ 지수분석을 통한 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력



[그림 5-17] IP 관점에서 본 미라클 프로젝트 기술의 국가별 질적 수준 및 IP시장 확보력

<표 5-44> 지수분석을 통한 각국의 질적 수준 및 시장

국가	기술력 (특허 Quality, CPP)	IP 시장확보력 (PFS)	특허활동 위치 (BPP)
미국(US)	높음	낮음	초기시장의 선두그룹
일본(JP)	낮음	낮음	초기시장의 후발그룹
한국(KR)	낮음	낮음	초기시장의 후발그룹
독일(DE)	낮음	낮음	초기시장의 후발그룹
프랑스(FR)	낮음	높음	초기시장의 후발그룹
캐나다(CA)	보통	낮음	성숙시장의 선두그룹
영국(GB)	낮음	낮음	성숙시장의 후발그룹
중국(CN)	낮음	낮음	초기시장의 후발그룹
벨기에(BE)	낮음	높음	성숙시장의 후발그룹
스위스(CH)	낮음	낮음	초기시장의 후발그룹

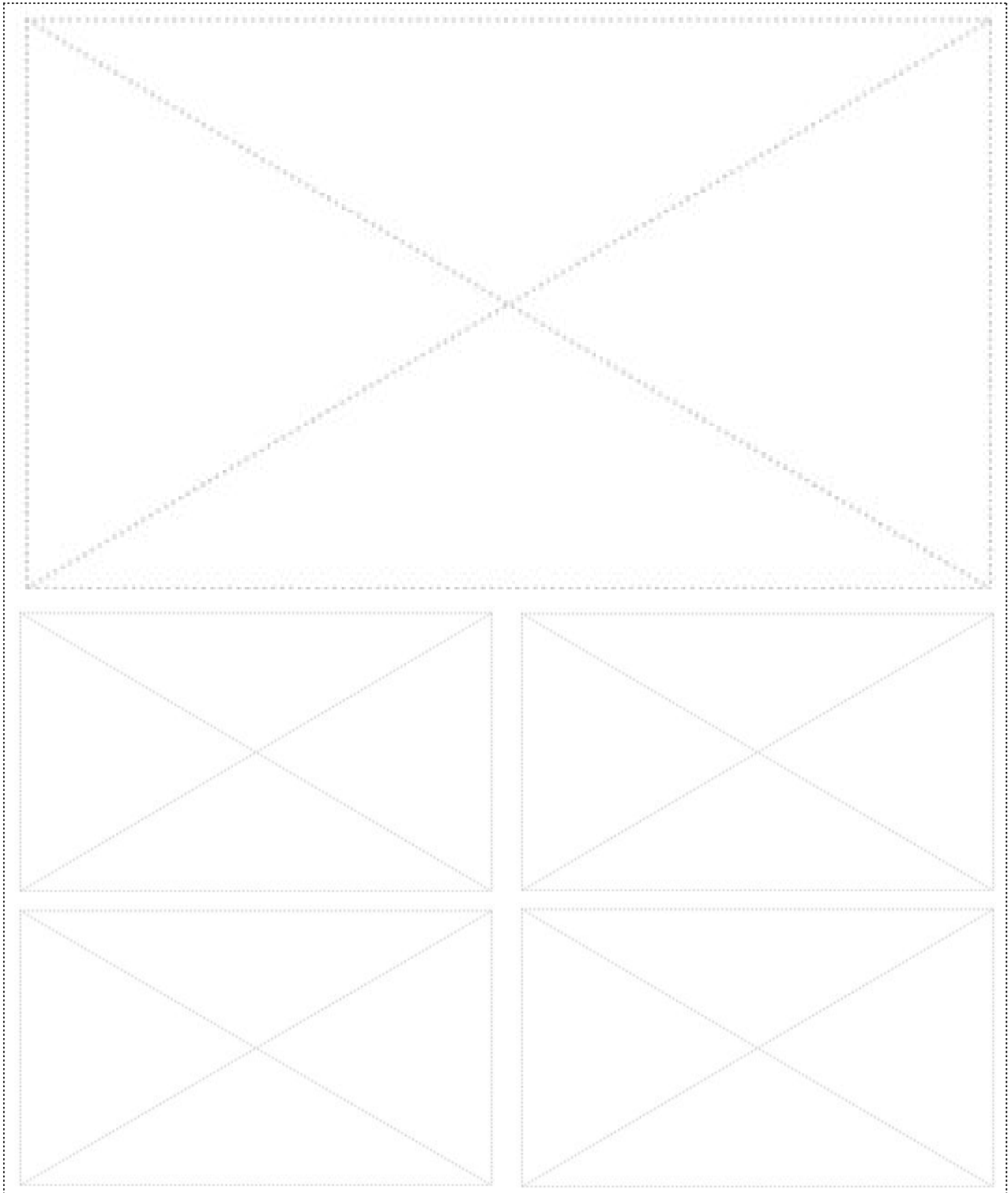
- 전체적인 지표를 분석하면 미국은 기술력이 높으나, 시장 확보력이 낮고, 초기시장의 선두그룹에 위치하는 것으로 파악
- 한국 및 일본은 기술력 및 시장 확보력이 낮고, 초기시장의 후발그룹에 위치
- 독일은 기술력 및 시장 확보력이 낮고, 초기시장의 후발그룹에 위치
- 프랑스는 기술력이 낮으나 시장 확보력이 높고, 초기시장의 후발그룹에 위치
- 캐나다는 기술력이 보통이고 시장 확보력이 낮고, 성숙시장의 선두그룹에 위치

의미:

- 지수분석은 3가지 factor(기술력, IP시장확보력, 특허활동 위치)를 분석하고 이를 하나의 표로 정리하여 제시함으로써 각국의 R&D 개발 정도를 간접적으로 가늠해 볼 수 있음
- ① **기술력(특허 Quality)** : 피인용도(CPP)가 높을수록 상대적으로 기술력이 강하고(리딩그룹), 반대로 낮은 경우 기술력이 약함(후발그룹)을 의미
- ② **IP시장확보력** : 시장력지수(PFS)가 높을수록 상대적으로 시장확보력이 높고, 반대로 낮은 경우 시장 확보력이 낮음을 의미
- ③ **특허활동 위치** : 인용하는 선출원특허 빈도(Backward Citation)가 높을수록 상대적으로 성숙단계에 들어선 기술을 의미하고, 반대로 적으면 기술의 개발 단계가 초기임을 의미

② 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA) 특허분석

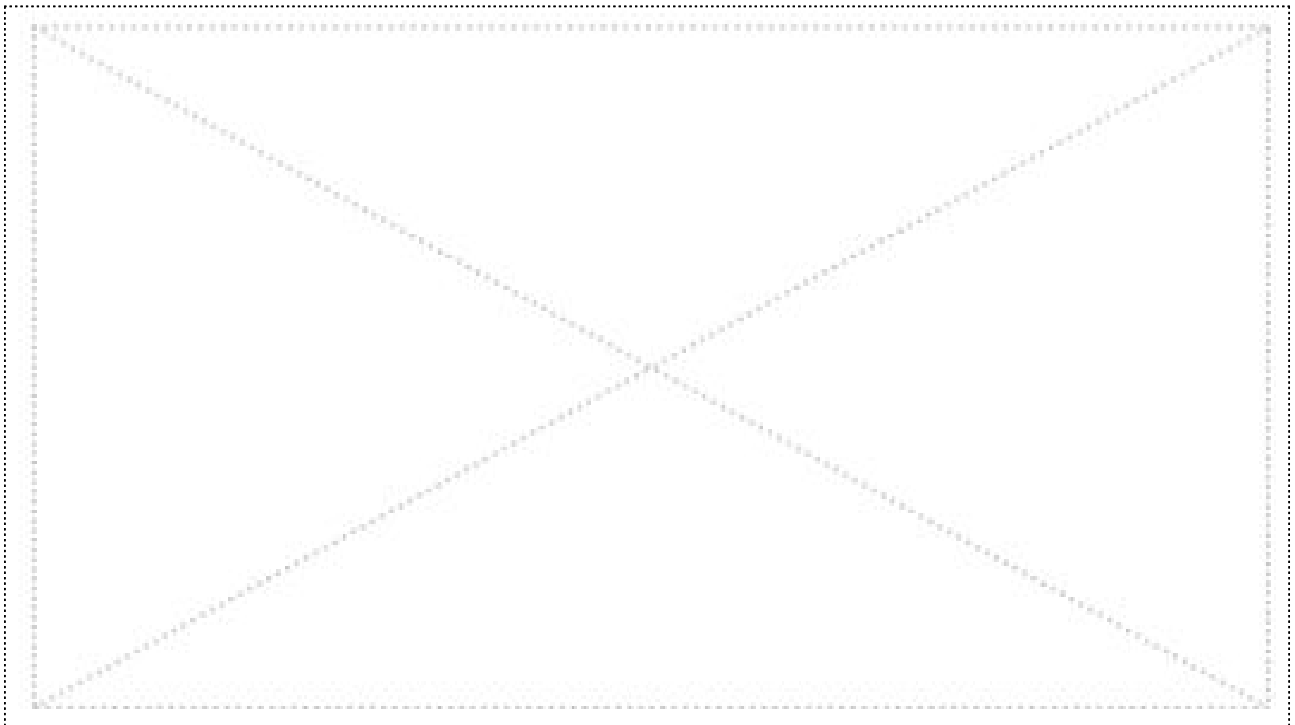
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-18] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 특허출원 동향

- 미라클 프로젝트 기술 중 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2004년부터 2017년까지 다소의 기복이 있기는 하였지만 전체적으로 출원이 증가하다가 그 이후 급격하게 감소하는 양상을 보임
- 최다 출원국인 미국은 대략 2004년 이후 4~5년 동안은 출원이 증가하고 그 이후 4~5년 동안은 출원이 감소하는 패턴을 보이면서 출원이 이루어지다가 2017년 최다 출원을 기록한 이후 출원이 급감하는 추세를 보임
- 한국은 2001년부터 2006년까지 출원이 감소하다가 2006년부터 2010년까지, 2015년부터 2016년까지 출원이 증가하였으나, 2017년 이후 급감하는 추세를 보임
- 일본은 2002년부터 2007년까지 출원이 급증하였으나, 그 이후 2009년부터 2017년까지 매년 20~25건 내외로 출원이 이루어 지다가 2018년 이후 출원이 급감
- 유럽은 일본과 유사한 출원동향을 보였는바, 2004년부터 2006년까지는 출원이 증가하였고, 2007년부터 2017년까지는 10~20건 내외로 출원이 이루어지다가 2018년 이후 출원이 급감

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황



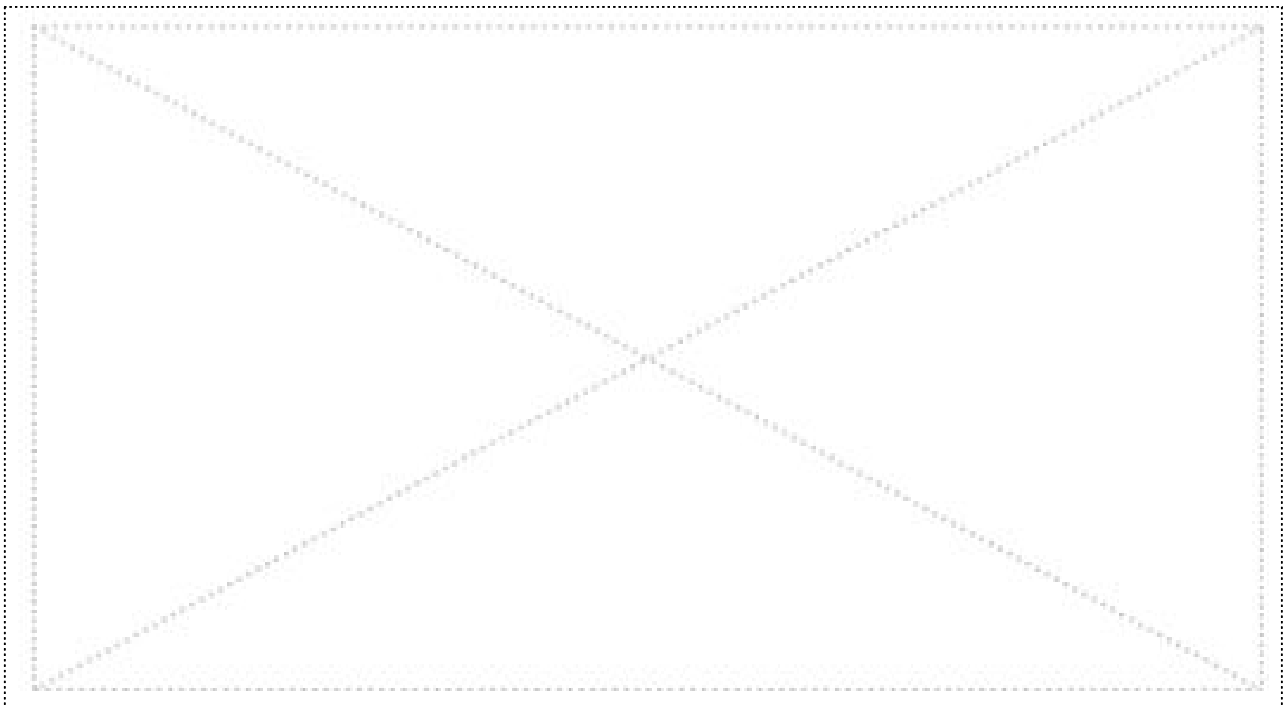
[그림 5-19] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 33%(458건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 38%(176건), 외국 국적의 출원은 62%(282건)로 구성되며, 외

국민의 국적은 일본, 독일, 한국, 프랑스, 벨기에 등임

- 한국은 전체 21%(291건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 68%(198건), 외국 국적의 출원은 32%(93건)로 구성되고, 외국인 국적은 일본, 미국, 스위스, 중국, 독일 등임
- 일본은 전체의 29%(390건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 74%(288건), 외국 국적의 출원은 26%(102건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 한국, 스위스, 독일, 프랑스 등임
- 유럽은 전체의 17%(236건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 30%(72건), 외국 국적의 출원은 70%(164건)로 구성되며, 자국 국적은 독일, 프랑스, 벨기에, 영국, 스위스 등이고, 외국인 국적은 일본, 미국, 요르단, 한국, 중국 등임

□ 주요 출원인 분석



[그림 5-20] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 2인, 일본 국적의 출원인 6인, 벨기에 및 프랑스 국적의 출원인 각 1인으로 구성
- 최다 출원인인 SEKISUI MEDICAL(43건)을 포함하여 DENKA SEIKEN(39건), SYSMEX(37건), TANAKA KININZOKU KOGYO(28건) 및 FUJIFILM(25건) 등 상위 5위 모두가 일본 국적의 출원인
- SEKISUI MEDICAL은 생화학, 지질, 당뇨병 및 감염증 분야에 사용되는 임상 시약 및 의약품을 연구, 개발 및 제조하는 기업이고, DENKA SEIKEN은 백신, 면역 혈

청, 세균 및 바이러스 진단 시약을 제조, 거래 및 판매하는 기업이며, SYSMEX는 헤마트로지, 혈액응고분야, 소변침사검사분야에서 세계 1위를 점유하고 있는 의료기기 제조업체임

□ 기술 성숙도 분석



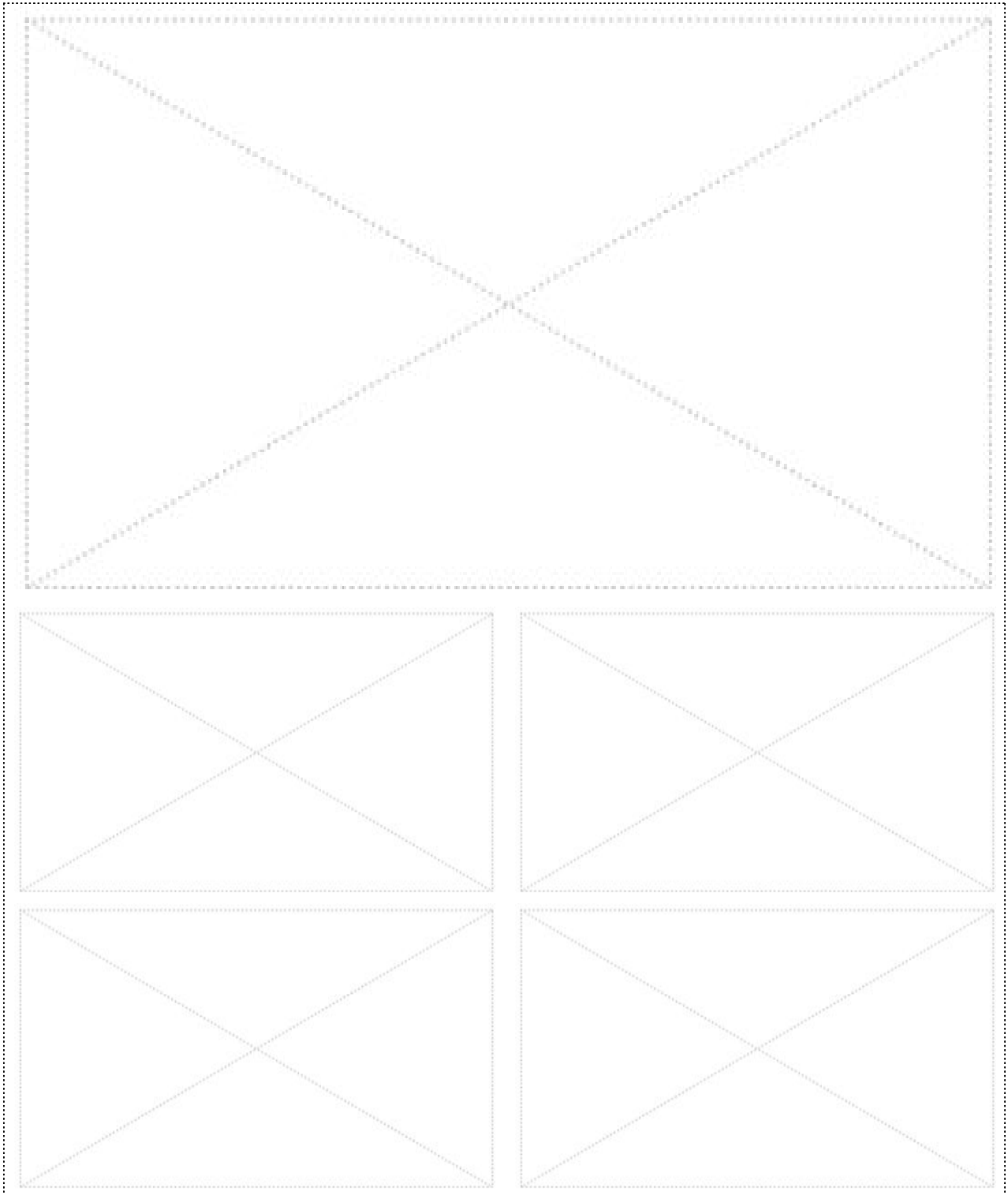
[그림 5-21] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 기술 성숙도 분석

- 미라클 프로젝트 기술 중 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰

- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악
- 미라클 프로젝트 기술 중 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA) 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간에서 출원인수가 동일하고 출원건수만 증가하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수가 증가하고 출원건수가 감소하였는바, 기술 성숙도상 성숙기에서 퇴조기 사이인 것으로 파악
 - 기존의 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술은 쇠퇴하지만, 새로운 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술이 출현한 것으로 추정
- 미국은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수가 증가하지만 출원건수가 감소하였는바, 기술 성숙도상 성숙기에서 퇴조기 사이인 것으로 파악
- 한국은 2구간 대비 3구간, 3구간 대비 4구간 모두에서 출원인수 및 출원건수가 증가하였는바, 기술 성숙도상 발전기인 것으로 파악
- 일본은 2구간 대비 3구간, 3구간 대비 4구간 모두 출원인수 및 출원건수가 감소하였는바, 기술 성숙도상 퇴조기에 진입한 것으로 파악
- 유럽은 2구간 대비 3구간에서 출원인수가 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 감소하였는바, 기술 성숙도상 성숙기에서 퇴조기 사이에 있는 것으로 파악

③ AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB) 특허분석

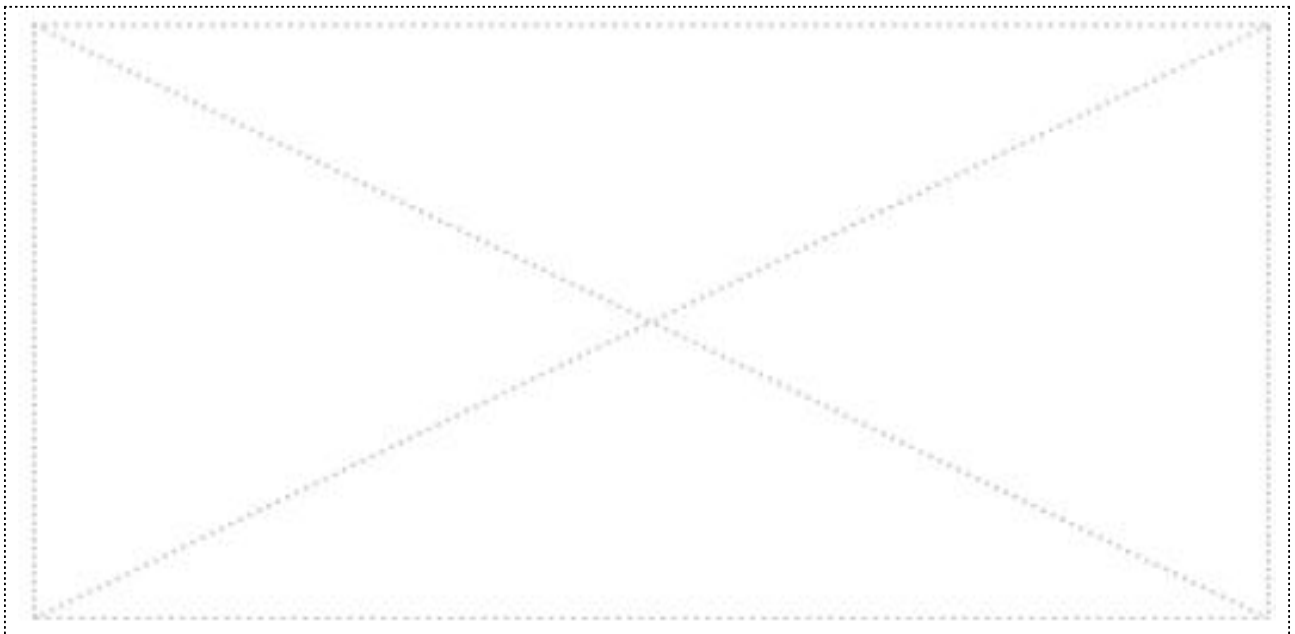
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-22] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 특허출원 동향

- 미라클 프로젝트 기술 중 AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2010년 이후 출원이 급증하는 추세를 보임
- 최다 출원국인 미국은 2010년 이후 전체 출원동향과 유사한 패턴을 보이고 있음
- 한국은 전체 출원동향 및 미국 출원동향보다 2~3년 늦게 출원이 급증하는 추세를 보이고 있음
- 일본 및 유럽은 2010년 이후 매년 5~10건 내외로 출원이 진행되면서 점차 증가하는 양상을 보임

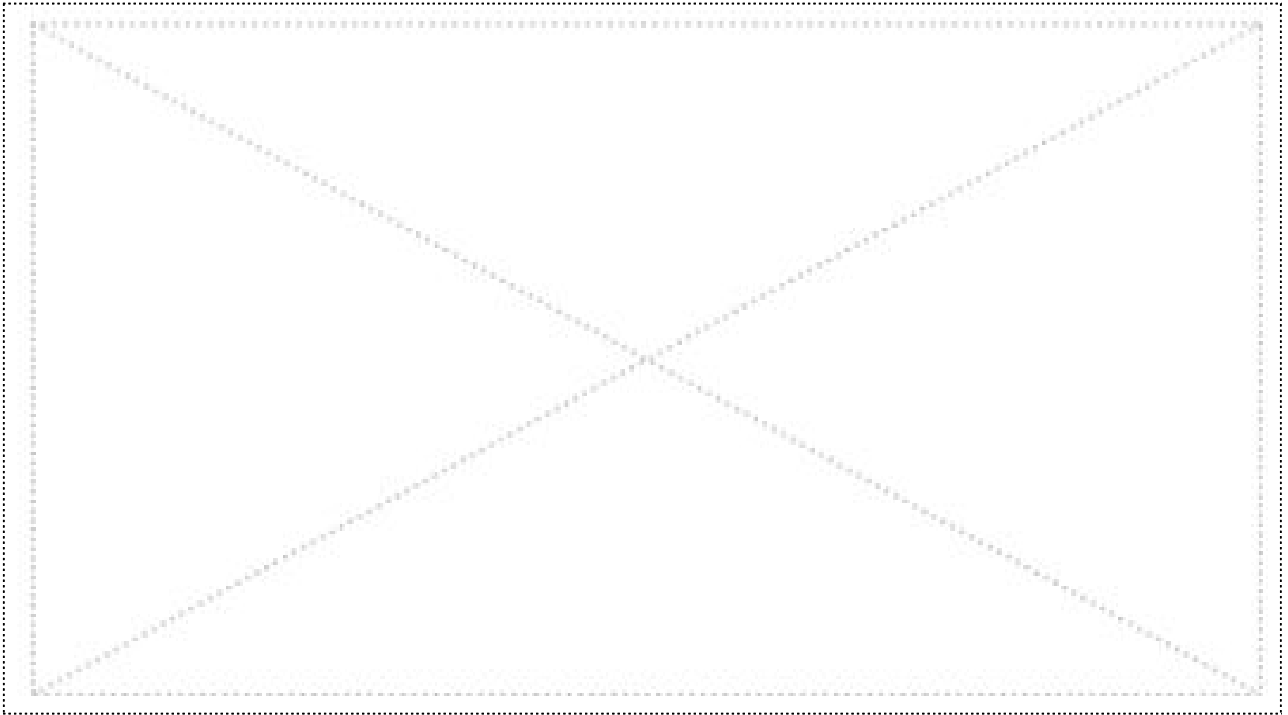
□ 국가별 내외국인 특허출원 현황



[그림 5-23] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 50%(227건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 69%(158건), 외국 국적의 출원은 31%(69건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 독일, 대만, 인도, 중국 등임
- 한국은 전체의 37%(169건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 98%(165건), 외국 국적의 출원은 2%(4건)로 구성되고, 외국인 국적은 미국임
- 일본은 전체의 6%(26건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 46%(12건), 외국 국적의 출원은 54%(14건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 한국, 스위스, 중국, 인도 등임
- 유럽은 전체의 7%(30건)를 차지하는데, 자국 국적은 독일, 네덜란드, 스위스 및 스페인이고, 외국인 국적은 미국, 한국, 일본, 중국, 인도 등임

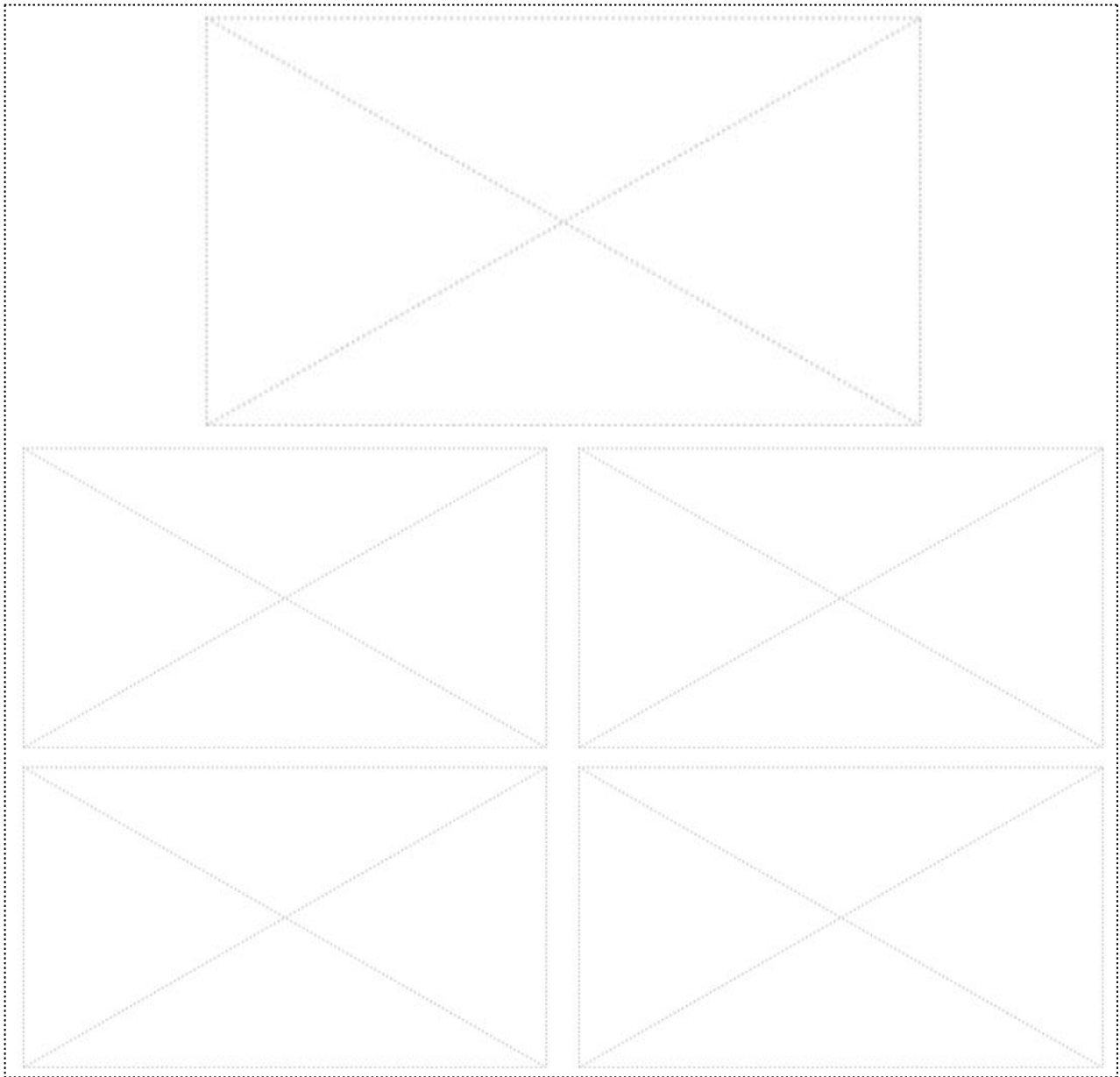
□ 주요 출원인 분석



[그림 5-24] AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 4인, 한국 국적의 출원인 4인, 독일 및 네덜란드 국적 각 1인으로 구성
- 최다 출원인은 IBM(US) 및 SIEMENS HEALTHCARE(DE)이고 각 16건, 그 뒤를 이어 DEEPNOID(KR, 12건), JLK INSPECTION(KR, 9건), Z ADVANCED COMPUTING(US, 9건) 순임
- DEEPNOID(KR)는 대기업 출신의 중역들과 영상의학과 전문의 기타 전문인력으로 구성된 의료 인공지능 관련 스타트업이고, Z ADVANCED COMPUTING(US)은 인공지능, 3차원 이미지 인식 및 검색 플랫폼관련 기업임

□ 기술 성숙도 분석



[그림 5-25] AI 기반 노화대응 및 진단치료 기술(AB)의 기술 성숙도 분석

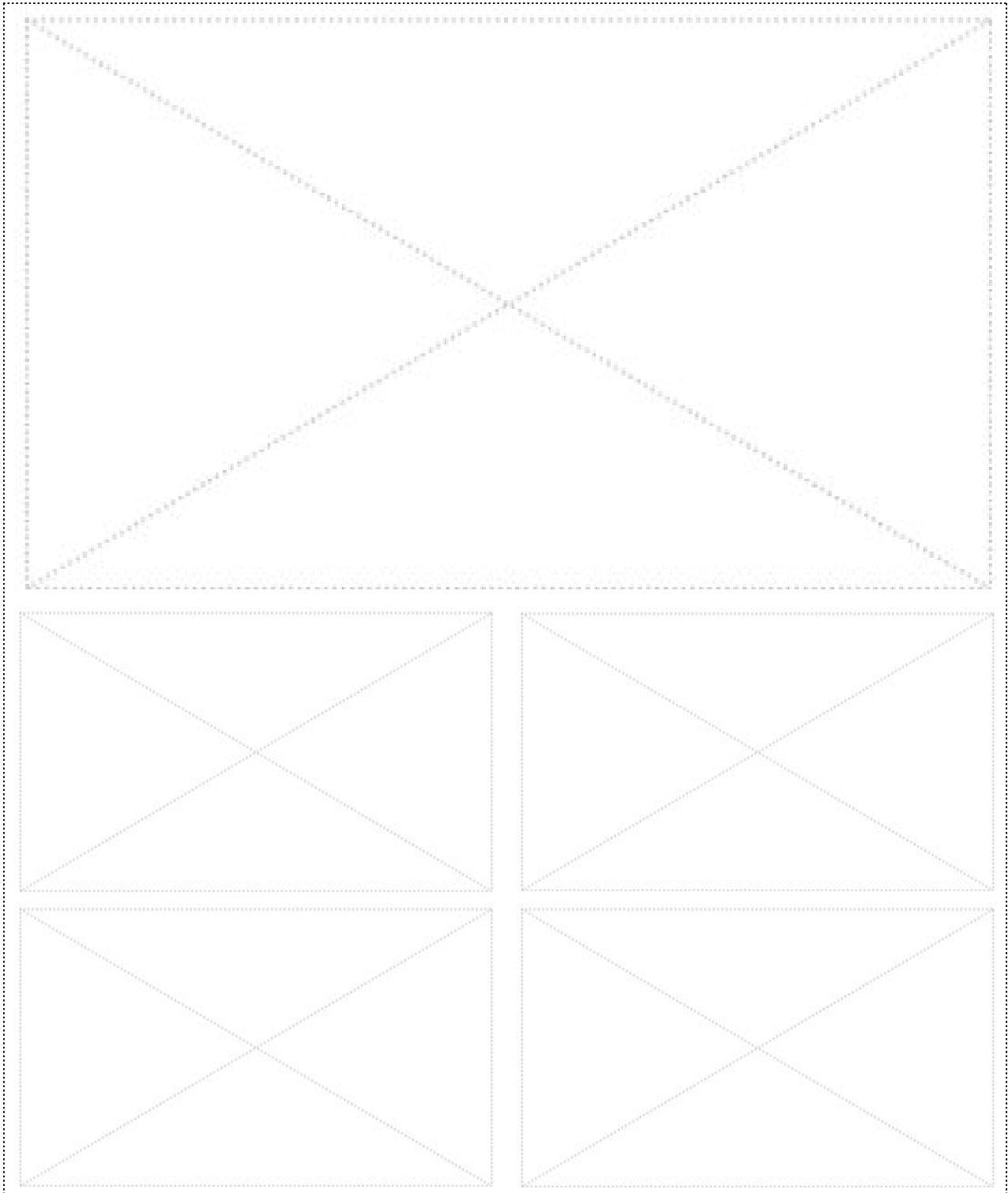
- 미라클 프로젝트 기술 중 AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015

년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악

- 미라클 프로젝트 기술 중 AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하는 것으로 분석되므로, 기술 성숙도상 발전기로 파악
- 미국, 한국, 일본 및 유럽 모두는, 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하였고, 3구간 대비 4구간 역시 출원인수 및 출원건수가 증가하였는바, 기술 성숙도상 발전기로 파악

④ 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA) 특허분석

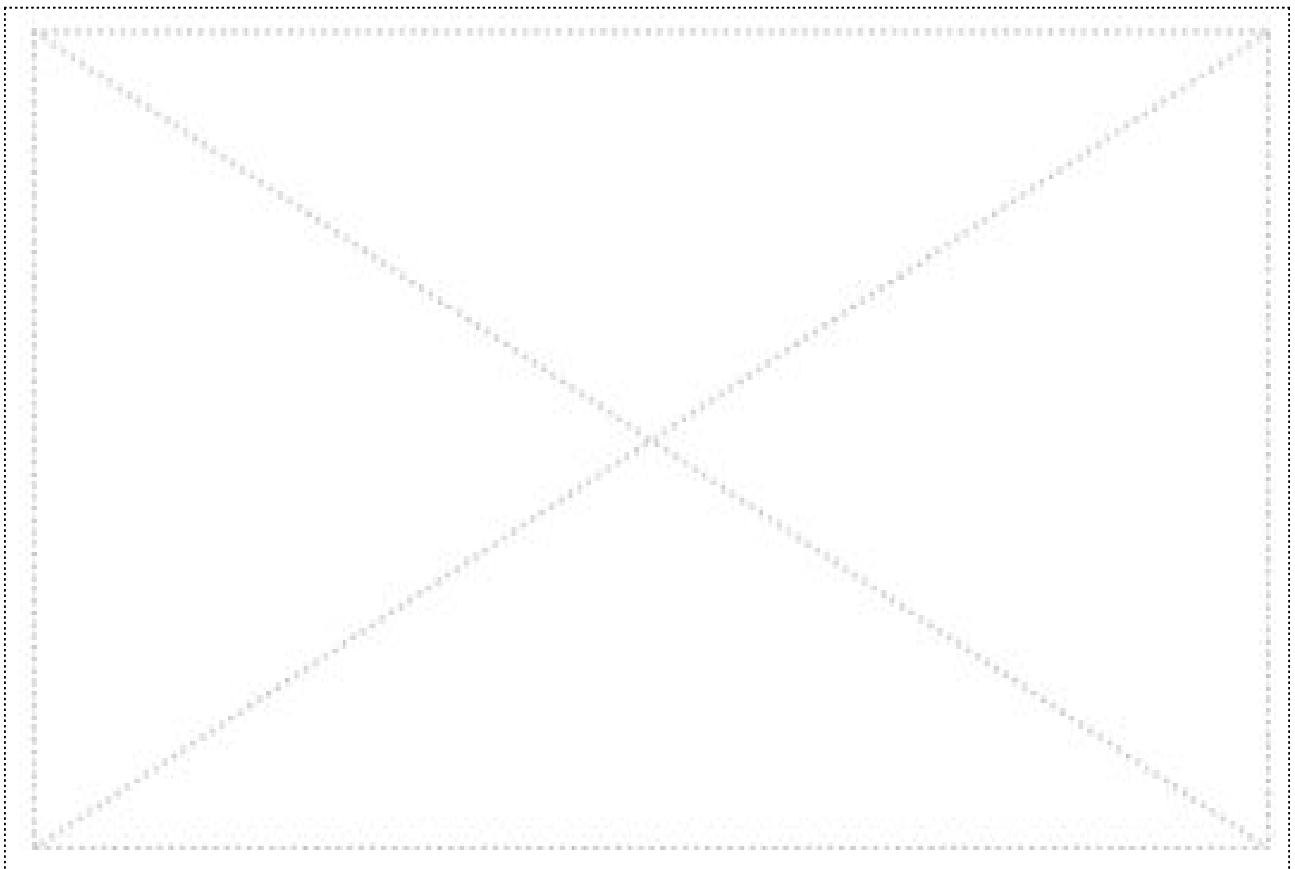
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-26] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 특허출원 동향

- 미라클 프로젝트 기술 중 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2007년 이후 최근까지 출원이 지속적으로 증가하는 것으로 분석
- 최다 출원국인 미국은 전체 특허에 대한 출원동향과 유사하게 2007년 이후 최근까지 출원이 지속적으로 증가하는 것으로 분석
- 한국은 2001년부터 2010년까지는 출원이 거의 없다가 2011년부터 2018년까지 출원이 지속적으로 증가한 것으로 분석
- 일본은 2001년부터 2007년까지는 출원이 없다가 2008년 이후 최근까지 1~5건 내외의 출원을 매년 진행하는 것으로 파악
- 유럽은 2001년부터 2009년까지 출원이 거의 없었고, 2010년부터 2017년까지 출원이 증가하다가 그 이후 감소하는 양상을 보임

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황



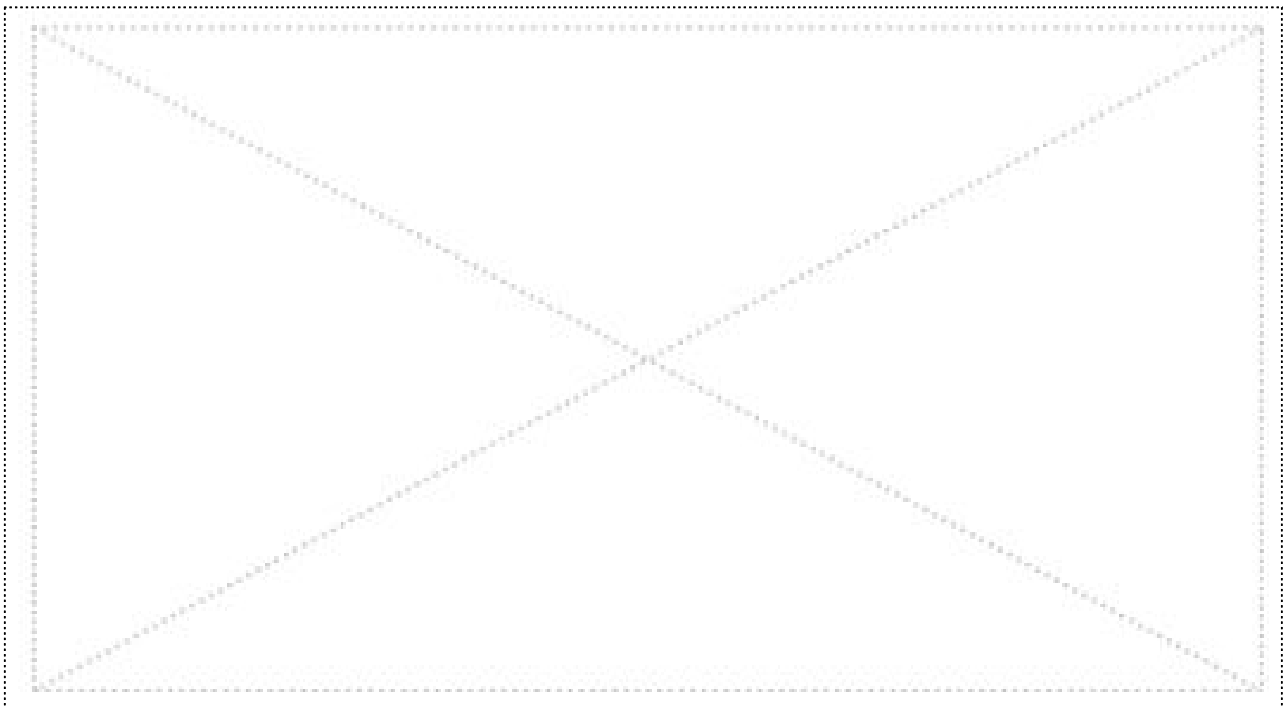
[그림 5-27] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 64%(556건)를 차지하는데, 자

국 국적의 출원은 68%(376건), 외국 국적의 출원은 32%(180건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 일본, 독일, 프랑스 및 대만 등임

- 한국은 전체 22%(188건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 89%(167건), 외국 국적의 출원은 11%(21건)로 구성되고, 외국인 국적은 미국, 캐나다 및 중국임
- 일본은 전체의 3%(26건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 54%(14건), 외국 국적의 출원은 46%(12건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 한국 및 영국임
- 유럽은 전체의 11%(94건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 16%(15건), 외국 국적의 출원은 84%(79건)로 구성되며, 자국 국적은 프랑스, 독일, 포르투갈, 스위스 및 스페인이고, 외국 국적의 출원인은 미국, 한국, 일본, 호주, 캐나다 등임

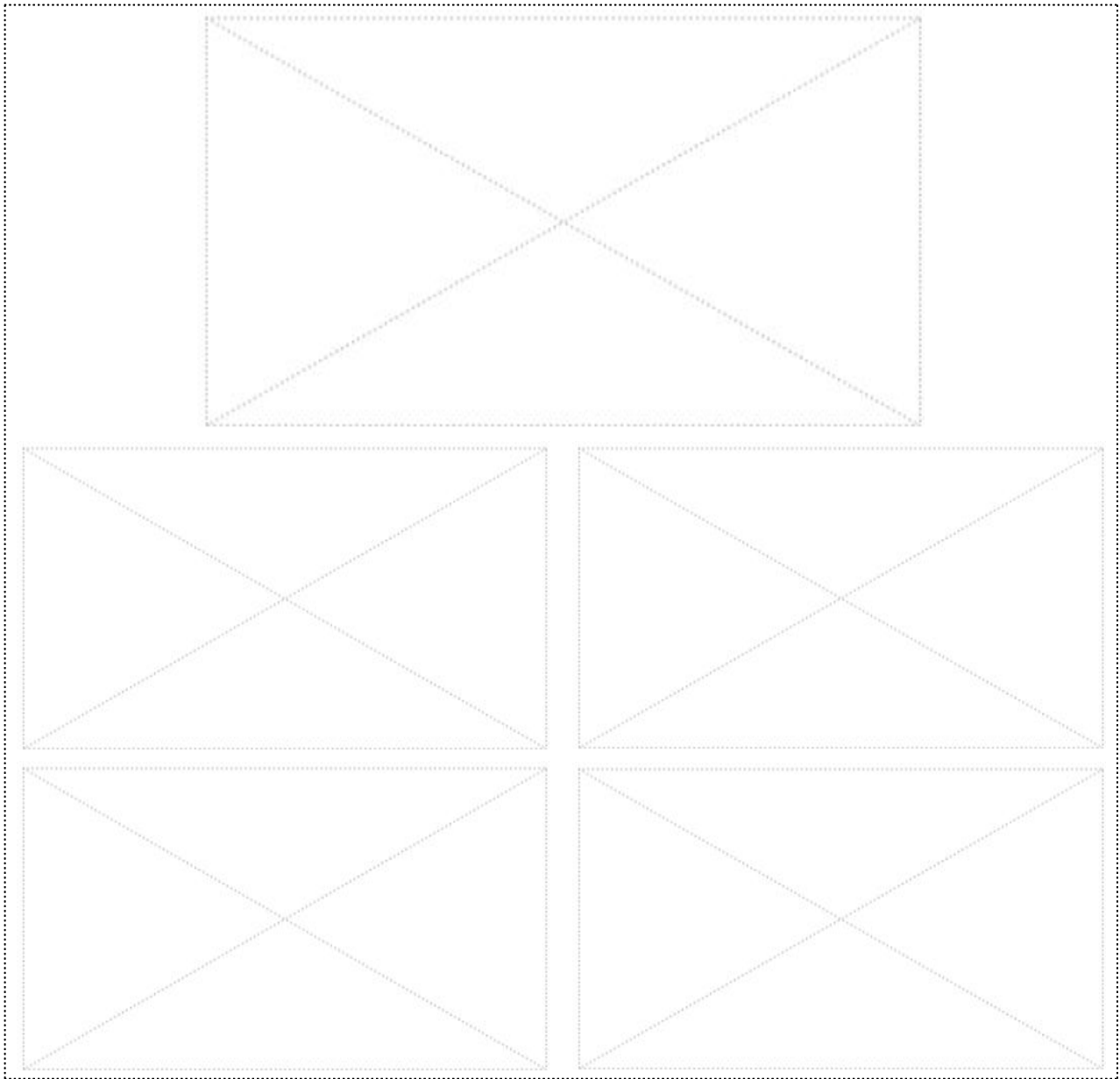
□ 주요 출원인 분석



[그림 5-28] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 4인, 한국 국적의 출원인 5인, 일본 국적의 출원인 1인으로 구성
- 최다 출원인은 IBM(US, 133건)이고, 그 뒤를 이어 SK HYNIX(KR, 72건), SAMSUNG ELECTRONICS(KR, 63건), QUALCOMM(US, 58건) 및 INTEL(US, 57건) 순임
- 최다 출원인 상위 5위에 속하는 출원인 모두 반도체 소자 제조와 관련된 글로벌 기업으로서, 본 기술 분류가 새로운 형식의 반도체(소자)와 관련이 있거나 또는 컴퓨팅 방식일 것이라고 추정할 수 있음

□ 기술 성숙도 분석



[그림 5-29] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 기술 성숙도 분석

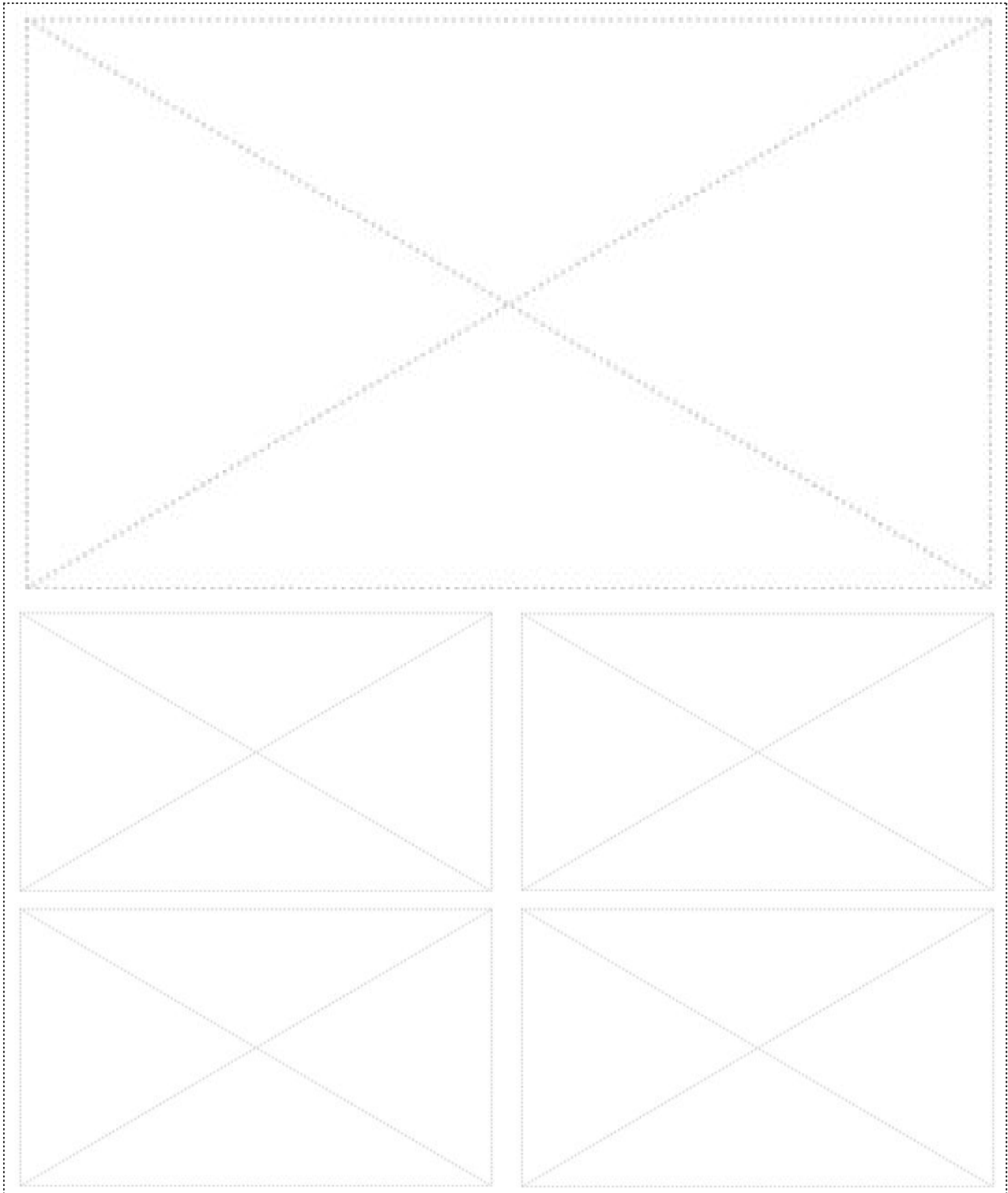
- 미라클 프로젝트 기술 중 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015

년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악

- 미라클 프로젝트 기술 중 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간, 3구간 대비 4구간 모두 출원인수 및 출원건수가 증가하는 양상을 보이는바, 기술 성숙도상 발전기인 것으로 파악
- 미국, 한국, 일본 및 유럽 역시 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하였는바, 기술 성숙도상 발전기인 것으로 파악

⑤ 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB) 특허분석

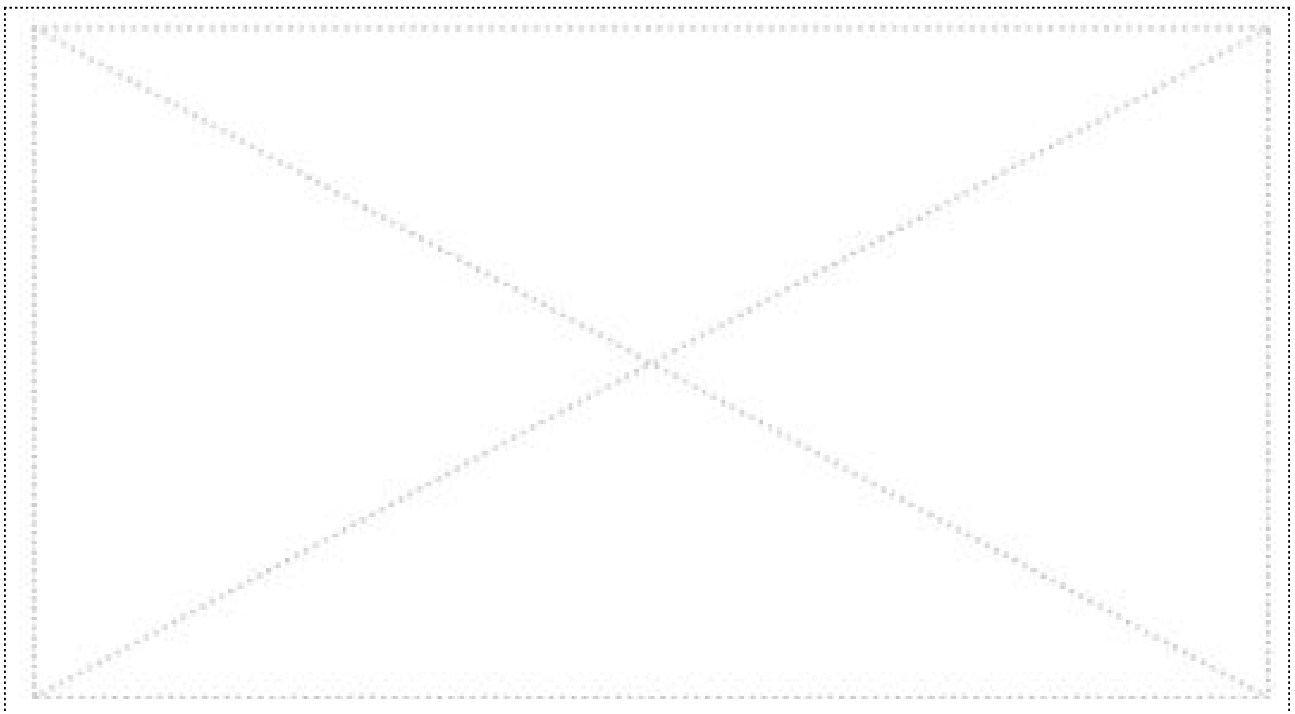
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-30] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 특허출원 동향

- 미라클 프로젝트 기술 중 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2001년부터 2011년까지 제1주기, 2012년부터 2020년까지 제2주기로 구분할 수 있으며, 제1주기는 2004년 최다 출원까지 출원이 증가한 후, 2011년까지 기복을 보이면서 출원이 감소하였고, 2012년부터 2018년까지 기복을 보이면서 출원이 증가한 후 최근들어 급감하는 양상을 보임
- 미국은 2004년 최다 출원건수를 보일때까지 출원이 증가하다가, 그 이후 2006년까지 출원이 급감한 후 최근까지 1~10건의 범위내에서 기복을 보이면서 출원이 진행되는 양상을 보임
- 한국은 2001년부터 2010년까지 제1주기 출원 동향의 양상을 보였고, 2011년부터 2020년까지 제2주기 출원 동향 양상을 보이는데, 제2주기에 있어 2018년까지 출원이 급증하다가 그 이후 출원이 급감하는 양상을 보임
- 최다 출원국인 일본은 2004년 최다 출원건수를 기록한 이후 2년~3년을 주기로 점차 감소하는 형태의 출원동향을 최근까지 나타냄
- 유럽은 2004년 7건, 2007년 6건을 제외하고, 분석 구간 모두에서 0~4건 범위 내에서 출원의 기복현상을 보이고 있음

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황



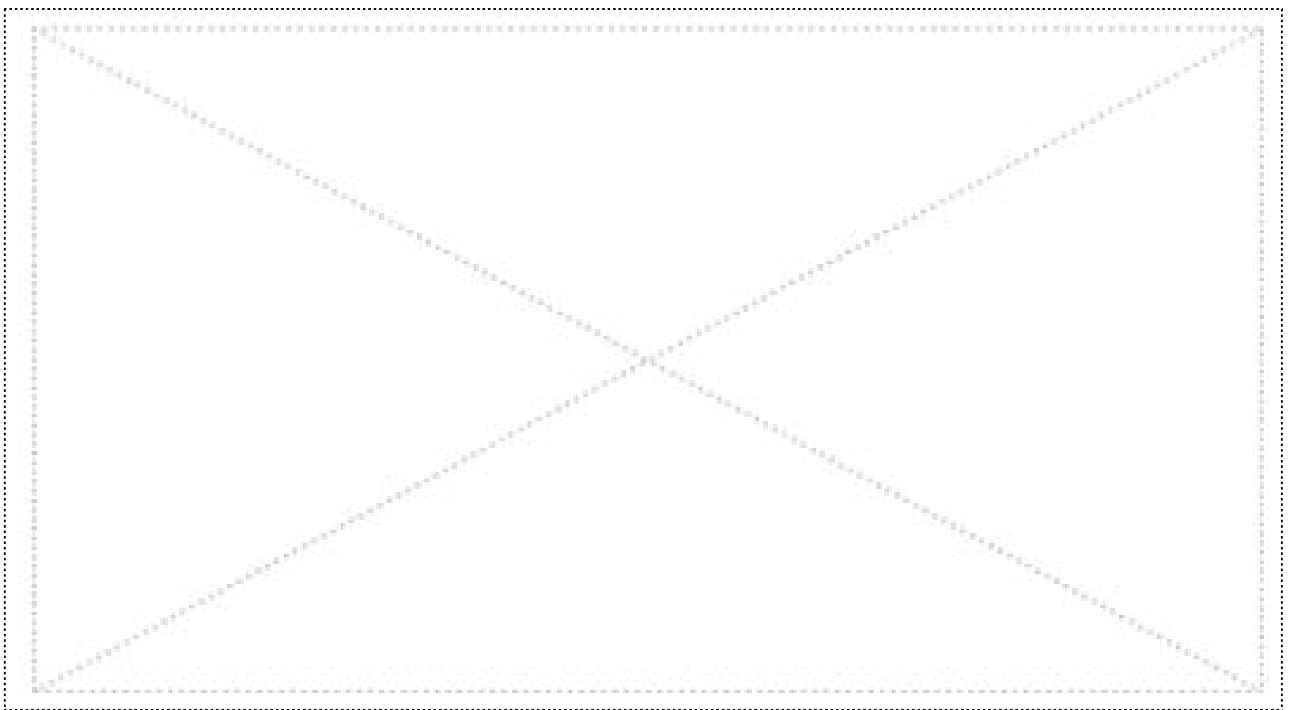
[그림 5-31] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 내외국인 특허

허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 25%(94건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 35%(33건), 외국 국적의 출원은 65%(61건)로 구성되며, 외국인의 국적은 일본, 한국, 스위스, 영국, 프랑스 등임

- 한국은 전체 27%(99건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 81%(80건), 외국 국적의 출원은 19%(19건)로 구성되고, 외국인 국적은 일본, 케이만 군도(KY), 캐나다, 미국, 중국 등임
- 일본은 전체의 37%(140건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 89%(124건), 외국 국적의 출원은 11%(16건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 스위스, 영국, 오스트리아 및 프랑스임
- 유럽은 전체의 11%(42건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 55%(23건), 외국 국적의 출원은 45%(19건)로 구성되며, 자국 국적은 프랑스, 영국, 독일, 이탈리아 등이고, 외국인 국적은 미국, 일본 및 이스라엘임

□ 주요 출원인 분석

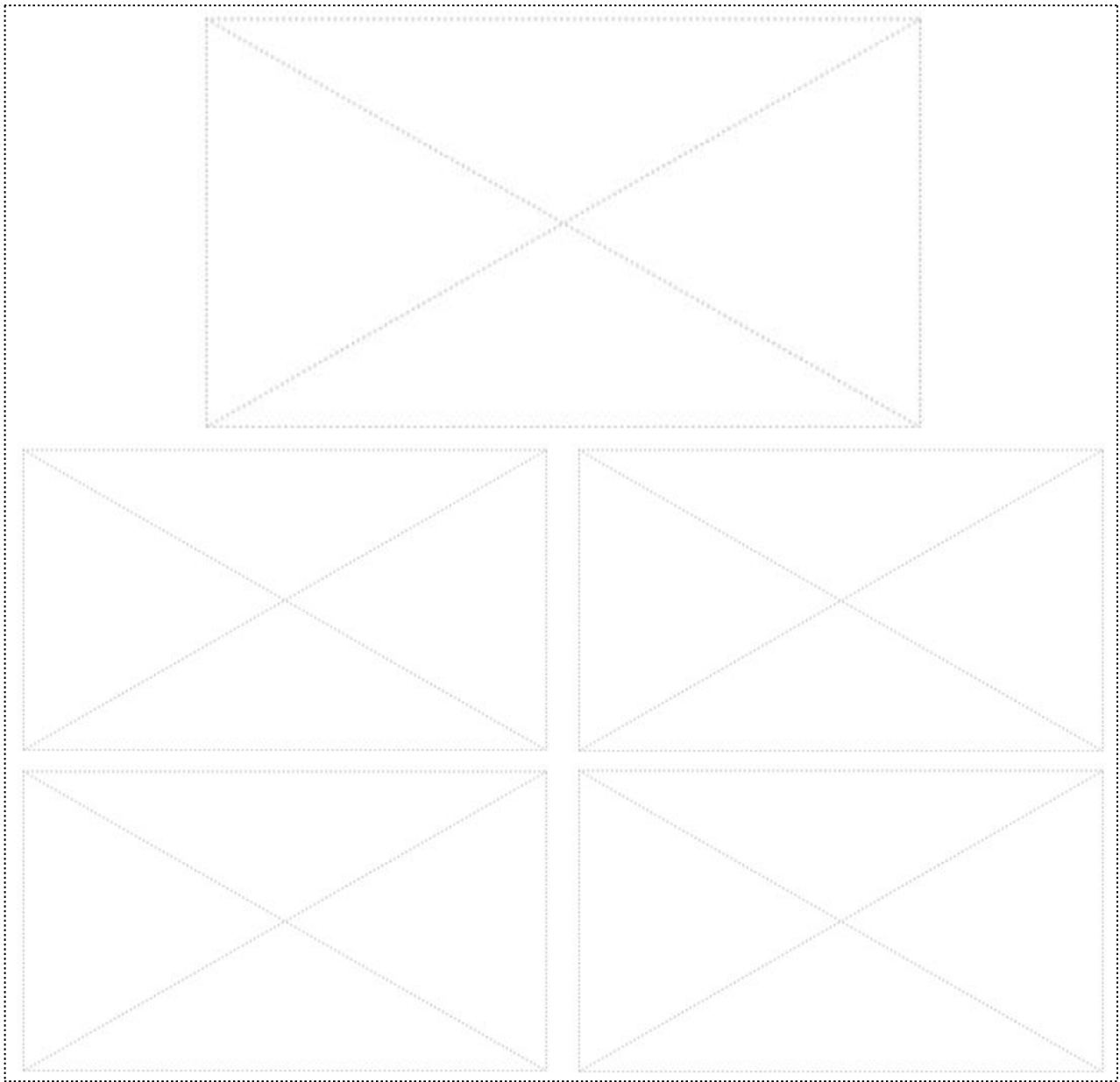


[그림 5-32] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 한국 국적 3인, 일본 국적 5인, 스위스 및 영국 국적 각 1인인 것으로 파악
- 최다 출원인은 MITSUBISHI ELECTRIC(JP, 34건), 그 뒤를 이어 NEC(JP, 24건), NTT(JP, 21건), TOSHIBA(JP, 19건) 및 KIST(KR, 14건) 순임

- 일본 국적의 MITSUBISHI ELECTRIC, NEC, NTT, TOSHIBA, SONY는 민간 기업인 반면, 한국 국적의 KIST, ETRI 및 SNU R&DB FOUNDATION은 양자 암호(통신) 분야를 집중적으로 연구개발하는 국립연구기관인 것이 특징적임

□ 기술 성숙도 분석



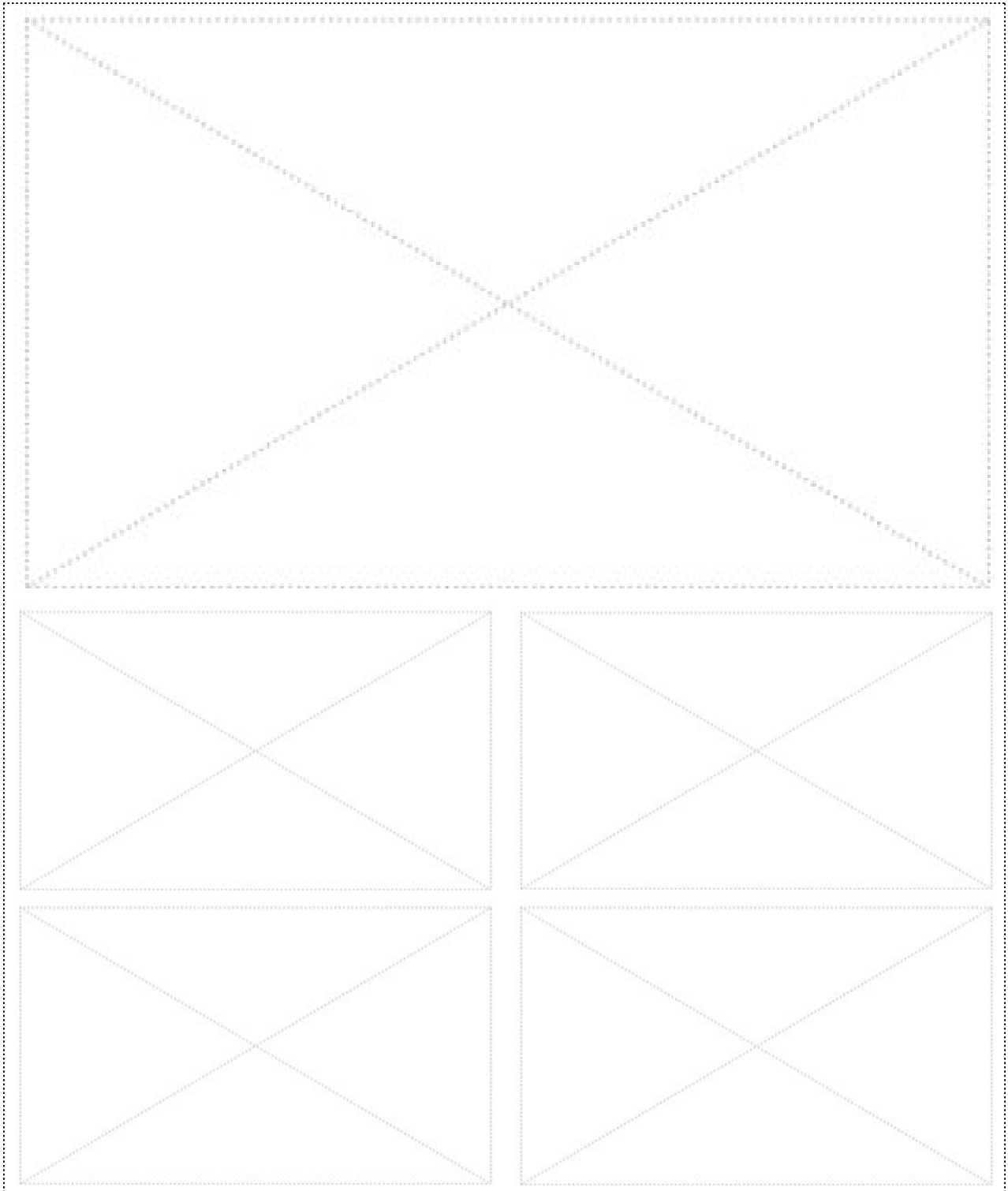
[그림 5-33] 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 기술 성숙도 분석

- 미라클 프로젝트 기술 중 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰

- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악
- 미라클 프로젝트 기술 중 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하였는 바, 기술 성숙도상 부활기인 것으로 파악
 - 새로운 세대의 정보 신뢰성·보안성 향상 기술이 출원동향에 반영되었을 것으로 추정
- 미국도 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 감소하다가, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하는바, 기술 성숙도상 부활기로 파악
- 한국은 2구간 대비 3구간 뿐만 아니라 3구간 대비 4구간에서도 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하였는바, 기술 성숙도상 발전기인 것으로 파악
- 일본은 2구간 대비 3구간 뿐만 아니라, 3구간 대비 4구간에서도 출원인수 및 출원건수가 모두 감소하였는바, 기술 성숙도상 퇴조기인 것으로 파악
- 유럽은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수가 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인 및 출원건수 모두 증가하였는바, 기술 성숙도상 부활기로 파악

⑥ 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA) 특허분석

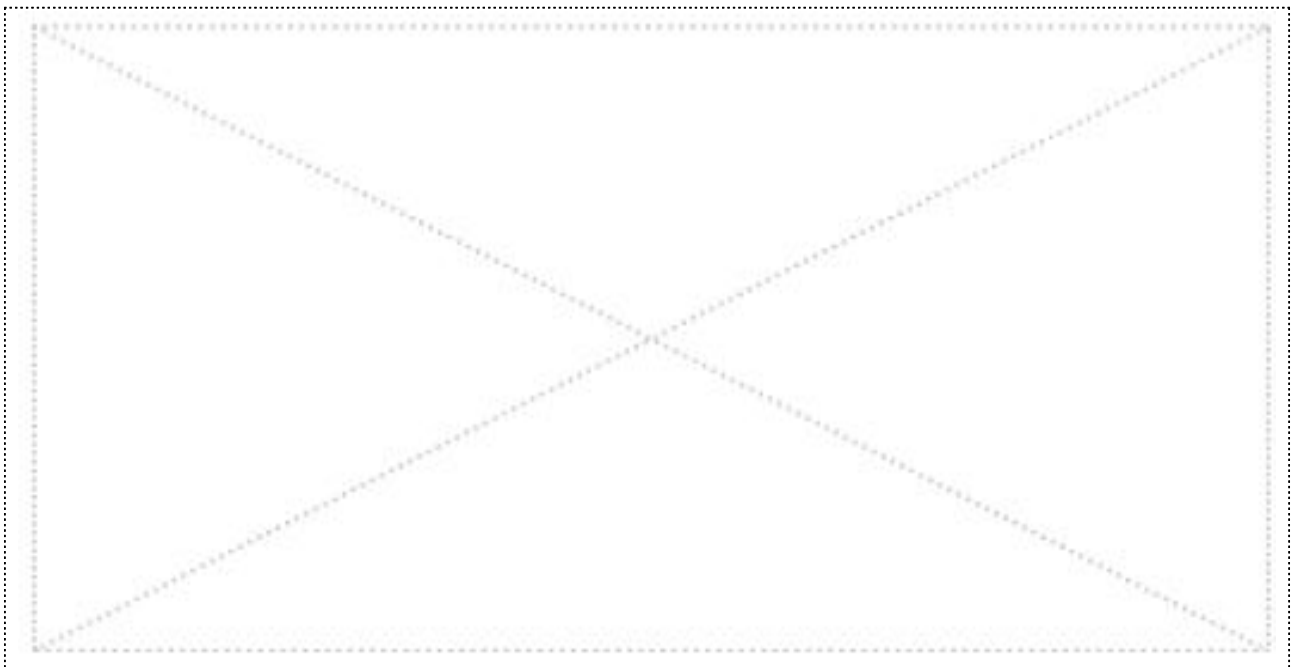
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-34] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 특허출원 동향

- 미라클 프로젝트 기술 중 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2005년부터 2018년까지 다소의 기복을 보이면서 출원건수가 지속적으로 증가하다가 그 이후 출원이 감소하는 추세를 보임
- 미국은 2~3년동안 출원 증가후, 2~3년동안 출원감소의 패턴을 보이면서 2018년 최다 출원을 기록하였고, 그 이후 출원이 감소하는 추세를 보임
- 최다 출원국인 한국은 2003년 이후 2018년까지 다소의 기복을 보이면서 출원이 점차 증가하는 추세를 보이다가 그 이후 출원이 감소하는 추세를 보임
- 일본은 2005년 이후 2015년까지 다소의 기복을 보이면서 출원이 점차 증가하는 추세를 보이다가, 그 이후 출원이 기복을 보이면서 점차 감소하는 추세를 보임
- 유럽은 2010년(6건)을 제외하고는 분석구간 전체동안 0~5건의 범위 내에서 출원이 진행되는 양상을 보임보임

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황



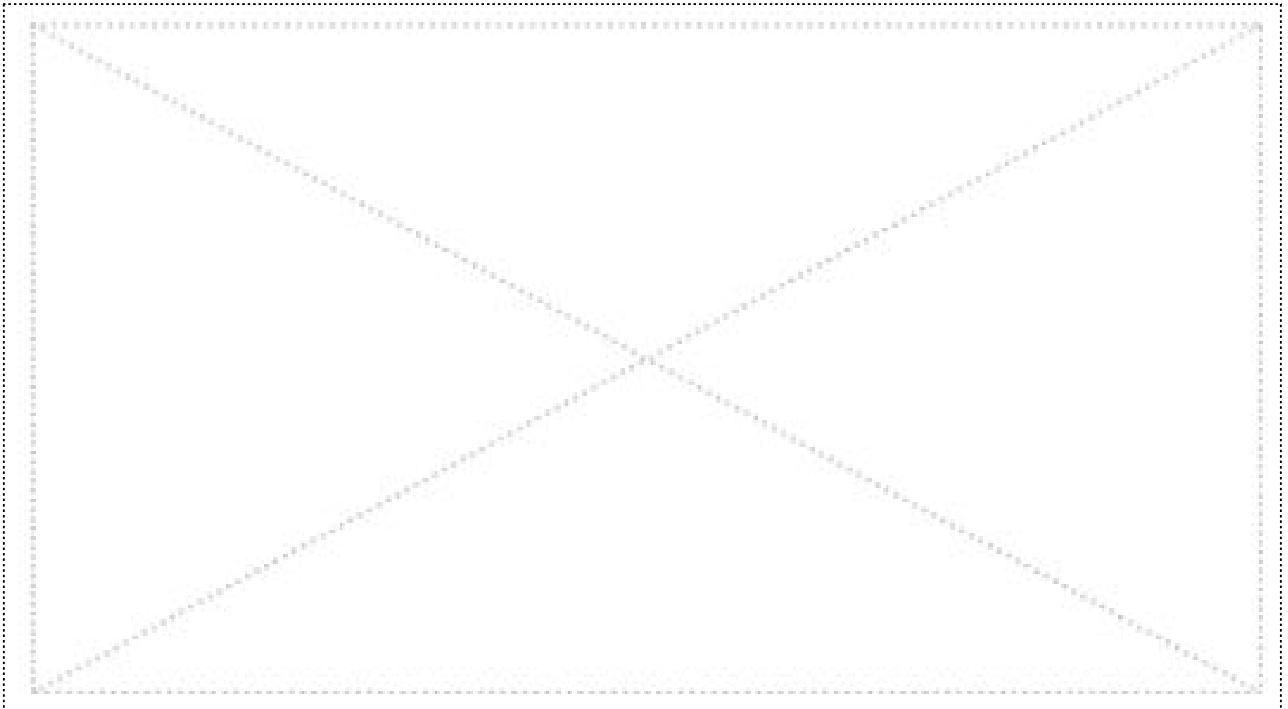
[그림 5-35] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 33%(151건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 57%(86건), 외국 국적의 출원은 43%(65건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 일본, 캐나다, 중국, 이스라엘 등임
- 한국은 전체 43%(195건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 94%(184건), 외국 국적의 출원은 6%(11건)로 구성되고, 외국인 국적은 미국, 일본, 중국, 스페인, 프

랑스 등임

- 일본은 전체의 17%(79건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 85%(67건), 외국 국적의 출원은 15%(12건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 독일, 뉴질랜드, 중국, 한국 등임
- 유럽은 전체의 7%(33건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 49%(16건), 외국 국적의 출원은 51%(17건)로 구성되며, 자국 국적은 독일, 이탈리아, 스위스, 프랑스, 영국 등이고, 외국인 국적은 미국, 일본, 중국, 호주, 한국 등임

□ 주요 출원인 분석



[그림 5-36] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 2인, 한국 국적의 출원인 3인, 일본 국적의 출원인 4인 및 룩셈브루크 국적의 출원인 1인으로구성
- 최다 출원인인 TESLA(US)는 총 11건을 출원하였는데, 전기 자동차 제조업체로 알려진 기업이지만 건축물 관련 태양광 발전에도 다수 출원을 하고 있다는 점이 특징적임
- LG HAUSYS(KR, 7건) 및 TOYOTA HOME(JP, 6건)은 주택 관련 공법, 부품 등을 개발/판매하는 기업이고, TOYOTA MOTOR(JP, 6건)는 자동차 제조 및 판매 회사, ARCELORMITTAL(LU, 6건)은 철강산업체로서 전통적인 태양광 발전 기업(SUNPOWER(US, 6건)) 이외에도 다양한 분야의 기업들이 현재 연구개발을 진행 중임을 알 수 있음

□ 기술 성숙도 분석



[그림 5-37] 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 기술 성숙도 분석

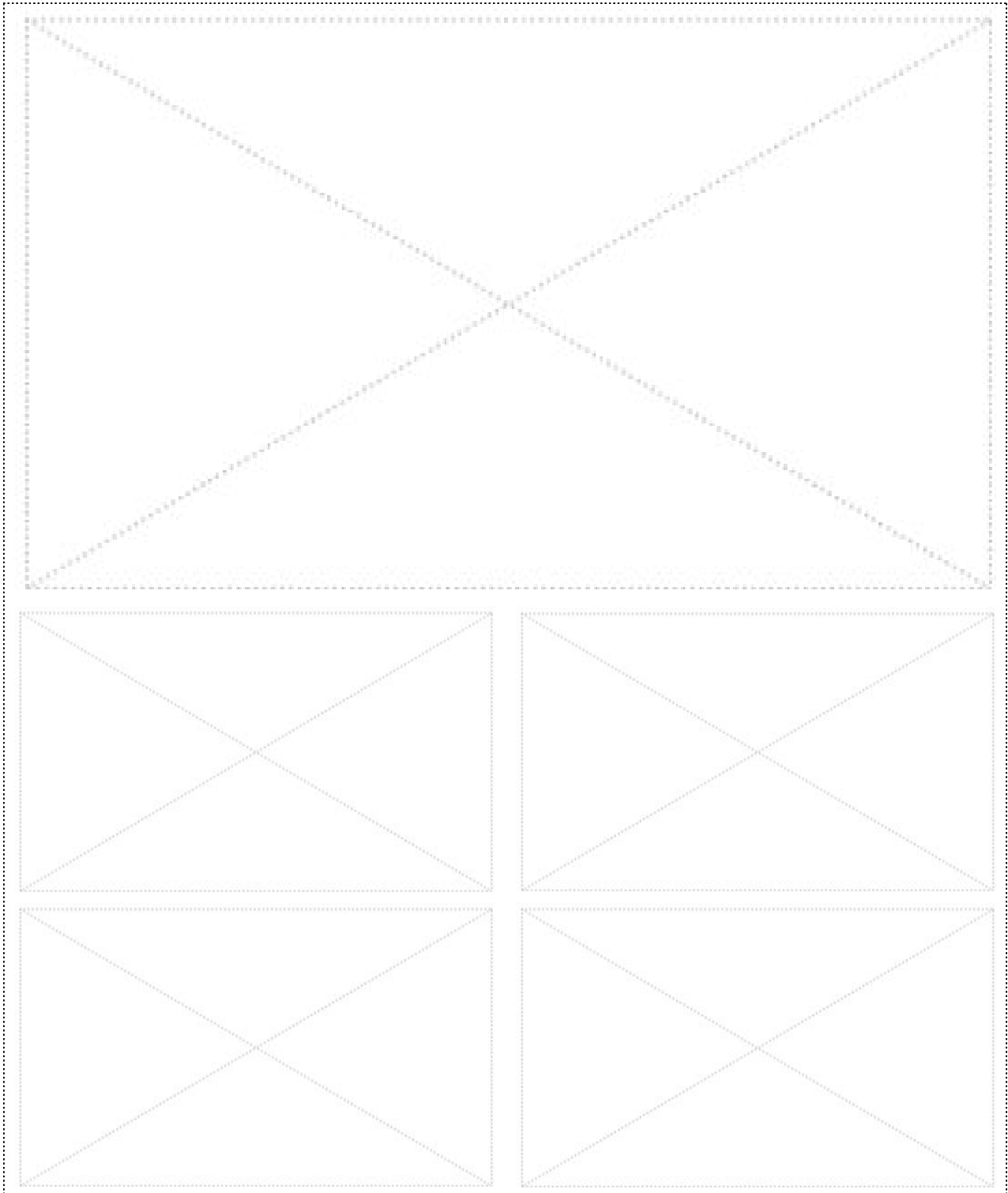
- 미라클 프로젝트 기술 중 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출

원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악

- 미라클 프로젝트 기술 중 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하였고, 3구간 대비 4구간에서도 출원인수 및 출원건수 모두 증가하였는바, 기술 성숙도상 발전기인 것으로 파악
- 미국 및 한국은 전체 특허에 대한 기술 성숙도와 마찬가지로 2구간 대비 3구간과, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하였는바, 기술 성숙도상 발전기인 것으로 파악
- 일본은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 감소하였는바, 기술 성숙도상 성숙기인 것으로 파악
- 유럽은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하였는바, 기술 성숙도상 부활기인 것으로 파악

⑦ 미래 미세먼지 저감 기술(CB) 특허분석

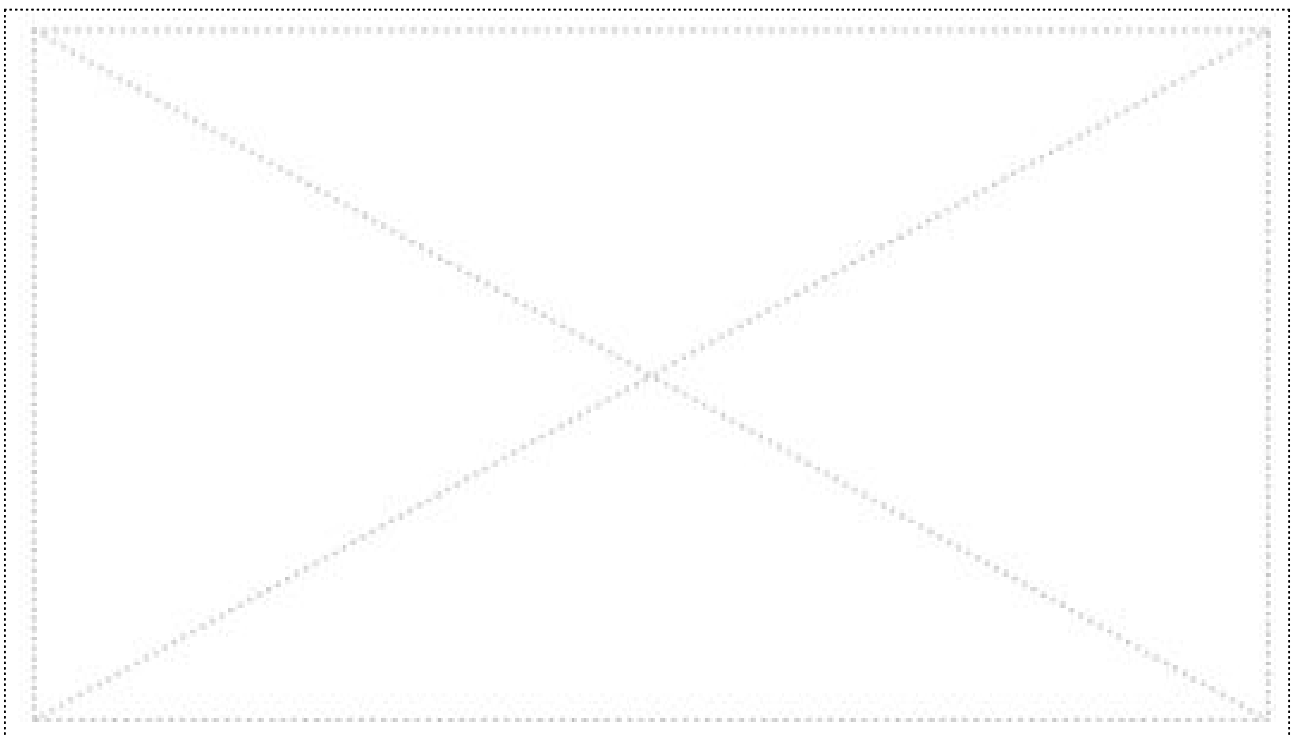
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-38] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 특허출원 동향

- 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2001년 이후 2014년까지 매년 20~40건 내외의 출원이 이루어지다가 2015년 이후 2019년까지도 출원이 급증
- 미국은 분석구간 전체에 걸쳐 1~8건 내외의 출원이 이루어짐
- 최다 출원국인 한국은 전체 출원에 대한 출원동향과 유사하게 2015년 이후 2019년까지 출원이 급증하는 추세를 보임
- 일본 및 유럽은 큰 증감의 변화 없이 분석구간 전체에 걸쳐 0~10건 내외의 출원이 매년 이루어짐

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황

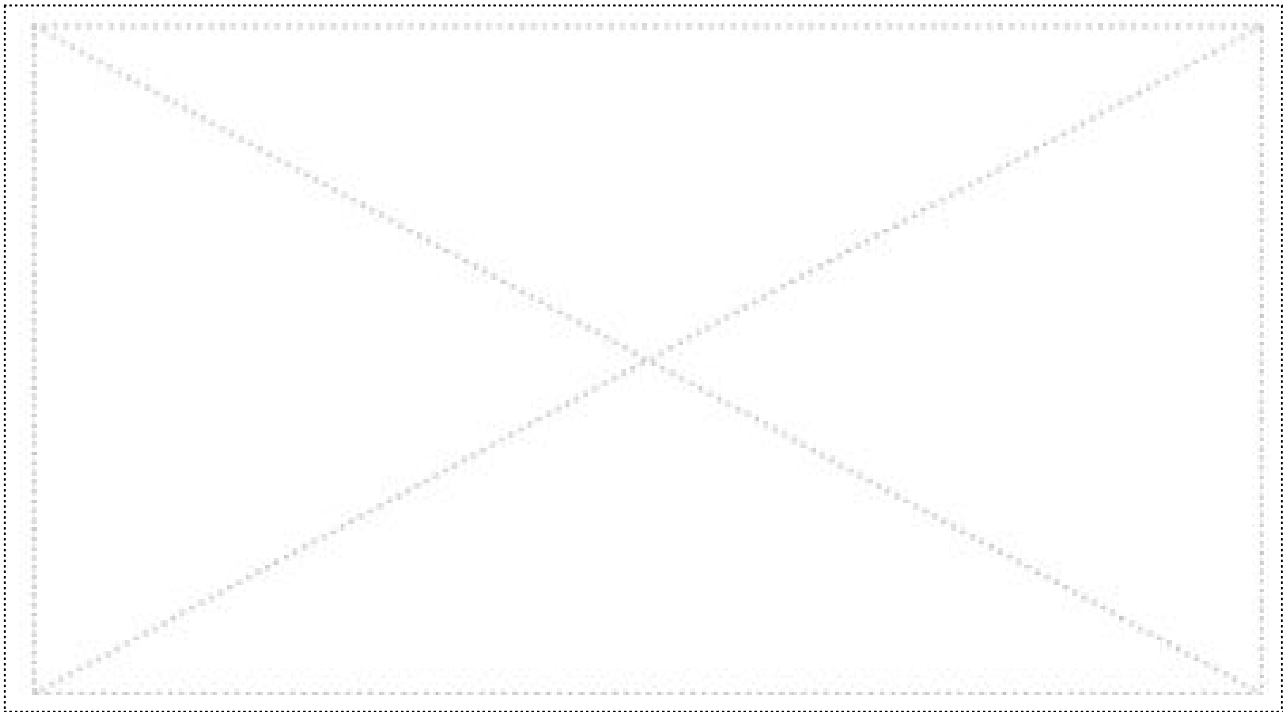


[그림 5-39] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 8%(73건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 18%(13건), 외국 국적의 출원은 82%(60건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 일본, 중국, 독일, 케이만 군도(KY) 등임
 - 중국발 미세먼지의 주요 영향국인 한국, 중국, 일본이 주요 외국 출원인이라는 점이 특징적임
- 한국은 전체 76%(665건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 100%(661건), 외국 국적의 출원은 0%(4건)로 구성되고, 외국인 국적은 중국, 미국, 이탈리아 및 독일임

- 일본은 전체의 12%(102건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 92%(94건), 외국 국적의 출원은 8%(8건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 중국, 영국, 미국 등임
- 유럽은 전체의 4%(30건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 60%(18건), 외국 국적의 출원은 40%(12건)로 구성되며, 내국인 국적은 독일, 네덜란드, 오스트리아 및 이탈리아이고, 외국인 국적은 한국, 미국, 일본 및 중국임

□ 주요 출원인 분석



[그림 5-40] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 모두 한국 국적의 출원인으로 구성
 - 최근의 중국발 미세먼지의 위험성이 경고된 이후 미세먼지 저감의 필요성이 대두되는 시대상황이 반영된 것으로 추정
- 최다 출원인 KIMM(한국기계연구원, 28건), 그 뒤를 이어 KRRI(한국철도기술연구원, 15건), ROYAL INDUSTRIAL TECH(15건), SAMSUNG GWANGJU ELECTRONICS(삼성광주전자 주식회사, 10건), KIER(한국에너지기술연구원, 9건) 순임
- 가전제품 제조 회사들은 가정용 미세먼지 저감 장치를 자동차 또는 철도 제조 출원인은 자동차 또는 철도 차량에 내장되는 미세먼지 저감 장치를 출원한 것으로 파악

□ 기술 성숙도 분석



[그림 5-41] 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 기술 성숙도 분석

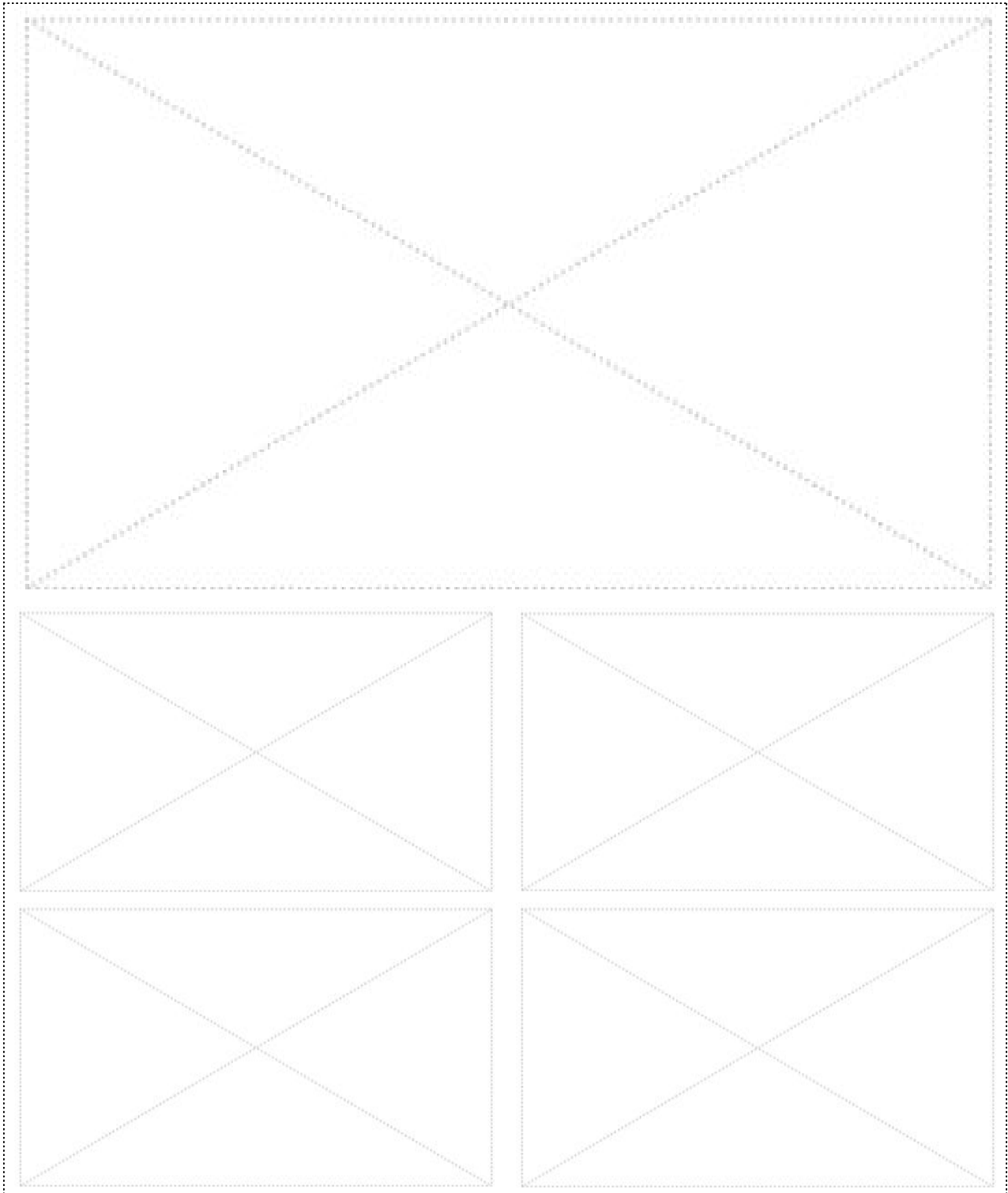
- 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출

원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악

- 미라클 프로젝트 기술 중 미래 미세먼지 저감 기술(CB)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간 및 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하는 것으로 분석되는바, 기술 성숙도상 발전기로 파악
- 미국 및 한국 역시 전체 특허에 대한 기술 성숙도와 마찬가지로 발전기로 파악
- 일본은 2구간 대비 3구간 및 3구간 대비 4구간에서 모두 출원인수 및 출원건수가 감소하였는바, 기술 성숙도상 퇴조기로 파악
- 유럽은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수가 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원건수가 미미하게 증가하였는바, 기술 성숙도상 퇴조기로 파악

⑧ 선제적 재난 대응 기술(CC) 특허분석

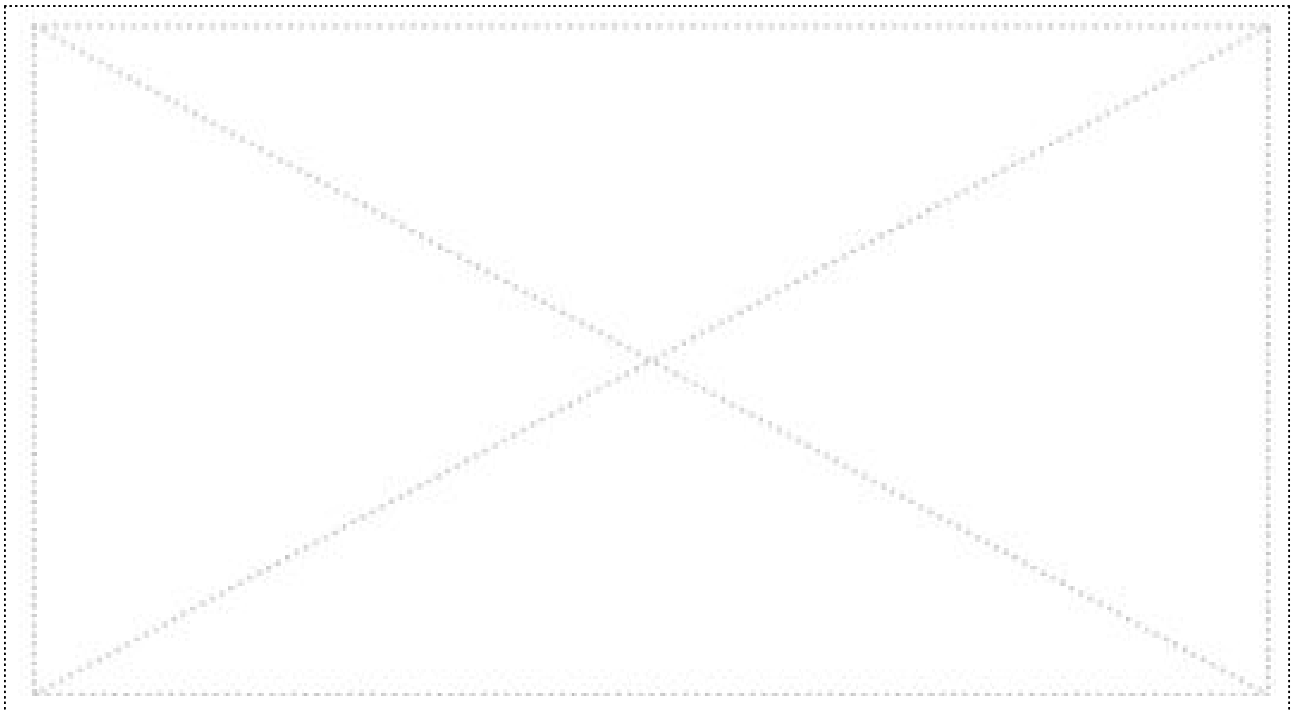
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-42] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 특허출원 동향

- 선제적 재난 대응 기술(CC)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2001년부터 2014년까지는 1~5건 내외의 출원이 큰 증감없이 이루어지다가, 2015년 이후 2019년까지 출원이 급증하는 추세를 보임
- 미국, 한국, 일본 및 유럽 역시 전체 출원에 대한 동향과 마찬가지로 2001년부터 2014년 전후까지 큰 변동없이 출원이 5건 미만으로 이루어지다가 그 이후 최근까지 출원이 급증하는 양상을 보임
 - 이러한 양상을 보이는 이유는 선제적 재난 대응 기술(CC)의 기본 전제가 되는 기술이 인공지능(기계학습) 기술인데, 이러한 기술은 2010년 이후 크게 주목을 받고 발전하고 있는 기술이기 때문인 것으로 사료

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황

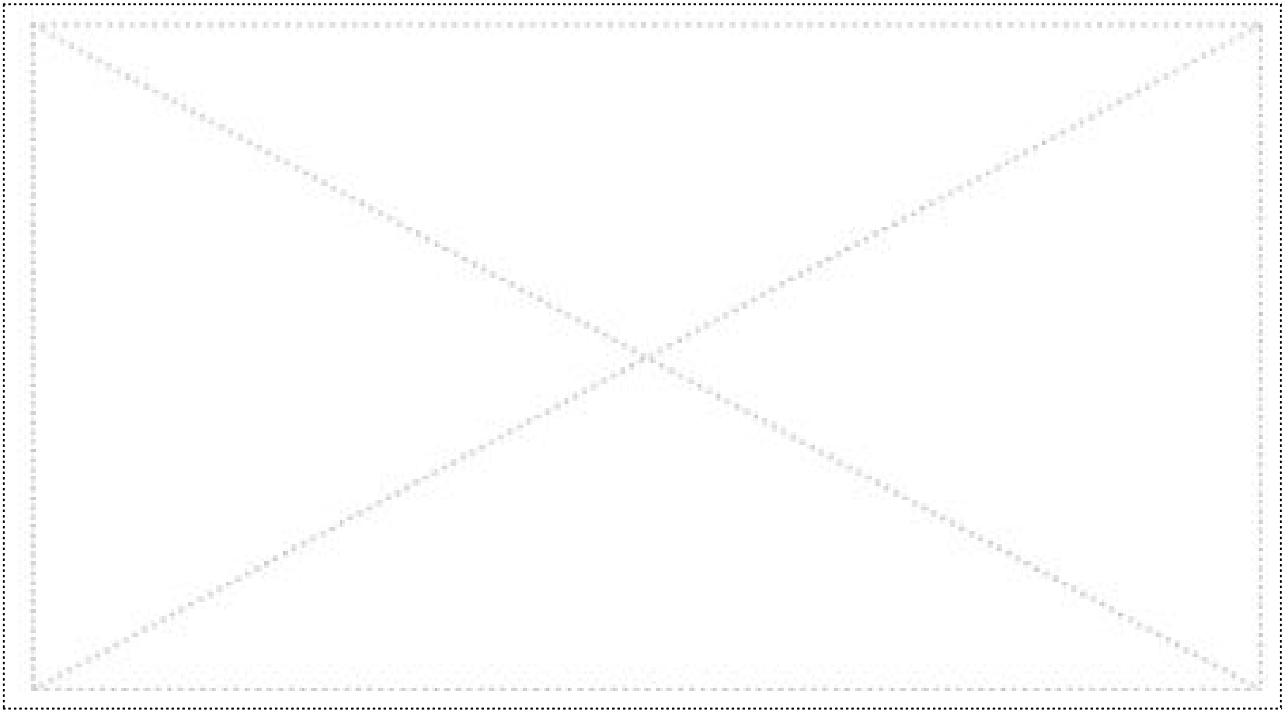


[그림 5-43] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미라클 프로젝트 기술 중 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 44%(148건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 73%(109건), 외국 국적의 출원은 27%(39건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 독일, 아일랜드(IE), 대만 등임
- 한국은 전체 34%(115건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 95%(109건), 외국 국적의 출원은 5%(6건)로 구성되고, 외국인 국적은 미국, 브라질, 스페인 및 일본임
- 일본은 전체의 13%(45건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 60%(27건), 외국 국적의 출원은 40%(18건)로 구성되며, 외국인의 국적은 미국, 독일, 중국, 덴마크 등임

- 유럽은 전체의 9%(31건)를 차지하는데, 내국인 국적의 출원은 23%(7건), 외국 국적의 출원은 77%(24건)로 구성되며, 내국인 국적은 독일, 영국, 스페인, 벨기에 등이고, 외국인 국적은 미국, 일본, 이스라엘, 브라질 및 캐나다임

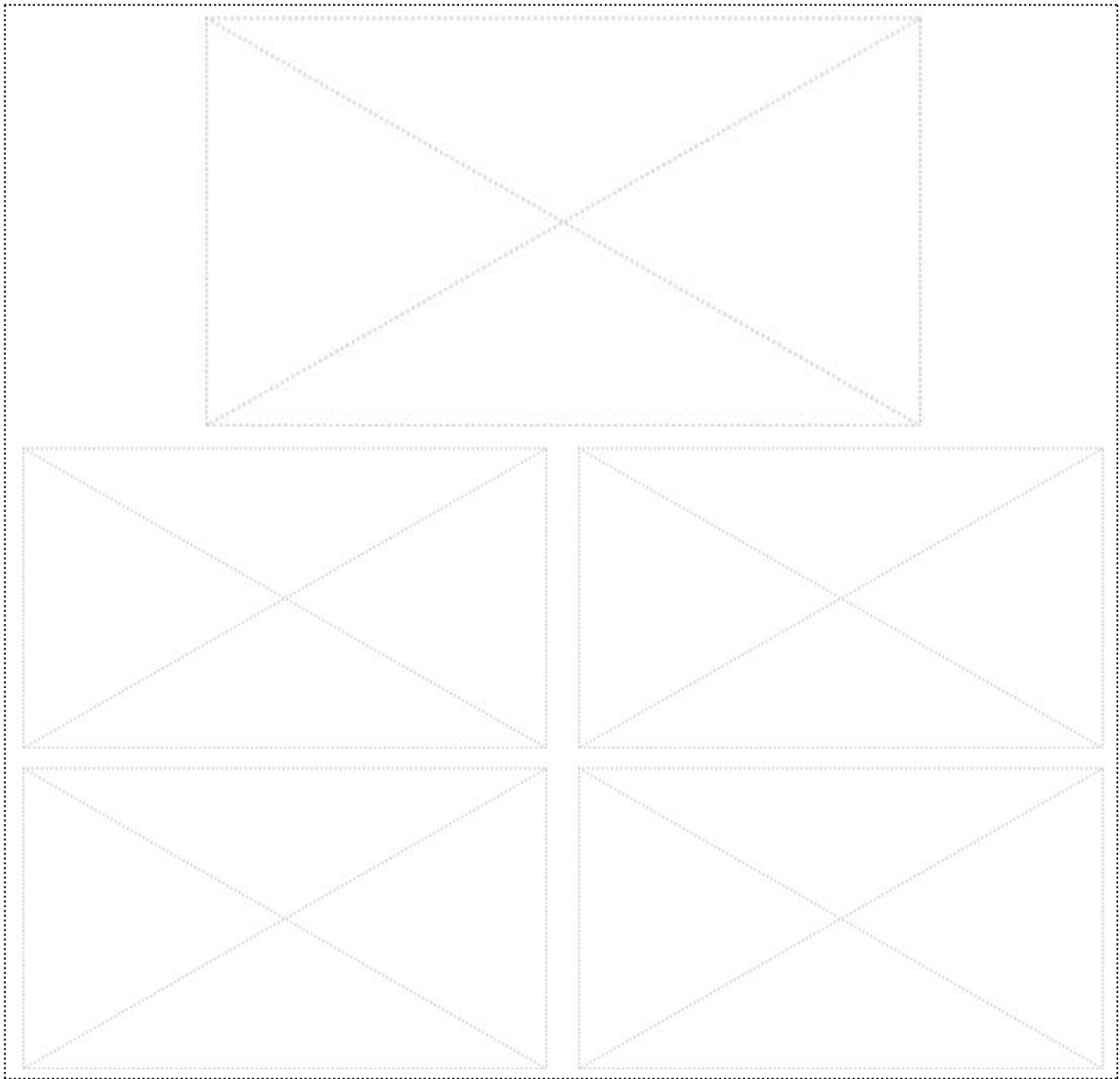
□ 주요 출원인 분석



[그림 5-44] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 국가별 주요 출원인 현황

- 선제적 재난 대응 기술(CC)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 7인, 한국 국적의 출원인 1인, 독일 및 아일랜드 각 1인으로 구성
- 최다 출원인인 IBM(US, 12건), 그 뒤를 이어 CASE WESTERN RESERVE UNIV(US, 6건), SIEMENS HEALTHCARE(DE, 6건), COHEN; HARRIS LEE(US, 5건), UNIV OF MICHIGAN(US, 5건), ZIBRIO(US, 5건) 순임
- 개인 출원인인 미국 국적의 COHEN; HARRIS LEE가 상위 출원인에 속한 것이 주목할만하고, ZIBRIO는 머신러닝을 이용하여 사고를 선제적으로 예방하는 기술을 가진 미국 국적의 기업임

□ 기술 성숙도 분석



[그림 5-45] 선제적 재난 대응 기술(CC)의 기술 성숙도 분석

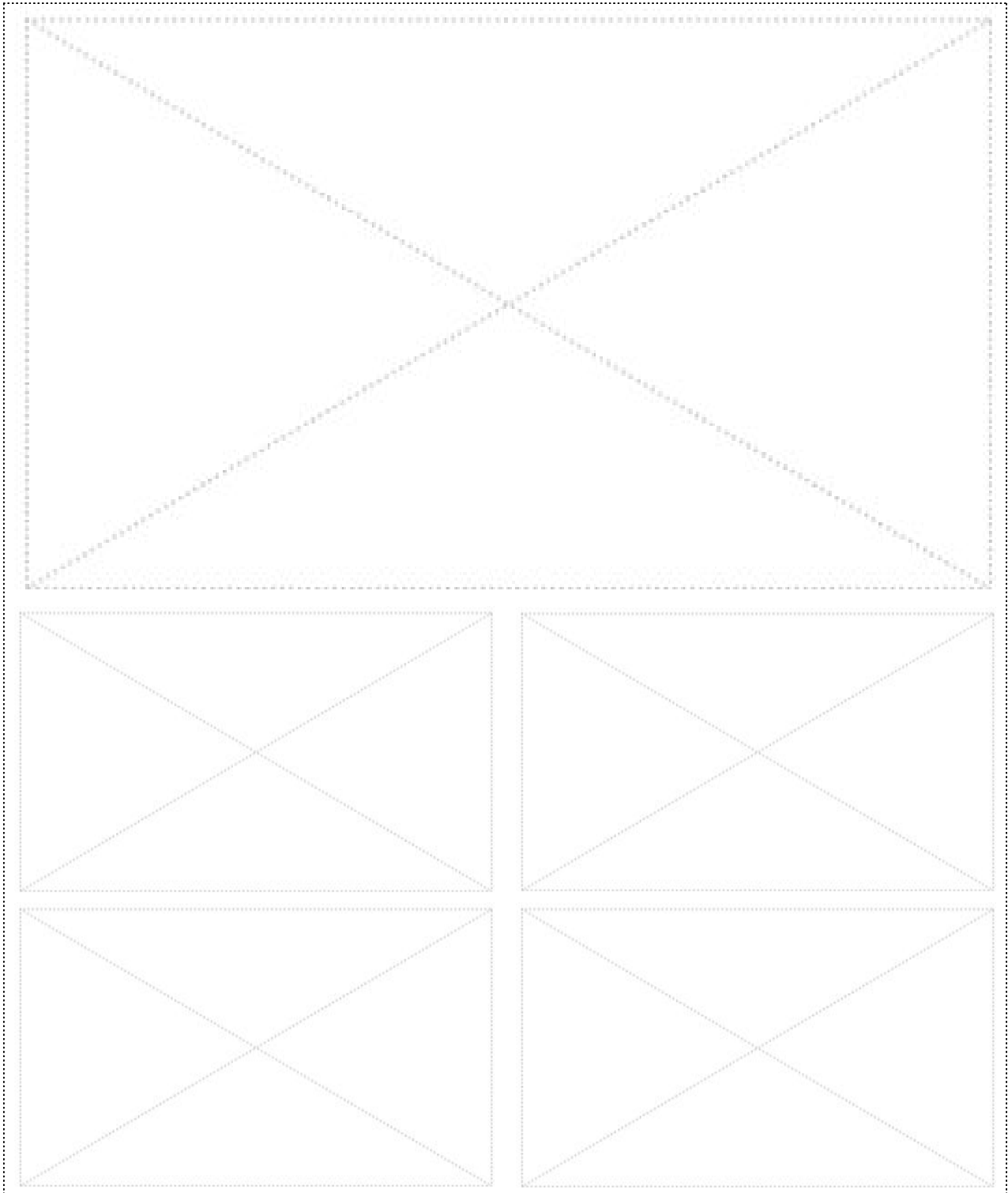
- 선제적 재난 대응 기술(CC)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출

원건수를 고려하여 기술 성숙도를 파악

- 미라클 프로젝트 기술 중 선제적 재난 대응 기술(CC)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 증가하는 것으로 분석되는바, 기술 성숙도상 발전기로 파악
- 미국, 한국, 일본 및 유럽 역시 2구간 대비 3구간, 3구간 대비 4구간에서 출원인수 및 출원건수보다 모두 증가하므로, 기술 성숙도상 발전기로 파악

⑨ 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA) 특허분석

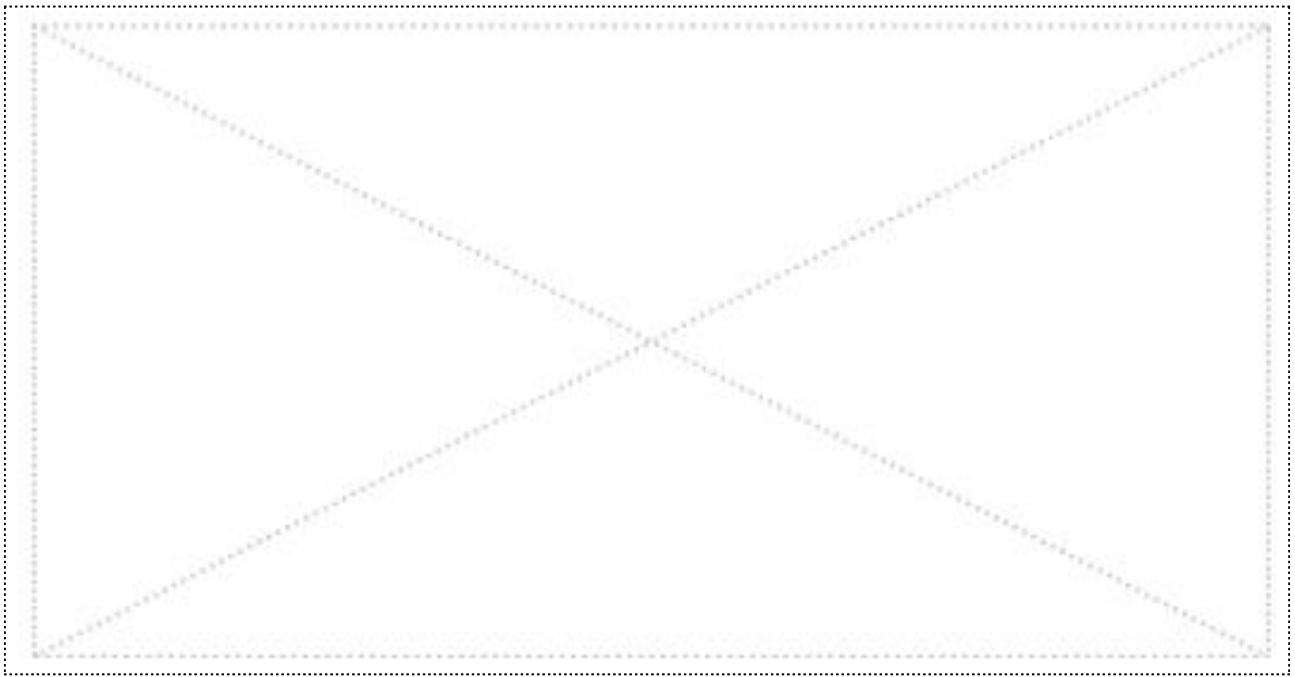
□ 국가별 특허출원 동향



[그림 5-46] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 특허출원 동향

- 미래클 프로젝트 기술 중 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2004년 및 2005년 최다 출원건수를 기록한 후 2009년까지 출원이 지속적으로 감소하다가 2010년 이후 2019년까지 큰 기복 없이 매년 30~40건 내외로 출원이 진행
- 미국은 분석구간 전체에 걸쳐 10~20건의 범위로 출원의 증감을 보임
- 한국은 2007년 최다 출원을 기록한 것을 제외하고는 분석구간 전체에 걸쳐 10건 미만으로 출원의 증감을 보임
- 일본은 2004년 최다 출원건수를 기록한 후, 3년에서 5년의 주기로 큰 폭의 감소율을 가지면서 2015년까지 출원이 감소한 이후 2018년까지 출원이 다소 증가하는 양상을 보임
- 유럽은 2006년 최다 출원을 기록한 것을 제외하고는 매년 0~10건 내외로 출원이 분석구간 전체에 걸쳐 이루어짐

☐ 국가별 내외국인 특허출원 현황

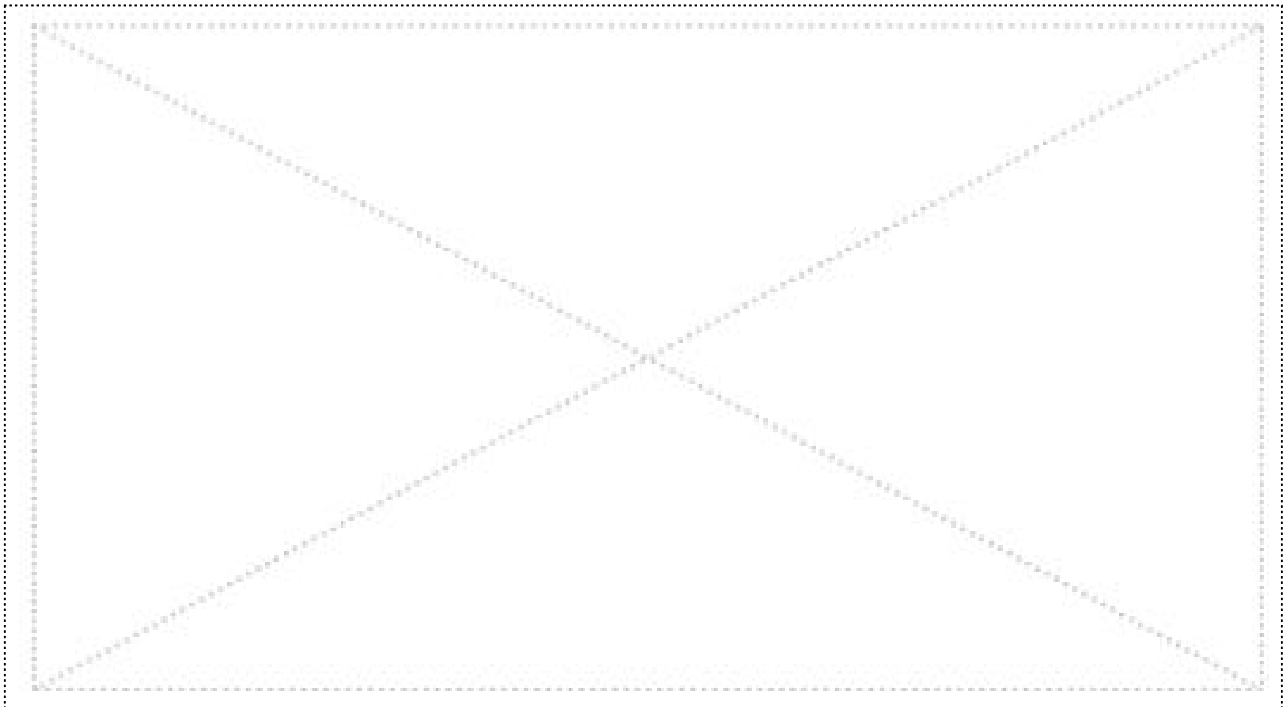


[그림 5-47] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 내·외국인 특허출원 현황

- 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 내외국인 특허출원 현황을 살펴보면, 미국은 전체의 32%(311건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 21%(65건), 외국 국적의 출원은 79%(246건)로 구성되며, 외국인의 국적은 일본, 한국, 독일, 프랑스, 캐나다 등임
- 한국은 전체 10%(92건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원이 100%(92건)임

- 일본은 전체의 48%(455건)를 차지하는데, 자국 국적의 출원은 94%(427건), 외국 국적의 출원은 6%(28건)로 구성되며, 외국인의 국적은 한국, 독일, 미국 및 프랑스임
- 유럽은 전체의 10%(100건)를 차지하는데, 내국인 국적의 출원은 51%(51건), 외국 국적의 출원은 49%(49건)로 구성되며, 내국인 국적은 독일, 프랑스, 영국, 벨기에 등이고, 외국인 국적은 일본, 미국, 한국, 대만 등임

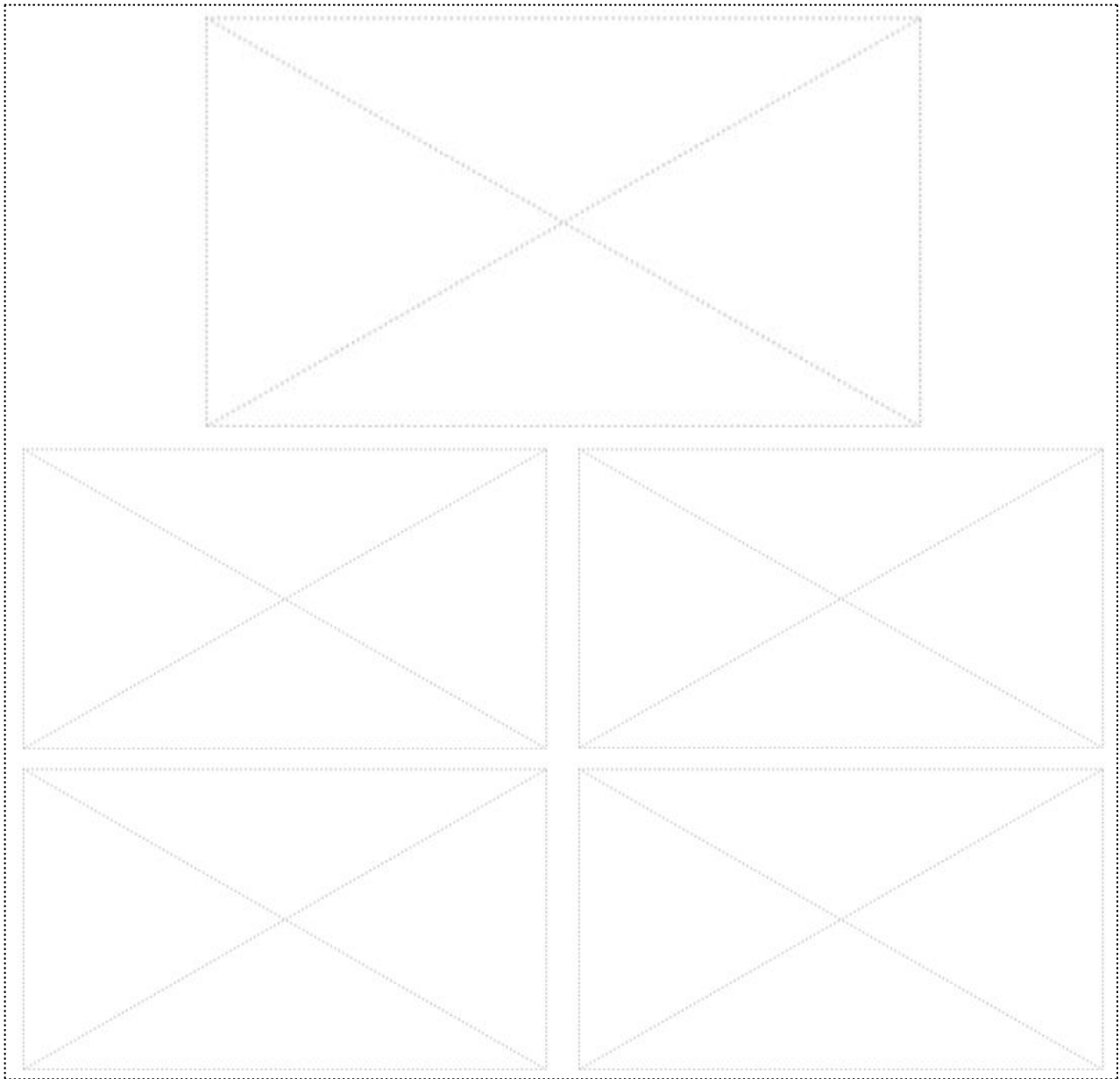
□ 주요 출원인 분석



[그림 5-48] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 국가별 주요 출원인 현황

- 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 주요 TOP10에 속하는 출원인은 미국 국적의 출원인 1인, 한국 국적의 출원인 2인, 일본 국적의 출원인 6인, 그리고 프랑스 국적의 출원인 1인으로 구성
 - =주요 출원인 모두는 자동차 제조 및 판매와 관련된 회사로서, 수소 연료 자동차 역시 기존의 자동차 제조 업체를 중심으로 연구개발되고 있음
- 최다 출원인인 HYUNDAI MOTOR(KR, 148건), 그 뒤를 이어 HONDA MOTOR(JP, 144건), TOYOTA MOTOR(JP, 107건), NISSAN MOTOR(JP, 92건), TOYOTA JIDOSHA(JP, 55건) 등이 주요 출원인으로 분석
- 현대자동차 계열사(HYUNDAI MOTOR, HYUNDAI MOBIS)의 총 출원건수는 161건, 토요타자동차 계열사(TOYOTA MOTOR, TOYOTA JIDOSHA)의 총 출원건수 162건 등을 감안한다면 현대자동차와 토요타자동차가 수소 연료전지 자동차의 기술을 주도하고 있다고 볼 수 있을 것임

□ 기술 성숙도 분석



[그림 5-49] 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 기술 성숙도 분석

- 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 전체 및 해당 국가의 기술 성숙도를 포트폴리오로 나타낸 것으로 분석 구간의 특허출원을 4개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 시각화하여 기술의 성숙도를 고찰
- 본 그래프의 X축은 출원인수, Y축은 출원건수를 의미하며, 그래프 거품의 크기는 출원건수에 따라 결정됨
- 각 구간은 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)으로 구분한 후, 3구간 대비 4구간의 출원인수 및 출

원전수를 고려하여 기술 성숙도를 파악

- 미라클 프로젝트 기술 중 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)의 전체 특허에 대한 기술 성숙도를 분석한 결과, 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수가 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서 출원인수는 증가하였지만 출원건수가 감소하였는바, 기술 성숙도상 퇴조기로 파악
 - 국내의 정책적인 이유로 수소 연료전지 관련 기술이 최근 들어 주목받고 있지만 연구 개발은 과거에 어느 정도 진행되었고, 최근에는 새로운 세대의 기술이 출현하고 있는 것으로 추정
- 미국 및 유럽은 2구간 대비 3구간에서 출원인수 및 출원건수 모두 감소하였고, 3구간 대비 4구간에서는 출원인수 및 출원건수가 증가하였는바, 기술 성숙도상 부활기로 파악
- 한국은 2구간 대비 3구간에서 출원인수는 증가하였지만 출원건수가 감소하였고, 3구간 대비 4구간은 출원건수가 감소하였는바, 기술성숙도상 부활기로 파악
- 일본은 2구간 대비 3구간에서 출원건수가 감소하였고, 3구간 대비 4구간은 출원인수 및 출원건수 모두 감소하였는바, 기술성숙도상 퇴조기로 파악
 - 한국 및 일본은 기술 성숙도상 부활기 및 퇴조기인 것으로 분석되었으나, 실제로는 이전 세대의 기술 개발보다 차세대 기술 개발에 따른 출원이 조금씩 이루어지는 것으로 추정

(4) 결론

- ☐ 연구개발 동향을 파악하기 위해 최근 20년간 출원 및 등록된 특허를 검색하여 특허동향을 분석
- ☐ 미라클 프로젝트 기술 관련 특허 기술분류는 크게 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA), AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB), 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA), 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB), 탄소중립 도시 구현 기반 기술(CA), 미래 미세먼지 저감 기술(CB), 선제적 재난 대응 기술(CC) 및 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)로 구분할 수 있으며 미국, 한국, 일본 및 유럽에 대한 유효 특허건수는 5691건으로 조사됨
 - 미라클 프로젝트 기술과 관련된 특허는 미국 2018건, 한국 1814건, 일본 1263건 및 유럽 596건으로 미국의 출원활동이 가장 활발한 것으로 분석됨
- ☐ 최근 20년간 연도별 특허동향을 살펴보면, 2001년부터 2011년까지는 큰 변화없이 특허출원이 이루어지다가, 2012년 이후 출원이 급증하는 추세를 보임
 - 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)은 2004년부터 2017년까지 다소의 기록이

있기는 하였지만 전체적으로 출원이 증가하다가 그 이후 급격하게 감소하는 양상을 보임

- AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)은 2010년 이후 출원이 급증하는 추세를 보임
- 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)은 2007년 이후 최근까지 출원이 지속적으로 증가하는 것으로 분석
- 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)은 2001년부터 2011년까지 제1주기, 2012년부터 2020년까지 제2주기로 구분할 수 있으며, 제1주기는 2004년 최다 출원까지 출원이 증가한 후, 2011년까지 기복을 보이면서 출원이 감소하였고, 2012년부터 2018년까지 기복을 보이면서 출원이 증가한 후 최근들어 급감하는 양상을 보임
- 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)은 2005년부터 2018년까지 다소의 기복을 보이면서 출원건수가 지속적으로 증가하다가 그 이후 출원이 감소하는 추세를 보임
- 미래 미세먼지 저감 기술(CB)은 2001년 이후 2014년까지 매년 20~40건 내외의 출원이 이루어지다가 2015년 이후 2019년까지도 출원이 급증
- 선제적 재난 대응 기술(CC)은 2001년부터 2014년까지는 1~5건 내외의 출원이 큰 증감없이 이루어지다가, 2015년 이후 2019년까지 출원이 급증하는 추세를 보임
- 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)은 2004년 및 2005년 최다 출원건수를 기록한 후 2009년까지 출원이 지속적으로 감소하다가 2010년 이후 2019년까지 큰 기복 없이 매년 30~40건 내외로 출원이 진행

□ 국가별 내외국인 특허출원 현황을 파악한 결과, 미국 35%(내국인: 50%, 외국인: 50%), 한국 32%(내국인: 91%, 외국인: 9%), 일본 22%(내국인: 83%, 외국인: 17%) 및 유럽 11%(내국인: 37%, 외국인: 63%)인 것으로 분석

- 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)은 미국 33%(내국인: 38%, 외국인: 62%), 한국 21%(내국인: 68%, 외국인: 32%), 일본 29%(내국인: 74%, 외국인: 26%) 및 유럽 17%(내국인: 30%, 외국인: 70%)
- AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)은 미국 50%(내국인: 69%, 외국인: 31%), 한국 37%(내국인: 98%, 외국인: 2%), 일본 6%(내국인: 46%, 외국인: 54%) 및 유럽 7%(내국인: 50%, 외국인: 50%)
- 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)은 미국 64%(내국인: 68%, 외국인: 32%), 한국 22%(내국인: 89%, 외국인: 11%), 일본 3%(내국인: 54%, 외국인: 46%) 및 유럽 11%(내국인: 16%, 외국인: 84%)
- 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)은 미국 25%(내국인: 35%, 외국인: 65%), 한국 27%(내국인: 81%, 외국인: 19%), 일본 37%(내국인: 89%, 외국인: 11%) 및 유럽 11%(내국인: 55%, 외국인: 45%)
- 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)은 미국 33%(내국인: 57%, 외국인: 43%), 한국

43%(내국인: 94%, 외국인: 6%), 일본 17%(내국인: 85%, 외국인: 15%) 및 유럽 7%(내국인: 49%, 외국인: 51%)

- 미래 미세면지 저감 기술(CB)은 미국 8%(내국인: 18%, 외국인: 82%), 한국 76%(내국인: 100%), 일본 12%(내국인: 92%, 외국인: 8%) 및 유럽 4%(내국인: 60%, 외국인: 40%)
- 선제적 재난 대응 기술(CC)은 미국 44%(내국인: 73%, 외국인: 27%), 한국 34%(내국인: 95%, 외국인: 5%), 일본 13%(내국인: 60%, 외국인: 40%) 및 유럽 9%(내국인: 23%, 외국인: 77%)
- 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)은 미국 32%(내국인: 21%, 외국인: 79%), 한국 10%(내국인: 100%), 일본 48%(내국인: 94%, 외국인: 6%) 및 유럽 10%(내국인: 51%, 외국인: 49%)

□ 국가별 주요 출원인 분석 결과, IBM(US, 163건), HYUNDAI MOTOR(KR, 156건), HONDA MOTOR(JP, 149건), TOYOTA MOTOR(JP, 117건), NISSAN MOTOR(JP, 92건) 등이 주요 출원인으로 분석되었는바, IBM(US)를 제외하고는 모두 자동차 제조/판매 회사인 것이 특징

- 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)은 SEKISUI MEDICAL(JP, 43건), DENKA SEIKEN(JP, 39건), SYSMEX(JP, 37건), TANAKA KININZOKU KOGYO(JP, 28건) 및 FUJIFILM(JP, 25건)이 주요 출원인
- AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)은 IBM(US, 16건), SIEMENS HEALTHCARE(DE, 16건), DEEPNOID(KR, 12건), JLK INSPECTION(KR, 9건) 및 Z ADVANCED COMPUTING(US, 9건)이 주요 출원인
- 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)은 IBM(US, 133건), SK HYNIX(KR, 72건), SAMSUNG ELECTRONICS(KR, 63건), QUALCOMM(US, 58건) 및 INTEL(US, 57건)이 주요 출원인
- 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)은 MITSUBISHI ELECTRIC(JP, 34건), NEC(JP, 24건), NTT(JP, 21건), TOSHIBA(JP, 19건) 및 KIST(KR, 14건)가 주요 출원인
- 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)은 TESLA(US, 11건), LG HAUSYS(KR, 7건), TOYOTA MOTOR(JP, 6건), TOYOTA HOME(JP, 6건) 및 SUNPOWER(US, 6건)가 주요 출원인
- 미래 미세면지 저감 기술(CB)은 KIMM(KR, 한국기계연구원, 28건), KRRI(KR, 한국철도기술연구원, 15건), ROYAL INDUSTRIAL TECH(KR, 15건), SAMSUNG GWANGJU ELECTRONICS(KR, 삼성광주전자 주식회사, 10건) 및 KIER(KR, 한국에너지기술연구원, 9건)가 주요 출원인

- 선제적 재난 대응 기술(CC)은 IBM(US, 12건), CASE WESTERN RESERVE UNIV(US, 6건), SIEMENS HEALTHCARE(DE, 6건), COHEN; HARRIS LEE(US, 5건), UNIV OF MICHIGAN(US, 5건) 및 ZIBRIO(US, 5건)가 주요 출원인
 - 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)은 HYUNDAI MOTOR(KR, 148건), HONDA MOTOR(JP, 144건), TOYOTA MOTOR(JP, 107건), NISSAN MOTOR(JP, 92건) 및 TOYOTA JIDOSHA(JP, 55건)가 주요 출원인
- 기술 기술성숙도를 4구간으로 나뉘서 살펴보면, 미라클 프로젝트 기술 전체의 기술 성숙도는 출원인수 및 출원건수가 모두 증가하는 발전기로 파악
- 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)은 성숙기에서 퇴조기 사이
 - AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB), 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA), 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA), 미래 미세먼지 저감 기술(CB) 및 선제적 재난 대응 기술(CC)은 발전기
 - 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)은 부활기
 - 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)은 퇴조기
- 기술 기술순환주기를 파악하기 위해 TCT를 분석한 결과, 미라클 프로젝트 기술 전체 TCT는 7.73년임
- 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술(AA)은 8.95년, AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)은 5.42년, 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)은 8.2년, 정보 신뢰성·보안성 향상 기술(BB)은 5.97년, 탄소중립도시 구현 기반 기술(CA)은 6.11년, 미래 미세먼지 저감 기술(CB)은 10.19년, 선제적 재난 대응 기술(CC)은 6.67년 및 미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)은 7.61년
- 기술 IP 관점에서 본 각국의 질적 수준 및 시장 확보력 분석 결과, 미국은 기술력이 높으나, 시장 확보력이 낮고, 초기시장의 선두그룹에 위치하는 것으로 파악
- 한국, 일본 및 독일은 기술력 및 시장 확보력이 낮고, 초기시장의 후발그룹에 위치
 - 프랑스는 기술력이 낮으나 시장 확보력이 높고, 초기시장의 후발그룹에 위치
 - 캐나다는 기술력이 보통이고 시장 확보력이 낮고, 성숙시장의 선두그룹에 위치

제3절 정책적 타당성

1. 상위정책과의 부합성

- ☐ ‘미래 대난제 해결을 위한 (사회)임무 중심형 원천기술개발사업(MirACle)’의 정책적 부합성을 검토하여, 동 사업이 국가정책의 구체적 실현에 기여할 수 있고, 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가
- NTIS의 ‘제4차 과학기술기본계획에 따른 과학기술분야 중장기계획 종합체제도’에 기반하여 국정운영계획, 국가 상위계획, 관련 기본계획 등 다양한 국가계획에서 동 사업의 추진 근거 검토
- ☐ 본 사업은 ① 국정운영계획, ②제4차 과학기술기본계획, ③제3차 융합연구활성화기본계획, ④2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) 등 국가 상위계획의 정책방향과 긴밀한 부합성을 나타냄에 따라 정책적 타당성 확보

<표 5-45> 상위계획과 본 사업과의 부합성 검토결과

구분	주요 내용(추진전략 및 과제)	부합성
국정운영 5개년 계획	<ul style="list-style-type: none"> • (국정목표 2) 더불어 잘사는 경제 <ul style="list-style-type: none"> • (추진전략 4) 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명 <ul style="list-style-type: none"> - (추진과제 2) 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴 및 육성 - (추진과제 3) 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성 	높음
제4차 과학기술 기본계획 (2018~2022)	<ul style="list-style-type: none"> • (비전) 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여 <ul style="list-style-type: none"> • (추진전략 1) 미래도전을 위한 과학기술역량 확충 <ul style="list-style-type: none"> - (추진과제 1-②) 연구자 주도의 창의적 연구에 대한 투자 확대 - (추진과제 1-③) 기초·원천연구의 기획·선정·평가 프로세스 혁신 • (추진전략 2) 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성 <ul style="list-style-type: none"> - (추진과제 10-①) 국민 참여형 ‘열린 국가 R&D시스템’으로 전환 	높음
제3차 융합연구 활성화 기본계획 (2018-2027)	<ul style="list-style-type: none"> • (비전) 융합을 통한 더 큰 도전, 더 큰 혁신 <ul style="list-style-type: none"> • (중점과제 2) 다양한 융합 시도와 노력 장려 <ul style="list-style-type: none"> - (세부과제 1) 과학 난제 극복을 위한 융합선도분야 발굴·도전 촉진 	높음
2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)	<ul style="list-style-type: none"> • (기본방향) 혁신과 포용의 국정기조를 반영, 더불어 잘사는 세상을 위하여 혁신주체의 연구역량 강화, 성장동력 기반 확충, 삶의 질 개선 등에 투자 <ul style="list-style-type: none"> • (중점투자방향 1) 연구자 중심의 창의·도전적 연구 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 도전·혁신성 강화 • (중점투자방향 5) 신산업의 혁신성장 가속화 <ul style="list-style-type: none"> - Post 성장동력 	높음

가. 국정운영 5개년 계획

(1) 주요 내용

☐ 정부는 `17년 7월 국정기획자문위원회를 통해 국정운영 5개년 계획 발표

- “더불어 잘사는 경제” 목표 아래 초지능·초연결 기술(AI, IoT 등) 등 핵심기술 개발 및 신산업 육성을 통해 성장동력 확보 및 4차 산업혁명 대비를 위해 “과학기술발전이 선도하는 4차 산업혁명”을 주요 추진전략으로 제시하고 이하 6개의 추진과제를 제시함
- **(추진과제 2: 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴 및 육성)** 핵심기술 개발, 인력 양성, 사업화 및 해외진출 지원 등을 통해 신산업 분야의 생태계 구축 및 핵심 원천기술 확보
- **(추진과제 3: 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계조성)** 기초·원천분야 연구개발은 과학기술총괄부처에서 통합 수행하여 과학기술 컨트롤타워를 강화하고, 연구비 통합관리, 정보개방, 국민참여 R&D 추진을 통해 연구자 중심으로 R&D 시스템을 혁신

(2) 기획 사업과의 부합성

☐ 본 사업은 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하여 궁극적으로 국가경제발전과 국민 삶의 편익 증진에 기여하고, 現 정부가 추구하는 국정운영계획 목표 달성에 필요한 사업임

- 상기 추진전략 및 과제들은 4차 산업혁명의 대비 및 주도를 목표로 핵심기술 개발 및 신산업 육성을 통한 국가경쟁력 확보와 미래 사회문제 해결을 핵심가치로 하고 있으며, 이를 실현할 수 있는 구체적인 방안 마련 및 실행 필요

☐ 본 사업은 창의적이고 도전적인 혁신과제 및 연구를 촉진함으로써 미래 신산업을 발굴하고 주력산업 경쟁력 제고를 위한 원천·핵심기술개발에 기여할 수 있음

- 낮은 성공 확률에도 도전적·진취적으로 연구에 임할 수 있는 기술혁신 과제를 발굴·추진

☐ 정책수요자인 국민의 의견수렴과 연구자 수요조사에 기반한 상향식 사업설계 방식을 병행하여 연구자 중심의 R&D 기획을 도모

- 본 사업은 공론조사에 기반한 미래국민수요(Bottom-up)와 미래선도혁신성이 높은 원천·핵심기술 개발을 위한 국가 수준의 전략기술 관점(Top-down)을 균형있게 반영하여 과제화

나. 제4차 과학기술기본계획('18~'22)

(1) 주요 내용

- ☐ 과기정통부는 과학기술관계부처와 공동으로 「제4차 과학기술기본계획 ('18~'22)」 발표하고 2040년의 미래모습을 달성하기 위한 과학기술 정책방향을 제시
 - ‘과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여’한다는 비전 아래 2040년의 미래사회 모습 달성을 위한 주요 추진전략으로 ‘미래도전을 위한 과학기술역량 확충’과 ‘혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성’ 제시
- ☐ (추진전략 1: 미래도전을 위한 과학기술역량 확충) 창의적·도전적 연구 활성화를 위한 지원체계 및 관리제도 혁신 및 우수인재의 적극적 발굴·지원을 위한 전략 제시
 - (추진과제 1-②) 연구자들이 연구주제를 자유롭게 선택하고 실패위험이 높은 혁신적인 연구에 도전할 수 있도록 자유공모형 연구 지원을 확대하여 ‘연구자 주도의 창의적 연구에 대한 투자 확대’
 - (추진과제 1-③) 연구자의 자율성과 창의성 제고를 위한 사전기획절차를 개선하고 연구의 독창성·혁신성·도전성을 기준으로 과제를 질적 검토하는 방안을 도입하여 ‘기초·원천연구의 기획·선정·평가 프로세스 혁신 추진’
- ☐ (추진전략 2: 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성) 글로벌 시장을 선도할 수 있는 우수한 지식재산 및 성장동력 창출이 사업화로 연결될 수 있는 체계 구축
 - (추진과제 10-①) 국가·사회문제에 대한 대국민 의견수렴 및 시민참여 촉진을 통해 과학기술의 사회적 역할을 확대하고 ‘국민 참여형 “열린 국가 R&D 시스템”으로 전환’

(2) 기획 사업과의 부합성

- ☐ 연구자의 자율성과 창의성에 기반한 수요조사를 통해 미래 大난제 해결을 위한 혁신적인 연구를 유도할 수 있는 체계 구축
 - 도출된 난제 해결을 위해 연구자들을 대상으로 수요조사를 진행하고, 도전성·혁신성에 기반한 질적 검토를 통해 연구수행의 자율성을 보장하고 창의적 연구 활성화 지원
- ☐ 본 사업은 기획단계부터 공론조사 등 시민참여에 기반하여 미래 R&D 주제를 발굴함으로써 국민 참여형 R&D 시스템 및 과학기술의 사회적 역할 확대에 기여
 - 본 사업은 시민 대상 비대면 공론조사를 통해 미래 大난제 도출함으로써 정부의

정책적 의지를 홍보하고 신규 대형R&D사업 추진 필요성에 대한 공감대를 형성

- 광주과학기술원(GIST)의 국민제안 및 빅데이터 트렌드 분석방식 등을 활용하여 가시화되지 않은 숨은 니즈 발굴을 위한 데이터 분석 수행

다. 제3차 융합연구 활성화 기본계획('18-'27)

(1) 주요 내용

- ☐ '융합을 통한 더 큰 도전, 더 큰 혁신'이라는 비전 아래 다양한 융합혁신 정책 수립 방향 제시를 통해 선도적인 기술혁신 촉진 및 국가 산업경쟁력 확보에 주력
 - 연구자-국민-기업이 함께 하는 융합연구개발 생태계 조성 및 혁신 창출을 목표로 중점과제 제시
- ☐ (중점과제 2) 과학 난제 극복을 위한 융합선도분야를 발굴하고 성장동력의 선순환 체계 구축을 통해 '다양한 융합 시도와 노력 장려'
 - (세부과제 1) 주요 과학기술 단체(과총, 한림원 등)를 중심으로 글로벌 메가트렌드를 도출하고 연구자 주도 융합 해법이 필요한 도전분야(Big Idea)를 발굴하고 장기 지원
 - ※ (예) 친환경·에너지 효율화, 디지털사회 고도화, 기대수명 증가, 인간능력 확대 등

(2) 기획 사업과의 부합성

- ☐ 본 사업은 국민과 연구자, 기업 등 다양한 수요층의 의견을 폭넓게 수렴하여 미래 大난제 해결을 위한 융합선도분야를 발굴하고 장기적으로 지원하는 체계 구축
 - 전문가 및 기업수요의 체계적 조사 및 미래 大난제 발굴에 대한 자문을 위해 주요 이공계 학회(기초연구연합 등), NGO(과총, 과실연 등), 산업별 기술협단체(산기협, 기계산업협회, 인터넷기업협회 등) 및 연구재단 PM에 대한 자문 네트워크를 구축
 - 대형사업기획, 신규 아이템 발굴 및 기술기획, 사업 타당성분석, 미래사회 예측 등의 전문가로 자문단을 구성하고, 주요 결과물에 대한 검토 자문 수행

라. 2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)

(1) 주요 내용

- ☐ 투자여건 변화를 반영하여 정부 R&D 투자의 연속성을 유지하고 주요 정책과의 연계를 위한 중점투자방향 제시

- 혁신 주체의 연구역량 강화, 성장동력 기반 확충, 삶의 질 개선 등에 대한 투자를 기본방향으로 설정하고, ①과학기술 혁신, ②국민경제 발전, ③삶의 질 제고 등 과기 기본법 등에 제시된 정부 R&D의 주요 기본투자방향 유지
- 日수출규제, 신종재난(코로나19 등) 확산, DNA(Data, Network, AI, 보안), BIG3(바이오 헬스, 미래차, 시스템반도체)로의 전환 등 투자여건 변화를 고려한 역량강화 추진

☐ (중점투자방향 1) 정부 R&D의 혁신·도전성 강화를 위한 연구자 중심의 지원 확대

- (도전·혁신성 강화) 사회적·산업적 난제 해결을 목표로 문제정의부터 임무 설정, 연구 수행, 현장 적용의 흐름으로 이어지는 임무지향적 기획 수행 지원
 - ※ 기존 기술개발 로드맵 중심에서 실제 현장을 변화시킬 수 있는 도전적인 목표 설정 유도
 - 전담 PM의 전주기 관리, 토너먼트형 지원 등 도전적 목표에 적절한 효율적인 관리방식 활성화

☐ (중점투자방향 5) DNA, 정보보호 등 혁신인프라 및 3대 신산업(BIG3)에 대한 집중 지원 및 중장기적 성장동력 발굴·육성

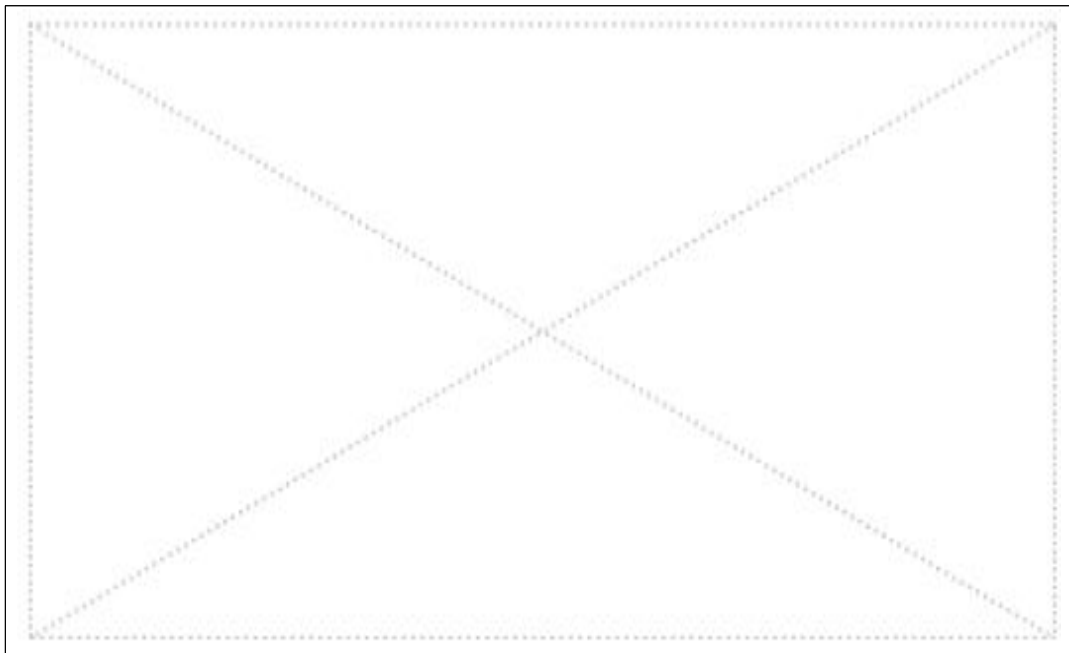
- (Post 성장동력) 미래트렌드*를 중심으로 대국민 설문 등을 통해 도출된 국민 선호도와 기술혁신성을 종합적으로 고려하여 성장동력 유망 기술 분야를 도출하고 분야별 핵심기술 확보에 주력
 - ※ ①개인·사회 수요 다변화 ②기후·환경변화 ③기술혁신·융합 가속화

(2) 기획 사업과의 부합성

- ☐ 본 사업은 공론조사 및 전문가 집단을 활용하여 사회적 난제 해결을 목표로 ‘문제 정의-임무 설정-연구 수행’의 과정을 거치는 임무지향적 기획을 수행
 - ‘스몰베팅 스타트 빅베팅’방식의 사업추진을 통해 과제들에 대한 효율적인 관리방식 도입
- ☐ 본 사업은 국민들로부터 도출한 미래 大난제를 중심으로 국가경쟁력을 향상시킬 수 있는 중장기적 성장동력을 발굴하고 육성하는 것을 목표로 한다는 점에서 중점투자방향과 부합

2. 관련 사업과의 차별성 및 연계방안

- 기존에 산발적·소규모로 추진 중인 사업들을 통합해 국가적·사회적으로 장기적인 이슈에 대응
 - 세계 최고수준의 R&D성과 창출을 위해 기존 유사 사업은 통합하고, 장기 대응이 필요한 사업은 지속가능한 토대를 마련
 - 글로벌프런티어사업, 미래선도기술개발사업, 국민생활안전긴급대응연구사업, 혁신도전프로젝트(K-DARPA), 과학난제도전융합연구개발사업 등의 장점을 통합, 미래 대난제 해결을 위한 자원을 집중



[그림 5-50] MIRACLE사업의 차별성 및 연계방안

가. 기존 사업과의 차별성

- (사업목표 및 구성) 미래 대난제 해결과 세계 최고수준의 R&D 성과 확보를 목표로 기술분야 선정과정에서부터 다양한 국민들의 수요를 직접 반영
 - ‘글로벌프런티어사업’은 세계 최고 수준의 원천기술력 확보를 중점적인 목표로 설정하고 연구단 구성·운영을 포함, 유망기술 선정에서 사업화까지 정부가 주도적으로 연구개발사업을 기획·수립하여 진행함
 - 기획단계에서 산·학·연 22명으로 구성된 기획자문위원회를 바탕으로 4대 중점기술분야를 제시하였으며, 이를 바탕으로 15개의 연구단을 운영하고, 중간 점검(3년, 6년)을 통해 하위 10~20% 과제를 탈락시키는 방식으로 운영됨

- ‘혁신도전 프로젝트(K-DARPA)’은 국가차원의 초고난도 연구개발을 통한 국가적 문제 해결 및 미래 선도산업 창출을 목표로 하며, 실패할 가능성이 있는 개념검증(탐색형)에서부터 연구개발 및 사업화까지(패키지형) 통합적으로 지원하는 대형·중장기 사업
 - 국민 및 연구자 대상 연구테마 자유공모를 통해 테마를 발굴하고, 대학/공공(연)/기업 등 복수의 연구자에 대한 경쟁형 R&D를 추진하며, 미래의 도전적 난제 해결을 목표로 한다는 점에서 본 사업과 중복성이 있다고 판단될 수 있음
 - 하지만 본 사업에서는 국민 대상으로 난제를 도출한 이후, 연구자 대상 자유공모 형식을 통해 해당 난제를 해결하기 위한 구체적인 기술분야를 도출한다는 점에서 ‘혁신도전 프로젝트’의 난제 도출 방식과는 다소 차이가 있음
- ‘과학난제 도전 융합연구개발사업’은 연구자 숙의과정 및 ‘과학난제도전협력지원단’을 중심으로 연구자 중심 과학난제 도출 및 도전적·혁신적 연구 지원을 목표로 함
 - 설문조사, 공청회 등을 통해 과학기술계의 의견을 수렴하여 과학난제의 개념 정립, 사업 아이템 발굴, 사업 운영방안 기획까지 진행함
 - 난제별로 총 5개의 융합연구단을 운영하고 연 20억 규모의 연구비를 4.5년에 걸쳐서 지원하며, 그 외에 ‘과학난제도전협력지원단’을 운영하여 과학난제를 상시로 접수받고 공개적으로 검증할 수 있는 온라인플랫폼을 구축·운영
 - 본 사업과 다소 키워드 및 사업 컨셉이 유사하지만, 본질적으로 ‘과학난제 도전 융합연구개발사업’은 소수의 전문가 집단이 기술 발전의 목표와 방향을 정의하는 전통적인 임무지향적 프로젝트인 반면, 본 사업은 정부, 민간기업, 소비자 등 광범위한 행위자들이 기술 발전에 영향을 미치면서 특정 사회문제에 대한 기술적 해결책을 모색하는 새로운 임무지향적 프로젝트라는 차별점을 지님
- 세계 최고수준 또는 국가차원의 초고난도의 원천기술확보를 목표로 설정한 ‘글로벌프런티어사업’ 및 ‘혁신도전 프로젝트’는 도전적·혁신적 R&D를 지원하는 본 사업의 목표와 일부 유사한 측면이 존재하나, 본 사업에서는 국민제안 및 연구자 대상 수요조사 등을 통해 중점투자분야를 설정한다는 측면에서 차별성을 지님
- 또한, 연구자들만을 중심으로 과학난제를 도출한 ‘과학난제 도전 융합연구개발사업’과 달리, 공론조사 등 국민제안을 기반으로 미래 大난제를 제시하며, 연구자 대상 수요조사를 통해 난제 해결을 위한 구체적인 기술분야를 도출하였다는 점에서 차별성을 보임

□ (사업기간 및 규모) 즉각적인 사회이슈 해결을 목표로 하는 사업들과 달리, 본 사업은 대형·중장기적으로 육성이 필요한 R&D를 장기간, 안정적으로 지원할 수 있는 토대를 제공할 수 있음

- ‘사회문제해결형기술개발사업’은 정부의 사회이슈 해결을 목표로 하며, 국가적·사회적 이슈 대응이 필요한 사회문제에 대해 다부처 공동기획으로, 특정계층 또는 일정지역

수요 대응이 필요한 사회문제에 대해서는 대국민 수요조사를 바탕으로 과제를 진행

- ‘미래선도기술개발사업’은 4차 산업혁명에 대응하기 위한 과학기술 역량 강화 및 현안 해결을 위해 전문가 공동기획방식인 개방형 크라우드(Open Crowd) 방식(신시장 창출형) 및 기술수요조사, 대국민 설문조사(현안해결형) 등 다양한 수요에 기반하여 중점 지원분야를 도출
- ‘국민생활안전긴급대응연구사업’은 재난·안전문제에 대한 신속한 대응을 위한 연구개발 지원을 목표로 하며, 범부처 협의회를 통해 재난·안전 분야에서 긴급한 대응이 필요한 이슈를 결정하여 과제를 진행
- ‘사회문제해결형기술개발사업’, ‘미래선도기술개발사업’, ‘국민생활안전긴급대응연구사업’에서 발굴된 과제들은 주로 사회현안에 긴급하게 대응하기 위한 응용연구에만 집중되어 있으며, 장기적으로 안정적인 기반이 요구되는 원천기술 확보에는 취약한 사업구조를 가지고 있음
 - ‘사회문제해결형기술개발사업’은 국민의 아이디어를 발굴하여 과제들을 진행하고 있으나, 연 5억 이하의 소규모 과제에 대해서만 진행되었으며, 국가적·사회적으로 중요한 문제들에 대해서는 주로 다부처 공동기획을 통해 추진과제를 발굴함
 - ‘미래선도기술개발사업’은 모든 과제 유형에서 민간 투자를 최소 50% 이상으로 강제하고 경쟁형 R&D 방식을 적용하고 있어 즉각적인 사업화가 어려운 원천기술들을 장기간 육성하는 데에는 적합하지 않은 것으로 판단됨
 - ‘국민생활안전긴급대응연구사업’은 사업 기간이 15~24개월에 불과하며, 즉각적으로 필요한 응용연구개발에만 집중되어 있다는 한계가 존재
- 본 사업은 대국민 수요조사에 대한 전문가 검토 및 문헌, SNS, 언론 데이터 등에 대한 트렌드 분석을 통해 현안 해결에만 국한되지 않고 장기간 지속적인 투자가 필요한 기술분야를 선정
 - 도출된 기술분야를 대상으로 주요 이공계 학회, 기업 협단체, NGO, 연구재단PM 등 전문가 집단의 검토를 통해 과제 선정
 - 전체 사업기간의 제한 없이 연 1,000억원 규모로 지속적인 과제 발굴 및 지원체계를 구축함으로써 장기적으로 다양한 분야의 R&D 성과를 확보할 수 있는 기반 제공 가능

□ (사업추진체계) 국민참여를 극대화하는 **공론조사형 수요발굴**을 기초로 사업추진 과정에서 국민참여를 극대화하기 위한 **민관파트너십(PPPP)** 추진

- 기존의 사업들은 주로 연구단 형태로 사업추진체계를 구성하고 있었으며, ‘사회문제해결형기술개발사업’와 같이 국민이 아이디어만을 제공하는 다소 제한적인 국민참여방식만을 활용하는 한계를 지님
- 민관협업연구단(ppp)를 통해 사업을 추진한 미래선도기술개발사업(신산업창출형)’과 달리, 본 사업에서는 원천기술개발의 최종수요자로서 국민을 참여시키는 민관파트너십

(pppp) 방식의 사업추진체계를 제안

- 이는 최종 사용자 및 시민이 연구개발 기획·개발·실증과정에 참여하는 ‘미래선도기술 개발사업(현안해결형)’의 개방형 혁신 모델과 유사한 측면이 존재하나, 사업추진 과정 전반에 걸쳐 국민 참여를 사업추진체계로 확정한다는 점에서 조직적인 차원에서 국민의 참여를 보장하고 적극적인 참여와 책임을 유도할 수 있다는 장점이 있음

나. 기존사업과의 연계방안

- ☐ 과학기술정보통신부 내에서 현재 진행 중인 사업들 중 사회적 난제 해결이라는 사업 목적은 유사하나, 예타 규모 이하로 진행되는 소규모 사업들의 통합
 - 기존 일몰형 사업들의 경우, 예산 부족 및 의사결정 과정의 한계로 인해 긴급한 현안에 대한 즉각적인 대응이 어려움
 - 긴급한 현안 대응을 위해 기획된 ‘국민생활안전긴급대응연구사업’의 경우, 과기정통부와 행안부가 공동으로 의사결정에 참여함에 따라 과제선정 및 추진이 다소 지연되는 결과 발생
 - 소규모 사업들의 통합 및 계속사업화를 통해 보다 장기적으로 사회적 난제 해결에 역량을 집중할 수 있는 체계 마련
 - 국가적 문제해결 및 미래 선도산업 육성을 위한 ‘혁신도전 프로젝트’, 연구자 중심의 과학 난제 해결을 위한 ‘과학난제 도전 융합연구개발사업’ 등 사업 컨셉이 일부 유사하지만 사업규모가 소규모인 사업들의 통합을 통해 재정 절감 및 역량 집중 가능
- ☐ (후속과제 지원) 대국민 수요조사에 기반하여 추진된 소규모·단기 과제들의 성과를 검토하고 향후 후속연구가 필요하다고 판단되는 과제들을 선정하여 지원
 - ‘사회문제해결형기술개발사업’, ‘미래선도기술개발사업’ 등 대국민 수요조사, 민관협업연구단(신시장창출형), 개방형 협업모델(현안해결형)으로 진행된 과제들 중 미래 대난제 해결을 위해 향후 원천기술확보가 필요하다고 판단되는 과제들의 후속연구 지원

<표 5-46> 유사 국가연구개발사업 세부비교

구분	글로벌 프런티어사업	사회문제해결형 기술개발사업	미래선도기술 개발사업 (IMPACT)	국민생활안전 긴급대응연구사업	혁신도전 프로젝트 (K-DARPA)	과학난제 도전 융합연구개발사업	알키미스트	미래 대난제 해결을 위한 (사회) 임무 중심형 원천기술개발사업 (MIRACLE)
주관부처	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부 행정안전부	과학기술정보통신부	과학기술정보통신부	산업통상자원부	과학기술정보통신부
사업기간	2010년~2022년	2014년~2021년	2018년~2021년	2019년~2022년	—	2020년~2025년	—	2022년~
총사업비	약 1조 2,000억원	약 580억원	252억원	211억원	—	480억원 내외	300억원 내외	연 500억원 내외
사업 목표	미래를 선도하는 핵심 융합기술 분야에서 창조경제를 견인할 수 있는 세계 최고 수준의 원천기술력 확보	사회이슈 해결, 정부R&D 사회적 역할 제고, 사회문제 솔루션 도출	4차 산업혁명 대응 과학기술 역량 강화 및 현안 해결을 위한 고위험, 고부가가치 기술, 제품, 서비스 개발 및 신시장 창출	예기치 못한 다양한 재난·안전 문제에 신속하게 대응할 수 있는 연구 개발 및 적용 지원을 통한 문제해결 및 예방	국가 차원의 초고난도의 연구개발로 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도 산업 창출	과학난제를 연구자 중심으로 발굴하고, 융합연구를 통해 도전함으로써 혁신적 연구성과 창출 및 진취적·도전적 연구풍토 조성	향후 10~20년 내에 산업 판도를 바꿀 수 있는 게임체인저로서 강력한 산업적 파급력을 가진 기술개발	미래 대난제 해결 위한 사회임무형 원천 R&D 수행
추진 체계	연구단형 (법인으로 설립하여 종료 후 존속 가능)	(중규모 과제) 연구단형 (소규모 과제) 총괄과제방식	(신시장 창출형) PPP(Private Public Partnership) 기반 민관 협업 연구단 (현안해결형) 연구자, 부처, 지자체 참여 협의체 운영 (총괄, 과제별)	연구단형	—	융합연구단(5개)	전담기관 이하 주관기관 운영 (대학, 연구소 등 비영리기관)	민관파트너십(PPPP)
추진 방식	하향식	상향식(소규모 과제) 하향식(중규모 과제)	상향식	하향식	상향식	난제에 따라 상향식, 하향식 병행	—	미들업(Middle-up) 형태의 복합형 과제기획
지원 기간	9년(2+3+4)	9년(4+5)	4년(1+2+1)	15~24개월	(탐색형) 최대 3년 (개념검증) (패키지형) 최대 9년	(선도형융합연구) 4.5년 (과학난제도전협력 지원단) 6년	7년(1+1+5)	계속사업

구분	글로벌 프런티어사업	사회문제해결형 기술개발사업	미래선도기술 개발사업 (IMPACT)	국민생활안전 긴급대응연구사업	혁신도전 프로젝트 (K-DARPA)	과학난제 도전 융합연구개발사업	알키미스트	미래 대난제 해결을 위한 (사회) 임무 중심형 원천기술개발사업 (MIRACLE)
연구 범위	원천기술 연구	응용연구/사업화	응용연구/사업화	원천기술 연구~ 응용연구/사업화	원천기술 연구~ 응용연구/사업화	원천기술 연구	-	-
연구비 지원 규모	연구단별 1단계: 연 50~100억원 2단계: 연 100~130억원 3단계: 연 100~150억원	(중규모 과제) 과제별 연간 20~30억원 (소규모 과제) 과제별 연간 5억원	(신시장 창출형) 4개 과제 내외× 연평균 10억원 내외 (현안해결형) 2개 과제 내외× 연평균 10억원 내외	과제별 연 5억원 내외 (사전준비 분야별 1.5억원)	(탐색형) 최대 300억 / 3년 (시범사업 운영 예정) (패키지형) -	(선도형융합연구) 5개 과제 ×과제당 연 20억원 내외 (과학난제도전 협력지원단) 연간 5억원	<선기획 선행연구> (1단계) 최대 연 2억원 (2단계) 연 5억원 이내 <본 연구> (3단계) 연 50억원 이내	-
사업구성 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기획단계에서는 산·학·연 22명으로 구성된 기획자문위원회를 바탕으로 4대 중점기술분야 제시 ■ 연구개발계획, 연구능력, 경영관리역량의 3개 영역에서 탁월한 과제(연구단*)선정 * 사업기간 동안 15개 연구단 운영 ■ 3년차, 6년차 단계 평가시 하위 10~20% 과제 강제탈락 제도 도입 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (중규모 과제) 국가적·사회적 이슈 대응이 필요한 사회문제에 대해 다부처 공동기획을 통해 추진과제를 발굴하고 부처협의체 운영 등을 통해 추진과제를 지원 ■ (소규모 과제) 상향식 방식으로 국민 아이디어 발굴, 필요 시 지방자치 단체와 공동 프로젝트 방식으로 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (신시장 창출형) 新산업·新시장 창출이 가능한 창의적·혁신적 연구개발 분야* 대상 상향식 기획 * 혁신성장동력분야: 12대 유망미래기술분야, 기타 융합신산업 창출 가능 분야 등 ■ (현안해결형) 기술수요조사대국민 설문조사 및 국민생활과학자문단에서 발굴/제안한 과제 등을 기반으로 분야 도출 - 최종 사용자 및 시민이 연구개발 기획·개발·실증과정에 참여하는 사용자 주도형 개방형 혁신 모델 (부처협업 Living Lab) 도입 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 복잡한 국민생활 문제 해결을 위한 핵심 원천기술·제품·서비스 시스템 개발 및 사업화 지원 ■ 범부처 협의체*를 통한 대응이슈 결정 * 재난안전 기술개발 종합계획('18.2.23)에 따라 17개 부처·청 협의체 구성 ■ 긴급대응 연구 기획 (국민생활과학자문단, 중점대응기관) 및 연구단 선정, 기술개발 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (탐색형 사업) 실패할 가능성이 있지만 과감히 도전할 수 있도록 개념검증 단계까지 최대 3년간 지원하여 가능성에 대한 검증 후 다음 단계로 추진 * 개념검증 성공 사업은 사업화 및 실증까지 5년 내외로 추가지원 ■ (패키지형 사업) 선행연구를 통해 개념검증이 일정 부분 진행된 연구테마는 연구개발 및 실증까지 패키지화하여 대형 사업으로 기획·추진 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (선도형융합연구) 연구자 숙의과정을 거쳐 최종적 과학난제 해결에 필수적인 역할을 할 수 있는 핵심과제 발굴·연구 ■ (과학난제도전협력지원단) 과학난제 후보군 발굴·선정, 맞춤형 과학난제 기획 지원, 난제 발굴 오픈플랫폼 운영, 글로벌 공동연구 지원 등 	-	<ul style="list-style-type: none"> ■ (재창조형) 단기간(5년 이내) 성과창출이 가능한 고부가가치 융복합 신기술·제품·서비스 시스템 개발 집중 지원 ■ (게임체인저형) 근본적인 기술혁신을 위한 핵심 원천기술·제품·서비스 시스템 개발 장기적·안정적 지원

3. 사업수행 위험요인 및 대응방안

가. 재원조달 가능성

☐ 과기정통부의 기존 연구개발사업 일몰로 재원확보가 가능한 예산액 고려하여
본 사업 재원조달 가능성 검토

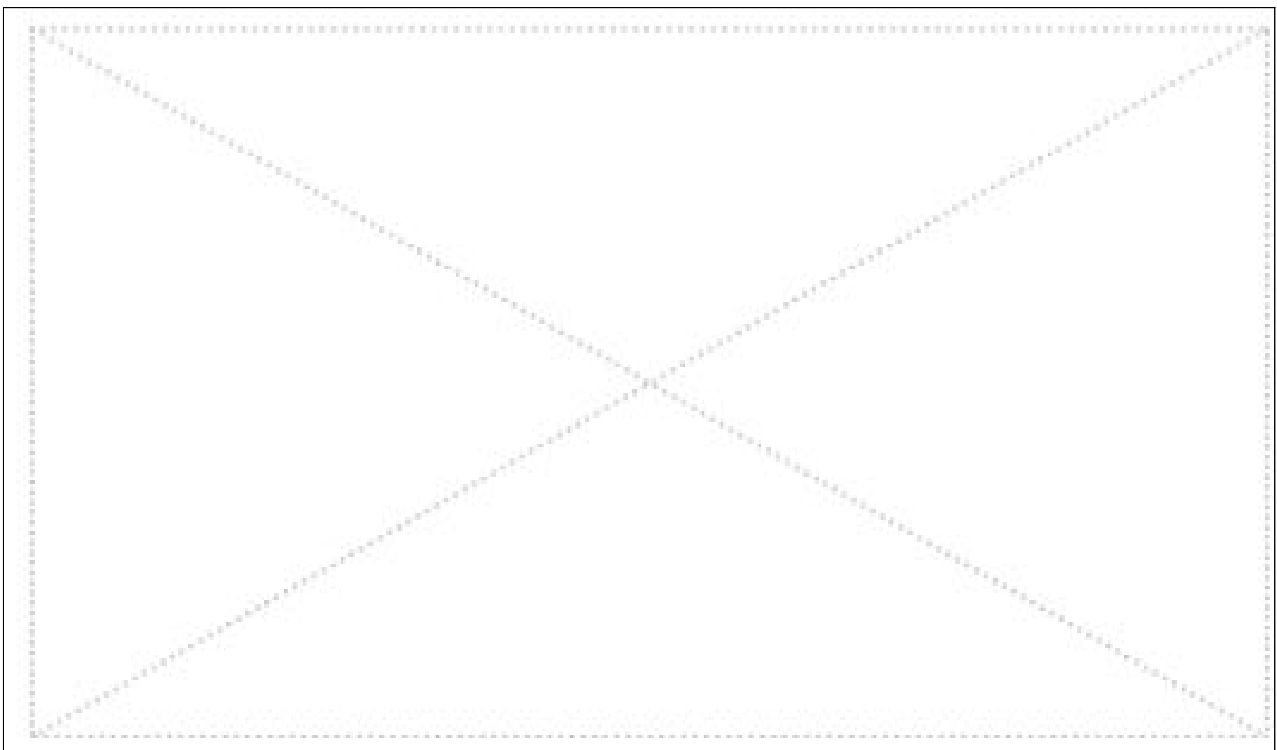
○ 2020년 종료사업인 ‘나노융합2020 등 9개 사업’의 연간 예산규모인 355억원을
2021년부터 추가 가용예산으로 1,420억원 가용 가능

○ ‘글로벌프론티어사업’ 일몰에 따라 지원 중단되는 사업단 예산은 2022~2025년간
약 4,420억 원으로 추정

※ 글로벌프론티어사업은 연평균 사업지원금액 1,180억원 규모의 대형 R&D사업으로, ‘20년
부터 사업단 지원 중단 예정

○ 과기정통부 사업 중 ‘사회문제해결형기술개발사업(21년 종료)’, ‘미래선도기술개발
사업(21년 종료)’, ‘국민생활안전긴급대응연구사업(22년 종료)’의 사업 종료에 따른
가용 예산은 2022~2025년간 약 394억 원으로 추정

○ 이로 인해, 과기정통부 R&D 예산 증가분으로 동 사업의 소요예산에 대한 재원조달이
가능할 것으로 사료됨



[그림 5-51] MIRACLE 사업 재원조달 방안

나. 법·제도적 위험요인

☐ 사업운영상 위험요인 검토

○ 연구실패 위험 관련

- 연구자 주도 원천기술 개발 시, 기초아이디어 검증 및 상용화 경험 부족으로 인한 연구실패 위험을 최소화하기 위해, 전문컨설팅(기술·시장자문단)을 지원

○ 소극적 민간참여의 위험 관련

- 연구 상용화 과정에서 소극적 민간참여의 위험 해소를 위해, 이슈발굴 단계부터 국민·연구자·기업수요를 적극 고려하고, 기업계와의 네트워킹을 적극 지원

○ 장기간 사업수행에 따른 정책변동 위험

- 총 사업기간 중 정책변경 또는 정부 변동에 따라 최초 계획상 사업시행 감사 등 대외 지적 및 추진상 애로발생우려
- 원천기술 R&D는 시급성 측면에서 정책변화에 따라 다른 시각에서 평가(필요성 저하 등)될 가능성 내포

※ 예타 통과 이후 국회, 감사원, 재정당국 등에 충분한 사업 추진 필요성, 당위성 등을 설명할 계획이며, 협조 요청 예정

○ 동 사업 추진 시 발생가능 위험요인 및 관리 방안

- 기술, 시장, 사업관리 측면에서 발생 가능한 위험들을 예측하고, 이를 효과적으로 예방·관리할 수 있도록 운영방안 등을 설계함

<표 5-47> 사업 추진 시 발생가능 위험요인 및 관리 방안(예시)

위험유형	발생가능위험	모니터링		발생 시 대응방법
		모니터링 방법	모니터링 주기	
기술	성능목표 미달성	연차실적 계획서, 단계보고서 점검	매년	<ul style="list-style-type: none"> • 연차실적 계획서 점검 및 단계평가 • 기술·시장 자문단 운영, 컨설팅지원
	기존기술의 성능개선	정책연구, 정책연구용역, 글로벌 동향분석 보고	매년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구용역 보고서의 검토 • 연구비 조성, 기간단축 및 연장 • 사업추진위원회 승인

위험유형	발생가능위험	모니터링		발생 시 대응방법
		모니터링 방법	모니터링 주기	
	경쟁기술 등장	타산업 및 타분야 기술동향 보고서 수집	3년	<ul style="list-style-type: none"> 경쟁기술이 등장한 경우 사업 중단 사업추진위원회 승인
시장	시장 미성숙	단계평가 시 시장동향 보고 의무화	3년	<ul style="list-style-type: none"> 연구자와 PM 동향 공유 개발기술의 유지·보완에 대한 사후조치 방안 수립 의무화
	경쟁국의 앞선 사업화	단계평가 시 시장동향 보고 의무화	3년	<ul style="list-style-type: none"> 연구자와 PM 동향 공유 개발기술의 유지·보완에 대한 사후조치 방안 수립 의무화
사업 관리	사업관리의 복잡성	지원트랙별 사업관리 체계 매뉴얼	매년	<ul style="list-style-type: none"> 사업관리체계 매뉴얼에 사업운영시의 문제점 및 개선점 반영 외부 전문기관 활용, 전문성 보완
	연구자 자율성 확대	연차실적 계획서상 연구방법론 점검	매년	<ul style="list-style-type: none"> 객관성에 근거한 평가 전담평가제를 활용한 가치평가

제3절 경제적 타당성

1. 비용 추정

□ 본 논의에서는 도출된 21개 예시 연구주제 중 경제적 편익 추정에 적합하다고 판단되는 11개 예시기술에 대한 경제적 타당성 분석 실시

- 사업이 원천성이 있어 활용 분야가 다양할 뿐 아니라 핵심 기술별 활용 시장이 상호 연관되어 있기 때문에, 모든 예시연구주제의 편익을 산정할 경우 편익의 과대추정의 문제가 제기될 가능성이 있음
- 경제성 분석 대상시장이 상대적으로 명확하게 드러날 수 있는 항목을 대상으로 비용/편익분석을 실시
- 경제적 타당성의 비용추정에 활용될 사업은 게임체인저형 5개 과제, 재창조형 6개 과제로 구성, 2022년 이후 10년간 총 2,850억원의 사업비 투입을 가정
- 예시연구주제 중 재창조형의 경우 5년후 신규사업이 기획되어 동일 사업비가 투입되나, 본 경제성분석에서는 2027년 이후 사업비를 고려하지 않음

<표 5-48> 사업 비용

(단위: 백만원)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	합계
뇌-기계 간 인터페이스 기술	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	40,000
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000						10,000
차세대 암호 통신 기술	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	40,000
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000						25,000
수중도시 구현을 위한 시공 기술	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	70,000
폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000						10,000
탄소제로 신에너지원 확보 기술	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	30,000
인공태풍 생상활용 기술	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	30,000
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000						10,000
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000						10,000
생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000						10,000
총비용	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	285,000

2. 편익 추정

가. 예시 연구주제 편익 추정방법

- ☐ 기본 가정은 연구개발 이후 일정 기간 내 제공되는 서비스에 대해 각 개인이 부여하는 가치를 현재가치화한 값을 편익으로 환산
 - 가치는 제공되는 정보를 기반으로 개인들의 선호로부터 도출
 - 연구개발의 결과에 대한 “직접 또는 간접적으로 영향을 받는 모든 가구 또는 개인들이 연구개발사업의 결과가 제공하는 다양한 서비스에 부여하는 화폐가치의 합”으로 정의
- ☐ 화폐가치의 합은 제시된 예시연구주제들에 대한 연구개발의 성공 시 제공되는 서비스에 대한 총지불의사금액(WTP: willingness to pay)으로 환산
 - 설문을 통해 가상적인 시나리오를 적절하게 작성할 경우, 평가하고자 하는 재화와 그 재화의 공급상황에 대해 파악하기 용이하다는 점
 - 특히 현재의 연구개발의 수준과 기술의 공급수준에 의해 제한되지 않기 때문에 새로운 사업들의 편익을 사전적으로 측정하는 데 장점을 보유

나. 조건부가치측정법(CVM) 설문설계

- ☐ 가치평가 대상 재화에 대한 인식을 측정
 - 대상 재화에 대한 기본적인 정보를 파악할 수 있도록 해야 함
 - 조건부가치측정법(CVM)의 시장 시나리오(market scenario) 구축
 - 사업의 목적 및 주요 사업내용 등을 제시하고, 이를 위해 어느 정도의 지불의사가 있는지를 판단할 수 있도록 구성
 - 응답자의 사회경제적 특성에 대한 질문
 - 지불의사금액 모형을 분석할 때 이용되는 변수, 즉 성별, 연령, 소득 등의 질문을 포함
- ☐ 가치평가 대상은 사업내용에 대해 보기카드를 통해 설명
 - 사업정보를 표로 정리하여 사업추진의 현황을 쉽게 파악할 수 있도록 함
- ☐ 조건부가치 시장의 유형의 경우 정치적 시장모형에 착안, 주민투표 모형(referendum model)을 적용
 - 특정 금액을 제시하고 그 금액을 지불할 의사에 대해 양분선택적으로 답변(즉, ‘예’와 ‘아니오’)하도록 함

- ☐ 지불수단 및 지불의사 유도를 위해 설문에서 지불수단을 가구의 추가적인 소득세로 설정
 - 보수적으로 편익을 추정하기 위해 ‘세금’이라는 지불수단이 가장 적절할 것으로 판단
- ☐ 지불의사 유도방법은 이중양분선택형(dichotomous choice with a follow-up) 질문형식을 이용
 - 어떤 특정한 금액을 제시하고 이 금액을 지불할 용의가 있다고 응답하는 경우 첫 번째 제시금액의 약 2배에 해당하는 금액을 제시, 그렇지 않다고 응답하는 경우에는 첫 번째 제시금액의 약 1/2에 해당하는 금액을 제시
 - 일정한 금액 지불의사에 대해 한번만 제시하는 단일양분선택형(dichotomous choice or take-it-or-leave-it) 질문형식에 비해 상대적으로 통계적 효율성이 높아질 수 있으며, 제시금액(bid)들의 설계가 잘못 설정되어도 이를 보정할 수 있는 장점을 지님(Kanninen(1993))
- ☐ 제시금액 설계는 분포의 15%~85% 범위 내에서 4~6가지 제시금액을 설정하는 것이 바람직하다고 설명(장준경 외 2021:99)
 - 양분선택형 질문을 사용할 경우 첫 번째 제시금액이 잘못 제시되어도 이를 보정할 수 있는 능력이 있기 때문에 상대적으로 단일 양분선택형 질문과 같이 심각한 편의를 발생시키지 않는 경향이 있음
 - 첫 번째 제시금액을 사전 조사에서 조사된 지불의사금액의 분포를 감안하여 15분위수와 85분위수 이내로 설계
 - 두 번째 제시금액은 첫 번째 제시한 금액에 대한 지불의사가 있을 경우 첫 번째 금액의 2배, 첫 번째 제시한 금액에 대한 지불의사가 없을 경우 첫 번째 제시금액의 1/2에 대해 질문
- ☐ 모집단을 전국 가구(세대)로 설정, 기본적인 단위는 가구
 - 지역별 가구 수 비율을 기준으로 층화추출
- ☐ 2021년 5월 표적집단조사 이후 개방형 지불의사 유도방법을 이용하여, 4주간 진행되었으며, 총 300가구를 조사

다. 지불의사금액모형 및 추정방법

(1) 지불의사금액모형

□ 확률효용모형에 의거, 효용함수는 결정된 선호(deterministic preferences) 부분과 확률적 선호(stochastic preference)로 구분

- 개인은 자신의 선호를 확률적이라고 생각하지 않으나, 연구자는 이를 알 수 없기 때문에 확률적(stochastic)으로 취급
 - 관찰되지 않는 부분은 개인의 특성 또는 가치평가 속성이 있기 때문
 - 개인들 선호의 변동(variation)과 측정 오차(measurement error)의 발생가능성이 존재
- 여기에서의 간접효용함수(indirect utility function)는 다음과 같음

$$v(y, Z, \epsilon_j) = v(y, Z, q^j) + \epsilon_j, \quad j = 0, 1, \dots \quad (1)$$

- y 는 응답자의 소득, Z 는 시장재의 가격, 시장재의 속성, 기타 개인들의 특성 등을 포함하는 독립변수들의 벡터, q 는 비시장재화(non-market goods)인 $q^1 > q^0$ 로서 q^1 은 q^0 에 비해 개선된 상태라고 가정
- ϵ 는 개별 응답자들은 자신에 대한 질문이기 때문에 알고 있으나, 연구자에게 관찰되지 않는 선호이며, q^0 에서 q^1 으로의 변화에 대해 A 원을 지불할 의사가 있는지에 대해 지불의사가 있다고 답변하는 경우는 다음과 같음

$$v(y - A, X, q^1) + \epsilon_1 > v(y, Z, q^0) + \epsilon_0 \dots \dots \dots (2)$$

- 효용차이함수(utility difference function, Δv) $\Delta v \equiv v(y, Z, q^1) - v(y, Z, q^0)$ 라고 정의
- $\epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_0$ 라고 한다면, q^0 에서 q^1 으로 변화시키기 위해 제시된 A 원에 대해 지불의사가 있다고 응답할 확률은 다음과 같음

$$Pr(Yes) = Pr(\Delta v > \epsilon) = F_\epsilon(\Delta v) \dots \dots \dots (3)$$

- F_ϵ 은 오차항(ϵ)의 누적확률밀도함수(cumulative density function)이며, 오차항(ϵ)이 특정 분포에 따름을 가정

□ 효용함수에 대한 정의를 거치지 않고 응답자들의 최대지불의사금액(WTP)를 정의

$$v(y - WTP, Z, q^1) + \epsilon_1 = v(y, Z, q^0) + \epsilon_0 \dots\dots\dots (4)$$

- WTP는 효용수준을 변화시키지 않으면서 q^0 에서 q^1 으로 개선하기 위한 최대지불의사금액이며 보상잉여(compensating surplus) 개념($CS = CS(y, Z, q^0, q^1, \epsilon)$)에 해당, 두 상황에 대한 지출차이함수(expenditure difference function)로 나타낼 수 있음

$$WTP = CS(y, Z, q^0, q^1, \epsilon) = \epsilon(y, Z, q^0, v) - \epsilon(y, Z, q^1, v) = X\beta + \epsilon \dots\dots\dots (5)$$

- 지출함수 $\epsilon(\cdot)$ 는 주어진 효용수준을 달성하기 위한 최소 지출액, X 는 소득을 포함하여 다양한 설명변수들의 벡터, β 는 설명변수의 계수 벡터를 뜻하며, 오차항 ϵ 는 특정 분포를 따른다고 가정
 - 이 때 q^0 에서 q^1 으로 개선하기 위해 제시한 금액 A 원을 지불하겠다는 경우의 확률은 다음과 같음

$$\Pr(Yes) = \Pr(WTP > A) = \Pr(X\beta + \epsilon > A) = \Pr(X\beta - A > -\epsilon) \dots\dots\dots (6)$$

- WTP_i 는 응답자가 지불할 용의가 있는 금액, 즉 내재된 지불의사금액(underlying WTP), X 는 소득 등 설명변수들의 벡터를 의미하며, β 는 설명변수의 계수 벡터이고, 오차항 ϵ_i 는 특정 분포를 따른다고 가정

(2). 지불의사금액모형의 추정방법

□ 설문조사를 통해 응답자의 간접적인 지불의사금액 WTP_i 를 확인

- 연구개발사업의 결과 이용을 위해 국민이 부담하는 세금 중 제시된 금액을 추가할 수 있는냐의 질문에 대해 ‘예’ 혹은 ‘아니오’의 응답을 하게 됨
 - 그 금액이 WTP_i 보다 작으면 ‘예’, 그리고 반대의 경우라면 ‘아니오’라고 답하게 되며, 다음의 함수로 표현

$$\begin{aligned} I_{ji} &= 1 & \text{if } WTP_i &\geq t_{ji} \\ I_{ji} &= 0 & \text{if } WTP_i < t_{ji}, \end{aligned} \quad j = 1, \dots, J \quad (7)$$

- I번째 응답자에게 제시한 금액이 t_{1i} 일 경우 양분선택적 응답결과가 ‘예’이면, I_{1i} 은 1의 값을 갖게 됨
 - 응답자에게 첫 번째로 제시한 금액이 내재 지불의사금액보다 더 작거나 같다는 정보를 얻을 수 있게 됨
 - 응답이 ‘아니오’로 나왔다면 I_{1i} 는 0의 값을 가지며, 제시된 금액이 응답자의 내재 지불의사금액보다 크다는 정보를 확인
 - 단일양분선택형 자료만 활용할 때의 로그-우도함수는 다음과 같음

$$\ln L = \sum_i I_{1i} \ln [1 - F(t_{1i} : \theta)] + (1 - I_{1i}) \ln [F(t_{1i} : \theta)] \quad (8)$$

- 여기서 $F(\cdot : \theta)$ 는 분포와 관련된 모수 θ 를 갖는 누적확률밀도함수(CDF)를 의미
 - 지불의사금액 분포는 로그 로지스틱(logistic) 분포에 따른다고 가정
- 지불거부자(지불저항 포함)와 지불의향자의 응답을 구분, 지불의향자의 응답을 통해 WTP 를 추정
 - 지수지불의사 함수는 다음과 같음

$$WTP_j = \exp(X_j' \beta + \eta_j) \quad (9)$$

- 여기서 확률변수 η_j 는 로그로지스틱분포(log logistic distribution)을 가정(한국개발연구원, 2015:281-285)

□ 지불의사금액(WTP) 계산

- 지불의사금액은 프로빗 모형 추정을 통해 얻어진 계수추정치 이용하여 계산할 수 있음

$$u_i(m_i - WTP, S_i, z = 1, \eta_{i1}) = u_i(m_i, S_i, z = 0, \eta_{i0}) \quad (10)$$

- 지불의사금액의 개념 상 기존에 누리던 효용과 동일한 수준의 효용을 보장받는 한 새로운 상황을 받아들이고 지불의사금액을 지불할 용의가 있기 때문임

- 따라서 위 수식을 정리하면 $WTP_i = (\alpha + \gamma S_i) / \beta + \eta_i / \beta$
- 프로빗 모형의 계수 추정치 중 α 는 추정된 절편이며, γ 는 인구통계학적 특성 등을 포함한 공변량의 회귀계수(벡터)이며, β 는 주어진 제시금액(bid)에 대한 회귀계수
- 평균 지불의사금액을 구하는 방식은 다음과 같음(고길곤 외, 2019:31)

$$E_{\epsilon}(WTP|\alpha, \gamma, \beta, \bar{Z}) = [(\hat{\alpha} + \hat{\gamma}) / \sigma] / (\hat{\beta} / \sigma) \bar{S} \dots \dots \dots (11)$$

- 추정된 절편과 회귀계수 및 공변량의 평균값을 선형 결합해 평균 지불의사금액을 도출
- 도출된 WTP 에 지불의향자의 가중치를 반영해 최종 지불의사금액(WTP)을 확인

(3) 분석결과

☐ 지역별 가구 수를 배분하여 표본을 다음과 같은 지역별 분포로 조사

<표 5-49> 설문조사 표본배분

지역	표본 가구	비율
서울	63	21%
부산	22	7%
대구	16	5%
인천	18	6%
광주	7	2%
대전	8	3%
울산	9	3%
경기	60	20%
강원	12	4%
충북	9	3%
충남(세종포함)	14	5%
전북	12	4%
전남	11	4%
경북	18	6%
경남	21	7%
합계	300	100%

- ☐ 사회경제적 특성을 보면, 평균연령은 37.38세이며 남성 비중은 49%, 평균소득은 317.8백만원 수준임
- ☐ 안전하고 공평한 디지털사회 구현사업 및 안전하고 지속가능한 환경 유지사업을 위한 가구의 평균 지불의사금액을 추정하기 위해 CVM의 단일 양분선택형 질문을 이용
- ☐ 사전 조사에서 개방형 질문을 통해 얻은 정보를 기초로 응답자들에게 첫 번째로 제시할 금액은 10,000원, 20,000원, 30,000원, 40,000원으로 설정
- 첫 번째 제시금액에 대한 지불의사를 양분선택적 응답, 즉 ‘예 또는 아니오’로 응답하도록 하였음
- 본 조사에서는 첫 번째 제시금액에 대한 지불의사 답변 자료를 분석하는 단일 양분선택형 지불의사금액모형을 활용

<표 5-50> 제시금액별 WTP응답분포

과제명	제시금액	예		아니오		합계	
		가구수	비율(%)	가구수	비율(%)	가구수	비율(%)
뇌-기계 간 인터페이스 기술	10,000원	41	55%	34	45%	75	100%
	20,000원	36	48%	39	52%	75	100%
	30,000원	41	55%	34	45%	75	100%
	40,000원	15	20%	60	80%	75	100%
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	10,000원	39	52%	36	48%	75	100%
	20,000원	37	49%	38	51%	75	100%
	30,000원	44	59%	31	41%	75	100%
	40,000원	15	20%	60	80%	75	100%
차세대 암호 통신 기술	10,000원	40	53%	35	47%	75	100%
	20,000원	29	39%	46	61%	75	100%
	30,000원	40	53%	35	47%	75	100%
	40,000원	7	9%	68	91%	75	100%
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	10,000원	47	63%	28	37%	75	100%
	20,000원	30	40%	45	60%	75	100%
	30,000원	32	43%	43	57%	75	100%
	40,000원	4	5%	71	95%	75	100%
수중도시 구현을 위한 시공 기술	10,000원	42	56%	33	44%	75	100%
	20,000원	25	33%	50	67%	75	100%
	30,000원	21	28%	54	72%	75	100%
	40,000원	9	12%	66	88%	75	100%
폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	10,000원	43	57%	32	43%	75	100%
	20,000원	29	39%	46	61%	75	100%
	30,000원	36	48%	39	52%	75	100%
	40,000원	2	3%	73	97%	75	100%

과제명	제시금액	예		아니오		합계	
		가구수	비율(%)	가구수	비율(%)	가구수	비율(%)
탄소제로 신에너지원 확보 기술	10,000원	39	52%	36	48%	75	100%
	20,000원	34	45%	41	55%	75	100%
	30,000원	38	51%	37	49%	75	100%
	40,000원	8	11%	67	89%	75	100%
인공태풍 생성·활용 기술	10,000원	42	56%	33	44%	75	100%
	20,000원	28	37%	47	63%	75	100%
	30,000원	8	11%	67	89%	75	100%
	40,000원	4	5%	71	95%	75	100%
구름 챔버 활용 미세먼지 저감 기술	10,000원	47	63%	28	37%	75	100%
	20,000원	25	33%	50	67%	75	100%
	30,000원	12	16%	63	84%	75	100%
	40,000원	7	9%	68	91%	75	100%
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	10,000원	44	59%	31	41%	75	100%
	20,000원	35	47%	40	53%	75	100%
	30,000원	27	36%	48	64%	75	100%
	40,000원	1	1%	74	99%	75	100%
생활환경 감응형 유해인자 추적·파괴 기술	10,000원	43	57%	32	43%	75	100%
	20,000원	16	21%	59	79%	75	100%
	30,000원	20	27%	55	73%	75	100%
	40,000원	9	12%	66	88%	75	100%

- 본 조사에서 제시된 지불의사금액에 대해 지불거부의사를 밝힌 응답자에게 제시금액을 1/2로 낮추어 질문
- 두 번째 지불의사의 질문에서도 0원의 지불의사인지 확인
- 확인된 응답자를 지불거부자로 분류하고, 그 외의 경우는 지불의사자로 구분

<표 5-51> 지불의사자와 지불거부자

구분		지불의사자	지불거부자	합계
뇌-기계 간 인터페이스 기술	가구수	187	113	300
	비율(%)	62.33%	37.67%	100%
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	가구수	185	115	300
	비율(%)	61.67%	38.33%	100%
차세대 암호 통신 기술	가구수	162	138	300
	비율(%)	54.00%	46.00%	100%
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	가구수	169	131	300
	비율(%)	56.33%	43.67%	100%

구분		지불의사자	지불거부자	합계
수중도시 구현을 위한 시공 기술	가구수	145	155	300
	비율(%)	48.33%	51.67%	100%
폐기물 에너지화(poly-gener- ation) 기술	가구수	158	142	300
	비율(%)	52.67%	47.33%	100%
탄소제로 신에너지원 확보 기술	가구수	170	130	300
	비율(%)	56.67%	43.33%	100%
인공태풍 생성·활용 기술	가구수	126	174	300
	비율(%)	42.00%	58.00%	100%
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	가구수	138	162	300
	비율(%)	46.00%	54.00%	100%
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	가구수	161	139	300
	비율(%)	53.67%	46.33%	100%
생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	가구수	142	158	300
	비율(%)	47.33%	52.67%	100%

- ☐ 양(+)의 지불의사금액을 가진 지불의사자들의 단일 양분선택형 응답자료를 활용해 지불의사금액모형 추정에 활용
- ☐ 단일양분선택형 지불의사금액모형에서 가구당 지불의사금액은 지불의사금액 방정식으로 추정
- 로그로지스틱 분포를 가정, 평균 지불의사금액 모형 추정 결과 지불의사금액모형의 상수항 및 모수는 p-value으로 판단할 때 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함

<표 5-52> 지불의사금액 모형추정 결과

구분	변수	추정계수	표준오차	P
뇌-기계 간 인터페이스 기술	상수항	0.486	0.180	0.007
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	19,104.000	3,231.636	0.000
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	상수항	0.431	0.179	0.006
	모수	-0.000	0.000	0.001
	WTP	19,164.980	3,637.262	0.000
차세대 암호 통신 기술	상수항	0.503	0.183	0.006
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	15,462.970	2,939.543	0.000
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	상수항	0.872	0.189	0.000
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	17,584.160	1,784.080	0.000
수중도시 구현을 위한 시공 기술	상수항	0.515	0.186	0.000
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	12,607.690	2,683.913	0.000
폐기물 에너지화(poly-gener- ation) 기술	상수항	0.748	0.188	0.000
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	16,410.210	2,025.147	0.000
탄소제로 신에너지원 확보 기술	상수항	0.532	0.182	0.004
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	16,319.180	2,821.726	0.000
인공태풍 생성·활용 기술	상수항	0.823	0.198	0.000
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	13,032.790	1,724.747	0.000
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	상수항	0.807	0.192	0.000
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	14,160.190	1,812.945	0.000
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	상수항	0.959	0.193	0.000
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	17,006.520	1,605.010	0.000
생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	상수항	0.409	0.187	0.009
	모수	-0.000	0.000	0.000
	WTP	10,158.980	3,069.899	0.001

- ☐ 지불의사금액모형에서 지불거부자를 제외한 지불의사금액의 대푯값에 지불의사자 비율을 반영하여, 지불의사자 비율이 반영된 평균 지불의사금액을 확인

<표 5-53> 평균 WTP 추정결과

구분	지불거부자 제외 WTP(원/년) 대푯값	지불의사자비율(%)	지불의사자 비율 반영 평균 WTP(원/년)
뇌-기계 간 인터페이스 기술	19,104.000	62.33	11,908
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	19,164.980	61.67	11,818
차세대 암호 통신 기술	15,462.970	54.00	8,350
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	17,584.160	56.33	9,906
수중도시 구현을 위한 시공 기술	12,607.690	48.33	6,093
폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	16,410.210	52.67	8,643
탄소제로 신에너지원 확보 기술	16,319.180	56.67	9,248
인공태풍 생성·활용 기술	13,032.790	42.00	5,474
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	14,160.190	46.00	6,514
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	17,006.520	53.67	9,127
생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	10,158.980	47.33	4,809

☐ 여기서 도출된 평균 WTP에 전국 가구 수(2020년 통계청 가구추계)인 20,349,567을 곱하여 예시 연구주제 별 1년간의 편익을 산정

<표 5-54> 연간 총편익 추정결과

구분	평균 WTP 추정치 (원/년)	가구수 (2020)	연간 총 편익(백만원/년)
뇌-기계 간 인터페이스 기술	11,908	20,349,567	242,326
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	11,818	20,349,567	240,499
차세대 암호 통신 기술	8,350	20,349,567	169,919
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	9,906	20,349,567	201,578
수중도시 구현을 위한 시공 기술	6,093	20,349,567	123,996
폐기물 에너지화(poly-generation) 기술	8,643	20,349,567	175,875
탄소제로 신에너지원 확보 기술	9,248	20,349,567	188,183
인공태풍 생성·활용 기술	5,474	20,349,567	111,389
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	6,514	20,349,567	132,551
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	9,127	20,349,567	185,727
생활환경 감응형 유해인자 추적·과피 기술	4,809	20,349,567	97,853

☐ 본 사업의 경우 국가연구개발사업에서 일반적으로 활용하고 있는 고려요인들 중, 부가가치율, 사업화성공률, R&D기여율을 적용

- 부가가치율은 한국은행 산업연관표(2014년 연장표)의 평균 부가가치율 적용
- 사업화성공률은 각 분야별 사업화성공률을 다르게 적용
- R&D기여율은 예비타당성조사 수행 세부지침을 적용, 35.4%를 적용
- 편익의 발생기간은 보수적인 추정을 위해 5년으로 적용
- 편익의 회임기간은 예비타당성조사 세부지침에 의거 통상적으로 3년을 고려하나, 일부 연구주제의 경우 분야별 특수성을 고려하여 다르게 적용

- 뇌-기계 간 인터페이스 기술의 경우 ‘범부처재생의료기술개발사업(2020)’에서 활용한

회임기간인 임상, 품목허가, 품목허가 이후 사업화 기간을 고려하여 총 5년으로 설정

- 차세대 암호통신기술의 경우 ‘양자정보통신 중장기 기술개발 사업(2018)’사업에서 활용한 2년으로 설정

○ 사회적 할인율은 예비타당성조사 가이드라인을 준용하여 4.5%로 적용

<표 5-55> 총편익 추정의 기본방향

예시연구주제	부가가치율	사업화성공률	R&D기여율	회임기간	편익발생기간
뇌-기계 간 인터페이스 기술	37.48%	49.70%	35.40%	5	5
정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술	59.60%	45.60%	35.40%	3	5
차세대 암호 통신 기술	29.31%	45.50%	35.40%	2	5
탄소 중립 저에너지 도시발전 기술	28.38%	40.80%	28.10%	3	5
수중도시 구현을 위한 시공 기술	21.00%	31.60%	35.40%	3	5
폐기물 에너지화(poly- generation) 기술	55.50%	54.10%	35.40%	3	5
탄소제로 신에너지원 확보 기술	28.38%	40.80%	28.10%	3	5
인공태풍 생성·활용 기술	29.51%	51.65%	35.40%	3	5
구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술	29.51%	51.65%	35.40%	3	5
대형산업사고 위험성 자동 예측기술	30.90%	43.40%	35.40%	3	5
생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술	31.20%	43.00%	35.40%	3	5

3. 분석결과

가. 비용/편익 분석결과

□ 총 투입비용은 2,850억 원(현재가치 약 2,425억 원)이며 총 편익은 약 5,403억 원(현재가치 약 2,755억 원)으로 약 1.14의 B/C ratio 도출

○ 본 사업의 경우 편익의 회임기간(2-5년)을 거쳐 2041년까지의 편익이 발생. 연구개발의 특성으로 고려할 때 경제적인 타당성이 확보된 것으로 판단됨

<표 5-56> 비용/편익 분석결과

(단위 : 원)

연도	비용		편익		순 현재가치
	비용	비용현재가(NPV)	편익	편익현재가(NPV)	
2022	36,000,000,000	36,000,000,000	0	0	-36,000,000,000
2023	36,000,000,000	34,449,760,766	0	0	-34,449,760,766
2024	36,000,000,000	32,966,278,245	0	0	-32,966,278,245
2025	36,000,000,000	31,546,677,746	0	0	-31,546,677,746
2026	36,000,000,000	30,188,208,369	0	0	-30,188,208,369
2027	21,000,000,000	16,851,471,977	0	0	-16,851,471,977
2028	21,000,000,000	16,125,810,504	0	0	-16,125,810,504
2029	21,000,000,000	15,431,397,611	0	0	-15,431,397,611
2030	21,000,000,000	14,766,887,666	0	0	-14,766,887,666
2031	21,000,000,000	14,130,992,982	0	0	-14,130,992,982
2032			0	0	0
2033			0	0	0
2034			8,021,809,107	4,730,170,961	4,730,170,961
2035			92,074,821,475	50,311,575,714	50,311,575,714
2036			92,074,821,475	49,717,904,890	49,717,904,890
2037			108,054,169,916	55,833,798,473	55,833,798,473
2038			108,054,169,916	53,429,472,223	53,429,472,223
2039			100,032,360,809	47,332,950,915	47,332,950,915
2040			15,979,348,441	7,235,454,868	7,235,454,868
2041			15,979,348,441	6,923,880,256	6,923,880,256
합계	285,000,000,000	242,457,485,866	540,270,849,578	275,515,208,300	33,057,722,435

나. 민감도 분석결과

- ☐ 편익과 비용 변화에 따른 민감도 분석 결과, 편익변화에 따른 B/C ratio는 0.91 ~ 1.36 수준으로 변화하며, 비용변화에 따른 B/C ratio는 0.95~1.42 에서 변화하는 것으로 추정됨

<표 5-57> 민감도 분석 결과(편익/비용 변화)

구분	-20%	-10%	10%	20%
편익 변화	0.91	1.02	1.25	1.36
비용 변화	1.42	1.26	1.03	0.95

참고문헌

- 고길곤 외.(2019). 경기도 공공투자사업의 조건부가가치추정법 적용을 위한 분석프로그램 개발. 경기연구원
- 과학기술정보통신부. (2020.05.08). 보도자료. “혁신도전 프로젝트, 정부RD 혁신을 알리는 신호탄을 쏘아 올리다”.
<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156389292>
- 과학기술정책지원서비스. (2020). 혁신도전 프로젝트.
<https://www.k2base.re.kr/karpa/intro.do>
- 국토연구원. (2016). 유럽의 스마트전문화를 위한 연구혁신(RIS3)정책 동향과 시사점.
- 김호성. (2019). 과학난제 극복을 위한 도전적 융합연구 활성화 기획연구. 과학기술정보통신부.
- 산업통상자원부. (2019.07.05). 보도자료. “산업기술개발과, 알키미스트 프로젝트 공고”
- 산업통상자원부. (2019.07.08). “난제정의서(산업분야)”
- 산업통상자원부. (2019.07.08). “난제정의서(에너지분야)”
- 산업통상자원부. (2020.05.06). 공고문. “2020년도 산업기술 알키미스트 프로젝트 신규지원 대상과제 공고”
- 산업통상자원부. (2020.05.06). 보도자료. “산업기술개발과, 20년 알키미스트 프로젝트 10개 테마 공개”
- 산업통상자원부. (2020.05.06). “테마정의서”
- 이종혁, 김은아. (2019). 국가난제 개념 고찰을 통한 이슈 탐색연구. 한국기술혁신학회 학술대회, 471-505.
- 이혁, 오운환. (2019). 국가난제 해결을 위한 진단·분석 과정 방법론 개발. 한국기술혁신학회 학술대회, 519-546.
- 일본 내각 문샷 프로그램, <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/index.html>
- 일본 경제산업성 보고서. (2017).
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/innovation_dai4/siryou3.pdf
- 장준경 외. (2012). 예비타당성조사를 위한 CVM 분석지침 개선 연구. 한국개발연구원.
- 채경진, 서인석, & 조일형. (2018). 조건부가가치추정법 (CVM) 을 적용한 지방자치단체 도시정비사업의 지불가치 추정 부천시 송내역 환승센터 사례를 중심으로. GRI 연구논총, 20(2), 79-102.
- 최종화 외. (2019). 국가 난제 해결을 위한 과학기술 관점의 경제·사회 시스템 혁신전략 연구, 정책연구 2019-26, 과학기술정책연구원
- 한국개발연구원. (2015). 2015년도 예비타당성조사 보고서. 국립박물관단지 조성사업

예비타당성조사

한국연구재단. (2020). 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서
혁신도전 프로젝트 추진단. (2020). 「제2차 혁신도전 프로젝트 추진위원회」

European Commission. (2016). Digital Social Innovation for Sustainable Societies.

European Commission. (2018). Assessing the impact of a mission-oriented
research and innovation approach : final report.

European Commission. (2018). Mission-Oriented Research and Innovation:
Inventory and characterisation of initiatives.

European Commission. (2019). Collective Awareness Platforms for Sustainability
and Social Innovation.

Rissola, Gabriel, et al. (2017). Place-Based Innovation Ecosystems: Espoo
Innovation Garden and Aalto University (Finland). No. JRC106122. Joint
Research Centre (Seville site).

Smart-up BSR, <https://smartup-bsr.eu/>

< 별첨 1> IMPAcT(미래선도기술개발) 플러스 사업 추진(안)

□ 추진배경

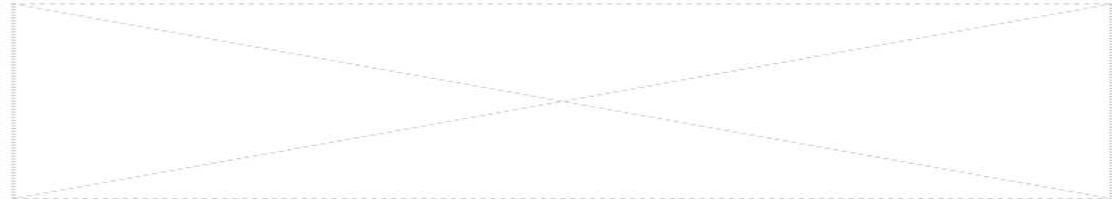
- 과기정통부에서는 미래사회 파급력있는 원천기술 확보를 위하여 '18년도부터 미래선도기술개발사업을 통하여 4개 과제를 지원
 - ※ '18년부터 '21년도까지 연간 50억 내외 금액 지원(고층빌딩 외벽청소로봇, 자연분해되는 PLA기반 포장재료 등 연구)
- 성과 연계 등을 위해 국민이 제안하는 미래사회 시나리오에 기반한 파급력있는 원천기술을 확보를 목적으로 IMPAcT 플러스 사업 추진

□ 사업개요

- 사업명 : 미래선도기술개발 플러스 사업(IMPAcT-Plus*)
 - * Innovative First-Mover Program for Accelerating Disruptive Technology Development-Plus
- 목적 : 국민의 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력있는 원천기술 개발
- 사업유형
 - (재창조형) 단기간 성과창출이 가능한 고부가가치 융복합 신기술 확보 및 이를 활용한 제품·서비스 개발
 - ※ 기존사업(IMPAcT) 신시장 출형(4차 산업혁명 대응을 위한 융복합 원천기술 개발 및 상용화)의 사업모델과 성과를 연계
 - (게임체인저형) 근본적인 기술혁신을 위한 핵심원천기술 확보
 - ※ 신개념의 성장동력을 이끌 수 있는 새로운 기술수요에 기반한 기초원천연구 지원 후 후속사업과 연계
- 사업규모 : 총 420억원('22~'27년 : 선기획 1년 + 본연구 4년)

사업유형	과제수 (선기획/본연구)	단가 (선기획/본연구)	총 지원액	비고 (연간예산)
재창조형	20과제/10과제	1억/10억	210억	'22년 10억 / '23년 60억, '24년 100억 / '25년 100억 '26년 100억 / '27년 50억
게임체인저형	20과제/10과제	1억/10억	210억	
합계	-	-	420억	

□ 사업 운영(안)



- (미션 후보 수집) 미래를 여는 과학기술 프로젝트* 시나리오(‘19년부터 시행) 실시 및 선정작 도출 → 제시기술을 개념수준에서 정리(재단RB)

* 대국민 투표방식으로 미래기술 공통키워드 도출 및 사회문제 정의(공감성 확보)

- (과제후보군 압축 및 선정) 전문가 평가, 국민 선호도 투표를 통해 후보 테마 도출

- ◆ 1차 전문가 토의 및 평가를 통해 3배수 선정 (기술성 평가)
- ◆ 2차 사업추진위원회를 통해 최종과제(대상기술) 선정 : 과제 성격에 따라 ‘재창조형’과 ‘게임체인저형’으로 구분

- (선기획) 각 과제는 형태(단위, 총괄)에 관계없이 사전기획단계를 거쳐 목표의 구체성과 수행근거 및 개략적인 수행 로드맵을 확보

– 개념요약서 검토를 통해 선기획 대상과제 지정 및 1년 지원

- ◆ 재창조형 : 선기획 이후 4년 내 가시적 성과를 창출 할 수 있어 실용화에 초점을 맞춘 연구
- ◆ 게임체인저형 : 기존 접근과 다른 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 기초·원천단계의 연구활동을 지원

- (본연구) 선기획 결과에 대한 검토(경쟁형 기획) 이후 본연구 지원

- (후속사업 연계) 게임체인저형 연구성과 중 사업화 가능성이 높거나 국민생활문제 해결에 기여할 수 있는 기술을 엄선하여 기술수준 제고를 위한 R&D 후속사업 시행

□ 추진일정

- (‘21.10~‘21.12.) ’21년 미래를 여는 과학기술 프로젝트 공모
- (‘22.1~‘22.3.) 우수결과 기반 과제후보군 압축 및 선정
- (‘22.4~‘22.6.) 선기획 대상과제 접수 및 선정평가·협약
- (‘22.7~‘23.6.) 선기획 실시 / 본연구 대상과제 평가·협약
- (‘23.7~‘27.6.) 본연구 지원

◇ 혁신적인 디자인의 국민참여형 사업으로 국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업

- 세계 각국의 기술보호주의 대두에 따라, 국내 원천기술의 부재와 높은 대외의존도에 따른 충격을 최소화하고 선도형 파괴적 혁신을 이끌어낼 국가 역량 결집 필요성 증대
 - 그러나, R&D 일몰제 이후 연속사업이 종료되면서 중장기적으로 도전적 R&D를 추진하여 국가적 역량을 결집할 수 있는 기회는 줄어드는 상황
 - ※ 실패가능성이 높고 도전적인 R&D를 총사업비 500억원 미만 3~5년 규모인 단기·소규모 R&D 형태로 추진 중(미래선도기술개발, 과학난제 등)

- 기존의 Tech-Push 또는 Market-Pull 기술혁신 모델은 중간 수요인 기업의 예측에 기반하고 있어 진정한 최종 수요인 ‘국민’의 니즈를 반영하지 못함
 - 새로운 R&D패러다임에 걸맞는 국가 R&D사업을 기획하고, 성과창출 및 확산과 연계시키기 위한 최적화된 사업운영체제와 추진절차의 정립 필요

☞ (전략①) 국민이 제안하는 난제에 응답하는 R&D

- 일반 시민들을 대상으로 국내·외 사례*를 설명하고 토론을 거쳐 대난제를 도출하는 국민참여형 과제도출 프로세스 (국민 PD 101 concept)
 - * 미국의 10 Big ideas, 영국의 Grand Challenge, X-project 등

☞ (전략②) 미들업(middle-up) 형태의 복합형 과제기획

- 연구자들의 집단지성을 활용하여 국민 참여를 통해 도출된 사회난제를 해결하기 위해 개발해야 할 기술들을 과제화

☞ (전략 ③) 기존 사업을 포괄하는 오픈 플랫폼 구조

- 기존 단기·소규모 R&D 형태로 추진하던 도전형 R&D를 포괄하고, 기존 유사사업(혁신도전프로젝트 등)을 과제 형태로 흡수하여 예산 투자의 효율성 제고
- 적절성 재검토를 통해 계속 유지될 수 있는 R&D 플랫폼

- (상위계획과의 부합성*) 창의적·도전적 혁신과제 및 연구를 촉진하여 미래 신산업을 발굴하고 주력산업 경쟁력 제고를 위한 원천·핵심기술개발에 기여
 - * ①국정운영계획, ②제4차 과학기술기본계획, ③제3차 융합연구활성화기본계획, ④2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)
- 낮은 성공 확률에도 도전적·진취적으로 연구에 임할 수 있는 기술혁신 과제 발굴·추진
- (수행 주체의 타당성) 원천기술 확보를 위한 도전적 연구로서 정부, 특히 R&D 선도 부처의 예산 확보·집행이 타당
 - 경쟁형 R&D를 통해 탁월성을 갖춘 우수 연구자(기관)의 R&D 수행 가능
- (수행 방식의 혁신성) 진정한 최종 수요자인 국민에 부응할 수 있는 파급력 있는 기술 확보를 위해 미들업(Middle-up) 형태의 복합형 과제기획 도입
 - (난제 도출) 미래사회 시나리오 공모전, 미래사회 주제에 대해 토론 등을 거쳐 대난제와 미션을 도출하는 국민 참여형 과제 도출 프로세스
 - (과제 기획) 자유공모방식을 통해 연구자들의 집단지성을 활용하여 국민 참여를 통해 도출된 사회 난제 해결을 위한 대상기술 과제화
- (유사 중복 여부 검토) 사업구성 및 과제기획, 사업대상 및 기간, 사업추진 체계 등의 분야에서 차별성 확보
 - (사업구성 및 과제기획) 미래 대난제 해결과 세계 최고수준의 R&D 성과 확보를 목표로 기술분야 선정과정에서부터 다양한 국민들의 수요를 직접 반영
 - (사업대상 및 기간) 지속적인 과제 발굴 및 지원체계를 구축함으로써 장기적으로 다양한 분야의 R&D 성과를 확보할 수 있는 기반 제공(계속사업, 과제 유형에 따라 5년 / 10년 지원)
 - (사업추진체계) 국민참여를 극대화하는 공론조사형 수요발굴을 기초로 사업추진 과정에서 국민참여를 극대화하기 위한 민관파트너십(PPPP) 추진
- (기존사업과의 연계) 기존 단기·소규모 R&D 형태로 추진하던 도전형 R&D를 포괄하고, 기존 유사사업을 과제 형태로 흡수하여 예산 투자의 효율성 제고

◆ Middle-up 형태의 과제기획 프로세스와 Platform 형태의 추천체계를 통해 산·학·연·관·민이 함께 만들어 갈 수 있는 장을 마련

유형	제1유형 (재창조型)	제2유형 (게임체인저型)
목적	5년 내 가시적 성과를 위한 단기·전략적 연구지원 - (예시) 외부 전원 공급 장치 없이 자가 구동이 가능한 패치형 유해물질 탐지 기술	근본적인 기술혁신을 위한 장기·안정적 연구지원 - (예시) 인공태풍을 이용하여 미세먼 지 확산을 저감하는 기술 개발
수행 주체	PPPP(Private Public People Partnership) 기반 민관 협업 사업단 ※ (사업추진위) 과기부, 일반시민, 전문가 등이 공동으로 참여하여 사업운영 관련 의사결정 ※ (기획위) 매년 산학연 전문가 그룹으로 기획위원회를 구성, 최적의 주제발굴 및 기획안 작성	
주요 특징	(미션 선정) 국민참여 워크숍을 3~5년 주기로 실시하여 국민들이 원하는 난제 발굴 (과제 선정) 전문가 평가(3배수) ⇨ 일반대중 선호도 평가 ⇨ 사업추진위원회 최종과제 (대상기술*) 선정 * 단기간(5년 이내)에 가시적인 성과를 달성할 수 있는지를 중점평가	(과제 선정) 전문가 평가(3배수) ⇨ 일반대중 선호도 평가 ⇨ 사업추진위원회 최종과제 (대상기술*) 선정 * 독창적인 아이디어/접근방법이거나 기술개발 성공시 미션해결 가능성을 상당한 수준으로 제고하는 과제 선정
	(수행) 기획 결과에 근거하여 수행기관을 선정하고 집중투자하는 경쟁기획 방식의 경쟁력 R&D(선기획-1·2단계)	(수행) 선행연구 ⇨ 본연구 ⇨ 실증연구의 단계별 토너먼트방식 경쟁형 R&D (선행연구→본연구→실증연구)
	(단계평가) 각 과제 유형별 지향하는 목표의 달성 가능성, 연구계획 대비 달성도 등을 중심으로 평가, 1단계 평가를 통한 2단계 연구비 탄력 운영 시행	
	- 관련 기술 특허 포트폴리오 구축의 노력 및 의지 평가 - 총괄-세부별 병행평가 추진 - 세부과제 탈락 및 신규팀 진입 허용 ※ 개발기술의 원천성 검증과 원천특허 확보 가능성 중심 평가	- 창의적 아이디어 바탕의 원천특허 포트폴리오 구축 진척도 평가 - 기존 연구팀과의 협력연구를 전제로 신규지원과제 추가 선정 ※ 학문적·과학기술적 성과를 중심으로 평가
	(종료평가) 미션해결기술의 확보 여부와 원천특허로서 가치를 극대화할 수 있 는 특허 포트폴리오 구축 실적 등을 집중적으로 평가	

□ 사업구성 및 과제기획

- (他 사업) 도전적·혁신적 R&D를 지원하는 대규모 R&D 사업들은 본 사업의 목표와 유사한 측면이 존재하나, 주로 연구자 중심으로 중점투자분야를 설정
- (MirACle) 미래 大난제 해결과 세계 최고수준의 R&D 성과 확보를 목표로 기술분야 선정과정에서부터 다양한 국민들의 수요를 직접 반영
 - － 국민 참여를 통해 난제를 도출, 연구자 대상 자유공모를 통해 난제해결을 위한 기술분야를 도출하는 **미들업(Middle-up) 형태의 복합형 과제기획**

□ 사업대상 및 기간

- (他 사업) 사회이슈 및 현안 해결에 초점을 맞춘 소규모 R&D사업들은 응용연구에 집중되어 장기적이고 안정적인 기반이 요구되는 원천기술 확보에는 취약한 사업구조(3~6년 내외)
- (MirACle) 지속적인 과제 발굴 및 지원체계를 구축함으로써 장기적으로 다양한 분야의 R&D 성과를 확보할 수 있는 기반 제공(계속사업, 과제 유형에 따라 5년 / 10년 지원)

□ 사업추진체계

- (他 사업) 주로 연구단 형태로 사업추진체계를 구성하며, 국민이 아이디어만을 제공하는 다소 제한적인 국민참여방식만을 활용
- (MirACle) 국민참여를 극대화하는 **공론조사형 수요발굴**을 기초로 사업 추진 과정에서 국민참여를 극대화하기 위한 **민관파트너십(PPPP)** 추진

□ 기존 사업과의 연계

- 기존 일몰형 사업들의 경우, 예산 부족 및 의사결정 과정의 한계로 인해 긴급한 현안에 대한 즉각적인 대응이 어려움
- 사회적 난제 해결이라는 사업 목적은 유사하나, 예타 규모 이하로 진행되는 **소규모 사업들의 통합**을 통해 재정 절감 및 역량 집중

구분	기존 사업	MirACle
사업 목표	<p>[정부·연구자 수요기반]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 세계 최고수준 또는 국가차원의 초고난도의 원천기술 확보를 목표 · 소규모 R&D사업들은 주로 즉각적인 사회이슈 해결을 목표로 설정 	<p>[국민 수요기반]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 국민이 제안한 사회난제 해결을 위해 핵심 원천기술을 개발하여 국가적 역량제고 뿐만 아니라 국민수요에 기반한 미래사회 모습을 구현
연구 과제 기획	<p>[하향식(Top-down) 기획]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 연구단 구성·운영을 포함, 유망기술 선정에서 사업화까지 정부 또는 연구자 중심으로 연구개발사업을 기획·수립하여 진행 	<p>[미들업(Middle-up) 기획]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 미래사회 주제에 대한 토론을 통해 국민이 제안하는 사회난제와 미션 도출 · 연구자 집단지성을 활용하여 국민 참여를 통해 도출된 사회난제를 해결하기 위해 개발해야 할 기술들을 과제화
지원 분야	<p>[현안대응형 응용연구 중심]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 사회문제해결을 위한 R&D 사업들은 주로 사회현안에 긴급하게 대응하기 위한 응용연구에 집중 	<p>[도전·혁신적 원천기술 중심]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 지속적인 과제 발굴 및 지원체계를 구축함으로써 장기적으로 다양한 분야의 R&D 성과를 확보할 수 있는 기반 제공 · 과제 성격을 고려한 사업구성을 통해 단기간 내 전략적 지원이 필요한 과제(재창조형)와 장기적으로 안정적인 기반이 필요한 과제(게임체인저형)를 구분
사업 운영	<p>[물리적 융합]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 과제 단위 연구목표 달성을 위한 산학연 연구진 구성 	<p>[화학적 융합]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 조직적인 차원에서 국민의 참여를 보장하고 적극적인 참여와 책임을 유도하기 위해 PPPP (Private Public People Partnership) 기반 민관 협업 사업단 구성
사업 규모	<p>[사업의 단기·소규모화]</p> <ul style="list-style-type: none"> · R&D 사업 일몰에 따른 단기 소규모 R&D 위주의 운영 	<p>[소규모 사업 통합·역량 집중]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 기존 단기·소규모 R&D 형태로 추진하던 도전형 R&D를 포괄 · 유사사업을 과제형태로 흡수

참고

미라클 프로젝트(MirACle)과 유사사업 비교

	미라클 프로젝트 (MirACle)	산업기술 알키미스트 프로젝트	과학난제 도전 융합연구개발사업	미래선도기술 개발사업 (IMPACT)	글로벌 프런티어사업
사업기간	계속사업 (5년 단위 적정성 재검토)	2019년~	2020년~2025년	2018년~2021년	2010년~2022년
총사업비	연 350억원 내외	300억원 내외	480억원 내외	252억원	약 1조 2,000억원
사업목표	국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력있는 원천기술 개발을 위한 한계돌파형 중장기 R&D 사업 추진	향후 10~20년 내에 산업 판도를 바꿀 수 있는 게임체인저로서 강력한 산업적 파급력을 가진 기술개발	과학난제를 연구자 중심으로 발굴하고, 융합연구를 통해 도전함으로써 혁신적 연구성과 창출 및 진취적·도전적 연구풍토 조성	4차 산업혁명 대응 과학기술 역량 강화 및 현안 해결을 위한 고위험, 고부가가치 기술, 제품, 서비스 개발 및 신시장 창출	미래를 선도하는 핵심 융합기술 분야에서 창조경제를 견인할 수 있는 세계 최고 수준의 원천기술력 확보
추진체계	PPPP(Private Public People Partnership) 기반 민관 협업 사업단	전담기관 이하 주관기관 운영 (대학, 연구소 등 비영리기관)	융합연구단(5개)	(신시장 창출형) PPP(Private Public Partnership) 기반 민관 협업 연구단 (현안해결형) 연구자, 부처, 지자체 참여 협의체 운영 (총괄, 과제별)	연구단형 (법인으로 설립하여 종료 후 존속 가능)
지원기간	(재창조형) 5년(1+2+2) (게임체인저형) 10년(2+3+5)	7년(1+1+5)	(선도형융합연구) 4.5년 (과학난제 도전 협력지원단) 6년	4년(1+2+1)	9년(2+3+4)
지원규모	연간 70억원 내외	<선기획 선행연구> (1단계) 최대 연 2억원 (2단계) 연 5억원 이내 <본 연구> (3단계) 연 50억원 이내	(선도형융합연구) 5개 과제× 과제당 연 20억원 내외 (과학난제 도전 협력지원단) 연간 5억원	(신시장 창출형) 4개 과제 내외× 연평균 10억원 내외 (현안해결형) 2개 과제 내외× 연평균 10억원 내외	연구단별 1단계: 연 50~100억원 2단계: 연 100~130억원 3단계: 연 100~150억원
사업구성 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ■(재창조형) 선기획을 통해 5년 내 가시적 성과를 달성할 수 있도록 SPEED-UP에 초점 ■(게임체인저형) 기존 접근과 다른 근본적인 기술혁신이 일어나야 하는 형태로 장기안정적 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구소·대학 중심의 대규모 중장기 과제형태로 추진 ■(기획) 최고전문가 로 구성된 ‘그랜드 챌린지 발굴위원회’ 에서 산업의 난제 도출 → 다양한 방 법론이 제안되도록 해결목표 중심 과 제 제시 ■(수행) 토너먼트형 (경쟁형) 연구 방 식 및 기업 멤버십 * 제도 도입 * 연구과제에 관심있는 기업은 비용을 지불하 고 평가에 참여, 개발 기술 우선실시권 획득 	<ul style="list-style-type: none"> ■(선도형융합연구) 연구자 숙의과정을 거쳐 최종적 과학난제 해결에 필수적인 역할을 할 수 있는 핵심과제 발굴 연구 ■(과학난제도전협 력지원단) 과학난제 후보군 발굴 선정, 맞춤형 과학난제 기획 지원, 난제 발굴 오픈플랫폼 운영, 글로벌 공동연구 지원 등 	<ul style="list-style-type: none"> ■(신시장 창출형) 新산업新시장 창출이 가능한 창의적·혁신적 연구개발 분야* 대상 상향식 기획 * 혁신성장동력분야; 12대 유망미래기술분야 기타 융합신산업 창출 가능 분야 등 ■(현안해결형) 기술수요조사·대국민 설문조사 및 국민생활과학자문단 에서 발굴/제안한 과제 등을 기반으로 분야 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기획단계에서는 산·학·연 22명으로 구성된 기획자문위원회를 바탕으로 4대 중점기술분야 제시 ■ 연구개발계획, 연구능력, 경영관리역량의 3개 영역에서 탁월한 과제(연구단)선정 ■ 3년차, 6년차 단계 평가시 하위 10~20% 과제 강제탈락 제도 도입

참고

미라클 프로그램(MirACle) 예시 기술

- 국민이 제안한 4대 주제에 대해 기획연구진과 총괄기획위원들이 11개 핵심과제를 도출하고 49개 세부과제 취합 → 최종 21개 세부과제로 사업구성

프로젝트(4)	핵심과제(11)	세부과제(21)
[1] 무덤에서 요람까지 건강한 삶 유지	[1-1] 신체-질병-면역 간 연결기작 분석 기술	생애 주기별 면역세포 향상성 유지연구
		뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술
	[1-2] AI 기반 노화방지 및 대응 기술	노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술
		양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술
		후천적 신체손상 디지털 치료기술
	[1-3] AI 기반 맞춤형 진단·치료기술	바이오 극저온 동결 보전기술
		디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술
[2] 안전하고 공평한 디지털 사회 구현	[2-1] 디지털 협업 효율화 및 양극화 극복기술	뇌-기계 간 인터페이스 기술
		정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술
	[2-2] 정보 신뢰성·보안성 향상기술	차세대 암호 통신 기술
[3] 안전하고 지속가능한 환경 유지	[3-1] 미래도시 구현 기반 및 핵심기술	탄소 중립 저에너지 도시발전 기술
		수중도시 구현을 위한 시공 기술
	[3-2] 미래 에너지 확보 기술	폐기물 에너지화(poly-generation) 기술
		탄소제로 신에너지원 확보 기술
	[3-3] 미래 미세먼지 저감기술	인공태풍 생성·활용 기술
		구름챔버 활용 미세먼지 저감 기술
	[3-4] 선제적 재난 대응 기술	대형산업사고 위험성 자동 예측기술
		생활환경 감응형 유해인자 추적파괴 기술
[4] 미래 모빌리티 기반 확보	[4-1] 미래 자율주행 안전성 확보 기술	퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술
		지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술
	[4-2] 미래 모빌리티용 에너지 확보 기술	고에너지·고안전성 전고체 2차 전기 기술

□ 경쟁형 R&D 개요

- 동일 연구주제에 대하여 복수의 연구단이 각각 연구를 수행하고 결과에 따라 차등화하여 지원
 - 특정 연구과제에 대하여 연구단을 하나만 선정하여 지원하는 일반적인 방식과 달리 복수의 연구단을 선정하여 연구를 수행
 - 연구단은 각각 경쟁적으로 연구를 수행하고 평가를 받아 결과에 따라 연구지속·탈락 또는 연구비 차등 지원

<공동관리규정 제7조 제11항>

▶ 제7조(연구개발과제의 선정)

- ⑪ 중앙행정기관의 장이 제3항제3호에 따른 연구개발과제의 중복성을 검토할 때는 제25조제1항에 따른 국가과학기술종합정보시스템을 통하여 실시하여야 하며, 그 결과 중복이 의심되는 경우에는 연구개발과제의 중복 여부를 판단하여야 한다. 다만, 경쟁이나 상호보완이 필요한 경우에는 중복되는 과제로 판단하지 아니할 수 있다.

□ 유형 분류

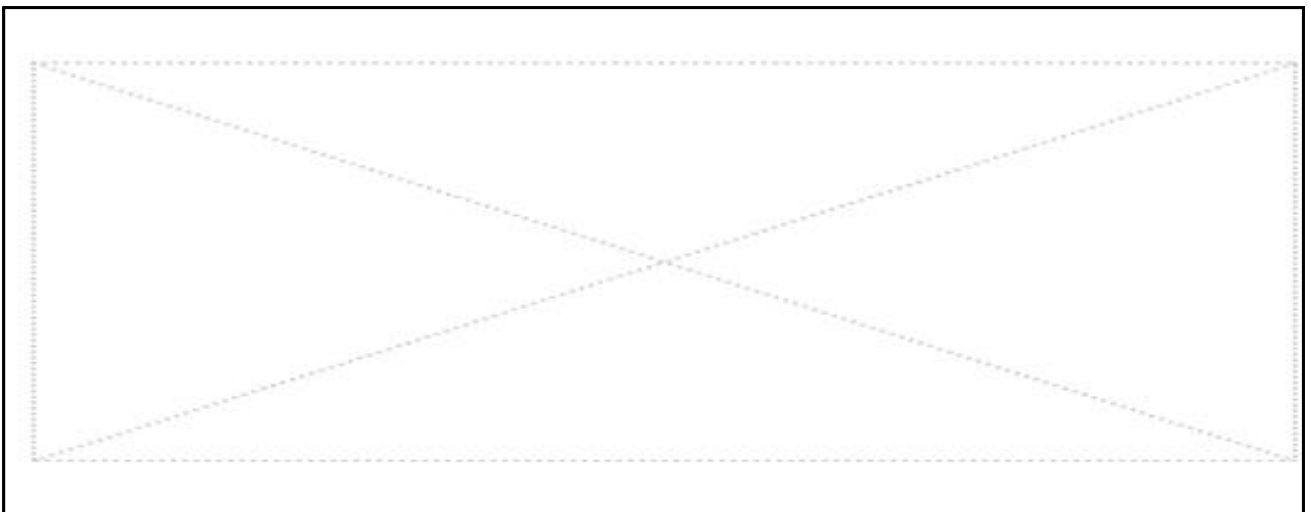
구분	주요 내용	비고
① 경쟁기획	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과제기획단계에서 2~4배수의 연구기관을 선정하여 기획연구를 수행토록 하고 기획 결과를 평가하여 실제 연구개발 수행기관 선정 * 경쟁방식은 연구비 규모가 작은 과제 기획단계에서만 적용 	대형사업 중·장기사업
② 토너먼트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대형 프로젝트에 대하여 과제기획, 원천기술개발, 응용기술개발 전단계별로 중간 평가를 통해 차례로 일부가 탈락 	대형사업 중·장기사업
③ 후불형 서바이벌	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다수의 연구단이 동일 연구과제를 수행한 후 최종 결과물의 우수성을 평가하여 결과에 따라 연구비 차등 지급* * 자체적으로 연구개발을 수행한 이후에 결과에 따라 연구비를 지급(후불형) 	소형사업 단기사업
④ 병렬형 과제수행	<ul style="list-style-type: none"> ■ 동일한 연구목표로 서로 다른 접근방식의 과제를 각각 수행하고 중간평가 결과 우수한 과제를 선정하여 지속지원 	중소형사업 중·단기사업

<첨부 1> 국민 공론조사(시민참여 워크숍) 결과

1 시민참여 워크숍이란?

□ 개요

- (목적) 시민이 생각하는, 해결이 시급한 사회적 난제를 파악하기 위해 시민참여형·합의회의형 조사를 실시
 - 에너지·환경, 인공지능, 고령화사회·인구, 모빌리티, 보건·안전 5개 분야
- (방식) 온라인 비대면 회의
 - ※COVID-19 대응 사회적 거리두기 + 지리적 제약 없는 시민참여
- 기존의 기술수요조사 및 「국민이 바라는 과학기술」 과의 차별점
 - ‘기술’이 아닌 ‘문제’를 도출
 - 단순 설문조사가 아닌, 전문가 강의 수강 후 분임토의를 통한 합의 방식
 - 해외 사례 등 적절한 예시를 미리 제공해 건설적·현실적 논의 유도
- (의의) 국내 최초로 대형 연구개발사업 기획 과정에 시민이 참여
 - ‘혁신정책 3.0’ 및 ‘새로운 임무지향 혁신정책’
 - 사중나선(산-학-관-시민사회) 모형
- 개요도



2 시민참여 워크숍 진행과정 및 프로그램

□ 시민참여 워크숍 진행과정

일시	내용	비고
9월 7일 (월)	시민참여 워크숍 공지 및 참가 신청 접수	과기부, KISTEP 협조
9월 10일 (목)	참가 신청 접수 마감	
9월 11일 (금)	참여단 선정 및 선정결과 안내 / 분임 배정	개별통보
9월 16일 (수)	시민참여 워크숍 안내문 발송	온라인 링크안내 등
9월 19일 (토) 13:30	시민참여 워크숍	온라인 진행

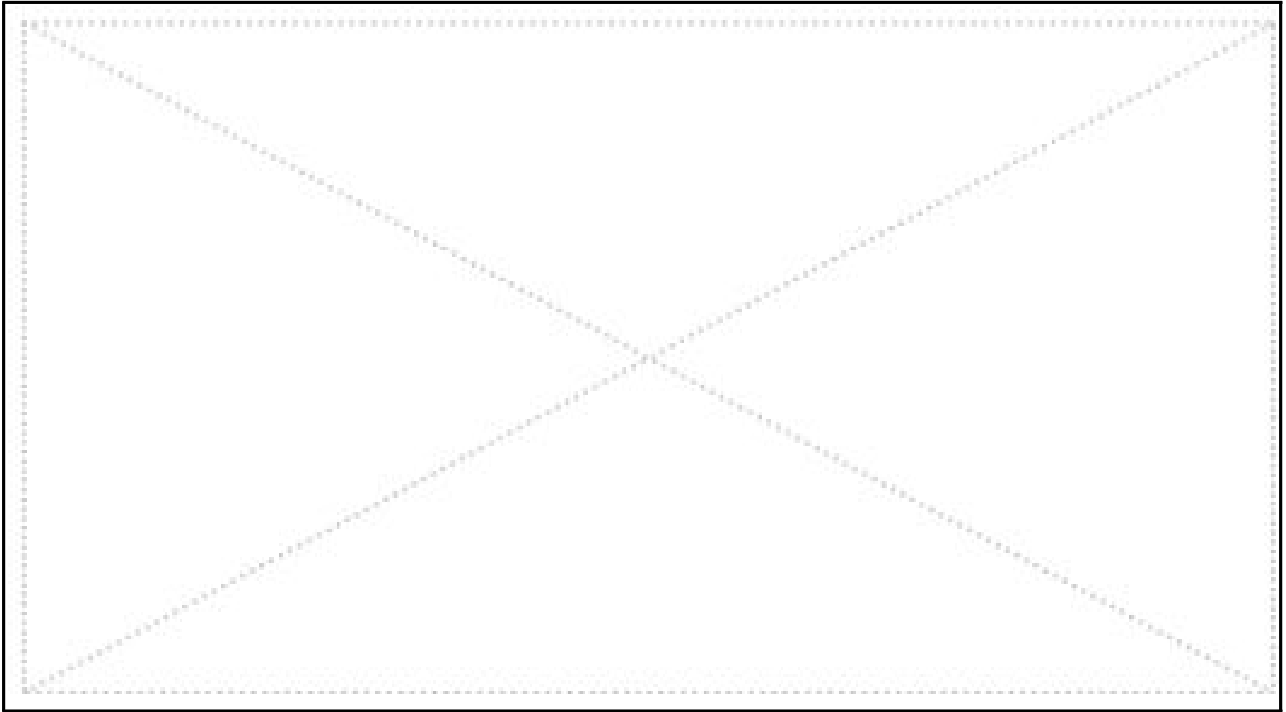
□ 시민참여 워크숍 프로그램

- 9월 19일(토) 13:30~17:30 (4시간)
- 세부 일정표

시간	내용	비고
13:15~13:30 ('15)	온라인 접속 확인 및 분임배정	
13:30~13:40 ('10)	인사, 취지 설명	연구책임자
13:40~14:30 ('50)	(특강 1) 과학기술혁신정책의 최신 동향	박상욱 교수
14:30~14:50 ('20)	(특강 2) 거대난제 대응 R&D 해외 사례	안준모 교수
14:50~15:00 ('10)	휴식 및 분임토의 회의실 입장	Zoom
15:00~16:30 ('90)	분야별 분임토의	진행조교
16:30~16:40 ('10)	휴식 및 전체 회의실 입장	
16:40~17:30 ('10)	분임토의 결과 발표	분임장

3 시민참여 난제발굴 결과

□ 전체 참여단 92명 중 61명 참여



□ 시민참여 워크숍 분임토의 결과

[1분과] 모빌리티	
난제명	선정이유
① 도시문제와 부동산 문제 해결을 위한 모빌리티	국토의 효율적 이용과 도시 운용의 효율성 제고 필요
② 기후변화 대응을 위한 온실가스 저감 모빌리티	전국적 전기차 충전소 보급 미비
③ 안전을 추구하는 모빌리티	완전한 리던던시 및 관제 어려움
④ 기존의 시스템과의 마찰(사회적 수용성 허들)	기존 내연기관 이해관계자들과 겪을 혼란과 해결 방안 미비
[2분과] 보건/안전	
난제명	선정이유
① 사회적으로 정신건강에 대한 인지도를 높이고, 용인할 수 있는 문화를 만들 수 있는 방법은 없을까?	우리나라는 정신건강치료에 대한 빨간줄을 그어서 사회적인 색안경이 존재함

[2분과] 보건/안전	
난제명	선정이유
② 분노, 우울증등에 대한 표출로 발생하는 사회적문제를 해결할 수 있는 방법은 없을까	분노, 우울증으로 인한 폭행, 자살 등의 문제가 나날이 증가하고 있으며 이로 인한 피해자들이 늘어가고 있음
③ 교통/배달 사고를 예방하기 위해 배달원에 대한 안전사고를 최소화할 수 있는 방법(안전사고 교육방법 등)은 없을까?	스마트폰, 비대면시대가 활성화되면서 배달이 증가 및 교통량 증가에 따른 교통사고 증가를 최소화하기위한 시스템 부재
④ 일부 구간에서 인력/카메라를 사용하는 것이 아닌 전 구간에서 과속 차량을 추적할 수 있는 방법은 없을까?	현재는 일부구간에 한해서 경찰인력 및 카메라로 과속을 추적하는데 위성을 통해서 전구간에서 과속차량을 추적하는 방법이 필요함
⑤ 무단 침입, 문지마폭행 등 안전하지 않은 사회 문제를 예방할 수는 없을까?	예측할 수 없는 사회적 문제에 대한 예방이 부족하며 후속조치(CCTV 검거등)에 대한 실정도 부족함
⑥ 성추행범, 음주운전 등 이력이 있는 사람의 재범을 막기 위한 방법(치료제)은 없을까?	성추행범, 음주운전자 등 범법한 사람들로 인한 사회적 스트레스 문제가 존재함
⑦ 예측하지 못하는 건설안전 사고 등을 예방하기 위한 충분한 안전 설계 및 시공 방법(안전요소 추적 방법 등) 은 없을까?	우리나라는 사고가 발생한 후 조치하는 문제가 있음, 사전에 사고를 예방하는 장치가 마련되어야함
⑧ 고속도로 속도경보시스템, 가스누출 경보시스템처럼자연재난 발생에 대해 미리 알려줄 수는 없을까?	자연재난은 발생 이후 재난문자가 오는데, 그 전에 미리 대비/예방할 수 있는 시스템이 필요함
⑨ 만성 질병에 대한 실시간 관리, 예측할 수 있는 방법은 없을까?	(선정 이유) 고령화 사회 도래로 만성질환(당뇨, 고혈압 등)이 증가하고 있음
⑩ 감염병확산 이후 생활방식의 변화에 따른 정신적 스트레스 문제를 완화할 수 있는 방법은 없을까?	비대면조치에 따른 정신적 스트레스 문제가 증가하고 있음
⑪ 비대면을 할 수 없는 환경(대중교통, 식당 등)에서의 전염병 확산을 막을 방법은 없을까?	비대면을 할 수 없는 상황에서의 전염병 확산을 막기 위한 방법이 부재함

[2분과] 보건/안전	
난제명	선정이유
⑫ 전염병 발병 및 확산(지역, 규모 등)을 미리 예측(원인 규명)할 수는 없을까?	발병 및 확산에 대한 예방조치가 아닌 후조치의 문제의 피해 존재
⑬ 신뢰할 수 있는 개인 보건의료정보를 공유할 수 있는 방법은 없을까?	병원-병원간 환자에 대한 정보 공유가 필요하지만, 정보에 대한 개인의 소유권 및 개인동의에 대한 어려움 존재
⑭ 경찰청 범죄정보, 교통사고 정보, 시도별 각종 사고 데이터 정보를 공유할 수 있는 방법은 없을까?	범죄정보, 교통사고, 재난사고 등의 데이터를 효과적으로 공유할 수 있는 시스템의 부재

[3분과] 인공지능	
난제명	선정이유
① 인공지능을 활용한 미래 교육혁신(교육,진로)을 위한 인프라	교육 환경의 문제(코로나 시대의 교육 단절)
② 인공지능을 활용한 미래 의료 혁신	다양한 새로운 질병이 인류에게 위협
③ 차별 없는 새로운 사회구현	디지털 native와 immigrant 격차확대
④ 미래 가치 창출을 위한 양질의 데이터 축적 및 관리 필요	인공지능을 위한 데이터 관리 문제
⑤ 인공지능과 사람의 공존(일자리, 협업, 개인맞춤)	인공지능에 의한 실업 문제
⑥ 사회와 소통할 수 있는 창구와 노이즈 데이터 처리 문제	인공지능 악용 문제 대응
⑦ 인공지능의 물리적 활용에서의 국제 협약 필요	위험관리, 재난대응, 상대국의 의도를 적대적으로 잘못 해석
⑧ 가짜뉴스, 추천시스템 감시	사회 투명성 제고
⑨ 뇌과학 등 관련 기초 과학 연구 지원	인공지능 발전과 기초 연구 보조 맞춰야

[4분과] 고령화 사회	
난제명	선정이유
① 고령인구의 생활건강 증진(고독사, 통증)	1인가구 및 고독사 증가. 노인의 삶의 질을 기술적으로 어떻게 향상시킬 것인가에 대한 논의에서 정신적인 부분이 간과, 통증에 대한 강도를 객관적이고 정량적인 수치를 통한 진단 필요
② 고령산업생태계 재활성화(노령인구를 위한 서비스로봇)	유아산업 등에 비해 고령층을 위한 산업은 주목받지 못함
③ 기존 인프라의 유니버설 디자인화	사회에서 사용하고 있는 서비스나 시스템은 20~40대에 특화
④ 인구구조 변화에 따른 주거 인프라 개선	직장, 학교와의 접근성을 중요시하는 젊은 세대에 비해, 고령 인구들은 종합병원의 접근성 등이 더 중요하게 요구될 것이며, 이에 따라 주택 및 도시형태의 변형이 필요할 것으로 보임. 평수가 큰 건물의 리모델링기술이라든지, 기존에 너무 오래되었던 노후건축물의 개조 등이 요구
⑤ 고령인구의 지식 활용	은퇴자들의 지식자산들을 DB화하고, 새롭게 기술개발에 활용
⑥ 연령대나 신체나이에 상관없이 일할 수 있는 환경	과학기술 발전으로 신체 나이에 구분없이 일할 수 있는 환경이 조성되어야 할 것으로 보임
⑦ 주거건축물의 에너지 효율성 향상	실제 취약계층이 살고 있는 쪽방촌, 노후된 지역의 에너지효율성 증가는 건축적인 측면에서 접근해야 함

[5분과] 에너지/환경	
난제명	선정이유
① 산업, 수송, 가정, 기타 수요처에서 사용하는 에너지 소비량 정보화	수요주체가 에너지를 선택할 수 있게 함으로써 에너지수급계획 및 에너지 전환에 매우 유의미한 정보를 제공
② 가정 및 개인차원 에너지 자급자족	개인이 사용하는 에너지 만큼을 스스로 생산, 전기요금 절약
③ 에너지의 공급부터 저장까지의 과정에서 발생하는 손실을 개선	신재생에너지의 효율이 높이고 전기의 저장능력을 확대해야 안전하고 친환경적인 에너지를 안정적으로 사용할 수 있음
④ 음식물, 플라스틱 및 일회용품, 물류배송 과정의 쓰레기 감소	미세플라스틱 등 해양 오염 등의 주범
⑤ 탈탄소사회와 기타 다른 방법들 통해 기후변화를 완하시키거나 안정적으로 적응할 수 있어야 함	기후를 예측할 수 없음에 따라 농작물의 환경이 변화하고 생활의 불편을 일으킴
⑥ IT제품을 포함하여 다양한 자원들이 재활용되지 않으므로, 생산한 제품의 재활용을 고려한 생산 방법 및 규제 필요	기업들은 자신들의 제품 재활용을 촉진할 수 있는 방안을 고려하면서 제품을 생산할 필요가 있음. 예를 들어, 핸드폰의 USIM이 제거되면 일정기간이 지난 후 핸드폰의 모든 데이터가 사라지도록 하는 것
⑦ 인체에 유해하지 않은 안전한 식량을 충분히 생산	판데믹, 기상이변 등으로 농·수산물의 공급이 원활하지 않음에 따라 식량위기가 고조
⑧ 미세먼지, 미세플라스틱 해양오염 등 공기와 물의 오염 개선	생존에 필수적인 요소들
⑨ 에너지절약, 친환경상품 사용 등 에너지 및 환경과 관련된 시민의식 개선	에너지 및 환경과 관련된 문제를 해결하기 위해서 가장 우선적으로 선행될 필요가 있는 것은 시민들의 행동변화이지만 시민들의 행동을 변화시킬 수 있는 방법이 충분하지 않음

<첨부 2> 전문가 수요조사 양식

‘미라클사업’신규기획 수요조사

안내문

안녕하십니까?

과학기술정보통신부와 한국연구재단은 미래사회 大난제 대비와 극복을 위한 R&D 사업인 ‘미라클(MIRACLE: Mission-oriented Advanced R&D for Grand Challenges)’사업을 기획하고 있습니다. ‘시민참여 난제 도출 워크숍’을 통해 도출된 난제를 해결할 수 있는 수요조사를 통해 신규기획 사업의 유망 연구분야 조사·발굴하고자 합니다. 귀하께서 응답하신 모든 내용은 본 기획연구 이외의 용도로 활용되지 않습니다. 바쁘시더라도 귀한 시간 내주셔서 이번 조사에 응해주신다면 감사하겠습니다. 본 사업의 기획·추진에 귀하의 소중한 의견이 유용하게 활용될 수 있도록 많은 협조와 지원 부탁드립니다.

2020년 10월

※ 관련 문의 및 회신 : 글로벌혁신경제학회 (agieconomics@gmail.com, 02-961-0578)

담당자: 최호철 연구원 (tictactoc88@khu.ac.kr, 010-4188-1873)

개인정보 취급방침

1. 개인정보의 처리 목적

‘신규분야 기획을 위한 수요조사’는 이용자 확인을 위한 목적으로 귀하의 개인정보를 수집 · 이용하고 있습니다.

수집방법에 따른 구체적인 수집 및 이용목적은 다음과 같습니다.

– ‘미라클사업’신규기획 수요조사 제안자 본인 확인을 위한 정보 수집

2. 처리하는 개인정보의 항목

‘신규분야 기획을 위한 수요조사’의 서비스 제공을 위하여 필요한 최소한의 범위 내에서 아래와 같이 개인정보를 수집하고 있습니다.

– 성명, 직업, 주소, 생년월일, 전화번호, 휴대전화번호, 이메일주소

한국연구재단은 개인정보의 처리시 개인정보보호 관련 법규의 준수, 개인정보에 관한 제3자 제공 금지 및 사고시 책임부담, 처리 종료 후의 개인정보 파기 등을 명확히 규정하고 당해 내용을 서면 또는 전자적으로 보관하고 있습니다.

업무의 내용이 변경될 경우, 홈페이지 공지사항, 서면, 이메일, 전화 또는 이와 유사한 방법 중 1개 이상의 방법으로 고지하겠습니다.

※ 개인정보의 수집, 이용, 제공, 위탁 등과 관련한 위 사항에 대하여 원하지 않는 경우 동의를 거부할 수 있습니다. 동의하지 않으시는 경우, 수요조사서 처리가 불가함을 알려 드립니다.

위 개인정보 취급방침에 동의합니다. () ← 동의하시는 경우, 필히 ‘O’ 표시를 하여 주시기 바랍니다.

기 술 수 요 조 사 서

난제명	
	※ 해결하고자 하는 난제를 [붙임 1]에서 선택하여 기재
제안 기술 또는 연구명	
	※ 제안하고자 하는 기술 또는 연구명을 기재
제안 기술 또는 연구의 필요성	
	※ 제안하는 기술 또는 연구가 해당난제를 해결하는 방식 및 그 중요성을 기재
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	
	※ 제안하는 기술 또는 연구와 기존 기술 및 연구의 차별성 및 연계방법을 기재
제안 기술 또는 연구의 개요	
	※ 제안하는 기술 또는 연구의 개념 및 내용을 기재
제안 기술/연구 최종 목표	○
	※ 제안하고자 하는 기술 또는 연구를 통해 달성 가능하다고 예상하는 목표를 기재

제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	※ 제안하는 기술 또는 연구가 해당하는 분야를 6T분류에 맞추어 선택(중복선택 가능)			
총 소요기간 및 소요예산	총_____년, 총_____억원			
	※ 제안하고자 하는 기술 또는 연구의 최종 완료까지 예상되는 총 소요기간 및 예산을 기재			
기대효과	<div> <div></div> <div>○ (정책적)</div> <div></div> <div>○ (기술적)</div> <div></div> <div>○ (경제적)</div> </div>			
	※ 제안하고자 하는 기술 또는 연구를 진행함에 따라 기대되는 정책적, 기술적, 경제적 효과를 기재			

순번	난제	예시
1	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 질병 예측과 조기진단, 만성질환의 극복 ○ 인공지능을 활용한 전염병 사전 예측 및 대응 ○ 질병 및 생활변화에 대한 스트레스 관리 ○ 24시간 생체정보 모니터링, 생명연장을 위한 인공동면 ○ 세포수준의 치료법 개발 ○ 고독사 감소 방안 ○ 건전한 커뮤니티의 형성 ○ 반려 로봇, 서비스 로봇 ○ 치매/정신병 치료 앱 등
2	빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해킹방지, 저 전력 데이터 스토리지 및 영구보전 방법 ○ 보건의료 데이터 등의 암호화 관리 ○ 다양한 종류의 데이터의 체계적 자동 수집 및 변환 등
3	증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 범죄행위의 효과적 신고와 대응 ○ 음주운전/성추행 등의 재범 방지 ○ 빅데이터 기반 범죄/테러 예측 및 모니터링 등
4	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자연재난 발생 예측 ○ 교통사고 모니터링 및 피해 최소화 ○ 건설/산업 현장의 사고 방지 ○ 대형 안전사고(발전소 폭발 등) 대응 등
5	인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인간-로봇과의 협업체계 ○ 메가시티 및 도서산간지역 활용 물류 드론 ○ 산업현장에서의 안전관리 혁신 ○ 뇌-로봇 인터페이스 ○ 인공지능 활용 난임치료 ○ 뇌로 조정하는 로봇 및 생체 디지털화 등
6	다양한 위험상황에 대한 인간의 접촉을 최소화 할 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재난/감염병 대응 자율주행 로봇 ○ 드론-로보틱스의 활용 ○ 국방/경찰용 로봇 ○ IoT기반 센서활용 극대화 등
7	사회에서 발생하는 다양한 격차를 해소할 수 있는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개인 맞춤형 교육을 통한 개인역량 개발 ○ 경제적/사회적 약자 층에 대한 정보 비대칭성 해결 ○ 디지털 적정기술 개발 등
8	데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능을 활용한 가짜 뉴스 필터링 ○ 상업적 추천시스템의 정보왜곡정도 판단 ○ 불법행위(금융 등) 모니터링 ○ 오염/왜곡이 있는 데이터로 인한 오류 최소화 등
9	자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내연기관의 연비 극대화 ○ 온실가스 배출 최소화 기술 ○ 친환경 에너지 급속충전 ○ 주행 중 에너지 충전기술 등

10	이동의 한계를 극복할 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인 모빌리티 시스템의 완벽한 관제방법 ○ 새로운 도시 교통 시스템 ○ 기존 운전자와 자율주행의 공존 방안 ○ 안전하고 경제적인 우주여행 ○ 대륙 간 하이프로프(음속) 시스템 개발 등
11	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐 배터리 활용 전력 그리드, 재생에너지 ○ 저 탄소/ 저 에너지 사용 주택건설 ○ 저 탄소 산업클러스터 ○ 분산형 전원 활용 스마트 에너지 전송 ○ 핵융합을 활용한 인공태양 개발 등
12	안전한 주거환경에서 걱정 없이 살 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건설자동화를 통한 주택공급 ○ 수중도시 건설 ○ 스마트 홈 ○ 노인들을 위한 주거환경 개선 등
13	신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증강인간, 웨어러블 디바이스 ○ 노화 방지키트 및 인공 장기 ○ 업무 및 노동의 새로운 인프라 구축 등
14	은퇴자의 지식 및 기술을 계속 활용할 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지식 DB화 등 관리기술 ○ 인공지능의 활용한 지식생산 등
15	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ (미세)플라스틱, 음식물, 배송과정의 쓰레기 최소화 ○ 친환경 생분해 재료개발 ○ 리사이클링 기술 및 공정 혁신 ○ 환경오염 없는 청정 생산/제조기술 ○ 오폐수 배출을 최소화 하는 식량공학 등
16	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 적응 및 대응을 위한 과학기술적 방안 ○ 구름씨앗을 활용한 인공 강우 ○ 친환경 및 에너지 고효율 미래 도시 ○ 화성도시 등 우주 이주 ○ 수중도시 건설 ○ 미세먼지 제거 로봇 등
17	안전한 식량을 안정적으로 확보할 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인체에 영향을 미치지 않은 유전자 강화 식품 ○ 기상조건에 관계없는 실내 경작기술 ○ 최소한의 노동력을 필요로 하는 로봇 경작기술 등

<첨부 3> 수요조사 결과

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	뇌질환 단백질의 초기 응집체 검출과 응집 진행 억제 약물 전달 기술			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 알츠하이머, 파킨슨병 등과 같은 뇌질환 관련 사회적 비용의 급속한 증가에도, 관련된 뇌질환 단백질의 이상접힘에 의한 발병 초기진단 수단이 제한적이며 고비용○ 따라서 뇌질환 발병 극히 초기 단계인 단백질의 이상접힘 현상부터 진단할 수 있는 나노메디컬 소자를 개발하고, 억제약물 주입 시스템을 개발하는 것은 사회적 비용 절감뿐 아니라 의료 신산업을 선도할 수 있는 획기적인 원천기술 개발이 될 것			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현재 대부분의 치매 진단은 뇌 영상 촬영 또는 뇌척수액 분석을 통해 이루어지고 있어 검사비용이 비싸고, 뇌척수액 채취가 어려움○ 또한 광학적 분석 장비를 통한 검사는 민감도가 낮거나, 빛의 입사 방향에 따른 변수가 존재하고 분석 시간이 길다는 한계가 존재함 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 본 기술은 혈액을 이용하여 시각적으로 인지 가능할 수 있고, 민감도가 뛰어나며, 짧은 시간 안에 검체를 측정할 수 있는 소자와 측정된 검체량에 따라 마이크로-나노 주사기를 통해 약물을 주입할 수 있는 시스템			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 이상접힘 단백질 결합체 검출 기술 개발<ul style="list-style-type: none">- 반도체 공정 기반 2차원 소재(Graphene, MoS2, WS2, MoSe2 등) 기반 위에서 광학적 상호작용(광증폭, 색변이 및 광소멸)을 통한 변이 단백질 검출 기술 개발○ 반도체 공정 기반 단백질 이상접힘 억제 약물주입 시스템 개발○ 마이크로-나노 주사기와 검출 소자의 상호 연동 시스템 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 단일체, 이중체, 저중합체 단백질 검출 유기 인/형광 소자 개발<ul style="list-style-type: none">- 검출 민감도: 피코-펨토 몰(10-9~10-15 mol) 수준의 농도 변화 감지- 검출기 면적크기: 0.5×0.5 cm2, 1×1 cm2, 2×2 cm2○ 일회성 및 반복 주입 가능한 마이크로-나노 약물주입 주사기<ul style="list-style-type: none">- 회당 100~1000 μL/hour 속도 조절 가능 주사기- 마이크로-나노 주사기 면적크기: 0.5×0.5 cm2, 1×1 cm2, 2×2 cm2			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(✓) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(✓) 나노소재(✓) 나노 바이오 보건(✓) 나노기반·공정(✓)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요 기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 반도체 나노/마이크로 기술의 의료 보건 산업으로의 응용 제시○ (기술적) 유기 광학 소재/소자와 반도체 제조 기술의 접합을 통한 신의료기술 제시○ (경제적) 뇌질환의 조기 진단을 통한 사회적 기회비용의 절감과 지속적 건강한 삶 유지			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	생체친화적 소재 기반 생체신호수집·자극유도 장치 및 제반 시스템 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	○ 생체조직에 직접 접촉하여 전기, 화학적 신호를 탐지해 장시간 지속적으로 질병 상태를 파악 할 수 있는 기술을 통해 기존에는 한정적으로만 가능하던 자극 기반 치료법의 접근성이 증대될 것으로 기대됨			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 질병의 진단을 위한 이미지 기반 분석(자기공명영상, 컴퓨터단층 촬영), 체내 성분 분석법등의 연구가 고도화 되었으나 환자의 일시적인 신체상태를 기준으로 치료가 진행된다는 한계 존재 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 생체친화적인 전도성 고분자 및 금속나노물질을 전극부로 사용하여, 생체조직에 장기간 직접 접촉하여도 염증반응이 나타나지 않으며, 기존 생체전극들과 비교하여 우수한 전기적, 전기화학적 물성을 확보할 수 있어 신호 소실률이 매우 낮음○ 상시·실시간으로 분석·진단·치료가 가능한 시스템을 구현함으로써 생명공학/의학 플랫폼으로서의 실현성 극대화			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 소프트 전극의 후보물질 중, 금속나노와이어와 전도성 고분자 물질로 나노복합물질을 구성하여 생화학적·기계적으로 생체친화적인 전극 집적화 패터닝 및 패키징 공정을 확립○ 생체신호의 목표주파수에 맞게 잡음을 제거하는 전처리회로 구성 및 전처리 된 신호를 기록·분석하고 필요시 목표 생체조직에 생체전류 발생을 유도하는 자극을 가할 수 있는 시스템 구축			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 위 생체신호수집·자극유도 시스템을 기반으로 사용자 친화적 인터페이스를 구성하여 의학 및 생명공학 분야에서 폭넓게 활용될 수 있는 제반 환경 구축			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(✓) 보건의료 관련응용(✓) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(✓) 나노소재(✓) 나노 바이오 보건(✓) 나노기반·공정(✓)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원			
기대효과	○ (정책적) 조기 진단 및 치료를 통한 사회적 의료 비용 감소 ○ (기술적) 장기간 신체삽입 가능한 미세전극 기반기술 확보 ○ (경제적) 전 생명공학 분야에서 활용 가능한 생체친화 전극소재로서 기계-생체 인터페이스 장비 시장의 기초소자로 성장 가능			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	폐의 지속적인 건강을 위한 흡입용 백신 및 치료약물 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 전 세계적 감염병인 코로나를 비롯하여 독감, 인플루엔자 등 호흡기 기반 감염성 질환과 미세먼지 등으로 인한 급격한 폐암 발병률을 낮추기 위한 연구 수요 급증○ 주사제보다 간단하고 빠른 효과를 보일 수 있는 흡입용 백신 및 치료약물을 개발하여 감염성 인자로부터 폐를 보호하고 치료하여, 건강한 폐를 유지하는 연구 필요			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현재 사용되고 있는 폐질환 치료용 흡입제는 천식, 만성폐쇄성폐질환 및 일부 감염성 폐질환의 치료에 국한되어 있고 약물의 폐내 전달이 효과적이지 않을뿐더러 흡입용으로 사용할수 있는 약물이 국한적임 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 백신 및 폐암 치료제의 대부분은 근육주사 또는 정맥주사를 통하여 체내 항체 생성과 치료효능을 유도○ 흡입하는 방식을 이용하여 직접적으로 폐에 전달할 경우 보다 효과적인 면역반응과 치료효능을 유도할 수 있음			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 폐질환과 폐암의 예방 및 치료가 가능한 약물을 효과적이면서 안전하게 폐 내에 전달할 수 있도록 인체 유래 물질에 기반한 흡입용 백신 및 치료제를 개발○ 감염성 폐질환 및 폐암에 대한 흡입용 백신 및 치료제의 예방 및 치료효능을 평가			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 감염성 폐질환과 폐암의 예방 및 치료를 위하여 범용적으로 사용될 수 있는 백신을 비롯한 예방 및 치료 약물들에 대한 범용성 흡입제형 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(√) 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 6 년, 총 100 억원		
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 미세먼지의 증가와 감염성 질환의 증가하는 환경에서의 지속적인 국민의 건강한 삶 영위 기회 제공○ (기술적) 다양한 폐질환의 예방 및 치료를 위한 흡입용 치료기기 및 약물의 수요 증대로 제품 양산화, 원천기술 확보 기대○ (경제적) 감염성 질환을 비롯한 폐질환의 예방 및 치료를 위한 흡입용 제형 개발의 성장으로, 흡입용 약물 모니터링 시장의 동반 성장도 기대			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	뇌질환 및 신경 손상에 의한 감각퇴행 및 감각마비 치료를 위한 감각뇌회로-기계 연결 기술과 영장류 감각학습-기억 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실제로 인간의 뇌가 어떻게 작동하는지에 대한 연구는 아직도 매우 기초적인 단계이며, 이 때문에 인간의 뇌 질환 극복은 난제 중의 난제가 되었음 ○ 이 중에서도 감각이상은 척추손상뿐만 아니라 고령화에 의한 퇴행성 뇌질환인 알츠하이머병, 파킨슨병에 의해서도 발생하나, 이에 대한 생물학적인 기반은 매우 미비 ○ 기존에 진행되고 있는 공학-생물학-의학의 접목한 연구에 생물학적인 뇌 이해를 바탕으로 어떤 뇌회로에 공학적, 의학적 솔루션을 접목시킬지에 대한 연구 필요 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지금까지 공학적 연구는 단순 감각반응에만 집중을 했으나, 실제로 감각인지는 보편적이며 동시에 개인적인 특징을 지니고 있음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 보편적이며 개인적인 감각을 이용한 의사결정 연구를 위해서 1) 동물연구가 가능한 신경생물학자와, 2) 학습과 기억에 기반을 둔 의사결정과정을 연구하는 동물인지행동연구자, 그리고 3) 뇌활성 빅데이터를 해석하고 모델링하는 계산과학의 전문가를 포함하고자 함. ○ 영장류 동물모델을 최종적으로 사용하는 전임상연구 진행 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ (감각의 기본처리과정, 감각기억 학습과 감각을 이용한 의사결정 연구) 설치류와 영장류의 감각이 어떻게 처리되는지 그 기전을 연구하고, 이를 바탕으로 감각기억이 어떻게 학습되는지 연구함. 이 감각기억을 바탕으로 제대로 된 감각의사결정을 할 수 있는지 확인하는 기반을 다짐. ○ (설치류-영장류-인간 연구를 통한 감각회복연구) 감각뇌회로-기계를 연결하는 공학적인 방법과 생물학적 방법을 이용하여 설치류-영장류의 감각이 회복되는지 전임상연구를 진행하며, 이 연구를 바탕으로 인간에게 적용가능한 지식과 기술을 획득함. ○ (설치류-영장류 뇌질환 모델을 통한 환자연구) 설치류, 영장류 모델에서 감각손상 모델을 제작하여 감각복구기술을 적용하고, 나아가 뇌질환환자들에게 이 감각복구 기술을 적용함. 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구의 목적은 퇴행성 뇌질환 및 척추손상에 의한 감각장애를 극복하는 것임 ○ 공학-생물학-의학의 협업을 통해, 설치류와 영장류를 이용한 뇌의 감각신호 분석 기술 개발 ○ 미세전기자극 및 초음파유전학, 광학유전학을 이용한 영장류 감각처리 뇌회로 조절 기술을 개발 ○ 인공신경 및 인공감각처리 장치를 영장류 뇌회로에 접합하여 뇌질환 환자의 20대 정상적 감각을 복구 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(√) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(√) 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()

	기타 ()
총 소요기간 및 소요예산	총 6 년, 총 180 억원
기대효과	<p>[기술적]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구를 통해 감각처리, 감각기억, 감각의사결정에 대한 폭 넓은 이해로, 지금까지 생물학적 지식이 부족한 상태에서 진행하던 감각 뇌-기계 연결에 새로운 방향성을 제시. ○ 정확한 뇌회로 연결, 정확한 뇌회로 조절을 통해 인간의 뇌가 기계와 더 잘 융합하는 새로운 지평을 열 것임. ○ 단순 뇌-기계연결에 그치는 것이 아니라, 학습과 기억 연구를 통해, 감각기능 재활에 대한 이해를 추구함. ○ 학습-기억에 대한 생물학적 지식에 기초하여 감각기능재활을 증강시키는 기술이 개발될 것임. <p>[경제적]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고령화 사회로 달려가는 사회에 치료방법을 제시하여 새로운 치료시장을 제시하며, 평생유지되는 한번의 치료로 치료의 부담이 매우 감소할 것으로 기대됨.


난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?		
제안 기술 또는 연구명	건강한 폐를 오랫동안 유지하기 위한 흡입형 백신 개발		
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국제적으로 고령화 및 감염병 발생에 따른 폐질환의 증가로 인해 폐건강을 유지하려는 수요가 증가하고 있어 보다 쉽고 효과적으로 폐건강을 유지하는 방법이 필요함. 		
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 사용되고 있는 폐질환 치료용 흡입제는 약물의 폐내 전달이 효과적이지 않고 흡입전달될 수 있는 약물의 종류도 제한적임. ○ 또한 현재 사용되고 있거나 개발중인 백신의 대부분은 피하주사 또는 근육주사를 통하여 체내에 전달하기 때문에 침습적임. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 개발되고 있는 백신을 포함한 다양한 약물을 비침습적이면서 효과적으로 폐내에 전달할 수 있는 범용성 흡입제형 개발 		
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 개발되고 있는 백신을 포함한 다양한 약물을 비침습적이면서 효과적으로 폐내에 흡입 전달할 수 있고 생체내에서 안전하게 제거될 수 있도록 인체에서 유래한 물질을 기반으로 흡입제형을 개발하고 호흡기성 감염병 및 폐암의 발생을 억제하거나 조기에 치료할 수 있는 백신 효능을 검증하고자 함. 		
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 호흡기성 감염병 및 폐암의 발생 억제 및 조기 치료를 위하여 범용적으로 사용될 수 있는 흡입형 백신 기술을 개발하고자 함. 		
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST 위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()

	BT	기초·기본기술(√) 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 100 억원			
기대효과	○ (정책적) 사회적 의료비용의 감소 기대 국민의 건강한 삶 영위 기회 제공 ○ (기술적) 호흡기성 감염병 및 폐암 발생을 대비한 폐흡입제 수요 증대로 제품 양산화, 원천기술 확보 기대 ○ (경제적) 호흡기성 감염병 및 폐암 발생으로 인한 국가적·개인적 치료비용 절감			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	인체 부착가능 교류 자기장 발생장치 개발 및 교류자기장에서 고자가발열이 가능한 산화철나노입자의 개발을 통한 암 영상진단 및 치료기술 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암은 재발을 잘 하고, 재발시 더욱 악성화되고 항암제, 방사선 치료에 대한 내성이 생기는 경우가 많아 기존의 치료법과는 다른 항암 효과를 나타내는 새로운 암 치료법 개발이 필요 ○ 나노입자(nanoparticle)를 이용한 고온열치료법(hyperthermia)은 54℃이상의 높은 온도로 암세포를 사멸시키는 치료방법으로 치료에 내성이 생기지 않으며 국부적이거나 인체 깊숙하게 위치한 암세포를 효과적으로 치료할 수 있어서 그 임상적 유용성은 매우 높을 것으로 판단 ○ FDA가 승인하여 현재 사용되고 있는 인체 주입형 발열 나노입자는 산화철(Fe₃O₄) 나노입자인데 15℃이상 고열의 발생이 어려워 새로운 고기능성 고자가발열 산화철 나노입자의 개발이 필요
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 연구에서 20nm~10um의 크기를 갖는 산화철 나노입자는 보고되고 있으나 인체주입이 가능한 10nm이하의 크기를 갖는 나노입자에 대한 연구는 매우 미진 ○ 고자가발열이 가능한 고기능성 산화철나노입자를 통하여 암의 진단과 치료제로 이용할 수 있는 응용기술 개발에 대한 연구는 매우 제한적임 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 인체에 무해하다고 알려진 120KHz 이하, 자기장 200 Oe(12.6KA/m)이하의 교류전류를 통한 전자기장 조건에서 54℃이상의 높은 온도의 자가발열을 유도할 수 있는 새로운 주입형 산화철 나노입자 개발과 교류 전자기장 발생장치를 이용한 암 진단 및 고온 열치

	료 임상기술 개발은 나노의료 치료기술과 의료기기 분야에서 세계적인 선도 원천 기술 확보하고 암 치료의 새로운 패라다임을 제공			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">인체에 무해하다고 알려진 120KHz 이하, 자기장 200 Oe(12.6KA/m)이하의 교류 전자기장 발생장치의 개발인체에 무해하다고 알려진 120KHz 이하, 자기장 200 Oe(12.6KA/m)이하의 교류 전자기장조건에서 고자화율, 54℃이상의 높은 온도의 고자가발열을 유도할 수 있는 새로운 주입형 산화철 나노입자 개발고자화율, 고자가발열의 산화철 나노입자를 이용한 암 진단 기술 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">(정성적) 인체에 무해하다고 알려진 20KHz 이하, 자기장 200 Oe(12.6KA/m)이하의 교류 전자기장을 발생할 수 있는 인체 부착가능 교류자기장 발생장치의 개발 및 교류자기장에서 고자가발열이 가능한 산화철 나노입자의 개발을 통한 암 진단 및 치료 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건(✓) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 6 년, 총 60 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">(정책적) 새로운 고기능성 산화철 나노입자와 인체 부착형 자가발열 장치 개발에 따른 전 국민의 의료비 및 국가의료비 부담 최소화(기술적) 고자화율, 고자가발열을 보이는 산화철 나노입자를 이용한 효과적인 조영 진단기술 및 고온 열치료 기술의 융합의료 기술 개발로 인한 세계적인 원천 특허 확보(경제적) 생체 진단기기, 시약, 정밀의료 영상기기 시장의 확대, 새로운 발열 장치 시스템 개발로 인한 국내 의료기기 산업의 활성화 및 고부가가치 의료산업의 육성을 통한 암치료 기기의 수출 확대 (인체에 무해한 AC 전자기장, 주파수 $f \leq 120$ kHz, 자기장 $H < 200$ Oe (12.6 kA/m) 이하의 조건에서 54℃ 이상의 고열을 발생시킬 수 있는 새로운 인체주입형 산화물 나노입자와 인체 부착용 자가발열장치를 이용한 임상치료 시스템 개발이 성공하면 국가기술지도 (NTRM)에 근거하여 나노의료 치료기술과 기기 분야에 있어서 수천억 억 달러의 암치료 시장 확보와 세계적			

	선도 원천 기술 확보의 가능성이 매우 크다고 판단됨.)
--	--------------------------------

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	AI 기반 고위험 신종 감염병 진단 및 예후 예측을 위한 고정밀 진단 플랫폼 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 혈액을 이용해 단순 진단뿐 아니라 환자 상태의 심각성을 예측하기 위해서는 (1) 중증도 평가를 위한 다중 바이오마커 발굴, (2) 미량의 혈액 샘플에서 감염증 바이오마커를 오차없이 정량 측정하는 진단 키트 기술, (3) 인공지능 기반 다중 바이오마커 패턴 분석을 통한 중증도 발전 가능성 예측 기술이 필요 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 코로나19 및 범유행 신종 감염병의 경우, 현재 기술로는 환자의 감염 여부는 판단할 수 있으나, 중증 환자로의 발전 가능성을 예측할 수 없어 병상 부족에 대한 근본적 문제가 있음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 보편적으로 사용되는 상기도 도말물 채취가 어려운 중증 환자에게서도 쉽게 채취가 가능한 혈액을 이용 ○ SARS-CoV-2의 존재 여부 뿐 아니라 혈액 내 중증 위험 다중 바이오 마커를 고정밀/고정확 정량 평가 및 예측이 가능 			
제안 기술 또는 연구의 개요	 <ul style="list-style-type: none"> ○ (도말물 대신 혈액을 이용하는 플랫폼) <ul style="list-style-type: none"> - 중증 코로나19 환자의 경우, 호흡보조기를 상시 착용하고 있어 상기도 도말물 채취가 어려우며, 이 경우 혈액을 이용하는 검사 플랫폼 개발 필요. - 또한, 한방울의 극미량 혈액으로 다중 바이오마커를 효율적으로 검지하고, 인공지능 분석을 위한 데이터를 축적 가능한 진단 기술 필요. ○ (코로나19 검지 및 중증도 발전 가능성 평가 플랫폼) <ul style="list-style-type: none"> - 코로나19의 고정밀 진단/평가 (Coefficient of variation (CV) 5% 이하) 및 중등도 진단 바이오마커 (4종) 에 대한 정량 (100 - 1000 ng/mL 범위) 평가 기반 진단, 인공지능을 이용한 중증도 예측이 가능한 고정밀 진단 키트 시작품 개발 필요. 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) 높은 재현성의 검출 및 중증도 정량 평가를 위한 고정밀 진단 키트 시작품 1건(샘플 수득률 증대 및 감염관련 바이오마커 부착 완전 방지를 위한 표면코팅, 높은 재현성을 위한 교차 검증 ELISA 및 고감도 FET 기반 센서 기술 등 제공), 시작품 유효성 평가 결과 보고서 1부 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술()

				기타()
	BT	기초·기본기술(√) 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(√) 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 3 년, 총 30 억원			
기대효과	○ (정책적) 중증도를 정량적으로 평가함으로써 부족한 병상 문제 및 맞춤형 치료가 가능. ○ (기술적) 코로나19 이외에 본 플랫폼의 높은 샘플 수득률, 재현성을 기반으로 타 질병 및 희귀병 연구개발 플랫폼으로 연계 가능. ○ (경제적) 고정밀 ELISA 키트 시장은 코로나19와 같은 감염병 진단 뿐 아니라 신약개발에도 범용적으로 적용될 수 있음. 약 2조 3,300억원 정도의 시장을 공략 가능.			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	생체조직세포의 극저온 보존 나노소재 기술
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 세계적으로 신약 개발을 포함한 바이오 산업 분야에서 동물 실험 축소 움직임이 확산하며, 이를 대체할 수 있는 생체 조직 칩 기술들의 사업화/제품화 시도가 활발 ○ 그러나 3차원 생체 조직 모델의 사업화/제품화에 필수적인 다양한 질병유래 조직 세포의 동결 기술은 물론, 동결 및 해동용 하이드로젤 스캐폴드 소재들과 배양 칩/플레이트 등 관련 부품들의 장기간 냉동 보관 기술이 부재한 상황 ○ 단일 세포 수준이 아닌, 3차원 조직 수준(오가노이드, 스펜도이드, 생체 조직 칩 등)에서 세포 본연의 구조와 기능을 보존할 수 있는 극저온 냉동 보관 및 해동 나노기술 필요
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 통상 의료산업에서 널리 사용되고 있는 화학물질기반 동결보존제(예: DMSO)는 세포독성이 있고 해동시 세포복원율의 한계(조직세포 기준 ~40%)가 있음. 극지생물에서 유래된 천연 단백질의 경우 생체적합한 반면 저조한 세포복원율(조직세포 기준 ~20%)과 고비용의 한계가 있음 ○ 또한 주로 경험적 시도들을 통해 조직의 종류 및 오가노이드의 군집 정도에 따라 결빙 거동이 상이하다 알려져 있으나, 각 오가노이드 맞춤형 결빙제어 기술의 개발이 부진한 상황 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생체적합성 및 가격 경쟁력을 만족하면서도 조직수준에서의 복원율을 80%까지 끌어올릴 소재. 더불어 세포 내외부 및 오가노이드 공간에서 전체적인 결빙거동 연구와 균일한 냉해동 공정을 종합적으로 고려하는 전략적 연구개발임
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오가노이드용 동결보존 나노소재 개발: 세포 내외부에서 ice-philicity를 제어하여 결빙을 조절하고, 세포막의 rigidity를 높여 결빙에 의한 세포 손상을 막아줄 수 있는 소재 라이브러리 확보 ○ 균일한 냉/해동 기술 플랫폼 구현: 3차원 생체 조직 칩 내에서의 냉동시 파생되는

	heterogeneity의 구조적 분석 및 열적 메타물질 개념을 도입한 소재 스캐폴드를 구현하여 균일한 냉동 및 해동 극대화.			
	○ 냉해동 시 생체 조직세포의 손상 최소화: 다양한 냉해동 조건, 생체 조직세포 물성, 결빙제어 소재 물성 등에 대한 손상 메커니즘 분석 및 최적의 결빙제어 소재 특성 도출			
	○ 암 진행단계(병기)별 맞춤형 동결보존 나노소재 개발: 병기별 폐암을 기준으로 환자유래 조직에 대한 동결보존 나노소재들의 성능을 평가하고 최적 조건을 확립하며, 이를 기반으로 환자의 병기별 맞춤 정밀의료 및 신약개발에 적용함.			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 본 제안기술은 질병 조직/ 세포군(예: 폐암 등)의 동결보존/해동 시 조직의 구조 및 기능 복원율을 획기적으로 향상하는 생체적합 나노소재와 균일한 냉해동 기술을 개발하는 초기단계 중개연구를 목표로 함.			
	○ 본 연구를 통하여 최종적으로 생체 오가노이드 복원율 2배 향상 달성을 목표로 함.			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(✓) 나노 바이오 보건(✓) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 80 억원		
기대효과	○ 경제적 측면			
	- 세포 리소스, 3차원 배양되는 세포를 포함하는 하이드로젤이 결합된 3차원 생체 조직 모델의 장기 냉동 보관 및 복원 기술은 기존에 없던 전혀 새로운 기술로서, 수요자의 위치, 수요자의 활용 시기에 관계없이 개발기술 및 연계 제품을 전세계로 판매할 수 있으므로 파급 효과가 대단히 클 것으로 기대함.			
	- 특히, 오가노이드를 포함하는 3차원 생체 조직을 배양하여 수요자가 원하는 end-point 완제품 형태로 전달하는 신규 산업 수요 창출이 기대됨.			
	- 유전적, 표현형적 다양성이 대단히 큰 암 조직에 대해 개별 환자 맞춤형 약물 효능을 평가할 수 있는 다양한 체외 시험법들에 적용될 수 있으므로, 개발한 3차원 생체 조직 모델의 장기 냉동 보관 및 복원 기술은 국내외 임상 의과학 관련 시장을 한 차원 높게 확장할 수 있을 것으로 기대함.			
	○ 사회적 측면			
	- 전 세계적으로 의약품, 화장품 등 개발 시 동물 실험 규제가 강화되고 새로운 바이오제품의 안전성 및 효능을 더욱 빠르고 정확하게 판단하여 관련 사업확대에 기여할 수 있을 것으로 예상함.			

	<p>－ 희귀암을 포함한 다양한 암의 약물 치료 및 예후 모니터링 효율을 높여줌으로써 고령화 사회 도래에 따른 삶의 질 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대함.</p>
--	--

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	극저온 콜드체인 혁신 동결보존 기술
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 의약품 시장이 성장을 지속하면서 신약 개발과 생산에 대한 관심은 높아졌지만, 유통에 대한 관심은 비교적 높지 않았다는 지적. 따라서, 바이오 물질의 안정적인 보관 및 이동을 위한 새로운 동결보존기술의 개발이 시급히 요구됨. ○ 이에 바이오 물질의 극저온 저온유통(콜드체인) 기술의 중요성이 커지고 있음. 특히 코로나19 및 독감백신 사태로 인해 안정적 공급에 대한 중요성이 커지면서 향후 콜드체인 시장은 급격히 성장할 것으로 전망됨 ○ 현재까지의 동결보존기술에서 극복하지 못한 동결 및 해동 시의 근본적인 문제점인 얼음의 상태 변이를 최소화하여 모든 타입의 바이오 물질에 적용가능하며 보관 및 유통까지 가능한 극저온($-196^{\circ}\text{C} \sim -80^{\circ}\text{C}$) 콜드체인용 동결보존 기술의 개발
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동결보존·해동 시 발생하는 얼음의 변이로 인하여 생체시료는 심각한 손상을 받음. 현재 가장 많이 사용되는 화학적 동결보존제는 생체독성을 가지며 대상 자원(생체시료)의 회수율이 20~50%로 낮음. ○ 화학적 동결보존제의 대체물질로 거론되는 극지유래 결빙방지 단백질(Anti-freeze protein; AFP)의 경우 생체적 합성이 높은 장점을 가지지만, 실제 대량생산 및 이용이 어렵고 화학적 동결보존제 대비 낮은 결빙제어 성능으로 인해 활용 제약 ○ 백신, 바이오의약품, 생체시료 등은 온도에 상당히 민감해 냉장 유통 및 일부 극저온 냉동보관이 요구되는 상황. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 생체시료 손상의 근본적인 원인인 얼음의 변이 과정에 중점. 시료 내부 수분을 유리화된 얼음 상태로 유지하여 동결 시의 손상을 막고, 균일 해동을 가능하게 하여 해동 과정의 손상을 최소화하는 소재 ○ 제안 기술 소재를 이용하여 바이오 시료 보관 및 이송 시스템을 개발. 항온, 항습을 통해 시료의 안정성을 확보하고, 생체시료 별 최적온도를 일정하게 유지하는 기술을 개발. 균일 냉해동 시스템을 이용하여 얼음 변이를 최소화한 이송 시스템을 개발하여 산업적 적용분야를 크게 넓힐 수 있음.
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동결보존 나노소재 개발: 생체시료의 내외부에서 ice-philicity를 제어하여 결빙을 조절하고, 개발될 소재들은 해동시 생체시료 내부에서 분해되거나 외부로 분리되어 잔류하지 않는 물성을 보유하여 세포조직에 대한 위해성이 현저히 저감되도록 함. 해동 시에는 국소적 부분까지 동시, 균일 해동이 이루어지도록 하여, 해동 정도의 차이에 의해 발생하는 시료 손상을 최소화 ○ 균일한 냉/해동 기술 플랫폼 구현: 3차원 생체 조직 칩 내에서의 냉동시 파생되는 heterogeneity의 초해상도 구조 분석 및 열적 메타물질 개념을 도입한 소재 스캐폴드를 구현하여 균일한 냉동 및 해동 극대화. 3차원 생체 조직 모델(종)의 원하는 위치/시간 맞춤 해동 기술 구현 ○ 냉해동 시 생체 조직세포의 손상 최소화: 냉해동 시 세포 내외부 얼음결정 성장의 모델링 및 시뮬레이션 기술 개발 및 폐암 스테이지 별 생체 조직세포 모델 정립. 다양한 냉해동 조건, 생체 조직세포 물성, 결빙제어 소재 물성 등에 대한 손상 메커니즘 분석 및 최적의 결빙제어 소재 특성 도출 ○ 콜드체인용 보관 및 유통기술: 제안 기술의 소재를 이용하여 바이오 시료의 도달 가능한 최저 온도 및 시간별 냉각 능력을 포함하는 냉동 시스템 및 변성을 최소화

	하는 급속 해동 시스템(하드웨어)을 개발. 또한, 확립한 결빙제어 성능 분석법을 이용하여 냉/해동 과정에서 시료의 보존율 및 생존율을 평가하는 최적 예측/평가 프로그램(소프트웨어)을 개발.			
제안 기술/연구 최종 목표	본 제안기술은 외부환경 조건에 민감한 생체시료, 의약품 및 식품 등이 동결보존/해동 시 발생하는 손상을 최소화 할 수 있는 보존제소재를 개발하고, 더 나아가 생산과 저장, 해동, 운송과정에서 안정적인 공급이 이뤄지도록 콜드체인 시스템을 개발하는 것을 목표로 함. 본 연구를 통하여 최종적으로 냉해동 시 생체시료 복원률 80% 이상의 생산-저장-해동-운송의 안정적인 공급을 위한 콜드체인 시스템 구축을 목표로함.			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 6 년, 총 180 억원			
기대효과	○ 기술적 측면 － 의약품, 신약 개발 기술과 비교하여 이를 보관 및 유통하는 기술은 개발수준이 낮음. 본 연구를 통해 생체시료를 손상없이 보관할 수 있는 나노소재 기술과 냉해동 및 유통 시스템 기술을 개발하여 국내 기술로 의약품, 식품 분야의 혁신적 콜드체인 기술을 구축할 수 있을 것으로 예상됨. ○ 경제적 측면 － 2019년 세계 바이오·제약 물류비가 880억 달러(약 102조원)에 달할 것으로 추산되고 있고, 이중 콜드체인 물류비는 157억 달러(약 18조 2670억원)임. 2018년 150억 달러(약 17조 4525억원) 대비 4.5% 증가한 수치임. － 국내 의약품 콜드체인 시장은 아직 글로벌 수준까지 오르지 못한 것으로 평가되며, 향후 콜드체인 의약품 성장률이 일반의약품의 두배 가까운 만큼 성장할 것으로 예측되므로, 해외 콜드체인 서비스를 국내 기술로 대체하고 신규 산업 수요 창출이 기대됨.			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	지능형 건강상태 실시간 자가진단 플랫폼을 위한 웨어러블 뉴로모픽 소자 개발
제안 기술 또는 연구의	○ 기본적인 생체신호(체온, 맥박, 심전도 등)는 일상부터 응급상황까지 인체 건강상태를 확인할 수 있는 데이터베이스로 활용이 가능.

필요성	○ 건강 상태를 알리는 생체신호(체온, 맥박, 심전도 등)를 정확하게 분석하고 건강진단 및 위급상황판단을 할 수 있는 지능형 생체신호 감지 플랫폼이 필요함.			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	제안 기술의 차별성 ○ 기존 착용이 불편한 디바이스와 달리, 유연/신축성을 갖는 소재를 활용하여 생체신호 데이터를 고속, 저전력으로 인지 학습 및 판단이 가능한 지능형 플랫폼을 구현하여 일상생활에서 실시간 진단이 가능함. ○ 뉴로모픽 컴퓨팅을 통하여 복잡한 생체신호를 보다 효율적이고 신속하게 학습 및 진단이 가능한 지능형 헬스케어 플랫폼 개발.			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ 헬스케어용 생체신호 데이터 처리를 위한 웨어러블 뉴로모픽 플랫폼 개발 － 웨어러블한 뉴로모픽 소자를 개발하여 걸음걸이, ECG, 혈압 등의 생체정보를 분석하고 치매, 심근경색, 고혈압 등의 건강이상 징후를 알려줄 수 있는 플랫폼을 개발.			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 인공지능 뉴로모픽 소자기반의 실시간 생체신호 학습 및 자가진단 플랫폼 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(√) 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 20 억원			
기대효과	○ (정책적) 질병 조기 진단을 통한 사회적 의료비용의 감소 기대 및 국민의 건강한 삶 영위 기회 제공 ○ (기술적) 실시간 생체정보 모니터링·자가진단 플랫폼 및 원천기술 확보 ○ (경제적) 독자적 기술 기반의 자가진단 플랫폼 시장 선점 및 u-헬스케어 산업 성장 기대			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	질병 예측 분석 기술
제안 기술 또는 연구의 필요성	○ Covid를 포함한 호흡기/체온 관련 다양한 질병의 진단은 전문가와 대면으로 진행될 뿐만 아니라 큰 비용을 요구하나, 생체 질병 진단 센서와 측정된 데이터의 AI 분석 시스템을 결합할 경우, 환자 스스로 질병을 정확히 예측할 뿐 아니라 병원 방문으로 생기는 의료비용 절감이 가능함.
기존 기술 또는 연구와의	기존 기술·연구의 한계 ○ 기존의 생체질병 진단 센서의 경우 사용하기 위한 절차도 어려울 뿐만아니라, 얻어진 데이터의 해석을 위해 전문가를 필요로함.

차별성 및 연계성	○ 예를 들어 폐질환 관련 질병의 경우 호흡량 및 호흡의 주기와 같은 데이터를 필요로 하기 때문에 장비또한 거대하고, 해석을 위한 의사를 필요로 함			
제안 기술의 차별성	○ 기계학습을 통해, 질병을 지닌 상태와 아닌 상태에서 생체 신호를 예측할수 있는 센싱플랫폼 개발예정.			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ 작은 크기의 호흡 플로우 센서 및 호흡공기 종류 구분 가능한 air sensor 개발 예정. ○ 해당 센서를 통해 호흡량 및 주기를 측정할 뿐만 아니라 생체공기의 종류를 가늠하는 데이터를 축적하고, 이를 기계학습으로 전달하여 생체의 상태를 진단하거나 분석하도록 함.			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 편의성을 지닌 플로우 및 air 센서 개발. ○ AI기계학습을 통한 정확한 질병 진단 및 분석 플랫폼 개발.			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(✓) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(✓) 보건의료 관련응용(✓) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건(✓) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 4 년, 총 15 억원			
기대효과	○ (정책적) 사회적 의료비용의 감소 기대 국민의 건강한 삶 영위 기회 제공 ○ (기술적) 조기진단용 진단키트의 수요 증대로 제품 양산화, 원천기술 확보 기대 ○ (경제적) 바이오 센서와 스마트 기기를 사용한 새로운 시장 창출			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	개인 스트레스 모니터링 및 완화 관리를 위한 통합 웨어러블 기술 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> 과도한 직장 업무, 질병, 일상생활에서의 과부하 등에서의 과도한 스트레스는 수면 문제, 우울증, 심장병 등의 다양한 질병의 원인이 되어 공중보건에 큰 위협이 되고 있음 (미국의 경우 년 120,000명이 직장 스트레스 관련 사망, 년 1900억 달러 비용 발생)

	○ 기존의 개인 자신의 평가 또는 행동양식 데이터 등은 정량화가 어려워 다양한 인체 생리변수 및 생체 샘플 내 스트레스 관련 바이오 마커 측정을 통해 정량적으로 종합적인 판별이 필요하고, 판별결과에 따라 스트레스 완화를 위한 개인 맞춤형 관리 기술과 통합할 필요가 있음			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 ○ 기존 기술의 경우 개별적인 물리적 생리변수 또는 생체 샘플 내 스트레스 바이오마커 등 개별적 인자를 측정하는 것에 한정되어 스트레스 정도의 정확한 정량적 판단이 어려웠음 제안 기술의 차별성 ○ 본 연구제안에서는 스트레스와 상관도가 높은 물리적 생리변수 및 스트레스 관련 생체샘플 내 바이오마커를 동시에 측정하고 기계학습 기술을 도입하여 정확한 판별을 가능하게 하는 기술의 개발 ○ 판별결과를 바탕으로 스트레스 완화를 위한 개별 맞춤형 관리를 가능하게 해주는 기술을 스트레스 정도의 모니터링 기술과 통합할 수 있는 소프트웨어 기술을 개발			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ (다중 생리변수 모니터링용 웨어러블 패치 개발) 스트레스와 상관도가 높은 물리적 생리변수(심전도, 심박변동, 체온, 피부전도도 등)를 동시에 측정 가능한 웨어러블 패치, 신호처리 및 모니터링 기술 개발 ○ (스트레스 바이오마커 측정용 웨어러블 바이오센서 패치 개발) 생체샘플 내 스트레스 바이오마커 (땀 또는 간질액 내 코티졸, 뉴로펩타이드 Y 등) 측정용 피부부착형 미세유체소자 집적 나노바이오 면역센서 패치 및 신호검출 기술 개발 ○ (스트레스 수준 판별 기계학습 기술) 측정된 물리적 생리변수 전기신호 및 스트레스 바이오마커 농도를 기반으로 스트레스 수준을 판별할 수 있는 기계학습 기술 개발 ○ (개별 맞춤형 스트레스 완화 기술) 스트레스 수준 판별 결과를 바탕으로 개별 맞춤형으로 스트레스 완화를 위한 관리용 소프트웨어 통합기술 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 웨어러블 다중 센서 기술을 통한 스트레스 수준의 정량적 판별 및 판별결과에 따른 개인 맞춤형 스트레스 완화 관리를 가능하게 하는 통합기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(○) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(○) 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>6</u> 년, 총 <u>60</u> 억원			
기대효과	○ (정책적) － 해당없음 ○ (기술적) － 웨어러블 스트레스 모니터링 및 완화 통합기술 개발을 통한 현대인의 건강증진에 기여 ○ (경제적) － 사회적 스트레스 및 우울감 완화를 통한 사회적 건강도 향상을 통한 사회적 비용저감 및 새로운 서비스 시장 개척			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	감염병 조기진단용 초고감도 실시간 실리콘센서 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	기존 기술·연구의 한계 ○ 고감염성이 병원체의 경우 빠르고 정확한 진단이 필요하나 현재의 기술로는 6시간 정도 기다리는 ‘분자진단’ 방법을 주로 사용하고 있으며 10분 정도 소요되는 ‘면역진단’ 방법은 측정감도가 낮아 활용도에 제한적임 ○ ‘분자진단’보다 더 높은 민감도를 가지면서도 ‘면역진단’처럼 신속검출이 가능한 무표지(label free) 실시간 측정용 센서의 개발이 필요함			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	제안 기술의 차별성 ○ 실리콘 기반 타원계측 센서의 초고감도 측정원리는 항원-항체 면역반응에서 유발된 센서칩 표면 두께변화를 실시간으로 민감하게 측정하는 기술임 ○ p-파 무반사 조건에서 실리콘과 바이오 물질의 큰 굴절률 차이를 이용한 광학적인 신호증폭 현상을 전기적인 신호로 측정하면 실시간으로 fM 수준의 초고감도 센싱이 가능			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ 고감염성 질병의 매우 낮은 농도의 병원체를 감지하는 fM 수준의 초고감도 바이오 센싱 기술을 개발하고 , 비전문가도 쉽게 측정할 수 있는 비표지 측정장치 및 다채널 미세유로를 이용한 바이러스 존재 유무에 대한 실시간 모니터링 기술 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 감염병 조기진단용 초고감도 실시간 실리콘 센서 및 다채널 미세유로 진단기기 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>3</u> 년, 총 <u>45</u> 억원			
기대효과	○ (정책적) 신종 감염병에 대한 대응능력 강화로 K-진단의 강점을 극대화 ○ (기술적) 체외진단 글로벌 기업의 시장독점을 견제하는 국산 진단기술을 확보 ○ (경제적) 실시간 진단검사기술의 수출로			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?				
제안 기술 또는 연구명	자립형 인공지능 헬스케어 시스템				
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 현재 심근경색과 같은 급성질환의 발병을 빠른 시간 내에 높은 정확도로 예측하는 장치는 미개발 상태임 (심근경색을 포함한 심장 질환은 사망률 2위 (출처: 대한민국 통계청))○ 오프라인 상황에서 급성 질환 사고 예방을 위한, 자립·분산형 인공 지능 시스템 기술 (자립형: offline or stand-alone, 분산형: distributed- or edge-computing) 개발 제안				
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 클라우드 방식 AI의 보안 취약성, 낮은 정확도, 검출 가능 질환의 제한- (<u>클라우드 AI 컴퓨팅 방식의 문제점</u>) 현재 개발중인 AI 헬스케어 시스템은 생체 신호 데이터를 서버로 보내고, 서버에서 분석 및 진단을 하는 방식임. 이는 (i) 개인 생체 신호의 보안 문제, (ii) 오프라인 상황시 사용 불가능한 문제점을 가지고 있음.- (<u>낮은 정확도</u>) ECG 측정을 도입한 애플워치 등의 웨어러블 디바이스의 경우에도 심방세동의 검출 정확도가 70%대이며, 이는 원격진료 등을 위한 임상보조자료 중 하나 정도로 활용될 수준임.- (<u>검출 가능 질환의 제한</u>) 현재의 디바이스 대부분이, 이상신호의 강도가 크지 않고 증상이 뚜렷하지 않은 내재된 위험요소를 파악할 수 없음. 신호의 readout을 임상적 판단기준에만 의존하기 때문에 기존의 임상기준에 속하지 않는 작은 위험요소와 관련된 신호는 드러나지 않음.				
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 기술개발의 범위- 자립·분산형 인공 지능 시스템 구현을 위한 초소형-저전력-고신뢰성 신경모사 소자 개발- 시계열 바이오 신호 패턴 분석을 통해, 급성 질환 발병을 경고할 수 있는 인공 지능 알고리즘 개발- 시계열 바이오 신호 패턴 분석을 위한 자립·분산형 인공 지능 시스템 개발				
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 현대 가능한 자립·분산형 헬스케어 AI 시스템을 위한 핵심 기술 개발(1) 초소형·저전력·고신뢰성 신경모사 소자 개발(2) 초저전력 하드웨어 인공신경망 기반 바이오 신호 분석 알고리즘 & 아키텍처 개발				
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(O) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술(O)	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()	
	BT	기초·기반기술(O) 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()	
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()	
	기타	()			
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원				
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (사회적)- 본 기술의 개발을 통해 급성 질환으로 인한 사고를 예방하는 데에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대됨.- 또한, 기술의 범위를 확장하여 각종 중대 질병의 조기 진단에 활용할 수 있을 것으				

	<p>로 기대됨.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (경제적) - AI 헬스케어 분야의 시장규모는 연평균 42.2%로 성장하고 있음 (출처: 마켓앤마켓스, 2015). - 본 기술이 제품에 적용되어 시장에 진입하는 시기를 2028년(기술 개발 후 3년)으로 가정하면, AI 헬스케어 분야의 시장규모는 약 2000억\$에 이를 것으로 예상됨. - 개인 의료상의 보안 문제로 인하여 AI 헬스케어 제품은 궁극적으로 오프라인 자립형으로 개발될 것으로 예상되며, 따라서 시장의 50% 이상을 점유할 것으로 예상할 수 있음. 본 기술이 제품에서 차지하는 비율을 약 10%로 가정하면, 2028년 본 기술의 시장 가치는 약 100억\$ 이상으로 추산됨.
--	---

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	가소성 축진을 통한 신경회로 회복 연구
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전세계적으로 인구 고령화로 인해 치매를 포함한 퇴행성 뇌질환이 증가하며 사회적 부담이 되고 있으나 근본적인 치료법이 존재하지 않음. ○ 사회가 복잡해질 뿐 아니라 팬데믹 등으로 인류의 생활 패턴이 전과 다른 양상으로 변화하고 있으며, 이로 인해 우울증, 중독 등 다양한 정신질환도 증가하고 있으나 이 또한 근본적인 치료법이 존재하지 않음. ○ 신경계 가소성은 각종 인지기능의 근간이 되는 기전이며, 특히 치매, 만성통증, 중독 등 심각한 뇌질환에서 손상되어 있는 것으로 알려지고 있음. ○ 신경회로 가소성은 태아 발달 단계 뿐 아니라 생애 전반에 걸쳐 나타나는 것으로 알려져 있으므로, 이를 활용하면 손상된 뇌기능을 회복시키는 것이 가능할 것으로 여겨지나, 이를 퇴행성 뇌질환 및 뇌손상에 적용한 예가 많지 않음.
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 치매 등 퇴행성 뇌질환 연구는 아밀로이드나 타우 단백질 등 세포 독성을 가지는 단백질이 신경계를 손상시키는 기전에 대한 연구가 주를 이루고 있으나, 신경세포는 한 번 손상되면 다시 살릴 수 없기 때문에 이러한 기존 연구는 근본적으로 한계가 있음. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구에서는 손상의 원인을 억제하려는 기존 연구와 달리, 퇴행 혹은 손상 후에 남아 있는 신경회로의 가소성을 극대화하여 신경 회로를 회복시키고자 하는 기존과 전혀 다른 연구임. ○ 이를 위하여 생리학적 기본 원리 이해, 가소성 축진을 위한 약리학적, 유전학적, 공학적 기술이 다학제적으로 융합될 수 있음.
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경회로 가소성 축진 기전 이해: 분자, 세포, 회로 수준에서 신경회로 가소성 축진 기전에 대한 기초 연구 수행. ○ 신경회로 가소성 축진 기술 개발: 세포내 신호전달 조절, 유전자 발현 조절, 인공신경 생체 연결 등을 통해 신경회로 가소성을 촉진시키는 기술을 개발 ○ 가소성 축진 기술을 기존 퇴행성 질환 모델에 적용: 개발된 가소성 축진 기술을 치매 등 기존 퇴행성 뇌질환 모델에 적용하여 검증 ○ 가소성 축진 기술을 뇌손상 모델에 적용: 척수 손상 모델에 가소성 축진 기술을 적

	용하여 감각 및 운동 능력 회복			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 본 연구의 목적은 다양한 신경회로 가소성 촉진 기술을 활용하여 퇴행성 뇌질환, 통증 및 뇌손상에 대한 치료 기술을 개발하는 것임. ○ 동물모델을 이용하여 원리를 검증하고, 궁극적으로 임상적용 가능성을 타진함.			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(√) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(√) 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(√) 나노소재() 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 10 년, 총 200 억원			
기대효과	[학문적] - 인지기능의 근간이 되는 신경계 가소성에 대한 원리 규명을 통해 기초과학 발전에 기여할 것임. - 신경회로 가소성은 학습과 기억 뿐 아니라, 통증, 중독, 정서, 운동, 감각 등 모든 뇌기능의 핵심 기능이므로 이에 대한 이해는 큰 확장성과 학문적 파급효과가 기대됨. [기술적] - 신경회로 가소성 조절을 위한 약물 개발 - 생체 신경과 유사한 특성을 가지는 인공 신경을 활용하여 중추신경계를 자연적으로 자극하여 가소성을 유도하는 신기술 개발 - 신경회로 가소성에 대한 이해는 차세대 AI 개발에도 크게 기여할 것임 - 신경장애 치료뿐 아니라, 신정보철학 등 미래 산업에도 기여할 것으로 기대 [경제적] - 퇴행성 뇌질환, 각종 뇌손상 등 뇌질환 관련 시장은 매년 성장하고 있어, 이에 대한 경제적 파급효과가 기대됨			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?				
제안 기술 또는 연구명	퇴행성 신경 질환 및 신경 손상 치료를 위한 생체신호 반응형 인공 신경 개발				
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 퇴행성 신경 질환 및 신경 손상 등 신경장애는 노화, 유전, 감염, 합병증 및 사고 등으로 인해 발명하지만 정확한 원인 혹은 발병 기전조차 모르는 경우가 많기 때문에, 생물학적 방법으로만 치료하는 데에 큰 한계점이 존재하여 신경 기능의 원상회복이 불가능○ 이에, 기존의 생물학적 해결 방식에서 벗어나 신경장애를 치료해주기 위해서 공학과 접목하여 신경 신호 전달의 손상을 효율적으로 대체하는 생체신호 반응형 생체적합 유기 인공 신경계의 개발이 필요				
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현재까지 손상된 신경을 치료해주기 위해 많은 외과적 수술이 이루어지고 있으나, 이러한 수술에도 불구하고 기능적 재생을 못 하는 경우가 많으며, 신경장애와 관련된 합병증 (근감소증, 세포괴사 등)이 진행된 상황이라면 기능적 재생은 더욱 힘들어짐○ 현재 생물학적 신경계의 작동 메커니즘 및 기능을 모사한 인공 신경에 관한 연구가 이루어지고 있으나, 2018년 첫 논문 이후(Science, 2018) 초기 단계에 머물고 있고, 대부분의 신경 모방 전자 소자는 뇌의 시냅스의 많은 기능 중 특정 기능을 모사하는 인공지능 및 뉴로모픽 컴퓨팅에 제한○ 또한, 기존 신경 보철 기기 연구의 경우, 신경 가소성의 원리를 이용하지 못하고 있고 CMOS 기반으로 생체의 기능을 완벽히 모사하는 데 그 한계가 있고, 생체 기능을 일부분 모사하기 위해 복잡한 회로가 요구되고 큰 용량의 에너지가 필요하여 웨어러블 형태가 불가능하여 일상생활을 제한하여 환자에게 불편함을 유발 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 본 연구에서는 생물학적 접근 방법의 한계를 넘어 생물학과 공학의 융합을 통해 생체신호 반응형 생체적합 유기 인공 신경계를 개발하고 이를 활용하여 신경장애의 생체 신경 신호 전달을 위한 우회로를 형성				
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ (생체신호 반응형 유기 인공 신경 기술) 생체 신경의 특징적 거동을 완벽히 모사하며 생체 내부에서 생체의 조직과 통합되어도 정상적으로 작동할 수 있는 생체 신경 모사형 유기 인공 신경계를 개발한다. 또한, 인공 신경을 부착한 후 자연스러운 운동 및 생활에서 발생하는 생체 신경 신호에도 작동할 수 있도록 개발한다.○ (인공 신경의 생체 신경 연결 기술) 인공 신경의 말초 신경, 신경절, 중추신경으로의 연결을 통해 신경 손상 및 장애에 대한 우회로를 형성한다. 또한, 체성신경계(운동, 감각)과 자율신경계로의 연결을 통해 신호의 우회로를 양방향(bidirection) 전달이 가능하도록 한다.○ (오가노이드 치매 모델을 통한 퇴행성 신경 질환 치료 기술) 치매(알츠하이머 질병), 파킨슨병 등 퇴행성 신경 질환에 대한 오가노이드 모델을 제작하여 인공 신경을 통한 퇴행성 신경 질환 치료 기술을 개발한다.				
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 본 연구의 목적은 인공 신경을 통한 퇴행성 신경 질환 및 신경장애의 회복 및 손상된 신경의 대체○ 최종적으로, 난치성 신경장애 및 퇴행성 신경 질환을 완치할 수 있게 하는 생체신호 반응형 생체적합성 인공 신경의 개발 및 전임상 실험을 완료하여 임상으로의 활용 가능성을 도모				
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(<input checked="" type="checkbox"/>) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()	
	BT	기초·기반기술(<input checked="" type="checkbox"/>) 보건의료 관련응용()	ET	환경기반()	

		농업·해양·환경 관련 응용()		에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(√) 나노소재() 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 6 년, 총 180 억원		
기대효과	[정책적] - 신경장애로 인한 사회경제적 노동력의 상실로 인한 손실을 최소화할 수 있으며, 고령화 사회에 접어들어 따른 퇴행성 신경 질환의 치료 및 재활을 위한 보건의료 문제를 해결하여 사회적 의료 비용 감소에 기여할 것으로 기대 - 다학제간 협력을 통한 새로운 연구 환경의 조성을 통해 대한민국의 의료기술 및 공학 기술의 향상과 관련 분야의 인재 양성을 통해 새로운 일자리 창출, 최첨단 분야의 원천기술 확보를 통해 고부가가치 산업의 신시장을 개척할 수 있을 것으로 기대			
	[기술적] - 본 연구에서는 기존 machine/computer interface 대신 생체 신경과 유사한 특성을 가지는 인공 신경을 사용함으로써 기존 BMI 연구 방향을 재설정 - 인공 신경 단위 소자의 특성 변화에 대한 이해를 바탕으로 인공 신경 시스템에 대한 새로운 접근 방식을 체계화함에 따라 관련 원천기술을 확보할 수 있으며, 신경 장애와 관련된 국내 연구 수준을 세계 최고의 수준으로 향상하는데 큰 기여 [경제적] - 신경 손상, 신경장애 그리고 퇴행성 신경 질환을 위한 치료의 전혀 새로운 해결책을 제시하여 1383억 달러 (160조원, 2025년 예상) 규모의 시장이 예상되는 희귀 신경계 질환 치료 시장에 크게 기여 (Insight Partners, 2020) - 본 연구를 통해 개발되는 생체적합성 생체신호 반응형 인공 신경 원천기술은 향후 신경 보철 산업 분야의 발전에 따른 세계 경제, 산업 시장에 파급 효과도 엄청날 것으로 기대된다. 세계 신경 보철 시장은 2017년 58억4,000만 달러 규모에서 2022년 104억 달러 규모로 연평균 12.4% 성장할 것으로 예상(Research and Markets)			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	자체 전원 수확 및 증폭 회로가 있는 강유전 기반의 유연한 유기 바이오 센서 Self-powered Flexible Organic Bio-sensor Based on Ferroelectric with Amplifier Circuit
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> 전 세계적으로 인간의 건강 및 웰빙(well-being)에 기여하는 기술 개발의 필요성이 강조되는 가운데 효율적이고 간편하게 건강을 관리할 수 있는 방법과 1인 가구의 증가에 따라 고독사 방지 차원에서 원격으로 건강 상태를 파악할 수 있는 시스템이 필요 최근 바이오 센서 시스템의 효율 이슈로 인하여 센서 모듈의 실용화가 요구되고 있으며 사용자의 편의 및 미약한 생체 신호의 정확한 수신을 위해 신체에 부착할 수 있는 유연한(Flexible) 형태의 소자와 신호를 증폭(Amplifier)해서 전송해 줄 수 있는 증폭기가 결합된 형태의 바이오 센서 모듈이 필요함. 더욱이 외부에서 전력 공급 없이 스스로 자가 발전하는 소자를 제작함으로써 폐배터리 발생을 줄이고 배터리 교체에 필요한 경제적, 인적 노력을 줄일 수 있음.
기존 기술	제안 기술의 차별성

또는 연구와의 차별성 및 연계성	<ul style="list-style-type: none">○ 제작되는 바이오 센서는 신체 밀착형의 유연한 소자로 제작되어야할 뿐만 아니라 유연한 센서 모듈에 적용 할 수 있는 유기 반도체를 이용하여 증폭 회로까지 구현.○ 저전력 구동 회로에 사용 할 수 있는 능력을 갖춘 소자를 제작하기 위해 일반적으로 고전력이 필요한 유기 반도체의 나노 패터닝 기술을 도입하여 저전력 및 높은 전자이동도와 선택비를 갖는 반도체 소자를 개발 및 적용함.○ 바이오 센서 모듈 뿐만 아니라 소자에서 관측된 바이오 신호를 원격으로 조정하고 관측한 바이오 신호를 기반으로 Big data를 적용하여 여러 가지 건강과 관련된 index를 계산하는 프로그램 개발도 함께 진행.			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 친환경적인 유기 물질 및 반도체를 기반으로 한 센서 시스템 구축.○ 강유전 유기 반도체 물질을 이용한 압력 등의 다양한 형태의 신호를 이용하여 사람의 심박동, 호흡, 혈류의 흐름, 체온 등을 측정하여 데이터를 축적함.○ 센서 시스템의 관측 데이터를 IoT기반 원격으로 관측하고 Big data 분석을 통해 여러 건강 파라미터를 계산할 수 있는 소프트웨어 개발.			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 피부에 부착 가능한 패치형 바이오 센서와 건강 관리 소프트웨어를 제작하여 스스로 또는 원격으로 건강을 체크할 수 있는 쌍방향 바이오 센서 시스템 구축.			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(○) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(○) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(○) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(○) 청정생산(○) 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(○) 나노소재(○) 나노 바이오 보건(○) 나노기반·공정(○)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등) (○) 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 3 년, 총 30 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 국민의 보건환경을 개선하고 감염병 같은 국가 유해 인자를 사전에 제거 및 관리 할 수 있게 됨으로써 국가의 전반적인 경쟁력을 확보하는 길을 모색 할수 있음.○ (기술적) 바이오 센서를 구성하는 소자의 구조적 및 전기적 현상에 대한 이해를 통해 고효율의 차세대 바이오 센서 모듈을 제작, 최적화 솔루션 제공 및 이를 통한 기술 주도권 확보로 바이오 센서 기술을 선도함.○ (경제적) 기존 미국과 유럽이 선점하고 있던 바이오 센서 및 관련 시장에서 한 차원 높은 수준의 기술 목표를 달성 할 수 있게 하여, 관련 산업 분야의 국제경쟁력을 강화 할 수 있을 뿐만 아니라 국내적으로 개인 진료 비용 절감 및 자가발전 기기를 통해 폐배터리 처리 비용 절감등 비효율적인 경제적 문제를 해결함.			

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	인공지능 기반의 신경-인공신경 인터페이스를 통한 신경 대체 기술 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중추신경계 및 말초신경계의 대부분은 한 번 손상되면 재생 능력이 매우 제한이 있다. 따라서 손상으로 인한 인간의 기능 장애의 회복은 현재 의학, 생물학적 기술로는 거의 불가능

	<ul style="list-style-type: none">○ 신경을 재생시키기 위한 연구는 오래 전부터 진행되어 왔지만, 재생 과정 이전에, 질병에 의해 신경이 손상되는 과정의 기전 및 치료법에 대하여 현재까지 밝혀진 바는 매우 적음○ 이러한 생물학적인 접근법의 한계를 넘어 인공 신경, 신경-인공지능 인터페이스 기술을 통해 손상된 신경계를 인공적으로 대체/연결하는 시스템을 개발함으로써 비가역적 신경계 손상으로 인한 인간 뇌기능의 복원이 이루어질 수 있음			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 기존의 외과적 수술을 통한 신경 접합 기술은 신경 절단 이후 매우 짧은 기간 안에 이루어져야만 성공 가능한 기술이며, 접합에 성공하더라도 신경 기능의 소실이 매우 크다. 또한, 퇴행성 질환과 같이 서서히 정도가 발전하는 신경 손상은 외과적 수술로 극복하는 것이 불가능○ 기존 감각-운동 장애 극복 목적의 뇌-기계 인터페이스 기술은 뇌기능에는 문제가 없지만 척수 이하 수준의 장애가 있는 제한적인 조건의 환자에 대해서만 적용이 가능하였으며, 뇌 병변이 있는 경우에는 적용이 불가능 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 본 기술은 단순히 손상된 영역을 우회하는 것이 아니라 손상된 신경계의 기능을 대체하며 서로간의 연결성을 복원시킨다는 점에서 기존 기술과 차별			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 제안하는 기술은 인간의 중추 또는 말초신경계의 비가역적 손상으로 인한 치명적인 기능 장애에 대하여, 손상된 신경계를 인공신경 및 인공지능 인터페이스로 대체하여 각 영역 간의 연결성을 복원시킴으로써 온전한 신경 활동이 가능하도록 네트워크 복원을 유도○ 인공 신경으로 대체된 부분이 기존 신경계를 완벽하게 대체하는 것은 어려울 수 있으나, 일차 감각 피질과 같은 감각 정보의 주 통로가 차단되어 다른 고위 영역들까지 제 기능을 하지 못하는 경우에 있어서는 본 연구와 같은 방식의 인공적 정보전달이 결정적인 역할 수행			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 본 연구개발의 목적은 신경 활동 중의 뇌활성, 네트워크 지도를 AI 통해 모사하고, 이렇게 학습된 정보를 바탕으로 각 네트워크 노드에서의 활성을 인공신경, 인공지능 기술을 통해 인공적으로 정밀 유도하도록 네트워크 구축			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(√) 차세대 네트워크 기반(√) 정보처리 시스템 및 S/W(√) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(√) 보건의료 관련응용(√) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(√) 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>6</u> 년, 총 <u>150</u> 억원			
기대효과	<p>[사회적]</p> <p>- 신경 손상으로 인한 신경 활동 이상 환자의 경우, 현재로서는 그 회복을 신경 자체의 가소성에 기대는 수밖에 없으며 많은 경우 그 장애를 평생 안고 가야한다. 본 연구개발이 성공할 경우, 기존 비가역적 뇌손상으로 인한 영구적 장애를 극복하고 인간다운 삶을 회복하는 매우 중요한 기초기술이 될 것으로 기대한다.</p>			

	<p>- 인류는 신경 손상을 유발할 수 있는 수많은 위험 요인에 노출되어 있으며, 나이가 들에 따라 신경 손상에 따른 신경 기능의 소실 위험성은 매우 높아진다. 고령화 사회에 접어들에 따라 고령 인구의 삶의 질 향상이 중요한 이슈가 되는 상황에서 본 연구는 손상된 신경으로 인한 치명적인 인간 뇌기능 장애를 해소할 수 있는 대체 기술을 제공함으로써 이에 따른 사회적, 경제적 비용을 획기적으로 줄일 수 있을 것이며, 이로써 인류의 삶의 질 향상에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.</p> <p>[기술적]</p> <p>- 본 연구는 뇌와 직접 접속하여 일부 기능을 공유, 대체하는 하이브리드형 뇌-인공지능 인터페이스의 기초단계에 해당하며, 유효성이 검증될 경우 신경 활동 정도의 조절을 통해 세계적으로 각광받고 있는 인지증강 기술에 있어 핵심 기반 기술로 사용될 수 있다.</p> <p>- 본 연구를 통해 개발된 시스템은 기존의 소프트웨어 기반의 인공신경망을 넘어, 실제 신경과 인공 신경을 포함하는 새로운 복합 신경 모델을 제공하여, 의학적으로 밝혀지지 않은 신경 활동의 구체적인 기전을 밝혀낼 수 있는 핵심적인 도구로 활용될 수 있다.</p> <p>[경제적]</p> <p>- Insight Partners의 보고에 따르면, 신경 손상에 의한 신경계 질환 치료 시장은 그 규모가 2025년 약 160조원을 넘어설 것이며, 본 연구는 대부분의 신경계 질환에 범용 가능한 신경 대체 기술을 개발함으로써 시장에 큰 영향을 끼칠 수 있을 것으로 기대된다.</p> <p>- Research and Markets의 보고에 따르면, 신경 활동의 일부인 운동 기능 대체를 위한 신경 보철 시장은 2022년 한화 약 14조의 규모로 성장할 것으로 예상된다. 본 연구를 통해 운동 기능의 대체를 넘어, 보다 원초적인 신경 메커니즘의 대체 기술을 개발함으로써 관련 시장에 있어 핵심적인 위치를 차지할 수 있을 것으로 기대된다.</p>
--	---

난제명	건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	전기치료 피드백 시스템을 통한 장기의 기능 복원 및 증강
제안 기술 또는 연구의 필요성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> 전기 자극을 주어 내장기관 신경계의 이상 신호를 교정하는 신경조절술 (전자약)은 치료가 쉽지 않은 류마티스관절염, 장염, 천식 등 만성질환뿐만 아니라 암이나 파킨슨병, 치매 등 난치병 치료 등에 적용하기 위한 연구가 본격적으로 이루어지고 있음. 그러나, 현재 전자약 신경자극기 기술은 센서 시스템이 포함되지 않아 이상 신호의 발생 여부 및 교정 여부를 전혀 파악할 수 없음. 기존 Open-loop 전자약 기기들의 한계점을 극복하기 위한 Closed-loop 피드백 전자약 시스템에 대한 연구가 최근 활성화되고 있으며, 피드백 시스템은 차세대 전자약 기술이 필요함.
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> 체외 센서와 의료 영상의 근본적인 한계점은 지속적인 모니터링이 불가능하다는 점에 있음. 생체 센서가 체내에 삽입된다면 이런 한계점을 극복 가능함과 동시에 원하는 장기의 다양한 종류의 장기 및 근육에 부착될 수 있어, 질환들의 통합적인 모니터링이 가능함. 본 제안 기술에서는 기존 전기적 신호 기반 이식형 센서에서 검출이 어려운 위, 장 등 내부 장기기능 모니터링에 적합한 기계적 신호를 검출하는 이식형 센서 개발을 목적으로 하며, 이 같은 중요 장기의 대사 과정 모니터링 및 생체 신호 분석을 통한 진단, 기능 복원, 증강의 새로운 방향성을 제시함.
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> 전해질 기반 생체 신호 호환성 스파이크열 신호 구현 <ul style="list-style-type: none"> - Event-based 신호의 병렬적 전송으로 측정주기를 없애 동시다발적인 신호 전송 - 이온의 충전/완화 거동을 예측하여 스파이크의 출력 조절 및 유효 신호 도출

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공 내장 감각 기반 Closed-loop 전자약 치료 시스템 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 내장감각 센서와 전기 자극기가 결합된 이식형 피드백 전기치료 시스템 개발 - 장기간 사용에도 신호 품질이 보장된 반영구적 인터페이스 기술 확보 - 센서 출력신호가 생체 신호로 유효한지 확인하기 위한 동물 실험 진행 ○ 생체 이식형 센서 제작 (방광용, 심장용) <ul style="list-style-type: none"> - 방광의 압력과 변형 감지용 스트레인 무반응성 압력 센서와 압력 무반응성 스트레인 센서 제작 - 심장의 동적 운동을 공간분해 가능한 스파이크열 스트레인 센서 기반 기술 확보 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생체 모사 스파이크열 신호를 발생하는 Event-based 인공 수용체를 통해, 빠른 응답 속도와 고집적도를 갖는 인공 내장감각 센서 구현 및 원천 소재 확보 ○ Closed-loop 기반 이식형 센서 시스템을 통해, 장기 (방광, 심장)의 감각 증강 및 복원, 인공장기 감각 이식 인터페이스로 응용 기술 개발 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(O) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타 ()			
총 소요기간 및 소요예산	총 <u> 5 </u> 년, 총 <u> 100 </u> 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) • 미래 의료의 방향인 맞춤 의료(Personalization), 참여 의료(Participation), 예측 의료(Prediction), 예방 의료(Prevention)에 선제적으로 대응할 수 있음. ○ (기술적) • 소재 연구 분야 뿐만 아니라 의학계 및 의학 기기 관련 개발 분야에 새로운 패러다임을 제시할 수 있을 것이며 짧게는 단순 장기의 기계적 거동 파악, 길게는 완전 이식 가능하여 장기간 측정이 가능한 국내 기술을 최초로 개발할 수 있을 것임. ○ (경제적) • 세계 전자약 시장은 2012년 26억 달러에서 2017년 36억 달러로 매년 8%씩 빠르게 성장 중임. 특히, 이식형 전자약 시장은 2013년 26억 달러에서 2015년 36억 달러로 매년 11%씩 빠르게 성장함. • 장기의 생리 이상 질환은 지속적인 모니터링과 자극에 대한 피드백을 통해 기능의 유지/보강이 필요함. 본 기술은 제약 산업과 의료기기 산업의 핵심이 될 전자약 분야에 원천기술을 제공할 수 있음. 본 제안 기술은 사회/경제적인 파급성이 크나 기술적인 문제로 아직 실현되지 못한 분야로, IT 강국인 한국이 의료기기 분야에서도 글로벌 시장을 주도할 수 있는 미래적 분야임. 			

난제명	빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	우주 극한환경 인공지능 및 우주데이터센터용 신소재 및 소자 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폭발적인 성장이 기대되는 민간 우주산업에 대비한 원천 기술 확보가 시급한 상황이며, 특히 대한민국이 높은 시장 점유율을 가지고 있는 반도체 산업의 우주산업 관련 기술 확보는 매우 높은 중요성을 가짐. ○ 우주의 극한환경에서 활용 가능한 인공지능 및 우주 데이터 센터 구축을 위한 신소재와 소자 기술 개발을 통한 잠재적 시장 선점이 시급함. 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (극한환경 신뢰성) 지구상에서 우수한 성능을 보여 현재 컴퓨팅 시스템에 사용되는 플래쉬 메모리를 포함한 다양한 반도체 소자의 경우에 우주의 극한 환경에서 TID, SEE, DD 등의 radiation damage에 의한 고신뢰성의 비휘발성 정보 저장이 어려운 것이 알려져 있음. ○ (낮은 에너지 효율) 우주 환경에서 제한된 에너지로 많은 정보를 효율적으로 활용하기 위해서는 고전적인 폰 노이만 컴퓨팅 방식으로는 한계가 있으며, 이를 극복하기 위한 신경모방 컴퓨팅 등의 새로운 접근이 필요. ○ (물리적 이해 부족) 최근 연구되는 다양한 radiation-hard 신소재의 경우에 radiation에 의한 damage를 나노스케일에서 직접적인 이미징을 통해 분석하고 또한 컴퓨터 시뮬레이션할 수 있는 기술이 부재한 상황임. 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고 우주신뢰성 비휘발성 메모리 소자용 신소재 및 소자 개발: 고 우주안정성 메커니즘을 가지며 초고집적화된 소자에 활용 가능한 초박막 기반의 정보저장용 신소재 및 소자 개발. ○ 고 우주신뢰성 인공지능 소자용 신소재 및 소자 개발: 고 우주안정성 메커니즘을 가지며 초고집적화된 소자에 활용 가능한 초박막 기반의 인공 뉴런 및 시냅스 모사 신소재 및 소자 개발. ○ Radiation damage 등 극한 환경의 failure mechanism의 이미징 기반 분석 기술 개발 ○ Radiation damage 등 극한 환경의 failure mechanism의 시뮬레이션 분석 기술 개발 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공 뉴런 혹은 시냅스 구현이 가능하며 우주 극한환경에서도 Ion/Ioff 혹은 tunneling electroresistance ratio (TER)>10⁴, retention>10⁴s at 85 oC, endurance>10⁷ 등의 우수한 특성 구현. ○ 신소재 및 소자의 우주 극한 환경에서의 다양한 Radiation damage의 메커니즘을 이해하고 예측할 수 있는 시뮬레이션 기술 개발. ○ 최첨단 이미징 장비를 통한 신소재의 우수한 특성의 물리, 화학적 메커니즘 분석기술 개발. 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(O) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()

	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(O) 나노소재(O) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 10 년, 총 100 억원			
기대효과	○ (정책적) 미국, 러시아, 중국, 유럽 등의 일부 국가가 독점적 지위를 가지고 있는 우주 산업에서 대한민국의 반도체 산업 분야의 경쟁력을 활용할 수 있는 새로운 분야를 정부 주도의 연구 개발로 선점. ○ (기술적) 통신 기술의 발달과 함께 인공위성 등을 활용한 서비스업의 발전에 기여하여 인류의 편리한 생활에 기여. 또한, 많은 양의 발열 등의 문제로 데이터 센터를 지구상에 건설할 장소를 찾는 것에 여러 어려움을 겪는 상황에서 우주에 데이터 센터를 건설하는 방법으로 환경적인 문제와 정보저장공간 부족의 문제를 동시에 해결. ○ (경제적) 급격히 성장하는 우주 산업에서 활용되는 우주 극한환경용 인공지능용 반도체 소자 및 데이터 센터용 반도체 소자를 개발함으로써 잠재적 시장 선점.			

난제명	빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	하드웨어 해킹방지/정보보안 기술을 위한 신개념 확률론적 메모리 소자 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 빅데이터, IOT, 및 클라우드 기술이 크게 발전함에 따라 수많은 데이터들을 안전하게 교환 및 처리할 필요성이 급증하고 있음. ○ 특히, 스마트폰과 테블릿과 같은 모바일 컴퓨터는 현재 금융기능뿐만 아니라 개인 신원확인 등의 사용자의 민감하고 사적인 정보들을 광범위하게 다루고 있기에, 이를 안전하게 저장/이용할 수 있는 보안기술을 연구할 필요성이 있음.
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ CMOS 기반의 RNG와 PUF가 하드웨어 해킹방지/정보보안 기술의 기초요소로써 개발되어왔으나, 제한된 확률 구현성 뿐만 아니라 성능을 향상시키기 위해서는 사이즈와 소비에너지가 증가하는 문제가 있었음. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 하지만, 확률론적 메모리 소자의 경우 고유한 확률론적 동작특성과 작은 사이즈 및 수직적층에 용이한 구조 덕분에 고성능/저비용/저에너지동작에 대한 잠재력이 크기에, 모바일 컴퓨터에도 적용가능한 기술로 차별화를 가짐.

제안 기술 또는 연구의 개요	○ (확률론적 동작 가능한 새로운 메모리소자 기술) 고신뢰성 확률구동, 고속 및 저에너지 동작 가능한 신소자 개발. ○ (확률구동에 용이한 메모리소자 어레이 기술) 크로스바 어레이, 3D적층 기술 및 그 변형 구조 개발.			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 확률론적 메모리 소자를 기반한 해킹방지/정보보안 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(√) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(√) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(√) 나노소재(√) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)(√) 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원			
기대효과	○ (정책적) 국가안보 및 국민의 사생활 보호 증진을 통한 사회비용 절감 ○ (기술적) 미래 시대의 새로운 하드웨어 보안 산업의 주도적인 역할을 할 것으로 기대함. 또한, 다제간 융복합 기술로써 대한민국 NT, IT, CT 분야의 지속적인 기술 발전을 선도할 수 있음 ○ (경제적) 해킹보안 원천기술의 우위를 통해 대한민국 경제발전에 큰 공헌을 할 것으로 기대			

난제명	빅 데이터를 효과적으로 모으고 안전하게 활용하는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	스케일링의 한계를 극복한 서브나노(sub-nm) 급 최종집적 초저전력 메모리 반도체
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ ZB 이상의 고도의 정보 집적 용량을 요구하는 빅데이터 시대에, 메모리 소재의 한계가 0.1~1TB 에 머물고 있는 실정 ○ 전세계적으로 데이터를 저장하는 물리적인 공간과 유지 비용만 천문학적으로 들어가고 있는 상황에서, 메모리 소재의 용량을 늘리고 작동 전력을 획기적으로 줄일 수 있는 새로운 소재 기술이 절실
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 기술은 Floating gate 와 같은 커다란 저장 공간이 필요하며, 이 안에 수 만 개 이상의 전자를 저장하는 방식(Flash, DRAM) 으로 많은 작동 전력과 또한 수십~수백 나노 이상의 필수 저장 공간이 있어야지만 1비트를 저장

	제안 기술의 차별성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 수많은 전자를 특정 공간에 절연막을 뚫고 저장하는 비효율적 에너지 소모 방식에서, 원자에 정보를 직접 저장하므로, reliability 및 전력 소모를 획기적으로 개선하고, 스케일링의 한계를 극복한 TB 급의 새로운 기술 제안 https://science.sciencemag.org/content/369/6509/1343 (2020년 7월) 국내 연구진 단독교신 궁극집적도(“ultimately dense”, 초록 발제) 메모리 사이언스 논문 https://science.sciencemag.org/content/369/6509/1300.summary (2020년 9월) 위 논문에 대한 사이언스측의 논평 (Perspective) (“Real-life fairy tale”)			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연계성: 한편 HfO2 라는 모든 트랜지스터의 이미 gate 로 쓰이는 절연체 소재를 사용하므로, 추가적인 화학적 처리 없이 현존 메모리 반도체 산업에 바로 적용 가능한 실현이 빠른 기술이라고 할 수 있음 ○ 정보 저장을 위한 전압을 걸었을 때만, 원자들 사이의 상호작용이 소멸되는 원리를 이용, 평소에는 원자들 사이의 상호작용이 있으므로, 내구성 있는 단단한 반도체 물질로 사용 가능하다가, 전압을 거는 순간만 특정 원자들의 위치를 재배치시킴으로써 메모리 기능을 부여 ○ 이러한 물리적인 성질을 부여하므로 기존의 내구성있는 반도체를 그대로 사용하면 서도, 이러한 물질이 원자 레벨 수준의 집적도를 가지는 메모리의 기능을 나타낼 수 있게 하는 것이 핵심 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반도체 gate막으로 이미 사용 중인 HfO2 안에 개별 원자들을 메모리로 쓰기 위한 단결정성 박막 향상 기술 ○ 전압에 따라 원자레벨 (sub-nm) 에서 위치를 조정할 수 있는 시뮬레이션 예측 기술 ○ 시뮬레이션 예측에 따라, 기존 1bit 소재에 수백 bit 이상을 부여하는 멀티레벨 소자 구현 및 작동 기술 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(O) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양·환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 7 년, 총 91 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) “물질 메모리” 에서 “원자 메모리” 시대로 넘어가는 정책적 가교 역할. ○ (기술적) 현재 0.1TB 에 머물러 있는 집적한계를 100TB 이상으로 1000배 이상의 집적도 달성 가능. ○ (경제적) 스케일링의 한계로 메모리 초격차가 줄어드는 것을 막을 대안이 없는 시점에서, 국제사회에서 이 격차를 유지할 수 있는 새로운 순수 국내 기술 개발 확충. 			

난제명	증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?
제안 기술 또는 연구명	주취 범죄 예방을 위한 블랙 아웃 (알코올성 치매)증후군 진단/모니터링 기술

제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">과다한 알코올 섭취(과음)는 대뇌 피질을 전반적으로 위축시켜, 인지 기능 감소로 종합적 문제 해결능력이 떨어짐. 과음 후 일정 시간 동안 기억이 나지 않는 블랙아웃 증상이 반복되면 “알코올성 치매”로 발전 할 수 있음.체내에 들어온 알코올이 뇌에서 이성적 판단을 담당하는 대뇌피질을 마비시키면서 감정/본능이 활성화돼 평소와 달리 화를 잘 내고 과격한 행동을 보임.알코올성 블랙아웃은 충동이나 행동 조절이 어렵기 때문에 이로 인해 우발적으로 폭력, 음주운전, 절도, 심지어 살인 같은 충동 강력 범죄로 이어질 수 있음.알코올성 치매는 완전한 회복이 어려우나, 기억 장애가 나타나는 초기부터 진단하여 치료하면 정상으로 회복 가능함.			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none">기존 알코올성 치매 진단은 문진법에 기반으로 하여 여러 상황적 변수가 발생가능함영상 기법의 발전으로 치매 진단 기술이 발전 하여도 검사를 받기까지 피검사자의 의지가 매우 중요한 변수임.또한, 기존의 치매 진단 연구는 노인성 치매에 집중되어 있음.			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">(신규 바이오마커 발굴 및 진단기술) 체액 내 과발현된 바이오 마커(단백질, 유전자) 발굴 및 진단 기술(상시 진단/모니터링 기술 개발) IoT연계 블랙아웃 현상 진단/모니터링 기술			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">알코올성 치매 진단 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(√) 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u> 7 </u> 년, 총 <u> 100 </u> 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">(정책적) 주취 범죄의 사전 예방 및 시민들의 생활안전 확보 가능(기술적) 신규 바이오 마커 수요 발굴 및 신개념 진단 기술의 원천성 확보 기대(경제적) 관련 시장의 점진적 성장 및 타 기술 플랫폼 기장에 대비한 성장 기대			

난제명	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?			
제안 기술 또는연구명	기존 인프라 설비 내 배관계 자율 사고 대응 및 감시를 위한 모듈형 스마트화 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 산업화 이후 수 십년이 지남에 따라 다양한 분야(플랜트, 상수도 등)에서 노후화된 배관 파손 사고에 따른 인적/물적 비용이 지속적으로 증가하고 있으며, 특히, 화학, 인화물질이 유출 될 경우 신속하게 손상을 차단 대응하여 사고의 확산을 방지하는 기술이 필요함.○ 배관계에 쉽게 설치가 가능한 비침투 압력 센서 및 센서네트워크 설계 기술과 센서 정보를 이용하는 스마트밸브 기술을 이용 배관 손상 사고 발생 시 즉각적으로 반응하여 손상을 차단하여, 배관 파손에 따른 누출사고의 확산을 미연에 방지하는 기술			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 밸브 자체에 압력 센서가 있는 유사 기능 밸브의 경우 기존 밸브를 교체 설치해야 하는 단점이 있어, 플랜트 운용 중단 등 시스템 도입에 많은 비용이 발생함 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 본 기술은 설치가 용이한 비침투 압력 센서를 이용 손상의 위치의 빠른 탐지가 가능하며, 손상 정보를 이용하는 스마트밸브를 이용 자율 손상 차단이 가능한 기술임.			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ (비침투 배관 압력 모니터링 센서 및 센서네트워크 설계 기술 개발) 배관 내 압력의 모니터링이 가능한 비침투식 배관 압력 센서와 배관 손상 탐지를 위한 센서네트워크(개수, 위치) 설계 기술 개발○ (모듈화 스마트밸브 개발) 센서네트워크 신호를 이용 배관 사고 발생 시 손상의 자율 차단이 가능한 스마트밸브 및 매뉴얼 밸브의 스마트밸브 화가 가능한 자율 제어 모듈 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 기존 인프라 설비 내 배관계를 대상으로 비침투 압력 센서, 센서네트워크 최적설계 기술 및 모듈화 스마트밸브 기술 개발을 통해 안전한 기반 시설 확보 가능			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술(O)	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요 기간 및 소요 예산	총 5 년, 총 40 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 노후화되거나 사고 감지 및 대응 기술이 적용되지 못한 기반 위험 산업군의 배관체계를 대상으로 스마트화 및 지능화 기술 적용을 통해 재난과 사고 상황에 자율적인 대응 가능○ (기술적) 센싱, 신호처리, 자율 제어 등의 신기술의 기존에 운용 중인 주요 설비로의 적용을 위한 모듈화된 스마트화 기술개발을 통해 자율적으로 감시/제어가 불가능했던 현행 주요 설비의 지능화가 가능			

	<ul style="list-style-type: none"> ○ (경제적) 대다수의 운용중인 주요 배관 설비들을 대상으로 신규 구축 및 교체 설치가 아닌 모듈화된 스마트화 기술 적용을 신규 구축 및 교체 설치 등으로 인한 경제적 손실 효과를 감소함과 동시에 손상 시 대규모 재해로 이어질 수 있는 사고 상황을 자율적으로 제어/대응할 수 있는 기술 개발
--	--

난제명	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?			
제안 기술 또는 연구명	실시간 유해가스 유출을 감지를 위한 항시 동작하는 초저전력 가스 센서 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가스 사고로 인한 재산 및 인명 피해는 매년 증가하고 있으며, 유해가스는 산업체나 대형 화학 공장 뿐만 아니라 일상생활 속에서도 쉽게 인지하지 못하는 사이에 노출될 수 있음. (식당에서 일산화탄소 중독에 의한 사망 사고 등) ○ 유해가스 피해는 사람이 인지하지 못하는 환경에서 발생하기 때문에 이를 예방하기 위해서는 언제 어디서든 주위 환경을 실시간으로 관찰할 필요가 있으며, 스마트폰과 같은 모바일 기기에 가스 센서가 집적되어 항시 동작하는 활용 형태가 적합함. 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 금속산화물 기반의 가스 센서는 소형화에 유리하고, 생산 단가가 저렴하여 산업적 활용이 기대되어왔음. 하지만, 수백 도씨 내외에서 동작하기 때문에 높은 소비전력과 주변으로 방출되는 다량의 열이 문제 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 초저전력 (<1 mW) 동작 소형 반도체식 가스 센서는 항시 동작하는 형태로 모바일 기기에 집적되어 실시간으로 유해가스 위험을 예방할 수 있음. 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 나노 소재 기반의 300 °C 1 mW 이내로 동작하는 나노발열체와 감지 물질 집적을 통해 초저전력 유해가스 센서 개발. 1 mW 이하의 전력 소비 모듈을 구현하여 스마트폰의 배터리 사용을 최소화한 통합칩을 내장하는 초소형 모듈 개발 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초저전력, 고효율 나노발열체를 도입한 가스 센서 집적 소자를 휴대용 기기에 내장하여 일상생활에서 개개인이 유해가스 실시간 모니터링 가능한 시스템 개발 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정(✓)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		

총 소요기간 및 소요예산	총 3 년, 총 10 억원
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 최근 국가적으로 주유 시설에 가스 경보기 설치 법제화가 진행 중. 모바일 기기 집적을 통해 국민 안전에 기여할 수 있는 기술 법제화 가능. ○ (기술적) 모바일 기기 집적된 가스 센서를 통해 실시간 주위 환경 모니터링 가능. ○ (경제적) 가스 센서 기술의 국산화. 주로 중소기업 위주의 국내 업체는 많은 연구 개발비를 투자하기 어려움. 핵심 소재인 가스 센서 소자는 모두 수입에 의존.

난제명	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?
제안 기술 또는 연구명	빅데이터기반 딥러닝을 활용한 초고감도 센서 시스템 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4차 산업혁명, 고령화, 기후변화를 직면할 미래사회는 AI-기반 신산업과 더불어 인류의 건강과 환경이슈를 동시에 해결해야 하는 숙제를 가지고 있음. 특히, 가스 센서 기술은 고령화 사회의 헬스케어 진단과 기후변화로 초래하는 극미량의 진단/환경/산업가스를 감지해야 하는 핵심 기술로서, 초고감도를 요구하는 가스센서 기술 개발이 반드시 필요함. ○ 경제적으로는 현재 센서시장은 10조원에 다다르지만, 기술 및 노하우의 부재로 현재 일본, 미국, 독일이 시장을 독점하고 있는 상태임. 그러므로 위 상황을 타개할 새로운 기술개발이 필요한 상황임.
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 극미량의 가스를 감지하기 위해 기존의 연구들은 대부분 나노물질/표면화학구조등을 조절하여 저항 변화를 초래하고 감도를 높이려고 시도해 왔으나, 이는 재연성, 선택성 저하를 초래할 뿐만 아니라, 공정비용의 증가를 유발하여 실제로 적용되는 데 큰 걸림돌이 되어왔음. 따라서, 근본적으로 다른 새로운 방식의 접근 방법이 필요함. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 개념으로는 감지할 수 없는 LOD (limit of detection) 이하에서 나타나는 미세한 노이즈 전기신호 변화를 실험으로 얻어진 빅데이터를 최신 머신러닝 기법 기반 데이터 마이닝을 사용해 찾아내고 (즉, 노이즈에도 숨겨진 의미있는 전기신호가 있다는 것을 찾아내고), 도출한 데이터로 센서소자에 접목하여 기존의 센서 감도를 획기적으로 향상시키고자 함. 최근에 본 기술을 제안자를 제외한 기존에 보고된 바 없음. ○ 생체 및 환경 정보 모니터링을 위한 다양한 가스를 추가적인 선택성, 재연성의 저하 없이 기존의 가스센서의 검출한계를 획기적으로 향상시킬 수 있음. 또한, 궁극적으로는 가스 뿐만 아니라, 액체 및 고체 가스센서와 바이오센서, 광센서 등 전기신호를 사용하는 모든 센서에 적용 가능할 것임.
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ (센서 감도 향상 딥러닝 기술) 가스센서 실험원천기술과 머신러닝 분석기술을 융합하여 다양한 가스/바이오 (누출위험가스, 의료진단가스, 환경가스 등)가 가진 LOD 이하 영역에 숨어있는 매우 작은 신호 변화를 측정해내어, 기존 센서 감도한계를 획기적으로 극복하는 고성능 센서 소재/소자 개발을 목표로 함.

	○ 추가적으로 미세한 신호에 숨겨진 새로운 정보를 통해서 채널 물질과 target 가스 간의 물리/화학적 흡착관계가 전기신호 변화에 어떤 영향을 주는지를 새로운 시각으로 재정립하고자 함.			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 여러가스(위험누출가스, 의료진단가스, 환경가스) 감도를 10배 향상시키는 실험기반 센서소자 & 머신러닝 융합 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(O) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술(○)	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(O) 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반(O) 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(O) 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 25 억원			
기대효과	○ (정책적) 다양한 가스로부터 국민의 안전하게 보호, 미세먼지 원인추적 및 예방, 의료진단가스 감지를 통한 쉽고 빠른 질병진단 시스템 제공. ○ (기술적) 센서감도의 새로운 정의와 채널소재/구조와 analyte의 상호관계에 대한 이론의 재정립을 통하여 센서기술전체에 획기적인 진보 및 세계선도기술 확보 ○ (경제적) 기존의 센서에 작은 비용으로 10배의 민감도 향상 및 초소형 초고성능 센서의 개발 개발을 통해 글로벌 시장을 선도하며, 미래 먹거리 형 신산업 도출의 혁신적 대응전략을 선제적으로 구축할 수 있음.			

난제명	재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?
제안 기술 또는 연구명	에너지 자립형 안전 감시 IoT 시스템 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사회 기반 인프라 및 자연 환경에는 안전특성 변화를 추적하기 위한 데이터 저장/관리/분석(즉, 블랙박스 기능)시스템이 대부분 적용되지 않고 있어, 동일한 재난이 반복되고 이를 사전에 방지하기 위한 기준 설비가 매우 부족한 상황임. ○ 또한, 기후변화 및 폐건전지 환경 문제로 인해, 이에 따른 유지/보수/관리 비용이 급증하고 있음. ○ 따라서, 이러한 사회 안전 및 환경 문제를 극복하기 위한 에너지 자립형 환경 모니터링 데이터 관리-통신 시스템 개발이 필요함.
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 정전 발전기는 연구실 환경에서 발전량 향상을 위한 연구가 중심이었으나, 적용 환경 맞춤 연구는 소홀히 진행됨. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 적용 환경 내 기계에너지의 효율적인 활용과 발전 안정성 향상을 위한 설계를 진행하며, 이를 통한 원활한 전기에너지 공급을 지향함. ○ 이에 기반을 두어 접근이 어려운 협지, 위험 지역 등의 변화 감시를 위한 시스템

	개발 및 통신/데이터 분석 기술을 활용하여 스마트 안전 네트워크 구축을 위한 요소 기술을 확보			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ (적용 환경 맞춤형 시스템 설계) 기계 설계 기반 발전 안정성 및 구동 주파수 향상 기반 발전량 증가를 위한 시스템 설계 ○ (감시 데이터 저장 및 통신 설계) 메모리 모듈을 활용한 감지된 정보 저장/관리 및 통신 모듈 기반 사용 환경 맞춤형 데이터 송/수신 시스템 개발 ○ (에너지 자립형 안전 감시 IoT 시스템 개발) 요소 모듈의 통합 및 실용 설계 기술 확보			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 자가발전 소자를 이용한 에너지 자립화를 통해, 접근하기 어렵거나, 유지보수 비용과 위험성이 높은 환경에 대한 안전 모니터링 시스템 개발을 연구의 최종 목표로 함.			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술(✓)	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(✓) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(✓) 나노소재(✓) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 30 억원			
기대효과	○ (정책적) 지방 안전망 개선을 통한 균형적인 국민 안전 환경 인프라 확대 ○ (기술적) 사회 안전망 구축 및 개선을 위한 사회시설 빅데이터 확보 스마트 안전망 구축 핵심 요소 기술 확보 ○ (경제적) 사고 사전 방지 및 위험 환경 개선을 통한 인적/물적 사회적 비용 감소			

난제명	인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	사람이 원하는 바를 로봇이 인지하는 스마트 로봇 기술 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능과 로봇의 발전으로 산업 현장이나 일상생활에서 로봇과 협업의 기회가 많으나 어떤 식으로 협업할지에 대한 구체적인 방안 부재 ○ 대부분의 산업 현장에서 로봇과 사람의 협업시 정해진 특정한 업무는 로봇이 하고 나머지는 사람이 하는 식으로 모든 것이 매뉴얼화되어 고정적으로 정해져 있으나, 다양한 상황에서 그 때의 환경이나 인간의 의지에 따라 고정화되어 있지 않는 유연한 협업을 필요함.
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일반적으로 산업 현장에서 로봇과 사람의 협업시 로봇과 사람은 별도의 정해진 특정한 업무를 하도록 고정화되어 있음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구에서 제안하는 기술은 다양한 환경이나 상황에서 그 때 그 때의 사람의 의지와 상황에 따라 인간이 하는 일을 로봇이 스스로 파악하여 인간이 하지 않는 일

	을 알아서 유연하게 로봇이 하도록 하는 기술임과 연계하는 기술은 개발해야 함			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ 다양한 환경에서 유연하게 로봇과 사람이 협업할 수 있도록 로봇이 인간의 의지를 이해하여 인간이 하지 않는 일을 알아서 할 수 있는 스마트 로봇 기술 개발 - IoT 기술을 적용하여 인간의 의지를 다양한 방법으로 센싱하고 모니터링함. - 인공지능의 딥러닝 학습을 통해 로봇이 다양한 상황에 스스로 대처하는 기술 - 자연언어 처리를 내장하여 인간이 직접 말로 내가 하고 싶은 일을 말해 주거나 로봇이 해야 할 일을 말해 줄 수 있음. 또한 로봇이 애매모호한 상황과 마주했을 때 인간에게 음성 합성을 통해 직접 물어 볼 수 있음. (예, 수아 밥 먹이는 일은 내가 할까요?)			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 인간의 의사를 직/간접적으로 인지하여 유연하게 인간과 협업할 수 있는 스마트 로봇 기술 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(√) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(√) 기타 정보기술(√)	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 308 억원			
기대효과	○ (정책적) 사람들이 로봇을 불편해 하지 않고 서로 협업할 수 있는 기반 마련 ○ (기술적) 인공지능, IoT, 로봇 제어 기술 등 다양한 핵심 기술 확보 기대 ○ (경제적) 국내 뿐 아니라 전 세계적으로 임팩트 있는 핵심 기술과 아이디어로 경제적 효과가 상당할 것으로 사료됨			

난제명	인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?
제안 기술 또는 연구명	편의성을 지닌 무선 뇌전도 센서와 자동차 내부 기계학습 AI시스템의 통합 개발 Human connected vehicle system
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 편의성을 지닌 무선 뇌전도 센서와 자동차 내부 기계학습 AI시스템의 통합 개발 ○ 생체 신호 기반 자동 운전으로 응용 및 졸음/긴급상황 자동 인신 기능 탑재 ○ 운전자 감정에 따른 운전 옵션 제공
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 뇌파측정 기기는 구조적으로 단단하고 부피가 크므로 편의성이 낮아 운전하면서 사용하기 어려움. ○ 관측된 뇌파의 경우 해석하기 위한 전문가를 필요로 하며, 이는 AI신호 분석을 위한 융합기술을 요구함.

연계성	○ 현재 와치형식의 생체 신호 측정 기기는 졸음/스트레스/감정을 판단하기 어려우며, 운전자 자동차간의 활용범위로는 한계가 존재함.			
제안 기술 또는 연구의 개요	○ 피부 유사 기계특성을 가지는 부착형 뇌전도 센싱 플랫폼을 개발하여 운전자 상황에서 쉽게 사용가능 하도록 편의성을 높임. ○ 뇌전도 데이터 패턴화 및 신경신호 학습을 위한 HW 인공 신경망 구현하여 수면/감정 진단 능력을 평가함.			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 인공지능 생체센서 기술 기반 운전자 차량 양방향 소통 시스템 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(√) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(√) 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템(√) 나노소재() 나노 바이오 보건(√) 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 4 년, 총 15 억원			
기대효과	○ (정책적) 노인 및 초보 운전자의 사고위험 축소 ○ (기술적) 기존 단순했던 생체신호 측정센서 기능의 다양화/고도화 ○ (기술적) 운전과 관련된 공학적 분야로의 연구 확장 가능 (운전패턴 분석) ○ (경제적) 스마트기기 및 헬스케어 시스템 분야를 융합한 새로운 시장 창출			

난제명	다양한 위험상황에 대한 인간의 접촉을 최소화 할 수 있을까?
제안 기술 또는 연구명	고속/경량 이미지 기반 인공지능 기술 적용을 통한 주요 체계/장비 상태감시/진단 기술 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급격한 인구 감소에 따른 국가주요 인프라 및 산업체 주요 설비들에 대해 위험 상황을 감시/통제/대응하기 위한 전문인력 또한 함께 감소하는 상황임. ○ 인공지능 기술의 급격한 발전과 더불어 장비 상태를 계측하기에 적합한 진동 물리량을 시각적으로 가시화 및 계측 가능한 센싱 기술이 발전하고 있기에 전문인력을 대체하기 위한 기술 개발의 가능성이 높아지고 있는 상황임. ○ 위험상황에 대한 국부 위치의 일부 계측이 아닌 시각적인 영상 정보를 이용한 공간에 대한 설비 감시 기술로의 전환은 비전문가에 의한 의사결정 및 다양한 위험 상황에 대한 인간의 접촉 여부를 선제적으로 판단할 수 있는 기술로서 그 필요성 및 수요가 높을 것으로 판단됨.
기존 기술	기존 기술·연구의 한계

또는 연구와의 차별성 및 연계성	<ul style="list-style-type: none">○ 가속도 센싱 기술 기반 상태감시 및 진단은 전문가에 의해 위치, 방향, 개수 등이 선정되고 이를 통한 상태 감시를 수행해야 하기에 적용 및 감시에 한계를 가짐.○ 고속 카메라의 경우, 공간을 촬영하기에 상대적으로 손쉽게 이해/접근가능 하지만, 센서가 고가이고 고속 촬영을 위한 주변 조건, 많은 양의 영상 데이터를 처리하기 위한 고사양의 H/W가 필요함. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 진동 시에만 대상체를 영상 형태로 촬영하여 진동을 공간 신호 형태로 촬영함과 동시에 높은 프레임 수, 가벼운 데이터 관리가 가능한 센싱 기술 즉, 앞서 두 가지 기술의 단점을 보완하며 영상 데이터 기반의 인공지능 기술을 적용하기에 적합한 기술을 개발하고자 함.				
	<ul style="list-style-type: none">○ 이벤트 이미지 센서를 활용한 영상 기반의 주요 체계 상태 감시 및 진단을 위한 영상 데이터 처리 기술을 개발하여 대상 장비의 진동 신호를 확보 및 가시화하는 기술 개발○ 100Hz 이상의 고속/경량 이미지 진동 신호를 활용한 머신러닝(인공지능)을 통한 주요 체계/장비 상태감시/고장진단 기술 개발○ 후처리 기술개발을 통한 직관적 상태감시를 위한 영상 증폭/후처리 기술 개발				
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 이벤트 이미지 센서를 활용한 100Hz 이상의 고속 영상 기반의 주요 체계/장비 상태 감시 및 진단 기술개발을 통해 인간의 접촉 및 개입 없이 위험 상황을 먼저 인지하고 고장을 예측하는 기술개발을 통해 안전한 기반 시설 유지 가능				
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 이벤트 이미지 센서를 활용한 100Hz 이상의 고속 영상 기반의 주요 체계/장비 상태 감시 및 진단 기술개발을 통해 인간의 접촉 및 개입 없이 위험 상황을 먼저 인지하고 고장을 예측하는 기술개발을 통해 안전한 기반 시설 유지 가능				
	제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술(O)	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
		BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
		NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
기타	()				
총 소요 기간 및 소요 예산	총 4 년, 총 28 억원				
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 국민적 난제와 관련하여 고위험군의 기반 시설에 대해 지속적인 상태감시 및 진단 기술 개발을 통해 향후 지속적인 전문 인력 감소에 선제적인 대응○ (기술적) 기존 영상 기반의 상태 감시 기술의 한계를 극복하고자 이벤트 센서를 활용한 고속 영상 신호처리 및 인공지능 기술 적용/개발을 통한 현행 상태감시 기술의 한계 극복○ (경제적) 기존의 이미지 기반 진동 계측 기술 적용을 위한 고속 카메라 대비 10배 이하의 저가형 센서를 이용한 고속/경량화 이미지 신호처리 기술 적용을 통해 저비용/고성능의 주요 장비 상태 감시 기술을 개발하고, 사고 및 고장 시 천문학적인 비용 소요가 예상되는 주요 체계의 보호를 통해 천문학적인 비용 절감 효과				

난제명	데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	머신러닝을 활용한 일반 사용자 생성 콘텐츠와 광고 콘텐츠 구분 서비스			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 유튜브나 SNS 등에 일반 사용자로 위장하여 광고 콘텐츠를 생산하는 사례가 늘고 있어 일반인들이 위협에 노출될 뿐만 아니라 분쟁이 늘고 있음○ 머신 러닝을 활용하여 비디오나 글 등이 순수한 후기나 일반 사용자들이 생산한 콘텐츠인지 아니면 교묘하게 노출된 광고 콘텐츠인지를 구분하는 서비스 개발 필요			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 가짜 뉴스 등을 판별하는 것과 유사하게 광고인지를 판별하는 기술은 현재로서는 없음. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ GAN(Generative Adversarial Network)을 이용하여 가짜 이미지 등을 생성하는 기술은 이미 존재하나 텍스트나 영상 등 다양한 콘텐츠가 광고 콘텐츠를 구분을 기술이나 서비스는 개발해야 함			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 광고 콘텐츠를 효과적으로 구분할 수 있는 서비스나 앱 개발<ul style="list-style-type: none">- 머신러닝 기술을 적용하여 순수한 개인 생성 콘텐츠인지 광고 콘텐츠인지 구분하는 기술 개발 선행- 콘텐츠의 범위를 텍스트와 비디오를 기본으로 포함- 학습 데이터 수집이 선행되어야 하며 지도학습으로 진행되어야 함- PC 버전의 서비스와 모바일 버전의 앱으로 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 광고 콘텐츠 구분 서비스 및 앱 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(✓) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화콘텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>2</u> 년, 총 <u>52</u> 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 광고 콘텐츠 구분으로 선의의 피해자 구제○ (기술적) 머신러닝 학습 모델 확보로 유사한 서비스(예, 가짜 뉴스 판별)에 적용 기대○ (경제적) 국내 뿐 아니라 전 세계적으로 해외 판로를 개척하면 경제적 효과가 상당할 것으로 기대됨			

난제명	데이터 홍수 속에 정보 투명성을 높일 수 있는 방법은?			
제안 기술 또는 연구명	딥러닝을 활용한 개인 데이터 익명성 확보			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 국내에서는 데이터 활용에 많은 제약사항이 있어 빅데이터 사업이 활성화되고 있지 못함. 특히 의료정보 등 개인정보의 활용에 많은 제약이 있어 관련 사업이 뒤처지고 있음○ 대부분의 경우 개인의 프라이버시 등 보안 이슈 때문에 데이터의 활용에 제약이 있어, 다양한 데이터에 개인 정보를 자동적으로 삭제하는 기술 개발이 필요			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 데이터에서 개인정보를 암호화하거나 일괄적으로 제거하는 방법들은 존재하나 다양한 데이터 포맷과 비정형 데이터에서 자동적으로 개인정보를 포착해 제거하는 기술은 확보되지 않음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 딥러닝 기법을 도입하여 비정형 데이터나 다양한 포맷의 데이터에 존재하는 개인정보 제거 기술 개발이 필요			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 비정형 데이터에 개인정보를 딥러닝 기법을 적용하여 효과적으로 제거할 수 있는 기술 개발<ul style="list-style-type: none">- 비디오나 사진, 또는 음성 데이터 등의 비정형 데이터에서 개인정보 추출하여 제거- 소셜 데이터에서 개인정보를 효과적으로 제거하여 오피니언 마이닝이나 텍스트 마이닝 등에 활용재- 다양한 IoT 센서 데이터에서 프라이버시 이슈가 될 만한 개인 정보 제거			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 비정형 데이터를 포함한 다양한 빅데이터에서 딥러닝을 적용한 개인 정보 제거 기술			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품()	ST	위성기술()
		차세대 네트워크 기반()		발사체기술()
		정보처리 시스템 및 S/W(√)		항공기 기술()
		기타 정보기술()		기타()
	BT	기초·기반기술()	ET	환경기반(√)
보건의료 관련응용()		에너지()		
농업·해양환경 관련 응용()		청정생산()		
		해양환경()		
NT	나노소자 및 시스템()	CT	문화컨텐츠()	
	나노소재()		생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)()	
	나노 바이오 보건()		문화유산()	
	나노기반·공정()			
기타	()			
총 소요기간 및 소요예산	총 3 년, 총 128 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 빅데이터 활용도를 높여 다양한 데이터 산업 활성화○ (기술적) 데이터에서 개인정보 제거를 위한 딥러닝 적용으로 딥러닝 기술의 발전 예상○ (경제적) 데이터 산업 활성화로 경제적 효과가 상당할 것으로 기대됨			

난제명	자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?
제안 기술 또는 연구명	고에너지 밀도 및 급속충전 특성을 갖는 수계 전지 개발

제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">전기를 에너지원으로 사용하는 운송수단은 근본적인 안전성과 급속충전이라는 두가지 키워드를 목표로 관련 연구가 진행되고 있으나, 이를 모두 만족시킬 수 있는 시스템은 아직 구축되지 않은 상황임물을 기반으로 하는 수계 전지는 경제성, 친환경성, 안전성, 빠른 충전 속도 등과 같은 다양한 장점이 있어 미래 운송수단용 동력원에 적합하지만, 물의 좁은 가용 전압 범위로 인해 기존 전지 대비 에너지 밀도가 낮아 이를 보완하여 높은 에너지 밀도를 갖는 수계 전지의 개발이 필요함			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">현재까지 물의 가용 전압 범위를 확장시키기 위해 다양한 방법들이 보고되었으나, 기존 연구들은 이온의 이동도를 희생하여 전압 범위를 확장하였으며 이는 전지의 급속충전에 적합하지 않음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">이온의 이동도 손실 없이 물의 가용 전압 범위를 넓힐 수 있는 차세대 수계 전해질을 개발하고 이를 토대로 높은 에너지 밀도를 가지며 급속충전이 가능한 수계 전지 시스템 구축			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">(고전압 작동이 가능한 수계 전해질) 고농도의 염을 이용하여 물의 전기화학적 안정 범위를 확장시키고, 그에 따른 이온 전도도의 변화가 없는 차세대 수계 전해질 개발(알칼리 금속 기반 전지 시스템 구축) 기존의 리튬 이온 전지를 대체하여 저렴하며 높은 면적당 에너지 밀도를 갖는 알칼리 금속 기반 전지 시스템을 수계 전해질과 조합하여 높은 에너지 밀도 및 출력 특성을 갖는 전지 시스템 구축			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">높은 에너지 밀도 (800 Wh/L) 및 10분 이내 충전이 가능한 수계 전해질 기반 전지 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반(√) 에너지(√) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">(정책적) 현재의 내연기관 운송수단을 친환경적인 전기 운송수단으로 성공적으로 대체함으로써 ‘탄소제로’ 사회로의 전환(기술적) 급속충전이 가능하고 안전성, 친환경성 및 높은 에너지 밀도를 갖는 전기 운송수단용 배터리 원천기술 확보(경제적) 기존의 리튬 이온 전지 대비 더 저렴한 원재료를 사용함으로써 제품의 가격 경쟁력 확보			

난제명	자연환경 훼손을 최소화 할 수 있는 미래 운송수단은?		
제안 기술 또는 연구명	친환경 에너지 급속충전 / 그래핀 기반 이차전지 음극재 개발		
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 리튬이온전지의 음극소재는 리튬 이온을 받아들이는 역할을 하며 흑연(Graphite)이 많이 사용되고 있으며, 탄소로만 이루어진 흑연은 전해질 용액 내 산소와 전기화학적으로 반응함으로써 전극의 수명감소뿐만 아니라 내부 압력 상승에 따른 폭발의 위험성이 있음 ○ 이차전지의 안전성 및 성능향상을 위해 음극소재를 그래핀(Graphene)으로 활용할 경우 전기 전도도가 좋아지며, 흑연보다 면적도 넓힐 수 있어 전지 용량을 증가시킬 수 있음 ○ 충·방전 속도도 또한 향상되고 화학적으로도 안정하기에 음극 대체 소재로 사용하기에 매우 좋은 조건을 가지고 있다. 또한 탄소기반인 물질로 친환경적인 장점이 있음 		
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 세계적으로 리튬 이차전지 시장 점유율은 1위이나 열처리 기술이 뛰어난 일본과 천연 흑연이 풍부한 중국에 밀려 음극 소재의 국산화는 뒤처져 있다. 또한 그래핀 생산량이 많지 않아 제조 가격이 비싸 상용화가 어려웠음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 그래핀의 대량생산은 소재가 부족해 어려워 소량의 그래핀으로 효율을 극대화시킬 수 있는 방법을 찾기 위해 시민과 대학(부)생들이 직접 참여할 수 있는 개방형 연구실(Open Lab)을 대학기관에 설치하여 시민 참여형 연구를 진행. 		
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 그래핀을 이용한 이차전지 연구에서 ‘그래핀 볼(Graphene Ball)’, ‘액상 그래핀’ 등 그래핀을 이용한 이차전지 기술들이 발전해 나가고 있다. 이에 그래핀 이차전지의 장점을 살리며 유연성과 작은 크기에서도 큰 용량을 가지며 안정성이 보장된 제품을 개발하고자 한다. ○ 이차전지 급속충전 외 배터리 팩의 에너지 밀도 및 용량 증대 기술 또한 확보하여 에너지저장시스템 성능 개선을 목표로 한다. ○ 급속충전 개념을 바꿀 수 있는(향상 충전시간 1/3 단축) 친환경 에너지 급속충전 그래핀 기반 이차전지를 개발하고자 한다. 		
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 그래핀 이차전지의 안전한 제품을 개발하여 리튬이온배터리 등 폭발로 인한 환경오염의 위험성에서 벗어나 다양한 환경에서도 안전성을 유지해 환경을 지키고자 한다. ○ 급속충전 이차전지 개발로 인해 친환경 전기자동차 시장경쟁력을 구축하고 저비용·고효율 충전 인프라를 확대한다. ○ 소재·부품·장비산업 분야의 기술자립화를 위해 수요공급 연계형 기술을 개발하고 제품화 실증형 사업을 통해 품목별로 지역기반 수요기업에 따라 맞춤형 기술을 지원한다. 		
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST 위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET 환경기반() 에너지(■) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT 문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()	
총 소요기간	총 5 년, 총 125 억원		

및 소요예산	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 시민 참여 난제 도출 형식의 연구를 통해 4차 산업혁명 시대에 어울리는 문제해결 능력을 시민들에게 공급함으로써 지역사회 발전에 기여 ○ (기술적) 그래핀 이차전지로 전기차의 상용화를 앞당길 수 있으며, 중대형이차전지의 상용화기술을 통해 수요시장 확대에 효과적으로 대응하고 충전시간 단축을 통해 차세대 친환경 전기차의 보급 확대를 추진, 이차전지용 소재·부품·장비산업분야 전반에 대한 경쟁력을 강화 ○ (경제적) 지역적 특성상 그래핀을 만들 수 있는 자원이 부족해 다양한 그래핀 이차전지 기술개발로 그래핀 자원 수입이나 기술 수출로 국가적 이득 획득, 급속충전을 통한 이차전지 산업 성장을 통해 공격적 투자 및 국가차원의 지원을 지속하고 글로벌 시장 규모를 확보

난제명	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?			
제안 기술 또는 연구명	바이오매스를 이용한 negative CO ₂ -emission 수소생산 시스템 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 2040년까지 에너지소비량은 현재보다 30% 정도 증가할 것으로 예상되지만, 탈원전 및 친환경 정책에 따라 에너지 증가분을 해결할 수 있는 새로운 청정 에너지원 개발의 필요성이 요구됨○ CO₂ 등 환경유해물질이 발생하지 않는 수소에너지가 그 대안일 수 있으며, 수소에너지를 경제적 규모로 생산할 수 있는 새로운 에너지원 및 에너지전환기술 개발이 시급함○ 해조류 등의 바이오매스가 CO₂-free 친환경 에너지 리소스인 만큼, 이를 활용한 경제적인 수소생산 기술 개발이 필요함			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 국내에서는 바이오매스 중 해조류 바이오매스를 이용한 생물학적 수소생산기술 및 해조류 바이오매스로부터 바이오디젤 개발에 대한 연구들이 심도있게 진행되어 왔으나, 전자는 낮은 수소생산능력 때문에, 후자는 디젤내연기관의 퇴출 등으로 인해 한계가 있음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">○ 본 기술은 해조류 바이오매스로부터 고순도 수소(부산가스 1% 이하)를 온실가스 발생없이 생산할 수 있는 혁신적인 수소생산기술로서 생산된 수소를 바로 연료전지 자동차에 사용할 수 있는 정도의 수소생산속도 및 경제성을 갖추므로써 기존 수소생산기술보다 환경적, 경제적인 측면에서 월등히 우수한 기술임			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ CO₂ 흡수율이 높은 친환경 바이오매스 탐색/개발○ 연료전지 자동차에 바로 사용 가능한 수준의 친환경 고순도 수소생산 공정기술 개발○ 친환경 바이오 매스 탐색○ 고순도 수소생산 가능 반응기구 개발○ 수소생산 반응공정 개발○ 반응 촉매 개발 및 친환경가스처리기술 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 바이오매스 1g 당 1L/h 이상의 수소를 생산하고, 부산가스 생성을 1% 이내로 낮출 수 있는 수소발생 반응기구 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양·환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(O) 청정생산()

				해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>5</u> 년, 총 <u>50</u> 억원			
기대효과	○ (정책적) 친환경 원료인 재생원료를 사용함으로써 친환경 에너지 생산기술 개발을 가능케 함 ○ (기술적) 연료전지에 직접 사용할 만큼 고순도의 수소를 생산할 수 있는 기술임 ○ (경제적) 본 기술은 on-site 수소생산이 가능한 기술로서, 수소 station에서 직접 수소생산을 가능케 함으로써 수소운송 비용절감, 안전성 확보 등을 통해 연료전지 자동차 및 미래 수소경제를 가능케 할 것으로 기대			

난제명	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?			
제안 기술 또는 연구명	열화학적 물분해 수소 제조 기술 (Thermochemical Water Splitting for Hydrogen Production)			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저탄소를 넘어 탄소제로화 에너지 구축을 위해 국제적으로 수소에너지를 장기적 대안으로 고려하고 있음. 물을 분해하여 수소를 생산하는 기술은 완전한 탄소제로화 에너지를 위한 필수 기술임. 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 수소제조 기술은 석유화학/천연가스 등의 탄화수소를 또 다시 활용하는 한계가 있고, 전기화학적 물분해 수소 제조 기술은 에너지 효율이 매우 낮음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양열을 활용한 열화학적 물분해 수소 제조 기술은 효율을 극복하면서 탄소제로화 에너지를 구현하는 가장 미래지향적인 기술임. 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 열화학적 물분해 사이클에 적용가능한 촉매 연구 및 반응기 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 열화학 순환을 위한 반응물의 효율과 내구성이 개선되는 촉매 개발 - 고온 및 열 순환에 효율적인 반응기 개발 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적) 반응 사이클 연구 및 촉매 소재 개선 연구 (효율 및 온도 개선) ○ (정성적) 태양열 집광 미러 시스템 및 반응기 개선 연구 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(✓) 청정생산(✓)

				해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(✓) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	(공정 기술)		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>10</u> 년, 총 <u>200</u> 억원			
기대효과	○ (정책적) 수소경제로의 에너지 패러다임 전환을 실현하는 기술 ○ (기술적) 수소제조의 난제로 알려진 본 기술의 원천기술 확보 기대 ○ (경제적) 원천기술 확보를 통한 장기적 수소에너지 기반 신산업 창출			

난제명	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?			
제안 기술 또는 연구명	베타전지: 충전이 필요 없는 고효율의 차세대 전지 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반영구적으로 에너지를 생산해내는 베타전지는 에너지 소비 난제를 해결하기 위한 하나의 방법으로, 기술 선점을 위한 국내 기술개발 역량의 기반구축이 필요 ○ 베타전지는 장기간 동안 외부 에너지원 공급 없이 전력 생산이 가능하며 미소전력이 필요한 반도체 및 소형장치, 의료기기 등 특수 분야뿐만 아니라 전기차 및 기존 배터리 적용 가능 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재까지의 베타전지에 대한 연구는 고가의 제작비용과 낮은 효율 등의 문제로 기술의 고도화 필요 제안 기술의 차별성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 베타전지 기술과 연계하여 신소재/구조 연구를 통한 성능 향상 및 스택 기술 개발 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ (베타전지 기술) 소형 디바이스에 적용 가능한 베타전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저가의 고효율 베타전지 기술: 소형 디바이스의 구동에 필요한 전류 및 전압 수준의 베타전지 또는 베타전지 스택 개발 - 색소 감응 베타전지 기술: 베타전지 장기 구동 안정성 및 제작 공정 기술의 혁신 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소형 디바이스의 전원을 공급하여 추가 전력 및 배터리 교체 없이 구동 가능한 베타전지 기술 개발 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(√) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템()	CT	문화컨텐츠()

	나노소재(√) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타 ()	
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 20 억원	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 소비 정책에 대한 새로운 비전 제시 및 차세대 배터리 산업 분야에서의 경쟁우위 확보 배터리산업에 대한 기술 선점을 통해 국내 기술개발 역량의 기반을 구축 소형장치나 의료장비 등에 적용하여 배터리 보수비용 및 장치의 소모를 절감 수요에 따른 배터리 시장의 점진적 성장으로, 배터리 시장에서의 우위 선점	

난제명	에너지 소비에 대한 고민 없이 살 수 있을까?
제안 기술 또는 연구명	가시광 투과율 가변형 스마트 윈도우 태양전지(? (저 탄소/ 저 에너지 사용 주택건설))
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> 창문에 적용할 수 있는 반투명 태양전지는 2020년부터 시행되는 제로에너지 빌딩 의무화로 인해 미래 유망 산업 분야가 될 수 있음 하지만 투과도와 태양전지 효율은 반비례하며 이론적으로 가시광 투과율 70%에서 9.9% 이상의 효율을 낼 수 없음 이와는 별도로 가시광 투과율을 변화(가변폭 80% ~ 5%)시킬 수 있는 전기변색 스마트 윈도우는 미국과 유럽을 중심으로 상용화되어 쓰이고 있음 본 수요조사서에서 제안하는 기술은 평상시 투과율 70% 정도로 투명했다가 햇빛이 강하면 투과율을 20% ~ 30%로 낮추고 태양전지(5% 이상효율)로 작동할 수 있는 스마트 윈도우 태양전지임 이러한 기술은 건물에너지를 효율적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 추가적으로 전력을 생산할 수 있어 미래 제로에너지 빌딩에 적용될 수 있는 유망한 기술임
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none"> 현재까지 스마트 윈도우와 태양전지를 융합하는 기술개발은 거의 시도되지 않았고, 시도 되었어도 태양전지와 스마트 윈도우를 하나의 융합소자로 제작한 것이 아니라 단순 병렬 연결 형태로 개발하였음 제안 기술의 차별성 <ul style="list-style-type: none"> 태양빛을 흡수하여 전력을 생산할 수 있는 공액고분자의 산화환원 반응을 이용하여 전기변색과 태양전지를 하나의 소자 안에 융합하는 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> 태양빛이 약한 날에는 투명한 상태를 유지하여 실내 거실자의 조망권 확보와 조명에너지 절감을 유발하고, 태양빛이 강하면 짙은 색으로 변한 후 태양전지로 작동하여 전력을 생산함과 동시에 과도한 눈부심을 방지할 수 있는 시스템을 개발 이러한 시스템은 건물의 에너지효율을 향상시킬 뿐만 아니라 추가적으로 전력을 생산할 수 있어 매우 도전적이고, 창의적인 과제임
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> 본 주제에서 제안하는 과제는 햇빛이 없을 때는 60 ~ 70 %의 가시광 투과율을 가지다가 햇빛이 강해지면 투과율을 20 ~ 30%로 낮춰 광 흡수율을 향상시키고, 이후 태양전지(효율 5% 이상)로 작동하는 ‘가시광 투과율 가변형 스마트 윈도우 태양전지’임
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> 건물의 에너지 효율을 향상시킬 뿐 만 아니라 추가적으로 전력을 생산할 수 있는 가시광 투과율 가변형 스마트 윈도우 태양전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> 가시광 투과율 변화폭 $\Delta T \geq 40 \%$ (400 ~ 800 nm) 적외선 차단율 95% 이상 (800 ~ 1700 nm)

	- 태양광 효율 5% 이상 (@0.75sun, 가시광 투과율 ~ 30%) - 착색 시간 10분 이내, 탈색시간 1시간 이내			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(○) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(○) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 10 억원			
기대효과	(정책적) ○ 본 제안 기술은 창문형 태양전지 기술로 창문에 적용하여 전력을 생산할 수 있어 정부의 재생에너지 3020 정책과 잘 부합되는 기술개발임 ○ 본 제안기술은 스마트윈도우 적용기술로 건물에너지 효율을 향상시킬 수 있어 2020년 시작된 제로에너지 빌딩의무화 정책과 잘 부합되는 기술개발임 ○ 본 제안 기술은 미래 스마트 빌딩 구축에 적용될 수 있는 유망기술임			
	(기술적) ○ 세계 최초 실용가능한 수준의 스마트 윈도우 태양전지 기술개발에 따른 국가 기술 경쟁력 향상 및 관련 기술 파급효과 ○ 전기변색과 태양전지의 융합에 의한 새로운 융합형 디바이스 창출에 따른 융합기술 개발 활성화 ○ 독창적인 광 센서역할과 전력생산 및 전달 역할을 동시에 수행하는 광감응층 적용 전기변색 기술 개발에 의한 원천기술 확보 및 원천지식재산권 확보 효과 ○ 스마트 윈도우 내의 전자 이동 및 결합 메카니즘 규명에 의한 국내 전기화학적 기술 향상			
	(경제적) ○ 창문에 적용 가능한 스마트 전자기기 새로운 아이템 개발에 따른 신산업 창조 효과 ○ 스마트 윈도우를 통해 햇빛의 강도를 조절하여, 조명에 사용되는 에너지를 획기적으로 감소시킬 수 있으며, 건물 내 투과되는 광 및 열을 조절하여 냉방비를 절약할 수 있을 것으로 예상됨			
	○ 본 과제에서 제안하는 스마트윈도우 태양전지는 첨단기술인 스마트 윈도우와 창문형 태양전지를 하나의 소자안에 융합한 기술로 독보적인 원천기술에 해당하며, 생산단가가 낮고, 안정성이 높은 소자의 개발이 가능한 기술로 사업화에 성공하면 신시장을 창출할 수 있을 것으로 판단되며, 최근 빌딩의 건축 추세나 가정주택에서 스마트 윈도우 요구 추세를 감안하면 시장 파급력은 매우 클 것으로 예상됨			

난제명	신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?
제안 기술 또는 연구명	다중초점 렌즈의 레이저 직접묘화 기술 개발
제안 기술	○ 시각은 인간의 주변 인식/파악에 있어 가장 중요한 감각임. 하지만 시력은 성장 및

또는 연구의 필요성	<p>노화에 따라 변화/저하되어, 일상생활에 큰 불편을 초래할 수 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 청소년기에는 눈의 길이가 급속히 성장하면서 망막에 초점이 맞지 않게 되는 근시가 50%로 가장 많음. 성장에 의한 도수 급변화로, 시력 교정술의 적용이 어려움. ○ 성년기에는 시력교정술을 실행할 수 있으나 시력의 변화, 빛번짐 및 안구건조 발생. ○ 장년기에는 노화에 의한 시력의 저하는 크게 수정체의 조정력 상실로 인한 ‘노안’, 그리고 수정체의 혼탁 질환인 ‘백내장’으로 나뉨. ○ 상기의 생애 전주기의 다양한 시력 변화 원인에 능동적으로 대응할 수 있도록, 콘택트렌즈 혹은 안경에 다중초점, 분산보상 등의 추가 광학적 기능을 능동적으로 부여하고, 쉽게 각막에 부착할 수 있는 트랜스퍼 기술의 개발이 필요. 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 청소년기에는 시력의 급격한 변화로 안경의 사용이 추천되나, 변화하는 시력의 특성에 종래 기술로는 능동적인 대응이 어려우며, 이는 시력의 저하로 이어짐. ○ 성년기에는 라식, 사색을 포함한 시력 교정술을 실시할 수 있으나, 이는 침습적 수술요법으로 안구 회복과정에서의 변화를 예상하기 어렵고, 이후 변화에 대응이 어려움. ○ 장년기에는, 노안은 이중/다중 초점 안경을 사용하여 대응하고, 노안 백내장 수술 시 인공수정체 내에 다초점 및 회절광학 소자를 함께 삽입하여 사용하고 있음. 노안 백내장 수술은 만족도가 상당히 높으나, 시술비용 역시 매우 높으며, 침습적 기법으로 지속적인 시력 변화에 대응이 어려움. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 굴절/회절 렌즈에 레이저를 기반으로 한 직접묘화 기법을 적용하여, 렌즈의 내부 굴절률을 변화시켜 줌으로써, 생애 전주기의 다양한 시력 변화 원인에 능동적으로 대응할 수 있는, 전주기 개인 맞춤형 광학적 기능 부여/조절이 가능함. 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광자-광학재료 상호작용을 통해, 렌즈의 굴절률을 임의로 변화시킴으로써, 콘택트렌즈, 안경 및 안구 상에, 다중초점과 같은 광학기능을 부여할 수 있는 레이저 직접묘화 기술 및 효과적 트랜스퍼 기술의 개발 - 시력 교정용 광학재료 굴절률의 변화를 주는 레이저 직접묘화 시스템 개발 - 패터닝 유연/신축 광학재료의 안정적인 인체부착/동작을 위한 트랜스퍼 기술 개발 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 임상적용 가능한 안전하고 효과적인 레이저 직접묘화 렌즈군 패터닝 시스템 개발 및 이의 안정적 트랜스퍼 기술 개발 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용(✓) 농업·해양·환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화콘텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 <u>5</u> 년, 총 <u>30</u> 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 사회적 의료비용의 감소 기대 국민의 건강한 삶 영위 기회 제공 ○ (기술적) 개인 맞춤형 의료용 레이저 직접묘화 원천기술 확보 및 양산 장비화 기대 ○ (경제적) 안과 레이저 시장을 시작으로, 전반적 의료용 레이저 시장 및 타 기술 플랫폼 시장에 대비한 성장 기대 			

난제명	신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?			
제안 기술 또는 연구명	Hetero-chronic parabiosis(병체결합) 연구를 통한 항노화/역노화(회춘) 인자 발굴 및 효과 기전 규명 연구, 항노화/역노화 유도 신약 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 전 인류가 공통적으로 가지는 관심 분야로는 장수(항노화)와 회춘(역노화)을 들 수 있음○ 노화를 질병으로 규정하고 극복하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 2018년 6월 WHO 에서는 ‘국제 질병 분류 ICD 11’을 발표하면서 노화(Old age)를 질병으로 분류하기 시작하였음 (ICD 11 code XT9T : aging related)○ 따라서 노화 예방과 역노화에 관한 효율적이고 실질적인 연구가 요구되는 시점이 도래 하였음.			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none">○ 기존의 대부분 노화 연구는 사람과 노화 과정이 다른 효모, 선충, 초파리 등을 이용한 연구이었기에 결과물에 대한 응용 가능성이 적었음 제안 기술의 차별성 <ul style="list-style-type: none">○ 척추동물 모델을 이용한 경우에도 어리거나 이미 노화가 진행된 개체에서 단면적 연구로 진행되어서 항노화 / 역노화 인자 발굴 및 효과 기전 규명을 효율적으로 할 수 없는 한계가 있었음			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 유전자 조작 마우스와 정상 마우스를 결합하는 Hetero-chronic parabiosis (병체결합) 모델을 통한 노화, 항노화 및 역노화(회춘) 인자 발굴○ 발굴된 노화, 항노화 및 역노화(회춘) 인자의 in vivo 효과 검증○ 인자들의 노화, 항노화 및 역노화(회춘) 효과에 대한 분자세포생물학적 기전 규명○ 항노화 및 역노화(회춘) 유도 신약 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ Hetero-chronic parabiosis (서로 다른 나이를 결합하는 병체결합) 모델 구축○ 노화, 항노화 및 역노화(회춘) 인자 발굴○ 인자들의 노화, 항노화 및 역노화(회춘) 효과 규명 (in vivo)○ 인자들의 노화, 항노화 및 역노화(회춘) 효과에 대한 분자세포생물학적 기전 규명 (in vitro)○ 항노화 및 역노화(회춘) 유도 신약 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술(o) 보건의료 관련응용(o) 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 노화 연관 질환의 치료 및 예방 차원의 약물 개발 가능성을 확인함으로써 건강보건 분야의 새로운 패러다임을 제시○ (기술적) 유전자 조작 마우스를 이용한 단백질 표지 기술은 최신 기술이며(Nature biotechnology, 2017), 본 연구에서 개발하고자 하는 표적 검출 기술은 노화, 역노화 인자 연구뿐만 아니라 다른 단백질 대상 연구에도 적용 가능한 범용성을 가지며, 전 세계적으로 초창기에 있는 기술인만큼 선도적 연구를 통해 미래의 원천기술			

	<p>을 확보하고, 그 응용 연구를 지속할 수 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (경제적) 모든 인간이 피할 수 없는 노화를 WHO에서 질병으로 분류한 만큼 세계적으로 산업 및 경제 분야에 미치는 영향이 매우 큼. 따라서 본 연구 수행을 통해 세계시장 선점 및 관련한 특허권의 확보, 첨단연구를 통한 논문 출간 및 발표를 통해 국가의 경제-산업적 경쟁력 확보는 물론 과학적 국제 경쟁력 제고에 많은 역할을 하리라 기대함
--	---

난제명	신체나이에 상관없이 일할 수 있을까?			
제안 기술 또는 연구명	자가 충전형 헬스 모니터링 웨어러블 근육 강화 슈트			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전세계 65살 이상 노인 인구가 2019년에 7억명이고, 이 수치는 해마다 상승하여 2050년에는 15억명에 이를 것으로 예측되고 있음. 또한, 사람은 60대 이후에 연간 170 g의 근육량을 손실하기 때문에 신체 나이가 높아질수록 업무가 제한됨. ○ 노년층의 원활한 신체 활동을 위해 약화된 신체 근육을 강화하고, 자가 충전이 가능한 헬스 모니터링을 포함하며 이를 무선 송신 기술과의 결합을 통해 실시간 건강 상태를 진단할 수 있는 복합 IoT 웨어러블 슈트가 요구됨. 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 신체 노화로 인한 근육 부족을 보완하기 위해 근육 강화 외골격 파워 슈트가 사용되고 있으나, 장비 자체의 무게와 강성으로 인해 착용자의 활동성에 제약이 있기 때문에 웨어러블 소프트웨어 액추에이터로 구성하여 높은 유연성 제공 필요 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 별도의 전원 공급 없이 신체의 활동을 감지하는 마찰 발전 자가 충전형 센서 탑재로 혈압, 인체 모션 등으로 헬스 모니터링 기능 실현. ○ 또한, 웨어러블 슈트와 무선 송신 기술을 결합하여 사용자의 건강 상태를 원격으로 전송할 수 있는 시스템을 통해 실시간 진단할 수 있도록 구성. 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반응 속도가 매우 빠른 근육 강화용 인공 근육 개발 기술 (소프트 액추에이터) ○ 초경량·고성능·고안정성 유연 에너지 저장 소자 개발 기술 ○ 인체의 자연스러운 활동 또는 아주 작은 트리거로 인한 상대 운동을 기반으로 마찰 발전으로 얻어지는 신호를 분석하는 헬스 모니터링 기술 ○ 실시간으로 얻어지는 생체 신호를 빅 데이터화 하여 분석하고 진단할 수 있는 기반 기술 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 몸이 불편한 사용자의 자유로운 신체 활동을 위한 근육 강화 웨어러블 슈트 개발 ○ 구부정하거나 잘못된 자세를 인식하여 사용자의 자세를 보완해주고, 자가 충전형 헬스 모니터링과 무선 송신 시스템의 결합을 통해 원격 진단 헬스 케어 웨어러블 슈트 개발 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(✓) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(✓) 나노 바이오 보건()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()

	나노기반·공정()		
	기타 ()		
총 소요기간 및 소요예산	총 6 년, 총 120 억원		
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) <ul style="list-style-type: none"> - 근력 강화 웨어러블 슈트를 통해 노령층 노동권 보장으로 인해 은퇴 후 부양 가족의 부담 완화와 웨어러블 슈트의 원격 진단 및 헬스 모니터링 기능을 통한 국민 삶의 질 향상 ○ (기술적) <ul style="list-style-type: none"> - 착용감이 우수한 웨어러블 소프트 액추에이터와 고성능 에너지 저장 소재의 유연성 응용으로 차세대 모바일 기기나 웨어러블 디바이스의 적용 가능성 확장 ○ (경제적) <ul style="list-style-type: none"> - 저예산으로 개발 가능한 마찰 에너지 발전 소자를 적극 활용하여 자가 충전형 헬스 모니터링 시스템 구축 및 빅 데이터 활용 원격 진단으로 병원 경제성 확보 		


난제명	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?		
제안 기술 또는 연구명	공해 없는 폐플라스틱 처리를 위한 유해물질 전해기술 개발		
제안 기술 또는 연구의 필요성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 플라스틱 폐기물은 미세 플라스틱, 해양오염, 환경 호르몬, 높은 처리 비용 등 다양한 문제를 야기하는 매우 심각한 문제임. 천문학적인 양으로 사용되는 플라스틱 중 14%만이 재활용, 62%는 매립, 24%는 소각되고 있으며, 플라스틱은 다양한 타입과 디자인으로 재활용이 어려우며, 매립시 침출수, 매립가스 등 2차적 문제를 유발함. ○ 소각은 연소 과정을 통해 에너지를 발생시키고 폐기물의 부피를 45% 감소시킬 수 있으나, 이산화탄소 발생과 인체 건강에 치명적인 다이옥신 등의 환경호르몬을 만들어냄. 유해물질문제를 해결할 수 있다면 플라스틱 처리의 가장 현실적 방안임. ○ 소각 시 발생하는 폐열 활용 및 신재생 에너지와 연계를 통한 전기화학적 단일 전해시스템에서 이산화탄소 전환을 통한 플라스틱 단량체 생산과 다이옥신의 해독 기술의 개발을 통해 효율적 폐플라스틱 처리와 탄소 중립 사이클의 구축 필요 		
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 인프라가 구축된 플라스틱의 재활용을 우선으로 두고, 나머지 폐플라스틱을 소각처리하여 열에너지로 재활용하며, 이 과정에서 가장 문제점으로 보고되는 이산화탄소의 순환 및 다이옥신의 해독 동시처리 기술 개발에 주목 ○ 온실가스인 이산화탄소는 신재생에너지와 결합된 전해 시스템을 활용하여 플라스틱의 원료로 활용될 수 있는 에틸렌 등의 단량체를 선택적으로 합성하는 기술 개발. ○ 다이옥신은 주로 흡착 후 매립되어 왔으나, 친환경적인 전해기술 활용 다이옥신의 해독기술 개발. 		
제안 기술 또는 연구의 개요	○ (전기화학적 이산화탄소-다이옥신 동시전환 기술) 전기화학적 이산화탄소 환원을 통한 플라스틱 단량체 등의 화학 원료 생산 기술개발, 다이옥신의 해독화 및 유용물질 동시전환 기술개발		
제안 기술/연구 최종 목표	○ 플라스틱 소각 시 발생 유해물질 전기화학적 전환 기술 개발		
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST 위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()

	BT	기초·기본기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반(√) 에너지(√) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원		
기대효과	○ (정책적) 소각 중점 폐플라스틱 처리로 인한 관리·운영체계의 간략화 ○ (기술적) 탄소중립 사이클을 통한 유해물질 고부가화 기술 획득 ○ (경제적) 유해물질 방출시 발생하는 환경비용 및 폐플라스틱 처리 간략화로 인한 비용 절감			

난제명	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?			
제안 기술 또는 연구명	친환경 생분해 재료개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 다양한 종류의 생분해성 고분자가 개발되었으나 최종 제품의 물성과 가격 경쟁력이 기존의 재료를 대체할 수 있는 수준에 이르고 있지 못함. ○ 종래 재료를 대체하여 사용할 수 있는 수준에 이르기 위해서는 고분자를 고효율로 제조할 수 있고, 다른 공단량체와의 공중합을 통해 물성, 성형성 등을 조절할 수 있는 기술의 개발이 절실한 상태임. 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 지속 가능 기반 고리형 단량체의 경우 잘 알려진 주석 촉매(환경에 매우 유해)를 사용하여 단일 중합할 수 있으나, 구조와 성질이 상이한 다른 공단량체와의 공중합이 쉽지 않아 물성 조절이 어려운 실정임. ○ 다양한 단량체의 공중합을 자유롭게 할 수 있기 위해서는 기존의 촉매를 사용해서는 해결할 수 없음. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일반적인 친환경 조건에서 손쉽게 중합/공중합할 수 있는 친환경 촉매 기술의 개발이 필수적임. 물성/가격 경쟁력을 갖추고 일상생활에서 사용할 수 있는 생분해성 고분자의 출현을 위해 필수 요소 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ (바이오 기원 고리형 단량체를 이용한 생분해성 고분자 제조기술) 기존 촉매의 효율과 비교할 수 없을 정도로 높은 친환경 촉매 기술개발 ○ (다양한 단량체의 개환 공중합 기술) 기존의 재료와 상응 혹은 우수한 물성을 보이며 생분해성을 갖게 하려는 물성/생분해성 조절을 위한 공중합 기술: 시장에서 가격/물성 경쟁력을 갖추므로써 그 파급 효과를 극대화함 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 재료 대비 물성/가격 경쟁력을 탑재한 생분해성 고분자 제조를 위한 핵심 촉매기술 개발 			
제안 기술 또는 연구의	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반()	ST	위성기술() 발사체기술()

분류		정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술(√)		항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반(√) 에너지() 청정생산(√) 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정(√)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총소요기간 및 소요예산	총 3 년, 총 15 억원			
기대효과	○ (정책적) 미세플라스틱, 플라스틱 쓰레기 발생에 대한 정책 수립 계임 체인저 ○ (기술적) 가격/기술 경쟁력을 갖춘 생분해성 고분자 제조 글로벌 기술 경쟁력 향상 ○ (경제적) 일상생활에 실질적으로 널리 사용할 수 있는 생분해성 고분자 탄생			

난제명	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?
제안 기술 또는 연구명	음파 파동간섭제어로 눈에 보이지 않는 초미세플라스틱 제거기술 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사람이 섭취하고 있는 수돗물, 생수, 지하수 등 음용수내 1μm이하의 크기의 초미세 플라스틱은 사람의 눈에 보이지 않고 상용화된 마이크로 필터 등으로 제거하기 어려우므로 국민수용성이 가능한 친환경 기술개발이 필요함 - 눈에 보이지 않는 초미세플라스틱은 국민의 섭취할지도 모른다는 정서적 두려움을 일으키고 실제 섭취시 인체에 유해하므로 반드시 해결해야할 국가적 난제임 ○ 또한, 산업폐수, 하수도 등을 정수하는 기존의 시설들은 오염물질을 제거하기 위해서 화학적 약품을 사용하거나, 물리적 여과기술을 사용하고 있으나 초미세플라스틱을 제거하기 위한 효과적 방법이 현재까지 없으며, 새로운 신기술개발요구사항에 적합한 친환경기술개발이 필요한 시점임
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 물매질내 오염물질을 제거하는 기술은 물리적 여과, 화학적 응집, 생분해 등이었으나 초미세플라스틱을 제거하기 위한 물리적 여과는 나노급 필터를 사용해야 하는 비용적 단점, 화학적 응집은 오염물질별 약품종류가 다르며 약품독성의 가능성 단점, 생분해는 장기간 소요 단점이 보고되고 있음 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 제안기술은 물매질에 파장 길이가 긴 가청주파수대역의 음파를 구동시키고 중첩되는 부분에서 초미세플라스틱의 진동 및 응집을 시키는 기술임 - 사용 환경에 따라 다양한 음파대역을 통신기반으로 선택적 활용하며, 큰 크기로 응집된 초미세플라스틱은 기존 포집장치와 연계하여 제거함

<p>제안 기술 또는 연구의 개요</p>	<div style="text-align: center;">  <p>(a) (b) (c) (d)</p> <p>그림 57 음파구동시간에 따른 초미세플라스틱 입자의 진동 및 응집</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 초미세플라스틱이 함유된 물매질에 음파 파동을 구동시킬 경우 초미세플라스틱 입자들의 소밀(消密)농도지역이 발생하고 미세입자의 크기에 따라 진동속도가 달라지므로 큰 입자와 작은 입자의 충돌이 발생함(그림1) • 그림1(a)는 초미세플라스틱이 물매질내 균일분포를 나타내며, 그림1(d)는 음파 파동간섭에 의해 초미세플라스틱이 응집된 상태를 나타냄 ○ 오염수공간·형태, 장입형 액추에이터, 최적의 음파 및 음압 구동기술 등을 개발하고 사업화를 위한 실증시스템기술 개발 </div>			
<p>제안 기술/연구 최종 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 음파 파동간섭제어로 눈에 보이지 않는 1μm이하급 초미세플라스틱 제거기술 개발 			
<p>제안 기술 또는 연구의 분류</p>	<p>IT</p>	<p>핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()</p>	<p>ST</p>	<p>위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()</p>
	<p>BT</p>	<p>기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()</p>	<p>ET</p>	<p>환경기반(<input checked="" type="checkbox"/>) 에너지() 청정생산(<input checked="" type="checkbox"/>) 해양환경()</p>
	<p>NT</p>	<p>나노소자 및 시스템(<input checked="" type="checkbox"/>) 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()</p>	<p>CT</p>	<p>문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()</p>
<p>기타</p>	<p>()</p>			
<p>총 소요기간 및 소요예산</p>	<p style="text-align: center;">총 <u> 5 </u> 년, 총 <u> 300 </u> 억원</p>			
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 대국민 난제를 정부주도 R&D로 해결함으로써 국민의 수용성을 만족시키고 국민의 안정된 삶을 기대할 수 있는 정책적 기대효과 증가 ○ (기술적) 인체 위해성 해결과 국민 심리적 안도감 확산을 위한 음용수, 산업폐수내 초미세플라스틱 제거를 과학적 기술로 해결 ○ (경제적) 사회재난해결을 도전기술 개발로 신산업생태계 창출 및 새로운 일자리 확대 등 산업적 파급효과 증가 			

<p>난제명</p>	<p>쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?</p>
<p>제안 기술</p>	<p>유해한 물질을 사용하지 않는 친환경 전자 패키징 소재 및 제조 기술</p>

또는 연구명					
제안 기술 또는 연구의 필요성		○ 스마트 폰 등 우리 일상에서 사용하는 전자 제품들의 제조는 전자 패키징으로 완성된다. 전자 패키징에는 솔더 페이스트라는 도전성 접착 물질이 사용되는데, 구성 성분이 인체와 환경에 유해하여 제조 과정에서 많은 환경 오염과 인명 사고가 일어나고 있다. ○ 따라서, 유해한 물질을 사용하지 않는 솔더 페이스트 소재와 이를 적용한 친환경 전자 패키징 제조 기술개발이 필요하다.			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성		기존 기술·연구의 한계 ○ 기존 기술들은 솔더 페이스트 소재의 성분을 친환경 성분으로 교체하여 왔으나, 성분들이 상용화 조건을 맞추지 못하여 연구 단계에서만 그친 경우가 많음 제안 기술의 차별성 ○ 본 기술은 솔더 페이스트 범프 형성 후 유해 성분이 아닌 친환경 물(水)로 세척하도록 하고, 사용한 물과 물 속에 들어있는 세척물은 여과를 통해 다시 사용할 수 있도록 하여 실제 라인에 적용 가능한 기술을 개발하는 것			
제안 기술 또는 연구의 개요		○ 본 제안 기술은 전자 패키징 제조 과정에서 솔더 페이스트로 범프 형성 후 물(水)로 세척하여 유해 물질을 투입하지 않고, 사용한 물과 세척된 페이스트 잔여물은 여과를 통해 다시 사용이 가능한 솔더 페이스트 소재 및 이를 적용한 친환경 전자 패키징 제조 공정 기술 개발			
제안 기술/연구 최종 목표		○ 물(水)세척이 가능한 솔더 페이스트 소재 및 이를 이용한 친환경 전자 패키징 제조 기술 개발 (솔더 페이스트 세척 잔여물의 재활용 포함)			
제안 기술 또는 연구의 분류		IT	핵심부품(√) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
		BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지() 청정생산(√) 해양환경()
		NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(√) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
		기타 ()			
총 소요기간 및 소요예산		총 4 년, 총 28 억원			
기대효과		○ (정책적) 폐수 방류를 제한하는 환경 규제 정책에 부합할 것으로 기대됨. ○ (기술적) 물로 세척하는 솔더 페이스트의 미세화를 통해 정밀한 전자 회로의 적용 확대 및 친환경 산업 환경을 구현하는 원천 기술을 확보할 것으로 기대됨. ○ (경제적) 유해물질 처리비용, 에너지 등 환경비용을 저감할 수 있을 것으로 기대됨.			

난제명	쓰레기 고민 없이 살 수 있을까?
제안 기술 또는 연구명	페플라스틱 업사이클링을 위한 고분자 비트리머 기술

<p>제안 기술 또는 연구의 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (세계적 환경오염 상황) 폐플라스틱 유래 환경오염 유발로 인한 전 세계적 난제 - 매년 플라스틱의 생산량, 사용량, 폐기량이 증가하여 해안 유입량 및 매립량이 급증하는 추세임. * 1950년 세계 플라스틱 생산량 2백만 톤에서 2017년에는 5억 톤으로 67년간 전년 대비 연평균 373% 씩 증가 - 사용 후 버려지는 폐플라스틱은 대부분 매립 및 소각 방식으로 처리되고 있음. - 매립의 경우 다양한 직접적, 간접적 환경오염을 유발하고 있으며, 소각의 경우 다량의 유해물질을 대기 중으로 방출하여 새로운 환경오염을 일으켜 전 세계적인 난제로 분류되고 있음. - 전 세계적 환경 생태계를 교란시킬 수 있는 미세플라스틱의 문제도 폐플라스틱에서 유래됨. ○ (재료 및 재활용 기술 부재로 인한 난항) 고분자 대체 재료 및 재활용 기술의 부재 - 열경화성 고분자가 보이는 우수한 물성을 보이지만 재활용, 재가공 및 업사이클링이 가능한 신규 고분자 재료가 필요함. ○ (사업화 연계 가능성) 환경규제로 인한 관련 산업계의 부담 - 리사이클링/업사이클링이 가능한 고분자의 개발은 다양한 관련 산업계의 지속발전을 위해 선택이 아닌 필수가 되고 있으며, 사회 환경문제를 근본적으로 해결할 수 있는 대안임.
<p>기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성</p>	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동적결합 가교 고분자 (혹은 비트리머) 개요 및 현재 기술의 한계 - (한계 1: 낮은 물성) 비트리머에서 사용되는 동적 결합의 교환 반응 속도를 높이기 위해 대개 약한 결합력을 보이는 동적 결합을 사용하는 경우가 많아 전형적인 열경화성 고분자 대비 기계적 물성/내화학성/내열성 등이 낮음. - (한계 2: 연속 성형 불가) 다소 높은 교환 반응속도를 지닌 동적 결합의 사용으로도 현재 개발된 비트리머의 경우 연속 성형 공정이 불가능함. - (한계 3: 제한적인 재활용 횟수) 대개 동적 결합으로 사용되는 아민, 싸이올 등의 관능기는 열적으로 불안정하여 고열/고압 조건의 반복적인 가공에서 변질되어 재활용할 수 없게 됨. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 범용적으로 사용되는 고분자 중 열가소성 수지는 기계적 물성 등이 낮고 열경화성 수지는 물성이 높으나 재활용할 수 없음 ○ 더욱 높은 물성과 함께 재활용/재가공/고부가가치화를 가능케 하는 가역적 동적 결합을 고분자에 탑재하는 신규 비트리머 기술을 개발
<p>제안 기술 또는 연구의 개요</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구목표: 재활용 비율이 낮은 고분자 및 폐플라스틱을 효율적으로 리사이클링/업사이클링 함으로써 환경 문제를 근본적으로 해결하기 위한 비트리머 기술 개발 ○ 연구내용: <ul style="list-style-type: none"> - 토폴로지 제어 및 촉매 개발을 통한 신규 비트리머 합성 및 화학 기술 - 폐플라스틱 및 상용 고분자의 비트리머화를 통한 업사이클링 기술 - 비트리머 유변물성 최적화 및 연속 압사출 공정 기술 - 비트리머 응용 기술

	<div></div>			
제안 기술/연구 최종 목표	○ 높은 물성과 가공성을 지닌 재활용/업사이클링 가능한 비트리머 시스템 개발 - 영률 (Young's modulus) : 3 GPa - 무름비 (fragility index (m)*) : 15 (T_g 이상 기준) - 재활용 횟수 : 10회 이후 최초 물성 80% 이상 유지			
	평가 항목	단위	세계최고 성능수준 / 보유국	연구개발 후 최종 정량목표
	기계적 강도 (영률)	GPa	1 / 프랑스	3
	fagility index*	없음	20 / (프랑스, 실리카 기준)	15
	재활용 가능 횟수	회	5회 / 프랑스	10회 이후 최초 물성 80% 이상 유지
*fragility index (m) = $\frac{dlog(viscosity)}{dT} _{T=T_g}$; 온도에 따른 점도의 변화량 지표, m이 낮을수록 온도에 따른 점도 변화량이 적음.				
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양·환경 관련 응용()	ET	환경기반(<input checked="" type="checkbox"/>) 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(<input checked="" type="checkbox"/>) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원		
기대효과	○ (정책적) 토지, 해양, 대기 환경 문제 해결을 위한 고분자의 리사이클링/업사이클링 기술 개발로 다양한 환경 생태계 안정성 확보. ○ (기술적) 선진국이 주도해온 재활용 소재 및 기술 경쟁력을 극복하고 국내 신기술력/신소재 확보. 폐플라스틱의 고부가가치화와 환경문제 해소 핵심기술 개발로 국내 기술력의 세계적 경쟁력 확보 ○ (경제적) 폐플라스틱 재활용 및 업사이클링 관련 산업 분야에서의 매출 증대 및 일자리 창출을 통한 산업의 지속적 활성화.			

난제명	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?			
제안 기술 또는 연구명	미세 먼지 제거 드론 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">○ 국제적으로 다양한 기후 문제와 더불어 미세 먼지가 급증하여 인류의 건강을 위협하고 있음○ 수동으로 공기중에 수많이 포진되어 있는 미세 먼지를 효과적으로 제거할 수 있는 방법이 현재로서는 존재하지 않아, 다양한 IoT 기술과 드론 기술을 활용하여 자동화된 방식으로 미세 먼지 제거 필요			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none">○ 비행을 리모트에서 조정할 수 있는 드론은 이미 상용화되어 있으나 자율적으로 비행할 수 있는 드론기술은 확보되지 않음○ 미세먼지 센서는 이미 존재하나, IoT 기술을 접목하여 모니터링 후 미세먼지 흡입 액추에이터와 연계하는 기술은 개발해야 함			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">○ 미세먼지를 효과적으로 제거할 수 있도록 미세 먼지를 빨아 들여 제거할 수 있는 드론 개발<ul style="list-style-type: none">- IoT 기술을 적용하여 미세먼지가 많은 구역을 센싱하여 그 구역을 중점적으로 비행- 미세먼지를 효과적으로 흡입할 수 있는 액추에이터 탑재- 통신 기능을 내장하여 중앙 센터에 모니터링 및 제거 상황 보고- 자율적으로 비행할 수 있는 드론 개발			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 미세먼지 제거 드론 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품(√) 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W(√) 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술(√) 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반(√) 에너지() 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재() 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 <u>5</u> 년, 총 <u>108</u> 억원		
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 미세먼지 저감으로 깨끗한 환경 제공○ (기술적) 자율 비행 드론, 미세먼지 센싱, 미세먼지 흡입 액추에이터 기술 확보 기대○ (경제적) 국내 뿐 아니라 전 세계적으로 미세먼지가 환경문제화됨으로 국내 적용을 거쳐 해외 판로를 개척하면 경제적 효과가 상당할 것으로 사료됨			

난제명	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?			
제안 기술 또는 연구명	3차원 다공성 계층 구조 탄소 기반 혁신적 수소 저장 물질 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none">수소를 대량으로 안정성 있게 저장 운송할 수 있는 기술이 필요하나, 현재까지 수소 기체 압축 방식에만 의존하는 실정이며, 혁신적인 수소 저장 물질 개발이 절실히 함.고체 기반, 특히 탄소 나노 다공성물질을 이용한 수소저장기술의 경우 경량화가 가능하다는 점에서 모빌리티, 휴대용으로 적합하나 낮은 수소 저장 능력 및 기술성숙도 부재로 상용화가 어려움.			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">현재 상용화되어 있는 고압기체수소저장의 경우, 수소저장능력은 5.2 wt.% 이며, 700 bar 고압용기가 필요하여 비용 및 안전 문제가 있음. 수소저장합금 및 탄소·금속유기골격계 나노소재의 경우 현재까지 5 wt.%의 수소저장용량이 낮고, 대량 생산이 어려움. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none">고용량, 경량화, 재사용이 가능한 탄소 기반 수소 저장 물질 개발하여 상용화가 가능한 수준의 혁신적 수소저장능력 달성하고자 함.			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none">(저압력 수소 저장 기술) 70 bar 이하의 수소 저장압력 조건으로 안전 문제 해결(세계 최고의 수소저장능력 기술) 중량당 15 wt.%, 500 Wh/kg의 에너지밀도를 갖는 수소저장능력 확보			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">저압력 저장 조건에서 고용량, 경량화, 재사용이 가능한 3차원 다공성 계층 구조 탄소 기반 수소 저장 물질 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(✓) 청정생산() 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(✓) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정(✓)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
총 소요기간 및 소요예산	총 5 년, 총 50 억원			
기대효과	<ul style="list-style-type: none">(정책적) 기존 화석연료 사용으로 인한 환경적 외부비용을 줄이며 청정사회 진입 및 안전한 수소 사회를 건설하는 데 이바지함.(기술적) 불명확한 수소저장 메커니즘 규명 및 수 Å~수십 nm 크기의 미세기공 계층구조의 제어 기술 개발(경제적) 수소 전기자동차 시장 뿐 아니라, 미래 핵심 산업인 개인항공기, 중형 드론, 잠수함, 선박, 수소터빈, 수소제트엔진 등의 시장을 선점			

난제명	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?			
제안 기술 또는 연구명	태양, 날씨 등 기후에 영향을 받지 않고 연속적·영구적 에너지 순환이 가능한 증산발전-전기투석 담수 일체형 플랫폼 개발			
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 들어 인구의 증가 및 급속한 산업화에 의한 물의 소비량 증대와 환경오염에 따른 물 오염으로 인해 물 부족이 전세계 대부분의 국가들에 있어 현안 문제로 대두되면서 물 부족 사태는 매년 심각해지고 있는 실정 ○ UN 보고에 의하면 현재 전 세계 인구의 20~30%가 심각한 물 부족 현상을 겪고 있으며, 지구온난화에 따른 이상기후에 의해 2025년까지 물 부족 상황이 전 세계적으로 더욱 악화될 것으로 예상 ○ 우리나라의 경우에도 UN에 의해 향후 물 부족이 심화될 국가로 분류되고 있으며 해마다 국부적인 갈수 문제와 더불어 지표수 및 지하수의 오염 등으로 인하여 농업용수, 생활용수 등의 부족 사태는 더욱 심화될 것으로 예측됨 ○ 따라서 우리나라를 비롯한 향후 물 부족 가능성이 큰 국가 및 지역들에 있어 기술적 준비가 절실히 필요한 시점에 있으며, 담수화기술 및 증산발전 기술의 일체화로 전력생성과 담수화 공정을 플랫폼화 한다면 지구상에 무한정 존재하는 해수 및 식용불가능한 물을 갈수의 영향 없이 담수화하여 물 부족에 대처할 수 있는 거의 유일한 수단이 될 것임 			
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존의 태양전지, 풍력발전, 조력발전 등의 신재생에너지*와 기술적 차이가 있으며 생성된 에너지의 지속적·영구적 전기담수 활용이 가능한 에너지 순환 플랫폼이라는 차별성을 갖추고 있음 * 밤낮의 변화와 기후의 변화 따른 태양, 바람의 불연속성 및 특정지역 의존성 등 필연적으로 에너지의 연속적·지속적인 생산이 불가능함 ○ 대부분의 연구 그룹에서 차세대 에너지하베스팅 기술로 전력생산에 집중하거나 既 개발된 신재생에너지를 활용한 담수 결합형을 시도하고 있음. 차세대 에너지하베스팅 기술로서 물을 이용한 연속적·영구적인 에너지 생산과 전기담수 시스템의 일체형 플랫폼은 보고 된 사례 없음 			
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구는 증산작용 모방 발전기술과 전기담수 기술의 연계로서 나노물질을 활용하여 공기 중의 수분과 물을 통해 자가발전이 가능한 증산발전 및 전기담수 일체형 플랫폼 개념을 도입하여 해수 또는 식용불가능한 물에서 전력생산과 담수를 날씨와 상관없이 연속적·영구적으로 생산하는 일체형 플랫폼 기술개발을 하고자 함 - 증산작용 모방 자가발전이 가능한 친환경 나노구조체 기반 소재 개발 - 증산작용 기반 자가발전 소재를 적용한 전기투석 담수 기술 개발 - 증산작용을 모방한 자가발전 기술과 전기투석 담수 기술이 융합된 일체형 플랫폼 기술 개발 			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수분과 물을 통해 자가발전이 가능한 증산전기동력발전 및 전기담수 일체형 플랫폼으로 해수 또는 식용불가능한 물에서 자체적인 에너지생산과 담수화를 날씨와 상관없이 연속적·영구적으로 생산하는 일체형 플랫폼 기술을 개발 			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()

	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(○) 청정생산(○) 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(○) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정()	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산			
<div> <div>총 5 년,</div> <div>총 200 억원</div> </div>				
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책적) 2020년 7월 한국판 뉴딜 종합계획에 따르면 글로벌 기후변화에 대응한 그린뉴딜 정책을 추진 중이며, 이에 녹색산업과 융·복합이 가능한 기술 육성의 필요성을 언급하여 국가정책과의 정합성에 부합함. 또한, 화석연료 및 원자력 에너지의 의존성을 낮추는 에너지원으로 사용이 가능하며 이산화탄소 배출이 없는 발전으로 담수화가 가능한 환경 친화적 공정으로서 글로벌 에너지 패러다임의 변화에 부합함 ○ (기술적) 우중산발전-전기투석 담수 일체형 플랫폼 기술은 일전에 보고된 바가 없으며 본 제안서를 통해 사업 수행 시 원천기술 확보 및 글로벌 에너지 기술 경쟁력을 갖출 수 있음 ○ (경제적) 화석연료 및 원자력 에너지의 의존성을 낮추는 에너지원으로 사용이 가능하며 이산화탄소 배출이 없는 발전으로 담수화가 가능한 환경 친화적 공정이며, 중산발전-전기투석 담수 일체형 플랫폼 기술을 확보한다면 자체적인 발전을 통해 지속적인 에너지 생산과 담수화가 가능 			

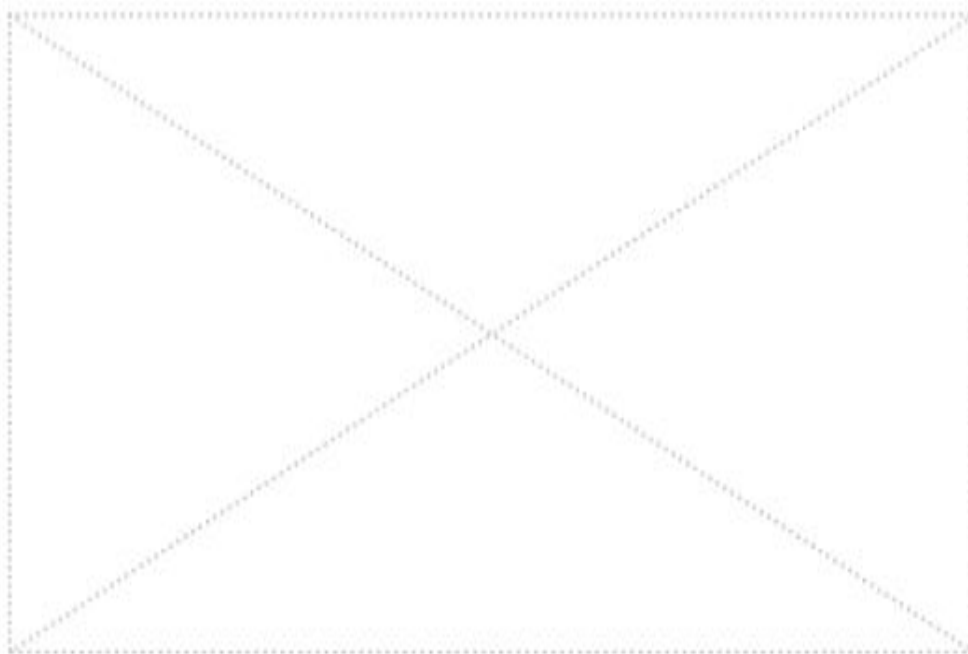
난제명	기후변화에 대한 대응 및 적응방안은?
제안 기술 또는 연구명	귀금속 촉매 대체 산성 전해질 물분해 산화물 (광)촉매 개발
제안 기술 또는 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대부분의 금속들은 산성 수용액에서 용해되고, 그나마 산성 수용액에서 안정적으로 존재하는 값싼 금속 (W, Ti)들은 반응성이 낮아 촉매로 사용할 수 없음. ○ 현재 산성 수용액에서 주로 귀금속 계열 산화물들 (IrO₂, RuO₂) 이 안정성과 촉매 반응성을 동시에 만족. 하지만 귀금속들은 가격이 높을 뿐만 아니라, 가격 변동성이 크기 때문에대규모 수소 생산에 적용할 수 없음
기존 기술 또는 연구와의 차별성 및 연계성	<p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 산성 수전해에 사용되고 있는 값비싼 귀금속 촉매로 인해 알칼라인보다 경제성 이외에 모든 방면에서 유리한 조건을 가짐에도 불구하고 알칼라인보다 연구가 뒤쳐져 있음. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 산성 수전해의 귀금속 촉매를 저렴한 물질 기반 촉매로만 대체하면 여전히 개선해야 할 부분이 많이 남은 알칼라인 수전해보다 빠르고 효율적으로 양산화 및 상용화를 이루어 관련분야의 연구 개발의 폭을 넓힐 수 있을 것으로 사료됨.
제안 기술 또는 연구의 개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고압, 고전류 영역에서 고순도의 수소생산 위한 산성에서 작동하는 산화물 촉매를 이해/발굴하는 계산 기술 ○ 산성에서 안정한 금속(W,Ti) 산화물 박막 합성 기술 및 in-situ 측정을 통해 산성에서 안정성 및 촉매 활성을 이해/부가하는 기술

	<ul style="list-style-type: none">○ 산성에서 수소발생시 고순도 수소를 고압(20~450 bar)에서 대량 압축 생산 가능○ 현재 산성에서 안전성 때문에 Pt, Ru 과 같은 귀금속 촉매만이 제한적으로 사용됨○ 산성에 강한 W, Ti 원소가 다량 포함된 산화물을 산성 수전해 촉매로 대체하는 기술			
제안 기술/연구 최종 목표	<ul style="list-style-type: none">○ 풍부하고 산성에서 안정한 텅스텐, 티타늄 산화물을 개질 (전이금속 도핑, 산소 결합 도입, 미세구조 제어)하여 산성 수전해에 안정하면서 값싼 활성 촉매를 개발			
제안 기술 또는 연구의 분류	IT	핵심부품() 차세대 네트워크 기반() 정보처리 시스템 및 S/W() 기타 정보기술()	ST	위성기술() 발사체기술() 항공기 기술() 기타()
	BT	기초·기반기술() 보건의료 관련응용() 농업·해양·환경 관련 응용()	ET	환경기반() 에너지(O) 청정생산(O) 해양환경()
	NT	나노소자 및 시스템() 나노소재(O) 나노 바이오 보건() 나노기반·공정(O)	CT	문화컨텐츠() 생활문화(사이버 커뮤니케이션 등)() 문화유산()
	기타	()		
	총 소요기간 및 소요예산	총 3 년, 총 20억원		
기대효과	<ul style="list-style-type: none">○ (정책적) 입지적 제약 없이 고압에서 안정적 수소 생산 및 공급 시스템을 조성하여 수소 산업 전반의 저변 확대 및 보급 안정성까지 동시에 가져올 것으로 예상.○ (기술적) 수전해 시스템에서 고압의 수소를 공급하면 저장/운송을 위한 압축과정이 간소화 될 수 있으며, 400bar까지 압축에 필요한 전처리 에너지 또한 절약 가능○ (경제적) 산성에서는 고압, 고순도 수소 생산이 가능해, 이에 따른 지속적인 물분해 수소발생/저장/운송에 통합적인 시스템 구축 및 간소화가 가능해, 저장 및 운송 인프라가 현저히 부족한 우리나라 수소 산업에 절실한 새로운 활로를 개척 가능			

<첨부 4> 기획위원회 구성 및 운영

1 필요성

- 국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 기획
 - (배경) 최근 R&D 일몰제 시행으로 연속사업 형태로 추진되어 온 많은 R&D사업이 종료되면서 중장기적인 혁신모멘텀이 위축
 - 새로운 R&D패러다임에 걸맞는 국가 R&D사업을 기획하고, 성과창출 및 확산과 연계시키기 위한 최적화된 사업운영체제와 추진절차의 정립이 필요
 - (목표) 국민이 제안하는 미래모습을 구현할 수 있는 파급력 있는 독자적 R&D를 위한 신규 대형 중장기 국가 R&D 사업 기획
 - 사회적으로 중요한 난제(grand challenges) 해결을 '미션'으로 삼는 새로운 임무지향적 R&D 사업



<예시 : 영국의 Grand Challenges 사례>

2 기획총괄 자문회의의 역할

□ 사업 개념, 기본철학, 운영방향 설정

- 사업구조, 사업 규모 및 기간, 지원 대상, 지원 분야 등 사업의 뼈대를 이루는 본 사업의 주요 내용 심의
 - 사업구조, 사업 규모 및 기간, 전략아이템 선정 등 주요 골자 심의

□ 주요 미래기술 또는 대난제 과제 설정에 관한 논의

- 국민제안 기술들을 검증, 전략 아이템을 식별하고 전문가들을 활용하여 식별된 아이템 고도화

난제	예시
건강한 육체와 정신을 가지고 오래 살 수 있는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 질병 예측과 조기진단, 만성질환의 극복 ○ 인공지능을 활용한 전염병 사전 예측 및 대응 ○ 24시간 생체정보 모니터링, 생명연장을 위한 인공동면 ○ 반려 로봇, 서비스 로봇 ○ 치매/정신병 디지털 치료제
증가하는 사회적 일탈행위에 대한 대응은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 범죄행위의 효과적 신고와 대응 ○ 음주운전/성추행 등의 재범 방지 ○ 빅데이터 기반 범죄/테러 예측 및 모니터링 등
재난과 사고에서 자유로운 안전한 사회는 어떻게 구축할 수 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자연재난 발생 예측 ○ 교통사고 모니터링 및 피해 최소화 ○ 건설/산업 현장의 사고 방지 ○ 대형 안전사고(발전소 폭발 등) 대응 등
인공지능/로봇과 사람이 공존하며 협업할 수 있는 방법은?	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인간-로봇과의 협업체계 ○ 메가시티 및 도서산간지역 활용 물류 드론 ○ 산업현장에서의 안전관리 혁신 ○ 뇌-로봇 인터페이스 ○ 인공지능 활용 난임치료 ○ 뇌로 조정하는 로봇 및 생체 디지털화 등

<국민도출 난제 예시>

□ 사업 추진 타당성조사 관련 자문

- 사업이 적절히 분류되고 평가될 수 있도록 사업추진 타당성 논리 개발 제시
 - 사업 개요 및 운영방안, 우선추진 전략아이템 구성내용 등 신규사업의 이슈 및 쟁점사항 논의 등

3 기획총괄자문회의 구성

□ 위원 구성: 13명

소속	성명	직책	전문분야
가천대학교	김정석	의용생체공학과 교수	의공학
광운대학교	김영억	전자정보공과대학 교수	센서/측위
서울대학교	최은영	의과대학 교수	면역학
세종대학교	최영진	나노신소재공학과 교수	나노소재
순천향대학교	류성호	의과대학 교수	만성질환
아주대학교	이성주	산업공학과 교수	인공지능
영남대학교	박진호	화학공학부 교수	에너지
이화여자대학교	김우재	화학신소재공학과 교수	화공신소재
차두원모빌리티연구소	차두원	차두원모빌리티연구소장	모빌리티
충북대학교	신윤호	안전공학과 교수	안전/기계
한국과학기술연구원	최낙원	뇌과학연구소 책임연구원	뇌과학
한국과학기술연구원	김진영	청정대기센터 본부장	기후변화/환경
한국해양과학기술원	심원준	위해성분석연구센터 책임연구원	해양오염

<첨부 5> 기획위원회 개최결과

제1차 기획총괄자문회의 결과보고서

- ☐ 일시 : 12월 1일(화) 16:00~18:00
- ☐ 장소 : 과학기술단체총연합회(서울 강남역) 2층 다산실
- ☐ 참여형식 : 온-오프라인 혼합

시간	내용	비고
16:00~16:15 ('15)	온라인 접속 확인 및 참여자 인사	연구책임자
16:15~16:45 ('30)	사업내용 및 추진경과 보고	연구책임자
16:45~17:45 ('60)	안전토의 : 시민참여워크숍 결과 및 제1차 전문가 대상 수요조사 결과 검토	
17:45~18:00 ('15)	차기 회의 일정 논의	

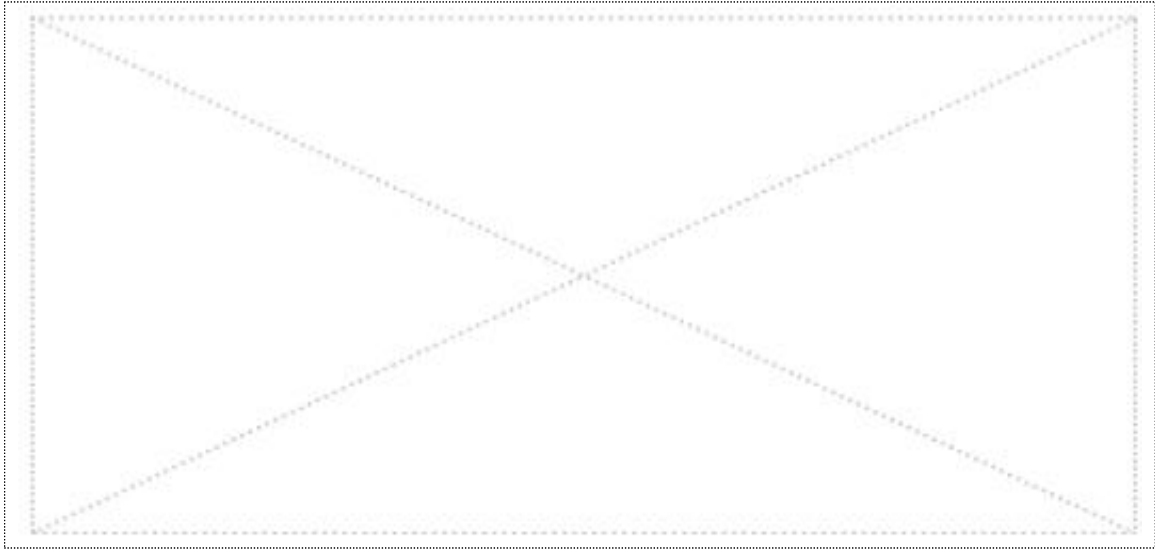
제2차 기획총괄자문회의 결과보고서

< (사)글로벌혁신경제학회 '20.12.14(월) >

1. 회의 개요

- 일시 : '20.12.14.(월) 14:00~16:00
- 장소 : 비대면 Zoom 온라인 회의
- 참석자
 - (과기정통부) 박수진 사무관
 - (연구진) 서강대 안준모 교수, 경희대 윤지웅 교수, 서울대 박상욱 교수, 경희대 이호규 박사, 최호철 연구원, 원영훈 연구원
 - (기술과가치) 김지훈 선임
 - (기획총괄자문위원) 11명 참석

소속	성명	직책	전문분야	참석여부
가천대학교	김정석	의용생체공학과 교수	의공학	○
광운대학교	김영역	전자정보공과대학 교수	센서/측위	○
서울대학교	최은영	의과대학 교수	면역학	○
세종대학교	최영진	나노신소재공학과 교수	나노소재	○
순천향대학교	류성호	의과대학 교수	만성질환	○
아주대학교	이성주	산업공학과 교수	인공지능	○
영남대학교	박진호	화학공학부 교수	에너지	○
이화여자대학교	김우재	화학신소재공학과 교수	화공신소재	○
차두원모빌리티연구소	차두원	차두원모빌리티연구소장	모빌리티	○
충북대학교	신윤희	안전공학과 교수	안전/기계	×
한국과학기술연구원	최낙원	뇌과학연구소 책임연구원	뇌과학	○
한국과학기술연구원	김진영	청정대기센터 본부장	기후변화/환경	○
한국해양과학기술원	심원준	위해성분석연구센터 책임연구원	해양오염	×



<그림> 제2차 기획총괄자문회의

2. 회의 주요 결과

- 1차 자문회의 이후, ‘난제-미션-프로젝트(과제)’ 맵핑 초안에 대한 자문위원들의 검토의견을 취합
- 기존에 추진된 과제들과의 중복성에 대한 의견
 - 난제에 기반하여 기획된 과제들이라도 중복성 이슈는 피할 수 없으며, 결과물 또는 기간의 측면에서 기존 과제들과의 차별화가 요구됨
 - 학문분야별로 분류하자는 의견도 제시
- 난제 또는 미션 설정의 적절성에 대한 의견
 - ‘미래 모빌리티’ 자체가 난제라고 보기는 어려우며, 이용자-보행자 안전, 이동권 보장의 측면에서 퍼스널 모빌리티를 다루는 것이 적절하다고 판단됨
 - 산업안전 이슈를 포함할 수 있는 카테고리 추가 요구
 - 연구자 입장에서 미션의 내용이 추상적인 측면이 있으므로, 미션과 프로젝트 사이 중간영역의 목표와 같은 것을 설정하자는 의견 제시

- 미션 또한 조금 더 과학기술의 측면에서 혁신이 필요한 영역으로 한정하는 것이 적절할 것으로 보임
- 다만, 연구개발에만 초점을 맞춰야 할지, 연구개발을 통해서도 해결되지 않는 문제도 포함해야 하는지에 대해서는 논의 필요

□ 비전과 부합하지 않는 프로젝트에 대한 검토 요구

- ‘이식형인공감각기’, ‘인체 디지털 트윈 기술’과 같은 기술들은 어떤 의미에서 비전과 미션에 부합하는 과제인지 직관적으로 이해하기 어려움
- ‘AI활용 개인 맞춤형 교육’의 경우, 격차 해소라는 미션에는 부합하지만, ‘디지털 전환’이라는 카테고리에 부합하는지, 구체적인 프로젝트의 상을 떠올리기 어렵다는 한계 존재

3. 향후 논의 사항

- 난제-미션-프로젝트에 대한 자문위원들의 검토의견을 정리한 후, 새로 도출된 프로젝트에 따라 RFP 초안 작성 및 회람 예정

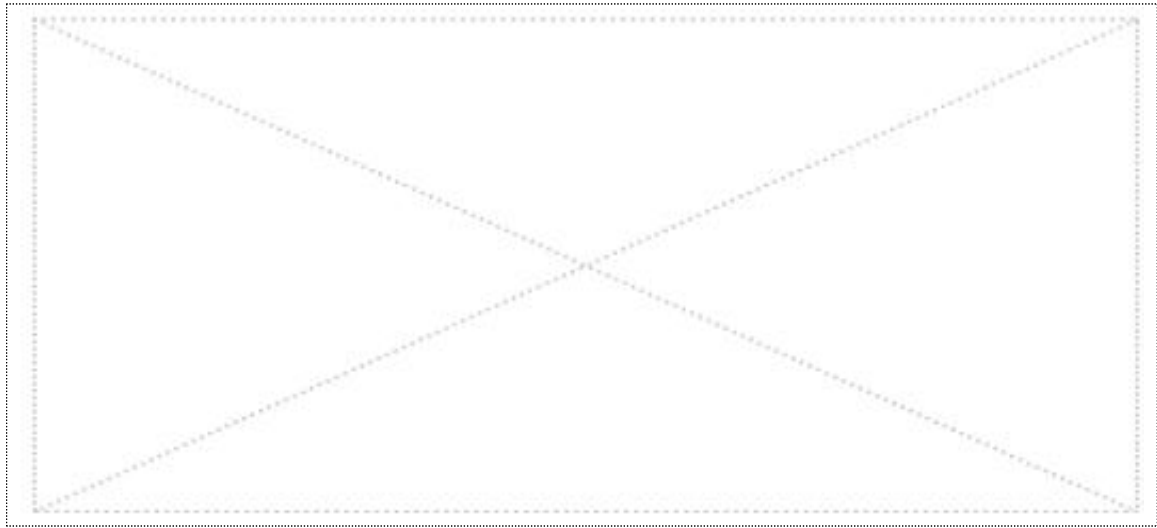
제3차 기획총괄자문회의 결과보고서

< (사)글로벌혁신경제학회 '20.12.28(월) >

1. 회의 개요

- 일시 : '20.12.28.(월) 14:00~16:00
- 장소 : 비대면 Zoom 온라인 회의
- 참석자
 - (과기정통부) 박수진 사무관, (한국연구재단) 최태진 실장, 이재섭 연구원
 - (연구진) 서강대 안준모 교수, 경희대 윤지웅 교수, 서울대 박상욱 교수, 충북대 최영보 교수, 경희대 이호규 박사, 최호철 연구원, 원영훈 연구원
 - (기술과가치) 김지훈 선임
 - (기획총괄자문위원) 11명 참석

소속	성명	직책	전문분야	참석여부
가천대학교	김정석	의용생체공학과 교수	의공학	○
광운대학교	김영역	전자정보공과대학 교수	센서/측위	○
서울대학교	최은영	의과대학 교수	면역학	○
세종대학교	최영진	나노신소재공학과 교수	나노소재	○
순천향대학교	류성호	의과대학 교수	만성질환	○
아주대학교	이성주	산업공학과 교수	인공지능	○
영남대학교	박진호	화학공학부 교수	에너지	○
이화여자대학교	김우재	화학신소재공학과 교수	화공신소재	○
차두원모빌리티연구소	차두원	차두원모빌리티연구소장	모빌리티	○
충북대학교	신윤희	안전공학과 교수	안전/기계	○
한국과학기술연구원	최낙원	뇌과학연구소 책임연구원	뇌과학	○
한국과학기술연구원	김진영	청정대기센터 본부장	기후변화/환경	×
한국해양과학기술원	심원준	위해성분석연구센터 책임연구원	해양오염	×



<그림> 제3차 기획총괄자문회의

2. 회의 주요 결과

- 2차 자문회의 이후 작성된 RFP 초안에 대한 검토 요청
- 난제 및 프로젝트 네이밍에 대한 의견
 - 범위가 너무 넓거나, 너무 좁아서 난제라는 느낌이 들지 않으며, 일반사람들이 알 수 있는 용어를 통해 재구성할 필요가 있음
 - 난제에서 나온 용어들이 프로젝트 명칭을 정할 때 녹아들어가는 것이 필요하다는 의견 제시
 - 프로젝트 명칭을 통해서 직관적으로 그 필요성을 알 수 있도록 네이밍이 될 필요가 있음
- 관련 프로젝트 간의 통합 요구
 - 현재 분류를 보았을 때, 하드웨어와 소프트웨어 연구가 분리된 것으로 보이며, 일부 프로젝트의 경우 이 둘을 합치는 것이 필요함
 - ‘뇌-기계 인코딩/디코딩 기술’과 ‘인터페이스 시스템’개발은 통합될 필요가 있음

- ‘인공지능과 인간의 안전한 협업지능 시스템 구축’의 경우 ‘노동의 양극화 해소를 위한 로봇 아바타’ 등과 연결시켜 격차해소를 위한 프로젝트로 활용하는 것이 적절할 것으로 보임

□ 난제-미션-프로젝트 전체 구성의 적절성에 대한 의견

- 기술적인 측면에서의 난제와 시스템 측면에서 필요한 난제가 섞여 있음
- 5년 내 해결 어려운 기술 다수 존재하는 것으로 보이며, 과제별로 기간을 차별화할 필요가 있을 것으로 보임

3. 향후 논의 사항

- 향후 연구진 내부적으로 2개 프로젝트에 대한 RFP 샘플을 준비할 예정이며, 이를 토대로 RFP 작성을 가이드할 예정
- 단기과제와 장기과제, 현재 연구투자가 이루어지지 않은 부분에 대한 기술과 기술적 난제로 구분하여 선정 후 진행

<첨부 6> 우선 추진 세부과제별 수요조사서

세부과제명	[1-1-1] 면역조절 감염병, 난치병, 환경성질환 극복연구	
프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ COVID 팬데믹으로 인하여, 항체와 T 세포에 의한 방어, 백신 접종으로 인한 방어력 형성, 항체 치료제 등의 정보가 일반인에 실시간으로 전달됨에 따라, 감염체에 대한 생체내 면역 반응과 면역활성 및 조절 물질의 기능에 대한 지식의 중요성이 부각되고 있음. ○ 1970년 이후에 발견되는 주요 신종 감염병이 30개가 넘을 정도로 새롭게 창궐하는 감염체에 대한 예방 및 치료기술이 요구되며, 이를 위하여는 면역반응에 대한 근본적 이해가 필요함. ○ 면역학의 발달로 많은 질환들의 발병기전에 대한 이해가 가속되고 치료법도 향상되었음. 즉, 면역학 원천지식은 곧바로 백신 및 치료제 개발로 직결됨. <p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내의 면역학 연구는 기발굴된 지식을 바탕으로 한 임상중개 연구에 지나치게 편중되어 있으며, 새로운 면역학 원천 지식을 발굴할 수 있는 기반과 저변이 매우 허약하며, 깊이 있는 반응 조절을 포함한 면역학 기초연구에 대한 폭넓은 투자가 필요한 시기 	
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 면역조절 기전 연구를 통하여 환경성 질환, 대사성 질환, 자가면역 질환, 종양, 감염, 장기 및 세포 이식 등의 난치성 질환의 발병기전을 이해하고 이를 바탕으로 이런 질환을 극복할 수 있는 면역학적 원천기술을 개발할 수 있는 기초면역연구의 기틀을 제공 ○ 면역조절 원리의 근원적 이해를 통해 다양한 질환에 대한 새로운 예방, 진단, 치료 기술을 확립하고 산업적 활용 기반을 선제적으로 확보하여 궁극적으로 국민 삶의 질을 향상시켜 건강한 미래 사회를 대비 	
기술개발 내용	세부기술	세부기술별 개발 내용
	급성, 만성염증 기전 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차세대 전사체, 유전체 분석기술 및 생물정보 분석 기술을 이용하여, 급성 및 만성염증을 유발하는 면역계 구성 요소의 동정 및 기능적 다양성 규명 ○ 고효율 대사체 분석기술을 이용한 급성 및 만성 염증 단계에서 분비되는 세포 유래 염증매개물질 동정 및 기능적 다양성 규명 ○ 염증 유도 및 억제 물질의 기전 연구 ○ 자연면역림프구 및 염증성 림프구, 면역조절 림프구 간의 면역 밸런스 및 조절기전 연구 ○ 동맥경화, 당뇨병, 비만 등의 염증성 대사질환을 유발하는 면역세포 규명 및 기능 규명 연구 ○ 미세먼지등 오염된 환경에서 유발되는 환경성 질환에 대한 급성, 만성염증 발생 기전 연구
	면역반응 조절기전 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 난치성 면역질환의 면역조절단백질, 공동자극분자, 대사경로, 및 자가항원의 신규아형 동정 등을 이용한 병인기전 규명 ○ 알레르기 및 자가면역 질환에 관여하는 면역세포 특이적 전사인자 발굴 및 기능 규명을 통한 조절 기전 연구

		<ul style="list-style-type: none">○ 항체 및 세포 기반의 항원 특이적 면역반응 과정에 대한 기전 연구○ 자가면역질환, 과민증, 이식거부 등의 면역관용이 요구되는 질환의 해결을 위한 면역관용 유도 기전 연구○ 선천성 및 후천성 면역결핍, 환경성질환에 대한 면역반응 기전 연구
	종양-면역 미세 환경 연구	<ul style="list-style-type: none">○ 차세대 전사체, 유전체 분석기술 및 생물정보 분석 기술을 이용하여, 종양-면역 미세환경에 관여하는 면역세포의 동정 및 기능적 다양성 규명○ 고효율 대사체 분석기술을 이용하여 종양발달 단계에서 분비되는 면역억제물질의 동정 및 면역 반응 조절기전 연구○ 종양항원 및 신생항원 (neoantigen)의 동정 기술○ 환경성질환에 대한 종양-면역 미세환경의 면역기능 검증
	감염면역 기전 연구	<ul style="list-style-type: none">○ 차세대 염기서열분석기술을 이용하여 감염에 의해 유도되는 선천성 및 후천성 면역세포의 분화과정에 대한 유전자표현형, 전사체 및 유전체 데이터베이스 분석기술 및 데이터베이스 구축○ 병원체 감염 (바이러스, 세균, 기생충 등)에 의한 선천 및 적응 면역세포의 면역반응 분석○ 바이러스에 의한 만성감염환경에서 분비되는 면역억제 물질 동정 및 기능성 검증○ 패혈증에 의해 유도된 면역기전 연구○ 박테리아의 면역회피 인자 발굴 및 항생제 내성 습득 기전 연구

기존 국내기술 의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*
	급성, 만성염증 기전 연구	○ 응용 연구 치중	<ul style="list-style-type: none">○ 원천기술 개발을 위한 기초연구 및○ 고도화 연구 추진	신규개발, 고도화
	면역반응 조절기전 연구	○ 응용 연구 치중	<ul style="list-style-type: none">○ 원천기술 개발을 위한 기초연구 및○ 고도화 연구 추진	신규개발, 고도화
	종양-면역 미세 환경 연구	○ 응용 연구 치중	<ul style="list-style-type: none">○ 원천기술 개발을 위한 기초연구 및○ 고도화 연구 추진	신규개발, 고도화
	감염면역 기전 연구	○ 응용 연구 치중	<ul style="list-style-type: none">○ 원천기술 개발을 위한 기초연구 및○ 고도화 연구 추진	신규개발, 고도화

세부기술 별 기술수준	세부기술			현재 기술수준	목표 기술수준
	급성, 만성염증 기전 연구			1단계	7단계
	면역반응 조절기전 연구			1단계	7단계
	종영-면역 미세 환경 연구			1단계	7단계
	감염면역 기전 연구			1단계	7단계
단계별 목표, 추진내용 및 성과	항목	1단계 (4년)	2단계 (5년)	3단계 (4년)	
	목표	○ 면역세포 분석 및 면역반응 조절 인자의 발굴	○ 면역세포 발달의 이해와 기전 규명	○ 면역조절 기전 통합 네트워크 성 및 조절기작 규명	
	추진내용	○ 면역조절 규명을 위한 질환모델 확립 ○ 차세대 전사체, 유전체 분석기술 및 생물정보 분석 기술을 이용하여, 면역세포의 동정 및 기능적 다양성 규명 ○ 고효율 대사체 분석기술을 이용한 생리활성 물질 동정 및 기능 규명	○ 면역반응 기전 연구 ○ 질환에 관여하는 면역세포 특이적 전사인자 발굴 및 기능성 규명 ○ 면역세포 간 상호작용 연구 ○ 종양항원 및 신생항원 동정과 조절기전 연구	○ 질환 극복 기전 연구 및 표적의 기능성 규명 ○ 오믹스 기반 질환 및 면역세포 정보 DB화 및 분석기술 개발 ○ 조기 진단 및 정밀치료 가능성 제공	
	성과	○ 상위 10% SCI 논문 10	○ 특허 10 건 ○ 상위 10% SCI 논문 20	○ 특허 10 건 ○ 상위 10% SCI 논문 20	
소요예산	1단계	2단계	3단계	합계	
	150억원/년	150억원/년	150억원/년	1,950억원/13년	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (학문적 기대효과) 감염, 종양 및 다양한 질병에 대한 기초면역 연구를 통해서, 질병 극복을 위한 면역조절연구의 기틀을 마련하고, 기초 면역연구에 필요한 데이터베이스를 구축하여 연구자에 정보제공 ○ (경제적 기대효과) 기초면역연구의 새로운 방향을 제시하여 인간에 적용 가능한 면역반응 제어 분야의 핵심 원천 기술 제공 ○ (사회적 기대효과) 고령화 시대에 질병 예방 및 다양한 감염병에 대한 해결책을 제시하는 의료 서비스 제공을 통해 국민의 삶의 질 향상에 기여 				

세부과제명	[1-1-2] 뇌 기능 기반 뇌질환 예방·진단·치료기술
-------	--------------------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현대사회의 특성인 인간관계의 파편화와 스트레스 증대와 함께 고령화에 따른 뇌기능의 저하는 주요 신경정신-신경퇴행성 질환을 유도하는 바, 이에 대한 사회적 경제적 비용이 급속하게 증가하고 있음. ○ 미국, 영국, 일본 등 주요 선진국 뿐 아니라 중국에서도 뇌작동 원리의 이해와 활용을 위한 학제간의 공동연구를 유도하는 국가주도 프로젝트 및 공격적인 목적지향 연구 프로그램을 운영하고 있음. ○ 뇌 연구 및 뇌기능 활용 관련 산업은 세계적으로도 아직 미성숙 단계에 머물고 있고, 국내 연구 수준이 최고 기술국 대비 기술 수준 70%, 기술격차 3~4년으로 국내 투자 여부에 따라 신속한 추적이 가능할 것으로 사료됨. 										
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌기능 작동 원리의 근원적 이해를 통해 주요 뇌질환에 대한 새로운 예방, 진단, 치료 기술을 확립하고 산업적 활용 기반을 선제적으로 확보하여 궁극적으로 국민 삶의 질을 제고하고 미래 사회를 대비함. 										
기술개발 내용	<table> <tr> <th>세부기술</th><th>세부기술별 개발 내용</th></tr> <tr> <td>신경세포 수준 작동원리 및 제어연구</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다중오믹스 신기술개발 및 활용을 통한 뇌구성세포군의 단일세포수준에서의 동정 및 기능적 다양성 규명 ○ 생리학· 광유전학· 고해상 이미징 분석을 활용한 신경세포의 작동원리에 대한 다차원적 통합연구 ○ 인간 고유의 인지기능 및 뇌질환의 분자세포적 기전연구 </td></tr> <tr> <td>시스템 신경과학 기반 신경네트워크 작동원리 및 제어연구</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 신경네트워크 구성 및 작동원리 규명을 위한 회로망 정밀 분석 및 제어기술 개발 ○ 발달단계 및 유전적 특성에 따른 뇌의 기능적 연결지도 구축 및 데이터베이스 구축 ○ 다양한 인지행동과 신경망의 인과적 관련성의 다면적 분석 ○ 자기장 및 초음파 기술을 활용한 신경회로망 기능분석 </td></tr> <tr> <td>다학제 기술융합 기반 차세대 뇌기능 모니터링 및 제어 기술</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고효율 스크리닝을 위한 광전기생리학 기술개발 ○ 기계학습 및 인공지능을 기반으로한 신경회로망 구성원리 및 인지행동의 이해 및 복제 ○ 고효율의 고해상도 이미징 기술 개발 ○ 가상현실, 뇌-컴퓨터 인터페이스를 통한 인지행동분석 및 기능대체 </td></tr> <tr> <td>전 생애주기 주요 뇌질환 대상 정밀 의료 기술 개발</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 새로운 비침습적 기술 개발을 통한 인지기능 및 신경정신 질환의 정밀 제어 기술 ○ 장-신경계 축 기반 뇌질환 제어 기술 ○ 뇌 오가노이드 기술개발 및 활용을 기반으로 한 조직대체기술 개발과 신약 개발 ○ 주요 뇌질환의 다중오믹스 분석 및 체계적 데이터베이스화를 통한 조기진단 및 정밀 치료 기술 </td></tr> </table>	세부기술	세부기술별 개발 내용	신경세포 수준 작동원리 및 제어연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다중오믹스 신기술개발 및 활용을 통한 뇌구성세포군의 단일세포수준에서의 동정 및 기능적 다양성 규명 ○ 생리학· 광유전학· 고해상 이미징 분석을 활용한 신경세포의 작동원리에 대한 다차원적 통합연구 ○ 인간 고유의 인지기능 및 뇌질환의 분자세포적 기전연구 	시스템 신경과학 기반 신경네트워크 작동원리 및 제어연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경네트워크 구성 및 작동원리 규명을 위한 회로망 정밀 분석 및 제어기술 개발 ○ 발달단계 및 유전적 특성에 따른 뇌의 기능적 연결지도 구축 및 데이터베이스 구축 ○ 다양한 인지행동과 신경망의 인과적 관련성의 다면적 분석 ○ 자기장 및 초음파 기술을 활용한 신경회로망 기능분석 	다학제 기술융합 기반 차세대 뇌기능 모니터링 및 제어 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고효율 스크리닝을 위한 광전기생리학 기술개발 ○ 기계학습 및 인공지능을 기반으로한 신경회로망 구성원리 및 인지행동의 이해 및 복제 ○ 고효율의 고해상도 이미징 기술 개발 ○ 가상현실, 뇌-컴퓨터 인터페이스를 통한 인지행동분석 및 기능대체 	전 생애주기 주요 뇌질환 대상 정밀 의료 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 새로운 비침습적 기술 개발을 통한 인지기능 및 신경정신 질환의 정밀 제어 기술 ○ 장-신경계 축 기반 뇌질환 제어 기술 ○ 뇌 오가노이드 기술개발 및 활용을 기반으로 한 조직대체기술 개발과 신약 개발 ○ 주요 뇌질환의 다중오믹스 분석 및 체계적 데이터베이스화를 통한 조기진단 및 정밀 치료 기술
세부기술	세부기술별 개발 내용										
신경세포 수준 작동원리 및 제어연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다중오믹스 신기술개발 및 활용을 통한 뇌구성세포군의 단일세포수준에서의 동정 및 기능적 다양성 규명 ○ 생리학· 광유전학· 고해상 이미징 분석을 활용한 신경세포의 작동원리에 대한 다차원적 통합연구 ○ 인간 고유의 인지기능 및 뇌질환의 분자세포적 기전연구 										
시스템 신경과학 기반 신경네트워크 작동원리 및 제어연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신경네트워크 구성 및 작동원리 규명을 위한 회로망 정밀 분석 및 제어기술 개발 ○ 발달단계 및 유전적 특성에 따른 뇌의 기능적 연결지도 구축 및 데이터베이스 구축 ○ 다양한 인지행동과 신경망의 인과적 관련성의 다면적 분석 ○ 자기장 및 초음파 기술을 활용한 신경회로망 기능분석 										
다학제 기술융합 기반 차세대 뇌기능 모니터링 및 제어 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고효율 스크리닝을 위한 광전기생리학 기술개발 ○ 기계학습 및 인공지능을 기반으로한 신경회로망 구성원리 및 인지행동의 이해 및 복제 ○ 고효율의 고해상도 이미징 기술 개발 ○ 가상현실, 뇌-컴퓨터 인터페이스를 통한 인지행동분석 및 기능대체 										
전 생애주기 주요 뇌질환 대상 정밀 의료 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 새로운 비침습적 기술 개발을 통한 인지기능 및 신경정신 질환의 정밀 제어 기술 ○ 장-신경계 축 기반 뇌질환 제어 기술 ○ 뇌 오가노이드 기술개발 및 활용을 기반으로 한 조직대체기술 개발과 신약 개발 ○ 주요 뇌질환의 다중오믹스 분석 및 체계적 데이터베이스화를 통한 조기진단 및 정밀 치료 기술 										

기존 국내기술 의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*
	신경 세포의 구조적 기능적 작동원리 연구	기초 연구 치중	신규 개발, 고도화, 실용화 연구 추진	신규개발
	시스템 신경과학 기반 신경네트워크 작동원리 및 제어 연구	기초 연구 치중	신규 개발, 고도화, 실용화 연구 추진	신규개발
	다학제 기술융합 매개 차세대 뇌기능 모니터링 및 제어 기술	학제간 기술 융합 플랫폼 부재	학제간 융합연구 지원체계 개선	신규개발, 고도화
	전 생애주기 주요 뇌질환 대상 정밀 의료 기술	임상연구를 포함 융합적 연구 부족	학제간 융합연구 플랫폼 제시	신규개발, 고도화
세부기술 별 기술수준	세부기술	현재 기술수준	목표 기술수준	
	신경세포의 구조적 기능적 작동원리 연구	3단계	7단계	
	시스템 신경과학 기반 신경네트워크 작동원리 및 제어 연구	2단계	6단계	
	다학제 기술융합 매개 차세대 뇌기능 모니터링 및 제어 기술	2단계	7단계	
	전 생애주기 주요 뇌질환 대상 정밀 의료 기술	2단계	8단계	
단계별 목표, 추진내용 및 성과	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)	3단계 (3년)
	목표	○ 뇌기능 작동원리 이해 및 제어 기반정보 및 표적 도출	○ 뇌기능 작동원리 이해 및 제어 기술 선별 및 고도화	○ 뇌기능 작동원리 이해 및 제어 기술 활용 및 산업화 기반 구축
	추진내용	○ 신규 다중오믹스 기반 뇌구성세포군의 단일세포 수준 연구 ○ 광유전학, 생리학, 이미징 분석을 활용한 인지행동 연구 ○ 인간 고유 인지기능 및 관련 뇌질환의 분자세포적 기전 정보 확보 ○ 신경회로망 구성 및 작동원리를 위한 정밀 탐지 및 제어기술 개발 ○ 장-신경계 축 기반 뇌질환 제어 기반 정보 획득	○ 발달단계 및 유전적 특성 기반 뇌기능 연결지도 DB 화 ○ 다양한 인지행동간의 고차원적 연결성 분석 체계 고도화 ○ 자기장 및 초음파 기술을 활용한 신경회로망 정보 확보 ○ 고효율 스크리닝을 위한 광전기생리학 및 이미징 기술개발 ○ 기계학습 및 인공지능 기반 신경회로망 구성원리 정보 획득 및 정보 고도화	○ 기계학습 및 인공지능 기반 인지행동의 복제 ○ 가상현실, 뇌-컴퓨터 인터페이스를 통한 인지 행동분석 및 기능대체 ○ 뇌 오가노이드 기반 신약개발 및 조직대체기술 ○ 새로운 비침습적 기술 개발을 통한 인지기능 및 뇌질환의 정밀치료기술 확보 ○ 다중오믹스 기반 질환 정보 DB화 기반 조기 진단 및 정밀치료 기술
	성과	○ 원천기술 5건 ○ 특허 5 건 ○ 상위 10% SCI 논문 30	○ 원천기술 15건 ○ 특허 10 건 ○ 상위 10% SCI 논문 45	○ 원천기술 20건 ○ 특허 15 건 ○ 상위 10% SCI 논문 40
소요예산	1단계	2단계	3단계	합계
	200억원/년	300억원/년	400억원/년	3000억원/10년
기대효과	○ (학문적 기대효과) 생명현상의 최상위에 있는 뇌의 작동원리의 이해를 통하여 새로운 패러다임으로 뇌기능을 이해하고, 그 제어 및 뇌질환 치료기술 확보에 기여 ○ (경제적 기대효과) 뇌기능 제어 및 뇌질환 치료를 위한 원천기술을 확보하여 기술이전, 수출 등을 통한 국가 주력산업 창출 ○ (사회적 기대효과) 현대사회에 만연하는 신경정신과 질환 진단, 예방 및 치료법 개발과 개인화된 의료 서비스 제공을 통해 국민의 삶의 질 향상에 기여			

세부과제명		[1-2-1] 노화·역노화 질환 치료모델 개발 기술	
프로젝트 의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none">○ 국내 65세 이상 노인 의료비 지출은 고령화 속도와 함께 증가하고 더욱이 앞으로 큰 폭으로 증가할 것으로 예상됨. (건강보험공단, 2017) 이는 개인 의료비 문제를 넘어서 전반적인 사회적 비용의 증가를 야기하기에 노화는 개인에 국한되지 않고 국가 차원에서 해결해야 할 난제임.○ 2018년 6월 세계보건기구는 노화에 질병 코드(2020 ICD-10-CM Diagnosis Code R54)를 부여하여 자연적인 노화를 질병으로 보는 관점을 명확히 하였음. 이에 발맞추어 최근 노화과학은 노화 치료에대한 기초 성과를 보였을 뿐만 아니라, 이러한 성과를 바탕으로 노화는 피할 수 없는 자연현상이 아닌 제어가 가능한 개념으로 확고하게 정립함.○ 이러한 국내외 추세에서 노화를 당연한 생물학적 과정으로 보는 것이 아니라, 극복해야 하고 치료할 수 있는 대상으로 생각하는 것이 더욱 바람직함. 또한, 노화를 극복하는 것은 노화와 연관된 심혈관계 질환; 암, 근감소증, 퇴행성 뇌 질환, 골다공증 등 여러 질환을 근본적으로 치료할 수 있음을 의미		
	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none">○ 노화과학의 성과로서 이미 노화와 관련된 몇 가지 인자가 학계에 보고되었지만, 이들의 상세한 기전을 확인하기 위한 진행된 전임상 연구들은 명확한 한계점을 가지고 있음. 이는 해당 연구들이 효모, 선충, 초파리, 설치류 등과 같은 실험동물 모델을 중심으로 연구를 수행하였기 때문에 발생하였음. 이러한 한계점을 극복하고자 사람의 노화 과정과 그 기전 파악을 명확히 할 새로운 인체 유사 모델의 확립이 필수적임.		
최종목표	<ul style="list-style-type: none">○ (정성적 목표) 노화 인자 발굴 및 기전을 파악할 수 있는 모델 구축을 통해서, 그 기전을 밝히고 항노화와 역노화를 유도함으로써 노화 관련 질환 치료를 목표로 함.○ (정량적 목표) 1) 노화/역노화 인자 발굴용 동물모델 1종 이상 확립, 2)노화/역노화 인자 발굴 (최소 3종 이상), 3)노화/역노화 및 질환 제어 유효성 검증 (질환의 경우 치료제가 존재하지 않는 노화 관련 질환 (근감소증 등)이나 노화로 인해 사망률 또는 발병율이 높아지는 고위험 질환 (심혈관질환 등)을 대상으로 함.)		
기술개발 내용	세부기술 명	세부기술별 개발 내용	
	노화/역노화 관련 인자 검출	<ul style="list-style-type: none">○ 기존 알려진 노화/역노화 인자 이외 새로운 인자를 확인 및 발굴을 목적으로 함.○ 노화/역노화 관련 인자(노화, 항노화, 역노화 단백질) 검출하기 위한 전기화학적 검출 센서 시스템과 특정 항체와 조합된 검출 기술 및 시스템 구축.○ 극미량으로 혈액 내에 존재하는 노화/역노화 관련 인자 검출을 위한 인자 특이적 프로브 시스템 구축 (나노입자 등).○ 조직 특이적인 노화/역노화 표지자 총 3종 이상 발굴.○ 검출된 노화/역노화 관련 인자의 평가를 위한 데이터베이스 구축 및 기능성 평가 리포터 구축을 통해 객관적인 정보 분석과 동시에 추후 인체 노화/역노화 유사 모델과 전임상 등에서 이뤄질 유효성 평가를 진행.	
	인체 노화/역노화 유사 모델 구축 및 기전 파악	<ul style="list-style-type: none">○ 본 연구에서 검출된 인자의 기전을 구체적으로 파악하고 이를 생체 외에서 재현하는 것을 목적으로 함.○ 노화, 역노화 인자의 발현 여부는 매우 복잡하기에 이러한 복잡성을 머신러닝 기법을 적용함으로써 선행연구를 포함한 다수 실험에서 얻어진 데이터를 처리하여 효율적인 모델을 제작.○ 발굴된 노화/역노화 인자의 유효성 및 작용 기전을 인체 세포 기반	

	<div></div> <div>연구와 구현된 모델을 통해 동시 진행/비교 평가하며, 검증은 세포 표현형과 기능 평가를 중심으로 진행.</div> <div>○ 제작된 인체 노화/역노화 유사 모델에서 노화/역노화 인자가 노화 관련 특정 질병에 미치는 영향 및 관련 분자 기전 파악.</div>
항노화 및 역노화 유도 물질 확보	<div>○ 기전이 파악된 노화/역노화 인자 정보를 바탕으로 하여 노화 인자의 경우 억제, 역노화 인자의 경우 촉진하는 물질을 확보.</div> <div>○ 검출된 노화 및 역노화 인자를 포함한 관련된 인자 저해물질 등 핵심 연구 인자를 정리 및 확보하여 데이터베이스를 구축함. 필요 시 인자의 합성 또는 정제 분리를 진행.</div> <div>○ 확보된 노화/역노화 인자 후보 물질들의 안정성 및 기능성 평가 진행.</div>
노화/역노화 관련 인자를 이용한 노화/역노화 전임상 연구	<div>○ 확보된 항노화/역노화 물질이 노화/역노화 관련 질환 모델 전임상 과정에서 유효성과 안전성 측면에서 신약후보물질로 적합한지 평가.</div> <div>○ 근감소증 등 치료제가 존재하지 않는 노화 관련 질환에 적용하여 전임상 단계에서의 유효성 검증.</div> <div>○ 심혈관질환 등 노화로 인해 사망률 또는 발병률이 높아지는 고위험 질환에 적용하여 전임상 단계에서 유효성 검증.</div>

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*
	노화/역노화 관련 인자 검출	<div>●인자 검출을 위해 혈액 분석을 진행하는 경우, 혈액 내에 존재하는 인자들(단백질 혹은 호르몬)은 그 양이 매우 적음.</div> <div>●극소량의 인자를 검출하는 방법으로서 기존의 형광 신호 혹은 크로마토그래피 분석은 한계가 있음.</div>	<div>●나노입자 혹은 나노입자가 코팅된 표면을 이용하면 넓은 표면적과 빠른 반응속도에 의해 극미량의 단백질이라도 검출해 낼 수 있음.</div> <div>●적은 양의 단백질이라도 표지가 부착된 프로브-나노입자를 이용하거나 전기화학적 센서에 단백질을 부착하여 분리하고 검출된 proteomics 기술로 분석할 수 있음.</div>	① 신 규 개발(프로브-나노입자/전기화학 센서 개발) + ② 기존 과제 효율화/고도화 (proteomics 기술)
	인체 노화/역노화 유사 모델 구축 및 기전 파악	<div>●기전 파악을 위한 동물 실험에서 면역반응과 같은 분해 및 비활성화 과정 때문에 동물 내에 주입한 노화/역노화 인자가 미치는 영향을 확인하는 데 한계가 있음.</div> <div>●비록 동물 실험을 통해 비교적 믿을 만한 결과를 받더라도 시간 경제적으로 큰 비용이 소요됨. 이는 실험실 규모를 넘는 대규모 실험시에 장애물로 작용함.</div> <div>●동물 실험 결과와 인체적용 결과가 다른 상황은 자주 발생하며, 노화 및 역노화 인자를 규명하더라도 인체 내에서의 노화 기전 파악은 불가능함.</div>	<div>●제작된 노화/역노화 유사 모델은 필요에 따라 면역기능을 포괄한 다양한 기능 부여가 가능하기에 노화/역노화 인자의 분해가 적을 것이며, 인체 모사 chip등의 개발을 통해 시간 단축과 정밀분석이 가능함.</div> <div>●구축된 인체 노화/역노화 유사 모델, 평가 리포트와 데이터베이스를 기반으로 하여 분석 속도 향상이 가능하며 가격 또한 낮출 수 있음. 또한 chip 등 시스템의 단계별 구축은 향후 대규모로 노화/역노화 기전 파악에 필요함.</div> <div>●시스템 내 구성요소 중 동물 유래 및 인체 유래 세포 모두가 사용될 수 있도록 설계하여 보다 정확한 결과를 도출할 수</div>	① 신 규 개발(노화/역노화 유사 모델 구축) +④선진기술 국산화 및 ②기존 과제 효율화/고도화 (노화 기전 파악)

	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안))*			
			있음.				
	항노화 및 역노화 유도 물질 확보	●일부 연구에서 몇 종의 항노화 물질이 밝혀짐. 그러나 이러한 물질 자체를 이용한 역노화 유도 사례는 실패하였음. ●객관적인 항노화 및 역노화 평가 기준이 마련되어 있지 않음. 이는 중복된 연구 결과를 도출하는 등의 시간 자원적 낭비일 뿐만 아니라 효율적인 물질을 찾는 데 어려움을 가중함.	●데이터베이스 구축과 머신러닝을 이용하여 인자 간의 관계를 명확하게 하여 추가적인 인자들을 확보하고, 검출된 인자 외 실험을 진행하지 않은 물질에서 오히려 역노화 유도를 할 수 있을 것으로 예상 가능함.	① 신규 개발(항노화/역노화 데이터베이스 구축)			
	노화/역노화 관련 인자를 이용한 노화/역노화 전임상 연구	●근감소증 등의 치료제가 없는 질환, 심혈관질환 등 노화로 인한 사망률과 발병률이 증가되는 고위험 질환의 진단 및 치료는 노화/역노화 등과 연계하여 진행된 연구결과가 미비함. ●노화/역노화인자를 이용한 효모, 선충, 초파리, 설치류 등과 같은 실험동물 모델을 중심으로 연구를 수행되었기에 인체에 대한 영향을 알기 어려움	●노화에 의한 근감소증 등의 가장 큰 원인은 근육의 재생능력이 감소하는 것으로 역노화 인자의 기전을 이해하면 치료가 가능할 것으로 기대함. ●인체와 유사한 설치류 동물을 사용하되 기존 연구에서 수행되지 않은 유전자 조작 동물 혹은 개선된 동물 모델을 제안함으로써 노화/역노화 전임상 결과를 도출할 수 있음.	②기존 과제 효율화/고도화			
세부기술 별 기술수준	세부 기술	세부기술 명		현재 기술수준	목표 기술수준		
	①	노화/역노화 인자 검출, 기능 검증		2 단계	5 단계		
	②	인체 노화/역노화 유사 모델 구축 및 노화/역노화 기전 파악		3 단계	5 단계		
	③	노화/역노화 인자 생성/소멸 인자 확보		2 단계	4 단계		
	④	발굴인자를 이용한 노화/역노화 및 질환 치료 전임상 연구		1 단계	4 단계		
세부기술 별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*				최종 성과물	
		1Y	2Y	3Y	4Y		5Y
	①						3국 특허 3건 SCI 논문 5건
	②						SCI 논문 12건

	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
	③						3급 특허 5건 SCI 논문 5건
	④						DB 구축 2건 SCI 논문 6건
소요예산	(단위 : 백만원)						
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계
		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (과학기술적 기대효과) 본 연구에서 개발하고자 하는 인체 유사 모델 및 검출 방법은 본 연구 이외에도 다른 단백질 대상 연구에도 적용 가능한 범용성을 가지며, 전 세계적으로 초창기에 있는 기술인만큼 선도적 연구를 통해 미래의 원천기술을 확보하고, 그 응용 연구를 지속할 수 있을 것으로 기대함. ○ (정책적 기대효과) 노화 연관 질환의 치료 및 예방 차원의 약물 개발 가능성을 확인함으로써 건강 보건 분야의 새로운 패러다임을 제시하고, 국가 난제인 고령화 문제를 해결하는 다른 방법과 관점으로 적용될 수 있을 것으로 기대함. ○ (경제산업적 기대효과) 모든 인간이 피할 수 없는 노화를 WHO에서 질병으로 분류한 만큼 세계적으로 산업 및 경제 분야에 미치는 영향이 매우 큼. 따라서 본 연구 수행을 통해 세계시장 선점 및 관련한 특허권의 확보, 첨단연구를 통한 논문 출간 및 발표를 통해 국가의 경제-산업적 경쟁력 확보는 물론 과학적 국제 경쟁력 제고에 많은 역할을 하리라 기대함. 						

세부과제명	[1-2-2] 양방향 하이브리드 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 기술
-------	--------------------------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none">고령화가 가속화되어 뇌관련 질환자 수가 증가하고 사회적 비용의 증가가 예상됨에 따라 관련 기술 개발을 통한 국민의 삶의 질 향상이 국가적 명제로 부각되고 있음이에 미국, 영국 등 주요 선진국은 거대 IT 기업들이 뇌산업에 관심을 가지고 도전적 연구를 시작하여, 새로운 형태의 뇌-기계 인터페이스 기술 개발에 투자를 집중하고 있음뇌-기계 인터페이스를 이용한 신경 보철 기술의 시장 규모는 2017년 5.7조원에서 2030년에는 10조원 규모로 연평균 4.5% 씩 성장할 것으로 전망됨				
최종목표	<ul style="list-style-type: none">인간의 신경시스템의 동작 원리를 모사한 뉴로모픽 반도체 설계 기술을 바탕으로 신경신호 처리 시스템 기술을 구현하고, 뇌기능 측정 및 자극 기술을 개발하여 뇌의 영역간의 연결성 손상으로 발생하는 인체기능 손실을 보조하는 신개념 뉴로모픽 뇌-기계 인터페이스 시스템 개발				
기술개발 내용	세부기술		세부기술별 개발 내용		
	실시간 광역 뇌기능 측정 및 자극 기술		<ul style="list-style-type: none">광역의 뇌기능 및 뇌신호를 실시간으로 측정하기 위한 새로운 형태의 측정 기술을 개발뇌의 국소 부위에 뇌기능의 손상없이 대응(feedback) 자극을 인가하기 위한 새로운 형태의 자극 기술 개발		
	광역 뇌신호 측정 및 자극을 위한 소자 및 소재 기술		<ul style="list-style-type: none">인체 삽입을 통해 뇌신호 측정 및 뇌기능 자극을 하기 위해 잡음 성능이 좋고 유연한 전극 소자 제작 기술을 개발신경 보철을 위해 인체 삽입에 문제가 없고 장시간 생체 조직 내에서 기능 변화가 없는 새로운 소재 기술 개발		
	실시간 신경신호 처리 기술		<ul style="list-style-type: none">뇌기능 모사 반도체 기술을 활용하여 실시간으로 입력되는 대용량의 광역 뇌신호를 처리, 분석, 학습, 대응 하는 신경신호 처리 알고리즘 기술 개발		
	뇌기능 모델링 기술		<ul style="list-style-type: none">뇌기능 모사 반도체 기술에 활용하기 위해 뇌의 특정 영역의 구조 및 동적 동작 특성을 표현할 수 있는 수학적 모델링을 하기위한 알고리즘 기술 개발		
	뇌기능 모사 반도체 개발 기술		<ul style="list-style-type: none">뇌의 특정 영역(예, 소뇌, 해마, 등)의 구조 및 기능을 모사하고 저전력으로 동작하며 초소형으로 제작되어 휴대 가능한 의료 시스템에 통합 가능한 반도체 설계 기술 개발		
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술		한계점	해결방안	개발전략 (확보방안) *
	실시간 광역 뇌기능 측정 기술		<ul style="list-style-type: none">기초적 연구만 진행되고 있음	<ul style="list-style-type: none">신규개발 필요	신규개발
	광역 뇌신호 측정 및 자극을 위한 소자 및 소재 기술				신규개발
	실시간 신경신호 처리 기술				신규개발
	뇌기능 모델링 기술				신규개발
	뇌기능 모사 반도체 개발 기술				신규개발

세부기술별 기술수준	<div>세부기술</div> <div>현재 기술수준</div> <div>목표 기술수준</div>				
	실시간 광역 뇌기능 측정 기술		3단계	7단계	
	광역 뇌신호 측정 및 자극을 위한 소자 및 소재 기술		3단계	7단계	
	실시간 신경신호 처리 기술		3단계	7단계	
	뇌기능 모델링 기술		2단계	6단계	
	뇌기능 모사 반도체 개발 기술		3단계	7단계	
단계별 목표, 추진내용 및 성과	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)	3단계 (3년)	
	목표	○ 기반 기술 개발 및 시스템 통합 방법 탐색	○ 기반 기술 통합 시스템을 활용한 동물 실험을 통한 검증	○ 통합 시스템을 활용한 전임상 환자 적용 솔루션 개발	
	추진내용	○ 신소재 및 신소자 기반 전극을 이용한 뇌신경 신호 측정 및 자극 기술 개발 ○ 실시간 신경신호 처리 기술 개발 ○ 뇌기능 모델링 및 이를 활용한 반도체 개발	○ 기반 기술 통합 시스템 플랫폼 개발 ○ 뇌기능 모사 반도체에 실시간 신경신호 처리기술을 통합하여 임상 데이터를 활용하는 기술 개발	○ 전체 통합 시스템 개발 및 기술 고도화 ○ 전임상 수준의 환경에 적용가능한 시스템 소형화 기술 개발	
	성과	○ 원천기술 3건 ○ 3급 특허 3건 ○ 상위 10% SCI 논문	○ 원천기술 10건 ○ 3급 특허 3건	○ 원천기술 10건 ○ 3급 특허 5건	
소요예산	1단계		2단계	3단계	합계
	30억원/년		50억원/년	50억원/년	440억원/10년
기대효과					
	○ (학문적 기대효과) 새로운 패러다임의 신경보철을 위한 뇌-기계 인터페이스 시스템 기술 개발에 기여 ○ (경제적 기대효과) 신경보철 및 뇌-기계 인터페이스 분야의 원천기술 확보를 통한 국가 주력산업 창출 (기술이전, 수출 등) ○ (사회적 기대효과) 고령화 시대에 뇌질환 관련 질병 치료를 위한 보철기구 서비스 제공을 통해 국민의 삶의 질 향상에 기여				

세부과제 명	[1-2-3] 후천적 신체손상 디지털 치료기술
--------	---------------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 치료제는 직접 투여하는 약물 대신에 치료에 사용할 수 있는 하드웨어/소프트웨어에 이르기까지 넓은 범위를 의미하며, 사용자(환자)의 개인 디바이스와 어플을 활용한 실시간 모니터링으로 개인 맞춤형 치료가 가능 ○ 주치의가 실시간으로 환자의 상태의 건강 상태와 약물 효과 등을 추적하면서 효과적으로 환자의 건강을 관리한다. 주치의가 직접 소프트웨어와 하드웨어를 조작해 환자의 상태를 파악할수도 있지만, 환자와 질병 빅데이터를 활용한다면 주치의가 없는 상황에서도 보편적인 의료 서비스를 제공하는 것이 가능 ○ 특히 환자가 당장 의사를 만날 수 없는 응급상황에서 디지털 치료제가 효과적이며, 병원 접근성이 떨어지는 인구의 의료 복지를 향상시키는데 기여할 수 있다. 나아가 디지털 치료제는 파킨슨병이나 알츠하이머, 후천적 원인으로 인한 신경 질환 관리 및 치료에 필요한 보조 인력을 대체할 수 있으며, 수면 장애 같은 보편적 건강질환까지 관리할 수 있으므로 의료 서비스를 더 보편적 복리로 확대하는데 기여 ○ 나아가 디지털 치료제는 바이오, 정보통신기술, 빅데이터와 인공지능을 아우르는 차세대 의료 시스템과 산업으로, 여러 과학기술 분야를 함께 성장시킬 수 있으며 차세대 고성장 시장으로 주목 받는 중요한 연구 과제 										
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) 기존 약물 및 의학 치료를 대체하거나 보완하는 목적, 혹은 소프트웨어/하드웨어 활용 방법에 따른 환자 개인과 질병에 최적화된 디지털 치료제 개발 ○ (정량적 목표) 현재 개발중인 혈당량별 인슐린 복용량 계산 어플[소프트웨어], 진통제를 대신하는 VR 기술, 원격 의료기기 조절기술[하드웨어+소프트웨어]을 넘어 희귀병이나 난치병까지 아우르는 의료 서비스 제공할 수 있는 디지털 치료법 개발 										
기술개발 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>세부기술 명</th><th>세부기술별 개발 내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>인공지능 활용 개인건강기록(PHR, Personal Health Record) 기술</td><td>개인의 유전자 데이터, 생활과 환경 데이터 등을 데이터베이스로 만들어 질병 예측 및 치료에 활용하기 위한 데이터 수집 방법 기술을 개발한다. 환자의 실시간 생체 데이터를 노이즈 없이 수집하고, 상황에 맞는 데이터를 조합하고 분석하는 알고리즘을 개발해 개인건강기록이 단순 기록용이 아니라 실시간 정밀의료에 활용될 수 있는 파이프라인을 개발한다.</td></tr> <tr> <td>CDSS(Clinical Decision Support System) 기반 AI 의료기기</td><td>의료진의 영상 분석 판독 보조하는 소프트웨어로, 육안으로 판별하기 어려운 요소들을 임상 가이드라인이나 의학 지식 데이터를 학습한 인공지능으로 판독해 인간 의료진의 판독을 보조하는 기술이다. 신속하고 정확한 판단을 제공해 사람이 놓칠 수 있는 정보를 찾아 의료 서비스를 보조한다.</td></tr> <tr> <td>PDSS(Patient Decision Support System) 기반 AI 의료기기</td><td>더 일상적인 차원에서 환자를 보조하는 소프트웨어로, 약물 복용량을 계산하거나 인간 행위에 개입할 수 있는 어플의 형태로 개발된다. 환자가 자신의 생체 정보와 어플이 제공해주는 정보를 기반으로 어떤 행동을 취할 것인지 결정하게 만들면서 환자의 일상적 복리에 기여하는 기술이다.</td></tr> <tr> <td>초소형 시스템 개발</td><td>환자의 건강 상태 데이터 수집을 위한 초소형 시스템을 개발한다. 센서를 포함한 시스템을 활용하여 환자들의 생체 정보 (EEG, PPG, 혈압 등)를 측정하고 데이터화 한다.</td></tr> </tbody> </table>	세부기술 명	세부기술별 개발 내용	인공지능 활용 개인건강기록(PHR, Personal Health Record) 기술	개인의 유전자 데이터, 생활과 환경 데이터 등을 데이터베이스로 만들어 질병 예측 및 치료에 활용하기 위한 데이터 수집 방법 기술을 개발한다. 환자의 실시간 생체 데이터를 노이즈 없이 수집하고, 상황에 맞는 데이터를 조합하고 분석하는 알고리즘을 개발해 개인건강기록이 단순 기록용이 아니라 실시간 정밀의료에 활용될 수 있는 파이프라인을 개발한다.	CDSS(Clinical Decision Support System) 기반 AI 의료기기	의료진의 영상 분석 판독 보조하는 소프트웨어로, 육안으로 판별하기 어려운 요소들을 임상 가이드라인이나 의학 지식 데이터를 학습한 인공지능으로 판독해 인간 의료진의 판독을 보조하는 기술이다. 신속하고 정확한 판단을 제공해 사람이 놓칠 수 있는 정보를 찾아 의료 서비스를 보조한다.	PDSS(Patient Decision Support System) 기반 AI 의료기기	더 일상적인 차원에서 환자를 보조하는 소프트웨어로, 약물 복용량을 계산하거나 인간 행위에 개입할 수 있는 어플의 형태로 개발된다. 환자가 자신의 생체 정보와 어플이 제공해주는 정보를 기반으로 어떤 행동을 취할 것인지 결정하게 만들면서 환자의 일상적 복리에 기여하는 기술이다.	초소형 시스템 개발	환자의 건강 상태 데이터 수집을 위한 초소형 시스템을 개발한다. 센서를 포함한 시스템을 활용하여 환자들의 생체 정보 (EEG, PPG, 혈압 등)를 측정하고 데이터화 한다.
세부기술 명	세부기술별 개발 내용										
인공지능 활용 개인건강기록(PHR, Personal Health Record) 기술	개인의 유전자 데이터, 생활과 환경 데이터 등을 데이터베이스로 만들어 질병 예측 및 치료에 활용하기 위한 데이터 수집 방법 기술을 개발한다. 환자의 실시간 생체 데이터를 노이즈 없이 수집하고, 상황에 맞는 데이터를 조합하고 분석하는 알고리즘을 개발해 개인건강기록이 단순 기록용이 아니라 실시간 정밀의료에 활용될 수 있는 파이프라인을 개발한다.										
CDSS(Clinical Decision Support System) 기반 AI 의료기기	의료진의 영상 분석 판독 보조하는 소프트웨어로, 육안으로 판별하기 어려운 요소들을 임상 가이드라인이나 의학 지식 데이터를 학습한 인공지능으로 판독해 인간 의료진의 판독을 보조하는 기술이다. 신속하고 정확한 판단을 제공해 사람이 놓칠 수 있는 정보를 찾아 의료 서비스를 보조한다.										
PDSS(Patient Decision Support System) 기반 AI 의료기기	더 일상적인 차원에서 환자를 보조하는 소프트웨어로, 약물 복용량을 계산하거나 인간 행위에 개입할 수 있는 어플의 형태로 개발된다. 환자가 자신의 생체 정보와 어플이 제공해주는 정보를 기반으로 어떤 행동을 취할 것인지 결정하게 만들면서 환자의 일상적 복리에 기여하는 기술이다.										
초소형 시스템 개발	환자의 건강 상태 데이터 수집을 위한 초소형 시스템을 개발한다. 센서를 포함한 시스템을 활용하여 환자들의 생체 정보 (EEG, PPG, 혈압 등)를 측정하고 데이터화 한다.										

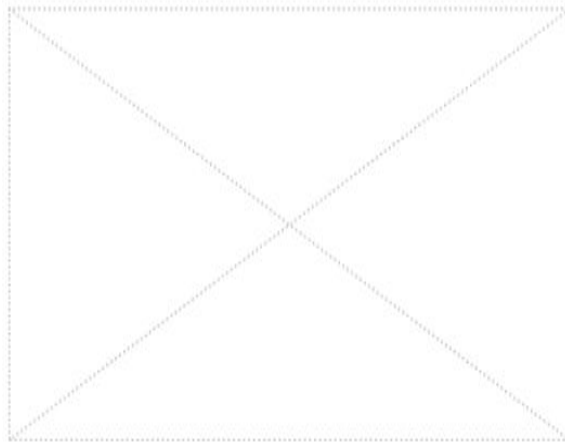
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안) *		
	인공지능 활용 PHR 기술	○ 개인정보에 속하는 생체 데이터 수집 이 어려움	○ 규제개선 및 신규 개발 필요	신규개발		
	CDSS 기반 AI 의료기기	○ 개발을 위한 의료 데이터 접근이 제 한적임	○ 병원 의료데이터 접근 완화 ○ GAN(Generative Adversarial Networks) 기술을 사용한 페 이크 영상 데이터 생성 기술 개발	기존 과제 고도화		
	PDSS 기반 AI 의료기기	○ 기초적인 연구만 진행되고 있음	○ 특정 질병에 대한 데이터 수 집 및 응용을 통해 맞춤형 디 지탈 치료제 개발	기존과제 고도화		
	초소형 의료 센서 시스템 개발	○ 기본적인 연구가 완료 되었지만, 아 직 의료 현장에 적 용된 살계가 제한 적임	○ 특정 질병 모니터링을 위한 시스템과 연동할 수 있는 소 프트웨어를 개발 함	기존과제 고도화		
세부기술별 기술수준	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준		
	인공지능 활용 PHR 기술		2단계	8단계		
	CDSS 기반 AI 의료기기		3단계	8단계		
	PDSS 기반 AI 의료기기		3단계	8단계		
	초소형 의료 센서 시스템 개발		4단계	8단계		
연도별 목표 및 추진내용	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
	목표	○ 환자의 생체 정보 디지털화 하는 인터페이 스 기술 개발	○ 환자 실시간 생체정보 기반 진단 및 예후 관리 피드백 알고리즘 개발	○ 일반 의료 시 스템에서 제대 로 치료받지 못한 희귀병 및 난치병 환 자 위한 디지 탈 치료제 및 데이터베이스 개발	○ 주요 신경질환 및 난치병 예 방/치료/예 후 관리에 적합한 디지털 치료 방법 개발	○ 기존에 알려지 지 않았던 질 병이나 연구 대상에서 제외 되었던 질병에 대한 디지털 치료제 개발
	추진 내용	○ 혈류, 뇌파, 호 르몬 수치 등 현재의 인터페 이스 기술로는 포착하기 어려 운 생체 정보 를 실시간으로 디지털화해서 데이터베이스 에 옮길 수 있 는 기술 개발 해 디지털 치 료제의 상용화 에 필요한 원 천 기술을 확 보한다.	○ 환자의 실시간 생체정보를 개 인 및 집단 데 이터베이스에 반영해 인공지 능이 정확한 상황 판단하는 알고리즘을 개 발하고, 실시간 진단과 환자의 반응이 알고리 즘에 다시 반 영되어 정확한 진단할 수 있 는 딥러닝 기 술 개발	○ 샘플이 적어 기존 의료 체 계에서 효과적 으로 진단, 치 료될 수 없었 던 희귀병이나 난치병 환자들 의 생체 정보 를 모아 데이 터베이스로 구 축하고 디지털 치료제 파이프 라인을 개발한 다. 상황별, 치 료법별 환자 반응을 디지털 데이터로 축적 해 해당 질병 에 대한 유의 미한 데이터 베이스를 만든	○ 기존 신약 개 발 파이프라인 에 부합하거나, 새로 만들어지 는 기준에 맞 춘 디지털 치 료제 개발 파 이프라인 정립 /주요 신경질 환과 난치병 예후 관리에 적절한 디지털 치료제 개발 파이프라인 정 립	○ 기존 의료 시 스템 안에서 중요하게 다루 어지지 않았거 나 새로운 질 병에 대한 진 단과 치료, 예 후 관리에 필 요한 인공지능 머신러닝 기술 을 개발한다. 이를 통해 예 측하지 못한 질병이나 상황 이 발생하더라 도 축적된 데 이터를 기반으 로 질병을 치 료하거나 대응 할 수 있는 프 로그램을 개발

	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
				다.		한다.	
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
	①						특허 5건 상위10% SCI 논문 5건
	②						특허 5건 상위10% SCI 논문 5건
	③						특허 5건 상위10% SCI 논문 5건
	④						특허 5건 상위10% SCI 논문 5건
	소요예산	(단위 : 백만원)					
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계
3,000		3,000	3,000	2,000	2,000	13,000	
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 의학이나 바이오 지식의 정보통신 기술이 발전하면서 의학과 바이오 분야가 빠르고 효과적으로 지식을 축적, 관리할 수 있다. 생체 정보를 정확한 디지털 정보로 변환하고 처리하는 기술은 디지털 치료제 분야에만 국한되는 것이 아니라 디지털 주거 환경 조성 및 노령화 사회 대비에도 기여하는 등 제약과 바이오를 뛰어넘는 보편적 과학기술 분야에 기여할 수 있는 원천 기술이기도 하다.						
	○ (정책적 기대효과) 점차 융합되는 바이오, 제약, 정보통신기술, 컴퓨팅 기술 등에 대한 정책적 지원이나 규제를 논의하면서 선진적인 의료 시스템과 과학 기술정책을 수립할 수 있다. 이를 통해 디지털 치료제에서 파생되는 하위 기술이나 산업의 등장을 장려하고 대비할 수 있다. 나아가 디지털 디바이스를 활용한 의료 서비스는 더 보편적이고 저렴하므로 해당 정부 지출을 감소시킬 수 있으며, 의료 보험 비용을 줄여 정부 예산 부담을 줄일 수 있다.						
	○ (경제산업적 기대효과) 기존 화학 기반, 바이오 의약품 시장을 파괴하지 않고, 정보통신 산업분야와의 협업으로 의료 체계를 확장시킬 수 있다. 따라서 기존 하드웨어와 소프트웨어 산업의 장점과 경쟁력을 취하면서 미래 산업을 개발할 수 있다. 디지털 치료제 소프트웨어 및 하드웨어 개발자나 관리자 등의 직종이 탄생할 수 있으며, 기존 제약 분야도 디지털 치료제 기술을 수용하는 채신이 일어날 수 있다.						

프로젝트의
필요성

연구 배경

- 바이오엔터티*의 보관을 위한 -80°C 이하 초저온(액체질소) 냉동보관은 바이오의약 분야 필수 핵심기술임
*바이오엔터티 (bioentity): DNA, RNA, 단백질, 세포외 소포체, 세포, 조직, 장기 및 이를 유래로 개발되는 바이오의약품 (백신, 유전자 치료제, 단백질 제제, 항체 치료제, 세포 치료제, 조직 공학 제제, 혈액 등), 난자 및 정자, 오가노이드, 생체 조직 칩을 포함하는 생물학적 독립/유사체
- 예를 들어, 최근 독감 (인플루엔자) 백신의 ‘상온 노출’ 사고에 의한 사망 사례들이 전국적으로 나오면서 백신의 개발뿐만이 아닌 백신 전반의 보관에 대한 중요성이 대두되었음. 생체 물질의 동결보존이란 단순히 유통상의 문제뿐 아니라 제조와 의료기관 보관 및 사용까지의 모든 과정을 포함하며, 동결보관-해동복원 과정 중 파괴 또는 변형이 유발됨



- 이에 바이오엔터티의 극저온 저온유통(콜드체인) 기술의 중요성이 커지고 있음. 특히 코로나19 및 독감백신 사태로 인해 안정적 공급에 대한 중요성이 커지면서 향후 콜드체인 시장은 급격히 성장할 것으로 전망됨. 세계보건기구(WHO)는 전체 백신 생산량 중 50%가 보관 및 운송 과정에서 변질되어 폐기 처분되고 있는 것을 알렸음

기존 기술·연구의 한계

- 의약품 시장이 성장을 지속하면서 신약 개발과 생산에 대한 관심은 높아졌지만, 유통에 대한 관심은 비교적 높지 않았다는 지적. 따라서, 바이오 물질의 안정적인 보관 및 이동을 위한 새로운 동결보존기술의 개발이 시급히 요구됨
- 전 세계적으로 신약 개발을 포함한 바이오 산업 분야에서 동물 실험 축소 움직임이 확산하며, 이를 대체할 수 있는 오가노이드, 생체 조직 칩 기술들이 발전 중이나 조직 세포의 동결 기술은 물론, 동결 및 해동용 하이드로젤 스캐폴드 소재들과 장기간 동결보존 및 해동복원 시스템 개발도 되어 있지 않은 상황

최종목표

- (정성적 목표) 현재까지의 동결보존기술에서 극복하지 못한 동결 및 해동 시의 근본적인 문제점인 얼음의 상태 변이를 최소화하여 모든 타입의 바이오 물질에 적용 가능하며 보관 및 유통까지 가능한 극저온($-196^{\circ}\text{C} \sim -80^{\circ}\text{C}$) 콜드체인용 동결보존 기술의 개발
- (정량적 목표) 생체 조직세포 복원율: 60 ~ 80 % (세계최고 성능: ~ 40 % (미국/영국))

	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정량적 목표) 균일한 냉해동 기능: 생체조직 공간내 ~10℃ ○ (정량적 목표) 세포외부/내부 결빙제어 소재 2종/세포막 강화 소재 1종/균일냉동 소재 1종/균일해동 소재 1종 (총 5종류) 			
기술개발 내용	세부기술 명	세부기술별 개발 내용		
	세포/조직/장기 동결보존 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 결빙에 의한 세포 손상을 막아줄 수 있는 소재 라이브러리 확보 (DNA, peptide, 나노입자 소재 기반) ○ 기계적 메타물질 개념을 도입한 세포막 강화 소재 개발을 통해 세포막 본래의 유연성은 최대한 유지한 채 세포 내외 얼음성장에 의한 압입력에 대한 세포막 저항력을 극대화 		
	세포외 기질 (extracellular matrix) 동결보존 및 해동복원 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 생체 조직 구조체 내에서의 냉동시 파생되는 heterogeneity의 구조적 분석 (tomographic TEM/superresolution 광학현미경 이미징) 및 이를 통한 소재 설계방안 마련 ○ 3차원 생체 조직 모델의 원하는 위치/시간 맞춤 해동 기술 구현 (플라스몬, 자기장 등 해동 기술) ○ 열적 메타물질 개념을 도입한 소재 스캐폴드를 구현하여 냉동 homogeneity를 극대화 		
	동결보존의 임상 중개 (translation) 적용 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암 진행 단계별 조직세포의 동결 및 해동 특성 분석 및 DB화 ○ 환자유래 조직에 대한 결빙제어 나노소재들의 성능을 평가하고 피드백하여 최적의 동결보존 조건을 구축 		
	냉/해동 시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요소 기술들을 집적하고 패키징하여 동결보존 및 해동복원이 가능한 컨테이너 시스템 개발 ○ 콜드체인 (장거리, 장시간 보관 및 이동)에 적합한 재료와 내구성 등 조건 확립 		
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*
	조직 수준의 오가노이드에 대한 효과적인 결빙 제어기술 필요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세포 종류 및 오가노이드의 군집 정도에 따라 결빙 거동이 달라지지만 이해에 대한 연구/이해가 부족한 상황 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 결빙제어 나노소재들의 세포 내외부 영역과 오가노이드 공간에서의 거동에 대한 물성 라이브러리화 및 오가노이드 적합성에 대한 시스템적 연가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세포 내외부에서 결빙을 조절할 수 있는 소재 라이브러리 확보
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	균일한 냉해동 기술의 부재	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특정 공간 내에서 냉동은 비균일적으로 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생체 조직의 향상된 결빙제어를 위해 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원하는 공간/시간대에 해동이 가능한

	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*		
		일어나게 되고, 이로 인해 유발된 열적 스트레스가 세포들의 사멸을 초래함	균일한(homogeneous) 동결을 유도할 수 있는 플랫폼 기술 필요	열적 메타 나노물질 구현		
	조직세포의 암 진행 단계별 맞춤형 동결 보존 기술의 부재	○ 동종의 암세포라고 하더라도 그 경과 단계에 따라 상이한 특성을 보이므로 그에 맞춘 최적의 동결보존 프로토콜을 구사하여야 하나, 진행단계에 맞춘 기술은 보고된 바 없음	○ 환자유래 조직세포들의 동결 특성을 추적하고 DB화	○ 조직세포의 동결 및 해동 특성 분석 및 DB화 & 환자유래 조직에 대한 결빙제어 나노소재들의 성능을 평가하고 피드백하여 최적의 동결보존 조건을 구축		
세부기술별 기술수준	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준		
	생체 오가노이드 복원율		~40% (미국, 영국)	60% ~80%		
	무독성 동결보존 소재 종류		세포외부 결빙제어 소재 1 종류 (미국, 영국, 이스라엘)	세포외부· 세포내부 결빙제 어 소재 2종, 세포막 강화 소재 1종, 균일냉동 소재 1종, 균일해 동 소재 1종 (총 5 종류)		
	균일한 냉해동 기능		없음	생체조직 공간내 ~10℃		
연도별 목표 및 추진내용	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
	목표	○	○	○	○	○
	추진 내용	○	○	○	○	○
세부기술별 최종성과 및						

성과지표	세부기술 R&D기간*					최종 성과물	성과지표 및 연도별 목표***					
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y		성과 지표	연도별 목표치				
								1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
	①											
	②											
③												
④												

소요예산	(단위 : 백만원)					
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계
	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	35,000

기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 현재까지 의료산업에서 널리 사용되고 있는 화학물질기반 동결보존제(DMSO, 글리세롤 등)는 세포독성이 있고 해동시 세포복원율의 한계가 있고, 극지생물에서 유래된 천연 단백질의 경우 생체적합한 반면 저조한 세포복원율의 한계가 있으므로, 100년 이상 지속되어온 난제를 풀 수 있는 나노바이오소재 기술 등을 개발하여, 의과학 및 임상 (정밀의료 등) 분야에까지 활용될 수 있음
	○ (정책적 기대효과) 과학기술적으로 수십년 동안 풀지 못했던 동결보존 및 해동복원 난제 해결에 정부가 나서 투자함으로써 전세계적으로 향후 더 중요해질 콜드체인 혁신 기술 선점, 파생 경제적, 보건사회적 비용 절감, 공공 의료 정책에 디딤돌 역할을 할 수 있을 것으로 기대
	○ (경제산업적 기대효과) 장기 냉동 보관 및 복원 기술은 기존에 없던 전혀 새로운 기술로서, 수요자의 위치, 수요자의 활용 시기에 관계없이 개발 기술 및 연계 제품을 전세계로 판매할 수 있으므로 파급 효과가 대단히 클 것으로 기대

세부과제명	[1-3-2] 디지털 트윈 기반 개인 질병 예측·치료기술
-------	---------------------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none"> 고령화가 가속화됨에 따라 질병 예방 및 개인화된 의료 서비스 제공을 통한 국민의 삶의 질 향상이 국가적 명제로 부각되고 있음 이에 미국, 영국 등 주요 선진국은 인체 디지털 트윈(digital twin)의 구축과 인공지능 기반 임상 및 치료를 제공하기 위한 의료 인공지능(AI in medicine) 분야에 투자를 집중하고 있음 의료 인공지능 기술의 시장 규모는 2018년 37조원에서 2019년 48조원으로 28.7% 증가하였으며 2023년에는 약 130조원을 기록할 것으로 전망됨 			
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기술과 개인의 신체 정보를 바탕으로 인체 아바타(patient avatar)를 구현하고, 구축된 개인화 및 통합화된 정보를 분석하여 질병의 발병확률 예측, 개선 및 치료 방법 제공 등을 수행하는 인공지능 시스템 개발 			
기술개발 내용	세부기술		세부기술별 개발 내용	
	데이터 수집 및 검증 기술		<ul style="list-style-type: none"> 새로운 이미징 및 감지 기술, 웨어러블 및 센서 데이터 분석, 랩 온어 칩(lab-on-a-chip) 등 데이터 수집 및 통합을 위한 기술과 효율적 관리를 위한 메타모델 개발 데이터의 임상 관련성(clinical relevance) 및 신뢰성 탐색 	
	생체의학 정보관리 시스템 기술		<ul style="list-style-type: none"> 생체의학 빅데이터의 집약적 분석을 가능하게 하는 스토리지 및 컴퓨팅 기술을 개발 커뮤니티 내에서의 협업을 강화하고 유비쿼터스 액세스(ubiquitous access)를 제공하기 위한 데이터 보호, 권한 부여 및 익명성 보장을 위한 정보관리 메커니즘 개발 	
	인공지능 기반 임상 기술		<ul style="list-style-type: none"> 설명 가능한 인공지능(eXplainable AI: XAI), 연합 기계학습(federated machine learning), 전이학습(transfer learning) 등 생체의학 빅데이터의 처리와 인체 디지털 트윈을 활용한 임상을 위한 새로운 패러다임의 인공지능 기술 개발 	
	사용자 인터페이스 기술		<ul style="list-style-type: none"> 개인화된 데이터, 이종 데이터, 동적 데이터 등에 대해 인간-컴퓨터 상호 작용 및 대화형 시각화를 지원하고 임상 기준에 따라 기존 의료 시스템과 통합 가능한 인터페이스 개발 	
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안) *
	데이터 수집 및 검증 기술	<ul style="list-style-type: none"> 의료데이터 정 보수집규제 등으로 범용기술만 존재 	<ul style="list-style-type: none"> 규제개선 및 신규개발 필요 	신규개발
	생체의학 정보관리 시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> 기초적 연구만 진행되고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 신규개발 필요 	신규개발
	인공지능 기반 임상 기술			신규개발
	사용자 인터페이스 기술			신규개발

세부기술별 기술수준				
	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준
	데이터 수집 및 검증 기술		2단계	8단계
	생체의학 정보관리 시스템 기술		3단계	8단계
	인공지능 기반 임상 기술		2단계	8단계
		사용자 인터페이스 기술	3단계	8단계
단계별 목표, 추진내용 및 성과				
	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)	3단계 (3년)
	목표	○ 이종 임상 데이터베이스의 구축, 통합 및 탐색	○ 개인화된 의료관리를 위한 인공지능 기술 개발	○ 임상의와 환자 모두를 위한 인체 아바타 기반 디지털 솔루션 개발
	추진내용	○ 생체의학 정보관리를 위한 이종 임상 데이터베이스의 설계, 구축 및 통합 (데이터 수집, 익명화, 연계 등) ○ 이종 임상 데이터베이스의 처리 기술 개발 ○ 이종 임상 데이터베이스 탐색을 위한 인터페이스 개발	○ 개인화된 의료 관리를 위한 인공지능 기술 개발 ○ 임상 시나리오를 활용한 시뮬레이션 및 응용 프로그램 개발 ○ 파일럿 테스트 및 검증	○ 실시간 대화형 사용자 인터페이스 개발 ○ 삶의 질과 관련이 큰 대사, 신경계, 암, 심혈관 및 호흡기 질환에 대한 신뢰성 평가, 맞춤화 및 고도화
	성과	○ 원천기술 5건 ○ 3급 특허 5건 ○ 상위 10% SCI 논문	○ 원천기술 10건 ○ 국제표준 3건	○ 원천기술 10건 ○ 국제표준 5건
소요예산				
	1단계	2단계	3단계	합계
	30억원/년	50억원/년	50억원/년	440억원/10년
기대효과				
	○ (학문적 기대효과) 새로운 패러다임의 인공지능 기술과 데이터 관리 기술 개발에 기여 ○ (경제적 기대효과) 의료 인공지능 분야의 원천기술 확보를 통한 국가 주력산업 창출 (기술이전, 수출 등) ○ (사회적 기대효과) 고령화 시대에 질병 예방 및 개인화된 의료 서비스 제공을 통해 국민의 삶의 질 향상에 기여			

세부과제 명	[2-1-1] 뇌-기계 간 인터페이스 기술
--------	-------------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none"> ○ 뇌는 신체 움직임을 조절하는 주요 장기로, 인지기능과 운동 및 감각 기능 모두에 관여한다. 따라서 뇌-기계 인터페이스 기술은 뇌의 기능과 작동 기전을 이해하고 뇌의 복잡한 작용을 기계가 계산할 수 있는 형태로 인코딩하고 해석하는 고도화된 기술을 요구 ○ 유기체를 조절하던 뇌의 신호를 기계 움직임에 활용하기 위해서는 유기체적, 생물학적 신호를 기계적 신호로 변환할 수 있는 프로그램이 필요 기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 여전히 뇌 신호를 포착해 유의미한 신호로 변환하는 기술은 부족하며, 기계가 처리할 수 있는 언어로 뇌 신호를 바꾼다고 하더라도 해당 신호를 기계적 움직임으로 원활히 구현하는데도 한계가 있음 			
	최종목표 <ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) 뇌 신호를 기계 작동으로 변환하고, 기계의 인풋을 뇌 신호로 변환해 인체의 감각 및 운동 한계를 넘어서는 인간-기계 상호작용 실현 ○ (정량적 목표) 뇌 신호와 기계 신호 사이의 원활한 번역을 할 수 있는 디코딩 프로그램을 개발하고 뇌 신호로 기계를 제어하는 하드웨어와 소프트웨어 개발 - SCI급 논문, 관련 기술 특허 출원 및 기술 이전, 뇌-기계 인터페이스가 수집하는 데이터 관리 가능한 클라우드 구축			
기술개발 내용	세부기술 명		세부기술별 개발 내용	
	고해상도 센싱 기술 개발		뇌 신호를 수집하기 위한 센서 전극 및 레코딩 시스템을 구축. 충분한 뇌신호 샘플 확보를 위해 고해상도 (최소 100 채널 이상) 센서 전극 어레이와 이를 지원하는 저잡음 무선 레코딩 시스템 개발	
	디코딩 알고리즘 기술		고해상도 센서 전극에서 수집된 RAW 신호에서 의미있는 데이터를 해석 및 복원하기 위한 디코딩 알고리즘 개발	
	BMI 이용한 기계 원격조종 및 실험기구 운영		인공지능 및 BMI 기술이 탑재된 기계 및 실험기구를 개발해 수집 자료를 실시간으로 분석하고 피드백에 반영해 자동으로 제어되는 기계 운영 시스템 구축.	
	산업용 BMI 기술 개발		산업 부문마다 효과적으로 사용될 수 있는 BMI 하드웨어 및 소프트웨어를 디자인하고, 분야별 BMI 수집 자료 클라우드를 만들어 머신러닝/딥러닝 활용한 집단 학습 가능하게 하는 원천 기술 개발	
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)
	고해상도 센싱 기술	뇌신호를 수집할 수 있는 채널 수가 제한적임 수집된 뇌신호를 저장하고 전송하는 시스템 개발이 부진함	100 채널 이상의 센싱 전극 어레이와 이와 연동되는 저잡음 레코딩 시스템 소형화	기존 과제 고도화
	디코딩 알고리즘 기술	뇌에서 수집된 RAW신호 분석 알고리즘 기술이 부족함	뇌에서 의미있는 신호를 복원하기 위한 알고리즘 개발 딥러닝/머신러닝을 적용하여 높은 정확성 구현	신규개발
	BMI를 이용한 기계 원격조정	뇌신호와 기계신호의 번역 한계	디코딩된 신호를 기계 제어 신호로 해석하여 기계 제어	신규개발
	산업용 BMI 기술 개발	응용분야가 제한적임 안전성 문제 재기	안전성 확보를 위한 프로토콜 확립	신규개발

세부기술별 기술수준	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준
	고해상도 센싱 기술		3단계	8단계
	디코딩 알고리즘 기술		2단계	7단계
	BMI를 이용한 기계 원격조정		3단계	8단계
	산업용 BMI 기술 개발		3단계	8단계
단계별 목표 및 추진내용 및 성과	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)	3단계 (3년)
	목표	<ul style="list-style-type: none"> 뇌 신호에 따른 움직임 자연스럽게 수행하는 하드웨어 및 인터페이스 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 뇌 신호 노이즈 제거하고 디지털 신호로 변환하는 디코딩 기술 개발 BMI 수집 데이터 클라우드 구축 및 인공지능 학습 알고리즘 개발 	<ul style="list-style-type: none"> BMI 기술 상용화 BMI와 디지털 트윈 기술 융합 기술 개발
	추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> 기계가 뇌 신호를 제대로 해석하지 못하거나 기계적 움직임으로 구현하는데 있는 한계를 극복하고 BMI가 뇌 기능이 인간 신체 한계를 뛰어넘어 활용될 수 있도록 하드웨어 기술을 고도화. 고해상도 센싱기술과 무선 레코딩 시스템을 개발하여 움직임에 따른 뇌신호를 수집하는 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 복잡한 뇌 신호가 의미하는 바를 해석하는 소프트웨어 개발. 노이즈를 제거하고 데이터를 컴퓨팅할 수 있는 매커니즘을 밝히고 축적된 뇌 신호 데이터를 기반으로 다양한 뇌 신호의 의미를 파악하는 머신러닝 알고리즘 개발 BMI에서 발생하는 데이터를 모아 다양한 인터페이스 사례 데이터베이스 구축. 해당 데이터 베이스를 활용해 다양한 돌발 상황에 대응할 수 있는 경우의 수를 계산하고 BMI 소프트웨어 및 하드웨어의 집단 학습 실현화 	<ul style="list-style-type: none"> 인터페이스 디바이스 소형화 기술 연구를 통해 BMI 접근성 향상. BMI를 범용기술로 만드는 연구 통해 다양한 분야에 BMI 활용될 수 있도록 함 산업 적용을 위한 안전성 프로토콜 BMI가 수집하는 생체 정보 및 환경 정보를 디지털 환경에 반영해 임상실험이나 위험 환경 실험에 사용. 산업에 적용
	성과	<ul style="list-style-type: none"> 특허 5건 상위 10% SCI 논문 3건 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 특허 7건 상위 10% SCI 논문 5건 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 특허 10건 상위 10% SCI 논문 2건 이상
소요예산	1단계	2단계	3단계	합계
	40억원/년	40억원/년	40억원/년	400억원/10년
기대효과				
	<ul style="list-style-type: none"> (과학기술적 기대효과) BMI 기술 발전은 신체 능력 뛰어넘는 인지 및 운동능력을 획득하게 해주고, 기계의 원격 조종을 더 정교화할 수 있다. 나아가 통신기술에 적용된다면 디지털 디바이스가 전혀 다른 형태(ex. 신체에 이식된 휴대전화)로 발달 가능 (정책적 기대효과) BMI를 활용해 움직이기 힘든 사람들을 보조하는 복지 정책을 펼칠 수 있고, 위험 산업군에 기계를 적극적으로 투입해 인력난을 극복 (경제산업적 기대효과) BMI 실용화에 필요한 하드웨어와 소프트웨어 개발 인력 수요로 일자리 창출에 기여할 수 있음은 물론이고 개발 이후 교육, 의료, 산업계에서 활용된다면 기존 인간 노동력을 활용하면서도 인간의 한계를 뛰어넘는 퍼포먼스를 기대 			

세부과제명	[2-2-1] 정보 식별 및 식별 데이터 검증 기술
-------	------------------------------

프로젝트의 필요성	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none">○ 인공지능이 의사결정에 직간접적으로 관여하는 경우가 많아지고 있으나, 차별이나 오류에 관한 명확한 원인을 파악하기 어렵고 경험적으로만 신뢰성을 점검하는 수준임○ 최근 인터넷 검색이나 챗봇 등에서 학습에 사용된 데이터의 질에 따라 인공지능 알고리즘이 문제행동을 일으키거나 편향성의 문제점을 보이는 사례가 증가하고 있음○ 인공지능 알고리즘의 기술적인 특성 때문에, 투명성 자체를 확보하기 어렵고, 알고리즘 자체가 지적재산으로 보호받아야 할 대상일 경우가 많아 알고리즘을 감사하는 것은 실효성이 없음○ 따라서, 인공지능 알고리즘이 편향된 결과를 내지 않는 인공지능 구현할 수 있도록 활용하는 데이터 품질을 높이고, 설명가능한 인공지능 (eXplainable AI: XAI)을 구현할 수 있어야 함																							
최종목표	<ul style="list-style-type: none">○ (정성적 목표) 예측 결과를 신뢰할 수 있는 인공지능 기술 구현○ (정량적 목표) 데이터 신뢰성을 100% 확보할 수 있는 인공지능 기술 확보																							
기술개발 내용	<table><tr><th>세부기술 명</th><th colspan="3">세부기술별 개발 내용</th></tr><tr><td>데이터 품질 검증 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">○ 학습에 활용되는 데이터의 편향성을 제거하기 위한 데이터셋을 매핑하는 기술 개발○ 데이터의 대표성, 타당성, 일관성, 정확성 등을 확보할 수 있는 데이터 품질 검증 기술 개발</td></tr><tr><td>설명가능한 인공지능 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">○ 예측 결과를 설명할 수 있도록 입력 데이터의 특징들 간의 인과관계 및 상관관계를 규명하는 인공지능 기술 개발○ 인공지능 알고리즘이 잘못 학습된 경우, 사용자가 피드백을 주어 수정하도록 하는 능동학습을 수행하는 기술 개발</td></tr><tr><td>인공지능 알고리즘의 편향된 결과 모니터링 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">○ 인공지능이 도출한 결과가 편향된 결과를 생산하였음을 모니터링하는 기술 개발○ 인공지능 결과물의 공정성을 분석하여 개인과 사회에 미칠 수 있는 영향을 분석하는 기술 개발</td></tr><tr><td>결과를 설명하는 인터페이스 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">○ 인공지능의 의사결정 이유를 언어적 및 시각적으로 설명하는 인터페이스 기술 개발○ HCI (Human-computer interaction) 기술을 이용하여 의사결정에 대한 설명을 사용자가 이해할 수 있도록 서비스하는 기술 개발</td></tr></table>				세부기술 명	세부기술별 개발 내용			데이터 품질 검증 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 학습에 활용되는 데이터의 편향성을 제거하기 위한 데이터셋을 매핑하는 기술 개발○ 데이터의 대표성, 타당성, 일관성, 정확성 등을 확보할 수 있는 데이터 품질 검증 기술 개발			설명가능한 인공지능 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 예측 결과를 설명할 수 있도록 입력 데이터의 특징들 간의 인과관계 및 상관관계를 규명하는 인공지능 기술 개발○ 인공지능 알고리즘이 잘못 학습된 경우, 사용자가 피드백을 주어 수정하도록 하는 능동학습을 수행하는 기술 개발			인공지능 알고리즘의 편향된 결과 모니터링 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 인공지능이 도출한 결과가 편향된 결과를 생산하였음을 모니터링하는 기술 개발○ 인공지능 결과물의 공정성을 분석하여 개인과 사회에 미칠 수 있는 영향을 분석하는 기술 개발			결과를 설명하는 인터페이스 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 인공지능의 의사결정 이유를 언어적 및 시각적으로 설명하는 인터페이스 기술 개발○ HCI (Human-computer interaction) 기술을 이용하여 의사결정에 대한 설명을 사용자가 이해할 수 있도록 서비스하는 기술 개발		
세부기술 명	세부기술별 개발 내용																							
데이터 품질 검증 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 학습에 활용되는 데이터의 편향성을 제거하기 위한 데이터셋을 매핑하는 기술 개발○ 데이터의 대표성, 타당성, 일관성, 정확성 등을 확보할 수 있는 데이터 품질 검증 기술 개발																							
설명가능한 인공지능 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 예측 결과를 설명할 수 있도록 입력 데이터의 특징들 간의 인과관계 및 상관관계를 규명하는 인공지능 기술 개발○ 인공지능 알고리즘이 잘못 학습된 경우, 사용자가 피드백을 주어 수정하도록 하는 능동학습을 수행하는 기술 개발																							
인공지능 알고리즘의 편향된 결과 모니터링 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 인공지능이 도출한 결과가 편향된 결과를 생산하였음을 모니터링하는 기술 개발○ 인공지능 결과물의 공정성을 분석하여 개인과 사회에 미칠 수 있는 영향을 분석하는 기술 개발																							
결과를 설명하는 인터페이스 기술	<ul style="list-style-type: none">○ 인공지능의 의사결정 이유를 언어적 및 시각적으로 설명하는 인터페이스 기술 개발○ HCI (Human-computer interaction) 기술을 이용하여 의사결정에 대한 설명을 사용자가 이해할 수 있도록 서비스하는 기술 개발																							
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	<table><tr><th>세부기술</th><th>한계점</th><th>해결방안</th><th>개발전략 (확보방안)*</th></tr><tr><td>데이터 품질 검증 기술</td><td><ul style="list-style-type: none">● 인공지능의 학습과정에서 활용되는 데이터가 높은 품질을 지니고 있는지 확인하기 어려움.● 학습데이터가 일부에</td><td><ul style="list-style-type: none">● 인공지능 학습데이터를 사전에 특정 기준에 의해 매핑하고 대표성, 완전성, 일관성 등을 평가하는 기술을 개발함.● 과적합 (overfitting), 정규</td><td>① 신규 개발 + ② 기존 과제 효율화/고도화</td></tr></table>	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*	데이터 품질 검증 기술	<ul style="list-style-type: none">● 인공지능의 학습과정에서 활용되는 데이터가 높은 품질을 지니고 있는지 확인하기 어려움.● 학습데이터가 일부에	<ul style="list-style-type: none">● 인공지능 학습데이터를 사전에 특정 기준에 의해 매핑하고 대표성, 완전성, 일관성 등을 평가하는 기술을 개발함.● 과적합 (overfitting), 정규	① 신규 개발 + ② 기존 과제 효율화/고도화															
세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*																					
데이터 품질 검증 기술	<ul style="list-style-type: none">● 인공지능의 학습과정에서 활용되는 데이터가 높은 품질을 지니고 있는지 확인하기 어려움.● 학습데이터가 일부에	<ul style="list-style-type: none">● 인공지능 학습데이터를 사전에 특정 기준에 의해 매핑하고 대표성, 완전성, 일관성 등을 평가하는 기술을 개발함.● 과적합 (overfitting), 정규	① 신규 개발 + ② 기존 과제 효율화/고도화																					

	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안))*
		편향되어 있어 왜곡된 학습결과를 산출하는 지 검증되지 않음.	화 (regularization), 랜덤화 (ramdomization) 등의 데이터 학습 기술을 고도화함.	
	설명가능한 인공지능 기술	<ul style="list-style-type: none">현재 인공지능 기술은 예측 결과물을 제시하고 그 과정에 대한 설명은 부족한 현실임.현재 설명가능한 인공지능 기술도 의사결정을 위한 정확한 설명을 제시하는 결과물을 산출하지 못한 실정임.	<ul style="list-style-type: none">학습을 통해 도출된 예측 결과를 설명할 수 있도록 입력 데이터의 특징들 간의 인과관계 및 상관관계를 규명하는 기술을 개발함.인간과 기계가 협업할 수 있도록 사용자가 피드백을 주어 수정하도록 하는 능동학습을 수행하는 기술을 개발함.	① 신 규 개발+ ②기존 과제 효율화/고도화
	인공지능 알고리즘의 편향된 결과 모니터링 기술	<ul style="list-style-type: none">인공지능 알고리즘의 결과가 오류가 있거나 편향되었는지 판단하는 기술이 부족함인공지능 적용 결과의 정확성만을 목표로 기술개발을 하고 있어, 신뢰성과 투명성을 높이기 위한 기술개발은 미흡함.	<ul style="list-style-type: none">검색이나 시각화 결과 등에서 인공지능의 분석결과가 편향되었음을 모니터링하는 기술을 개발함인공지능 결과물의 공정성을 분석하여 개인과 사회에 미칠 수 있는 영향을 분석하는 기술을 개발함	① 신 규 개발+ ②기존 과제 효율화/고도화
	결과를 설명하는 인터페이스 기술	<ul style="list-style-type: none">현재 인공지능 적용 결과는 예측 결과의 제시에만 초점을 맞추고 있어, 결과를 설명하는 인터페이스를 제시하고 있지 못함	<ul style="list-style-type: none">인공지능 사용자가 이해하기 쉽게 의사결정 이유를 언어적 및 시각적으로 설명하는 인터페이스 기술을 개발함HCI 기술을 이용하여 의사결정에 대한 설명을 사용자에게 서비스하는 기술을 개발함	②기존 과제 효율화/고도화

세부기술별 기술수준	세부 기술	세부기술 명	현재 기술수준	목표 기술수준
	①	데이터 품질 검증 기술	2 단계	7 단계
	②	설명가능한 인공지능 기술	1 단계	5 단계
	③	인공지능 알고리즘의 편향된 결과 모니터링 기술	2 단계	6 단계
	④	결과를 설명하는 인터페이스 기술	3 단계	8 단계

세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
	①						3급 특허 3건 상위10% SCI 논문 7건
	②						3급 특허 5건 상위10% SCI 논문 10건
	③						3급 특허 3건 상위10% SCI 논문 5건
	④						3급 특허 3건 상위10% SCI 논문 5건
소요예산	(단위 : 백만원)						
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계	
	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	10,000	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (과학기술적 기대효과) 신뢰성있고 설명가능한 인공지능 활용 기술 확대 ○ (정책적 기대효과) 선도적 인공지능 기술의 개발을 통한 국가 위상 제고 ○ (경제산업적 기대효과) 산업에서 인공지능의 적용을 통한 의사결정 수행 확대 						

세부과제명	[2-2-2] 차세대 암호 통신 기술
-------	----------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none">○ 향후 초연결 사회가 도래함에 따라 통신정보의 규모는 크게 확대될 것이며 통신정보의 보안이슈는 보다 중요해 질 것으로 기대됨. 특히 양자컴퓨팅이 주류로 진입하고 있는 상황에서 기존의 암호화 접근법에서 발생 가능한 보안 위협에 대응하고자 차세대 암호통신기술로 양자암호통신 기술이 제시됨.○ 양자정보통신 글로벌 시장의 규모는 반도체수준으로 급성장하여 2019년 5억 700만 달러에서 2020~2030에 연평균 56%로 성장하여 2030년까지 약 650억 달러에 이를 것으로 예측되며(Globenewswire, Worldwide Quantum Computing Market (2019-2030)- Drivers, Restraint and Opportunities, 2020.04.06.) 이에 양자암호통신 시장 또한 함께 성장할 것으로 기대됨. <p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현재는 양자암호통신의 세계적인 기술수준은 단순한 일대일 암호통신만 가능하며, 시스템 안정성, 크기, 가격 등의 이슈로 제한된 응용분야에서 시험운영 중임.○ 현재의 기술수준에서 양자암호통신의 본격적인 상용화를 위한 핵심 기술 개발은 도전적이나 기술개발의 파급효과가 상당할 것이며, 향후 새롭게 형성되는 양자정보통신 시장에서 기술주도권을 확보하는데 필수적임.																							
	<p>최종목표</p> <ul style="list-style-type: none">○ 양자컴퓨팅 위협에도 안전한 양자암호통신 상용화 기술을 개발하되, 일반 국민이 체험할 수 있는 수준의 양자암호통신 기술이 되기 위한 세부기술 개발																							
기술개발 내용	<table><tr><th>세부기술</th><th colspan="3">세부기술별 개발 내용</th></tr><tr><td>양자암호통신 네트워크 구현</td><td colspan="3">○ 양자컴퓨팅 알고리즘의 의한 기존 공개키 암호화 방식에 대응하기 위한 양자암호와 양자내성 알고리즘 개발</td></tr><tr><td>시스템 안정성 제어 기술</td><td colspan="3">○ 다양한 외부환경조건에서도 안정적으로 양자신호를 송수신할 수 있는 고속 양자암호통신 시스템 개발</td></tr><tr><td>시스템 소형화/저가 기술</td><td colspan="3">○ 저가에 안정적으로 구현 가능한 소형의 양자암호통신 부품 기술 개발</td></tr><tr><td>단일광케이블 이중채널 구현</td><td colspan="3">○ 양자채널의 단일모드 구현이 가능하도록 단일광케이블의 이중채널 구현 기술</td></tr></table>				세부기술	세부기술별 개발 내용			양자암호통신 네트워크 구현	○ 양자컴퓨팅 알고리즘의 의한 기존 공개키 암호화 방식에 대응하기 위한 양자암호와 양자내성 알고리즘 개발			시스템 안정성 제어 기술	○ 다양한 외부환경조건에서도 안정적으로 양자신호를 송수신할 수 있는 고속 양자암호통신 시스템 개발			시스템 소형화/저가 기술	○ 저가에 안정적으로 구현 가능한 소형의 양자암호통신 부품 기술 개발			단일광케이블 이중채널 구현	○ 양자채널의 단일모드 구현이 가능하도록 단일광케이블의 이중채널 구현 기술		
세부기술	세부기술별 개발 내용																							
양자암호통신 네트워크 구현	○ 양자컴퓨팅 알고리즘의 의한 기존 공개키 암호화 방식에 대응하기 위한 양자암호와 양자내성 알고리즘 개발																							
시스템 안정성 제어 기술	○ 다양한 외부환경조건에서도 안정적으로 양자신호를 송수신할 수 있는 고속 양자암호통신 시스템 개발																							
시스템 소형화/저가 기술	○ 저가에 안정적으로 구현 가능한 소형의 양자암호통신 부품 기술 개발																							
단일광케이블 이중채널 구현	○ 양자채널의 단일모드 구현이 가능하도록 단일광케이블의 이중채널 구현 기술																							
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	<table><tr><th>세부기술</th><th>한계점</th><th>해결방안</th><th>개발전략 (확보방안)</th></tr><tr><td>양자암호네트워크 구현</td><td rowspan="4">○ 기초적 연구만 진행되고 있음</td><td rowspan="4">○ 신규개발 및 표준 확보 필요</td><td>신규개발</td></tr><tr><td>시스템 안정성 제어 기술</td><td>신규개발</td></tr><tr><td>시스템 소형화/저가 기술</td><td>신규개발</td></tr><tr><td>단일광케이블 이중채널 구현</td><td>신규개발</td></tr></table>				세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)	양자암호네트워크 구현	○ 기초적 연구만 진행되고 있음	○ 신규개발 및 표준 확보 필요	신규개발	시스템 안정성 제어 기술	신규개발	시스템 소형화/저가 기술	신규개발	단일광케이블 이중채널 구현	신규개발						
세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)																					
양자암호네트워크 구현	○ 기초적 연구만 진행되고 있음	○ 신규개발 및 표준 확보 필요	신규개발																					
시스템 안정성 제어 기술			신규개발																					
시스템 소형화/저가 기술			신규개발																					
단일광케이블 이중채널 구현			신규개발																					

세부기술별 기술수준				
	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준
	양자암호통신 네트워크 구현		1단계	6단계
	양자암호통신 시스템 안정성 제어 기술		1단계	6단계
	양자암호통신 시스템 소형화/저가 기술		1단계	6단계
		단일광케이블 이중채널 구현	1단계	6단계
단계별 목표, 추진내용 및 성과				
	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)	3단계 (3년)
	목표	○ 양자암호통신 네트워크 기초 HW/SW 기술개발	○ 양자암호통신 네트워크 시스템 안정화, 소형화, 저가화	○ 양자암호통신 기술의 상용화 실현
	추진내용	○ 양자암호(양자키분배 기, 양자난수생성기 등)의 핵심기술과 플랫폼, 국제표준 개발 ○ 다양한 양자내성 알고리즘 (Lattice-based, Multi-variate, Hash-based 등) 개발 및 검증	○ 네트워크 핵심 부품의 소형화 기술 개발 (무형 양자암호통신 부품의 집적화 칩 개발 등) ○ 다양한 외부환경조건(거리, 태양광, 광자수 분해 공격, 유무선 등)에서의 안정성 보장	○ 국내 양자암호통신 네트워크 구축 지원, 서비스가입자 인증서버에 양자암호기술 적용, 양자보안 단말 적용 등을 일반국민이 체험할 수 있을 범위의 양자암호통신 기술 상용화
	성과	○ 원천기술 5건 ○ 3급 특허 5건 ○ 상위 10% SCI 논문	○ 원천기술 10건 ○ 국제표준 3건	○ 원천기술 10건 ○ 국제표준 5건
소요예산				
	1단계	2단계	3단계	합계
	30억원/년	50억원/년	50억원/년	440억원/10년
기대효과	○ (학문적 기대효과) 새로운 패러다임의 차세대 암호통신 기술 개발과 상용화에 기여 ○ (경제적 기대효과) 양자정보통신 분야의 원천기술 확보를 통한 국가 주력산업 창출 (기술이전, 국내 제품과 서비스의 수출 효과 기대) ○ (사회적 기대효과) 데이터 보안의 강화로 정보유출 없는 안전한 디지털 사회의 실현이 가능			

세부과제 명	[3-1-1] 탄소 중립 저에너지 도시발전 기술
--------	----------------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2050 탄소중립 실현을 위해 온실가스를 다량 배출하는 도심 단위의 대책으로서 플러스에너지 커뮤니티 구축을 통한 도시발전 기술 필요 ○ 커뮤니티 내 분산자원 공유를 통해 투자비용을 줄이며 개별 건물 에너지 효율 한계를 넘어 커뮤니티 집단의 에너지 최적화 달성 필요 ○ 저에너지 건물의 에너지 효율성 향상과 이를 연결한 커뮤니티 구성 기술을 활용하면 기존 시설을 유지하여 비용을 낮출 수 있음 ○ 커뮤니티 내 에너지 소비 패턴이 다른 건물과 유틸리티를 통합, 관리하고 에너지 소비자 사이의 에너지 거래를 이루어 저탄소·저소비 커뮤니티로 전환 필요 												
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정성적 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 저에너지 건축물 효율 향상 및 플러스에너지 커뮤니티 구축을 통한 넷 제로시티 구현 - 개별 수용가 단위 건물의 분산 에너지시스템 확대와 수요관리에서 벗어나 커뮤니티의 건물 에너지 연결을 통해 집단위 에너지최적화 기술 개발 ○ (정량적 목표) 2030년까지 넷제로탄소, 제로웨이스트 도시 10개 구축 												
기술개발 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>세부기술 명</th><th>세부기술별 개발 내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>에너지 하베스팅 기술</td><td>건물, 자동차, 전자기기, 도로 및 열전, 압전 등 활용 에너지 포집 및 저장 기술</td></tr> <tr> <td>분산 에너지 최적화 기술</td><td>에너지 비용 절감, 온실가스 저감, 커뮤니티 탄력성(resilience) 등 여러 목적을 동시 이루기 위한 분산에너지 자원의 설계 및 운전 기술</td></tr> <tr> <td>친환경 부문 연동 기술</td><td>배터리, 수소, 태양 등을 활용한 도심내 친환경 에너지 생산</td></tr> <tr> <td>커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술</td><td>태양광, 연료전지, 지열, ESS, 축열조 등 다양한 이종 분산 에너지의 실시간 연결을 위한 정보 모델의 상호운용성 및 정보 보안 기술</td></tr> <tr> <td>연결형 커뮤니티 기술</td><td>분산에너지 자원을 최적 관리하는 기술</td></tr> </tbody> </table>	세부기술 명	세부기술별 개발 내용	에너지 하베스팅 기술	건물, 자동차, 전자기기, 도로 및 열전, 압전 등 활용 에너지 포집 및 저장 기술	분산 에너지 최적화 기술	에너지 비용 절감, 온실가스 저감, 커뮤니티 탄력성(resilience) 등 여러 목적을 동시 이루기 위한 분산에너지 자원의 설계 및 운전 기술	친환경 부문 연동 기술	배터리, 수소, 태양 등을 활용한 도심내 친환경 에너지 생산	커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술	태양광, 연료전지, 지열, ESS, 축열조 등 다양한 이종 분산 에너지의 실시간 연결을 위한 정보 모델의 상호운용성 및 정보 보안 기술	연결형 커뮤니티 기술	분산에너지 자원을 최적 관리하는 기술
세부기술 명	세부기술별 개발 내용												
에너지 하베스팅 기술	건물, 자동차, 전자기기, 도로 및 열전, 압전 등 활용 에너지 포집 및 저장 기술												
분산 에너지 최적화 기술	에너지 비용 절감, 온실가스 저감, 커뮤니티 탄력성(resilience) 등 여러 목적을 동시 이루기 위한 분산에너지 자원의 설계 및 운전 기술												
친환경 부문 연동 기술	배터리, 수소, 태양 등을 활용한 도심내 친환경 에너지 생산												
커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술	태양광, 연료전지, 지열, ESS, 축열조 등 다양한 이종 분산 에너지의 실시간 연결을 위한 정보 모델의 상호운용성 및 정보 보안 기술												
연결형 커뮤니티 기술	분산에너지 자원을 최적 관리하는 기술												

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안) *		
	에너지 하베스팅 기술	○ 낮은 변환효율 ○ 경제성 미확보	○ 열전, 압전등의 원천기술 개발을 통한 세계최고 변환효율 달성 ○ 기술사업화를 통한 경제성 확보	①신규개발		
	분산 에너지 최적화 기술	○ 분산에너지자원 보급 초기단계로 수용가의 에너지자립도에 초점을 맞추고 있어 공유 개념 前단계	○ 신도시 개발, 도시재생사업 등 설계 단계에서 여러 수용가를 그룹화하여 분산 에너지자원 용량 설계, 운전 최적화 개발	①신규개발		
	친환경 부문 연동 기술	○ 설치 부지 제약 ○ 낮은 변환효율	○ 생활밀착형 전원 기술 개발 ○ 도심형 sector coupling 기술 개발	①신규개발		
	커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술	○ 다양한 이종 분산에너지 시스템에 대한 정보 모델 표준화와 네트워크 연결이 이루어지지 않아 상호운용성 확보 어려움	○ 분산에너지자원의 핵심 기기(인버터, PCS, EMS, RTU, AMI 등) 중심으로 정보모델, 유스케이스(Use Case) 국가 표준 제정 ○ 융복합 보안 기술 표준 및 평가 체계 구축	①신규개발, ②기존 과제 효율화/ 고도화		
	연결형 커뮤니티 기술	○ 소규모 발전원으로 인한 경제성 악화	○ ICT 기술을 적용한 생산량 예측 및 유지관리	①신규개발, ②기존 과제 효율화/ 고도화		
세부기술별 기술수준	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준		
	에너지 하베스팅 기술		TRL 2	TRL 6		
	분산 에너지 최적화 기술		2단계	6단계		
	친환경 부문 연동 기술		TRL 3	TRL 7		
	커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술		3단계	7단계		
	연결형 커뮤니티 기술		TRL 3	TRL 7		
연도별 목표 및 추진내용	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
	목표	○ 에너지 하베스팅 기술 개발	○ 친환경 에너지 생산 기술 고도화	○ 연결형 커뮤니티 구축 기술 개발	○ 커넥티드 커뮤니티 시스템 개발 및 표준화 연구	○ 커넥티드 커뮤니티 실증 도시 구축
	추진 내용	○ 에너지 하베스팅을 위한 기술 개발 ○ 도심내 에너지 저장기술 개발	○ 저에너지 건물에 친환경 에너지 생산 기술 고도화	○ 분산 에너지 관리 프로그램 개발 및 실증 확보	○ 건물 에너지 소비패턴 기반 (전력·열) 공유 기술 개발 ○ 실시간 에너지 소비 및 그리드 연동 제어 기술 개발 ○ 표준 기반 분산 에너지 자원 운영	○ 실환경 커넥티드 커뮤니티 시스템 구축 및 운전 ○ 요금제 및 인센티브 기반 운전 시나리오 개발, 실증 ○ 시스템 상호운용성 및 보안성 검증

	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y						
					시스템 개발							
세부기술별 최종성과 및 성과지표												
	세부기술 R&D기간*					최종 성과물	성과지표 및 연도별 목표**					
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y		성과 지표	연도별 목표치				
								1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
	에너지 하베스팅 기술					도시형 에너지하베 스팅 모듈	특허	5	5	5	5	5
							논문	5	5	5	5	5
	친환경 부문 연동 기술					도시형 신재생에너 지 패키지	특허	10	10	10	10	10
							논문	10	10	10	10	10
	커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술					도시형 친환경 에너지 통합 플랫폼	핵심 특허	10	10	10	10	10
	분산 에너지 최적화 기술					에너지원별 통합제어 플랫폼	특허	2	2	2	2	2
							논문	1	1	1	2	2
	커넥티드 커뮤니티 ICT 융합 기술					정보모델 표준화	표준화					3
							특허		1	2	2	2
							논문	1	1	1	1	1
	소요예산	(단위 : 백만원)										
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계					
		25,000	25,000	27,000	48,000	48,000	173,000					
	기대효과											
		○ (과학기술적 기대효과) 분산된 에너지 자원 효율화를 위한 관리 기술 확보										
		○ (정책적 기대효과) 2050 탄소중립 실현을 위한 도시개발 방안 마련										
							○ (경제산업적 기대효과) 에너지 효율 향상을 통한 경제성 증진 및 새로운 도시개발 산업 창출					

세부과제 명	[3-1-2] 수중도시 구현을 위한 시공 기술
--------	---------------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국(미국, 일본, 독일 등)에서는 계속 조사 중심이었던 해저과학기지를 산업에 적용하면서 해양뿐만 아닌 건설, 에너지, 소재 등의 융복합 첨단과학 산업발전지로 육성하고 있으며, 적용영역, 기능 확대를 통해 사업화 차별성을 구축 중 ○ (시장/산업화 측면의 시급성) 중국, 미국 등 해저자원 발굴, 해저레저관광, 해저터널 건설 등 해저구조체 세계 수요시장은 증가세 ○ 수중도시 구현 기술은 극한조건에서의 첨단과학기술의 융복합 결합이라는 특성을 가지고 있어, 기술사업화에 따른 산업 활용 용도의 연관분야가 큰 고부가가치 산업이며, 글로벌 산업화 선점을 통해 차세대 성장 동력으로 삼아야 할 핵심동력기술 <p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 코로나 펜더믹, 해수면 상승으로 인한 영토축소, 환경오염 및 인구밀집도에 따른 육상자원고갈, 육상지반침하 등의 문제를 대응하기 위한 특수환경의 연구기반 인프라가 부재 <ul style="list-style-type: none"> - (산업기반 및 국가경쟁력 취약) 국내 해저구조체관련 산업 발전 과정에서 기술 실증 인프라 미비로 인한 산업기반 및 국가경쟁력이 취약한 상태 - (실증 부족으로 인한 기술기반 취약) 국내 해저건설산업은 민간의 기술력 미비로 인한 기업 자생력 취약, 원천기술 부재에 따른 저생산성으로 전체 산업발전의 효율성 저하 																									
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) 안전하고 독립된 수중도시 구현 및 거주 실현 ○ (정량적 목표) : 수심별 수중도시 건설을 위한 설계, 시공, 운영, 유지관리 핵심 원천기술 확보 																									
기술개발 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>세부기술</th><th>상세 기술내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">수중도시 입지분석/선정 기술</td><td>○ 해저 지반 및 건설환경 조사/분석 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중도시 입지 적합성 판정 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="3">수중 구조체 공간 설계 기술</td><td>○ 최적 공간 배치 기술</td></tr> <tr> <td>○ 필요 시설 배치 및 설치 기술</td></tr> <tr> <td>○ 부력 저감 및 구조체 안정화 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="4">내압구조 설계 기술</td><td>○ 수압 분산 최적형상 설계 기술</td></tr> <tr> <td>○ 신형식 복합구조 설계 기술</td></tr> <tr> <td>○ 구조체 및 연결부 수밀 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 구조체 거동 해석 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="6">수중 구조체 시공 기술</td><td>○ 구조체 모듈화 기술</td></tr> <tr> <td>○ 모듈 이송 기술</td></tr> <tr> <td>○ 구조체 정밀제어 및 결합 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 구조체 착저 및 설치 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 건설 공정 관리 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 시공 로봇 장비 활용 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="3">해저지반 개량 기술</td><td>○ 해저 연약지반 개량 기술</td></tr> <tr> <td>○ 해저지반 굴착 및 매립 기술</td></tr> <tr> <td>○ 해저지반 국부 지반보강 기술</td></tr> </tbody> </table>	세부기술	상세 기술내용	수중도시 입지분석/선정 기술	○ 해저 지반 및 건설환경 조사/분석 기술	○ 수중도시 입지 적합성 판정 기술	수중 구조체 공간 설계 기술	○ 최적 공간 배치 기술	○ 필요 시설 배치 및 설치 기술	○ 부력 저감 및 구조체 안정화 기술	내압구조 설계 기술	○ 수압 분산 최적형상 설계 기술	○ 신형식 복합구조 설계 기술	○ 구조체 및 연결부 수밀 기술	○ 수중 구조체 거동 해석 기술	수중 구조체 시공 기술	○ 구조체 모듈화 기술	○ 모듈 이송 기술	○ 구조체 정밀제어 및 결합 기술	○ 수중 구조체 착저 및 설치 기술	○ 수중 건설 공정 관리 기술	○ 수중 시공 로봇 장비 활용 기술	해저지반 개량 기술	○ 해저 연약지반 개량 기술	○ 해저지반 굴착 및 매립 기술	○ 해저지반 국부 지반보강 기술
세부기술	상세 기술내용																									
수중도시 입지분석/선정 기술	○ 해저 지반 및 건설환경 조사/분석 기술																									
	○ 수중도시 입지 적합성 판정 기술																									
수중 구조체 공간 설계 기술	○ 최적 공간 배치 기술																									
	○ 필요 시설 배치 및 설치 기술																									
	○ 부력 저감 및 구조체 안정화 기술																									
내압구조 설계 기술	○ 수압 분산 최적형상 설계 기술																									
	○ 신형식 복합구조 설계 기술																									
	○ 구조체 및 연결부 수밀 기술																									
	○ 수중 구조체 거동 해석 기술																									
수중 구조체 시공 기술	○ 구조체 모듈화 기술																									
	○ 모듈 이송 기술																									
	○ 구조체 정밀제어 및 결합 기술																									
	○ 수중 구조체 착저 및 설치 기술																									
	○ 수중 건설 공정 관리 기술																									
	○ 수중 시공 로봇 장비 활용 기술																									
해저지반 개량 기술	○ 해저 연약지반 개량 기술																									
	○ 해저지반 굴착 및 매립 기술																									
	○ 해저지반 국부 지반보강 기술																									

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안				
	세부기술	한계점	해결방안	개발전략
	수중도시 입지분석/선 정 기술	<ul style="list-style-type: none"> 수중도시 입지는 해저지진 등과 같은 재해에 영향을 받지 않고, 설치가 용이한 지형적 특징을 갖추어야 함. 지형적 특성은 현재 분석 가능하나, 해저지각 조사를 통한 활성단층 조사 기술은 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 해저기반/지각 조사와 분석이 가능한 수중지구 물리탐사기술의 개발과 분석기술 개발로 안전한 입지 선정 기술 개발 	①신규개발 ④선진기술 산화
	수중 구조체 공간 설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> 국내 잠수함 건조기술은 대우조선해양이 보유하고 있으며 체류목적 등에 따라 여러 가지 형태가 필요 약 3,000톤급의 잠수함 수준이며 거주자 및 거주기간 등을 고려할 때 기술력 한계 존재 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 잠수함 건조기술과 연계하여 거주인원, 기능, 거주기간 등을 고려한 공간 설계기술을 개발 잠수함과 같은 철강구조물이 아닌 강-콘크리트 합성 구조 및 복합재료 구조의 개발 필요 	①신규개발 ④선진기술 산화
	내압구조 설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> 현재 국내 잠수함 기술력은 수심 250m 수준이나 고정형이 받는 압력, 구조물이 받는 스트레스의 계산 및 해석 등 기술력에 한계 존재 	<ul style="list-style-type: none"> 하중조건을 다양하게 변경하면서 해저에서 발생할 수 있는 압력 등을 계산, 해석할 수 있는 기술을 개발 함 압력을 분산할 수 있는 최적의 형상 설계 및 내하력 증진 기술 개발 	②기존 과제 율화/고도화 ④선진기술 산화
	수중 구조체 시공 기술	<ul style="list-style-type: none"> 수밀성 확보가 필요하며 수밀성 확보가 가능한 시공기술 한계 존재 	<ul style="list-style-type: none"> 구조물 시공 방법 배부식성과 수밀성을 갖춘 구조체 모듈 연결부 개발 및 간편 급속 시공기술 개발 	①신규개발 ②기존 과제 율화/고도화
	해저지반 개량 기술	<ul style="list-style-type: none"> 해저지반은 물살에 의해 협곡이 생기는 등 외부 영향에 따라 변형이 쉬우며 해저지반층의 형태에 따라 시추 등 지반강화가 필수이나 기존 해저터널 기술로는 한계 존재 심해 지반의 지지력 부족시 지반 보강 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 해저터널 구축 방식과 유사하게 지반을 분석하고 지하에서 지반을 개량하여 해저로 연결하는 기술 등 개량기술을 개발 심해 지반의 지지력 확보가 용이한 기초기술 개발 	①신규개발 ②기존 과제 율화/고도화

세부기술별 기술수준	세부 기술	세부기술	현재 기술수준	목표 기술수준
	1	수중도시 입지분석/선정 기술	3 단계	8 단계
	2	수중 구조체 공간 설계 기술	4 단계	8 단계
	3	내압구조 설계 기술	4 단계	8 단계
	4	수중 구조체 시공 기술	4 단계	8 단계
	5	수중 지원시설 시공 기술	3 단계	7 단계
	6	수중 무인 시공기술	6 단계	8 단계
	7	해저지반 개량 기술	6 단계	8 단계
단계별 목표, 추진내용 및 성과	항목	Phase I (5년)	Phase II (5년)	Phase III (5년)
	목표	○ 수중도시 기반기술 개발	○ 수중도시 핵심기술 개발	○ 수중도시 실증기술개발
	추진 내용	○ 입지 적합성 평가/선정기술 개발 ○ 모듈형 수중도시 형상설계 및 연결기술 개발	○ 수중도시 모듈화 및 연결부 설계/시공 기술개발	○ 수중도시 확장 및 이동 기술개발 및 실증
		○ 대수심 조건 양생 콘크리트 특성 연구개발	○ 수중도시 시공 및 활용 로봇기술 개발 ○ 수중도시 정밀 착저 및 고정기술개발	○ 수중도시 급속 착저/ 고정 기술개발 및 실증
	성과	○ 특허 37건 ○ 3급 특허 10건 ○ 상위 10% SCI 논문 10건	○ 특허 57건 ○ 3급 특허 15건 ○ 상위 10% SCI 논문 10건	○ 특허 57건 ○ 3급 특허 20건 ○ 상위 10% SCI 논문 10건
소요예산	(단위 : 백만원)			
	Phase I (5년)	Phase II (5년)	Phase III (5년)	합계 (15년)
	27,000	47,000	103,700	177,700
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 해중구조체 관련 원천기술 및 상용화 기술 확보를 통해 예기치 못한 재난으로 발생하는 극한 환경 관련 산업의 성장을 견인 할 전략적 미래원천과학기술의 세계 수준 경쟁력 달성 ○ (경제산업적 기대효과) 높은 수압, 내식성, 방수 등 인류가 거주하기 위한 극한지 건설에도 필요한 높은 수준의 기술의 확보가 가능, 관련 소재 및 부 품 등 활용이 가능한 산업의 경제산업적 부가가치 창출			
특허분석 키워드	해저지반, 해저환경, 수중도시, 해저구조체, 해저안전, 해저연구시설			

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국(미국, 일본, 독일 등)에서는 계측 조사 중심이었던 해저과학기지를 산업에 적용하면서 해양뿐만 아닌 건설, 에너지, 소재 등의 융복합 첨단과학 산업발전지로 육성하고 있으며, 적용영역, 기능 확대를 통해 사업화 차별성을 구축 중 <ul style="list-style-type: none"> - (시장/산업화 측면의 시급성) 중국, 미국 등 해저자원 발굴, 해저레저관광, 해저터널 건설 등 해저구조체 세계 수요시장은 증가세 - 수중도시 구현 기술은 극한조건에서의 첨단과학기술의 융복합 결합이라는 특성을 가지고 있어, 기술사업화에 따른 산업 활용 용도의 연관분야가 큰 고부가가치 산업이며, 글로벌 산업화 선점을 통해 차세대 성장 동력으로 삼아야 할 핵심동력기술 ○ 따라서, 해저구조체 및 해저건설산업 육성을 통해 육상에서 개발하기 어려운 통제된 안전한 거주환경의 구축이 가능하며 이를 통해 해저(극한) 연구 기반을 마련하고 글로벌 해저기술 선도국가로 도약이 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 수중도시를 통해 글로벌 팬더믹, 테러방지 등으로 부터 안전한 거주연구가 가능하며 독거로 인한 정신건강, 독립에너지 활용방안, 재활용 등 문제해결을 위한 기술개발이 가능할 것으로 예상 																		
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) 안전하고 독립된 수중도시 구현 및 거주 실현 ○ (정량적 목표) 극한 조건에서의 거주 안전을 확보하기 위한 기술 확보 																		
기술개발 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>세부기술</th><th>상세 기술내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">물자공급 및 이동 기술</td><td>○ 식수/식량/산소 자가 공급기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 이송체 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 통로/터널 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="2">에너지 및 통신 공급 기술</td><td>○ 에너지 공급기술</td></tr> <tr> <td>○ 해양에너지 자가 발전 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="2">비상 상황 예보/경보 전파 기술</td><td>○ 수중도시 위험 상황 예측·탐지 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중도시 라이프라인 위험 모니터링 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="2">비상시 대응전략 확보 기술</td><td>○ 긴급 탈출 및 차폐 기술</td></tr> <tr> <td>○ 긴급 복구 및 재난 억제 기술</td></tr> <tr> <td rowspan="2">수중도시 운영 기술</td><td>○ 수중 종합 감시 기술</td></tr> <tr> <td>○ 수중 방어 시스템 기술</td></tr> </tbody> </table>	세부기술	상세 기술내용	물자공급 및 이동 기술	○ 식수/식량/산소 자가 공급기술	○ 수중 이송체 기술	○ 수중 통로/터널 기술	에너지 및 통신 공급 기술	○ 에너지 공급기술	○ 해양에너지 자가 발전 기술	비상 상황 예보/경보 전파 기술	○ 수중도시 위험 상황 예측·탐지 기술	○ 수중도시 라이프라인 위험 모니터링 기술	비상시 대응전략 확보 기술	○ 긴급 탈출 및 차폐 기술	○ 긴급 복구 및 재난 억제 기술	수중도시 운영 기술	○ 수중 종합 감시 기술	○ 수중 방어 시스템 기술
세부기술	상세 기술내용																		
물자공급 및 이동 기술	○ 식수/식량/산소 자가 공급기술																		
	○ 수중 이송체 기술																		
	○ 수중 통로/터널 기술																		
에너지 및 통신 공급 기술	○ 에너지 공급기술																		
	○ 해양에너지 자가 발전 기술																		
비상 상황 예보/경보 전파 기술	○ 수중도시 위험 상황 예측·탐지 기술																		
	○ 수중도시 라이프라인 위험 모니터링 기술																		
비상시 대응전략 확보 기술	○ 긴급 탈출 및 차폐 기술																		
	○ 긴급 복구 및 재난 억제 기술																		
수중도시 운영 기술	○ 수중 종합 감시 기술																		
	○ 수중 방어 시스템 기술																		

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략
	물자공급 및 이동 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 잠수함 또는 해저터널을 통한 물자 전달이 가능하나 잠수함 운행, 조달 물자 위험성에 따른 전달 능력 한계 존재 ○ 기존 해저터널 건설기술은 보유하고 있으나 해저터널 탈출, 수중도시 탈출 기술이 없어 해저터널 내 대피기술만으로 방재하고 있으며 이에 대한 탈출 기술 확보 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시뮬레이션을 통한 자급자족 물자와 필수공급 물자 등을 구별하는 체계를 개발하고 효율적으로 물자를 공급할 수 있는 물자 공급 시스템 개발 ○ 기상 악화상태에서도 안전하게 육상으로 이동할 수 있는 해저에서 해상으로 탈출 및 이동이 가능한 직접 탈출에 사용이 가능한 다양한 기술을 개발 	①신규개발 + ②기존 과제 효율화/고도화
	에너지 및 통신 공급 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵발전 이외에 대체 에너지 개발방안이 없으며 사고 시 해양 오염 등을 고려할 경우 독립에너지 공급에 한계 존재 ○ 음파를 통한 제한적 통신기술로 인해 한계가 있으며 수심 30m 까지 기술개발이 되었으나 한계 존재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조류, 파력 등과 같은 해양신재생에너지와 이를 이용한 수소 생산으로 지속적이고 깨끗한 에너지공급 기술 개발 ○ 초장파대역(VLF), 초저주파대역(ELF) 등 다양한 통신 기술을 개발 	①신규개발 + ②기존 과제 효율화/고도화 + ④선진기술 국산화
	비상 상황 예보/경보 전파 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비상 상황의 인지 또는 비상에 준하는 환경 감지를 위한 기술이 필요하나 기상관측 등 한계 존재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수중 환경 예측을 위한 특수환경용 센서의 개발과 이를 연결, 통합 관리할 수 있는 관제 시스템을 개발 ○ AI와 빅데이터 분석을 통한 비상상황의 사전 예측 	①신규개발 + ②기존 과제 효율화/고도화
	비상 시 대응전략 확보 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비상상황을 인지하고 거주자의 대피 여부 또는 대피시설, 탈출 한계점에서의 생존 메뉴얼 등 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 예측가능한 비상상황 시나리오를 개발하고 상황별 대응 메뉴얼을 개발 	①신규개발 + ②기존 과제 효율화/고도화
	수중도시 운영 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해저구조체間 이동, 수중도시 확장, 활용, 통제 등 수중도시 운영 메뉴얼 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육상에 해저구조체 모형을 제작하고 예상되는 수중도시의 기능을 구현, 이를 통해 수중도시의 기능을 구현하고 운영할 수 있는 메뉴얼을 개발 	①신규개발

세부기술별 기술수준	구분	세부기술	현재 기술수준	목표 기술수준
	1	물자공급 및 이동 기술	3 단계	8 단계
	2	에너지 및 통신 공급 기술	5 단계	8 단계
	3	비상 상황 예보/경보 전파 기술	4 단계	8 단계
	4	비상시 대응전략 확보 기술	3 단계	8 단계
	5	수중도시 운영 기술	3 단계	8 단계
단계별 목표, 추진내용 및 성과	항목	Phase I (5년)	Phase II (5년)	Phase III (5년)
	목표	○ 수중도시 안전을 위한 기반기술 개발	○ 수중도시 안전을 위한 핵심기술 개발	○ 수중도시 안전을 위한 핵심기술 개발
	추진 내용	○ 수중수장 이동물체 감시를 위한 체계 설계 및 시뮬레이션 기술 개발	○ 수중도시 에너지 확보 및 피난기술 개발 ○ 수중도시 활용 수중 종합 감시 기술 개발	○ 수중도시 활용 연계 프로그램 및 운영기술개발, 이의 실증 ○ 해저기지 활용 재난경보 시스템 구축
	성과	○ 특허 36건 ○ 3급 특허 10건 ○ 상위 10% SCI 논문 10건	○ 특허 36건 ○ 3급 특허 10건 ○ 상위 10% SCI 논문 10건	○ 특허 36건 ○ 3급 특허 10건 ○ 상위 10% SCI 논문 10건
소요예산	(단위 : 백만원)			
	Phase I (5년)	Phase II (5년)	Phase III (5년)	합계 (15년)
	16,700	26,300	50,100	93,100
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 극한환경에서 물자를 조달하거나 통신을 하는 등 위험한 상황을 회피하기 위한 기술을 개발하여 탐사, 통신, 안전/방재 등 관련 산업의 성장을 견인할 전략적 미래원천과학기술의 세계 수준 경쟁력 달성 ○ (경제산업적 기대효과) 극한 환경에서 물자조달 및 위험 예측을 위한 기술을 바탕으로 연계가 가능한 연관산업(군사, 소방안전, 해상안전 등)의 경제산업적 부가가치 창출			
특허분석 키워드	극한환경, 물자조달, 수중센서, 수중이동체, 비상대응 기술			

세부과제 명	[3-2-1] 폐기물 에너지화(poly-generation) 기술
--------	--------------------------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none"> ○ 폐기물을 활용하는 방식은 자급자족형 에너지화 시스템과 연계될 가능성이 높아서 환경적, 산업적으로 부가가치가 매우 높은 분야임 ○ 폐기물 에너지화 방법은 대량으로 처리하며 필요한 에너지를 회수하는 방법으로 소각 및 매립 대비 환경적이며 경제적이다. ○ 지역내 재순환을 통한 폐기물 에너지화(poly-generation) 기술은 선택적 열적변환기술을(가스화, 열분해, 연소) 적용하여 필요한 에너지를 생산하여 에너지 수요 및 가격 변동성에 적극 대응이 가능함. 		
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) 폐기물을 에너지원으로 필요한 에너지원(액체연료, 합성가스 등) 생산하는 에너지화 최적화(수요 및 경제성) 시스템 개발 ○ (정량적 목표) 폐기물을 이용하여 선택적 에너지원 생산 (선택적으로, 액체연료 수율>50%; 냉가스효율>50%; 발열량 1.4배 증가한 고체연료 수율>50%) 		
기술개발 내용	세부기술 명	세부기술별 개발 내용	
	선택적 열적변환 기술적용을 통한 폐기물 에너지화 및 에너지원 다양화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선택적으로 폐기물 열적변환 에너지화 기술인 가스화, 열분해, 연소 적용시킴으로 필요한 에너지 자원을 생산하는 기술 개발 	
	루프실 순환 분할 유동층 반응기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기포유동층 반응기 두 개가 루프실로 결합되어 한 개 반응기내에서 입자 순환이 가능해서 두 개의 반응이 이루어짐. 발열-흡열 반응 등의 조합으로 반응이 이뤄질 수 있는 신개념 반응기 기술 개발 	
	신개념 폐기물 주입기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 형태와 밀도를 가진 폐기물의 전처리 없이 반응기 내부에 주입 할 수 있는 기술 개발 	
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안
	선택적 열적변환 기술적용을 통한 폐기물 에너지화 및 에너지원 다양화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐기물 에너지화 기술인 가스화, 열분해, 연소는 합성가스, 액체연료, 열 중 한 개를 최적화 하여 생산함으로써 에너지원 수요 및 가격 변동에 적각 대응이 어려움. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반응기 내 두 개 이상의 반응이 이루어지도록 하여 선택적으로 수요가 높은 에너지원을 생산 하도록 하는 기술.
	루프실 순환 분할 유동층 반응기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 순환유동층 반응기는 고속유동층-기포유동층 조합으로 운전하며 고속유동층 반응기는 규모가 크고 빠른 유속으로 반응 체류시간이 짧아 효율 극대화가 어려움. ○ 반응기 사이에 루프실이 있어 열손실 뿐 아니라 공정이 복잡함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한 개 반응기 내에 두 개의 기포유동층 반응기를 결합한 형태로 루프실 순환 분할 유동층 반응기를 이용할 경우, 낮은 기체유속으로 충분한 반응시간을 확보 할 수 있고, 공정이 단순화되어 장치비가 적게 소요됨.
	신개념 폐기물 주입기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 형태의 폐기물을 전처리를 공정을 반드시 거쳐야 스크류 주입기를 이용할 수 있음. ○ 일반적인 스크류 in-bed 고체 주입기는 폐기물이 스크류사이에 끼어 주입이 잘 안되거나 고온 주입부에서 폐기물이 녹아 주입을 막는 경우가 많음. ○ 스크류 top-feeding의 경우 유동층 상부에서 비산되어 충분한 체류시간을 확보하지 못해 전환율이 낮음. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 베르누이 법칙을 따르는 유동층 주입기는 폐기물 전처리가 필요하지 않고 다양한 크기와 밀도의 폐기물을 원활히 (하부로) 주입할 수 있음.
			개발전략 (확보방안) ① 신규 개발 ① 신규 개발, ②기존 과제 효율화/고도화 ① 신규 개발, ②기존 과제 효율화/고도화

세부기술별 기술수준	세부기술				현재 기술수준	목표 기술수준						
	선택적 열적변환 기술적용을 통한 폐기물 에너지화 및 에너지원 다양화				4단계	7단계						
	루프실 순환 분할 유동층 반응기				2단계	6단계						
	신개념 폐기물 주입기술				2단계	6단계						
연도별 목표 및 추진내용	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y						
	목표	○ 루프실 순환 분할유동층 반응기 원천 기술 확보	○ 벤치스케일 루프실 순환 분할유동층 반응기 설치	○ 벤치스케일 루프실 순환 분할유동층 반응기를 통한 열분해-가스 화(연소)	○ 파일럿 루프실 순환 분할유동층 반응기를 설치 및 시운전	○ 파일럿 루프실 순환 분할유동층 반응기를 통한 열분해-가스 화(연소)						
	추진 내용	○ 루프실 순환 분할유동층 반 응기내 순환 수 력학 및 양반응 기 리크 최소화 ○ 신개념 유동 화 폐기물 주입 시스템 개발	○ 루프실 순환 분할유동층 반 응기 선택적 열 적변환 기술 개 발 ○ 양반응기 리 크 최소화 ○ 주 입 시 스 템 안정화 ○ 반응열 회수 를 위한 열교환 기 개발	○ 벤 치 스 케 일 루프실 순환 분 할 유 동 층 에 서 선택적 열적변 환 실험 ○ 주 입 시 스 템 안정화 ○ 고효율 고체 -고체 열교환 기 개발	○ 파일럿 루프 실 순환 분할유 동층 설계, 설 치, 및 시운전 을 통한 트러블 슈팅	○ 파일럿 루프 실 순환 분할유 동층 선택적 열 적변환 기술						
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부기술 R&D기간*					최종 성과물	성과지표 및 연도별 목표**					
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y		성과 지표	연도별 목표치				
							1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
	①					특허 5건 SCIE 논문 4건	오일수 율, 냉가스 효율	-	>40%	>45%	>50%	>50%
	②					특허 5건 SCIE 논문 4건	반응기 내 리크률 (%)	<10%	<5%	<2%	<2%	<2%
	③					특허 2건	-					
소요예산	(단위 : 백만원)											
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계						
	1,000	1,500	2,000	2,500	1,500	8,500						
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 단일 반응기를 통한 폐기물 에너지화 및 선택적 에너지원 생산 을 할 수 있는 기술 확보 ○ (정책적 기대효과) 폐기물 관리 정책과 에너지 정책 양 분야의 해결책 모색 ○ (경제산업적 기대효과) 폐기물 처리 비용 감소 및 에너지원 다양화를 통한 전력수급 안정성 확보											

세부과제명	[3-2-2] 탄소제로 신에너지원 확보 기술
-------	--------------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none">석유, 석탄 등의 화석 연료의 고갈 우려와 화석연료 사용으로 인한 탄소배출로 야기되는 환경오염에 대한 근본적인 해결책의 제시가 필요함.영국 등 16개국에서 ‘2050 온실가스 순배출 제로(Net Zero Carbon)’를 목표로 전 세계적으로 선도적 연구개발을 추진함에 따라 우리나라도 정책 실현을 위해 필요한 기술을 선도적으로 개발할 필요가 있음																							
	기존 기술·연구의 한계 <ul style="list-style-type: none">현재 친환경 에너지원으로 연구가 진행되고 있는 태양전지, 연료전지는 에너지 변환 과정 외에 해당 에너지원의 사용을 위한 장치 생산, 폐기 단계에서의 환경오염 측면은 고려하지 않고 있으며, 원자력 발전의 경우, 핵 발전 과정에서 발생하는 다양한 폐기물들을 원천적으로 안전하게 분해하거나 처리하는 기술은 아직 부족하며, 이에 관한 기술 개발은 얼마의 시간이 소요될지 예측하기 어려움.따라서 기존의 그린 에너지 기반 기술의 한계점을 인식하고, 에너지변환장치 제조 공정부터 에너지변환, 장치폐기 등 전 단계에서 탄소배출을 최소화 시킬 수 있는 나노소재기반 신에너지원의 기술 개발을 통해 탄소배출 등으로 야기되는 환경오염을 근본적으로 해결해야함.																							
최종목표	<ul style="list-style-type: none">공정부터 에너지 변환, 장치 폐기 등 전 단계에서 탄소배출을 수반하지 않거나, 기존 대비 탄소배출량을 획기적으로 감축시킬 수 있는 에너지 발전 기술 및 시스템 개발																							
기술개발 내용	<table><tr><th>세부기술 명</th><th colspan="3">세부기술별 개발 내용</th></tr><tr><td>탄소배출 최소화 에너지 발전 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">탄소배출을 최소화시킬 수 있는 기존 그린에너지 발전의 개선 기술 또는 자연순환계에서 에너지를 수확할 수 있는 신에너지원 발전 기술 개발</td></tr><tr><td>친환경 소재 탐색/공정 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">발전 시스템에 적용 가능한 소재 탐색 및 스크리닝 기술 개발소재 합성 및 시스템 적용을 위한 친환경 공정기술 개발</td></tr><tr><td>수명 및 거동 예측 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">에너지발전 시스템의 성능 및 내구수명 예측 모델 개발 (실험결과와 비교를 통한 모델의 타당성 검증)다양한 운영 및 환경 조건에 따른 시스템 특성변화와 이에 의해 도출되는 변수와의 상관관계 연구</td></tr><tr><td>탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 및 평가 기술</td><td colspan="3"><ul style="list-style-type: none">공정 단계 및 에너지 변환 효율 등의 요소를 모두 고려하여, 기존 대비 탄소배출 감축량과 기타 환경오염 감소량을 제공하는 기술 개발</td></tr></table>				세부기술 명	세부기술별 개발 내용			탄소배출 최소화 에너지 발전 기술	<ul style="list-style-type: none">탄소배출을 최소화시킬 수 있는 기존 그린에너지 발전의 개선 기술 또는 자연순환계에서 에너지를 수확할 수 있는 신에너지원 발전 기술 개발			친환경 소재 탐색/공정 기술	<ul style="list-style-type: none">발전 시스템에 적용 가능한 소재 탐색 및 스크리닝 기술 개발소재 합성 및 시스템 적용을 위한 친환경 공정기술 개발			수명 및 거동 예측 기술	<ul style="list-style-type: none">에너지발전 시스템의 성능 및 내구수명 예측 모델 개발 (실험결과와 비교를 통한 모델의 타당성 검증)다양한 운영 및 환경 조건에 따른 시스템 특성변화와 이에 의해 도출되는 변수와의 상관관계 연구			탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 및 평가 기술	<ul style="list-style-type: none">공정 단계 및 에너지 변환 효율 등의 요소를 모두 고려하여, 기존 대비 탄소배출 감축량과 기타 환경오염 감소량을 제공하는 기술 개발		
	세부기술 명	세부기술별 개발 내용																						
	탄소배출 최소화 에너지 발전 기술	<ul style="list-style-type: none">탄소배출을 최소화시킬 수 있는 기존 그린에너지 발전의 개선 기술 또는 자연순환계에서 에너지를 수확할 수 있는 신에너지원 발전 기술 개발																						
	친환경 소재 탐색/공정 기술	<ul style="list-style-type: none">발전 시스템에 적용 가능한 소재 탐색 및 스크리닝 기술 개발소재 합성 및 시스템 적용을 위한 친환경 공정기술 개발																						
	수명 및 거동 예측 기술	<ul style="list-style-type: none">에너지발전 시스템의 성능 및 내구수명 예측 모델 개발 (실험결과와 비교를 통한 모델의 타당성 검증)다양한 운영 및 환경 조건에 따른 시스템 특성변화와 이에 의해 도출되는 변수와의 상관관계 연구																						
탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 및 평가 기술	<ul style="list-style-type: none">공정 단계 및 에너지 변환 효율 등의 요소를 모두 고려하여, 기존 대비 탄소배출 감축량과 기타 환경오염 감소량을 제공하는 기술 개발																							
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	<table><tr><th>세부기술</th><th>한계점</th><th>해결방안</th><th>개발전략 (확보방안)*</th></tr><tr><td>탄소배출 최소화 에너지 발전 기술</td><td rowspan="2"><ul style="list-style-type: none">기술개발이 생산비용과 효율을 최적화하는 방향으로 추진되고, 근본적인 환경문제에 대한 고려가 미흡</td><td rowspan="2"><ul style="list-style-type: none">탄소 감축에 대한 새로운 개념 정립 및 신규개발 필요</td><td>신규개발 및 기존 과제 효율화/고도화</td></tr><tr><td>친환경 소재 탐색/공정 기술</td><td></td></tr><tr><td>수명 및 거동 예측 기술</td><td rowspan="2"><ul style="list-style-type: none">기초적 연구만 진행되고 있음</td><td rowspan="2"><ul style="list-style-type: none">신규개발 필요</td><td>신규개발</td></tr><tr><td>탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 기술</td><td>신규개발</td></tr></table>				세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*	탄소배출 최소화 에너지 발전 기술	<ul style="list-style-type: none">기술개발이 생산비용과 효율을 최적화하는 방향으로 추진되고, 근본적인 환경문제에 대한 고려가 미흡	<ul style="list-style-type: none">탄소 감축에 대한 새로운 개념 정립 및 신규개발 필요	신규개발 및 기존 과제 효율화/고도화	친환경 소재 탐색/공정 기술		수명 및 거동 예측 기술	<ul style="list-style-type: none">기초적 연구만 진행되고 있음	<ul style="list-style-type: none">신규개발 필요	신규개발	탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 기술	신규개발				
	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*																				
	탄소배출 최소화 에너지 발전 기술	<ul style="list-style-type: none">기술개발이 생산비용과 효율을 최적화하는 방향으로 추진되고, 근본적인 환경문제에 대한 고려가 미흡	<ul style="list-style-type: none">탄소 감축에 대한 새로운 개념 정립 및 신규개발 필요	신규개발 및 기존 과제 효율화/고도화																				
	친환경 소재 탐색/공정 기술																							
수명 및 거동 예측 기술	<ul style="list-style-type: none">기초적 연구만 진행되고 있음	<ul style="list-style-type: none">신규개발 필요	신규개발																					
탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 기술			신규개발																					

세부기술별 기술수준	세부기술			현재 기술수준	목표 기술수준
	탄소배출 최소화 에너지 발전 기술			2 단계	8 단계
	친환경 소재 탐색/공정 기술			2 단계	8 단계
	수명 및 거동 예측 기술			1 단계	8 단계
	탄소 배출 감축량 및 기타 환경오염 감소량 예측 기술			2 단계	8 단계
세부기술별 최종성과 및 성과지표	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)	3단계 (3년)	
	목표	○ 탄소배출 최소화 에너지 발전기술 개발 및 메커니즘 규명	○ 에너지발전 시스템의 성능 및 효율 최대화	○ 에너지 발전 시스템의 탄소배출 감축량 평가 및 시스템 안정화	
	추진내용	○ 기존 그린에너지의 장치 제조공정부터 에너지변환과정까지 발생할 수 있는 모든 환경오염의 원인 규명 ○ 이를 해결할 수 있는 새로운 공정이나 신에너지원 기술 도출 ○ 실험실 규모의 시스템 핵심 성능 평가	○ 친환경 소재 및 공정 조건에 대한 데이터베이스의 구축, 통합 및 탐색 ○ 발전 시스템의 성능 및 수명 예측 모델을 활용한 시스템 효율 최대화 ○ 파일럿 테스트 및 검증	○ 탄소배출 감축량 예측모델 구축 및 기존 기술대비 발전 시스템의 탄소배출 감축량 극대화 ○ 발전시스템의 안정화 및 신뢰성 평가	
	성과	○ 원천기술 3건 ○ 3급 특허 3건 ○ 상위 10% SCI 논문 1건	○ 원천기술 5건 ○ 국제표준 3건 ○ 상위 10% SCI 논문 3건	○ 원천기술 10건 ○ 국제표준 5건 ○ 상위 10% SCI 논문 3건	
소요예산					
	1단계	2단계	3단계	합계	
	30억원/년	40억원/년	40억원/년	370억원/10년	
기대효과	○ (학문적 기대효과) 에너지 소재 분야의 새로운 방향성을 제시 ○ (경제적 기대효과) 국내 대기오염 문제를 근본적으로 해결하고 국제적인 공조를 강화할 수 있는 원천소재, 공정, 응용기술 확보 가능 ○ (사회적 기대효과) 화석연료 중심의 공급체계를 탈피하여 제조공정부터 에너지변환 일련의 과정에서 탄소배출을 최소화함으로써 기후변화 위기에 대응				

세부과제명	[3-3-1] 인공태풍 생성·활용 기술
-------	-----------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경 <ul style="list-style-type: none"> ○ 우리나라는 지리적 여건, 편서풍의 영향으로 동북아 미세먼지에 밀접한 연관관계를 가짐 ○ 현행 미세먼지-기후변화 문제에 해결을 위한 다국가간 내부 오염원 관리 및 원인 규명 등 외교적 대책을 넘어 실질적인 농도 저감을 위한 기술적 접근이 필요함 ○ 중국발 미세먼지 저감을 위한 도전적인 대기 중 저감 대책 방안이 필요함 ○ 태풍의 강한 대기 상승, 하강 및 선회력을 이용하여 급속 대기 확산 효과를 기대할 수 있음 			
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자연에서 태풍이 유발되는 원리를 모사하여 인공적으로 태풍을 생성하고, 안정적으로 제어 활용할 수 있는 인공태풍 유발/유지/제어 원천기술을 확보함으로써 대기 중의 미세먼지를 급속 확산·저감할 수 있는 가능성을 검증. 			
기술개발 내용	세부기술	세부기술별 개발 내용		
	인공태풍 유발 및 성장조건 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ○ 태풍 유발/성장 인자 도출 및 영향력 분석 ○ 태풍 유발/성장 시뮬레이션 및 주요 조건 별 상황 판별 ○ 인공 태풍 유발/성장 주요 인자 간 상관관계 도출 ○ 인공 태풍 유발/성장 조건 예측 및 주요 설계 변수 도출 		
	인공태풍 개념 검증 및 구현	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공 태풍 기동 시험 장치 개발 ○ 인공 태풍 생성 및 기초 시험 가능 테스트 베드 구축 ○ 주요 시험인자 변화에 대한 인공태풍 거동 변화 특성 검토 		
	인공태풍 유지 제어 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요 실험변수 조절을 통한 인공태풍 크기, 풍속, 선회 강도 등을 조절 ○ 인공 태풍 유지 제어 인자 도출 		
	인공태풍을 이용한 미세먼지 확산 저감 성능 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공태풍을 활용한 미세먼지 급속 확산 효과 검증 ○ 인공 태풍 기류를 이용한 미세먼지 상승 전달 기술 검증 ○ 미세먼지 상승 전달 및 급속확산을 이용한 확산 저감 효과 검증 		
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*
	대규모 공기 청정 타워 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 투자비 대비 실효성 미비 ○ 고정된 장소에 대한 공기청정성능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 새로운 이동식 공기청정 기술 신규개발 필요 	신규개발
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	인공 강우를 활용한 미세먼지 저감 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초미세먼지 감소 효과 미비 ○ 지속적 효과 미비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신규개발 필요 	신규개발

세부기술별 기술수준			
	세부기술	현재 기술수준	목표 기술수준
	인공태풍 발생 및 확산 시뮬레이션 기술	1단계	6단계
	인공태풍 성능 검증 기반 구축 기술	1단계	7단계
	인공태풍 제어 기술	1단계	7단계
단계별 목표, 추진내용 및 성과			
	항목	1단계 (3년)	2단계 (4년)
	목표	○ 인공태풍 개념 검증	○ 인공태풍 구현 및 유지 제어 기술 검증
	추진내용	○ 태풍 유발/성장 주요 인자 도출 및 주요 인자간 상관관계 도출 ○ 시뮬레이션을 이용한 인공태풍 유발/성장 조건 예측 ○ 인공 태풍 구현을 위한 주요 설계 변수 도출 ○ 인공태풍 기동 시험용 요소 기기 기술 개발	○ 인공태풍 유발/성장 및 제어 시험 장치 구성 (Lab 규모) ○ 주요 실험인자 변화에 대한 태풍 거동 변화 시험 ○ 램스케일 미세먼지 확산 저감 성능 실험 평가
	성과	○ 원천기술 5건 ○ 3급 특허 5건 ○ 상위 10% SCI 논문	○ 원천기술 10건 ○ Lab 규모 시제품 3 건 ○ 검증 기반 구축 1건
소요예산			
	1단계	2단계	3단계
	20억원/년	30억원/년	40억원/년
기대효과			
	합계		
	300억원/10년		
기대효과			
	○ (학문적 기대효과) 태풍의 인위적 발생 및 제어와 미세먼지 확산·저감 메커니즘 규명		
	○ (경제적 기대효과) 동북아발 미세먼지 해결을 통한 사회적 비용 감소효과 및 태풍 유발 관련 장치 및 시스템 시장 창출		
	○ (사회적 기대효과) 월경성 미세먼지 저감 기술력 확보를 통한 국제적 위상 격상 및 국민의 외부활동 중 미세먼지 노출량 획기적 절감에 기여		

프로젝트의
필요성

기존 기술·연구의 한계

- 외기 지표면이나 항공기를 이용하여 구름 내부 및 외부에서 구름 생성의 씨앗이 되는 구름 응결핵(cloud condensation nuclei, CCN)의 수 농도 및 화학 성분을 측정함으로써 에어로졸과 구름간의 상호 영향을 규명하고자 하는 연구들이 진행되어 왔으나, 시시각각 변화하는 실제 환경을 제어하지 못하는 한계가 있음
- 제어된 환경에서 에어로졸과 구름간의 상호 영향을 연구하기 위해 선진국에서는 실험실에 구름 챔버 (cloud chamber)를 구축하여 실험을 진행하고 있음
- 우리나라에서도 국립기상과학원에서 2020년부터 구름물리실험챔버를 제작하기 시작하여, 주로 기상학적인 관점에서 인공강우 실험의 구름물리과정에 대한 이해와 인공 구름응결핵 물질(seeding) 성능 시험 및 개발을 통해 국내 기상조절기술력을 강화하고자 노력하고 있지만, 대기 현상 규명 및 이를 활용한 미세먼지 저감과는 거리가 큼

제안 기술의 차별성

- 다상 복합반응에 의해 에어로졸 생성을 촉진하는 가스-에어로졸-구름 상호 영향을 환경 제어가 가능한 구름 챔버를 활용하여 규명함으로써 미세먼지를 저감할 수 있는 원천적인 기술을 개발

최종목표

- (정성적 목표) 가스-에어로졸-구름 상호 영향 규명 및 미세먼지 저감 원천기술 도출
- (정량적 목표) 광화학반응 모사가 가능한 소형 구름 챔버 (5 m³) 구축 및 미세먼지 저감기술 개발 (저감효율 >30%)

기술개발
내용

세부기술 명	세부기술별 개발 내용
광화학반응 모사가 가능한 구름 챔버 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가스-에어로졸-구름 상호 영향 모사를 위한 소형 구름 챔버 구축 ○ 구름 챔버의 특성화 및 성능 평가
가스-에어로졸-구름 상호 영향 규명	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 실측 자료 기반 가스-에어로졸-구름 상호 영향에 대한 가설 시나리오 정립 ○ 구름 챔버 실험을 통한 가스-에어로졸-구름 상호 영향
구름 제어 기반 미세먼지 저감 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구름 생성 또는 소멸 등을 통한 미세먼지 저감 기술 개발 ○ 구름 제어 기반 저감 기술의 성능평가 및 저감효율 최적화

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안) *)
	광화학반응 모사가 가능한 구름 챔버 구축	<ul style="list-style-type: none"> 대기압/상온의 대기화학반응 실험을 위한 스모그 챔버로는 구름 생성을 모사할 수 있는 저압, 저온 조건을 모사할 수 없음 직경이 약 20 μm인 구름 입자가 wall loss에 의해 금방 손실됨 국립기상과학원에서 구축하고 있는 구름물리실험챔버의 경우 자외선에 의한 화학반응을 모사할 수 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 구름이 생성되는 상공의 저압/저온 조건을 모사할 수 있는 rigid 재질로 챔버 구축 상대적으로 직경이 큰 구름 입자의 중력침강을 최소화할 수 있는 기술 적용 자외선 조사가 가능한 윈도우를 추가하여 대기 화학반응을 모사할 수 있도록 함 	④ 선진 기술 국산화
	가스-에어로졸-구름 상호 영향 규명	<ul style="list-style-type: none"> 현장 측정을 통한 구름 응결핵 측정 연구에만 국한됨 구름 응결핵의 화학조성 및 살포 방법에 따라 구름 생성 효율 평가에 집중됨 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 문헌의 현장 실측 자료를 활용하여 이론적인 가설 시나리오를 정립함 미세먼지의 전구물질인 가스를 이용하여 대기 에어로졸을 생성하고, 이것이 구름 응결핵 역할을 하게 하는 실험을 통해 상호 영향을 규명함 	① 신규 개발
	구름 제어 기반 미세먼지 저감 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 인공강우를 통해 수자원 확보와 함께 미세먼지 저감 효과를 부수적으로 얻고자 하지만, 원인 규명과는 거리가 큼 	<ul style="list-style-type: none"> 대기 조건에 따라 구름의 생성/유지/변형/소산 등을 촉진할 수 있는 기술을 개발함 구름 제어에 의한 미세먼지 저감 효과를 평가함으로써 최적의 미세먼지 저감 기술을 도출하고, 저감 효율을 극대화함 	① 신규 개발

세부기술별 기술수준	세부 기술	세부기술 명				현재 기술수준	목표 기술수준
	①	광화학반응 모사가 가능한 구름 챔버 구축				1 단계	4 단계
	②	가스-에어로졸-구름 상호 영향 규명				1 단계	3 단계
	③	구름 제어 기반 미세먼지 저감 기술 개발				1 단계	4 단계
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
	①						상위10% SCI 논문 2건
	②						상위10% SCI 논문 4건
	③						3급 특허 3건 환경정책 제언 2건 상위10% SCI 논문 2건
	소요예산	(단위 : 백만원)					
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계
1,000		4,000	2,000	2,000	1,000	10,000	
기대효과							
	○ (과학기술적, 학문적 기대효과) 가스-에어로졸-구름 상호 작용 및 구름 생성 기작 규명 ○ (정책적 기대효과) 고농도 미세먼지 오염일 또는 오염지역의 미세먼지 저감 정책 수립 ○ (경제산업적 기대효과) 미세먼지로 인한 국민들의 건강비용 절감						

<p>프로젝트의 필요성</p>	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 코로나-19의 범국가적 창궐로 인한 실내환경내 비대면 활동양이 전폭적 증가함. ○ 실내 생활환경내에서 각종 유해물질중 휘발성과 독성이 높은 가스상 화학인자들은 기존 공기청정기술로 제어 불가능하며 지속적인 노출로 인한 흡입자의 건강에 치명적인 영향을 줄수 있음. <p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실내에서 특정 유해 물질을 검출하는 장치는 다양하나, 이를 신속하게 실시간으로 추적/분석/대응 할수 있는 통합 기술은 아직 존재하지 않음. 이를 위해선 무색무취 유해인자까지 실시간으로 탐지 가능한 탐지기술, 인간이 예측하고 대응하기 힘든 조건에서 신속하게 유해물질을 분석하는 분석기술, 그리고 유해인자를 무해한 형태로 전환시켜 유해성을 근본적으로 파괴시킬수 있는 저감기술이 필요 <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 (Hyperspectral) 기술을 통해 육안으로 식별불가한 유해인자들까지 정밀 탐지 가능한 측정기술, 자연어 처리 (NLP, Natural Processing and Understanding) 가 가능한 AI 딥러닝 시스템을 기반으로 신속한 유해 물질 분석 및 대응 프로토콜 제공기술, 그리고 생활환경내 존재하는 수분과 산소만으로도 자가활성이 되며 수분 이내 유해 탄소가스들을 궁극적으로 파괴시키고 무해한 요소들로 전환시킬수 있는 유해인자 파괴기술을 담은 생활환경 감응형 초분광-AI 기반 유해인자 추적/파괴 시스템 기술을 제안 										
<p>최종목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) Hyperspectral 기술 기반 유해인자 실시간 검출 시스템 개발, 딥러닝 AI 기반 유해인자 생성 반응 기작 추적 및 분석기술, 그리고 유해인자 원천차단/파괴 기술 개발 ○ (정량적 목표) 실시간 복합 유해인자 검출 및 10 분내에 유해물질 생성 원인 분석 및 파괴 										
<p>기술개발 내용</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>세부기술 명</th><th>세부기술별 개발 내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>초분광 카메라 기반 유해 인자 감지 시스템 개발</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 이미지를 통한 통합과장 영역대 (IR, UV-Vis) 유해인자 발생 스펙트럼 데이터 베이스 구축 및 분석 ○ 휴대용 탐지 장치 (GC, FT-IR) 연동형 유해인자 정밀 통합 분석 체계 구축 </td></tr> <tr> <td>AI 딥러닝 의 초분광 데이터 인지 기능 확립</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 이미징 기술로 구축한 데이터 베이스인 초분광 이미지와 스펙트럼을 AI 인지하여 각 유해 물질에 해당하는 신호를 정밀 감지하는 시스템을 구축 </td></tr> <tr> <td>인공지능 기반 자연어 처리 및 이해 (NLP) 를 통한 유해반응 물질 생성 차단 및 파괴기작 유도</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 유해 물질 감지 시 인공지능의 자연어 처리를 통해 문헌 속에서 유해물질에 대한 정보를 자동 추출, 이를 통한 유해 반응 물질 생성 기작 메커니즘을 분석함. ○ 유해 반응 물질 생성 자체를 조기 차단 혹은 화학적 후처리를 통해 파괴 시킬 솔루션 제공. </td></tr> <tr> <td>생활환경 감응형 자가활성/자가회복 가능 유해인자 파괴소재기술</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 환경 감응형 결원구조 유도 합성법 개발 ○ 표면장력 반응기반 다공구조 정밀제어기술 개발 ○ 표면 활성산소종 유도반응을 통한 저감기능 자가수복 반응기작 유도 소재 개발 </td></tr> </tbody> </table>	세부기술 명	세부기술별 개발 내용	초분광 카메라 기반 유해 인자 감지 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 이미지를 통한 통합과장 영역대 (IR, UV-Vis) 유해인자 발생 스펙트럼 데이터 베이스 구축 및 분석 ○ 휴대용 탐지 장치 (GC, FT-IR) 연동형 유해인자 정밀 통합 분석 체계 구축 	AI 딥러닝 의 초분광 데이터 인지 기능 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 이미징 기술로 구축한 데이터 베이스인 초분광 이미지와 스펙트럼을 AI 인지하여 각 유해 물질에 해당하는 신호를 정밀 감지하는 시스템을 구축 	인공지능 기반 자연어 처리 및 이해 (NLP) 를 통한 유해반응 물질 생성 차단 및 파괴기작 유도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유해 물질 감지 시 인공지능의 자연어 처리를 통해 문헌 속에서 유해물질에 대한 정보를 자동 추출, 이를 통한 유해 반응 물질 생성 기작 메커니즘을 분석함. ○ 유해 반응 물질 생성 자체를 조기 차단 혹은 화학적 후처리를 통해 파괴 시킬 솔루션 제공. 	생활환경 감응형 자가활성/자가회복 가능 유해인자 파괴소재기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경 감응형 결원구조 유도 합성법 개발 ○ 표면장력 반응기반 다공구조 정밀제어기술 개발 ○ 표면 활성산소종 유도반응을 통한 저감기능 자가수복 반응기작 유도 소재 개발
세부기술 명	세부기술별 개발 내용										
초분광 카메라 기반 유해 인자 감지 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 이미지를 통한 통합과장 영역대 (IR, UV-Vis) 유해인자 발생 스펙트럼 데이터 베이스 구축 및 분석 ○ 휴대용 탐지 장치 (GC, FT-IR) 연동형 유해인자 정밀 통합 분석 체계 구축 										
AI 딥러닝 의 초분광 데이터 인지 기능 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 이미징 기술로 구축한 데이터 베이스인 초분광 이미지와 스펙트럼을 AI 인지하여 각 유해 물질에 해당하는 신호를 정밀 감지하는 시스템을 구축 										
인공지능 기반 자연어 처리 및 이해 (NLP) 를 통한 유해반응 물질 생성 차단 및 파괴기작 유도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유해 물질 감지 시 인공지능의 자연어 처리를 통해 문헌 속에서 유해물질에 대한 정보를 자동 추출, 이를 통한 유해 반응 물질 생성 기작 메커니즘을 분석함. ○ 유해 반응 물질 생성 자체를 조기 차단 혹은 화학적 후처리를 통해 파괴 시킬 솔루션 제공. 										
생활환경 감응형 자가활성/자가회복 가능 유해인자 파괴소재기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경 감응형 결원구조 유도 합성법 개발 ○ 표면장력 반응기반 다공구조 정밀제어기술 개발 ○ 표면 활성산소종 유도반응을 통한 저감기능 자가수복 반응기작 유도 소재 개발 										

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안))*
	초분광 카메라 기반 유해 인자 감지 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> 초분광 카메라에 의한 유해 인자 식별 데이터 베이스 구축이 되어 있지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 초분광 이미지를 통한 통합 파장 영역대 (IR, Vis) 유해인자 발생 스펙트럼 데이터 베이스 구축 및 분석. 휴대용 탐지 장치 (GC, FT-IR) 연동형 유해인자 정밀 통합 분석 체계 구축 	①신규개발
	AI 딥러닝의 초분광 데이터 인지 기능 확립	<ul style="list-style-type: none"> 초분광 이미지 및 스펙트럼의 AI 딥러닝 체계 확립 되어 있지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 초분광 이미징 기술로 구축한 데이터 베이스인 초분광 이미지와 스펙트럼을 AI 인지하여 각 유해 물질에 해당하는 신호를 정밀 감지하는 시스템을 구축 	①신규개발
	인공지능 기반 자연어 처리 및 이해 (NLP)를 통한 유해반응 물질 생성 차단 및 파괴기작 유도	<ul style="list-style-type: none"> 유해물질 생성 반응 기작에 대한 연구는 아직도 많이 필요함. 자연어 처리에 의한 자동 추출 시스템 확립되어 있지 않음. 	<ul style="list-style-type: none"> 유해 물질 감지 시 인공지능의 자연어 처리를 통해 문헌 속에서 유해물질에 대한 정보를 자동 추출, 이를 통한 유해 반응 물질 생성 기작 메카니즘을 분석 및 유해 반응 물질 생성 자체를 조기 차단 혹은 파괴 시킬 솔루션 제공. 	①신규개발
	생활환경 감응형 자가활성/자가회복 가능 유해인자 파괴소재기술	<ul style="list-style-type: none"> 생활환경 감응형 자가활성/자가회복 관련 국내외 개발 기술 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> 전이금속 산화물의 구조 생성 과정을 고온상태에서 금속냉각을 통해 인위적으로 원자결원구조를 유도하는 정밀 제어 합성 기술. 외부 광원 및 오존 없이 자가적으로 상온에서 구동 가능하며 자체 활성 산소종 생성으로 인한 자가표면 회복반응을 탑재한 기술 개발 필요. 	①신규개발

세부기술별 기술수준	세부 기술	세부기술 명					현재 기술수준	목표 기술수준
	①	초분광 카메라 기반 유해 인자 감지 시스템 개발					1 단계	5 단계
	②	AI 딥러닝 의 초분광 데이터 인지 기능 확립					1 단계	5 단계
	③	인공지능 기반 자연어 처리 및 이해 (NLP) 를 통한 유해반응 물질 생성 차단 및 파괴기작 유도					1 단계	6 단계
	④	생활환경 감응형 자가활성/자가회복 가능 유해인자 파괴소재기술					1 단계	6 단계
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물	
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y		
	①						3급 특허 4건 상위3% SCI 논문 3건	
	②						3급 특허 2건 상위3% SCI 논문 2건	
	③						3급 특허 2건 상위3% SCI 논문 3건	
	④						3급 특허 2건 상위3% SCI 논문 3건	
소요예산	(단위 : 백만원)							
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계		
	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	10,000		
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 국내 환경제어 소재기술 고도화, 유해인자 생성 반응기작 및 제어 관련 DB 구축							
	○ (정책적 기대효과) 과학기술정보통신부 미세먼지 R&D 추진전략 내 인체 노출 최소화 원천기술 개발 전략 강화							
○ (경제산업적 기대효과) 고효율 친환경 실내대기 유해인자 대응 원천 기술 개발								

세부과제명	[4-1-1] 퍼스널 모빌리티 통합 모니터링 기술
-------	-----------------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> 거대도시화 등에 따른 차량 소유 및 운행 기피 현상과 공유 기반 경제의 성장 등의 소비 패러다임의 전환과 더불어 주요 선진국에서 전동 킥보드, 전동 휠, 전기자전거 등을 통칭하는 새로운 교통수단으로 퍼스널모빌리티가 급부상하고 있음. <p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> 최근 다수의 퍼스널모빌리티 공유서비스를 제공하는 업체들이 생겨나고 있으나 업체별로 개별 관리되고 있으며, 개인 소유의 퍼스널모빌리티들은 그 수가 얼마나 있는지 파악할 수 없는 실정임. 자동차, 이륜자동차 등은 차량등록이 의무적인데 반하여 퍼스널모빌리티는 등록되지 않고 운행되고 있어 사고처리 및 관리 문제가 사회 문제로 부각되고 있음. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> 퍼스널모빌리티를 효과적으로 모니터링하고 관리 및 안전사고를 예방하는 기술 및 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> IOT 및 5G 기술을 활용하여 실시간 퍼스널모빌리티의 위치추적, 속도, 상태정보 및 AI 서비스 개발 등을 통한 안전한 지능형 개인 맞춤형 이동체계 상용화를 위한 기술적인 성숙도가 마련됨. 	
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> (정성적 목표) <ul style="list-style-type: none"> 퍼스널모빌리티 등록, 실시간 모니터링 및 주변 보행자와 차량 운행 상황 인식을 통한 안전사고 저감과 체계적인 통합 관리 AI 기반 퍼스널모빌리티 안전사고 위험성 자동 예측과 알림 서비스 기술 확보 (정량적 목표) <ul style="list-style-type: none"> 등록된 퍼스널모빌리티의 종류, 등록정보, 위치, 속도 및 상태정보 등을 실시간으로 확인할 수 있는 시스템 및 앱 확보 (정확도 95% 이상) 퍼스널모빌리티의 실시간 운행상태 정보 및 주변 보행자와 차량 운행 상황 인식을 통해 사고발생 1분 이내에 사고 가능성을 90%이상의 정확도로 예측하고, 강제 감속제어 신호 및 경고 신호를 발송하는 기술 확보 	
기술개발 내용	세부기술 명	세부기술별 개발 내용
	퍼스널모빌리티 통합관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> 업체별 및 개인 소유 퍼스널모빌리티의 등록, 주차구역, 충전설비, 안전사고발생 정보 데이터베이스(DB) 등의 통합관리 기술 및 플랫폼 개발
	실시간 운행 모니터링 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 자전거도로, 생활도로, 보행로 등의 운행 지형 정보 DB, 실시간 주변 보행자 및 차량 운행 상황, 퍼스널모빌리티의 실시간 대기/운행 상태, 실시간 위치 및 속도 정보 등의 실시간 운행 모니터링 기술 개발 퍼스널모빌리티의 운행/정지 상태변화 및 충격감지 등을 통한 사고발생 감지 기술 개발
	AI 기반 안전사고 위험성 자동 예측과 알림 서비스	<ul style="list-style-type: none"> 주변 보행자 및 차량 운행 정보, 퍼스널모빌리티의 운행 정보(위치, 속도, 상태정보 등), 운행 지형 및 안전사고 발생 정보 등의 데이터를 활용하여 AI 기반 안전사고 위험성을 자동으로 예측하는 기술 개발 예측된 안전사고 위험성에 따라 퍼스널모빌리티 이용자에게 위험 경보 알림 및 강제 감속제어 신호를 자동으로 발송하여 사고를 예방하는 기술 개발
기존		

국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안))*
	퍼스널모빌리티 통합관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> 개인 퍼스널모빌리티는 관리되고 있지 않으며, 공유서비스 제공용 퍼스널모빌리티도 업체별로 관리되고 있으나 대부분 단순관리 수준으로 체계적인 통합관리가 이루어지지 않음. 퍼스널모빌리티의 등록, 주차구역, 충전설비, 안전사고발생 정보 데이터베이스 등의 통합관리하기 위해서는 많은 시간과 예산이 소요됨. 	<ul style="list-style-type: none"> 개인 및 업체가 직접 신고하고 등록할 수 있는 퍼스널모빌리티 통합관리 플랫폼 개발. 퍼스널모빌리티의 등록을 의무화할 수 있는 법, 제도 마련 주차구역, 충전설비, 안전사고발생 정보 데이터베이스 등의 통합관리 시스템 및 앱 개발 	① 신 규 개 발
	실시간 운행 모니터링 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 퍼스널모빌리티용 전용 운행지형 정보 DB가 부재함. 바디캠, 개인LiDAR 등의 퍼스널모빌리티 이용자의 주변 상황 인식 전용 안전장비가 부재함. 모든 퍼스널모빌리티의 위치, 속도, 상태정보 등을 실시간 모니터링 하고 통합관제하기 위한 시스템이 부재함. 	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 자전거도로, 생활도로, 보행로 등의 운행 지형정보를 기반으로 퍼스널모빌리티전용 운행지형 정보 DB 구축. 바디캠, 개인LiDAR 등과 같은 실시간 주변 보행자 및 차량 운행 상황 인식용 안전장비 개발. 기존 IoT 센서와 5G 기술을 이용하여 퍼스널모빌리티의 실시간 운행 상태, 위치, 속도 및 충격감지 등의 실시간 운행 및 사고발생 모니터링 기술 개발. 	① 신 규 개 발+ ③ 외 국장비 국 산화(바디캠, 개인 LiDAR)
	AI 기반 안전사고 위험성 자동 예측과 알림 서비스	<ul style="list-style-type: none"> 퍼스널모빌리티용 AI 기반 안전사고 위험성을 자동으로 예측하는 기술 부재함. 이용자별로 각기 다른 운행 정보 등을 모두 분석하여 안전사고 위험성을 예측하는 것은 한정된 인력으로 해결하는 것이 거의 불가능함. 	<ul style="list-style-type: none"> 주변 보행자 및 차량 운행 정보, 퍼스널모빌리티의 운행 정보(위치, 속도, 상태정보 등), 운행 지형 및 안전사고 발생 정보 등의 데이터를 활용하여 AI 기반 안전사고 위험성을 자동으로 예측하는 기술 개발 IOT 및 5G 통신기술을 이용하여 이용자에게 위험 경보 알림 및 강제 감속제어 신호를 자동으로 발송하여 사고를 예방하는 기술 개발. 	① 신 규 개 발

세부기술별 기술수준	세부 기술	세부기술 명					현재 기술수준	목표 기술수준
	①	퍼스널모빌리티 통합관리 플랫폼					2 단계	7 단계
	②	실시간 운행 모니터링 시스템					1 단계	7 단계
	③	AI 기반 안전사고 위험성 자동 예측과 알림서 비스					1 단계	6 단계
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물	
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y		
	①						○ 국내특허3건, 3급특허 1건 ○ 퍼스널모빌리티 통합 관리 플랫폼 시작품 및 시범사업 결과보고 서	
	②						○ 국내특허3건, 3급특허 1건 ○ 전용 운행지형 정보 DB, ○ 주변상황인식용 안전 장비 시작품 및 실시 간 운행 모니터링 시 스템 시작품 ○ 시범사업 결과보고서	
	③						○ 안전사고 위험성 예측 AI 시스템(90%이상 정확도)	
소요예산	(단위 : 백만원)							
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계		
	2,000	2,000	2,000	3,000	3,000	12,000		
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 센서 기술의 고도화 및 AI 활용 사고 분석예측기술 확대 ○ (정책적 기대효과) 국민의 생활 안전성 증진 및 교통안전사고 대응력 향상 ○ (경제산업적 기대효과) 신산업 성장, 공유경제 활성화, 교통안전사고 대응 및 처리비 용의 획기적인 절감효과							

세부과제명	[4-1-2] 지하공간·터널 미세먼지 유발 유해가스 제거기술
-------	-----------------------------------

프로젝트의 필요성	<p>연구 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 차량 증가에 의한 도심 교통체증 해소 및 고속화를 목적으로 산악지역이나 도심 통과 구간 등에 지하 터널의 건설이 증가하고 있으며, 터널을 통과하는 다수의 차량으로부터 배출되는 유해 대기오염물질들이 지하 공간 및 터널로 유입되어 정체되어 있거나 출구 쪽으로 방출되면서, 터널 내부와 출구 주변 지역의 대기오염이 심각함. ○ 더불어, 도시집중 현상을 해결하기 위해 지하공간을 활용한 편의시설 및 교통시설의 개발에 대한 투자가 꾸준히 증가하고 있으나*, 해당 공간에서 발생하는 대기오염물질 저감 방법에 대한 연구는 미비한 실정임. (*지하 공간 개발에 대한 정부 R&D 투자 규모: 총 3,300 억원('14-'18년, 국토부/과기부/환경부), 약 160억원('20년, 국토부) ○ 지하 공간 및 터널에서 발생하는 다종의 유해물질은 인체에 직접적인 영향 및 미세먼지로의 전환, 외부로 유출되어 2차 오염을 유발하는 등 다양한 환경적인 문제를 일으키고 있어 반드시 저감시켜야 할 대상임. <p>기존 기술·연구의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재는 집진기술을 이용한 입자상 물질(PM₁₀) 제거나 환기 위주의 설비에 초점이 맞춰져 있으며, 터널 내 차량이나 실내 교통시설에 의해 배출되는 CO, NO_x와 같은 유해 가스상 입자의 제거는 거의 이루어지지 않고 있으며, 적용 가능한 다종 유해가스 저감 기술도 거의 없는 상황임. <p>제안 기술의 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 주요 미세먼지 유발 전구체인 유해 가스상 입자인 CO, NO_x를 원천적으로 제거할 수 있는 기술을 개발함으로써 미세먼지 저감과 쾌적한 지하 공간/터널 환경 조성 						
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정성적 목표) CO-NO_x 제거시스템을 이용한 지하 공간/터널 내 미세먼지 유발 가스상 입자 제거 소재 및 시스템 개발 ○ (정량적 목표) CO, NO_x 동시 제거율 90% 이상인 유해가스 제거 촉매 기술 개발 						
기술개발 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>세부기술 명</th><th>세부기술별 개발 내용</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Direct NO_x decomposition 저온 촉매</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ NO_x decomposition에 의해 인체에 무해한 NO_x to N₂ 전환반응 유도 촉매 개발 ○ CO-NO₂ 동시 저감 반응을 이용한 미세먼지 유발물질 제어연구 </td></tr> <tr> <td>상온 구동 가능한 CO 산화촉매</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ○ CO 저감 과정에서 동시에 주입되는 질소산화물(NO_x)에 의한 피독 억제기술 개발 ○ 다양한 지지체 및 (비)귀금속 활성금속을 이용한 고효율 상온 CO 산화촉매 개발 </td></tr> </tbody> </table>	세부기술 명	세부기술별 개발 내용	Direct NO _x decomposition 저온 촉매	<ul style="list-style-type: none"> ○ NO_x decomposition에 의해 인체에 무해한 NO_x to N₂ 전환반응 유도 촉매 개발 ○ CO-NO₂ 동시 저감 반응을 이용한 미세먼지 유발물질 제어연구 	상온 구동 가능한 CO 산화촉매	<ul style="list-style-type: none"> ○ CO 저감 과정에서 동시에 주입되는 질소산화물(NO_x)에 의한 피독 억제기술 개발 ○ 다양한 지지체 및 (비)귀금속 활성금속을 이용한 고효율 상온 CO 산화촉매 개발
세부기술 명	세부기술별 개발 내용						
Direct NO _x decomposition 저온 촉매	<ul style="list-style-type: none"> ○ NO_x decomposition에 의해 인체에 무해한 NO_x to N₂ 전환반응 유도 촉매 개발 ○ CO-NO₂ 동시 저감 반응을 이용한 미세먼지 유발물질 제어연구 						
상온 구동 가능한 CO 산화촉매	<ul style="list-style-type: none"> ○ CO 저감 과정에서 동시에 주입되는 질소산화물(NO_x)에 의한 피독 억제기술 개발 ○ 다양한 지지체 및 (비)귀금속 활성금속을 이용한 고효율 상온 CO 산화촉매 개발 						

기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*
	NO _x 저감	<ul style="list-style-type: none"> • Twin system (집진+광촉매필터+활성탄) 이용 환기 공기 중 NO_x를 저감하고자 하였으나, 초기 설치비용 및 오존에 의한 전처리, 필터 막힘 현상 등의 교체 및 유지관리 문제(노르웨이) 	NO _x 직접 분해 촉매 개발	① 신규 개발 (Direct NO _x decomposition 촉매)
		<ul style="list-style-type: none"> • 상온 NO_x 저감을 위해 오존주입을 통해 NO를 NO₂로 산화시킨 후 NO₂를 KOH등의 흡수제에 흡착시킴. NO_x to NO₂ 전환 설비투자 및 흡수액의 지속적인 보충이 필요한 단점이 있음. 		
	Direct NO _x decomposition 촉매	<ul style="list-style-type: none"> • 상온 또는 저온 구동 가능한 NO_x to N₂ 촉매 부재. • 100-350°C 온도에서 Mn계 촉매가 활성을 보이거나 산소농도 및 수분에 대한 효율저하 영향이 큼. 	<ul style="list-style-type: none"> • 100°C 이하 온도에서의 NO_x to N₂ 반응 유도를 위한 활성 금속 연구 • 산소농도 및 수분에 의한 활성저하를 억제 	① 신규 개발 (Direct NO _x decomposition 촉매 개발)
	상온 구동 가능한 CO 산화촉매	<ul style="list-style-type: none"> • Pt계 촉매에서의 CO 상온 산화반응 성능은 우수하나 NO_x에 의한 피독 발생. • 상온산화 반응에 필요한 귀금속 담지량이 지지체 무게대비 1.0 wt.% 이상 필요. • 비귀금속계 촉매의 경우 100°C 이하에서 CO 제거율이 감소됨. 	<ul style="list-style-type: none"> • 상온 NO_x 피독 억제를 위한 promoter metal 첨가 연구 • 촉매기술 경쟁력 확보를 위한 귀금속 담지량 저감 또는 비귀금속계 촉매를 이용한 상온 CO 산화반응 활성 증진연구 	① 신규 개발 (NO _x 피독억제, 가격저감, 고효율 CO 산화 촉매 개발)

세부기술별 기술수준							
	세부 기술	세부기술 명				현재 기술수준	목표 기술수준
	①	Direct NO _x decomposition 촉매 개발				2 단계	6 단계
	②	상온 구동 가능한 CO 산화촉매 개발				3 단계	6 단계
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부 기술	R&D기간*					최종 성과물
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
	①						-저온 NO _x 분해 효율 90% 이상 촉매 -국내 특허 3건 -상위20% SCI 논문 3건
	②						-효율 90% 이상 (비)키금 속계 상온 CO 산화촉매 -국내 특허 3건 -상위20% SCI 논문 3건
	소요예산	(단위 : 백만원)					
1Y		2Y	3Y	4Y	5Y	합계	
1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	
기대효과	○ (과학기술적 기대효과) 지하공간/터널에서 발생하는 유해가스(CO, NO _x)를 동시에 처리 가능함으로써 기존의 집진 및 환기 시스템으로 제한되었던 미세먼지 제거 효율 획기적 증대를 통한 쾌적한 지하공간 조성에 기여						
	○ (정책적 기대효과) 실내공기질 관리 기본계획 정책에 대한 대응력 향상 및 자동차 터널 내 대기오염 관리 규제 기준 마련 제공						
	○ (경제산업적 기대효과) 저온 구동 유해가스 제거 원천기술 개발을 통한 국내외 시장 경쟁력 확보, 운전비용 절감과 동시에 다중 지하 공간 적용에 따른 사업성 확보 가능						

세부과제 명	[4-2-1] 수소연료차 활용 연료전지 기술
--------	--------------------------

프로젝트의 필요성	연구 배경																						
	<ul style="list-style-type: none">○ 최근 화석연료의 환경오염 유발과 자원고갈 우려로 전 세계적으로 2040년까지 내연기관 자동차 퇴출 선언이 이어지고 있으며, 이를 대체할 차세대 동력원에 대한 연구가 활발히 전개○ 그 중 화석연료가 갖는 단점으로부터 자유로운 수소연료전지는, 차량의 동력원을 시작으로 가정, 건물에까지 그 영역을 확장하고 있는 추세이다. 수소연료전지는 백금 촉매가 들어간 탄소다공체 전극과 고분자 전해질로 구성○ 연료원인 수소가 연료극에서 전자를 내놓게 되는데, 이때 전류가 발생한다. 그리고 전류를 방출한 수소(정확히는 수소이온)는 환원극에서 공기 중 산소와 반응하는데 반응의 부산물로는 순수한 물만 생성되기 때문에 친환경적																						
	기존 기술·연구의 한계																						
	<ul style="list-style-type: none">○ 이상적인 동력원인 수소연료전지는 백금 촉매가 발전효율을 결정짓는 핵심소재이지만 고열의 구동환경에서 쉽게 변형되어, 본연의 기능을 상실하는 치명적인 문제가 있음○ 또한 고가인 백금은 전지의 제작단가를 높이기 때문에, 백금 함량은 낮추고 발전효율은 높이는 연구가 필요																						
최종목표	제안 기술의 차별성																						
	<ul style="list-style-type: none">○ 현재보다 백금기준 촉매 사용량을 50% 이상 줄인 저렴한 연료전지시스템을 개발, 2040년까지 내연기관 자동차 퇴출을 실현																						
기술개발 내용	<ul style="list-style-type: none">○ (정성적 목표) 2040년까지 내연기관 자동차 퇴출을 위한 수소연료전지용 초고성능 촉매 시스템 개발○ (정량적 목표) 단위 셀 기준, 촉매 loading 양 $0.15\text{mg}/\text{cm}^2$ 이하, 금속촉매질량 당 활성 $1.5\text{A}/\text{mgPt}$ 이상, 에너지밀도 $1.5\text{W}/\text{cm}^2$ 이상 달성을 위한 백금 및 새로운 전이금속 촉매 - 탄소전극 시스템 개발																						
	<table><tr><th>세부기술 명</th><th colspan="3">세부기술별 개발 내용</th></tr><tr><td>수소연료전지용 백금 저감/대체 촉매제 개발</td><td colspan="3">백금, 백금 합금, 및 기타 전이금속을 포함한 백금저감/대체 금속촉매 개발</td></tr><tr><td>고내구성 고전도성 탄소 담지체 개발</td><td colspan="3">그래핀, 탄소나노튜브 및 기타 탄소소재를 포함한 고표면적, 고전도성, 고내구성, 고성능 담지체 개발</td></tr><tr><td>금속촉매-담지체 결합 기술 개발</td><td colspan="3">금속 전구체를 담지체에 고분산 시킬 수 있는 전기화학반응을 포함한 금속-담지체 결합 기술 개발</td></tr><tr><td>촉매 대량생산 공정기술 개발</td><td colspan="3">수소연료전지촉매 상용화를 위한 대량생산공정기술 및 원가 절감 공정기술 개발</td></tr></table>				세부기술 명	세부기술별 개발 내용			수소연료전지용 백금 저감/대체 촉매제 개발	백금, 백금 합금, 및 기타 전이금속을 포함한 백금저감/대체 금속촉매 개발			고내구성 고전도성 탄소 담지체 개발	그래핀, 탄소나노튜브 및 기타 탄소소재를 포함한 고표면적, 고전도성, 고내구성, 고성능 담지체 개발			금속촉매-담지체 결합 기술 개발	금속 전구체를 담지체에 고분산 시킬 수 있는 전기화학반응을 포함한 금속-담지체 결합 기술 개발			촉매 대량생산 공정기술 개발	수소연료전지촉매 상용화를 위한 대량생산공정기술 및 원가 절감 공정기술 개발	
세부기술 명	세부기술별 개발 내용																						
수소연료전지용 백금 저감/대체 촉매제 개발	백금, 백금 합금, 및 기타 전이금속을 포함한 백금저감/대체 금속촉매 개발																						
고내구성 고전도성 탄소 담지체 개발	그래핀, 탄소나노튜브 및 기타 탄소소재를 포함한 고표면적, 고전도성, 고내구성, 고성능 담지체 개발																						
금속촉매-담지체 결합 기술 개발	금속 전구체를 담지체에 고분산 시킬 수 있는 전기화학반응을 포함한 금속-담지체 결합 기술 개발																						
촉매 대량생산 공정기술 개발	수소연료전지촉매 상용화를 위한 대량생산공정기술 및 원가 절감 공정기술 개발																						
기존 국내기술의 한계점 및 해결방안	<table><tr><th>세부기술</th><th>한계점</th><th>해결방안</th><th>개발전략 (확보방안)*</th></tr><tr><td>백금저감/대체촉매개발</td><td>○ 백금을 능가하는 타 금속의 부재</td><td>○ 백금합금을 포함한 백금저감 및 대체촉매 개발</td><td>기존과제 효율화/고도화 및 신규개발</td></tr><tr><td>고성능탄소담지체개발</td><td>○ 고성능 탄소담지체 대량생산의 어려움 및 경제성 저하</td><td>○ 저가 고성능 탄소담지체 제조기술 개발</td><td>기존과제 고도화 및 신규개발</td></tr><tr><td>금속촉매-담지체결합 기술개발</td><td>○ 금속촉매 고분산 담지체 결합기술의 부재</td><td>○ 전기화학반응을 포함한 금속촉매-담지체 결합 메카니즘 개발</td><td>신규개발</td></tr></table>				세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*	백금저감/대체촉매개발	○ 백금을 능가하는 타 금속의 부재	○ 백금합금을 포함한 백금저감 및 대체촉매 개발	기존과제 효율화/고도화 및 신규개발	고성능탄소담지체개발	○ 고성능 탄소담지체 대량생산의 어려움 및 경제성 저하	○ 저가 고성능 탄소담지체 제조기술 개발	기존과제 고도화 및 신규개발	금속촉매-담지체결합 기술개발	○ 금속촉매 고분산 담지체 결합기술의 부재	○ 전기화학반응을 포함한 금속촉매-담지체 결합 메카니즘 개발	신규개발			
	세부기술	한계점	해결방안	개발전략 (확보방안)*																			
	백금저감/대체촉매개발	○ 백금을 능가하는 타 금속의 부재	○ 백금합금을 포함한 백금저감 및 대체촉매 개발	기존과제 효율화/고도화 및 신규개발																			
	고성능탄소담지체개발	○ 고성능 탄소담지체 대량생산의 어려움 및 경제성 저하	○ 저가 고성능 탄소담지체 제조기술 개발	기존과제 고도화 및 신규개발																			
금속촉매-담지체결합 기술개발	○ 금속촉매 고분산 담지체 결합기술의 부재	○ 전기화학반응을 포함한 금속촉매-담지체 결합 메카니즘 개발	신규개발																				

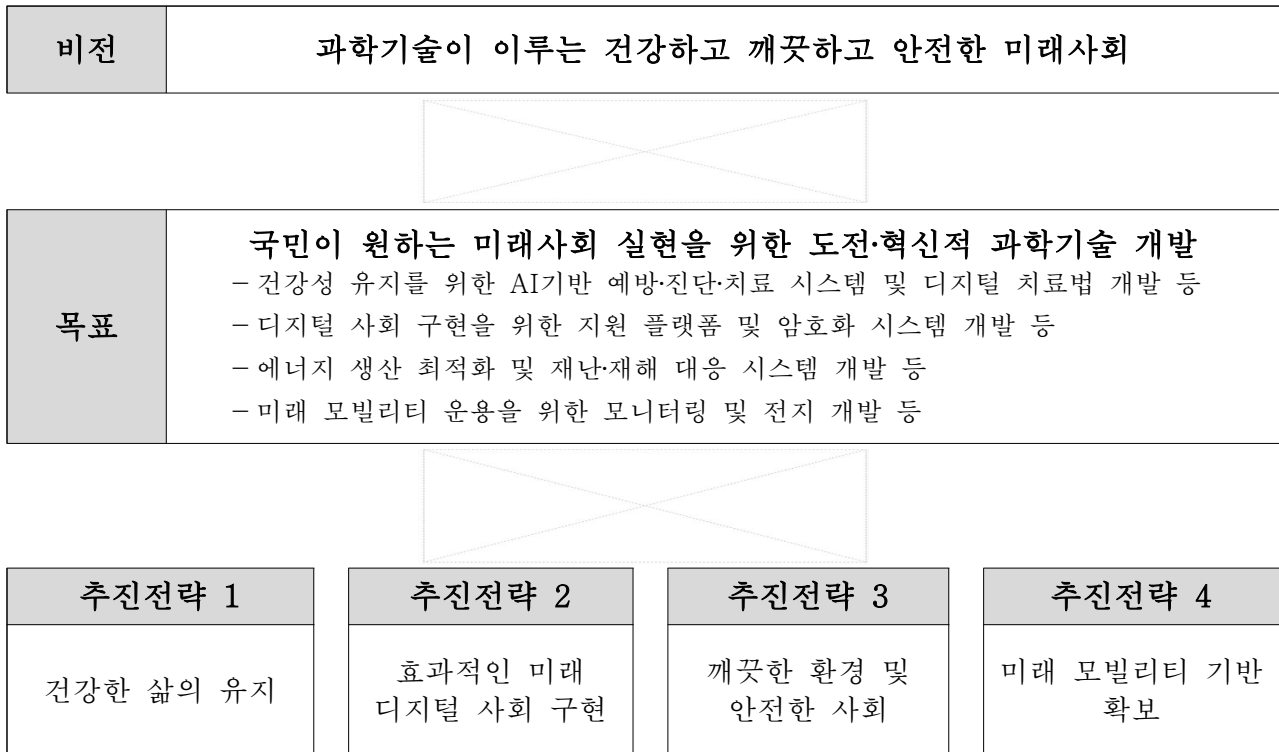
	<div>세부기술</div> <div>촉매대량생산공정기술 개발</div>	<div>한계점</div> <div>○ 촉매 제조공정 외국기술에 의존</div>	<div>해결방안</div> <div>○ 공정 국산화</div>	<div>개발전략 (확보방안)*</div> <div>선진기술 국산화</div>								
세부기술별 기술수준												
	세부기술		현재 기술수준	목표 기술수준								
	백금저감/대체촉매 개발		3	7								
	고성능 탄소담지체 개발		3	7								
	금속촉매-담지체 결합기술 개발		3	7								
촉매 대량생산공정기술 개발		5	7									
연도별 목표 및 추진내용												
	항목	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y						
	목표	○ 백금 저감 촉매제 개발 ○ 백금 대체 촉매 개발	○ 백금 저감 촉매제 개발 ○ 백금 대체 촉매 개발	○ 고성능 탄소 담지체 개발	○ 금속촉매-담지체 결합기술 개발	○ 촉매 대량생산공정기술 개발						
추진 내용	○ 현재 성능 대비 백금촉매 담지량 0.15mg/cm ² 이하 달성 ○ 현재 성능 대비 대체 촉매 담지량 0.25mg/cm ² 이하 달성	○ 백금 금속 촉매질량 당 활성 1.5A/mgPt 이상, 에너지 밀도 1.5 W/cm ² 이상 달성	○ 탄소 담지체 mesopore volume 2.0 cm ³ /g 이상, 표면적 200m ² /g 이상 달성	○ 촉매제 온도 안정성 : 80~100 ℃ ○ 분산: 0.125 mg/cm2 이하 (MEA-Pt 기준)	○ 상용화 촉매 제조 scale 2 kg/batch 이상 달성 ○ 촉매 양산량 40kg/month 이상 달성 ○ 촉매 제조 수율 95% 이상 달성 (투입금속 기준)							
세부기술별 최종성과 및 성과지표	세부기술 R&D기간*					최종 성과물	성과지표 및 연도별 목표**					
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y		성과지표	연도별 목표치				
								1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
	①					백금저감/대체촉매	담지량 (mg/cm ²)	0.25 /0.4	0.2 /0.3	0.15 /0.25		
			②			고성능 탄소지지체	지지체물성치 (cm ³ /g, m ² /g)			1.0 /150	1.5 /175	2.0 /200
			③			촉매담지기술	건			1	2	2
				④		상용촉매 생산	kg/batch				1.5	2

소요예산	(단위 : 백만원)					
	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	합계
	500	500	1,500	1,000	1,000	4,500
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (과학기술적 기대효과) 현재 국내 연료전지스택 부품기술은 해외 대비 동등 또는 이상이나 소재기술은 미흡한 편임. 본 기술 개발을 통해 연료전지의 핵심 소재인 촉매와 탄소지지체 및 촉매의 지지체 담지기술 개발을 통해 소재기술의 국산화를 통해 경쟁력을 확보함과 동시에, 촉매 담지량 저감을 통해 연료전지차의 가격 경쟁력 제고 가능. ○ (정책적 기대효과) 2040년까지 목표로 한 내연기관 자동차 퇴출을 위해서 반드시 필요한 신재생에너지 기반 자동차의 핵심인 연료전지 자동차의 보급 확대에 기여. 수소경제, 탄소제로 사회로의 전환에 큰 기여. ○ (경제산업적 기대효과) 백금 저감/대체 수소 촉매의 개발로 수소연료전지 셀의 경제성이 35% 이상 향상하여 수소연료 보급과 수소 경제의 대중화에 기여. 촉매를 포함하는 막전극접합체(MEA: Membrane Electrode Assembly)의 가격이 40%를 점유하며 미국 GORE사의 기술을 도입하고 있으나 신 촉매제 개발로 새로운 MEA를 개발하여 수입대체에 기여. 본 기술 개발을 통해 백금 대체 수소촉매 기술력 및 가격 경쟁력을 확보하여 해외 시장 개척 가능. 					

<첨부 7> 사업의 비전·목표 및 설정근거

1. 비전 설정 근거

☐ 비전 및 목표



☐ 비전 : 과학기술이 이루는 건강하고 깨끗하고 안전한 미래사회

☐ 도출 근거

- 과학기술기본법 : 중장기적인 투자를 필요로 하는 국가연구개발사업 중 도전성 및 혁신성이 높은 사업에 대해 적극적 지원
- 국정운영 5개년 계획 : 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 구현
- 제4차 과학기술기본계획('18~'22) : 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여
- 국가는 국정운영 5개년계획 및 과학기술기본법에 따라 과학기술의 투자를 통해 국민의 삶의 질 향상 및 국민 생명을 지키는 등의 역할을 수행해야 함
 - 이러한 책무에 따라 국가는 도전적이고 혁신적인 연구에 대한 중장기적 투자를 진행하여야 하며 이러한 배경하에 현재 진행되고 있는 난제해결 및 사회문제 해결형 사업을 통합·확대하여 건강하고 깨끗하고 안전한 미래사회를 구현할 수 있도록 비전을 설정함

2. 목표 설정 근거

☐ 성과목표

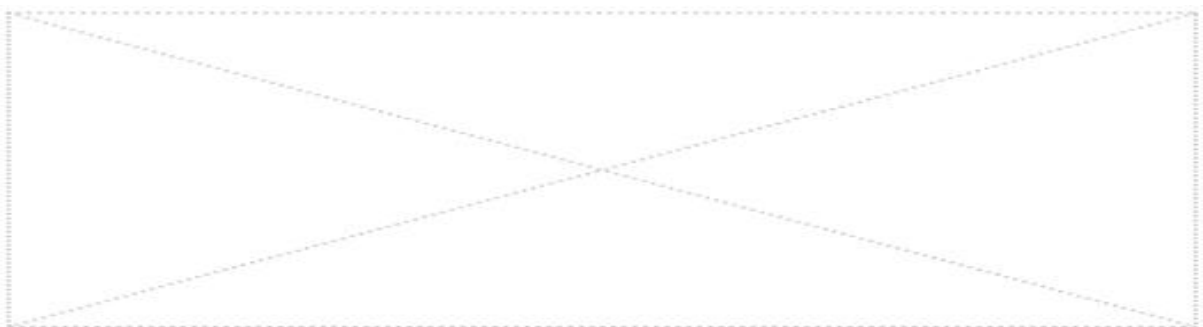
- 국민이 원하는 미래사회 실현을 위한 도전·혁신적 과학기술 개발
 - 건강성 유지를 위한 AI기반 예방·진단·치료 시스템 및 디지털 치료법 개발 등
 - 디지털 사회 구현을 위한 지원 플랫폼 및 암호화 시스템 개발 등
 - 에너지 생산 최적화 및 재난·재해 대응 시스템 개발 등
 - 미래 모빌리티 운용을 위한 모니터링 및 전지 개발 등

☐ 설정근거

- “요람에서 무덤까지 건강한 삶 유지” 프로젝트를 통해 신체-질병-면역 상호관계 분석 및 AI를 활용한 맞춤형 예방·진단·치료 기반을 확보
- “안전하고 공평한 디지털 사회 구현 ” 프로젝트를 통해 효율적인 디지털 사회를 구현 및 정보보호 실현
- “안전하고 지속가능한 환경 유지” 프로젝트를 통해 깨끗하고 지속 가능한 환경 구현 및 재난·재해 피해 최소화를 위한 선제적 미래기술 확보
- “미래 모빌리티 기반 확보” 프로젝트를 통해 미래 모빌리티 활용 안전성 및 전용 에너지원 확보

☐ 비전과의 부합성

- 4개 프로젝트를 통해 도전·혁신적 과학기술을 개발하여 국민이 원하는 건강하고 깨끗하고 안전한 미래사회 실현 가능



<첨부 8> 핵심과제 특허 분석 유형화

☐ 특허 분석 키워드 및 검색식

○ 핵심과제를 토대로 7개 중분류로 유형화하여 특허 분석 진행

대분류	중분류	키워드
건강한 삶 유지 기술(A)	신체-질병-면역 간 연결기작 분석기술(AA)	항상성 유지, 면역노화, 질환 면역세포 치료법, 면역조절, 종양면역, 감염면역, neuron, neural circuits, neurological disorders, brain-machine interface, 장-호흡기 면역 제어 {(gut-lung axis) or {(intestinal microbiota) and (Respiratory diseases)}}, 천연물 소재 개발 {(natural product) and {(quality standardization) or (evaluation of efficacy)}}
	AI 기반 노화대응 및 진단·치료 기술(AB)	노화방지, 인공신경, 뇌기능 모사, 디지털 치료제, Aging; Senescence; Geroscience, {(Artificial Synapse) or (Artificial Nerves) or (Artificial Nervous System)}, Neuromorphic or Brain-machine interface or bi-directional interface or real-time interface, AI, precision medicine, big data
효율적 디지털 사회 구현 기술(B)	디지털 협업 효율화 및 양극화 극복 기술(BA)	뇌신호 레코딩, BMI, 디코딩 알고리즘, Digital 적정기술
	정보 신뢰성·보안성 향상기술(BB)	양자암호통신, 인공지능 신뢰성, PIM 격자 기반 동형암호화, AI and Reliability and Explainable and Data quality, Quantum and Cryptography and Communications, {(homomorphic cryptography or (lattice based cryptography) and process-in-memory}}
안전하고 지속 가능한 환경 유지 기술(C)	탄소중립도시 구현 기반기술(CA)	에너지 하베스팅, 분산형 전원, 태양광, 폐기물 자원화, 에너지 자립, urban solar cell, transparent solar cell, Green environment materials
	미래 미세먼지 저감 기술(CB)	인공 태풍, {(particulate matter) and reduction}, 구름 응결핵, 다상 복합반응, 이차생성미세먼지
	선제적 재난 대응 기술(CC)	동선추적, infected and tracking and positioning, 접촉자 식별, contact and identification and Occupant and (positioning or localization) and monitoring, 위험성 분석, {(AI or bigdata) and ((damage or hazard*) and (distance or range or zone) and (evaluat* or analys* or assess*))}, 방폭형 IoT 화학 센서, 초분광 이미징, (natural language processing and understanding), in-situ detection
미래 모빌리티 기반 기술(D)	미래 모빌리티 연료개발 안전성 확보 기술(DA)	퍼스널모빌리티 플랫폼 {Personal and mobility and platform}, 수소연료전지, 실시간 운행 모니터링 시스템 {Realtime and (positioning or localization) and monitoring}, 백금대체 촉매, 금속촉매, 전극소재, 전고체전지 셀