

요 약 문

| | | | | | |
|--|--|------------|----------------------------------|-----|----------|
| 과제번호 | 2022R2A1A1094920 | 연구기간 | 2022년 09월 01일 ~ 2023년 03월 31일 | | |
| 과제명 | (한글) 혁신·도전적 R&D 사업 성과분석 및 개선을 위한 연구조직 체계 연구 (영문) Research on the research organization system for innovative & challenging R&D project performance analysis and improvement | | | | |
| 연구책임자 (주관연구기관) | 이건성 (노바투스컨설팅) | 참여 연구원수 | 총 2명 | 연구비 | 40,000천원 |
| 요약 | | | | | |
| <p>□ 변혁적 기술 확보를 위한 한계도전형 연구체계 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (임무지향형 연구테마 설정) ①국가·사회적 난제, ②기술적 진보, ③산업적 임팩트 등을 고려하여 기술적 난제 해결을 위한 도전적 연구테마(문제) 선정 ○ (책임 PM의 권한 강화) 책임PM은 연구 프로그램 관리를 전담으로 하며, 프로그램 기획-선정-평가 전반에 주도적 역할을 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 포트폴리오 관리 관리를 통하여 마일스톤 변경 등 연구 방향 수정의 주체 ○ (Tech to Impact) 공공·민간 등 연구개발 실수요자가 체감할 수 있도록 후속 연구 및 실증, 상용화 등 제품화를 지원 ○ (전담지원조직 마련) 연구재단 내 ‘한계도전 전략센터’를 설치·운영하여 변혁적 기술개발을 위한 연구 지원 및 관리의 전담 지원 수행 <p>□ 한계도전 전략센터 운영으로 변혁적 기술 확보를 위한 전문성·지속성 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (전문성) 연구재단 내 한계도전 프로젝트를 위한 전문지원조직으로 전략센터를 신설하여 도전적·혁신적 R&D 수행을 위한 독립성 확보 ○ (지속성) 단계평가에서 탈락 및 조기 중단된 사업의 실패사례와 기술 및 노하우 등을 지속적으로 보관·관리하여 향후 유사 연구 수행시 활용 추진 | | | | | |
| 비공개 사유 | - | 비공개 기간 | - | | |

혁신·도전적 R&D 사업 성과분석 및 개선을 위한 연구조직 체계 연구

(Research on the research organization system for innovative & challenging R&D project
performance analysis and improvement)

연구기관 : (주)노바투스컨설팅
연구책임자 : 이건성

2023. 03. 15.

과학기술정보통신부

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견해
가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 이 종 호

요약문목차

| | |
|-----------------------------|----|
| I. 배경 및 필요성 | 1 |
| II. 도전혁신형 R&D 체계 현 좌표 | 6 |
| III. 수요조사 결과 | 14 |
| IV. 한계도전프로젝트의 전략방향 | 18 |
| V. 한계도전프로젝트 비전과 목표 | 22 |
| 1. 사업 비전 체계 | 22 |
| 2. 논리모형 및 성과목표 | 24 |
| 3. 사업 추진체계 및 역할 | 28 |
| 4. 사업 구성 및 지원 규모 | 30 |
| 5. 사업 목표 설정 | 32 |
| 6. 사업 세부 추진계획 | 33 |

요약문

I. 배경 및 필요성

1 과학기술분야의 대내외 환경 및 패러다임의 변화

- 주요 주요국은 끊임없는 혁신을 통해 창출되는 R&D 생태계 조성에 노력
- 미래 사회·경제적 파급효과가 매우 큰 초고난도의 연구개발을 통해 국가 차원의 문제해결은 물론 미래산업을 창출하고 선도할 수 있었음
- 실패를 비난하지 않는 연구 환경 및 유연한 연구방식을 바탕으로 ‘연구자의 창의성과 자율성을 극대화할 수 있는 R&D’ 지원 필요

<주요 선진국의 연구개발 현황 및 주요제도 : 도전혁신형>

▶ 도전중심의 연구문화 선도 및 제도 개선과 새로운 연구문화 혁신체계를 구축 운영 중

| | |
|-----|---|
| (미) | DARPA: 국가 전략 또는 산업 경쟁력 차원에서 중요하나 개발 실패의 위험도가 높은 과제들을 주 연구대상으로 수행. `22년 고위험 바이오메디칼 연구개발을 위한 ARPA-H를 가동 |
| (영) | HSARPA: 국토안전에 공헌하는 신기술 혁신을 위한 첨단기술개발 지원하며, 최근 모바일 네트워크 트래픽 보안 강화를 위한 프로젝트 등을 추진 중 |
| (독) | ARIA: 최대한의 자율성을 보장 및 고위험-고수익 연구를 지원하며 `21년~`22년동안 146억 파운드의 R&D 투자 계획 발표 |
| (독) | SPRIND: 파괴적 혁신을 위한 기관으로 `19년부터 10년동안 총 10억 유로 규모의 예산으로 실험 단계 계획, `21년 새 항바이러스제 양자이동에 대한 도전과제를 제시 |
| (일) | 문샷프로그램: 파괴적 혁신 창출을 목표로 국가가 제시한 연구개발 아이디어를 수행하며 문샷(혁신적인 아이디어)형 연구개발제도에 `21년 16억 엔의 예산 투입 |

- 국가차원에서 미래 성장동력을 지속확보하기 위한 **와해성¹⁾ 기술 확보 경쟁이 치열하게 가속화될 전망**
- 글로벌 패권 전쟁에서 경쟁우위를 차지하기 위해서 전략적 기술확보가 추진되고 있고, 선도국가에서도 핵심기술 분야에 대한 대규모 연구개발 투자 추진

1) 와해성 기술 : 산업이나 시장을 완전히 재편성하고 시장 대부분을 점유할 수 있는 기술

<주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황>

| 국가명 | 추진시기 | 핵심기관 | 주요내용 |
|-----|--------|---------------------|--|
| 미국 | `21.06 | (신설)NSF 기술혁신국 | 12조 지원을 통해 문제해결 연구개발에 집중 투자 |
| 독일 | `21.09 | 연방교육연구부(BMBF) | 핵심 기술분야 기술주권 강화를 위해, 기술주권위원회 설치 및 운영(`21.9) |
| 프랑스 | `19.11 | (신설)혁신위원회 | 혁신산업기금을 통해 2.5억 유로의 재정지원 예정 |
| 영국 | `21.06 | 국가과학기술위원회(NSTC) | 과학기술 초대강국 실현을 위해 총리실 산하 과학기술전략실(OSTS) 설립 발표(`21.6) 하고 핵심기술 확보를 위한 ARIA 출범 및 8억 파운드 지원계획(`21) |
| 일본 | `21 | (신설)내각부에 경제안보 담당 조직 | 관계 상청 및 연구자로 구성된 '중요기술연구개발협의회(가칭)' 신설 |

- 최근 우리 경제구조의 변화에 따라 기존 주력 산업의 성장속도 둔화 원인은 과거의 Fast-follow 성장전략을 탈피하지 못하고 있는 것에 근본적인 원인이 있음
- 기업의 성장은 빠르게 변화하는 기술에 의해 흥망성쇠가 가려지게 될 것으로 기존의 단순 기술도입을 통해 성장은 한계에 달함
 - 글로벌 무대에서 날로 격화되고 원천기술 확보 경쟁은 국가 및 기업 간 경쟁의 핵심요소로서 원천기술의 중요성 증대되고 있는 상황으로 선진국·선도기업은 이미 가격경쟁 보다는 제품에 대한 품질과 차별화를 통해 글로벌 경쟁에서 우위
 - * 퀄컴(Qualcomm) CDMA원천기술로 세계시장 석권
 - * 듀폰(Dupont) 지속적인 기술혁신을 통해 200년간 성장세
- 우리나라 또한 기초원천 기술투자가 그간 성과를 달성, 우리 경제 규모 수준을 현재와 같이 성장

<도전적 R&D로 우리기술이 세계시장 석권 사례>

▶ 도전혁신형 R&D로 성공한 사례는 있으나, 상시적인 시스템이 아니라는 것이 문제

| 원천기술 | 연구기간 | 총연구비 | 연평균연구비 | 세계시장 점유율 | 점유기간 |
|---------|-----------------|-------|--------|--------------------------------------|-----------|
| DRAM | 1986~1997 (12년) | 2,779 | 232 | 1위 (’22년 71.3%), 출처: IC Insights) | 1998~현재 |
| CDMA | 1989~1996 (8년) | 996 | 125 | 1~2위 (출처: IDC) | 2012~현재 |
| HDTV | 1990~2000 (11년) | 1,788 | 163 | 1위 (출처: ’22/1분기 50.6%, oimdia) | 2004~현재 |
| TFT-LCD | 1995~2001 (7년) | 1,822 | 260 | 1위 (’22년 40.2%, 생산능력 기준) | 2000~2018 |
| 평균 | 10년 | 1,846 | 185 | | |

- 현 경제 규모를 성장·유지 시키기 위해서는 도전혁신형R&D에 대한 상시적인 체제로 재편될 필요
- 시급히 개선하지 않으면 일부 국가에서 경험하고 있는 저성장 및 대외 의존이 심화 될 우려

| <국가경쟁력 순위 및 잠재성장률> | <우리나라와 OECD 평균 GDP 성장률 비교> |
|---|--|
| | |
| 출처: (좌) BOK 이슈노트 제2021-3호, 한국은행 (우) IMD 국가경쟁력 평가(2022) | 출처: OECD Economic Outlook 재구성 KDI 경제정책정보(연도별) |

3 국가경쟁력 강화에 공헌할수 있는 과학기술생태계 조성 필요

□ 전 세계적으로 기술경쟁력이 평준화가 빠르게 이루어지고 있어, 우리나라도 차별성 확보를 위한 노력도 강화하고 있는 추세

- 산업의 변화 주기는 빨라지고 변화 폭은 커지는 상황에서 우리나라가 주도권을 가질 수 있는 분야를 발굴하여 미래 선도 산업으로 육성이 시급
- 그러나 지난 10년간 한국의 10대 수출품목은 1개만 교체되었고, 전체 수출에서 차지하는 비중이 50% 내외로 성장동력의 고착화·편중화가 심화됨

* (`09) 선박해양구조물 및 부품, 철강판, 석유제품, 무선통신기기, 자동차, 반도체, 평판디스플레이 및 센서 합성수지, 자동차부품, 컴퓨터→(`19) 플라스틱 제품

□ 끊임없이 혁신이 창출되는 R&D 생태계로 시급히 전환이 필요한 시점

- 목표와 성공공식이 명확했던 과거 추격형(Fast Follower) 방식에서 과감하고 도전적인 선도형 연구(First Mover)로 전환 필요
- 세계 주요국들은 美DARPA·日ImPACT·獨SPRIND 등을 통해 실패를 비난하지 않는 도전적 연구를 지원하며 사회변화를 이끄는 혁신적 성과 창출

◆ 미래를 내다보고 이에 선제적으로 대비하기 위해 실패 가능성이 높아도 변화에 과감하고 도전적인 선도형 과학기술생태계로 전환 필요

□ 이와 같은 환경변화에 대응하기 위해서는 과학기술혁신행태와 혁신주체 간 관계에서 새로운 변화가 필요

- 그동안의 산업화 과정에서 형성된 외국 기술을 도입·소화·개량하는 활동 중심의 기술혁신체제에서 선진국도 해결하지 못한 문제를 풀어야 하거나 스스로 문제를 만들어서 해결해야 하는 상황이 전제되고 있는 상황에서

지속적인 경쟁우위 확보가 어려워지고 있는 것이 현실

- 창조형 기술혁신모델은 와해성 기술과 변혁적 기술의 내생적 창출(self-generating) 역량이 확보되어 있는 국가혁신체제의 기술혁신모델을 의미하며, 대학 및 출연(연)과의 협력을 통해 기초원천기술을 개발하는 활동이 활성화가 필요

* 와해성 기술과 변혁적 기술의 확보는 지금까지와는 다른 새로운 접근방법을 통해 과학·사회 등 분야의 패러다임 전환을 이끌어낼 수 있는 기술을 의미

□ 우리 산업계는 선진국의 로드맵이 주어진 상태에서 그것을 더 빨리 더 나은 수준으로 달성하는 데 탁월한 역량으로 지금의 경제 규모를 달성

○ 변혁적 기술은 대규모 투자비용과 고위험의 기술 특성으로 인해 시장실패 가능성이 높아 장기간의 전략적 연구지원이 필요

○ 주요국은 변혁적 연구 활성화를 위해 변혁적 기술 확보 지원 전담기관을 설립하여 변혁적 연구개발 프로그램을 도입

* 독립 전담기관 설립 : (미) DARPA, IARPA, ARPA-E, ARPA-H, HSARPA, (영) ARIA, (중) 군 혁신조정위원회, (일) 종합과학기술·이노베이션회의(CSTI), (EU) 국방혁신기구

* 변혁적 연구개발 프로그램 도입 : (미) NIH HRHR, DARPA, ARPA-E, (일) ImPACT, Moon-shot, (EU) FET 플래그쉽, ERC Frontier Research Grants, (영) UKRI-TRDF

□ 우리나라는 아직까지 공정성과 제도 경직성에서 한계점으로 작용한다는 지적

○ (공정성 중시) 정부 R&D사업 추진과정에서 수월성보다 공정성이 강조되어 최적화된 새로운 연구 관리방식 적용에 한계

- 고난도의 목표달성을 추구하는 R&D사업의 경우 민간·해외에서 활용되는 효율성이 강조된 연구제도가 필요함에도 사용에 제한

○ (제도 경직성) 외부 감사 우려, 법적 근거 미흡 등으로 기존 제도화된 경쟁형 R&D, 목표 재조정·조기종료 등 고위험·혁신형 R&D(High-risk, High-impact R&D)에 적합한 유연한 연구제도의 활성화 부족

- 기존에 익숙한 방식만 활용하고 목표달성에 필요한 다양한 시도가 부족하여 고위험·혁신형 R&D사업을 통한 혁신적 성과 창출 저조

○ 장기간의 막대한 R&D 투자를 통해 높은 성장잠재력을 보유하고 있으나, 지식자원 기반의 성과 창출은 부족함

- 우리나라의 논문 발표 건수는 선진국과 유사한 수준이나, 연구의 독창성 및 영향력은 선진국 대비 낮은 수준으로 질적 성과 부문에서 상대적으로 미흡

<세계 최고기술 보유 수준>

▶ 국가전략기술 120개 중 1개의 기술도 보유하지 못하였음

| 국가 | 한국 | 미국 | 중국 | EU | 일본 |
|----------------|---------|----------|---------|----------|---------|
| 세계 최고 수준 보유 기술 | 0개/120개 | 97개/120개 | 1개/120개 | 28개/120개 | 8개/120개 |

5 기초과학분야의 미래기술에 대한 정부투자 강화로 우리과학기술 경쟁력 제고

□ 변혁적 기술 확보를 위해 도전혁신형 사업이 도입되고 있으나, 현재까지 사업 추진이 미흡

○ 변혁적 기술 확보를 위해서는 연구촉진을 위한 고위험·고수익(HRHR)의 R&D프로그램이 요구되나 관련 사업의 추진이 미흡

- 국내에서 추진하는 HRHR R&D 프로그램의 경우 기존 시스템에서의 작동에 한계로 새로운 시스템 도입 필요

* 국내 HRHR를 장려하는 프로그램은 과기부의 글로벌프론티어사업, 혁신도전 프로젝트, 미래유망융합기술파이오니어사업, 산업부 알키미스트 프로젝트 등에 한정

* 도전혁신형 사업으로서 추진되었으나 기존 R&D 시스템 한계 내에서 기능하여 선진화된 해외 변혁적 R&D 프로그램의 관리방법을 활용한 보완이 요구

□ 변혁적 기술 플랫폼으로서 글로벌프론티어사업의 재기획 필요

○ 글로벌프론티어사업은 세계 1등 원천기술 개발을 위한 장기·대형 연구개발 사업으로 선도기술 확보, 기술사업화 등 다양한 성과 달성

○ 그러나 10년 전 설계된 사업으로서 변혁적 기술을 확보할 수 있는 플랫폼으로서 선진화된 관리기법을 적용하여 재기획 필요

- 기술이 쇠퇴기(decline)에 접어들어 더 이상의 기술혁신이 어려운 상황에서 비선형적인 기술 변혁을 통해 한계 돌파가 가능한 체계 수립하고 지원하는 체제로 전환이 필요

- 현재의 경계를 넘어 새로운 프론티어로 가는 도전적 임무를 완수할 수 있기 위해 확보되어야 하는 혁신적인 기술을 추구해 미래세대를 위한 기초원천기술 확보 미션을 부여

<변혁적 기술개발을 위한 시기 및 임무 수행의 필요성>



II. 도전혁신형 R&D 체계 현 좌표

1 도전혁신형 정책을 지원할 R&D 프로그램 현황

□ 도전혁신형 정책을 지원할 R&D 프로그램 부족

- 정부 R&D예산 중 도전적 R&D에 투입되는 비중이 영국은 28%, EU는 13%이나, 우리나라는 도전적 R&D에 해당하는 사업이 매우 적음

* OECD는 우리나라 연구개발 사업 중 유일하게 '알키미스트 프로젝트'만 가장 낮은 수준의 고위험·고부가가치 도전적 연구로 분류('21년 자료)

□ 변혁적 연구성과를 확보하기 위한 관리체계 개선이 미흡

- 변혁적 연구개발 성과는 장기간의 기술축적을 통해 나타나지만 개별적 사업단 종료 시점에서 축적된 경험과 기술이 단절
- 경쟁형 R&D는 원칙적으로 추진이 가능하나, 중복수행, 예산 낭비에 대한 외부의 감사 우려 등으로 활용이 미흡한 상황

- 경쟁형 R&D의 경우에도 대부분 과제 기획단계에서만 경쟁 기획 방식이고, 연구 과정의 리스크관리를 위한 포트폴리오는 미흡

* '18년 기준, 8개 부처 21개 사업에 대해 경쟁형 R&D 적용 중이나, 대부분 경쟁 기획 방식이며, 일부 병렬형 수행 중

<경쟁형 R&D 기본 모델>

| 구분 | 주요 내용 | 비고 |
|-------------|--|-----------------|
| 토너먼트 | 대형 프로젝트에 대하여 과제기획, 원천기술개발, 응용기술개발 전 단계별로 중간평가를 통해 차례로 일부가 탈락 | 대형사업 중·장기사업 |
| 후불형 서바이벌 | 다수의 연구단이 동일 연구과제를 수행한 후 최종 결과물의 우수성을 평가하여 결과에 따라 연구비 차등 지급 | 소형사업 단기사업 |
| 경쟁기획 | 과제기획단계에서 2~4배수의 연구기관을 선정하여 기획연구를 수행토록 하고 기획 결과를 평가하여 실제 연구개발 수행기관 선정 | 대형사업 중·장기사업 |
| 병렬형 과제수행 | 동일한 연구목표로 서로 다른 접근방식의 과제를 각각 수행하고 중간평가 결과 우수한 과제를 선정하여 지속 지원 | 중소형사업 중·단기사업 |

- 현재의 출연금(Grant) 방식의 지원은 연구자의 자율성과 창의성을 높일 수 있으나, 임무 달성을 위한 지속적인 관리는 취약

| <DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형> | |
|--|--|
| 그랜트(Grant) | 협력 계약(Cooperative Agreement) |
| <ul style="list-style-type: none"> • 연구기관이 선정된 이후에 출연금 형태로 연구비 지급 • 이후의 연구 진행은 연구자가 주도권을 가지고 수행하며, 관리기관의 관여 적음 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구기관 선정 이후 연구비 지원 계약을 다시 체결하여 연구비 지급 • 각 연구 단계별 목표 조율, 주기적인 진도 관리 등 관리기관의 관여가 적극적인 유형 |

- 국내의 경우 도전·혁신형 R&D임에도 기존의 연구개발의 방식으로 운영되고 있어, 혁신성과 도전성을 확보하기 위한 충분한 지원 부족

| <국내 도전·혁신형 R&D 현황> | | | | |
|-------------------------------------|------|-------------------|----------------|--------------------|
| 프로그램 | 임무지향 | 독립·자율적 연구관리 조직 | 포트폴리오 과제 관리 | PM(PD)의 적극적인 관리 |
| 알키미스트 프로젝트 | 0 | × | △ | △ |
| 미래융합유망기술 파이오니어 사업 | 0 | × | × | × |
| 과학난제도전 융합연구 개발사업 | 0 | × | × | × |
| 혁신도전프로젝트 | 0 | △ | △ | 0 |

□ 지난 50년간 R&D 성공 모델에 따른 타겟 중심의 단기-위험 회피적 R&D 문화 고착화

- 국내 연구개발 생태계는 해외 선도국 대비 창의·도전·혁신적인 R&D 문화 형성이 미흡

- 단기간에 과학기술 역량을 확보하기 위한 현안 중심의 R&D와 정량적 성과 달성을 위한 안정적 R&D 지향

<주요국 간 연구개발 문화 비교>

| 구분 | 세부내용 |
|------|--|
| 한국 | <ul style="list-style-type: none"> • 축적(stock) 아닌 흐름(flow) 문화 • 실패를 두려워하는 문화(리스크 회피 문화) • 장기·안정적 연구문화 미흡(단기성과) • ‘유행가’ 연구문화 - 정부(정권)의 일관성 부족에 기인 • 정부 주도의 연구문화 - 민간주도의 창의적 연구 문화 부재 |
| 미국 | <ul style="list-style-type: none"> • 자유·자율·독립의 연구문화 • 도전적·혁신적·변혁적 문화로 변화 • 제5의 문명발상지 ‘실리콘밸리’의 창의·혁신·도전 문화 |
| 일본 | <ul style="list-style-type: none"> • 장인존중·한 우물 파기 연구문화 • 코펜하겐 정신(자유로운 연구기풍)의 연구문화 • 모노쯔꾸리 제조업 중시 문화 |
| 독일 | <ul style="list-style-type: none"> • 세계 히든 챔피언 시장을 휩쓰는 ‘한 우물 파기’ 연구문화 • 산·학·연 클러스터 연구문화 • 민간의 창의성 존중 연구문화 - Industry 4.0은 민간에서 작성 • 분권·개방·맞춤의 연구문화 - 제4차 산업혁명의 발단 조성 |
| 이스라엘 | <ul style="list-style-type: none"> • 창업국가(Start-up) 이스라엘 - 글로벌 수준의 벤처창업 생태계 조성 • 후츠파·하브루타 정신 기반의 연구문화 - 창의·혁신·도전 • 실패를 두려워하지 않는 혁신(요즈마) 연구문화 |

출처 : 한국 연구개발(R&D) 문화는 무엇인가, 한국연구재단, 2021

□ 위험 회피적 연구성향에 따른 R&D 성과 한계 및 선도국과 기술격차 지속

○ 막대한 수준의 R&D 투자를 진행하고 다수의 연구인력을 보유하고 있어 과학기술 성과 확보를 위한 높은 잠재력을 보유하고 있으나, 지식자원 기반의 성과 창출은 부족하여 R&D 투자효율성이 매우 낮은 상황

* 국가전략기술 120개 중 1개의 기술도 보유하지 못하였음

<우리나라 R&D 투입 및 성과의 글로벌 대비 수준('21년)>

| 구분 | 항목 | 지표 | 글로벌 순위 |
|---------|---------|-------------------------|--------|
| 보유자원·투입 | 인적자원 | 총 연구원 수 | 5위 |
| | | 인구 만 명당 연구원 수 | 1위 |
| | 조직 | 세계 상위 대학 및 기업 수 | 6위 |
| | 연구개발 투자 | 연구개발투자 총액 | 5위 |
| | | GDP 대비 연구개발투자 총액 비중 | 2위 |
| | | GDP 대비 정부연구개발예산 | 1위 |
| 성과 | 지식자원 | 최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK) | 10위 |
| | 경제적 성과 | 연구개발투자 대비 지식재산사용료 수입 비중 | 23위 |
| | 지식창출 | 연간 R&D 투자 대비 특허건수 | 12위 |
| | | 연구원 1인당 SCI 논문 수 및 인용도 | 33위 |

출처 : 2021년 국가과학기술혁신역량평가, KISTEP, 2021 기반 연구진 제작성

○ 위험을 부담하고 경계를 넘는 시도를 지원하지 않으면 국가의 장기적인 혁신역량 및 과학기술 경쟁력을 위태롭게 할 우려

* 혁신적인 임무를 설정하지 않으면, 성공적인 결과 도출의 부담 등으로 인해 기존의 아이디어를 점진적으로(incremental) 개선하는 과학기술 위험회피주의(conservatism)가 나타날 가능성이 큼

「혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유

」

- ① 펀딩 기관이 공적인 지원에 대한 성공적인 결과를 중시
- ② 평가자들도 명백하게 실현가능한 프로젝트를 더 잘 이해하고 선호
- ③ 기존 연구를 통해 달성된 기득권은 새로운 시도를 가치 절하

<effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD, 2021>

- 글로벌프론티어는 세계 1등 원천기술 개발을 위한 장기·대형 연구개발 사업으로 선도기술 확보, 기술사업화 등 다양한 성과 달성
- SCI 논문, 특허 등록 등 타 사업대비 높은 과학적 성과 창출

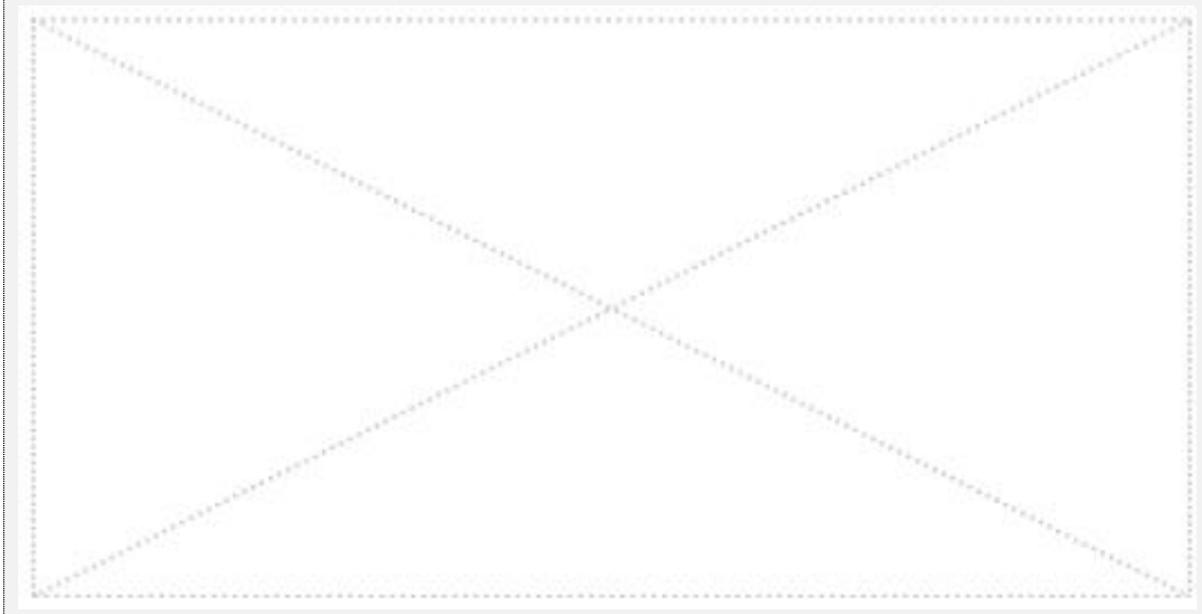
<투자 대비 연구 성과('20년 기준)>

| 구분 | SCI논문(10억원당) | 국내 특허등록(10억원당) |
|--------------------|--------------|----------------|
| 국가 전체 | 0.82 | 1.12 |
| 과기부 주요R&D사업 (중복배제) | 7.56 | 0.78 |
| 원천기술개발사업 | 7.33 | 1.22 |
| 글로벌프론티어 사업 | 10.8 | 3.1 |

출처 : 2020년 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서, 과학기술정보통신부, 재구성

- 변혁적 R&D를 위해 글로벌프론티어 사업의 재기획이 필요
- 핵심 원천기술 개발 지원으로 게임체인저 기술을 확보하여 국내 주요산업의 성장을 주도하고 세계 최고 수준의 역량 확보

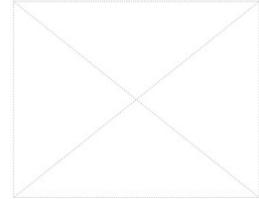
<기존 과기부의 글로벌프론티어사업 진단 및 개선 필요성>



【글로벌프론티어사업 우수사례】

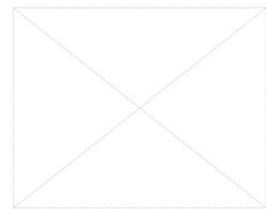
1] 멀티스케일에너지연구단

- ◆ 페로브스카이트 태양전지 초고효율화 기술 개발로 세계최고 공인효율기록 갱신
- 페로브스카이트 태양전지는 실리콘 태양전지의 효율에 근접하면서도 저렴하고, 박막이면서 유연하게 제조가 가능하여 차세대 태양전지 시장을 주도할 소재로 주목
- 페로브스카이트 태양전지 세계최고 공인효율 7회 갱신
 - * 16.2%('13) > 17.9%('14) > 20.1%('14) > 22.1%('16) > 22.7%('17.10) > 24.2%('19.04) > 25.2%('19.08)



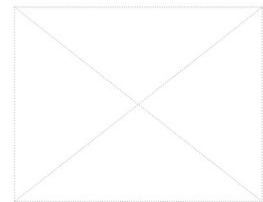
2] 지능형바이오시스템연구단

- ◆ 고기능 생리활성 물질 진세노사이드 대량생산 기술개발
- 고기능 생리활성물질 진세노사이드 생합성 기술 (생산성 1.5g/L, 생산단가 1/100) 세계 최초 성공
- 천연물(인삼) 추출 방법보다 저비용으로 단기간(1주)에 생산 가능
- 항노화, 치매예방, 항간암, 항지방간, 항당뇨, 혈관조절 등 다양한 효능을 검증하고 원천특허 확보



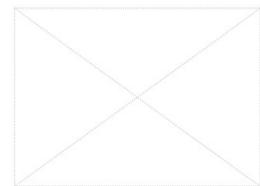
3] 바이오톨스가드연구단

- ◆ 열대성 감염병 등의 신속 현장 진단이 가능한 다중 면역진단용 미세유체칩 제작기술 개발
- 미세유체 칩 내 다양한 종류의 기능성입자조합 배열이 가능한 기술을 활용하여 다중분석용 미세유체칩 제작기술 개발
- 열대성 감염병의 신속진단키트 개발 외에도 다중진단이 필요한 말라리아 등 다양한 질병 진단에 응용 가능



4] 파동에너지극한제어연구단

- ◆ 마이크로 LED 롤 전사기술 세계최초 상용화
- 마이크로 LED 소자를 선택적으로 회로기판에 전사하는 핵심공정기술 개발
- 전사속도 및 전사 면적에서 세계최고 수준으로 기존기술 대비 100~1,000배 생산성이 증대
- 기존 방식으로 FullHD급 200만 화소 100인치 디스플레이 제작 시 30일 이상이 소요되나 동 기술은 1시간 안에 제작 가능



① 혁신성·도전성이 떨어지는 점진적인(incremental) 목표를 설정하였으며, 목표를 달성하기 위한 명확한 임무 설정도 미흡

- 연구목표 대비 성공률이 약 100%로 DARPA 등 고위험(성공확률 10% 수준)의 혁신적 연구프로그램에 비해 매우 높은 수준
 - 자체평가에서 사업단 목표와 관련성이 낮은 다수의 과제가 선정되었다는 지적이 지속되는 등 목표에 집중된 과제기획이 미흡

「글로벌프론티어 연구단장」 인터뷰 내용 발췌

- ☞ 명시적 규정은 없으나, 암묵적으로 사업단마다 수십개의 개별과제를 지원하며, 정량적 성과에 치중하여 깊이 있는 연구 없이 다수의 연구가 산재하며 효율성 감소

<글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률>

| 연번 | 연구단 명 | 연구기간 | 목표 대비 성공률 |
|----|-------------------|------------------|-----------|
| 1 | 바이오매스 연구단 | `10.10~`19 .8 | 99% |
| 2 | 의약바이오컨버전스 연구단 | `10.10~`19 .8 | 98% |
| 3 | 인체감응솔루션 연구단 | `10.10~`19 .8 | 99% |
| 4 | 지능형바이오시스템 연구단 | `11.9~`20. 10 | 100% |
| 5 | 나노기반소프트일렉트로닉스 연구단 | `11.9~`20. 10 | 100% |
| 6 | 다차원스마트IT 연구단 | `11.9~`20. 10 | 100% |
| 7 | 멀티스케일에너지시스템 연구단 | `11.9~`20. 10 | 100% |

참고: 사업 최종 보고서

② 연구단장도 연구책임자로 연구를 수행하여 목표 달성을 위한 과제 관리에는 상대적으로 미흡 → 과제 별로 분절된 연구 수행

- 연구단이 주관하여 하위과제의 목표달성도 평가를 통한 탈락 또는 지원중단 등을 계획하였으나, 실제로는 포트폴리오 관리 미 적용
- 지원과제 중 단계평가 등으로 중도 탈락된 과제는 전무하며, 성과 조기달성으로 종료되었거나 기존 과제와 병합된 사례가 일부 존재

③ 연구 주제별로 별도의 사업단을 경직적으로 운영(10년)하여 환경변화에 따른 유연한 사업 관리 어려움

- 자율적 운영을 목표로 하였으나, 분절된 사업단 운영으로 사업의 전체적인

관리가 어렵고 조직 등 자원의 중복으로 비효율 발생

「글로벌프론티어지원사업 연구단장 간담회('21.5.) 제안사항」

- 사업단별 연구지원 업무 추진의 통일성 확보를 위해 총괄 지원하는 지원조직 구성·운영 필요(B연구단)
- 사업단 자립을 위한 재원 마련에 한계가 있어 사업단별 독립법인 형태의 현 사업단 구조는 부적합하며 전혀 다른 새로운 구조를 고려해야 함(H연구단)

④ 연구 성과를 전문적으로 관리하는 별도의 지원체계가 갖춰져 있지 않아 성과 활용에 대한 체계적인 지원은 미흡

- 사업 추진 시 기술사업화에 대한 고려 및 지원이 미흡하였으며, 사업단 해산 등으로 우수한 연구 성과가 사장될 위험 존재

<글로벌프론티어사업 연구단의 연구종료 이후 성과활용, 과제수행 등 현황>

| 연구단 | 종료 | 해산여부 | 종료 이후 현황('21.10 기준) |
|---------------|------|------|----------------------------|
| 의약바이오컨버전스 | 2019 | 유지 | 국가 연구개발사업 2건 및 기업 용역과제수행 중 |
| 실감교류인체감응솔루션 | 2019 | 해산 | KIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전 |
| 차세대바이오매스 | 2019 | 해산 | KAIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전 |
| 멀티스케일에너지시스템 | 2020 | 유지 | 사업단 실질적으로 운영 X (과제 미 수행) |
| 나노기반소프트알렉트로닉스 | 2020 | 유지 | 과제 미수행, 잔여 간접비로 운영 중 |
| 다차원스마트IT융합시스템 | 2020 | 유지 | 과제 수행 중(1억 5천) |
| 지능형바이오시스템설계 | 2020 | 유지 | 과제 수행 중(15억, 산자부·농림부) |

⑤ 개별적 사업단의 종료와 함께 지원체계가 기능을 상실하여 성과가 가장 많이 발생할 개별 사업단 종료 시점에서의 성과확보 미흡

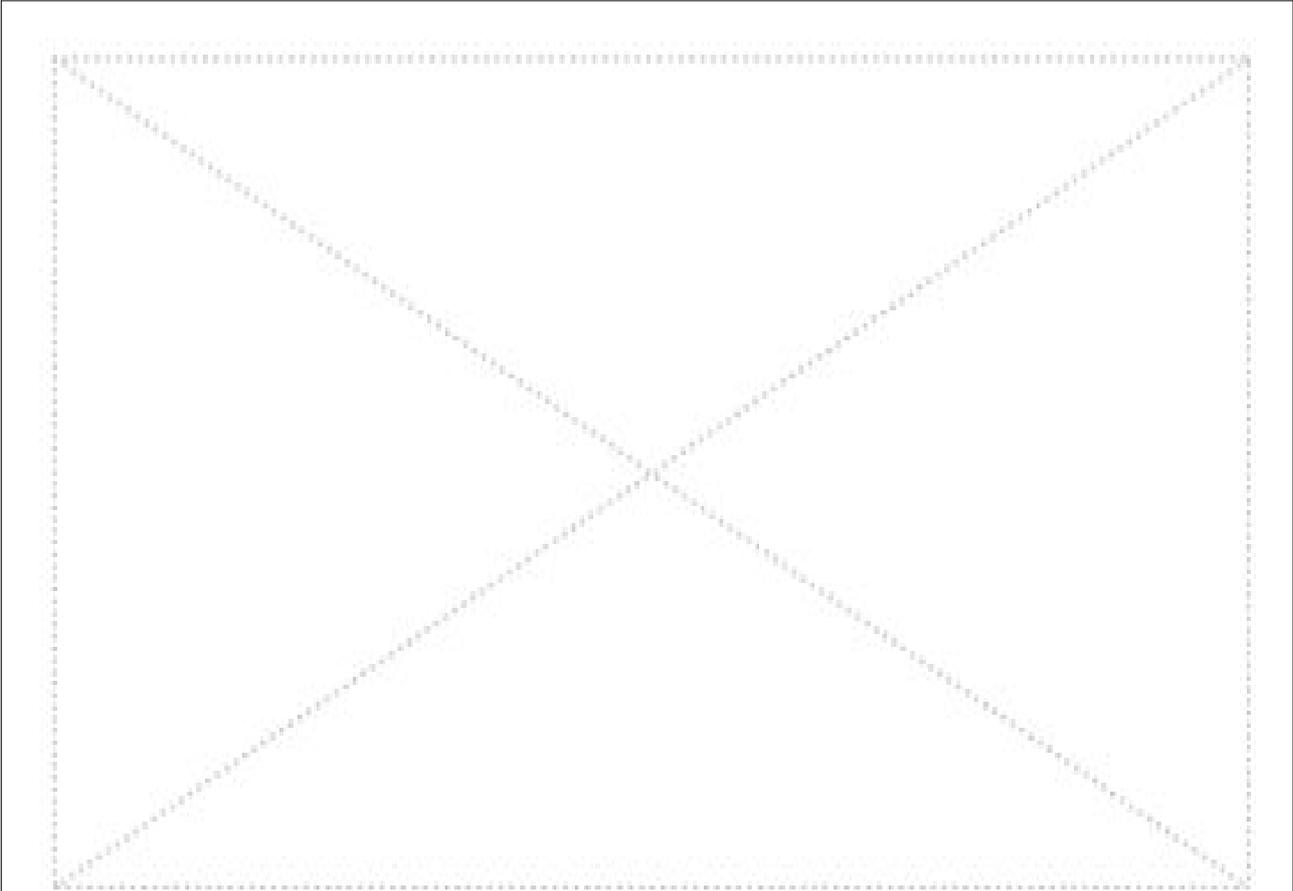
- 글로벌프론티어사업을 4단계로 구분하였을 때, 3단계까지 성과가 증가하다 4단계부터 성과가 급감하는 양상이 나타남

- * 글로벌프론티어사업은 1단계('10~'12), 2단계('13~'15), 3단계('16~'19), 4단계('20~'21)로 구분
- * 기술이전금액 성과는 1단계(18.2억) -> 2단계(81.5억) -> 3단계(262.8억) -> 4단계(51억)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소
- * 투자유치 성과는 1단계(0억원) -> 2단계(430.1억원) -> 3단계(737.1억원) -> 4단계(104억원)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소

| 구분 | 글로벌프론티어 (As-is) | 한계도전프로젝트 (To-be) 개선필요성 | 비고 : 해외 변혁적 R&D 특징 |
|--------|---|---|---|
| 사업 특성 | <ul style="list-style-type: none"> 글로벌프론티어에 도달하기 위한 연구 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 글로벌 프론티어를 넘어서기 위한 연구 | <ul style="list-style-type: none"> • 기존 프론티어를 넘어서기 위한 타 조직에서 지원하지 못하는 변혁적 R&D 지원 |
| 사업의 성과 | 조직 성과 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 대형·집단·장기 연구사업으로서의 특성 계승 ▶ 연구 도메인별 연구역량을 집적하여 플랫폼 역할 수행 ▶ 글로벌프론티어의 각 사업단별 사업화 조직 네트워크 흡수 | |
| | 기술·경제 성과 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 글로벌프론티어를 통해 확보한 변혁적 연구 아이디어의 실현 ▶ 우수 연구자를 활용한 책임PM 확보 | |
| 사업의 한계 | 변혁적 주제/테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 도전적이고 명확한 임무형 테마 설정 ▶ 기술트렌드 변화를 고려한 주기적 테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> • 국가 또는 R&D 소속 부처 단위 수요에 따른 미션 설정 • 동 미션 달성을 위한 주기적 테마발굴 및 목표 정량화 |
| | 과제 선정 및 구성 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 경쟁형 평가 도입 ▶ 고위험 연구임을 고려한 책임PM 중심 포트폴리오 과제관리 | <ul style="list-style-type: none"> • 발굴 테마의 기술적 목표 실현을 위한 포트폴리오형 과제관리 • PM/PD 중심의 Top-down, Bottom-up 병행 추진 • 향후 기술적 목표 도달 가능성에 중점을 둔 평가 • 정량화된 고난이도의 목표 설정 • 경쟁형 평가를 통한 선별적 과제 지원 |
| | 사업 운영 관리 및 성과 확산 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 사업단장은 사업관리에 충실 ▶ 발전적(건설팅형) 평가시스템 적용 ▶ 성과확산 지원조직 통합 및 역량 집중 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구수행자와 연구관리자(PM/PD)를 분리 • 연구관리 조직 및 사업화지원 조직을 구성하여 각 과제마다 지원 • 건설팅형 평가시스템 적용 |

□ 문제이슈에 따른 사업의 방향성 도출

- 대내외 환경분석, 정부의 과학기술 정책방향 및 상위계획 검토 등을 통해 국가 현안 해결 및 미래 이슈 대응을 위한 정책 실천 수단을 검토하여 동 사업의 추진방향성 도출



III. 수요조사 결과

1 수요조사 결과 분석

□ 조사개요

- (조사목적) 필수전략기술 개발·확보를 위한 장기·대형 연구개발과제 테마 도출
 - 한계도전프로젝트 사업의 수요 및 기술후보 도출을 위한 사업 및 기술 수요조사
 - 사업수요 및 기술후보 도출을 위한 수요조사로 국내 신산업·시장 창출 가능성 평가
- (조사대상)
 - 국내 출연(연), 대학, 기업 등

| 구분 | 출연(연) | 대학 | 기업 | 총 합계 |
|----|-------|-----|----|------|
| 회수 | 37 | 104 | 6 | 147 |

- (조사방법)
 - 공문, 이메일, 기획사 제출 등
- (조사일시)
 - 일시: 2022.1.24.~2022.2.8.
- (조사내용) 사업의 추진전략 및 추진체계의 적절성 검토, R&D 지원 기간 및 예산, 기술수요 등에 대해 종합적 조사
 - (사업수요 조사) 사업 추진전략 및 추진체계 적정성 검토, 사업목적 달성을 위한 지원금액 및 지원기간의 적정성 등을 조사
 - (기술수요 조사) 연구개발 주제 및 목표, 연구내용, 필요성 및 차별성, 기대효과 및 파급효과, 기간·비용 등을 조사

| <사업수요 조사> | <기술수요 조사> |
|-----------|-----------|
| X | X |

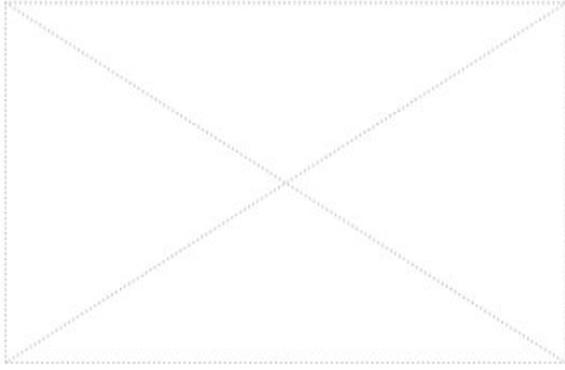
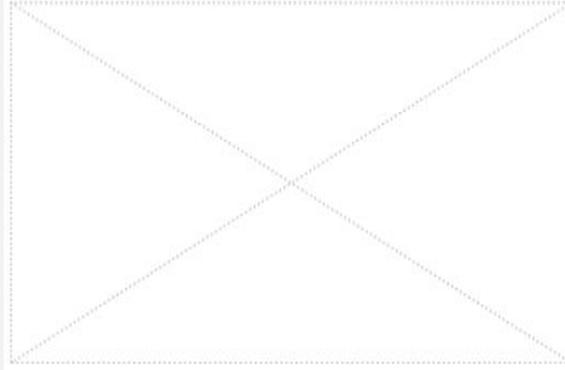
□ 주요 조사 결과

○ (필요성) 변혁적 기술확보를 위해선 중장기 및 대형 연구지원이 필요하다고 나타남

- 사업의 목적 달성을 위한 연구지원기간은 5년 이상이 87.1%, 7년 이상이 62.1%로 나타나 중장기 연구가 적합한 것으로 확인

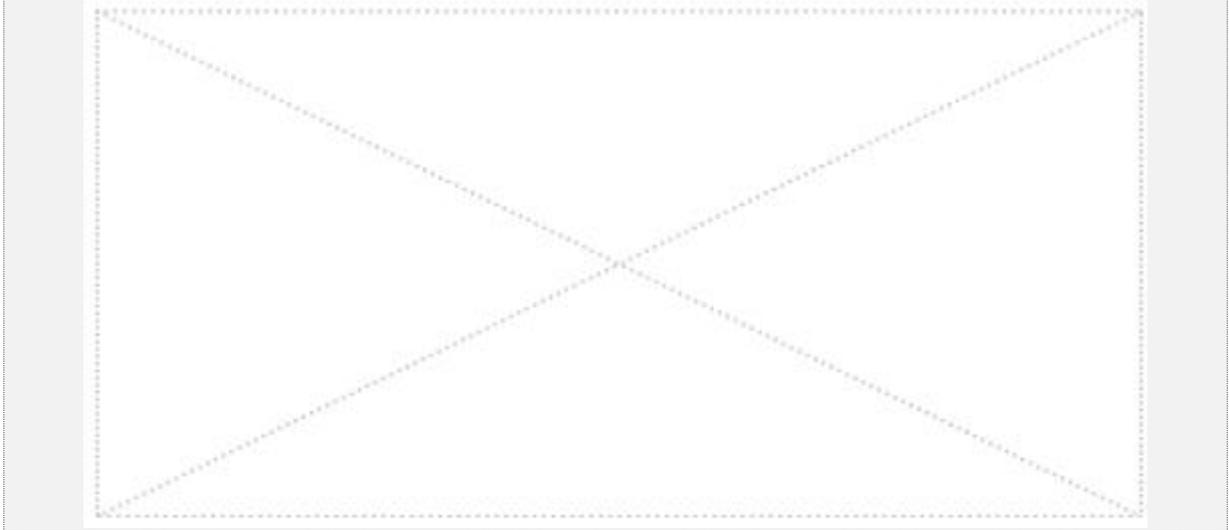
- 연구지원금액은 연간 50억 원 이상이 61.4%, 연간 75억 원 이상이 44.7%로 중·대형 연구가 적합한 것으로 나타남

| | | | | | |
|---------------|--------|---------------|---------------|----------------|---------|
| 지원 규모 (연간) | 25억 미만 | 25억 이상 50억 미만 | 50억 이상 75억 미만 | 75억 이상 100억 미만 | 100억 이상 |
| | 17.4% | 21.2% | 16.7% | 18.2% | 26.5% |
| 지원 기간 | 3년 미만 | 3년 이상 5년 미만 | 5년 이상 7년 미만 | 7년 이상 10년 미만 | 10년 이상 |
| | 2.3% | 13.6% | 22.0% | 31.8% | 30.3% |

| <연구지원기간> | <연구지원금액> |
|---|--|
|  |  |

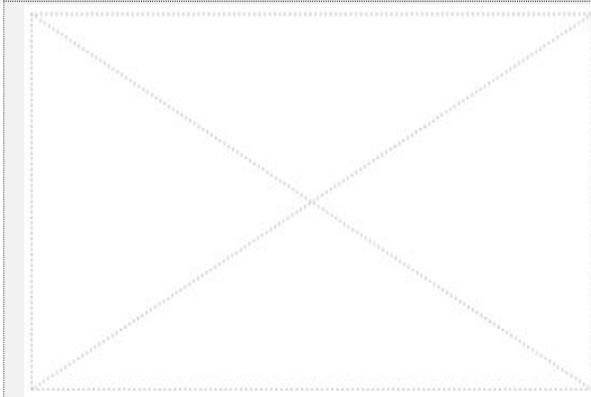
○ (필수전략기술 구분) 147개의 기술수요조사 결과를 12대 필수전략기술로 구분시 첨단바이오 46건(31.3%), 반도체·디스플레이 21건(14.3%), AI 20건(13.6%) 순으로 나타남

<필수전략기술 분류>

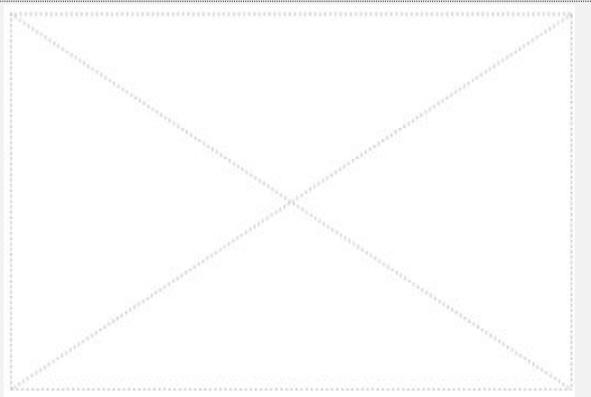


- ICT·융합 분야(AI, 5G·6G, 사이버보안)는 22개의 기술소요가 있었으며 연구지원기간은 7년 이상이 절반 이상, 연구지원금액이 25억 이하가 35.0%로 가장 많이 나타남

<연구지원기간>

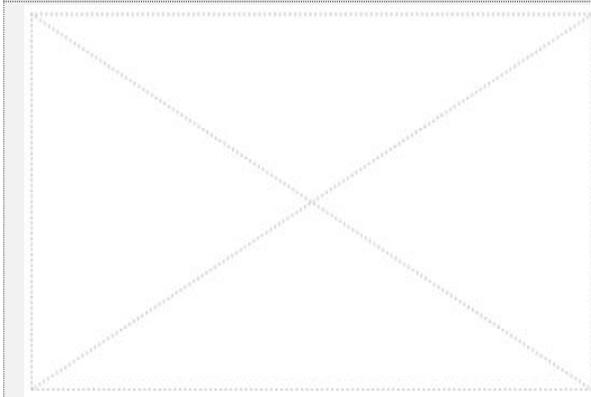


<연구지원금액>

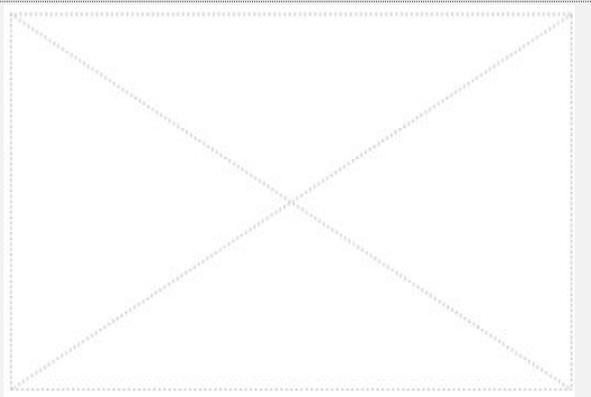


- 생명·의료 분야(첨단바이오)의 연구지원기간은 7년 이상이 86%를 차지하여 장기적 연구가 필요하다고 나타났으며 연구지원금액 또한 50억 이상이 절반 이상으로 중·대형 연구의 필요성이 두드러짐

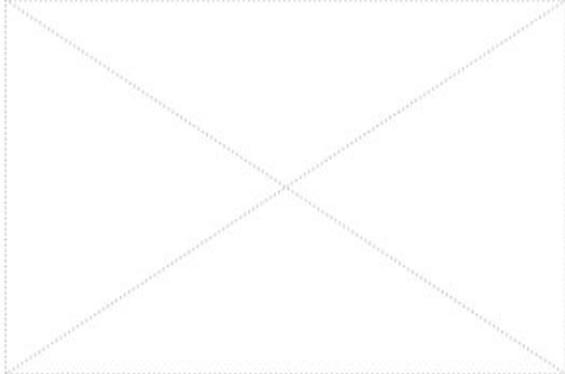
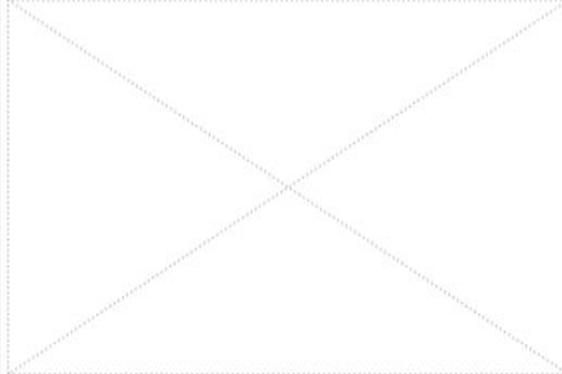
<연구지원기간>



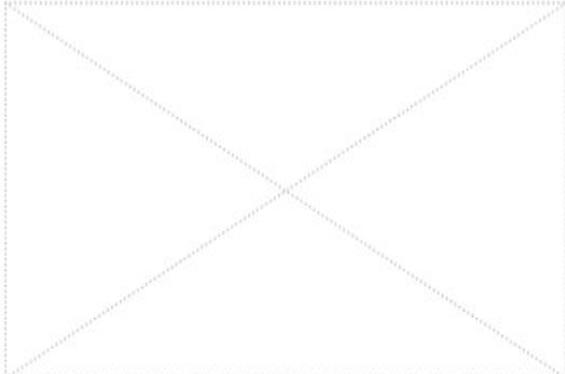
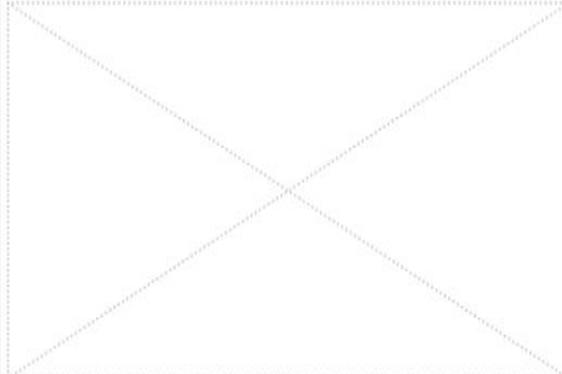
<연구지원금액>



- 기계·소재 분야(반도체·디스플레이, 양자, 첨단로봇·제조, 첨단 모빌리티)의 기술수요는 36건으로 연구지원기간은 7년 이상의 약 70%를 차지하며 장기연구가 적합하며, 50억 이상의 중·대형연구가 절반 이상을 차지하는 것으로 나타남

| <연구지원기간> | <연구지원금액> |
|---|--|
|  |  |

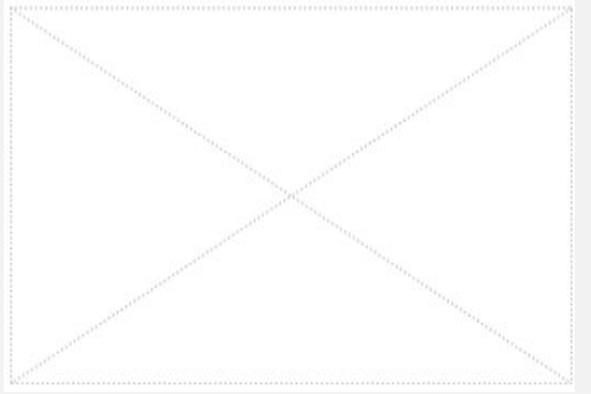
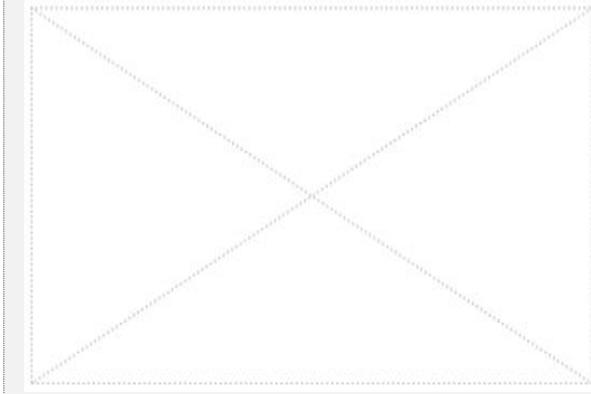
- 에너지·환경 분야(차세대 원자력, 이차전지, 수소)의 수요기술은 모두 5년 이상의 중·장기연구이며 7년 이상의 연구가 전체의 53.8%, 연구지원금액은 25억 미만이 41.7%, 100억 이상이 25% 순으로 나타남

| <연구지원기간> | <연구지원금액> |
|---|--|
|  |  |

- 공공 분야(우주·항공)의 연구는 100억 이상의 대형 연구이자 3년 이상 7년 미만의 중기연구의 수요가 확인됨

<연구지원기간>

<연구지원금액>



IV. 한계도전프로젝트의 전략방향

1 다양한 임무중심의 도전혁신형 사업 추진목적에 맞춰 사업구조를 전면적으로 개편

사업구조개선

(이전사업구조) 펀딩 재원별 사업구조
⇒ (새사업구조) 임무중심 사업구조

- (선진 패러다임 진화) 기존 일방형 기술습득 목적에서 탈피, 글로벌프론티어으로써 글로벌 사회문제를 해결하는 도전혁신형R&D로 패러다임을 전환
 - 최근 보호무역주의 및 기술장벽 강화에 따라 기존에 추진하던 일방적인 기술습득형 연구성과는 더 이상 추진이 어려워지는 상황
 - 지난 50년 동안 추격형 R&D 추진 결과 큰성과를 이루었지만, 미래경쟁력 확보를 위해서는 기존 R&D시스템에서 탈피 글로벌 첫 도전을 지원하는 연구테마를 발굴하고 지원하는 R&D Track이 필요

<글로벌프론티어사업 ->한계도전프로젝트 사업 운영방안 변경>

- (임무중심형) 기존 R&D 중심 펀딩의 사업구조를 임무중심형 독립기관(사업단)을 구축하여 도전혁신형 R&D가 가능하고 전문적인 지원이 가능하도록 추진
 - “한계도전형 기초원천기술을 개발”하여 연구계와 산업계의 수요-공급 구조를 지속적인 선순환구조로 전환하여 글로벌 경쟁력을 갖춘 “기초원천 혁신체계 구축”

| <임무형 목표 제시> | <변혁적 연구 지원 방식> |
|-------------|----------------|
| X | X |

2 추진 지원프로그램의 점진적 확대 및 포트폴리오형 과제관리

유연한 관리 (연구자) 고착화된 Fast-Mover형 R&D에서 도전혁신형 전환 효과 (책임PM 주도의 기획) 프로그램의 기획·평가·관리 주체

□ 책임PM 주도의 유연한 연구 관리

- (단계적 확대 방안) 전략적 탐색·발굴 및 우선순위 분석을 통해 단계적으로 확대하되, 사업예산은 필수전략 기술 중 별도추진이 확정된 세부프로그램에 대해서만 추가 편성하여 지원
- (지원분야) 12대 국가전략기술 중 국가·사회적 난제 해결을 통하여 기술적 진보를 이룰 수 있을 것으로 판단된 연구테마를 선정, 책임PM의 연구 프로그램 기획을 통한 책임PM 주도의 세부 연구 프록로그램 확정
 - * 국가차원에서 전략적으로 확보 필요성이 높은 연구테마를 Top-Down 형식으로 선정하여, 책임PM 주도의 연구프로그램 기획 및 도출
- (포트폴리오 과제관리) 선정된 임무 목표 달성을 위하여 책임PM은 국내외 환경변화에 따른 기술 목표 변경 등의 마일스톤 수정을 수행
 - 연구 진도 관리, 목표 수정, 연구수행인 변경 등을 통하여 임무 달성을 목표로 연구를 진행할 수 있도록 연구 관리의 유연성과 적시성 강화
- (지원대상) 대학·연구소 중심의 25개 연구프로그램*(예정)
 - * 1차: '24년~'33년까지 1단계 5개, 2단계 3개, 3단계 2개의 연구프로그램 수행(사전기획 필요)
 - 2차: '25년~'34년까지 1단계 5개, 2단계 3개, 3단계 2개의 연구프로그램 수행
 - 3차: '26년~'35년까지 1단계 5개, 2단계 3개, 3단계 2개의 연구프로그램 수행
 - 4차: '27년~'36년까지 1단계 5개, 2단계 3개, 3단계 2개의 연구프로그램 수행
 - 5차: '28년~'37년까지 1단계 5개, 2단계 3개, 3단계 2개의 연구프로그램 수행
- (지원방식) 1단계: Pre-R&D(2년) + 2단계: 본 연구(2년) + 3단계: 본 연구(6년)
 - 방식의 과감한 투자를 통해 변혁적 연구성과 창출
 - 1단계(2년): 기초연구 실현가능성 검증 및 기술개발 상세기획연구
 - * 2~3배수 Pre-R&D과제를 선정, 경쟁 R&D로 운영 후 3개 연구프로그램만 2단계 진행
 - * (Pre-R&D 필요성) 정부투입이 장기·대형R&D인 점을 고려할 때 Pre-R&D(1년)를 통해 성공가능성을 높이고, 검증 단계를 걸쳐 리스크 최소화 필요
 - 2단계(2년): 기초원천전략기술개발 및 기초과학 혁신에 적용가능한 기초원천연구개발

- 3단계(6년): 도전혁신형 연구개발을 통해 글로벌 기초과학/산업/시장에 변혁적 성과를 창출할 가능성이 높은 연구프로그램에 집중 투자

* 정부 선투자 통한 글로벌 프론티어 확보 사례: DRAM 11년, CDMA 7년, HDTV 10년, TFT-LCD 6년

○ (지원기간) 1단계 25개, 2단계 15개, 3단계 10개의 연구프로그램으로 3단계로 나누고 책임PM 주도의 자율적인 연구 프로그램을 도출하여 연구 지원

- 글로벌 시장선점, 변혁적 원천기술 개발 등을 고려하여 신규 프로그램을 선정하여 지원

○ (지원규모) 연구과제당 최대 10년 동안 585억 원 지원

* 과기부 現글로벌프론티어 사업: 9년간(2+3+4) 연구단당 100~300억 원/년을 지원

3 국내를 넘어 글로벌 문제를 해결하는 국가차원의 R&D 투자

글로벌 위상 강화 12대분야 50개 중점과제분야의 한계도전형 연구테마 중점 지원

□ 전문가위원회를 통한 임무지향형 연구테마 선정(Top-Down식)



○ 임무지향형 연구테마 선정을 위한 기획위원회 구성 및 운영

- ‘한계도전 R&D 기획위원회’를 구성하여 한계도전 프로젝트의 기술개발 분야 및 기술개발 방향성 제시 등의 연구테마를 지정
- ①국가·사회적 난제 해결, ②기술적 진보, ③산업적 임팩트를 감안한 명확한 임무 설정을 위한 Top-down 식의 연구테마 선정 필요
- 연구테마 선정을 위한 위원회는 기술분야별 산학연 전문가 및 관계부처 등으로 구성

| 구분 | 주요 내용 |
|----|---|
| 구성 | <ul style="list-style-type: none"> • (인원) 총 15명 내외의 분야별 최고 전문가로 구성 • 해당 분야에 높은 이해도를 지니고 있는 경력 30년 이상의 산·학·연 전문가 - (기술분야별) 산업·기술적 수요가 예상되는 연구테마 분야 판단 - (정책) 연구테마가 기존 R&D 전략과의 연계성 및 부합성이 있는지 판단 - (특허 및 사업화) 연구테마의 원천성·혁신성을 위한 적정성 판단 |
| 자격 | <ul style="list-style-type: none"> • 국내외 분야별 최고 전문가 섭외 필요 - 박사 학위 취득 후 해당 분야에서 15년 이상의 경력을 지닌 전문가 - 해당 분야 교수급의 이해도 및 전문적 지식을 지닌 전문가 |
| 운영 | <ul style="list-style-type: none"> • (연구테마 선정) <ul style="list-style-type: none"> ①미래사회트렌드분석→②미래모습예측→③필요기술도출→④연구테마도출 - 총 5회에 걸친 연구테마 선정 회의 개최 • (책임PM 선정) 기획위원회는 분야 최고 전문가들로 구성되어 있음에 따라, 책임PM이 제안한 연구 프로그램에 대한 질의 및 평가 진행 |

○ 사업 진행 평가를 위한 위원회 활동

- 한계도전 프로젝트 사업은 책임PM이 강력한 권한을 지니는 사업으로 연구의 전반적인 관리 수행에 대한 전권을 지니고 있음에 따라, 책임PM에 대한 평가 및 제제 장치 필요

- ➔ 연구 진행 과정에서의 ①공개 세미나 참가를 통한 평가 수행
- ②책임PM의 연구 Go/No-Go 과정 설명 요구 등의 활동이 필요할 것으로 예상됨

| 구분 | 주요 내용 |
|---------|--|
| 프로그램 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구 프로그램이 산업적·사회적 변혁을 가져올 전망이 있는가? • 기존의 한계를 뛰어넘는 변혁적 기술 확보 성과가 있을 것인가? • 고위험-고부가가치의 도전·혁신형 R&D 인가? |
| 활동 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 기존의 목표달성의 실패가 예상될 시, 적절한 마일스톤 변경을 수행하였는가? • 성과의 사업화, 후속연구 연계 시 사업의 기획이 적절하였는가? • 목표를 달성하지 못하였을 때, 연구 과정에서 유익한 정보를 도출할 수 있는가? |

4 국가 미션 조기실현을 위한 전주기 지원을 통한 시장진출 지원 강화

전주기 지원 Pre-R&D, Main R&D, Post-R&D 체제로 국가전략성 고려

□ 한계도전 전략센터 내 지원조직 구성으로 성과확산 지원

○ Tech to Impact(성과지원팀)

- (기능) 한계도전 프로젝트 사업의 연구성과확산을 위하여 기술의 공공·민간 이전과 상용화를 촉진하기 위한 전담 지원조직
- (수행) 산업적 파급효과가 큰 기술에 대한 사업화 지원으로, 연구 종료 후에도 사업의 성과확산을 위하여 사업 진행에 따라 예상되는 성과 파급 가능성 및 사업화 가능성에 대하여 책임PM과의 긴밀한 협조체계 구축
- (지원) 연구 제안 시, 사업화를 위한 계획을 수립함에 있어 제안팀 역량으로 부족한 부분을 제시

| 구분 | 주요 내용 |
|----|--|
| 역할 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구성과 활용을 위한 정보 제공 및 사업화 방향성 제공 -성과물의 가치측정, 상용화 가능성 판단, 수요자 네트워킹 등을 통한 신시장 창출 지원 • 책임PM와 함께 연구과제 선정 시부터 관여하여 예상되는 성과의 파급가능성 및 사업화 가능성을 검토 |
| 방식 | <ul style="list-style-type: none"> • 종료된 사업의 후속연구 및 타사업 연계 진행 수행 • 기술사업화를 위한 기술이전 및 중개 등의 지원 수행 |

○ 운영지원조직(연구지원팀)

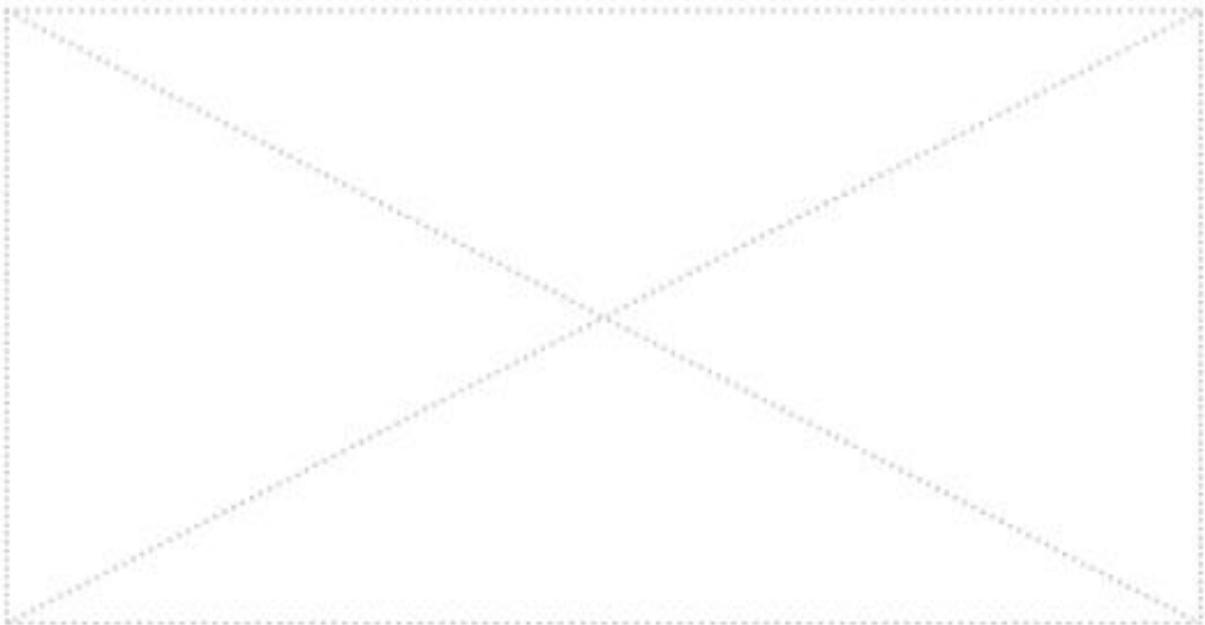
- (기능) 한계도전 프로젝트 기획단에 대한 행정적 간섭을 최소화하기 위하여 사업 관리 업무를 수행하는 지원 조직
- (수행) 연구 과제 수행을 위한 전반적인 지원을 수행하며 후속사업, 타사업 연계 등과 관련한 지원 업무 수행

| 구분 | 주요 내용 |
|------|---|
| 전략지원 | • 연구 수행과 관련해 필요한 인재 관리 및 사업 홍보 지원 등 |
| 업무지원 | • 연구 수행에 필요한 문서관리 및 개인정보보호, 정보화 등의 지원 |
| 계약지원 | • 사업 계약, 자금관리 및 조달 등과 관련한 전반적인 지원 |
| 법률지원 | • 사업 추진 시 각 단계에서의 법적, 윤리적 자문 지원 및 지식재산관리, 국제표준화 등에 대한 관리 지원 |

V. 한계도전프로젝트 비전과 목표

1 사업 비전 체계

□ 사업 비전 및 목표



① (임무지향형 테마 설정) 기존의 경계(프런티어)를 뛰어넘는 도전적 임무(테마)를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 밀도있는 목표를 정의

- 기존의 단절적 기초원천기술 공급체계의 한계를 개선하고,
- “한계도전형 기초원천기술을 개발”하여 연구계와 산업계의 수요-공급 구조를 지속적인 선순환구조로 전환하여 세계적으로 경쟁력을 갖춘 “기초원천 혁신체계 구축”

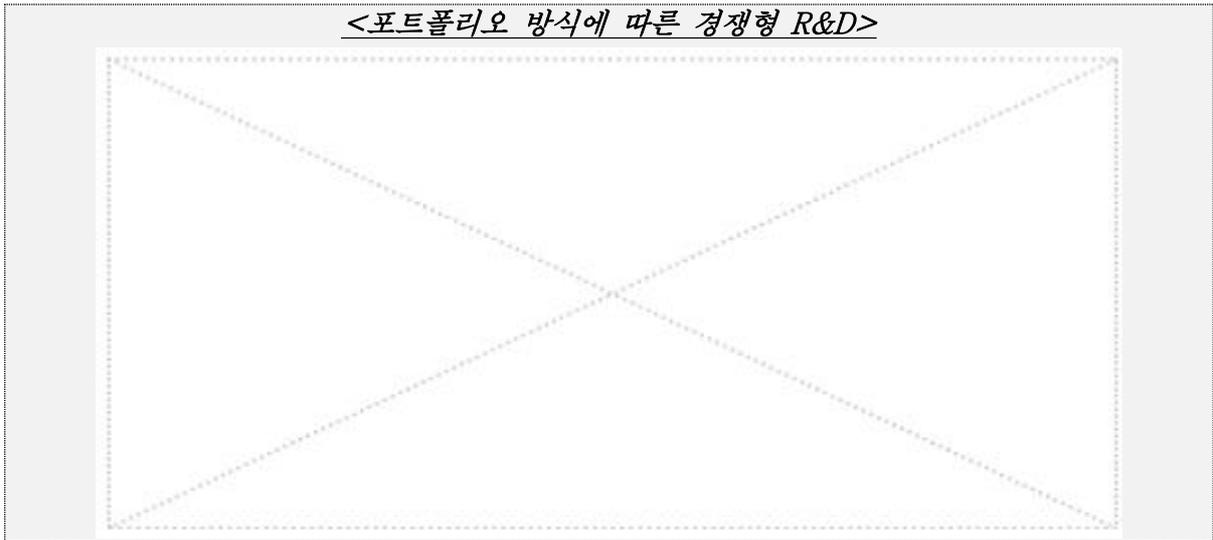
② (책임PM 제도 도입) PM(Program Manager)가 사업 기획·선정·평가에 주도적 역할을 하며, 환경변화에 따른 연구방향(마일스톤) 수정 등 허용

- ARPA-E의 경우는 약 28%의 프로젝트가 드문 정도로 마일스톤을 변경하였고, 17%의 프로젝트가 빈번하게 마일스톤이 변경되었음

③ (포트폴리오 과제관리) 목표 달성에 적합한 다양한 방법론을 지원하며, 경쟁형 R&D 등을 도입하여 불확실성에 따른 리스크 최소화

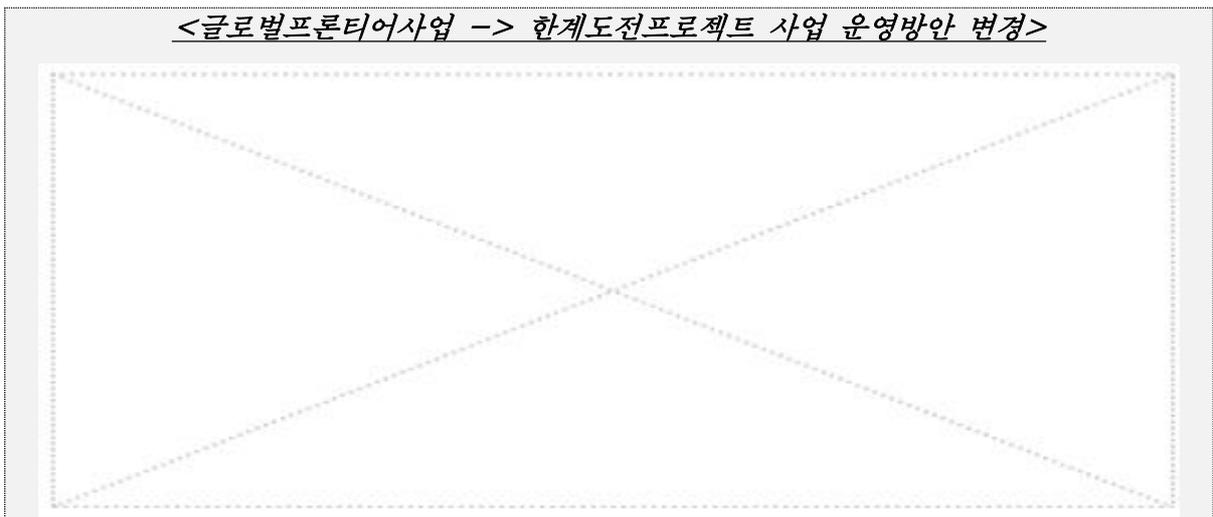
- (조합형) 목표달성을 위해 필요한 다양한 기술을 포트폴리오로 구성하여 동시 지원
- (경쟁형) 불확실한 목표 달성을 위한 다양한 제안을 지원하며, 진행 과정에서 우수한 성과를 달성한 방법에 집중하여 규모 확대

- (컨설팅형 평가) 진행 과정에서 책임PM 중심의 상시 컨설팅을 진행하여 포트폴리오를 점검하며, 이에 기반한 평가를 통해 평가의 정확성 제고



④ (전담 지원조직) 사업 기획 및 관리, 성과활용 등 변혁적 연구지원 및 관리를 전문적으로 전담하는 한계도전 전략센터를 설치·운영

* 책임PM은 독립 관리기관에 소속되며, 별도 연구를 수행하지 않고 과제 기획·관리를 전담



⑤ (Tech to Impact) 조직 내 기술사업화를 전담 지원하는 조직을 구성하고, 연구기간 내 및 종료 후에도 기술이전 지원

○ Tech To Impact 조직을 구성하여 각 프로젝트 성과물의 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 지원

* 기술사업화 조직은 프로젝트 성공을 위해 Value-Chain 분석, 파트너십분석, 경쟁력분석, 시장 요구사항 분석 등 수행

○ R&D 후, 기업과 함께 사업화를 진행하는 프로그램을 신설하여 변혁적 기술성과의 조기사업화 지원

논리모형

1. 이슈 / 문제

- 게임체인저의 변혁적 기술 확보를 위해 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요
 - 대규모 비용과 낮은 성공확률의 특성으로 인해 도전적 목표, 포트폴리오 과제관리, 전담 지원기관 설립 등 별도의 연구지원 체계를 마련하여 집중 지원 필요
 - ※ 기술선도국도 ARPA-E, ARIA 등 다양한 프로그램을 도입하여 전략적 지원 추진 중
- 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황
 - 기존의 정부 R&D는 단기적인 성공에만 집중하여 First-Mover의 혁신적인 연구 지원은 미흡
 - 지원 시스템도 기존의 연구지원 체계 안에서 지원되는 실정
- 글로벌프론티어 사업을 개편하여 도전적 연구체계를 구축한 혁신적인 연구프로그램으로 전환 필요

2. 목표

- (비전) 과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립
- (목표) 차세대 성장동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보

3. 수혜자

- (직접) 대학/연구소/기업
- (간접) 정부, 국민, 기업

4. 투입

- 총사업비 : 약 7,527억 원

5. 활동

- (도전적 목표) 기존의 경계를 뛰어넘는 도전적 목표 설정 및 밀도있는 목표 정의
- (혁신적 관리) 책임PM제도 도입, 포트폴리오 과제관리 등 혁신적인 관리 시스템 도입
- (전담 지원조직) 혁신적 연구프로그램 지원을 전담할 수 있는 통합 사업화 지원조직 운영

6. 목표 산출

- 삼극특허 34건
- 세계적 수준의 저널등재 1,580건
- 후속투자유치금액 3,763.5억 원
- 기업공개(IPO) 4.5건
- 기술이전금액 753억 원

7. 성과/영향

- ▶ 성과
 - 변화하는 글로벌 환경에 대응한 변혁적 기술 확보
 - 원천기술 플랫폼 구축을 통한 연구역량의 축적·활용 촉진
- ▶ 영향
 - 기술 선도국으로서의 위상 유지 및 과학기술 선도국가 도약
 - 기술패권경쟁에 대응한 기술주권 확립

8. 가정

- 도전적 목표를 설정하고 이를 위한 혁신적인 프로그램을 도입해야 변혁적 기술 확보 가능
- 변혁적 기술의 고위험성·예측불가능성으로 인해 대형·장기·집단연구 지원이 필요
- 독립적인 지원조직이 아닌 기존의 지원을 유지할 경우, 기존의 지원방식을 답습할 가능성이 높음

□ 논리모형 및 단계별 주요 성과

- 개별 연구테마의 혁신적 기술 획득 혹은 유의미한 결과 뿐만 아니라, 도전혁신적 R&D를 통해 국가과학기술 경쟁력 업그레이드 및 우리나라 주도의 새로운 과학기술혁신을 통해 과학적·경제적·신시장 측면의 성과를 창출

| 성과 단계 | 투입 (Input) | 과정 (Activity) | 산출 (Output) | 결과 (Outcome) | 영향 (Impact) |
|-------|--|--|--|--|---|
| 사업 논리 | 글로벌과학이슈 또는 글로벌문제 해결 과감한 투자와 변혁적 기술 확보를 위한 도전혁신형 R&D추진 | 도전혁신형사업단과 별도조직 주도의 연구과제 수행 (목적별 3개 연구테마) 전문적 지원체계 및 평가관리체계 구축 | 목표분야 분야 핵심기술 확보, 기술사업화 촉진(기술이전, 매출, 수출 등) 기술사업화 기반의 시장 확보 글로벌최고수준의 전문인력 육성 | 신시장선점 및 기술 자산화, 목표분야의 글로벌 연구인력 양성, 신시장 점유율 및 신뢰도 증가 | 도전혁신형 R&D 생태계 정착 글로벌 이슈 내 국내 과학기술의 위상/경쟁력 향상, |
| | 도전혁신형 R&D 지원체계 전환 | 글로벌 최고수준의 과학기술개발 도전 | 글로벌 기술/시장 정보 축적 및 기술사업화 사전기획 지원 | 국가 R&D 시스템 도전혁신적 지원체계 활성화, 사업단 R&D지원 지원역할 고도화 | 전주기 R&D지원체계 정비/표준화 사업간 연계로 시너지 창출 |
| 주요 성과 | HRHR R&D 지원체계 구축, 및 별도조직 중심의 지원체계 운영 | | | 글로벌 우수연구인력 육성 및 양질의 일자리 창출, | 글로벌 마인드 및 시장 창출력 제고 혁신적 기술의 국내기업 이전으로 글로벌시장 리더 |
| 성과 지표 | 연구과제 선정수/투자액, 도전혁신R&D지원 개수/지원액 | | | 기술의 글로벌 표준/인증 확보, 참여기업들의 수익(기술이전/매출/수출) 증가규모 | 사업단 전문R&D지원 및 서비스 만족도향상 |

□ 사업의 논리모형에 따른 핵심지표 설정

- (성과목표 및 지표 체계) 한계도전프로젝트의 총괄 성과목표를 위한 4개의 핵심성과지표와 함께 각 내역 및 내내역사업을 관리하기 위한 고유성과지표를 도출

| 한계도전프로젝트 사업의 성과목표체계 | | | |
|---------------------|---|---|--------------|
| | 성과 목표 | 핵심성과 지표 | 지표 특성 |
| 총괄 | <u>핵심기술 확보를 통한 질적수준 제고</u> | <u>삼극특허 확보 건수</u> | <u>산출/질적</u> |
| | <u>연구개발을 통한 산업계에서의 수준 제고</u> | <u>우수논문의 저널 등재 건수</u> | <u>산출/질적</u> |
| | <u>R&D 성과의 확산의 질적 향상</u> | <u>기술이전 금액</u> | <u>결과/양적</u> |
| | <u>글로벌 수준의 R&D 성과를 도출·활용하여 신시장개척 연계성과를 창출</u> | <u>기업공개(PO) 건수</u> | <u>결과/양적</u> |
| | <u>목표분야 R&D 확대 및 연계과제의 발굴·승인</u> | <u>국가연구개발사업 연계 확산 정도 및 후속 투자 유치 확보액</u> | <u>과정/양적</u> |

| | 기획 부문 | | 운영 부문 | | 결과 활용 부문 | |
|-----------------------------|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | 고유성과지표 | 특성 | 고유성과지표 | 특성 | 고유성과지표 | 특성 |
| 한계 도전 프로 젝트 사업단 | 한계도전프로젝트형 연구테마 발굴 | 산출/ 질적 | 국내우수특허실적 | 산출/ 질적 | 국내우수특허실적 | 산출/ 질적 |
| | 특허풀 확보 목표 달성도(%) | 산출/ 질적 | R&D 기반 수익창출 (기술이전/특허권, 원) | 결과/ 질적 | 기술수출 비중(%) | 결과/ 질적 |
| | 미래신시장 분야 기술수준 향상도(%) | 결과/ 질적 | 신 제품인증 획득(건) | 산출/ 양적 | 기술이전 및 사업화 | 산출/ 양적 |
| | | | R&D과제의 목표달성 | 산출/ 양적 | 투입대비 해외 투자유치율(%) | 결과/ 질적 |

□ 5대 핵심성과지표별 세부내용

▶ (성과지표 1) 삼극특허 건수

- 정의 : 국내 R&D 수준을 향상시킴으로써 질적수준이 우수한 특허를
창출·확보(PCT 또는 3극 특허)

- 측정방법 : 해당년도 진행과제 및 최종평가 성공판정 5년 이내 과제
표준특허에 등록되거나 CIA 분석 결과 상위 10% 이내에 해당하는
삼극특허(당해연도 미국, 유럽, 일본 특허청에 등록된 특허 조사), 미국
특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO), 일본 특허청(JPO) 특허 등록증

- 목표치 : 기존 사업의 목표/실적을 기준으로 상향 조정

| 삼극특허 건수 | 1년차 | 2년차 | 3년차 | 4년차 | 5년차 | 6년차 | 7년차 | 8년차 | 9년차 | 10년차 | 합계 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
| 전(실적) | - | - | - | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 34 |

▶ (성과지표 2) 세계적 수준의 저널 등재

- 정의 : R&D 성과의 질적·양적 수준을 평가하기 위하여, 저널의 인용 수를
바탕으로 산업적 임팩트를 산출

- 측정방법 : 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사

- 목표치 : 기존 도전·혁신형 사업들의 목표/실적을 기준으로 상향 조정

| 저널 등재 건수 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|----------|------|------|------|------|-------|
| 전(실적) | 395 | 395 | 395 | 395 | 1,580 |

(성과지표 3) 후속투자 유치금액

- 정의 : 동 사업의 성과 활용 및 산업에서의 파급효과 확인을 위하여 사업화 등을 위한 후속투자 확인
- 측정방법 : 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사
- 목표치 : 동 사업과 유사한 해외 사업인 ARPA-E의 후속투자 유치금액 비율을 국내 VC 투자 규모를 고려하여 보정하여 유치 비율 산출

| 후속투자 유치금액 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| 금액(억 원) | 941 | 941 | 941 | 941 | 3764 |

▶ (성과지표 4) 기업공개(IPO)

- 정의 : 한계도전프로젝트 사업에서 발굴·제안한 연구테마가 성공적으로 수행되어 사업의 성과 확산을 통한 산업계의 선순환구조 구축
- 측정방법 : 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정
- 목표치 : 동 사업과 유사한 해외 사업인 ARPA-E의 성과를 기준으로 목표 조정

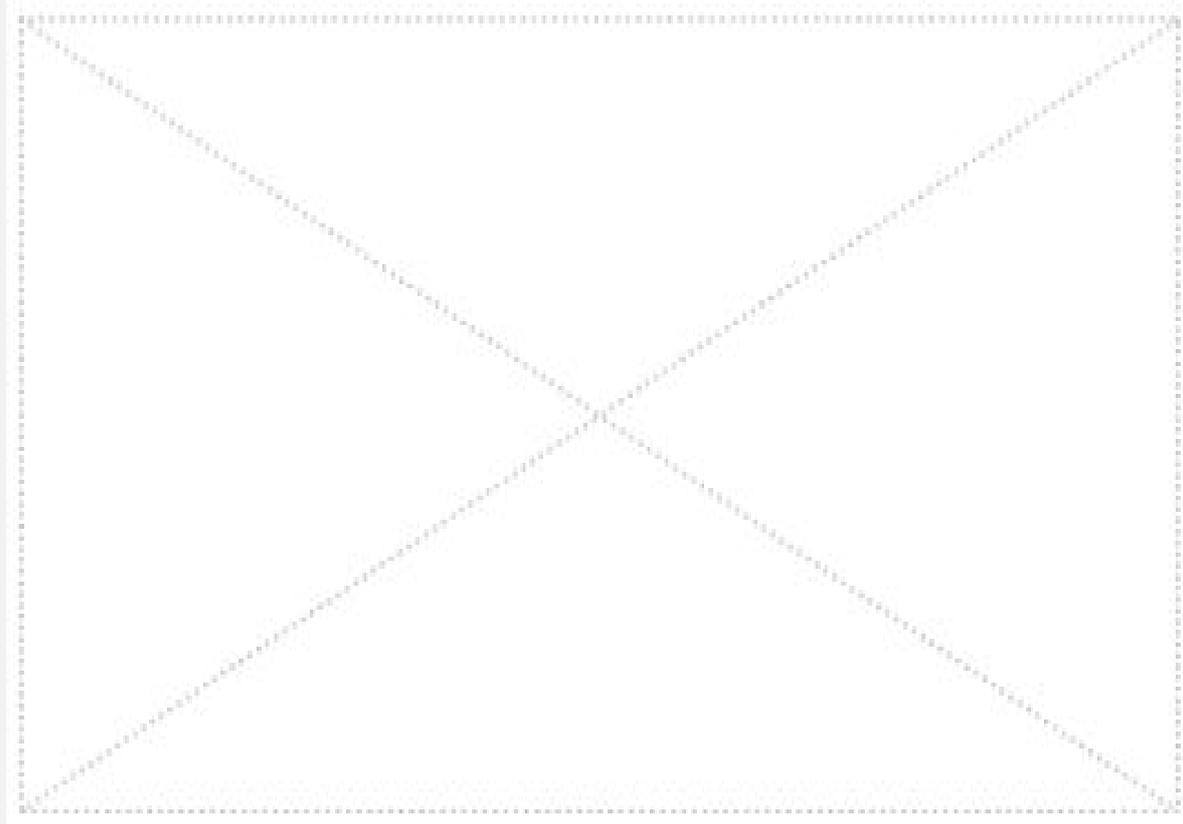
| 기업공개 건수 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|---------|------|------|------|------|-----|
| 건(실적) | 1 | 1 | 1 | 1.5 | 4.5 |

▶ (성과지표 5) 기술이전 금액

- 정의 : 연구개발을 통해 도출된 성과를 다른 기관(업)에서 이행함으로써 이루어지는 기술개발 공개 및 이전에 들어간 비용
- 측정방법 : 연구 종료시점 기술이전 계약 금액에 대한 조사 수행
- 목표치 : 기존 도전·혁신형 사업들의 목표/실적을 기준으로 상향 조정

| 기술이전 금액 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|---------|------|------|------|------|-----|
| 금액(억 원) | 188 | 188 | 188 | 188 | 752 |

<한계도전프로젝트 사업 추진체계>



| 구분 | 역할 및 주요 내용 |
|------------------------|---|
| 과기정통부 | <ul style="list-style-type: none"> 사업 총괄관리 책임PM과의 직접적 소통을 통한 연구개발의 애로사항 해결 지원 |
| 한국연구재단 | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전전략센터를 구성하여 기존 본부와 분리 운영 수행 |
| 한계도전전략센터 | <ul style="list-style-type: none"> 책임PM 및 지원조직(성과, 연구지원팀) 관리 책임PM과의 직접적 소통으로 연구진행 사항 및 애로사항 공유 |
| 한계도전R&D 위원회 | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전 R&D 기획위원회: 12대 국가전략기술 및 과학기술 관련 전문가로 구성된 기획위원회로 국가·사회적 문제 이슈 도출 및 기술적 한계 파악으로 연구테마 선정 수행 |
| 책임PM | <ul style="list-style-type: none"> 선정된 연구테마와 관련한 유망한 전문가로 과제의 전반적인 관리를 수행하는 주체 |
| Tech to Impact (성과지원팀) | <ul style="list-style-type: none"> 기술사업화 지원을 중점으로 하는 지원조직으로 연구 진행 및 종료 이후에도 기술사업화 및 기술사업화를 위한 후속연구 지원 |
| 운영지원조직 (연구지원팀) | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전 프로젝트 진행을 위한 행정적 지원 수행 연구 성공/실패 폐지 등 연구 종료 후에도 지속적인 지원을 위한 타사업 연계 지원 등 수행 |
| 과제연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> 책임PM과의 연구 애로사항 공유 등 자유로운 의사소통을 통한 과제 수행 |

□ (해외 유사사업 분석) DARPA, ARPA-E 등 프로그램의 지원 규모와 지원 기간은 목표의 중요성, 난이도 등에 따라 다양하게 나타남

○ ARPA-E는 프로그램 당 예산은 평균 약 32백만 달러, 프로젝트는 약 13개, 기간은 3년이나, 난이도 및 중요성에 따라 상이함

○ DARPA도 프로그램별 기간과 예산 범위는 상이*하나, 경쟁형 R&D를 통한 단계적 지원이라는 공통점을 가지고 있음

* 기간은 3년에서 최대 10년, 예산은 300억~1600억 원 등 다양

□ (전문가 기술수요조사) 기술수요조사 결과 변혁적 기술확보를 위해서는 중장기 및 대형 연구지원이 필요하다고 나타남

○ 사업 목적 달성을 위한 기간으로 5년 이상이 84.1%, 7년 이상이 62.1%로 중장기 연구가 적합하다는 의견이 다수

- 연간 적정한 지원금액은 50억 원 이상이 61.4%, 75억 원 이상이 44.7%를 차지하며 중·대형 연구가 적합하다는 의견이 다수

□ (도전혁신형 R&D 사업 규모 분석) 과기정통부 지원 도전혁신형 사업의 과제당 평균 지원금액(약 8억 원) 확인

* 과학난제도전융합연구개발사업(14억 원), 혁신도전프로젝트(9.5억 원), 미래융합기술파이오니어(1.27억 원)

◆ 확보 기술의 중요도(전략성 등), 필요 지원 규모, 난이도 등에 따라

①장기 대형 집단연구와 ②중규모·중기연구로 구분하여 지원

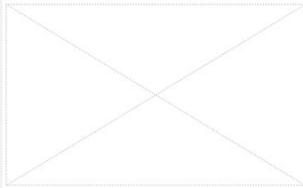
4 사업 구성 및 지원 규모

① 1회차 5개 프로그램에 총 1,388.4억 원 규모 지원

* 5개 연구프로그램 x 5차 = 1,388.4억 x 5회 = 6,942억 원

- (지원 분야) 필수 전략기술 분야의 변혁적기술 확보를 위해 장기간의 대규모 집단연구 지원이 필요한 분야
- (지원 규모) 프로그램 당 최대 10년 동안 585.0억 원 규모 지원
- 단계별 연구 프로그램 당 상이한 규모의 예산 지원
- (지원 체계) 다양한 분야의 집단연구가 필요한 대형연구의 특성 상 지원조직을 구성하여 책임PM의 전문성 보완
- (지원 방식) 책임PM은 세부 프로그램 목표 특성에 따라 조합형, 경쟁형 등을 선택·혼합하여 복수 혹은 단수 연구단을 선정하여 관리

<지원 체계 및 주체별 역할>

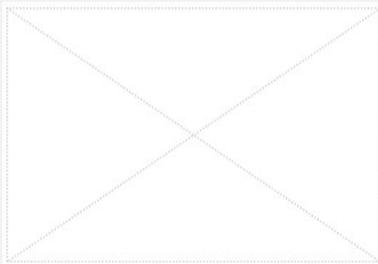


- ① 책임PM : 프로그램 목표 제시, PI 선정 및 탈락, 마일스톤 및 포트폴리오 구성, 프로그램 관리 등
- ② 연구팀 : 포트폴리오에 따른 연구 수행

② 사업화 지원 프로그램 운영 : 총 180억 원 지원

- (지원 분야) R&D를 수혜한 프로젝트 중 상용화를 통해 높은 파급효과를 가질 것으로 예상되는 프로젝트의 상용화 지원
- (지원 규모) 3단계 연구 프로그램 당 18억 원 규모 지원
- (지원 체계) Tech to Impact(기술사업화팀)을 주도로 상용화가 가능한 프로젝트를 발굴하여 상용화를 지원하되, 책임PM의 평가를 통해 지원여부 결정

<사업화 지원 프로그램 지원 체계 및 주체별 역할>



- ① 성과지원팀 : 사업화 지원 프로그램 소요에 대한 평가 및 자문을 통해 컨설팅형 사업계획서 작성
- ② 운영지원팀 : 연구프로그램 운영상의 애로사항에 대한 행정적 등의 지원 수행
- ② 책임PM : 연구성과 이해 및 기술사업화조직의 상용화 가능성 의견에 기반한 지원여부 결정

③ 한계도전 전략센터 운영 : 사업기간 14년 간 총 405억 원 지원

- (지원 분야) 인건비, Tech to Impact (사업화지원팀), 운영지원팀 운영, 센터 운영 등 한계도전프로젝트 사업 전반에 대한 운영비 지원

- 사업의 행정 지원 및 사업화를 위한 전담조직 운영 지원 예산 등 포함

< 소요 예산 세부내용 >

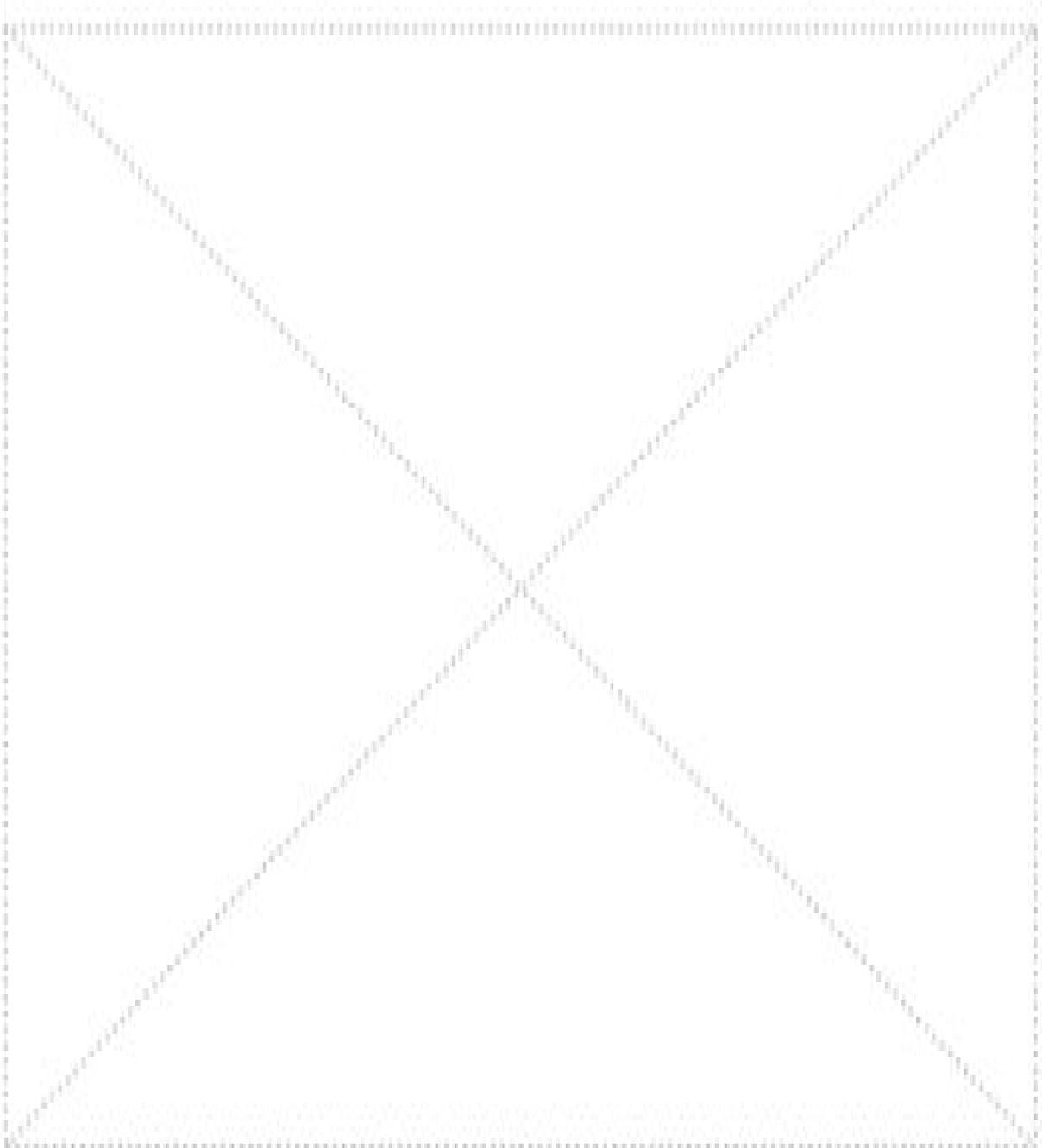
○ 14년간 총 25개 연구 프로그램 운영에 약 7,527억 원이 소요

(단위: 개, 억 원)

| 구분 | 1년차 | 2년차 | 3년차 | 4년차 | 5년차 | 6년차 | 7년차 | 8년차 | 9년차 | 10년차 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 | |
|------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 1차 | 연구 과제수 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| | 연구 예산 | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | | | | |
| | 연구당 기평비 | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | | | | |
| | 합계 | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | | | 1,388.4 | |
| 2차 | 연구 과제수 | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| | 연구 예산 | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | | | |
| | 연구당 기평비 | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | | | |
| | 합계 | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | | 1,388.4 | |
| 3차 | 연구 과제수 | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| | 연구 예산 | | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | | |
| | 연구당 기평비 | | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | | |
| | 합계 | | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | 1,388.4 | |
| 4차 | 연구 과제수 | | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| | 연구 예산 | | | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | |
| | 연구당 기평비 | | | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | |
| | 합계 | | | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | 1,388.4 | |
| 5차 | 연구 과제수 | | | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| | 연구 예산 | | | | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | |
| | 연구당 기평비 | | | | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | |
| | 합계 | | | | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | 1,388.4 |
| 인건비 | 책임PM (5명) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 140 |
| T2 I | 사업화지원조직 (5명) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 70 |
| | 사업화지원 프로그램 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 180 |
| 운영지원 | 사업기획실(2명) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 28 |
| | 사무행정원(2명) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| | 사무보조원(4명) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 28 |
| | 기획추진비용 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 55 |
| 센터 | 운영비 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 70 |
| 합계 | | 86.5 | 171 | 267.9 | 364.8 | 506.4 | 618.5 | 786.6 | 942.3 | 1014 | 975 | 806.4 | 553.8 | 301.2 | 132.6 | 7,527 |

| 성과 목표 | 핵심 성과지표 | 측정방법 및 근거 | |
|-----------------------|----------------------|-----------|---|
| 도전적 연구를 통한 혁신적인 기술 개발 | 삼극 특허 수 34건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> 삼극특허를 성과목표로 설정한 유사사업의 소요금액 당 삼극특허 창출목표를 동 사업에 적용(1,000억 원당 4.07건) * 산업기술알키미스트프로젝트 도전적 목표치인 34건을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허 조사 * 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO) 일본 특허청(IPO) 특허등록증 |
| | 세계적 수준의 저널 등재 1,580건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> 유사사업의 소요금액 당 우수논문 창출건수를 사업에 적용(10억원 당 2.1건) * 미래융합기술파이오니어 동일 목표치인 10억원 당 2.1건을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사 |
| 기술성과 확산 | 후속 투자 유치금액 3,763.5억원 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.46%)한 비율을 산정(48%) * `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대비 `19년 한국 VC 투자규모(8.3조원) 비율은 14.46% 도전적 목표치인 50% 적용 * 글로벌프론티어사업의 현재까지의 투입 연구비(7,243억원)대비 투자유치금액(1,167억원) 비율인 16%보다 3배 높은 수준 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구를 통해 확보된 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사 |
| | 기업공개 (IPO) 4.5건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 EXIT 건수 성과(20개) 비율을 산정(1조원당 5.4개) 도전적 목표치인 1조 원당 6개 적용 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정 |
| | 기술이전 금액 753억원 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> 유사사업의 소요금액 당 기술이전금액을 동 사업에 적용(10억원 당 84.3백만원) * 미래융합기술파이오니어 도전적 목표치인 10억원당 1억원을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사 |

- 한계도전프로젝트 사업은 프로그램 기획·평가·성과활용의 프로세스로 추진



□ 한계도전 프로젝트 프로세스 절차

<사업 프로그램 기획 절차(안)>

- (프로그램 기획) ①국가·사회적 난제, ②기술적 진보, ③산업적 임팩트를 감안한 책임PM의 연구과제 선정
 - (책임PM 선정) 전문적 과학지식을 갖춘 책임PM 선정
 - (문제 인식 및 발굴) 국가적·사회적 문제 상황 및 이슈에 대한 기술적 한계영역을 확인
 - (임무지향형 연구테마 선정) ‘한계도전R&D위원회*’을 통하여 12대 국가전략기술에 부합하며 기술적 진보가 필요한 연구테마 분야 발굴 및 선정
 - * 책임PM이 포함된 위원회 구성
 - (포트폴리오 과제 관리) 연구테마에 해당하는 기술개발을 위하여 책임PM의 주도적 세부과제 기획 및 선정으로 사업을 추진하며, 상시적인 포트폴리오 점검을 통한 과제 관리 수행

<세부 프로그램 진행 절차(안)>

- (평가) 책임PM은 연구 수행 전주기에 걸쳐 컨설팅을 수행하며, 사업 진행에 관한 평가를 진행
 - (단계평가) 세부 프로그램별 임무 및 기간 등을 설정하여 연구 진행 시 포트폴리오 진행 관리 및 점검, 마일스톤 평가 등을 수행
 - (종료평가) 한계도전프로젝트는 정량적 성과지표를 통한 연구 성공/실패로

종료평가를 수행하는 것이 아닌 연구 수행 과정 및 성과에 대한 공개포럼, 세미나를 통한 공개발표회 형식으로 평가

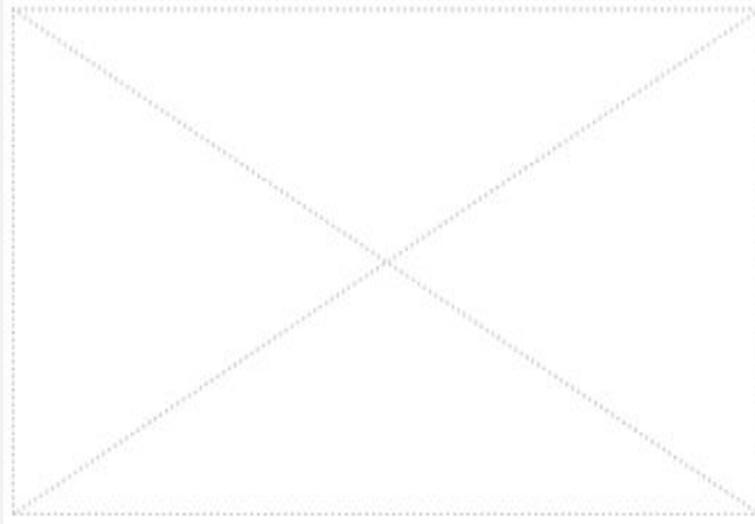
- (컨설팅) 연구 진행 상황 및 과정 상의 연구팀의 애로사항 등을 지속·밀착 컨설팅하여 연구 수행 방향을 관리

<성과 활용 등을 위한 전담 조직 구성>



- (성과활용) 책임PM은 목표 달성을 위한 세부 기술 기획 시 성과 확산을 위한 전담 지원 조직과의 연계를 통하여 성과 활용을 염두 한 사업 기획 필요
 - 성과 확산을 위한 전담 조직은 책임PM과의 연계를 통하여 기술수요를 발굴하고 성과교류 등을 통하여 기술사업화를 위한 지원을 추진
 - 또한, 연구단 종료 이후 성과 활용의 단절을 막기 위하여 타 기관 및 부처와의 연계를 통하여 후속 사업 진행 및 타사업 연계 등을 통하여 공공·민간으로의 기술이전 등의 지원 수행

<참고자료- 범부처 수요 기반 R&D 투자 체계>



* 출처: STEPI Outlook 2023, 최종화 외(`21.08.31.)

목 차

| | |
|----------------------------------|-----|
| 제1장 연구개요 | 1 |
| 1. 사업 추진 배경 및 필요성 | 3 |
| 가. 사업 추진 배경 | 3 |
| 나. 사업 추진 필요성 | 19 |
| 2. 사업 추진 근거 및 사전절차 | 28 |
| 가. 사업추진근거 | 28 |
| 나. 후속사업기획 추진경과 | 35 |
| 제2장 대내외 여건 분석 | 37 |
| 1. 대내외 환경 변화 분석 | 39 |
| 가. 미래예측을 위한 메가트렌드분석(STEEP) | 39 |
| 나. 미래유망기술 예측 | 53 |
| 다. 미래예측 분석 결과 | 55 |
| 2. 국내외 정책 동향 | 58 |
| 가. 해외 주요국 정책 동향 | 58 |
| 나. 국내 정책 동향 | 78 |
| 다. 국내외 정책 동향 주요 시사점 | 93 |
| 3. R&D 추진 동향 | 94 |
| 가. 해외 주요국 R&D 동향 | 94 |
| 나. 국내 R&D 동향 | 119 |
| 다. 국내외 R&D 동향 주요 시사점 | 126 |
| 제3장 국내 R&D 현황 및 선행사업 분석 | 127 |
| 1. 국내 R&D 현황분석 | 129 |
| 가. 국내 R&D 투자 현황 | 130 |
| 나. 국내 R&D 인프라 현황 | 144 |
| 다. 국내 기술경쟁력 현황 | 152 |
| 2. 선행사업의 추진현황 및 성과 | 158 |
| 가. 선행사업 추진현황 | 158 |
| 나. 선행사업의 성과 | 172 |
| 다. 선행사업의 한계 | 181 |
| 제4장 한계도전프로젝트 사업 기본방향 | 191 |
| 1. 사업 추진방향 및 추진전략 도출 | 193 |
| 가. 문제이슈에 따른 사업의 방향성 도출 | 193 |
| 나. 논리모형 | 194 |
| 다. 사업 목적 및 추진전략 | 199 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 2. 사업 정의 및 특성 | 201 |
| 3. 사업 추진체계 및 역할 | 203 |
| 4. 사업 구성 및 규모 | 204 |
| 가. 세부사업 산출 근거 | 204 |
| 나. 사업 구성 및 지원 규모 | 206 |
| 다. 연도별 소요 예산 세부내용 | 207 |
| 5. 사업 목표 설정 | 208 |
| 6. 사업 세부 추진계획 | 209 |
| 가. 연구프로세스 | 209 |
| 나. 연구프로그램 기획 | 213 |
| 다. 연구수행 평가 | 221 |
| 라. 성과 확산을 위한 활동 | 224 |
| 마. 사업 추진을 위한 내부 변경사항 | 227 |
| 7. 우선과제 도출 | 229 |
| 제5장 사전타당성분석 | 233 |
| 1. 과학기술적 타당성 분석 | 235 |
| 가. 사업기획 배경과 경위의 적절성 | 236 |
| 나. 문제/이슈 도출의 적절성 | 240 |
| 다. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성 | 242 |
| 라. 사업목표의 적절성 | 246 |
| 마. 세부 활동 및 추진전략의 적절성 | 252 |
| 2. 정책적 타당성 분석 | 258 |
| 가. 정책적 배경 | 258 |
| 나. 상위정책과의 부합성 | 258 |
| 다. 타 사업과의 중복성 및 차별성 | 260 |
| 라. 재원조달 가능성 | 267 |
| 마. 사업 추진상의 위험요인 | 268 |
| 3. 경제적 타당성 분석 | 269 |
| 가. 분석 개요 | 269 |
| 나. 분석방법론 | 271 |
| 다. 분석결과 | 272 |
| 4. 파급효과 | 275 |
| 가. 경제·사회적 파급효과 | 275 |
| 나. 산업적 파급효과 | 276 |
| 별첨 | 277 |
| 1. 회의록 | 279 |
| 2. 기술데마 | 286 |
| 3. 수정·보완 요구사항 | 349 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| <표 1-1> 100대 사건 중 과학기술 관련 주요 사례 | 3 |
| <표 1-2> 한국과학기술기획평가원장 인터뷰(`21.03.26) | 3 |
| <표 1-3> 문제 해결을 위해 필요한 핵심기술 | 4 |
| <표 1-4> 총 R&D 투자액 (단위: 억 달러, 미국대비 %) | 5 |
| <표 1-5> 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황 | 6 |
| <표 1-6> 변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례 | 9 |
| <표 1-7> 주요국의 변혁적 연구 지원 프로그램 | 9 |
| <표 1-8> 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황 | 10 |
| <표 1-9> DARPA 조직 개요 | 10 |
| <표 1-10> 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식 | 11 |
| <표 1-11> 혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유 | 12 |
| <표 1-12> 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교 | 13 |
| <표 1-13> OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언 | 14 |
| <표 1-14> 변혁적 기술의 특징 및 사례 | 14 |
| <표 1-15> 변혁적 기술 확보 전략의 특징 | 15 |
| <표 1-16> 주요 용어의 개념 | 14 |
| <표 1-17> ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례) | 16 |
| <표 1-18> ARPA-E의 기술 발전 분야 | 17 |
| <표 1-19> ARPA-E의 연구관리(PD 주도) 프로세스 | 18 |
| <표 1-20> ARPA-E 개요 | 17 |
| <표 1-21> 세계 최고기술 보유 수준 | 21 |
| <표 1-22> 경쟁형 R&D 기본 모델 | 22 |
| <표 1-23> DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형 | 22 |
| <표 1-24> 국내 도전혁신형 R&D 프로그램 비교 | 22 |
| <표 1-25> 투자 대비 연구성과(`20년 기준) | 24 |
| <표 1-26> 글로벌프론티어사업의 주요 성과 | 24 |
| <표 1-27> 글로벌프론티어사업 선행사업의 주요 성과 | 24 |
| <표 1-28> 선행사업 키체인저 대표성과 | 24 |
| <표 1-29> 글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률 | 25 |
| <표 1-30> 글로벌프론티어연구단장 인터뷰 | 26 |
| <표 1-31> 글로벌프론티어지원사업연구단장 간단회 제안사항 | 26 |
| <표 1-32> 글로벌프론티어 연구단의 연구종료 이후 성과활용, 과제수행 등 현황 | 26 |
| <표 1-33> 변혁적 기술 확보를 위한 R&D 도입 필요성 | 27 |
| <표 1-34> 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 중 관련 내용 | 28 |
| <표 1-35> 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 중 관련 내용 | 28 |
| <표 1-36> 국정운영계획 중 부합내용 | 29 |
| <표 1-37> 「2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」 기본방향 | 31 |
| <표 1-38> R&D 혁신방안 주요 내용 | 32 |
| <표 1-39> 사업기획 경과 | 35 |
| <표 1-40> STEEP 분석의 영역별 변수 (예시) | 39 |
| <표 1-41> STEEP 분석 프로세스 | 40 |
| <표 1-42> 메가트렌드 분석 대상 | 41 |
| <표 1-43> 가스터 선정 2023년 주목하는 10대 전략기술 트렌드 | 53 |
| <표 1-44> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 2022년 10대 미래 기술 | 53 |
| <표 1-45> WEF 선정 2021년 10대 미래유망기술 | 54 |
| <표 1-46> KISTEP 선정 미래유망기술 | 54 |
| <표 1-47> 사회 부문 분석 | 55 |
| <표 1-48> 기술 부문 분석 | 55 |
| <표 1-49> 경제 부문 분석 | 56 |
| <표 1-50> 자연환경 부문 분석 | 56 |

| | |
|--|-----|
| <표 1-51> 정치 부문 분석 | 56 |
| <표 2-1> America COMPETES act 관련 주요 법안 | 59 |
| <표 2-2> America COMPETES act 제정 및 개정이력 | 59 |
| <표 2-3> Endless Frontier act의 주요 내용 | 60 |
| <표 2-4> NIH Reform Act 주요 내용 | 61 |
| <표 2-5> NIH Reform Act 주요 내용 | 62 |
| <표 2-6> 중점과제별 내용과 지원자금 | 64 |
| <표 2-7> 유럽 연구혁신 위원회 7대 과업 | 66 |
| <표 2-8> 중국 14차 5개년 계획 기간 과학기술 키워드 및 주요 정책 | 69 |
| <표 2-9> 중국의 제조업혁신센터 설립 현황 | 69 |
| <표 2-10> 종합 이노베이션 전략 2021 중점 정책 | 72 |
| <표 2-11> 독일의 연구개발 전략 변화 | 75 |
| <표 2-12> 하이테크전략 2025 3대 전략별 기본방향 | 76 |
| <표 2-13> 부처간 협력체계(위원회) 기능 | 76 |
| <표 2-14> Autonomik für Industrie 4.0 추진 프로젝트 | 77 |
| <표 2-15> 과학기술 관련 국정과제 | 78 |
| <표 2-16> 윤석열 정부 국정과제 중 과학기술 관련 분야 | 79 |
| <표 2-17> 과학기술기본계획의 주요 방향 | 82 |
| <표 2-18> 제5차 과학기술기본계획의 전략 | 83 |
| <표 2-19> 「13대 혁신성장동력」 추진 계획의 비전 | 85 |
| <표 2-20> 「13대 분야 혁신성장동력」으로 중점 추진분야 통합 | 86 |
| <표 2-21> 제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력강화 기본계획 주요내용 | 86 |
| <표 2-22> 「2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」 기본방향 | 87 |
| <표 2-23> 국가R&D 혁신방안 실행계획의 전략 | 89 |
| <표 2-24> 4차 산업혁명 대응계획 전략분야 및 중점과제 | 89 |
| <표 2-25> 지능화 혁신 프로젝트 추진 12대 영역별 프로젝트 내용 및 기대효과 | 90 |
| <표 2-26> DARPA요약 | 94 |
| <표 2-27> DARPA의 사업추진 방식 | 95 |
| <표 2-28> DARPA의 BAA 방식 단계별 주요 내용 | 95 |
| <표 2-29> DARPA 주요 프로그램 현황 | 96 |
| <표 2-30> ARPA-E 요약 | 99 |
| <표 2-31> ARPA-E의 지향 가치 | 99 |
| <표 2-32> ARPA-E 추진 단계 | 104 |
| <표 2-33> ARPA-E 상세 추진 프로세스 | 105 |
| <표 2-34> ARPA-E 평가 지표 및 배분 | 106 |
| <표 2-35> EU FET 플래그십 6개 이니셔티브 개요 | 108 |
| <표 2-36> ERC 연구지원 프로그램 | 110 |
| <표 2-37> PM의 선정 절차 및 역할 | 113 |
| <표 2-38> 「ImPACT」 세부 프로그램 | 114 |
| <표 2-39> Moonshot 요약 | 114 |
| <표 2-40> Moon shot project 추진경과 | 115 |
| <표 2-41> 미래사회창조사업 중점 추진 영역 | 118 |
| <표 2-42> 산업기술 알키미스트 프로젝트 주요 내용 | 124 |
| <표 2-43> 국내 도전혁신형 R&D 현황 | 129 |
| <표 3-1> 2022년 부처별 R&D 투자비중 | 131 |
| <표 3-2> 총 연구개발비 중 연구개발단계별 투자 추이 | 131 |
| <표 3-3> 2022년 9대 기술분야별 R&D 투자 현황 | 132 |
| <표 3-4> SCIE 논문성과 | 133 |
| <표 3-5> 국내 등록 특허성과 | 137 |
| <표 3-6> 기술료 및 사업화성과 | 139 |
| <표 3-7> 2021년 부처별 연구개발단계별 국가연구개발사업 | 139 |
| <표 3-8> 울프 네바스(2011.6), 전환연구(translational research) | 140 |
| <표 3-9> 기업유형별 연구개발비 비중 현황 | 142 |
| <표 3-10> 국공립연구기관 종류 | 144 |

| | |
|---|-----|
| <표 3-11> 공공 연구소와 대학 현황 | 144 |
| <표 3-12> 국가과학기술연구회 소관 정부출연연구기관 현황 | 145 |
| <표 3-13> 전문생산기술연구소 현황 | 145 |
| <표 3-14> 특정연구기관 현황 | 145 |
| <표 3-15> `20년 클래리베이트 애널리틱스 선정 국내대학 연구자 | 147 |
| <표 3-16> 기술이전 계약체결 건수 | 148 |
| <표 3-17> 기관유형별 기술이전률 | 148 |
| <표 3-18> 기술이전 수입액 | 148 |
| <표 3-19> 연도별 기술이전 계약건당 및 기술건당 기술이전 수입 | 149 |
| <표 3-20> 국가과학기술연구회 소관 출연(연) 기술이전 실적(`21년 기준) | 149 |
| <표 3-21> 국내 주요 대학 특허 및 기술료 실적(`21년 기준) | 150 |
| <표 3-22> 기술수준평가 대상 기술분야별 중점과학기술 수 | 152 |
| <표 3-23> 국가별 전체 기술수준(%) 및 기술격차(년) | 153 |
| <표 3-24> 국가별 연구단계 역량 및 연구개발 활동경향 | 153 |
| <표 3-25> 국가별 전체 기술수준(%) 및 기술격차(년) | 154 |
| <표 3-26> 연구개발 활동 경향 및 연구단계별 역량 | 155 |
| <표 3-27> 주요국 세계최고기술 보유 현황 | 156 |
| <표 3-28> 11개 분야 세부 기술의 연구개발 단계별 역량 | 157 |
| <표 3-29> 표연구단계별 사업규모 및 기간 | 159 |
| <표 3-30> 중점투자분야 도출 과정 | 160 |
| <표 3-31> 4대 미래 이슈 대응을 위한 글로벌프런티어 중점추진 후보 26대 분야 | 160 |
| <표 3-32> 사업 추진 기관 역할 | 161 |
| <표 3-33> 연구단장의 자격 | 163 |
| <표 3-34> 연구단장의 권한 | 163 |
| <표 3-35> 연구단장 선정평가 프로세스 | 164 |
| <표 3-36> 연구단장 선정평가 지표 | 164 |
| <표 3-37> 단계평가 프로세스 | 166 |
| <표 3-38> 연구단 연구목표 | 167 |
| <표 3-39> 글로벌프런티어지원사업 연구단 존속 해산의 근거 | 168 |
| <표 3-40> 사업 종료 후 연구단 존속 현황 | 169 |
| <표 3-41> 연구단 심의 절차 및 기준 | 169 |
| <표 3-42> 연구단 존속 및 해산 계획서 주요내용 | 170 |
| <표 3-43> 연구단 최소 운영 기준 및 법인 거버넌스 | 170 |
| <표 3-44> 연구단 수입사업 주요 내용 | 171 |
| <표 3-45> 연구단 주요 사업 - 수익사업 | 171 |
| <표 3-46> 연도별 논문 성과(정량/투입대비) | 172 |
| <표 3-47> 연도별 논문 질적 수준 | 172 |
| <표 3-48> SCI논문 투자대비 정량적 연구성과 비교(2020년 기준) | 173 |
| <표 3-49> SCI논문 질적 수준 비교(2020년 기준) | 173 |
| <표 3-50> 과학적성과의 타 사업대비 우수성 | 173 |
| <표 3-51> 글로벌프런티어사업 성과 연계 현황 | 174 |
| <표 3-52> 연도별 특허 성과(정량/투입대비) | 175 |
| <표 3-53> 연도별 특허 질적 수준 : SMART3 등급별 건수 및 환산점수 | 176 |
| <표 3-54> 연도별 글로벌 특허 성과(정량/투입대비) | 176 |
| <표 3-55> 국내특허 투자대비 정량적 연구성과 비교(2020년 기준) | 177 |
| <표 3-56> SMART 등급 분석 결과(2020년 기준) | 177 |
| <표 3-57> 기술적 성과의 타 사업대비 우수성 | 177 |
| <표 3-58> 연도별 기술이전 성과(정량/투입대비) | 178 |
| <표 3-59> 연도별 특허활용률 | 178 |
| <표 3-60> 연도별 창업 성과(정량/투입대비) | 179 |
| <표 3-61> 창업 및 투자유치 주요 사례 | 179 |
| <표 3-62> 글로벌프런티어사업 주요 성과 | 180 |
| <표 3-63> 선행사업 연구단장 검토의견 | 182 |
| <표 3-64> 선행사업 사업기획위원회 개선의견 | 184 |

| | |
|---|-----|
| <표 3-65> 글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률 | 185 |
| <표 3-66> 글로벌프론티어연구단장 인터뷰 | 185 |
| <표 3-67> 글로벌프론티어지원사업연구단장 간단회 제안사항 | 186 |
| <표 3-68> 글로벌프론티어사업 연구단의 연구종료 이후 성과활용, 과제수행 등 현황 | 186 |
| <표 3-69> 기존 사업의 재기획 필요성 | 188 |
| <표 4-1> 한계도전프로젝트 추진을 위한 논리모형 | 194 |
| <표 4-2> 사업 성과 단계에 따른 사업 논리 | 195 |
| <표 4-3> 한계도전프로젝트 사업의 성과목표 체계 | 196 |
| <표 4-4> 특허 성과 목표 | 197 |
| <표 4-5> 사업화 성공률 목표 | 197 |
| <표 4-6> 논문 성과 목표 | 198 |
| <표 4-7> 협력자금 확보 목표 | 198 |
| <표 4-8> 사업의 특성 | 201 |
| <표 4-9> 추진체계 주체별 역할 및 책임 | 203 |
| <표 4-10> ARPA-E 주요 프로그램 사례 | 204 |
| <표 4-11> 필요한 예산 및 지원기간 설문조사 결과 | 205 |
| <표 4-12> 2021년도 과기정통부 유사사업 현황 | 205 |
| <표 4-13> 지원 체계 및 주체별 역할 | 206 |
| <표 4-14> 사업화 지원프로그램 지원체계 및 주체별 역할 | 206 |
| <표 4-15> 성과목표 및 핵심 성과지표 설정 근거 | 208 |
| <표 4-16> 한계도전프로젝트 사업 프로세스 | 211 |
| <표 4-17> 책임PM 선정 추진 절차(안) | 215 |
| <표 4-18> 책임PM 역할 구성(안) | 215 |
| <표 4-19> 책임PM 활동 평가(안) | 216 |
| <표 4-20> 한계도전 R&D 위원회 구성(안) | 218 |
| <표 4-21> 연구테마 발굴 시 고려사항(안) | 218 |
| <표 4-22> 연구 프로그램 설정 절차(안) | 219 |
| <표 4-23> 연구 과제 선정 및 협약 절차(안) | 219 |
| <표 4-24> 연구 과제 선정시 고려사항(안) | 219 |
| <표 4-25> 연구평가 체계도 | 221 |
| <표 4-26> [참고자료] DARPA의 진도 관리 및 결과 평가 | 222 |
| <표 4-27> [참고자료] 알키미스트의 과제 평가지표 | 222 |
| <표 4-28> 컨설팅 결과 보고서 항목(안) | 222 |
| <표 4-29> 최종평가 항목(안) | 223 |
| <표 4-30> 연구지원팀 역할(안) | 224 |
| <표 4-31> 성과지원팀 역할(안) | 224 |
| <표 4-32> 기술사업화 계획에서의 지원 요청항목(안) | 225 |
| <표 4-33> 한계도전프로젝트 사업의 성과관리 항목(안) | 225 |
| <표 4-34> [참고자료] DARPA의 기술이전 | 225 |
| <표 4-35> 한계도전프로젝트사업 연계사업 전담기관 지정시 역할(안) | 226 |
| <표 4-36> [참고자료] 알키미스트프로젝트의 성과관리 | 226 |
| <표 4-37> [참고자료] DARPA의 조직도 및 지원부서 현황 | 228 |
| <표 4-38> 한계도전프로젝트 프로세스 대응 예시과제 도출 현황 | 229 |
| <표 4-39> 한계도전프로젝트 예시과제 - 테마발굴 결과 | 230 |
| <표 4-40> 한계도전프로젝트 예시과제 - 테마 선정 결과 | 231 |
| <표 5-1> 과학기술적 타당성 분석 항목 | 234 |
| <표 5-2> 문제이슈 도출 | 235 |
| <표 5-3> 핵심이슈 도출 | 236 |
| <표 5-4> SWOT 분석 | 237 |
| <표 5-5> 추진전략 도출 | 238 |
| <표 5-6> 문제인식 및 해결방안 | 241 |
| <표 5-7> 주요국 세계최고기술 보유 현황 | 242 |
| <표 5-8> 4차 산업혁명 주요기술 확보 수준 | 243 |
| <표 4-41> 국가 R&D 사업 연구성과 활용 현황 | 244 |

| | |
|---|-----|
| <표 5-9> 문제인식 및 해결방안 | 245 |
| <표 5-10> 사업설문조사결과 | 252 |
| <표 5-11> 사업기획 경과 | 253 |
| <표 5-12> 기술비지정방식 추진 근거 | 256 |
| <표 5-13> 동 사업의 상위계획과의 부합성 | 258 |
| <표 5-14> 중복성 검토 대상사업 | 259 |
| <표 5-15> 미래융합기술파이오니어 사업 과의 중복성 검토 결과 요약 | 260 |
| <표 5-16> 과학난제도전사업과의 중복성 검토 결과 요약 | 261 |
| <표 5-17> 혁신도전 프로젝트 사업과의 중복성 검토 결과 요약 | 262 |
| <표 5-18> 알키미스트 사업과 중복성 검토 결과 요약 | 264 |
| <표 5-19> 국가 R&D 자원분배 계획 | 266 |
| <표 5-20> 과기정통부 최근 5년간 R&D 예산 증가내역 | 266 |
| <표 5-21> 연구비 10억 원 당 성과 비교 | 273 |
| <표 5-22> 연구개발 부문의 산업연관 계수 | 274 |
| <표 5-23> 경제·사회적 과급효과 예측 | 274 |

그림 목 차

| | |
|---|-----|
| <그림 1-1> 국내 기술무역수지 (`08~`21) | 4 |
| <그림 1-2> 생산연구인구 전망 | 4 |
| <그림 1-3> 한국 1인당 연간 잠재성장률 추이 (단위: %) | 4 |
| <그림 1-4> 미국의 반도체 기업 요구 | 6 |
| <그림 1-5> 기술 변혁을 통한 한계돌파 시기 | 7 |
| <그림 1-6> 새로운 프론티어로 가는 임무 수행의 필요 | 7 |
| <그림 1-7> 변혁적 기술 포지셔닝 | 8 |
| <그림 1-8> OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해 | 13 |
| <그림 1-9> 주요 용어의 관계 | 15 |
| <그림 1-10> DARPA의 포트폴리오 관리방식 | 16 |
| <그림 1-11> 우리나라의 혁신정책 및 연구개발사업 추진 경과 | 19 |
| <그림 1-12> 주요국 총 연구 R&D 및 GDP 대비 비중 | 20 |
| <그림 1-13> 최근 15년간 SCI 논문 수 | 20 |
| <그림 1-14> 국내 HRHR 연구의 참신성/과학적 영향력 수준 | 20 |
| <그림 1-15> 기존 추진 사업의 노력과 성과 | 23 |
| <그림 1-16> 글로벌프론티어사업 성과물의 후속사업 연계 분석결과 | 25 |
| <그림 1-17> 글로벌프론티어사업 성과물의 단계별 확보 | 27 |
| <그림 1-18> 12대 국가전략기술 | 33 |
| <그림 1-19> 국가필수전략기술 기술선정 원칙 및 기준 | 34 |
| <그림 1-20> 국가필수전략기술 | 34 |
| <그림 1-21> 메가트렌드 분석 | 57 |
| <그림2-1> 미 NIH 사업구조의 변화 | 61 |
| <그림2-2> 미 NIH Common Fund 선정 기준 | 62 |
| <그림2-3> 유럽 연구혁신 위원회 주요 과업 | 65 |
| <그림2-4> 중국의 과학기술혁신강국 건설 단계별 목표 | 67 |
| <그림2-5> 제 6기 과학기술·이노베이션 기본계획의 Society5.0 | 70 |
| <그림2-6> 일본 산업기술 혁신시스템 개요 | 73 |
| <그림2-7> 하이테크전략 2025 전략 및 12대 액션플랜 | 75 |
| <그림2-8> 제5차 과학기술기본계획 비전 및 전략 | 82 |
| <그림2-9> 제5차 과학기술기본계획의 주요 방향 | 84 |
| <그림2-10> 국가R&D 혁신방안 실행계획(부처협동, '18.11)의 주요 내용 | 88 |
| <그림2-11> DARPA의 Project pool 관리방식 | 98 |
| <그림2-12> ARPA-E 프로젝트를 통한 새로운 학습 곡선의 창출 | 100 |
| <그림2-13> ARPA-E의 포지셔닝 | 101 |
| <그림2-14> ARPA-E의 연구 Target | 101 |
| <그림2-15> ARPA-E의 마일스톤 변경 현황 | 102 |
| <그림2-16> Open Solicitation 추진 영역 및 프로젝트 | 103 |
| <그림2-17> ARPA-E 프로그램 추진 단계 | 104 |
| <그림2-18> 프로그램 생성, 프로젝트 선택 및 수행자 관리를 위한 ARPA-E의 내부 프로세스 ... 106 | |
| <그림2-19> 일본 Moon-shot 프로젝트의 목표설정 영역 및 장기목표 | 116 |
| <그림2-20> 일본 Moon-shot 프로젝트의 경쟁형 R&D 운영 방식 | 116 |
| <그림2-21> 미래사회창조사업 추진 흐름 | 118 |
| <그림2-22> 미래융합기술 파이오니어 사업 비전/목표 | 119 |
| <그림2-23> 과학난제도전 융합연구개발 사업 비전/목표 | 121 |
| <그림2-24> 산업기술 알키미스트 프로젝트 비전체계도 | 123 |
| <그림2-25> 산업기술 알키미스트 프로젝트 사업추진방식 | 124 |
| <그림2-26> 고위험·고부가가치 연구 지원 분류(OECD) | 125 |
| <그림 3-1> 주요국 재원별 연구개발비 비중 | 132 |
| <그림 3-2> 연구개발단계별 SCIE 논문 성과 건수 및 비중 추이(`16년~`20년) | 133 |

| | |
|---|-----|
| <그림 3-3> 최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK) 추이 | 134 |
| <그림 3-4> 연구원 1인당 SCI 논문 수 추이 | 135 |
| <그림 3-5> 5년 주기별 논문당 평균 피인용 수 추이 | 135 |
| <그림 3-6> R&D 투자 대비 특허 건 수 추이 | 135 |
| <그림 3-7> 연구단계별 국내 출원 및 등록특허 건수 및 비중 추이(`16년~`20년) | 136 |
| <그림 3-8> 연구단계별 해외 출원 및 등록특허 성과 건수 및 비중 추이(`16년~`20년) | 136 |
| <그림 3-9> 연구개발투자 대비 지식재산사용료 수입 비중 추이 | 137 |
| <그림 3-10> 연구개발단계별 기술료 징수 건수(좌), 징수액(우) 비중 추이(`16년~`19년) | 138 |
| <그림 3-11> 연구개발단계별 사업화 건수 및 비중 추이(`16년~`20년) | 138 |
| <그림 3-12> 일본 연구개발 특징 | 140 |
| <그림 3-13> 기업유형별 매출액 대비 연구개발비 비중 추이(`17년~`21년) | 142 |
| <그림 3-14> 사업추진체계 | 162 |
| <그림 3-15> 글로벌프론티어사업의 연계 현황 | 174 |
| <그림 3-16> 반도체의 3D 핀펫 기술 적용 | 179 |
| <그림 3-17> 과학적/기술적/경제적 성과 연도별 추이 | 187 |
| <그림 3-18> 경제적 세부성과 연도별 추이 | 187 |
| <그림 3-19> 글로벌프론티어사업의 진단 및 개선 필요성 | 188 |
| <그림 4-1> 한계도전프로젝트 사업 추진 방향성 | 193 |
| <그림 4-2> 한계도전프로젝트 사업 목적 및 추진전략 | 199 |
| <그림 4-3> 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 R&D | 200 |
| <그림 4-4> 글로벌프론티어사업 → 한계도전프로젝트 사업 운영방안 변경 | 200 |
| <그림 4-5> 도전혁신형 R&D 사업 Positioning | 202 |
| <그림 4-6> 한계도전프로젝트 사업 추진체계 | 203 |
| <그림 4-7> DARPA의 프로그램 HPCS(고성능 연산 시스템) 개발 사례 | 204 |
| <그림 4-8> 사업 프로그램 기획 절차 | 209 |
| <그림 4-9> 세부 프로그램 진행 절차 | 209 |
| <그림 4-10> 한계도전 프로젝트 사업조직 | 210 |
| <그림 4-11> 연구프로그램 기획 추진 구성(안) | 213 |
| <그림 4-12> 임무지향형 연구테마 선정 과정(안) | 214 |
| <그림 4-13> 연구테마 도출 및 발굴 과정(안) | 217 |
| <그림 4-14> 임무지향형 연구테마 선정 과정(안) | 218 |
| <그림 4-15> 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 연구수행 | 221 |
| <그림 4-16> [참고자료] 범부처 수요 기반R&D 투자 체계 | 226 |
| <그림 4-17> 한계도전 기술은행 구성(안) | 227 |
| <그림 5-1> 한계도전프로젝트 사업과 혁신도전프로젝트 비교 | 263 |
| <그림 5-2> 한계도전프로젝트 사업과 산업기술 알키미스트 프로젝트 비교 | 265 |

제 1장 연구개요

1.1 사업추진 배경 및 필요성

1.2 추진 근거 및 사전절차

1.1 사업 추진 배경 및 필요성

가. 사업 추진 배경

미래 기술주권 확보를 위한 기술 패권경쟁 진행 중

□ 과학기술은 미래의 핵심적인 자산이자, 자원이 부족한 우리나라의 가장 중요한 생존전략

○ 과학기술을 기반으로 한 변혁적 혁신은 인류 역사를 이끌어온 원동력*이며, 우리 삶에 새로운 변화를 가져올 핵심 요소

* 천 년간 인류 역사에 영향력이 컸던 100대 사건 중 과학기술이 40% 차지(Life紙)

<표 1-1> 100대 사건 중 과학기술 관련 주요 사례

| 구분 | 내용 | 구분 | 내용 |
|-------|----------------|------|------------------------|
| 1455년 | • 구텐베르크의 인쇄기술 | 1859 | • 다윈의 종의 기원 |
| 1674년 | • 망원경 개발 | 1895 | • X-ray 발견 |
| 1769년 | • 제임스 와트의 증기기관 | 1928 | • 페니실린 발견 • 텔레비전 방송 |

○ 국가현안 뿐 아니라, 기후변화 문제 등 미래 사회문제를 해결하고, 국가의 성장잠재력을 높이기 위한 다양한 원천기술 확보 필요

- 주요국은 국가현안문제를 해결하기 위한 기술개발 및 이를 통한 성장동력 확보를 목적으로 하는 전략을 추진

→ 미국의 코로나19 발생 초기에 극복하기 위해서 mRNA 방식 등 혁신 기술을 통해서 단기간 백신 개발을 통해서 대응

- 또한 예상되는 미래 사회문제를 해결하여 기술·산업 경쟁우위를 확보하기 위한 필요성 대두

→ 기후변화, 신종 감염병 등 복잡하고 다양한 도전적 문제는 현안이자 향후 미래사회에 다양한 영향을 줄 것으로 공통적으로 전망되어 대응의 중요성이 높아짐

<표 1-2> 한국과학기술기획평가원장 인터뷰('21.03.26)

인터뷰 주요 내용

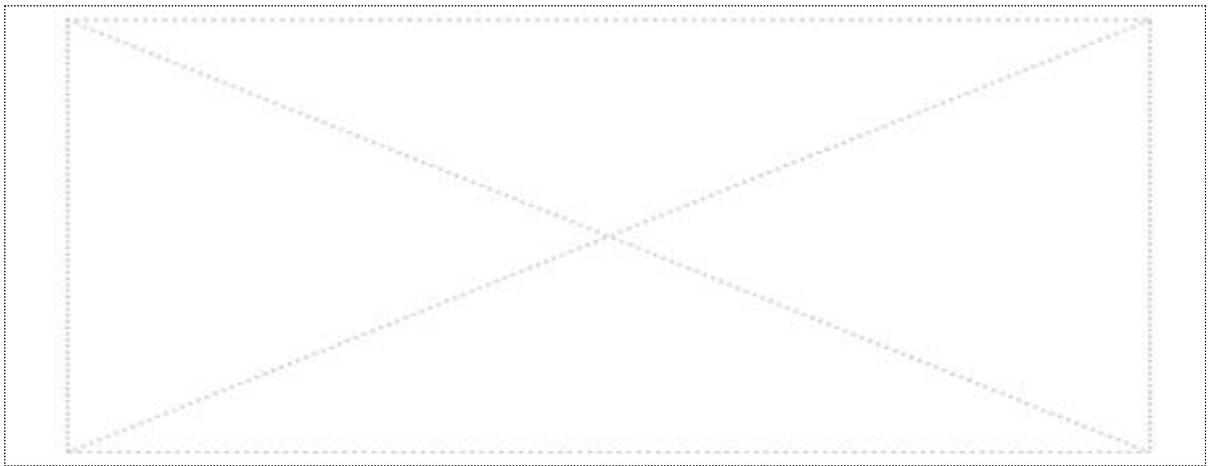
- 최근 지구촌이 당면하고 있는 각종 문제 뒤에는 예외 없이 과학기술이 있습니다. 미·중 간 5G, 반도체, AI 등 첨단기술을 중심으로 한 기술패권전쟁, 산불, 폭염, 홍수, 태풍, 지진, 가뭄, 장마 등 기후변화, 사스, 신종 플루, 메르스, 코로나19 등 신종감염질환에 이르기까지 글로벌 환경변화는 공통점으로 과학기술과 깊숙이 관련되어 있습니다. 단순히 관련이 있는 정도를 넘어 과학기술이 인류의 안전과 번영을 담보하는 팩스 테크니카(Pax Technica)의 시대가 도래하고 있습니다.

→ 도전적 문제에 대해서 과학기술을 통한 선제적 대응 수요가 높아지고, 이를 통한 지속가능한 성장동력을 확보할 수 있다는 측면에서 혁신적인 기술의 필요성 증대

<표 1-3> 문제 해결을 위해 필요한 핵심기술

| | |
|---------|--|
| 기후문제 해결 | ①태양광·풍력, ②수소, ③바이오에너지, ④철강·시멘트, ⑤석유화학, ⑥산업공정 고도화, ⑦건물효율, ⑧수송효율, ⑨CCUS 등 |
| 자율주행 차 | ①인공지능, ②인식 센서, ③고정밀 지도, ④보안체계, ⑤클라우드 인프라, ⑥통신(V2P, V2I), ⑦빅데이터, ⑧연료 전지 등 |

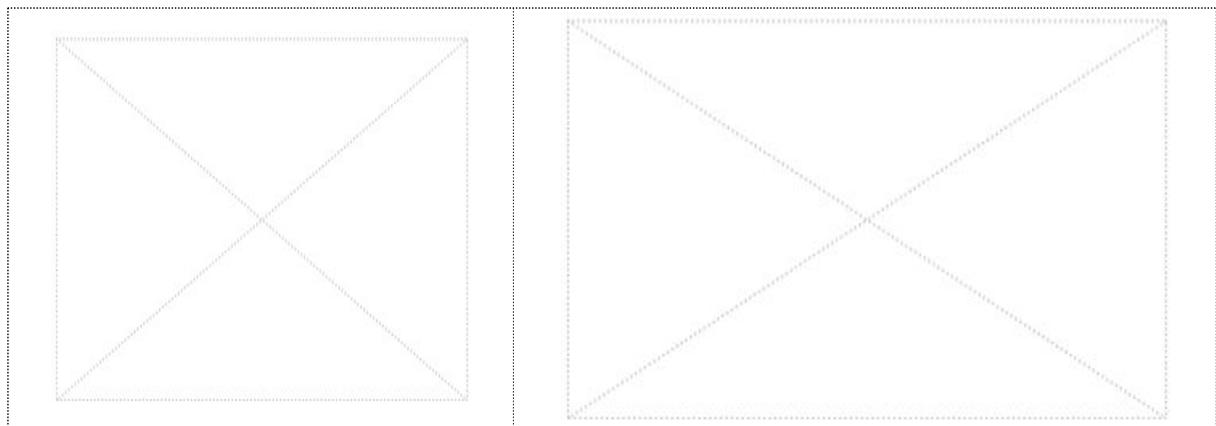
○ 한편, 우리나라는 핵심 원천기술의 부족으로 인해 국내 경제가 성장할수록 대외 기술 의존도가 높아지는 구조가 형성



* 출처 : 2021년도 기술무역통계보고서(2022)

<그림 1-1> 국내 기술무역수지 ('08~'21)

○ 인구감소 리스크가 본격화되고 미래 성장동력 부재로 인해 우리나라의 경제성장 잠재력 약화 전망



<그림 1-2> 생산연구인구 전망

<그림 1-3> 한국 1인당 연간 잠재성장률 추이 (단위: %)

□ 지속되는 미·중 패권경쟁 속에서 주요국은 과학기술 우위 확보를 위한 총력전을 전개

○ 미·중 패권경쟁은 첨단기술 및 신산업 영역을 중심으로 전개되고 있으며, 기술 확보를 위해 경쟁적으로 R&D 투자를 확대

<표 1-4> 총 R&D 투자액 (단위: 억 달러, 미국대비 %)

| 국가 | 2000년 | 2010년 | 2020년 |
|----|-------------|-------------|--------------|
| 미국 | 2,700(100%) | 5,000(100%) | 6,400(100%) |
| 중국 | 300(11.1%) | 2,500(50%) | 5,800(90.6%) |

* 출처 : BELFER CENTER, The Great Tech Rivalry: China vs the U.S, '21.12 참고 및 재구성

○ 미·중 외에도 각 국은 국가들은 미래 핵심기술 확보를 위한 핵심 기술·산업분야에 대규모 전략적 투자 추진 중

- (미국) 미래 10대 핵심 첨단기술*에 전략적으로 5년간 120조 투자하고 국립과학재단(NSF) 기술혁신국 신설(`21.6)을 통해 전략적 지원 강화

* (10대 핵심기술) ①인공지능, ②고성능컴퓨팅, ③양자정보, ④자동화첨단제조, ⑤재해예방, ⑥첨단통신 기술, ⑦생명과학, ⑧사이버보안, ⑨첨단 에너지, ⑩소재·탐사 기술

- (중국) 7대 첨단 과학기술 강화, 8대 신산업 육성 등 첨단기술을 통한 국가 발전전략 수립 및 발표

* (7대 기술) ①AI, ②양자정보, ③반도체, ④뇌과학 ⑤유전자·바이오 ⑥임상의학·헬스케어 ⑦우주·심해·극지

* (8대 산업) ①희토류 포함 신소재, ②중대기술장비, ③스마트제조 및 로봇기술, ④항공기 엔진, ⑤위성항법시스템 응용, ⑥신에너지 차량 및 스마트카, ⑦첨단 의료 장비 및 신약, ⑧농업기계

- (유럽) 글로벌 도전 대응, 미래 산업 경쟁력 등을 위해 'Horizon Europe(`21-`27)'을 통한 우주, 바이오, 기후에너지 등 6대 기술 지원

○ 주요국은 기술 공급망 점검, 과학기술 자립자강 등 과학기술 우위를 확보하기 위한 총력전을 전개하고 있음

- 국가 간 기술패권 경쟁 심화에 따라 주요국의 자체 기술 주권확보를 위한 전략적 노력 활발

➡ 중국의 부상으로 미국 중심의 국제질서가 위협받으며 갈등 본격화, 기술을 경제·안보 패권의 핵심으로 인식한 기술패권경쟁 돌입

* 패권경쟁(hegemonic race)의 전환 : 군사, 산업, 금융·화폐 주도 → 기술 우위(優位)

➡ 4차 산업혁명을 이끄는 첨단기술과의 융복합이 확산되면서 산업구조가 급격히 변화되고 기술개발 속도전쟁이 가속화

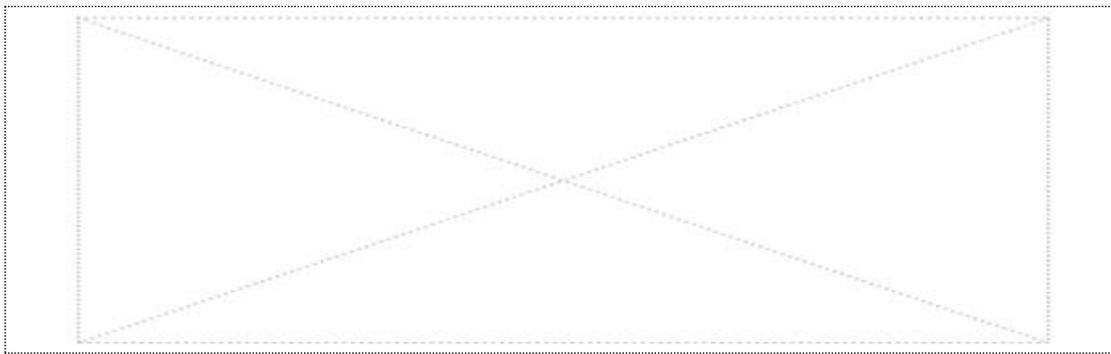
➡ 각 국의 경쟁적인 기술투자와 미·중 무역분쟁으로 시작된 글로벌밸류체인(GVC)

개편 등 향후 개편될 미래사회 경제구조에 대응한 기술확보 필요

<표 1-5> 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황

| | |
|-----|---|
| 독일 | <ul style="list-style-type: none"> 핵심 기술분야 기술주권 강화를 위해, 연방교육연구부(BMBF) 주관으로 '기술주권위원회' 설치 및 운영('21.9) |
| 프랑스 | <ul style="list-style-type: none"> 기술혁신을 통한 국가경쟁력을 강화하기 위한 '혁신위원회'를 신설('19.11)하고, 혁신산업기금을 통해 2.5억 유로의 재정지원 예정 |
| 영국 | <ul style="list-style-type: none"> 과학기술 초대강국 실현을 위해 국가과학기술위원회(NSTC) 및 지원조직인 총리실 산하 과학기술전략실(OSTS) 설립 발표('21.6) 및 추진 중 |
| 일본 | <ul style="list-style-type: none"> 내각부에 경제안보 담당 조직을 설치하고, 관계 성·청 및 연구자로 구성된 '중요기술연구개발협의체(가칭)' 신설('21) |

⇒ 기술패권전쟁에서 미래산업에서의 핵심이 되는 반도체 기술이 핵심으로 부각되고 있고, 미 백악관의 반도체 기업 대상 비밀정보 제출 요구('21.12) 및 대러시아 수출 통제 준비 통보('22.01) 등을 추진



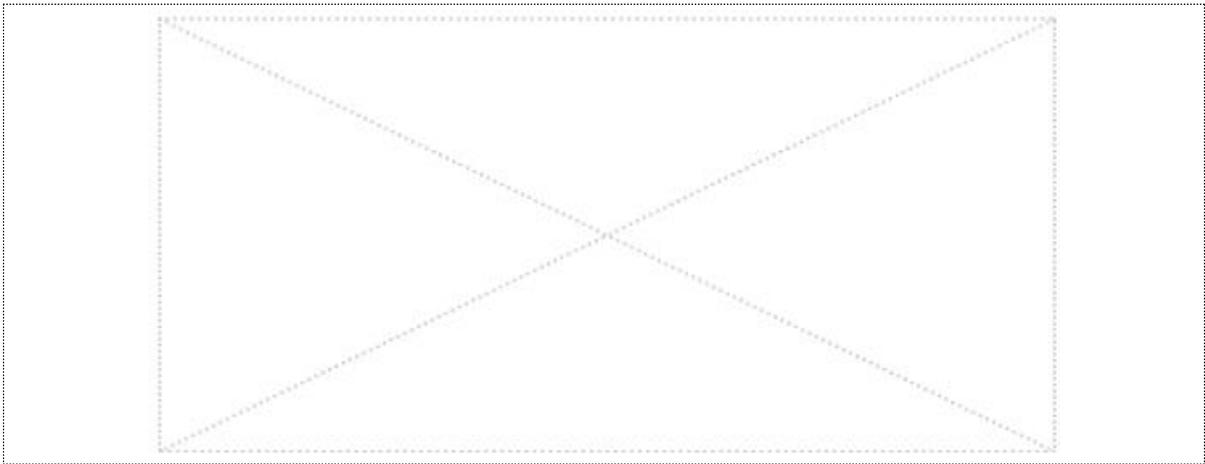
*출처 : 한경닷컴 홈페이지

<그림 1-4> 미국의 반도체 기업 요구

⇒ 경쟁의 전선은 반도체를 중심으로 기후기술(에너지 안보, 녹색경제), 우주(우주군, 우주경제), ICT(사이버안보, 디지털경제 등), 바이오(백신 무기화, 바이오경제) 등 전 분야로 확대

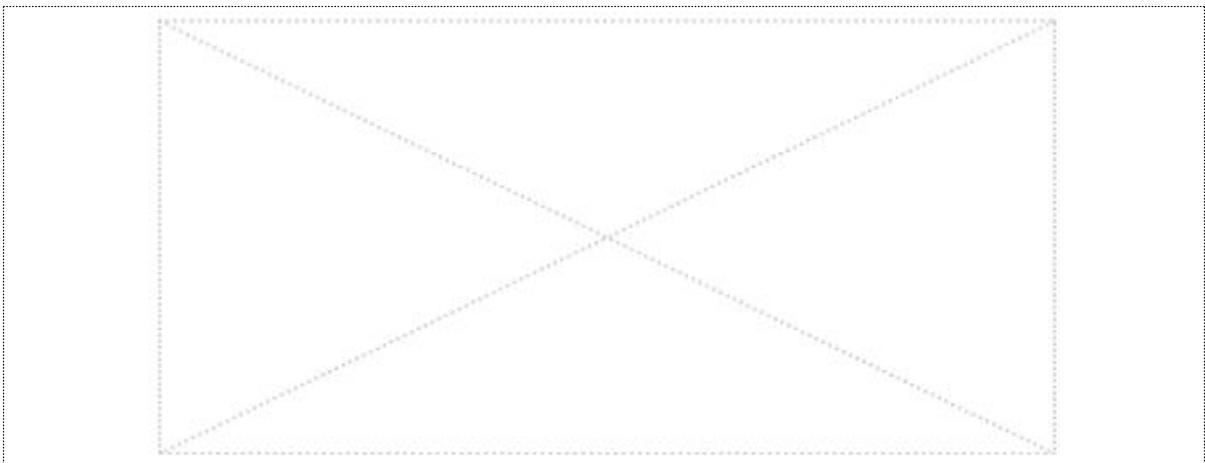
변혁적 기술은 과학기술 차세대 성장동력을 확보하고
미래 도전에 대비하기 위한 핵심

- 변혁적 기술은 기존의 경계를 넘어선 새로운 혁신적인 기술을 의미
 - 변혁적 기술은 불확실성이 높고 검증되지 않았지만, 과학의 근본적인 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술을 의미(NIH)
 - 기술이 쇠퇴기(decline)에 접어들어 더 이상의 기술 혁신이 어려운 상황에서 비선형적인 기술 변혁을 통해 한계 돌파



<그림 1-5> 기술 변혁을 통한 한계돌파 시기

- 현재의 경계를 넘어 새로운 프론티어로 가는 도전적 임무를 완수할 수 있기 위해 확보되어야 하는 혁신적인 기술



<그림 1-6> 새로운 프론티어로 가는 임무 수행의 필요

□ 변혁적 기술은 추격형(Fast-Follower)에서 선도형(First-Mover)으로의 전환을 위한 기술혁신의 발판 역할을 수행

○ 변혁적 기술은 과학기술 패러다임 전환 및 생산성의 비약적인 발전을 통해 세계 경제·사회 성장에 견인

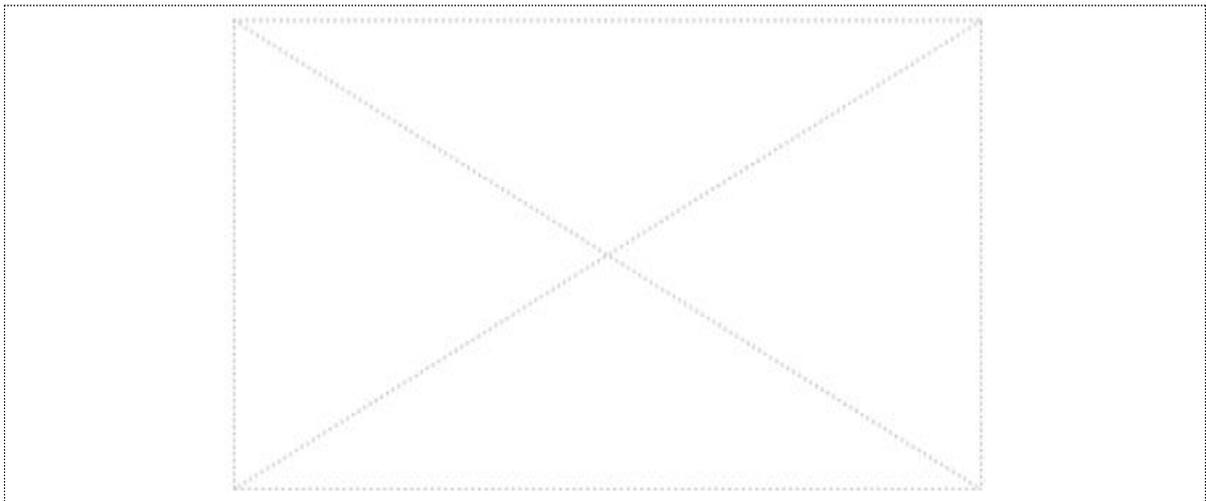
* 美 DARPA를 통해 개발된 변혁적 기술인 GPS, 인터넷, 자율주행 기술 등은 신산업 창출에 기여

○ 하지만, 대규모 투자비용과 고위험의 기술 특성으로 인해 장기간의 전략적 연구지원이 필요

- 변혁적 기술 확보를 위해서는 대규모 비용이 들고 성공 확률이 낮기때문에 민간 R&D로는 한계가 있음

- 고전적인 시장실패 이론과 동일한 이유로 기술의 중요성에도 불구하고 기업은 투자동기가 부족하고, 시장은 충분한 인센티브를 제공하지 못하고 있어, 자발적인 투자환경 미구축

* OECD는 변혁적 기술은 높은 위험성으로 인하여 시장실패 가능성이 매우 높은 분야로 인정



<그림 1-7> 변혁적 기술 포지셔닝

<표 1-6> 변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례

| mRAN 백신 | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 병원성이 약화된 병원체를 주입하는 기존의 백신에서 mRNA를 주입하는 방식으로 혁신적인 전환 • 백신 효과와 안정성이 비약적으로 증가하였으며, 해당 기술을 표적 항암제, HIV등 다른 질병에 적용 가능 | |
| 이차전지 | |
| <ul style="list-style-type: none"> • 한번 쓰고 버리는 일차전지와 달리, 전기에너지를 화학에너지로 저장할 수 있는 방식으로 혁신적인 전환 • 포터블 전자 기기용 전원으로 전 세계 통신, 업무 등 모든 분야에 적용 | |
| 위성항법시스템(GPS) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • 나침반, 지도를 통해 위치를 확인하는 방식에서 위성을 통해 위치를 확인하는 방식으로 혁신적인 전환 • 원양항법, 자율주행차 등 다양한 분야로의 파급효과 | |

□ 주요국들도 변혁적 기술을 선제적으로 확보하기 위해 새로운 연구개발 지원 시스템을 도입하여 국가주도의 전략적 지원 강화

○ (지원 프로그램) 미국 DARPA를 대표 모델로 하여 파괴적 혁신을 추구하기 위한 국가주도의 연구를 경쟁적으로 지원

<표 1-7> 주요국의 변혁적 연구 지원 프로그램

| 국가 | 프로그램 | 내용 |
|----|--------------------------------|--|
| 미국 | • NIH HRHR 프로그램 | • 변혁적 연구 활성화 및 융합·협력형 연구 촉진을 위해 Common Fund 운영 |
| | • DARPA 프로그램 | • 공통의 문제 해결을 추구하되 상이한 기술적 접근이 예상되는 High risk, High reward 연구지향 |
| 유럽 | • FET 플래그십 | • 도전적 과학기술 과제 해결 및 사회·경제적 복지 기여를 위한 프로그램 |
| | • ERC Frontier Research Grants | • 최근 10년간 주요 연구성과 달성자에 대상 파괴적 혁신성, 도전성을 갖춘 연구 지원 |
| 영국 | • UKRI-TRDF | • 변혁적 기술을 확보하기 위한 연구지원 프로그램 |
| 일본 | • ImPACT 프로그램('13~'18), | • 고위험, 고임팩트의 도전적 R&D 지원 |
| | • Moon-Shot('19~) | • 첨단 ICT 기술을 활용한 파괴적 혁신 창출로 사회적 문제 해결 |

- (독립 전담기관) 이를 지원하기 위해, 대부분의 국가에서는 독립적인 조직을 설립하여 전문적인 기획·관리·평가 등을 수행

<표 1-8> 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황

| 국가 | 독립적인 지원조직 현황 |
|----|---|
| 미국 | <ul style="list-style-type: none"> • DARPA('58)를 성공모델로 하여 IARPA(정보), ARPA-E(에너지), ARPA-H(보건), HSARPA(국토안보) 등으로 확산 |
| 중국 | <ul style="list-style-type: none"> • 미국의 DARPA 모델에 필적하는 군 혁신조정위원회를 설립('17) |
| 유럽 | <ul style="list-style-type: none"> • 마크롱 프랑스 대통령은 유럽한 DARPA와 같은 파괴적 혁신을 위한 범유럽혁신기구의 설립 필요성을 주장 • 프랑스는 혁신 지원을 위해 국방혁신기구(Defense Innovation Agency)를 설립 • 영국은 ARPA 방식을 모방하여 UKRI와 독립된 혁신연구기관 ARIA 신설 |

<표 1-9> DARPA 조직 개요

| | |
|-------|---|
| 개요 | <ul style="list-style-type: none"> • 미 국방부 산하 R&D 기획·평가·관리 전담기관 |
| 인력/예산 | <ul style="list-style-type: none"> • (인력) 약 220명(PD 96명('18년)) • (예산) 약 34억 달러, 250개 프로그램 |
| 기획 | <ul style="list-style-type: none"> • PD들의 프로그램 아이디어를 검증·정제하여 DARPA 국장과 부국장이 프로그램화 여부 최종 결정 |
| 관리 | <ul style="list-style-type: none"> • DARPA 내 PD가 프로그램 관리 업무를 독립적으로 수행 |

변혁적 기술 확보 방안

□ 변혁적 기술 확보를 위한 지원은 정책 근거와 상황에 따라 시드 펀딩, 적극적 관리 등 다양한 방식으로 수행

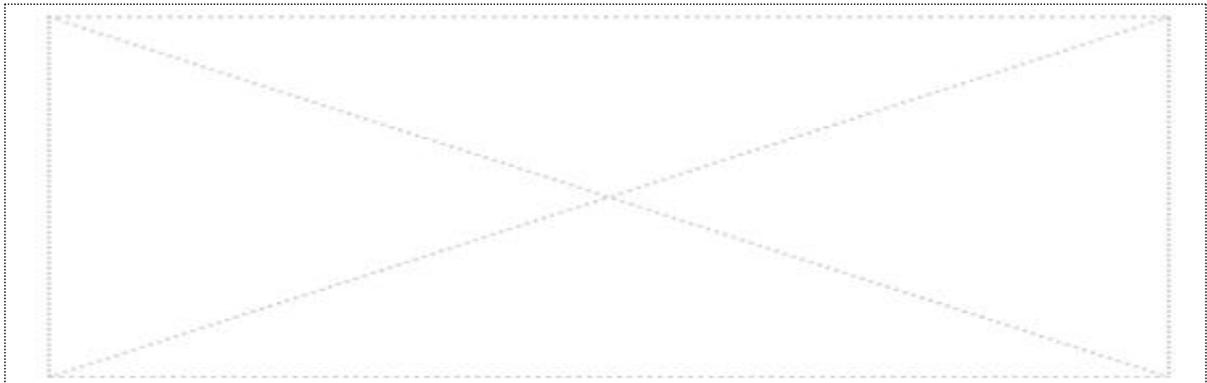
<표 1-10> 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식

| 관리방식 | 지원 내용 | 장단점 | 정책사례 |
|--------|-----------------------------|---|------------------------------------|
| 장기지원 | 단기적 성과보다 리스크를 감수하도록 장기적인 지원 | 장: 즉각적 성과에 대한 부담 경감 단: 대규모 예산 필요, 상황 변화에 따른 유연한 과제관리 어려움 | 미국 NIH HRHR 프로그램 |
| 시드펀딩 | 리스크 관리를 위한 6개월~2년간의 시드 지원 | 장: 탐사적 연구 지원 단: 성공적일 경우 추가 지원 필요 | 네덜란드 오프로드 프로그램 영국 UKRI 전략적 연구기획 |
| 불간섭 주의 | 평가 부담을 덜고 연구자에게 유연성 제공 | 장: 연구자의 연구몰입 향상 단: 연구의 전략성 확보 어려움 | 기초연구 지원 프로그램 등 |
| 적극적 관리 | PD와 연구자 간 치열한 토론과 지속적인 소통 | 장: 전략성 확보 용이, 아이디어 발전과 문제 해결에 도움 단: 시간과 자원 많이 소요 | 미국 DARPA, ARPA-E 등 일본 moon-shot |

* 출처 : effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD, 2021

□ 기술 확보의 시급성, 국가적인 전략성 확보 등을 위해 세계 주요국들은 일반적으로 미국 DARPA 방식의 연구관리 프로그램 도입

- (목표 설정) 고위험·고부가가치의 기술 개발을 위한 명확한 목표 정의
- (프로그램 기획) PD 중심의 과제기획, 포트폴리오 리스크 관리 도입
- (과제 관리) 협력 계약(cooperative agreement) 방식의 적극적인 과제관리, 경쟁형 R&D로 리스크 관리 등 새로운 관리 방식 도입



<그림 1-1> DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도

⇒ 변혁적 기술 확보를 위해 ① 혁신적인 분야에 대한 명확한 목표를 설정하고,
② 새로운 연구관리 시스템 도입 필요

【목표 설정 : 혁신적인 분야에 대한 임무 지향 투자】

□ 변혁적 기술 확보를 위해서는 고위험·고부가가치(HRHR) 분야에 대한 명확한 임무 지향(mission-oriented) 투자가 필요

① 위험·고부가가치의 혁신적인 분야 지원

- 위험을 부담하고 경계를 넘는 시도를 지원하지 않으면 국가의 장기적인 혁신역량 및 과학기술 경쟁력을 위태롭게 할 우려
- 혁신적인 임무를 설정하지 않으면, 성공적인 결과 도출의 부담 등으로 인해 기존의 아이디어를 점진적으로(incremental) 개선하는 과학기술 위험회피주의(conservatism)가 나타날 가능성이 큼

<표 1-11> 혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유

이유

- ① 펀딩 기관이 공적인 지원에 대한 성공적인 결과를 중시
- ② 평가자들도 명백하게 실현가능한 프로젝트를 더 잘 이해하고 선호
- ③ 기존 연구를 통해 달성된 기득권은 새로운 시도를 가치 절하

* 출처 : effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD, 2021

- 대규모 투자비용과 고위험의 특성으로 인해 단기적인 시장 경쟁력 강화가 목표인 민간 주도의 개발은 어려움
 - 단기 성과에 대한 집중으로 산업 경쟁력 지수는 20년간(`95~`15) 상승(16→13위)
하였으나, 산업 잠재력 지수는 하락(21→25위)

② 목표 달성을 위한 명확한 임무 설정

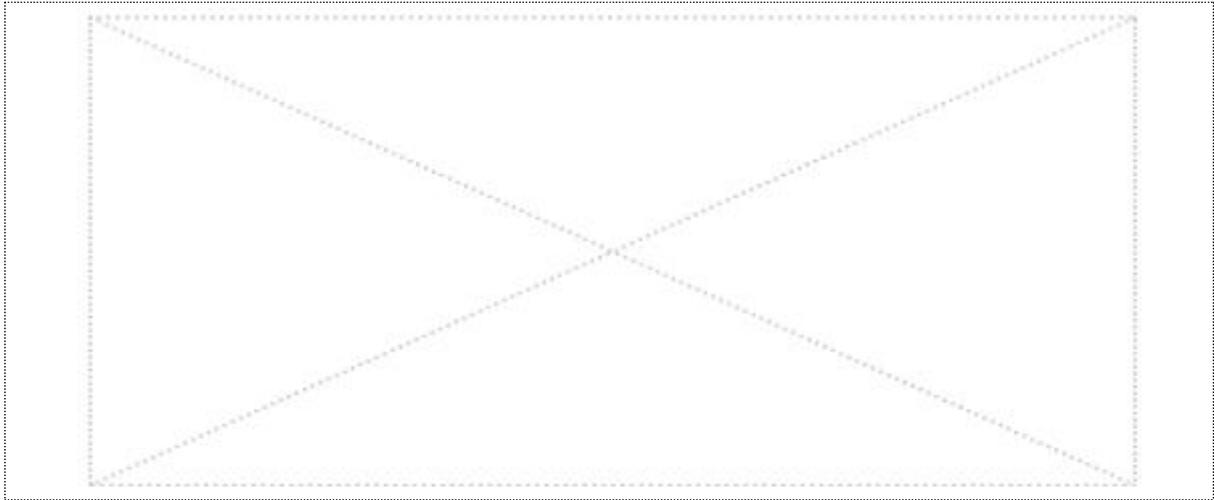
- 한정된 자원으로 목표를 효율적으로 달성할 수 있도록 관리를 하기 위해서는 밀도 있고 명확한 목표 설정 필요
 - 실제로 Graphene의 상용화를 목표로한 EU의 프로그램은 모호한 목표를 설정하여 실질적인 성과 창출이 미흡했다는 한계 존재

<표 1-12> 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교

| 구분 | 소형 GPS | 그래핀 연구 |
|-------|--------------------------------------|--|
| 사업 체계 | | |
| 프로그램 | DARPA's GPS Program | EU's Graphene Flagship Program |
| 목표 | 10LB 무게의 handheld GPS receiver 개발 | Graphene 상업화 수준 향상 및 10년 내에 Graphene을 실험실에서 사회로 확산 |
| 비교 | 목표가 한정적이고 명확하여 집중된 과제 선정, 포트폴리오 관리 등 | 목표가 불명확하고 넓어(broad) 자원을 집중하지 못하고, 결과적으로 성과 창출 미흡 |

【지원 시스템 : 기존의 방식이 아닌 새로운 지원 시스템 도입】

- 새로운 패러다임을 창출할 수 있는 혁신적인 기술확보를 위해서는 기존의 연구관리 방식 아닌 새로운 지원 시스템 도입이 필요
- OECD는 고위험 혁신연구 장려를 위해서 기존의 연구관리 방식을 극복하는 새로운 기획·관리·평가 방식의 도입을 권고
 - ➔ 정부, 연구조직, 자금제공자 등 3가지 유형별 관계 및 상황에 따라 정책과 평가할 것을 제시



* 출처 : effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD, 2021

<그림 1-8> OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해

<표 1-13> OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언

| 제언 |
|---|
| ① 새로운 방식의 시험 장려 |
| ② 연구의 관리 및 평가시 포트폴리오 접근방식 구현 |
| ③ 연구자가 위험을 감수하도록 하는 상황·정책 제공 |
| ④ 과학·사회·경제적 영향 뿐만 아니라 신설 HRHR 연구프로그램으로서, HRHR 연구 프로그램 육성 영향력 평가 |
| ⑤ 후속 연구개발 및 연구위험도 평가를 위한 정부 및 연구자 초빙 |
| ⑥ 기존 연구프로그램과 대비되는 HRHR 연구 프로그램의 효율성 및 프로세스 정보의 수집·공유 |

<표 1-16> 주요 용어의 개념

참 고 자 료

○ 변혁적 기술의 정의

○ 변혁적 기술은 새로운 접근방법을 통해 과학/사회 등 분야의 패러다임 전환을 이끌어낼 수 있는 기술을 의미

* (NSF) 주요 과학적, 공학적 개념 또는 교육활동에 대한 이해를 급진적으로 변화시키거나, 과학/공학/교육 분야의 새로운 패러다임이나 신영역을 창출시키는 아이디어나 발견 또는 도구를 대상으로 하는 기술

* (NIH) 참신한 접근방법을 통해 과학의 근본 패러다임을 창출 또는 뒤집거나 새로운 도구와 기술을 통해 연구수행방법을 전환시키거나, 고도로 혁신적인 치료법, 진단수단, 예방전략 개발을 통해 중대한 건강개선 실현 잠재력을 가진 기술

○ 변혁적 기술의 특징

– 변혁적 기술은 기존의 지식에 도전하여 새로운 기술이나 방법론을 가능하게 하는 통찰력을 제공하며, 과학·공학·교육의 경계를 재정의

<표 1-14> 변혁적 기술의 특징 및 사례

| 구분 | 내용 |
|-------------------------------------|---|
| 기존의 지식에 도전 | <ul style="list-style-type: none"> • 대륙이동모델 : 처음에는 논란이 많았지만 50년 후에 새로운 분석방법과 해저샘플링 기법에 기초하여 정확하다는 것을 입증 • 금속유리의 발견 : 초기 불분명한 이론적 가능성만 제시되었으나, 오늘날의 집적회로를 실현시키고, 최근에는 MEMS, 유연전자 분야에서의 활용성이 주목 |
| 새로운 기술이나 방법론을 가능하게 하는 예상치 못한 통찰력 제공 | <ul style="list-style-type: none"> • 대용량 하이퍼텍스트 웹 검색 연구: Google과 같은 혁신적인 서비스를 창출 • 자기공명영상 : 뇌기능 모니터링 도구로 활용함으로써 행동연구의 한계를 확장 |
| 과학, 공학, 교육의 경계를 재정의 | <ul style="list-style-type: none"> • VLSI 회로설계 방법론 연구 : 마이크로전자 분야의 혁신을 통해 이동통신과 슈퍼컴퓨터 발전에 기여하였을 뿐만 아니라 오늘날 컴퓨터과학 전반을 관통하는 추상화된 지적 프레임워크를 제공 • 우주 미세거리측정법 : 우주론적 매개변수를 미세하게 조정하기 위해 개발되었으나, 새로운 물리학과 암흑에너지 개념 창출에 기여 |

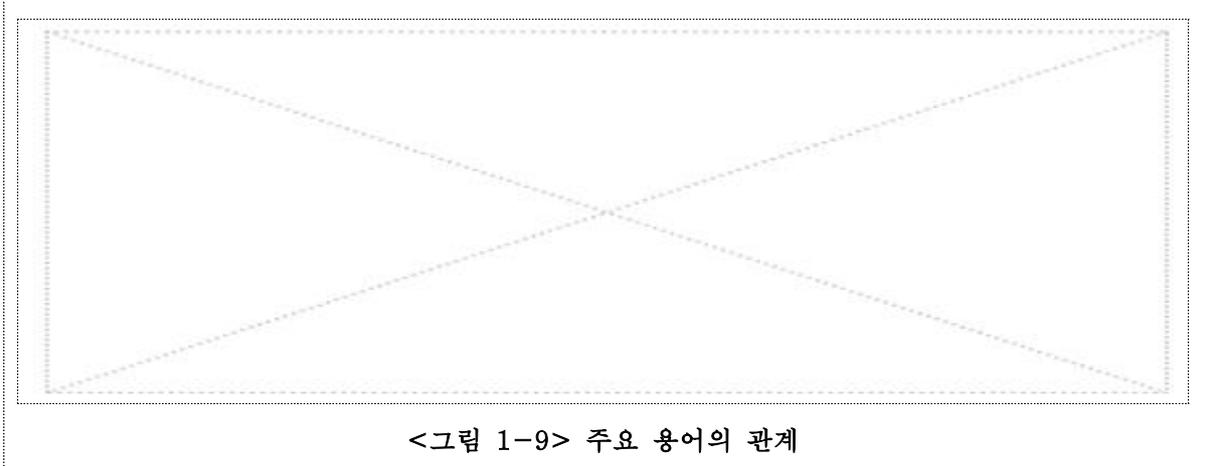
○ 변혁적 기술 확보 전략

<표 1-15> 변혁적 기술 확보 전략의 특징

| 구분 | 분류 | 참석자 |
|-------------------------|--------|--|
| 임무지향적 | 사업관리방식 | <ul style="list-style-type: none"> • 사회, 기술, 지속가능한 변화에 기여하기 위해서, 공통으로 잘 정의된 목표를 향해 집단이 정해진 시간 내에 달성하기 위해 도전 • 과학, 기술, 혁신을 활용해 잘 정의된 사회적 과제를 주어진 시간 내에 해결하기 위해 조율된 정책과 규제 방안의 조합기획사 |
| High Risk - High Reward | 과제특성 | <ul style="list-style-type: none"> • 시장적 인센티브가 충분하지 않지만, 과학연구 투자를 통해 대규모/긴시간적 파급효과를 창출하는 특성 • ERC 과학위원회가 평가한 ERC지원 연구성과 중 혁신적 성과를 창출한 기술 대부분이 High Risk-High Reward의 과제에서 창출 |
| Multidiscipline | 사업수행방식 | <ul style="list-style-type: none"> • 다양한 개인과, 그룹, 과거의 아이디어를 포함한 지적 원천, 혁신적/점진적 발전 경로를 통해 발생 • 학계 및 연구계의 오픈이노베이션시스템 간 정보교환을 촉진시키고, 혁신주체들과 혁신수요자간 신속한 소통을 통해 변혁적 혁신의 창출과 확산이 진행 |
| 새로운 관리시스템 | 지원시스템 | <ul style="list-style-type: none"> • 고위험 혁신 연구 장려를 위하여 기존 프로그램 재설계 관점이 아닌 새로운 접근법을 활용한 프로그램 기획 • 포트폴리오 접근 방식을 통해 리스크 관리와 더불어, 위험을 감수 할 수 있는 자금관리, 평가 패널 및 개별연구원에 대한 인센티브 방안 마련 |

○ 주요 용어의 관계

- 변혁적 기술 확보 전략에 따른 R&D 추진을 통해 기초기술이 원천기술로 고도화며, 패러다임 전환이 가능한 변혁적 기술을 확보

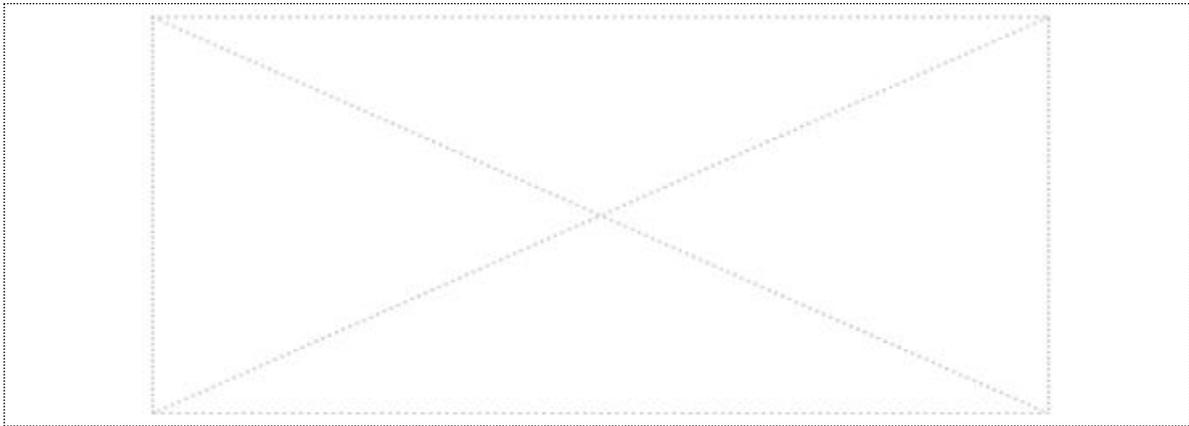


□ 독립·자율적인 지원조직, 포트폴리오 리스크 관리, 임무달성을 위한 적극적인 관리 등 새로운 관리방식 도입 필요

① 포트폴리오 방식의 운영을 통한 리스크 관리

○ 리스크를 관리하기 위해 경쟁형 R&D 도입 등을 통해 다수의 과제·사업을 포트폴리오 방식으로 관리

* 美 DARPA는 목표 달성을 위한 다양한 시도를 포함하여 포트폴리오를 구성하고, 성과가 나오는 과제를 선별하여 추가 지원



<그림 1-10> DARPA의 포트폴리오 관리방식

② 임무 달성을 위한 적극적인 과제관리

○ 임무를 성공적으로 달성할 수 있도록 책임PM(Program Manager)이 주도하여 적극적인 과제 기획 및 관리

- DARPA, ARPA-E, IMPACT 등에서는 PD(혹은 PM)가 새로운 프로그램 개발, 연구자 선정, 과제 진행 관리 등에 권한을 가짐

- 적극적인 과제관리를 위해 프로그램 목표를 정량화하여 설정하고, 이를 달성하기 위한 컨설팅형 평가제도 운영

<표 1-17> ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례)

| 구분 | 내용 |
|--------------------------|--|
| MINER 프로그램 | <ul style="list-style-type: none"> 공급망 충격과 환경오염에 대응하여 광물 확보 효율 증가 및 이산화탄소 발생량 저감 등을 목표로 추진되어, 각 세부목표별 정량지표 설정하여 과제 관리 |
| 목표 | 상세 내용 |
| 분쇄 에너지 저감 | 기존 최첨단 공정 대비 분쇄에너지 50% 감소 |
| 분쇄 에너지 저감 효율 | 10+kg/hr 조건으로 최소 100kg 처리 실증 |
| 에너지관련 광물 손실 저감 | 기존 최첨단 공정 대비 분쇄로 인해 미회수되었던 에너지 관련 광물 생산량 50% 감소 |
| 분쇄효율을 고려한 에너지관련 광물 손실 저감 | 10+kg/hr 조건으로, 기존 최첨단 공정 대비 분쇄로 인해 미회수되었던 에너지 관련 광물 생산량의 50% 감소 |

③ 독립적인 전담기관을 통한 연구지원

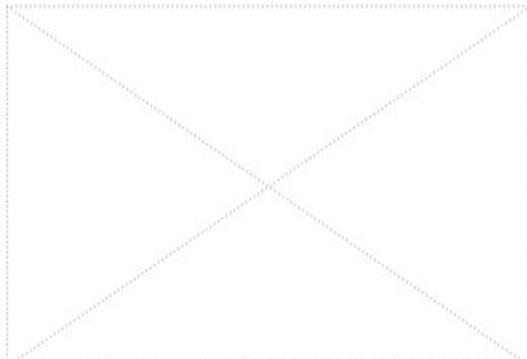
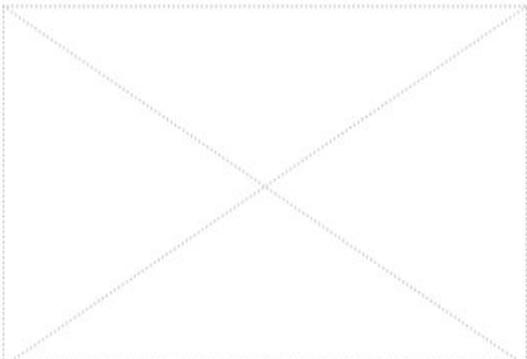
- 대부분의 변혁적 연구 프로그램은 기존의 지원체계에서 벗어난 독립적이고 자율적인 전담기관을 설립하여 프로그램을 관리
 - 자유도가 높고 독립적인 R&D 기획, 평가 및 관리를 통해 변혁적 기술 확보만을 목적으로 하는 전담기관을 구성하여 지원
 - * 美 DARPA를 대표 모델로 하며, 대부분의 선진국에서 DARPA를 벤치마킹하여 독립조직을 구성하거나 구성 준비 중

<표 1-20> ARPA-E 개요

참 고 자
료

- (목적) 미국의 에너지 수입을 10년간 20%까지 감소시키기 위한 ‘파괴적이고 혁신적’인 에너지기술 및 정책 개발
 - 해외로부터의 에너지 수입 감소, 에너지 효율성 개선, 온실가스를 포함한 에너지 관련 배출 저감, 에너지 인프라의 신뢰성 개선 등 목표
- (지원분야) 민간에서 추진하기 어려운 고위험·고수익의 변혁적 기술 확보 및 기초연구와 상용화 사이에서의 격차를 해소할 수 있는 분야

<표 1-18> ARPA-E의 기술 발전 분야

| < ARPA-E를 통한 새로운 기술발전 > | < ARPA-E의 기술 개발 분야 > |
|---|--|
|  |  |

- (예산) `21년 기준 4억 2,700만 달러
 - `19년과 `20년에는 약 4억 2,500만 달러로 약 200만 달러 증액
- (지원 프로젝트 형태) 3가지 형태의 프로젝트를 지원
 - (Focused Program) 기술분야별로 개발 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 추진되는 Top-down식 공모사업

- (Open Solicitation) 특정한 주제를 정해두지 않고 연구자의 자유로운 제안을 심사하여 우수과제를 채택하는 bottom-up형 포괄식 공모사업
- (IDEA) 에너지 관련 응용과학에서의 혁신적인 기술 개발을 목적으로 수행되는 사업으로, Focused Program의 후속을 위한 탐사기능 등 수행
- (추진 프로세스) PD(Program Director)가 프로그램 기획, 연구자 선정, 마일스톤 점검, 과제 평가 등을 주도적으로 수행

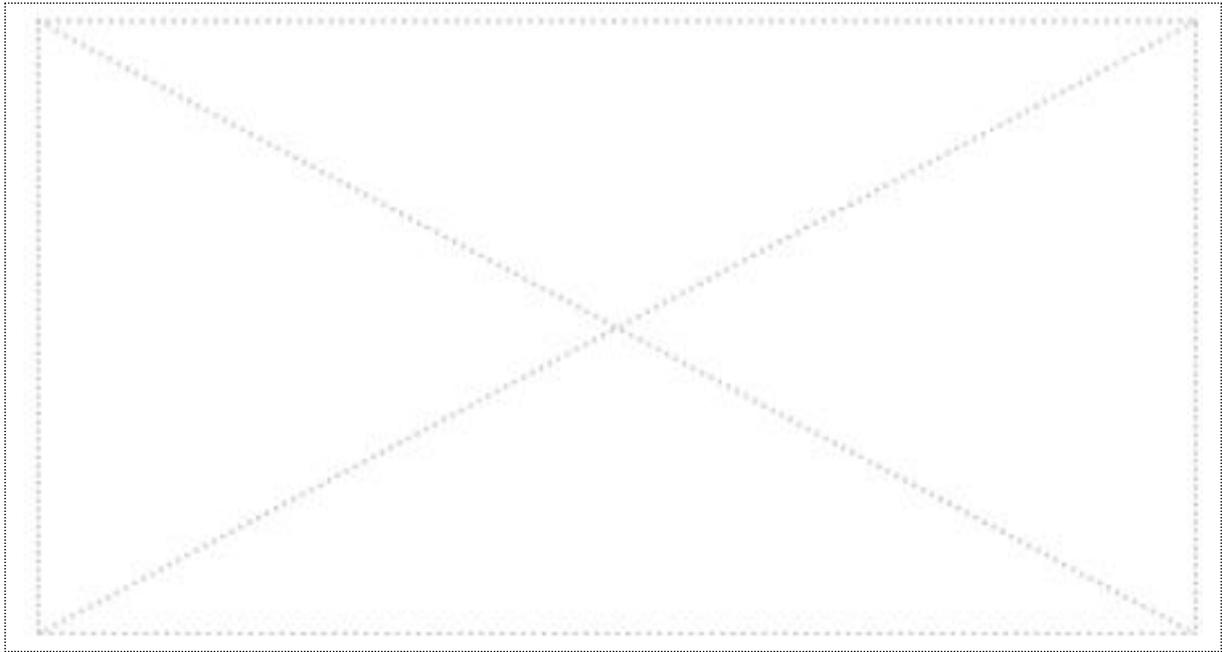
<표 1-19> ARPA-E의 연구관리(PD 주도) 프로세스

| 주요 내용 |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① PD를 중심으로 연구주제 발굴(혁신성 중점) ② 산학연 전문가 협의를 통한 목표 설정(기술적 성능 보다 임무형으로 설정) ③ 연구과제 선정 및 계약 (그랜트가 아닌 협력계약 체결) ④ 마일스톤에 따른 중간 평가 후 마일스톤 수정 (성과에 따라 종료 가능) ⑤ 우수 성과는 기술사업화 지원 |

- (기술 사업화) T2M(Tech To Market)이 R&D 성과의 사업화 파급을 위한 사업화 방향성 제언, 민간 네트워크 연계 등을 주도적으로 수행

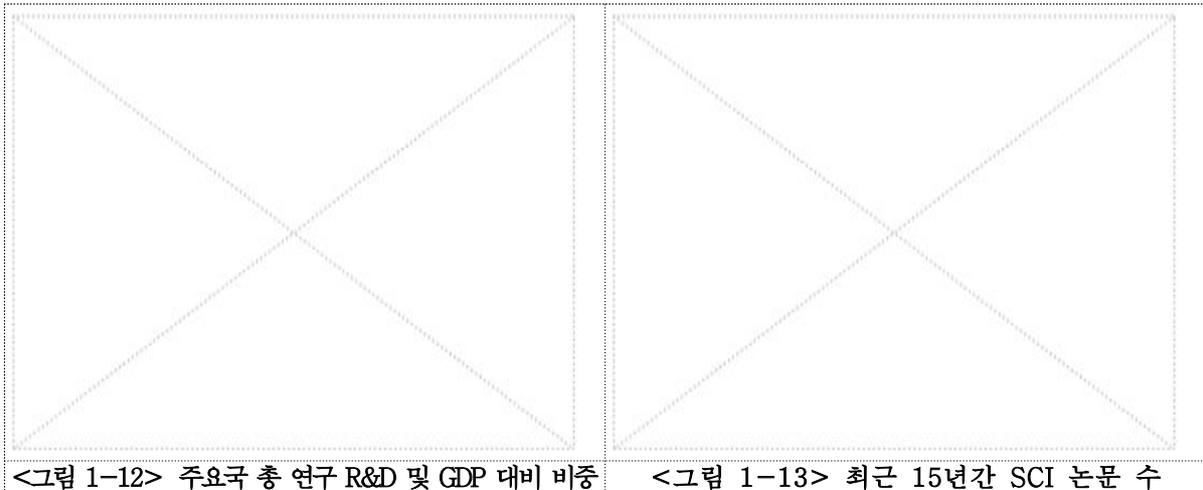
우리의 변혁적 기술 확보 지원 현황

- 우리나라는 과학기술 선도국가로 도약하기 위해 혁신정책을 마련하고 있으며 그에 따른 투자 확대도 지속 추진 중
- 모방형·추격형 R&D에서 벗어나서 탈 추격형, 과학기술 선도형 국가로 도약하기 위한 정책 및 연구개발 사업 추진 중
 - 도전·혁신적 R&D로의 전환 정책을 전개하는 방향성 하에서 최근 도전·혁신형 R&D 사업을 전개
 - * 정부 연구개발시스템 혁신방안, 정부 R&D 혁신방안, 국가 R&D 혁신방안 등
 - * 혁신도약형 R&D 시범사업 실시 -> 한국형 DARPA(혁신도전프로젝트) 추진



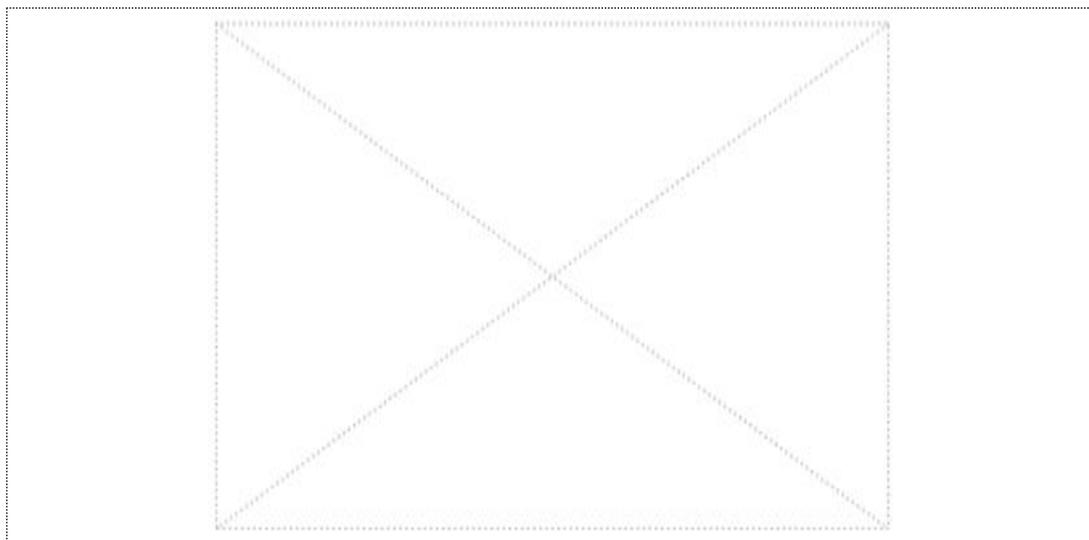
<그림 1-11> 우리나라의 혁신정책 및 연구개발사업 추진 경과

- 우리나라의 GDP 대비 R&D 투자규모는 OECD 국가 중 2위이며, SCI 논문 수 등의 양적 성과는 꾸준히 증가하는 추세



* 출처: 2021년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2022.12.21

- 하지만, 연구개발 성과는 점진적인(Incremental) 성과 위주이며, 기술 분야의 패러다임을 바꿀만한 혁신적인 기술 개발은 미흡
- 우리나라의 논문 발표 건수는 선진국과 유사한 수준이나, 연구의 독창성 및 영향력은 선진국 대비 낮은 수준
 - OECD에 따르면 우리나라의 연구성과 참신성과 과학적 영향력은 높지 않은 수준(OECD, 2021)
 - ➔ 신규출판과 인용은 상관성이 매우 높은 관계로, 인용의 특성상 장기적인 효과라는 점에서 활용이 제한 될 수 있지만, 두 가지 지표 활용을 통해 참신성, 영향력을 동시에 확인 가능(OECD, 2012)



<그림 1-14> 국내 HRHR 연구의 참신성/과학적 영향력 수준

○ 과제 성공률 90% 등 양적 성과는 달성하였으나, 과학기술 경쟁력 강화 등 질적 성과는 상대적으로 미흡

- 우리나라의 국가전략기술에 대한 R&D투자에 불구하고 120개 분야 중 한 분야도 세계 최고 수준을 미달성(KISTEP, 2021)

* 한국과학기술기획평가원(KISTEP)은 매년 120개 국가전략기술을 대상으로 기술수준을 조사하고 있으며, 우리나라의 경우 동 일본, 중국, 미국, EU 등 경쟁국 대비 최고수준의 기술 전무

<표 1-21> 세계 최고기술 보유 수준

| 국가 | 한국 | 미국 | 중국 | EU | 일본 |
|----------------|---------|----------|---------|----------|---------|
| 세계 최고 수준 보유 기술 | 0개/120개 | 97개/120개 | 1개/120개 | 28개/120개 | 8개/120개 |

○ R&D의 생산성 제고와 투자 효율성 증대를 위해서는 변혁적 기술 확보가 필요

- 우리나라는 GDP 대비 R&D에 투자 2위 국가로, 막대한 R&D 투자에도 불구하고, 경제적성과 22위, 지식창출 29위 등 낮은 수준의 투자 효율성을 보임 (KISTEP, `20)

□ 그러나 아직 국내에서 혁신적인 분야에 대한 임무 지향 투자는 상대적으로 저조한 수준

○ 정부 R&D예산 중 도전적 R&D에 투입되는 비중이 영국은 28%, EU는 13%이나, 우리나라는 도전적 R&D에 해당하는 사업이 매우 적음

- 변혁적 기술 확보를 위해서는 연구촉진을 위한 고위험·고수익(HRHR)의 R&D프로그램이 요구되나 우리나라는 관련 사업이 부족

* 우리나라의 HRHR를 장려하고 있는 프로그램은 과기부의 글로벌프론티어사업, 미래유망융합기술파이오니어사업, 산업부 알키미스트 프로젝트, 산업기술 챌린지트랙에 한정

* OECD는 우리나라 연구개발 사업 중 유일하게 '알키미스트 프로젝트'만 가장 낮은 수준의 고위험·고부가가치 도전적 연구로 분류('21년 자료)

* HRHR성격을 지닌 동시에 다학제적 성격을 가진 변혁적 기술확보를 위한 지원 프로그램은 과기부 사업에 한정되어 있고, 그 중 글로벌 프론티어사업이 종료 예정

□ 연구개발 지원 방식도 혁신적인 연구지원시스템 마련 미흡

○ 경쟁형 R&D는 원칙적으로 추진이 가능하나, 중복수행, 예산낭비에 대한 외부의 감사 우려 등으로 활용이 미흡한 상황

- 경쟁형 R&D의 경우에도 대부분 과제 기획단계에서만 경쟁기획 방식이고, 연구 과정의 리스크 관리를 위한 포트폴리오는 미흡

* `18년 기준, 8개 부처 21개 사업에 대해 경쟁형 R&D 적용 중이나, 대부분 경쟁 기획 방식이며, 일부 병렬형 수행 중

<표 1-22> 경쟁형 R&D 기본 모델

| 구분 | 주요 내용 | 비고 |
|-------------|--|-----------------|
| 토너먼트 | 대형 프로젝트에 대하여 과제기획, 원천기술개발, 응용기술개발 전 단계별로 중간평가를 통해 차례로 일부가 탈락 | 대형사업 중·장기사업 |
| 후불형 서바이벌 | 다수의 연구단이 동일 연구과제를 수행한 후 최종 결과물의 우수성을 평가하여 결과에 따라 연구비 차등 지급 | 소형사업 단기사업 |
| 경쟁기획 | 과제기획단계에서 2~4배수의 연구기관을 선정하여 기획연구를 수행토록 하고 기획 결과를 평가하여 실제 연구개발 수행기관 선정 | 대형사업 중·장기사업 |
| 병렬형 과제수행 | 동일한 연구목표로 서로 다른 접근방식의 과제를 각각 수행하고 중간평가 결과 우수한 과제를 선정하여 지속 지원 | 중소형사업 중·단기사업 |

- 현재의 출연금(Grant) 방식의 지원은 연구자의 자율성과 창의성을 높일 수 있으나, 임무 달성을 위한 지속적인 관리는 취약

<표 1-23> DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형

| 그랜트(Grant) | 협력 계약(Cooperative Agreement) |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 연구기관이 선정된 이후에 출연금 형태로 연구비 지급 • 이후의 연구 진행은 연구자가 주도권을 가지고 수행하며, 관리기관의 관여 적음 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구기관 선정 이후 연구비 지원 계약을 다시 체결하여 연구비 지급 • 각 연구 단계별 목표 조율, 주기적인 진도 관리 등 관리기관의 관여가 적극적인 유형 |

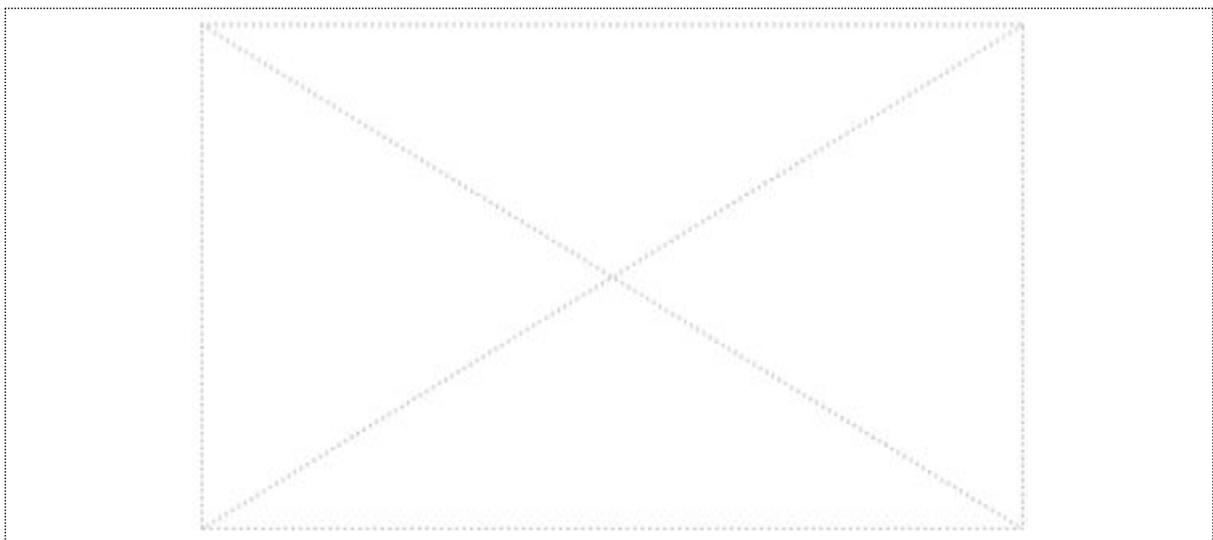
- 도전혁신형 R&D의 경우에도, 기존의 연구개발의 방식으로 운영되고 있어, 혁신성과 도전성을 확보하기 위한 충분한 지원 부족

<표 1-24> 국내 도전혁신형 R&D 프로그램 비교

| 프로그램 | 임무지향 | 독립·자율적 연구관리 조직 | 포트폴리오 과제 관리 | PM(PD)의 적극적인 관리 |
|----------------------|------|-------------------|----------------|--------------------|
| 알키미스트 프로젝트 | ○ | × | △ | △ |
| 미래융합유망기술 파이오니어 사업 | ○ | × | × | × |
| 과학난제도전 융합연구 개발사업 | ○ | × | × | × |
| 혁신도전프로젝트 | ○ | △ | △ | ○ |

변혁적 기술 플랫폼으로서의 글로벌프론티어 진단

- 우리나라는 글로벌프론티어사업과 동 사업의 선행사업을 장기간 추진하며 글로벌 수준의 기술확보를 위한 지속적인 노력 중
 - 우리나라는 국가 경쟁력 제고를 위하여 지금까지 장기적 관점에서 대형원천기술 연구를 지속해왔으며, 이를 통해 우리나라의 우수기술역량 확보를 위한 노력을 지속하고 있음
 - '92년에 시작된 선도기술개발사업(G7)부터 21세기 프론티어사업, 글로벌프론티어까지 국가 미래전략 분야에 대한 글로벌 최고 수준의 원천기술 확보 및 기초·원천 연구 거점 네트워크를 구축해 옴
 - 선도기술개발사업(G7)('92~'02) : 주력산업의 선진국 추격형 기술기반 마련
 - 21세기프론티어 사업('99~'13) : 선진국 수준의 기술력 확보
 - 글로벌프론티어 사업('10~'23) : 글로벌 선도할 수 있는 세계 1위 수준 원천기술 개발
 - '92년부터 '20년까지 글로벌 수준의 기술확보를 통해서 산업경쟁력을 확보
 - 약 4조 원의 투자를 통해서 국내 특허 4,200여건, 해외 특허 730여건을 등록하였고 12,400건의 SCI급 논문을 발표



* 출처 : 선도기술개발사업(G7) 사례, 중앙공무원교육원, 2006,
21C 프론티어사업, 10년을 말한다, 연구성과지원센터 NTIS

<그림 1-15> 기존 추진 사업의 노력과 성과

□ 글로벌프론티어는 세계 1등 원천기술 개발을 위한 장기·대형 연구개발 사업으로 선도기술 확보, 기술사업화 등 다양한 성과 달성

○ SCI 논문, 특허 등록 등 타 사업대비 높은 과학적 성과 창출

<표 1-25> 투자 대비 연구성과(‘20년 기준)

| 구분 | SCI논문(10억원당) | 국내 특허등록(10억원당) |
|--------------------|--------------|----------------|
| 국가 전체 | 0.82 | 1.12 |
| 과기부 주요R&D사업 (중복배제) | 7.56 | 0.78 |
| 원천기술개발사업 | 7.33 | 1.22 |
| 글로벌프론티어 사업 | 10.8 | 3.1 |

출처 : 2020년 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서, 과학기술정보통신부, 재구성

○ 페로브스카이트 태양전지의 세계최고 효율 달성 등 세부 기술에서 선도 기술 확보

<표 1-26> 글로벌프론티어사업의 주요 성과

| 구분 | 주요내용 |
|------|--|
| 공인효율 | <ul style="list-style-type: none"> 페로브스카이트 태양전지 세계최고 공인효율 7회 갱신 ✓ 16.2% ('13) > 20.1% ('14) > 24.2% ('19.04) > 25.2% ('19.08) 등 7회 갱신 |
| 기술개발 | <ul style="list-style-type: none"> 고기능 생리활성 물질 진세노사이드 대량생산 기술 개발 ✓ 생합성 기술(생산성 1.5g/L, 생산 단가 1/100) 세계 최초 성공 |
| 상용화 | <ul style="list-style-type: none"> 마이크로 LED 롤 전자기술 세계최초 상용화 ✓ 전자속도 및 면적에서 기존 기술 대비 100~1,000배 생산성 증대 |

<표 1-27> 글로벌프론티어사업 선행사업의 주요 성과

○ 선도기술개발사업(G7)부처 21세기 프론티어사업, 글로벌프론티어사업까지 기초원천 연구개발에 약 4조 원을 투자하였고, Fast Follower로서 각 시대의 게임체인저 기술을 창출

- 선행사업은 산업경쟁력 확보를 위해 Fast Follower 전략을 통해 게임체인저 원천기술 확보에 주력하여 소기의 성과를 달성

<표 1-28> 선행사업 키체인저 대표성과

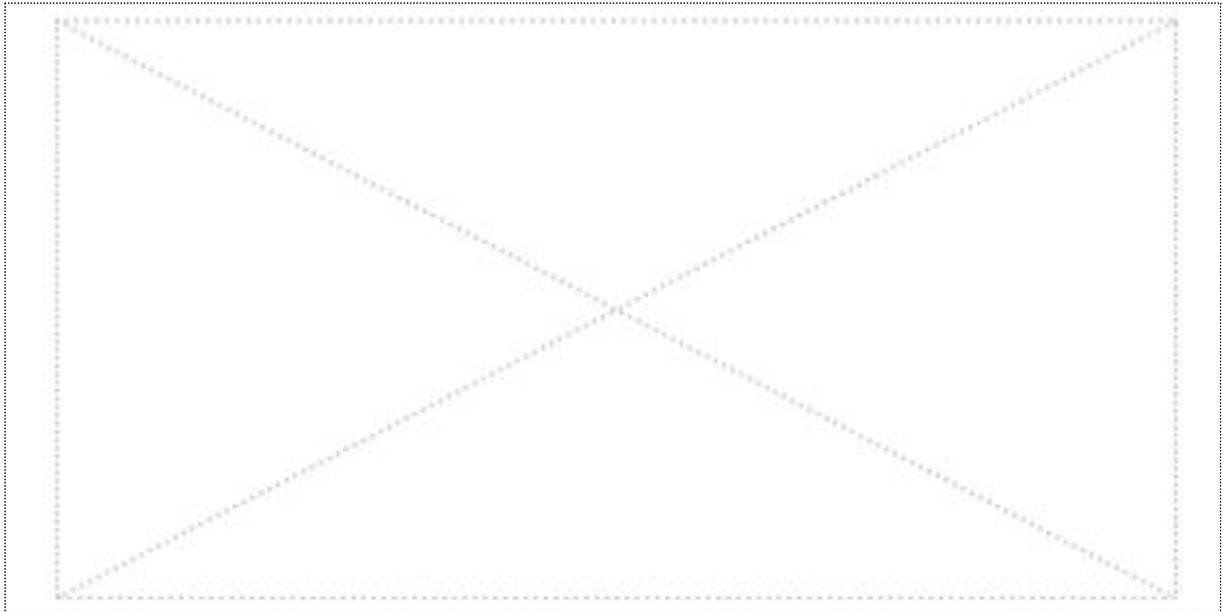
| 구분 | 개요 | 기술의 우수성 |
|--------------------------|---|---|
| 21세기 프론티어사업 3D Finfet |  | <ul style="list-style-type: none"> 3D 벌크핀펫을 구현하여 SOI 대신 저렴한 벌크 실리콘기판을 적용한 대량생산 기술 차세대 반도체 공정 원천 기술로서, `10~`20년대 반도체산업 키체인저 기술로 평가(2D -> 3D) 특허분쟁 과정에서 1.2조 가치로 평가 |

○ 글로벌프론티어 사업을 통해 확보한 핵심 원천기술들이 다양한 영역으로 활용·확대

- 글로벌프론티어사업은 핵심 원천기술을 확보하고 연구성과를 타 영역으로 확대시키는 범용적 원천기술*확보 역할을 수행

* 범용목적기술(GPT)는 경제성장에 장기적으로 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 기술로, 한 분야가 아닌 다양한 분야의 기술혁신을 촉진하여 산업에 기여함

→ 핵심 원천기술을 기반으로 다양한 영역으로 확대되어 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 파급효과를 확보



<그림 1-16> 글로벌프론티어사업 성과물의 후속사업 연계 분석결과

□ 하지만, 변혁적 기술을 확보할 수 있는 플랫폼으로서의 역할을 수행하기에는 부족한 부분 존재

① 혁신성·도전성이 떨어지는 점진적인(incremental) 목표를 설정하였으며, 목표를 달성하기 위한 명확한 임무 설정도 미흡

- 연구목표 대비 성공률이 약 100%로 DARPA 등 고위험(성공확률 10% 수준)의 혁신적 연구프로그램에 비해 매우 높은 수준

<표 1-29> 글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률

| 연번 | 연구단 명 | 연구기간 | 목표 대비 성공률 |
|----|-------------------|------------|-----------|
| 1 | 바이오매스 연구단 | 10.10~19.8 | 99% |
| 2 | 의약바이오컨버전스 연구단 | 10.10~19.8 | 98% |
| 3 | 인체감응솔루션 연구단 | 10.10~19.8 | 99% |
| 4 | 지능형바이오시스템 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |
| 5 | 나노기반소프트일렉트로닉스 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |
| 6 | 다차원스마트IT 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |
| 7 | 멀티스케일에너지시스템 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |

* 참고: 사업 최종 보고서

- 자체평가에서 사업단 목표와 관련성이 낮은 다수의 과제가 선정되었다는 지적이 지속되는 등 목표에 집중된 과제기획이 미흡

<표 1-30> 글로벌프론티어연구단장 인터뷰

| 구분 | 인터뷰 주요 내용 |
|------|--|
| 연구단장 | <ul style="list-style-type: none"> • 명시적 규정은 없으나, 암묵적으로 사업단마다 수십개의 개별과제를 지원하며, 정량적 성과에 치중하여 깊이 있는 연구 없이 다수의 연구가 산재하며 효율성 감소 |

② 연구단장도 연구책임자로 연구를 수행하여 목표 달성을 위한 과제 관리에는 상대적으로 미흡 → 과제 별로 분절된 연구 수행

- 연구단이 주관하여 하위과제의 목표달성도 평가를 통한 탈락 또는 지원중단 등을 계획하였으나, 실제로는 포트폴리오 관리 미 적용

- 지원과제 중 단계평가 등으로 중도 탈락된 과제는 전무하며, 성과 조기달성으로 종료되었거나 기존 과제와 병합된 사례가 일부 존재

③ 연구 주제별로 별도의 사업단을 경직적으로 운영(10년)하여 환경변화에 따른 유연한 사업 관리 어려움

- 자율적 운영을 목표로 하였으나, 분절된 사업단 운영으로 사업의 전체적인 관리가 어렵고 조직 등 자원의 중복으로 비효율 발생

<표 1-31> 글로벌프론티어지원사업연구단장 간단회 제안사항

| 구분 | 제안사항 주요 내용 |
|--------------|--|
| 간담회 ('21.5.) | <ul style="list-style-type: none"> • 사업단별 연구지원 업무 추진의 통일성 확보를 위해 총괄 지원하는 지원조직 구성·운영 필요(B연구단) • 사업단 자립을 위한 재원 마련에 한계가 있어 사업단별 독립법인 형태의 현 사업단 구조는 부적합하며 전혀 다른 새로운 구조를 고려해야 함(H연구단) |

④ 연구 성과를 전문적으로 관리하는 별도의 지원체계가 갖춰져 있지 않아 성과 활용에 대한 체계적인 지원은 미흡

- 사업 추진 시 기술사업화에 대한 고려 및 지원이 미흡하였으며, 사업단 해산 등으로 우수한 연구 성과가 사장될 위험 존재

<표 1-32> 글로벌프론티어 연구단의 연구종료 이후 성과활용, 과제수행 등 현황

| 연구단 | 종료 | 해산여부 | 종료 이후 현황('21.10 기준) |
|---------------|------|------|----------------------------|
| 의약바이오컨버전스 | 2019 | 유지 | 국가 연구개발사업 2건 및 기업 용역과제수행 중 |
| 실감교류인체감응솔루션 | 2019 | 해산 | KIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전 |
| 차세대바이오매스 | 2019 | 해산 | KAIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전 |
| 멀티스케일에너지시스템 | 2020 | 유지 | 사업단 실질적으로 운영 X (과제 미 수행) |
| 나노기반소프트일렉트로닉스 | 2020 | 유지 | 과제 미수행, 잔여 간접비로 운영 중 |
| 다차원스마트IT융합시스템 | 2020 | 유지 | 과제 수행 중(1억 5천) |
| 지능형바이오시스템설계 | 2020 | 유지 | 과제 수행 중(15억, 산자부·농림부) |

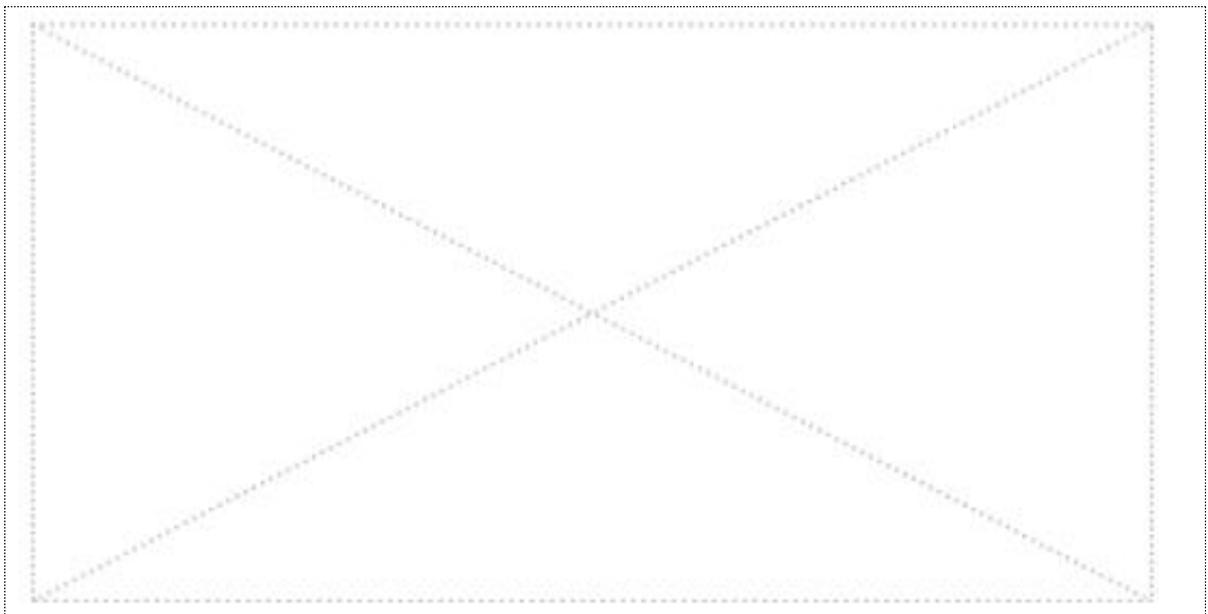
<표 1-33> 변혁적 기술 확보를 위한 R&D 도입 필요성

| 변혁적 기술을 확보할 수 있는 새로운 R&D 프로그램 도입 시급 | |
|-------------------------------------|--|
| | |

⑤ 개별적 사업단의 종료와 함께 지원체계가 기능을 상실하여 성과가 가장 많이 발생할 개별 사업단 종료 시점에서의 성과확보 미흡

- 글로벌프론티어사업을 4단계로 구분하였을 때, 3단계까지 성과가 증가하다 4단계부터 성과가 급감하는 양상이 나타남

- * 글로벌프론티어사업은 1단계(`10~`12), 2단계(`13~`15), 3단계(`16~`19), 4단계(`20~21)로 구분
- * 기술이전금액 성과는 1단계(18.2억) -> 2단계(81.5억) -> 3단계(262.8억) -> 4단계(51억)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소
- * 투자유치 성과는 1단계(0억 원) -> 2단계(430.억 원) -> 3단계(737.1억 원) -> 4단계(104억 원)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소



<그림 1-17> 글로벌프론티어사업 성과물의 단계별 확보

1.2 사업 추진 근거 및 사전절차

가. 사업추진근거

① 관계법령

□ 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법」 제1조(목적) 및 제6조(기초연구사업의 추진)

- 동 법률은 기초연구를 지원·육성하고 핵심기술에 대한 연구개발을 촉진하여 창조적 연구역량의 축적을 도모하며 우수한 과학기술인력을 양성하여 국가과학기술경쟁력의 강화와 경제·사회 발전에 이바지함을 목적으로 함 (제1조)

<표 1-34> 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 중 관련 내용

제6조(기초연구사업의 추진)

- ① 관계 중앙행정기관의 장은 종합계획과 시행계획에 따른 기초연구사업을 추진하여야 하며, 기초연구사업을 효율적으로 추진하기 위하여 해당 기초연구사업의 전부 또는 일부를 대통령령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 기관에 위탁할 수 있음
 1. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 또는 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 정부출연연구기관
 2. 「특정연구기관 육성법」의 적용을 받는 연구기관
 3. 「고등교육법」에 따른 대학·산업대학·전문대학 및 기술대학(이하 "대학"이라 한다)
- ② 제1항에 따른 기초연구사업 추진에 필요한 비용은 정부 또는 정부 외의 자의 출연금(出捐金), 「과학기술기본법」 제22조에 따른 과학기술진흥기금(이하 "진흥기금"이라 한다)의 운용수익금과 제13조에 따른 공공기관의 연구개발비로 충당한다.

□ 「과학기술기본법」 제4조(국가 등의 책무와 과학기술인의 권리), 제11조(국가연구개발사업의 추진) 및 제16조의3(연구개발성과의 확산 및 기술이전 및 실용화), 8(산학협력 촉진) 등

- 동 법률은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적으로 함 (제1조)

<표 1-35> 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 중 관련 내용

| 구분 | 주요 내용 |
|--------------------------------|---|
| 제4조 (국가 등의 책무와 과학기술인의 윤리 등) | ① 국가는 과학기술혁신과 이를 통한 경제·사회 발전을 위하여 종합적인 시책을 세우고 추진하여야 한다. ② 지방자치단체는 국가의 시책과 지역적 특성을 고려하여 지방과학기술진흥시책을 세우고 추진하여야 한다. ③ 국가와 지방자치단체는 과학기술에 관한 법령 또는 조례를 제정하거나 개정하는 경우에는 이 법의 목적에 부합되도록 하여야 한다. |
| 제11조 | 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다. |
| 제16조 | (제16조의3) 정부는 연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화를 촉진하기 위하여 다음 각 호의 사항에 관한 시책을 세우고 추진하여야 한다. (제16조의8) 정부는 국가·지방자치단체·기업·교육기관·연구기관 상호간의 협력을 촉진하기 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다. |

② 유관 정책 및 계획

□ 6개 국정목표 및 120대 국정과제(‘22)

- 국정비전을 달성하기 위해 4대 기본 부문(정치·행정·경제·외교안보)에 미래 지향성 및 지역 불균형 해로 의지는 담아 6대 국정목표를 설정
- (국정목표4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래) 자율과 창의의 탄탄한 밑거름을 자양분 삼아, 도전과 혁신의 과학기술 혁명 등을 준비
 - (과제74) 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계
 - ➡ 정부와 민간의 역량을 모아 과학기술 강국으로 도약하기 위한 국가 과학기술 시스템 재설계 추진
 - ➡ (연구자 지원) 연구자의 창의적·혁신적 연구성과 창출을 위해 국가 연구 데이터 플랫폼 구축 및 디지털 연구환경 조성 등
 - (과제75) 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약
 - ➡ 기술패권 경쟁시대, 글로벌 시장선도와 국익·안보 확보를 위해 필수적인 전략기술 육성에 국가적 역량을 결집함으로써 과학기술 5대 강국 도약
 - (과제76) 자율과 창의 중심의 기초연구 지원 및 인재육성
 - ➡ 연구자 주도의 창의적·도전적 기초연구 투자 확대 및 기반 조성

<표 1-36> 국정운영계획 중 부합내용

| 6대 국정목표 | | | | | |
|-------------------------|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 상식이 회복된 반듯한 나라 | 민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제 | 따뜻한 동행, 모두가 행복한 사회 | 자율과 창의로 만드는 담대한 미래 | 자유, 평화, 번영에 기여하는 글로벌 중추국가 | 대한민국 어디서나 살기 좋은 지방시대 |
| 23대 약속 | | | | | |
| 과학기술이 선도하는 도약의 발판 마련 | 창의적 교육으로 미래 인재 양성 | 탄소중립 실현으로 지속가능한 미래 | 청년의 꿈을 응원하는 희망의 다리 | | |
| 120대 국정과제 | | | | | |
| 과제 74 | <ul style="list-style-type: none"> 국가 과학기술 시스템 재설계 추진 -(과학기술 역할 강화) 임무지향적 과학기술 체계 마련 | | | | |
| 과제 75 | <ul style="list-style-type: none"> 필수적인 전략기술 육성에 국가적 역량 결집 -(전략기술 투자확대) 필수적인 전략기술을 지정하여 초격차 선도 및 대체불가 기술확보를 목표로 집중 육성 | | | | |
| 과제 76 | <ul style="list-style-type: none"> 연구자 주도 창의·도전적 기초연구 투자 확대 및 기반 조성 -(창의·도전적 기초연구) 지원하되 간섭하지 않는 기초연구환경 확립 | | | | |

□ 제5차 과학기술기본계획(‘23~’27)

- “과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래”를 비전으로 ①국가 연구개발 전략성 강화, ②민간 중심 과학기술 혁신생태계 조성, ③과학기술 기반 국가적 현안 해결을 주요 방향으로 설정

- (전략성 강화) ①임무중심 연구개발체계 도입, ②국가전략기술 육성체계구축

- (민간 중심) ①민간의 정책결정 참여 확대, ②기업 역량별 맞춤형 지원

- (현안 해결) 탄소중립, 디지털 전환, 의료 등 과학기술을 기반으로 국가의 경제·사회적 현안 해결 및 재난, 공급망, 국방 등 국가 생존에 직결되는 미래 도전과제에 선제적 대응

○ 수립방향

- (정책영역 확장) 연구개발 시스템 개선·기술개발 중심의 기존 과학기술정책 → 국가·사회 문제해결을 위한 정책 외연 확장

- (5년 간 중점기술) 국가 차원에서 중점적으로 육성*해야 하는 유망기술로 「국가전략기술」을 선정·관리

- (이행점검 강화) 기본계획의 실행력 제고를 위해 부처별·과제별 이행점검 지표를 설정하고, 매년 이행상황을 점검·발표

- (중장기 계획 연계) 과제별·부처별로 역할을 부여, 과학기술 관련 중장기 계획에 연계·반영하여 범부처 과학기술 계획의 일관성 확보

○ 세부 추진관제

- (전략1) 질적 성장을 위한 과학기술 체계고도화

- ➡ ①임무중심 연구개발, ②연구환경, ③연구개발 성과, ④핵심인재, ⑤과학문화

- (전략2) 혁신 주체의 역량 제고 및 개방형 생태계 조성

- ➡ ①민간 주도, ②대학·공공연, ③창업, ④지역혁신, ⑤과학기술 외교

- (전략3) 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응

- ➡ ①탄소중립, ②디지털 전환, ③국민 건강, ④미래위험, ⑤공급망, ⑥국방·안보, ⑦우주·해양·극지

□ 2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) 확정(‘22.3.)

○ 2023년도 국가연구개발사업 투자우선순위를 바탕으로 마련

- 글로벌 기술패권 경쟁 대응을 위한 10대 국가 필수전략기술의 체계적 육성, 2050 탄소중립 및 디지털 전환 등 주요 국가적 현안 대응 등을 위한 과학기술 투자에 중점
- 연구자 중심의 기초연구, 인재 양성 등 사람 중심의 전략적 연구개발 투자를 강화하고, 혁신 기반을 지속적으로 확충하기 위해 중소기업 및 지역 역량 강화 등 포용적 혁신에도 중점 투자기조를 유지
- 국가 필수전략기술의 체계적 육성을 위한 연구개발 지원 플랫폼 구축, 부처 간, 민·관 간 등 혁신주체 간 연계·협력을 위한 연구개발 투자시스템 효율화도 추진할 계획

<표 1-37> 「2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」 기본방향

| 4대 분야 9대 중점투자방향 | | |
|---|---|---|
| 글로벌 기술패권 경쟁시대, 미래 성장 잠재력 강화 | ❶ 창의·도전적 기초연구 강화 및 미래 과학기술인재 확충 ❷ 국가 필수전략기술의 체계적 육성을 위한 토대 마련 ❸ 소재·부품·장비 생태계 강화 및 미래 공급망 대응 | |
| 안전하고 쾌적한 삶 보장을 통한 국민의 삶의 질 제고 | ❹ 감염병 대응역량 강화 및 바이오헬스 분야 중점 지원 ❺ 사회문제 해결을 위한 임무 중심형 R&D 확대 | |
| 대전환 시대, 과학기술 바탕의 혁신 선도 | ❻ D.N.A 고도화를 통한 전 영역으로의 디지털 전환 촉진 ❼ 기술혁신과 혁신생태계 조성을 통한 2050 탄소중립 견인 | |
| 혁신 기반의 확충을 위해 포용적 혁신 강화 | ❽ 지역 활력 제고를 위한 자강적 혁신기반 조성 ❾ 중소기업 혁신 지원 및 연구성과 기반 창업·사업화 촉진 | |
| 투자시스템 고도화 | | |
| R&D 지원 플랫폼 구축 | 연계·협력 강화 | 성과 창출 촉진 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 범부처 대형 R&D 추진 • 거점 중심 연구기반 확충 • 국가기술전략센터 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 민·관 협업 강화 • 부처간 협업 내실화 • 민·군 간 협력 확대 • 국제협력 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 대형연구시설 관리 고도화 • 일몰관리혁신사업 등 R&D 제도 개선 • 임무중심형 R&D 강화 |

- 동 사업은 중점투자방향 중 ‘창의·도전적 기초연구 강화 및 미래 과학기술인재 확충’과 ‘사회문제 해결을 위한 임무 중심형 R&D 확대’에 부합

□ 국가 R&D 혁신방안 실행계획 수정(안)(`18)

- 과학기술이 지속가능한 경제성장, 국민 삶의 질 제고에 기여하도록 국가R&D를 고도화하는 국가R&D 혁신방안 수립(`18.7)하여 창의·도전적 R&D 지원 강화를 주요 전략으로 설정하여 추진
 - 부처별 286개 연구관리규정을 단일 규정체계로 정비하는 「국가연구개발혁신법」 제정(`20.6월), 시행령 국무회의 통과(`20.12월) → `21.1월부터 시행
 - 혁신·도전R&D를 위한 범부처 협의체·전담조직 구성, 5개 연구테마 발굴(`20.9월), 유연한 연구제도 적용근거 마련(`20.12월) 등

<표 1-38> R&D 혁신방안 주요 내용

| | | | |
|----------------------------|---|-----------------|--------------------|
| 비전 | R&D시스템을 대혁신하여 혁신성장 선도 | | |
| 혁신 방향 | 사람과 미래에 대한 투자 강화 | 국가 R&D 혁신역량 극대화 | 과학기술의 사회적 가치 창출 중시 |
| 추진전략 | 추진과제 | | |
| 연구자 중심, 창의·도전적 R&D 지원체계 강화 | <ol style="list-style-type: none"> ① 연구자 중심으로 R&D 지원시스템 혁신 ② R&D 관리체계의 전문성·효율성 강화 ③ 고위험 혁신형 도전적 연구지원 강화 ④ R&D 투자의 전략성 강화 및 적시적소 투자체계 구축 | | |
| 혁신주체 역량 강화 | <ol style="list-style-type: none"> ① (대학) 사람을 키우는 창의적 R&D 지원 확대 ② (공공(연)) 자율과 책임의 원칙 하에 세계적 수준의 연구역량 확보 ③ (기업) 혁신역량을 높이는 R&D 지원 ④ (지역) 균형발전을 위한 지역 주도의 R&D 강화 ⑤ 혁신주체 간 상호 연계 및 협력 강화 | | |
| 국민 체감형 과학기술성과 확산 | <ol style="list-style-type: none"> ① 4차 산업혁명을 선도할 미래 신산업 육성 ② 국민생활 속의 문제를 해결하는 R&D 강화 ③ 과학기술로 질 좋은 일자리 창출에 기여 ④ 과학기술정책에 국민 참여 확대 | | |

- 동 계획 추진 점검결과 혁신도전R&D 지원이 필요하다는 보완사항*이 제기되어, 국가 R&D 투자·운영방식 고도화를 위한 세부과제 개편

* 정부 R&D 예산 중 일정 비중을 혁신도전 R&D에 투자하고, 도전적 특성에 부합하는 유연한 연구관리체계 마련이 필요

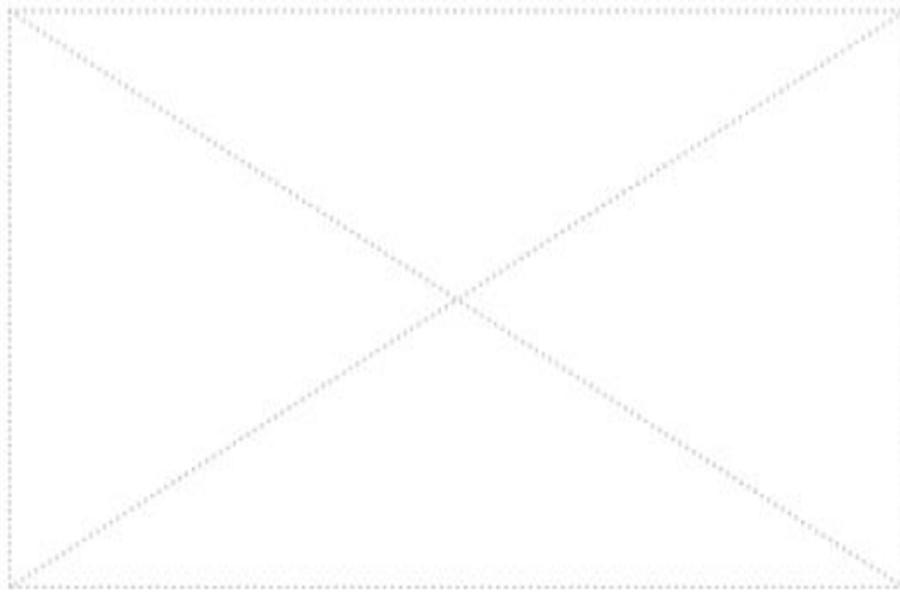
- (1) 국가R&D의 도전성, 전략성 강화, (2) 대형 R&D투자의 체계적 관리, R&D평가, (3) 성과관리 효과성 제고

- 이는 동 사업의 기본방향인 대형·집단·장기연구를 통한 혁신원천기술 개발 방향에 상응함

□ 국가전략기술 육성방안 발표(‘22)

- 과기정통부는 미래성장과 기술강국 도약을 위한 「국가전략기술 육성방안」 발표
 - 반도체, 인공지능 등 신흥·핵심기술이 경제, 외교, 안보를 좌우하는 기술패권 경쟁시대, 미래 먹거리 창출과 경제안보에 기여할 국가차원의 전략기술 육성을 위한 정책 방향
- “국가전략기술 육성으로 미래성장과 기술주권 확보”를 미래상으로 12대 국가전략기술*과 50대 세부 중점 기술 제시
 - * 12대 국가전략기술: 반도체·디스플레이, 이차전지, 첨단 이동수단, 차세대 원자력, 첨단바이오, 우주항공·해양, 수소, 사이버보안, 인공지능, 차세대 통신, 첨단로봇·제조, 양자
 - 국가전략기술은 기술패권 경쟁구도 속 대내·외 환경을 종합, ①공급망·통상, ②신산업, ③외교·안보 등 기술주권 관점에서의 전략적 중요성*을 토대로 민관 합동으로 검토·분석
 - 10대 필수전략기술(‘21.12)를 토대로 최종 12대 국가전략기술을 선정

- ▶ 혁신선도 전후방 파급효과 큰 우리경제·산업 버팀목 기술군
- ▶ 미래도전 급격한 성장과 국가안보 관점 핵심이익 좌우 기술군
- ▶ 필수기반 체제 전환에 따른 전기술·산업의 공통 핵심·필수기반 기술군

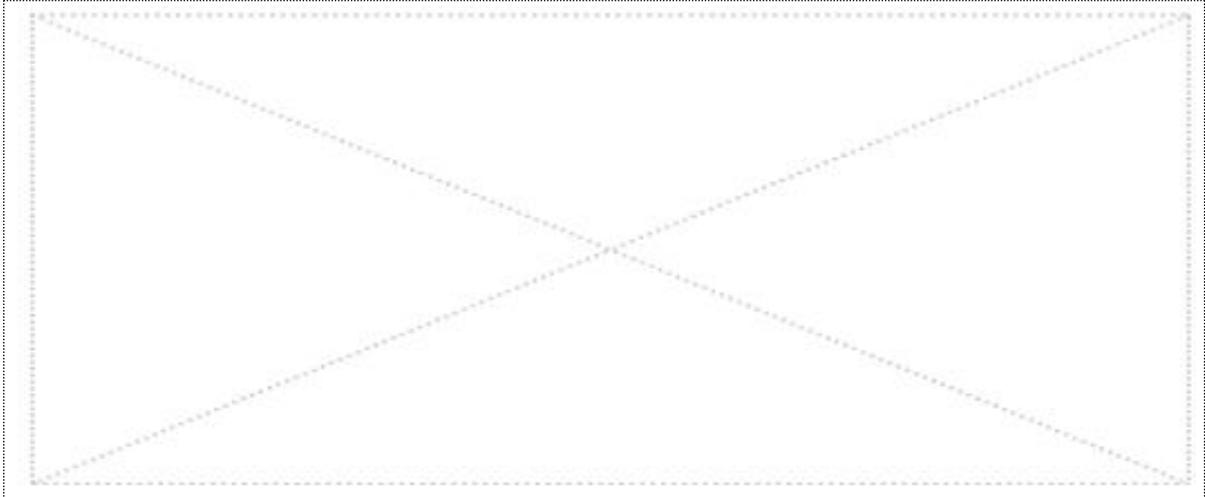


<그림 1-18> 12대 국가전략기술

- 합성생물학, 인공지능 반도체 등 분야별 전략성이 높아 집중 지원할 50개 세부 중점기술을 구체화하고, 단기-중장기 기술개발 방향 제시
- ➔ ①전략이행안 기반 정책·투자지원 집중, ②인재, 국제협력, 산학연 거점 등 전략기술 육성기반 확충, ③기술주권 국가전략 총괄 추진체계 확립 등 국가전략기술 집중 육성 방안 마련

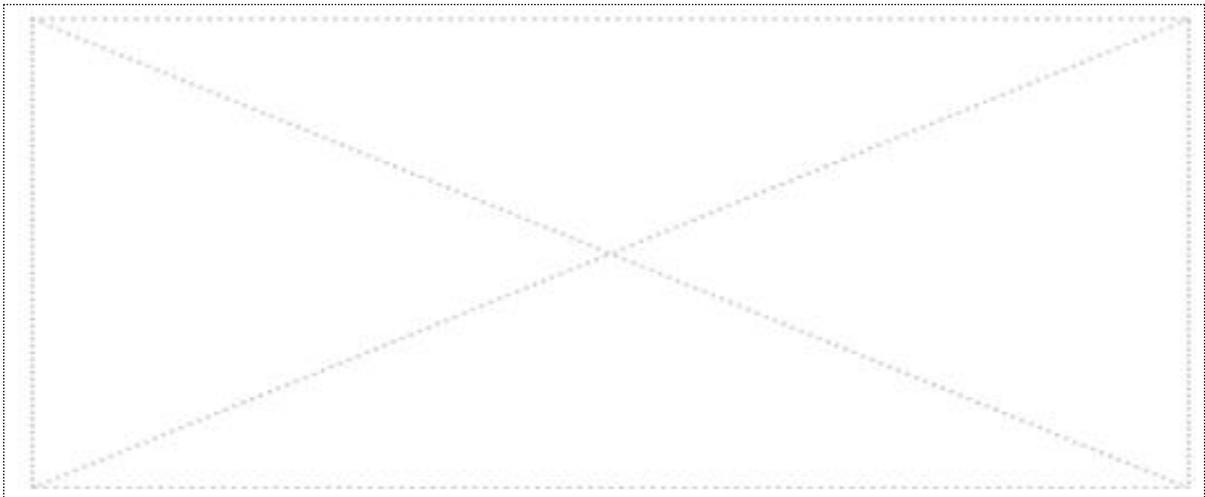
□ 국가 필수전략기술 선정 및 육성·보호전략(’22)

- 관계부처 합동, 「국가 필수전략기술 선정 및 육성·보호전략」 발표
- 공급망·통상, 국가안보, 신산업 관점 10개 필수전략기술 선별해 집중지원



<그림 1-19> 국가필수전략기술 기술선정 원칙 및 기준

- 인공지능, 첨단바이오, 반도체·디스플레이, 이차전지, 양자, 우주·항공 등
- 10개 국가필수전략기술에 대한 기술주도권 확보를 핵심 비전으로 설정해, 현재 최고 기술국 대비 60~90%에 머물고 있는 기술수준을 `30년까지 90% 이상 달성을 목표로 국가역량을 집중해 나갈 계획임



<그림 1-20> 국가필수전략기술

나. 후속사업기획 추진경과

□ 연구진 기획회의 전문가간담회, 기술·사업기획회의 등 총 30회의 회의 진행

<표 1-39> 사업기획 경과

| No. | 회의일자 | 회의장소 | 회의안건 | 참석자 | 구분 |
|-----|--------------------|------|----------------------------------|------------------------|----------|
| 1 | `21.06.15(화) | 과기부 | 제안내용 보고 및 기획방향 논의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 2 | `21.06.23(수) | 과기부 | 기획방향 논의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 3 | `21.06.30(수) | 연구재단 | 예타 주요 평가사항 확인 및 사업논리 보완 | 과기부, 연구재단, KISTEP, 기획사 | 기획회의 |
| 4 | `21.07.08(목) | 연구재단 | 유사사업 차별성 중심 사업논리 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 5 | `21.07.21(수) | 과기부 | 원천기술 축적의 앵커로서 사업논리 보완 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 6 | `21.07.28(수) | 과기부 | 벤치마킹 대상조직 검토, 사업논리 보완, 기획위(안) 구성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 7 | `21.08.18(수) | 과기부 | 자문위원회 활용 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 자문위, 기획사 | 전문가간담회 |
| 8 | `21.08.30(월) | 과기부 | 차세대 성장동력 지원 중심 사업논리 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 9 | `21.09.14(화) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 10 | `21.10.07(목) | 비대면 | 기획보고서 초안 검토 및 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 11 | `21.10.13(수) | 과기부 | 기획보고서 검토 및 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 12 | `21.11.03(수) | 수서 | 사업기획위원 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 사업기획위 | 사업기획위원회의 |
| 13 | `21.11.17(수) | 비대면 | 선행사업 연구단장 사업컨셉 검토 | 연구단장 | 연구단장자문회의 |
| 14 | `21.12.09(목) | 서울역 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 15 | `21.12.28(화)~29(수) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 16 | `22.01.19(수) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 17 | `22.01.28(금) | 비대면 | 사업기획위원 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 사업기획위 | 사업기획위원회의 |
| 18 | `22.02.04(금) | 비대면 | 기술기획위원 기술테마 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위 | 기술기획위원회의 |

| No. | 회의일자 | 회의장소 | 회의안건 | 참석자 | 구분 |
|-----|-------------------|----------|----------------------|------------------------|----------|
| 19 | `22.02.16(수) | 비대면 | 기술기획위원 기술테마 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위 | 기술기획위원회의 |
| 20 | `22.02.17(목) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 21 | `22.02.22(화) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 22 | `22.02.24(목) | 비대면 | ARPA-E PD 회의 | 과기부, 연구재단, 기획사, ARPA-E | 기획회의 |
| 23 | `22.03.10(목) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 24 | `22.04.01(금) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 25 | `22.04.13(수) | 비대면 | 대형장기사업 검토 대비 회의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 26 | `22.04.14(목) | 서울 | 대형장기사업 검토 회의 | 과기부, 연구재단, 검토위원 | 검토회의 |
| 27 | `22.04.19(화) | 비대면 | 대형장기사업 검토의견 대응 회의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 28 | `22.04.22(금) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 29 | `22.05.06(금) | 다원그룹 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 30 | `22.05.02~22(월~일) | 비대면 | 기술테마 보완 | 기술기획위, 기획사 | 기술기획위원회의 |
| 31 | `22.05.17(화) | 비대면 | 총괄기획위원 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 총괄기획위 | 총괄기획위원회의 |
| 32 | `22.09.26(월) | 과기부 | 사업 기획 방향성 및 자료 공유 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 33 | `22.10.06(목) | 비대면 | 사업 기획 보완 및 자료 공유 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 34 | `22.11.01(화) | 과기부 | 사업 기획 방향성 논의 및 정리 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 35 | `22.11.22(화) | 과기부 | 사업 기획 회의 및 전문가 자문 | 과기부, 연구재단, 기획사, 외부전문가 | 기획회의 |
| 36 | `22.12.16(금) | 서울역, 비대면 | 연구개발 아이템 발굴을 위한 TF회의 | 과기부, 기획사, 외부전문가 | 기획회의 |
| 37 | `23.01.05(목) | 과기부 | 사업 기획 수정 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 38 | `22.01.13(금) | 서울역 | 사업 추진 방안 논의 | 과기부, 연구재단, 기획사, 외부전문가 | 기획회의 |
| 39 | `22.02.22(수) | 서울역 | 사업 추진 방안 논의 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |

제 2장 대내외 여건 분석

2.1 대내외 환경 변화 분석

2.2 주요국 정책 동향

2.3 R&D 추진 동향

2.1 대내외 환경 변화 분석

가. 미래예측을 위한 메가트렌드분석(STEEP)

□ 메가트렌드 분석을 위한 STEEP 분석의 방법론 개요

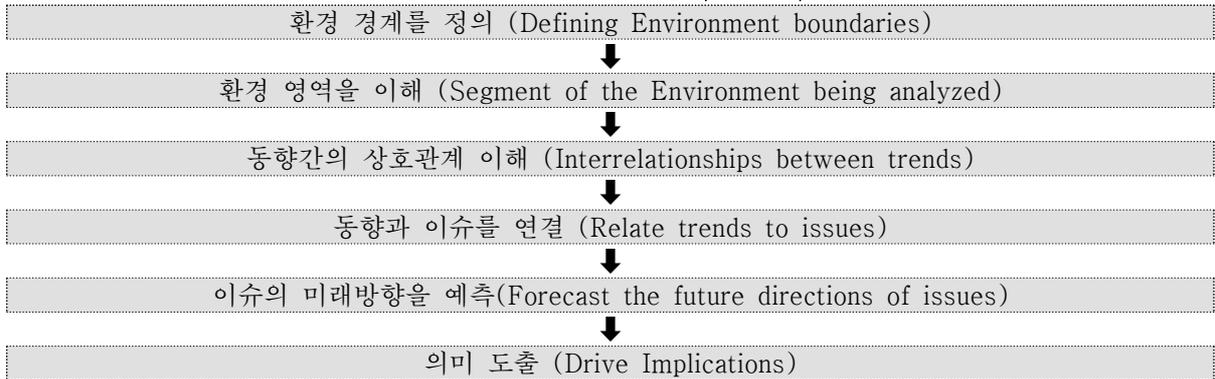
- (정의 및 개념) 미래 사회에 영향을 끼칠 수 있는 거시적 환경요인이 무엇인지 파악하기 위한 프레임워크
- (목적) 미래기술수요와 관련된 의사 결정자에게 환경의 중요한 동향을 정확하고 객관적으로 예측할 수 있도록 지원
 - 도전·혁신형 R&D 수행을 위해 반드시 고려되어야 할 환경요인과의 부합성 제고
 - 체계적 필터링 프로세스를 통한 필요 정보의 관리 효율성 증대 및 전략 대안의 평가 기준 및 시나리오 개발을 위한 기초분석 자료서의 활용
- (분석범위) 직접적인 영향력이나 통제의 범위를 벗어난 일반환경을 분석대상으로 설정
 - 사회적(Social), 기술적(Technological), 경제적(Economic), 자연환경적(Ecological), 정치적(Political) 관점에서 분석
- (분석대상) KISTEP 「제6회 과학기술예측조사연구」, NIC 「글로벌 트렌드 2040」, MIT 테크놀로지 리뷰, 「10대 혁신기술」 등의 국내외 미래예측 보고서 및 KOTRA 「한국이 열광할 세계 트렌드」 등의 최근 4년(`19년~`22년) 동안의 발간자료
- (주요 변수) 5개의 영역의 분석목적을 고려한 변수 설정
 - 향후 10년동안 미래사회에 영향을 줄 수 있는 다양한 외부 요인들을 변수로 설정
- 국내외 주요기관이 발표한 메가트렌드 결과 중 도전·혁신형 R&D에 영향을 미치는 핵심 트렌드 선정·분석
 - 사회, 기술, 자연환경, 경제, 정책 등 영역별 메가트렌드 분석을 통하여 미래사회를 예측하고, 미래유망기술 및 필요기술 등을 조사·분석 수행

<표 1-40> STEEP 분석의 영역별 변수 (예시)

| 영역 | 변수 | |
|-------------------|----------------------|-----------------------|
| Social(사회) | 출생률, 사망률, 평균수명, 교육수준 | • 유동적 인구구조, 노동유연성 등 |
| Technological(기술) | 4차 산업혁명, 기술의 융복합 | • 인공지능, IoT 기술 융합 등 |
| Economic(경제) | 국가간 협력 및 규제 | • 강대국의 보호무역, 기술패권경쟁 등 |
| Ecological(자연환경) | 기후변화 대응 환경규제 | • 기후협약 및 탄소배출권 등 |
| Political(정치) | 공정사회 | • 참여민주주의 확대 등 |

○ (프로세스) 메가트렌드 STEEP 분석 결과 도출 과정

<표 1-41> STEEP 분석 프로세스



□ 미래유망기술 도출을 위한 메가트렌드 분석

- (목적) 저출산·고령화로 인한 인구구조 변화, 기후변화에 따른 탄소중립 이슈 확산, 4차 산업혁명으로 인한 산업 환경 변화, 글로벌 패권다툼 심화 등의 환경변화로 인하여 바뀔 미래 사회상 및 글로벌 트렌드 변화 조사
 - 메가트렌드 분석을 통해 정리된 사회 변화 핵심이슈를 기반으로 향후 연구개발 시 산업 전반에 큰 영향력을 끼칠 수 있는 시사점 및 유망기술을 도출
- (분석대상 선정) 국내외 주요기관에서 발표한 메가트렌드 리스트 및 발간 자료 등을 토대로 도전·혁신형 R&D 사업에 영향을 미치는 트렌드를 분석 대상으로 선정
 - 미래사회에 영향력이 클 것으로 예상되는 분야에 대한 STEEP 항목별로 선정하여 핵심 트렌드 선정
 - * 각 항목별 영향도는 연구진 내 논의를 통해 상-중-하로 구분하여 선별
- (부문별 분석방법) 개별 트렌드에 대한 전망 및 미래사회상, 산업 기술 등을 도출

○ (분석결과 활용방안) 메가트렌드 종합분석을 통해 향후 사업 설계 시 고려할 주요 시사점을 정리

- 사회, 정치, 경제, 기술, 자연환경 등 영역별 메가트렌드가 미래사회에 미치는 영향을 분석하고, 메가트렌드에 따라 예측되는 미래사회 변화에 대응하기 위한 기술개발 방향을 분석

<표 1-42> 메가트렌드 분석 대상

| 트렌드 | | 도전혁신형 R&D 부합도 |
|---------------------------|---------------------------|---------------|
| 사회적 영역 (Social) | 저출산·고령화 사회의 지속 (인구구조의 변화) | ● |
| | 고령 노동 인구 증가 | ◐ |
| | 코로나 19로 가속화된 비대면 사회 | ● |
| | 퍼플칼라(Purple Collar)의 확산 | ◐ |
| | 메타버스 시대의 도래 | ◐ |
| | 다문화사회로의 진입 | ○ |
| 기술적 영역 (Technological) | 디지털 혁명 및 4차 산업혁명 | ◐ |
| | 맞춤형 다품종 소량생산 시대 | ◐ |
| | 바이오산업의 융·복합 | ● |
| | SW 중심의 산업 확대 | ◐ |
| | 넓어진 생활권 | ● |
| | 미개척지로의 영역 확장 | ● |
| 경제적 영역 (Economical) | 강대국을 중심으로 한 보호무역주의 확산 | ◐ |
| | 제조업 패러다임 변화 | ◐ |
| | 아시아 및 개도국 산업 경제 성장 | ○ |
| | 온라인 경제의 활성화 | ● |
| | 가상화폐의 등장 | ◐ |
| 자연환경적 영역 (Ecological) | 기후변화에 대한 국제적 관심 증대 | ◐ |
| | 국가 간 기후갈등 심화 | ○ |
| | 자원고갈 위험에 따른 에너지 위기 심화 | ● |
| | 신재생에너지 사용의 증가 | ● |
| | 안전성 높은 원자력 사용 | ◐ |
| | 기상이변으로 자연재해 증가 | ◐ |
| | 변화 선제대응형 기술 증가 | ◐ |
| 정책/법규 영역 (Political) | 국간 기술패권 경쟁 심화 | ● |
| | 글로벌 공급망 재편에 따른 블록화 | ◐ |
| | 자국의 이익에 따른 경제적 협력 증가 | ◐ |
| | 혁신성장을 위한 규제 혁신 노력 증가 | ◐ |
| | 공정·공평한 사회 구현을 위한 혁신 강화 | ○ |
| | 시민 참여 증가를 통한 전자정부서비스 등장 | ● |

* 범례: ○(Low) ↔ ◐(Middle) ↔ ●(High)

Social(사회)

□ 인구구조의 변화

○ (고령화) 저출생의 고착화, 기대수명의 증가 등으로 인해 우리나라는 2025년 초고령사회로 진입할 것으로 예측(통계청)

- 고령 인구의 증가는 개인의 건강 및 위생 관리와 고령 인구의 사회 활동 증가로 이어질 것으로 판단(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))

➔ 질병 예측·치료를 통한 개인 건강 관리와 인공지능 생체대체 장비나 인공장기를 통한 삶의 질적 향상 요구가 증가할 것으로 판단

➔ 사회 활동의 편의를 위한 자율 작동 기계로의 대체, 활동을 보조하기 위한 웨어러블 기계의 발전 등이 예상됨

➔ 고령 인구의 새로운 지식 습득을 돕기 위하여 ICT, 인공지능, 증강현실 등과 융합된 재교육 프로그램이 등장할 것으로 예측

○ (저출생) `19년 통계청에서 작성한 「장래인구 특별추계」에 따르면 총인구의 감소세 전환은 `29년으로 예측되었으나 `20년과 `21년, 사망자가 출생자보다 많은 자연감소와 총인구의 감소로 인구절벽이 예측보다 빨리 발생하여 생산가능인구보다 부양해야 할 인구가 더 많은 인구 오너스 시대가 시작됨(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트 미래전략 2023(2022))

- 체외수정 후 인공자궁을 통한 출산 등의 임신 없는 출산이 증가하는 사회현상이 나타날 것으로 예측(국회미래연구원, 2050 대한민국미래보고서(2020))

○ (이민자) 국가 간 이동의 자유로워짐에 따라 국내 체류 외국 인구수와 이민자들이 증가하였으며, `19년 250만 명, `22년 6월 205만 명을 기록하여 다문화사회로의 진입을 예측(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트 미래전략 2023(2022))

- 또한, 국내 외국인 노동자 및 국제 난민 등의 증가로 인하여 빈곤층 유입이 확대되고 공공재정 지출과 사회적 갈등이 심화 될 것으로 전망(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))

➔ 다문화 언어 교류를 위한 인공지능 기반의 100% 통번역 기기 및 범죄 예방을 위한 클라우드 기반의 상황인지형 경고시스템 등의 기술개발이 예측됨

□ 비대면 사회로의 전환

○ (제조혁신) 자동화·지능화·원격화 기술의 진보로 인하여 단순 노동이 기계로 대체되는 제조혁신이 일어날 것으로 판단(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))

- 스마트공장의 제조 시스템을 보호할 수 있는 디지털 보안의 수요 증가 전망
 - ➔ 인공지능 기술의 활용한 정보/물리/융합 보안 기술의 발전이 예상
- 3D·4D 프린팅 산업의 성장은 글로벌 공급망 변화에 대응하는 제조업 패러다임 변경과 스마트 소재 등을 활용한 제조로 전자 산업 등의 산업 성장으로 이어질 것으로 예측(트렌즈지 특별취재팀, 글로벌트렌드 2023(2022))
 - ➔ 자가 치유 소재 및 제품 모양 변경 등을 통하여 운송 및 물류 상의 변화 예상
- 스마트 소재와 제조의 발전은 고성능 컴퓨팅, 재료 모델링, 인공지능, 생체재료 등의 다양한 분야에서의 발전을 가속화 할 것으로 예측(NIC. 글로벌 트렌드 2040(2021))
 - ➔ 3D 프린팅과 정보시스템의 발전은 제품 수요에 대한 즉각적인 반응과 고기능 제품의 맞춤 생산을 가능하게 할 것이며 광범위한 기술진화를 촉진시킬 것
- (로봇) 기계 학습 및 인간 관찰 등을 통하여 로봇의 자율성이 성장하고 다양한 분야에서의 로봇 활용을 기대
 - 활동보조형 서비스 로봇만이 아닌 사람과 상호작용이 가능한 휴먼 로봇 시장이 확대될 것이며 정서적 지지를 돕는 휴먼 케어 로봇의 성장 기대 (커넥팅랩, 모바일 미래보고서 2023(2022))
 - ➔ 인공지능 디지털 휴먼은 온·오프라인 뿐만 아니라 가상세계, 메타버스에서 활용 가능하여 인간의 대체품으로의 활용이 예상되며 이를 위한 인공지능, 클라우드, 5G, 홀로그램 등의 기술발전이 이루어 질 것으로 전망
- (가상세계) 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR) 등의 기술발전은 확장현실(XR) 기술과 콘텐츠의 개발로 이어질 것이며, 이는 현실과 가상의 경계를 없앨 것으로 예측(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021)/소프트웨어정책연구소, 글로벌 트렌드와 SW 메가트렌드 2030(2021.11.))
 - 시공간을 뛰어넘기 위하여 스크린이 아닌 NUI(Natural User Interface)의 시대가 되어 사람의 개입이 최소화되는 지능형 시대로의 발전이 예상
 - 교육, 훈련, 진료, 건축 등의 다양한 분야에서 실감적 체험이 가능할 것
 - ➔ 메타버스와 인공지능의 융복합 기술 발달로 개인 맞춤형 교육 학습장이 생길 것으로 예상
 - ➔ 실감 미디어를 통해 물리적 한계를 극복한 다양한 체험이 가능해 질 것
 - ➔ 스마트폰을 대체할 수 있는 XR 디바이스의 대중화는 새로운 개인 컴퓨팅 시대를 열 것으로 예상
 - 블록체인과 메타버스의 결합으로 새로운 경제 생태계가 생겨날 것으로

예상되며 새로운 수익 창출 구조로 성장할 시 메타버스 플랫폼 중심에 새로운 경제권이 형성될 것으로 예상(커넥팅랩, 모바일 미래보고서 2023(2022))

Technological(기술)

□ 우주·심해 진출

- (우주생활) 우주 관측에서 나아가 우주 자원 발굴 및 활용, 우주 관광 등 우주로의 활동영역 확장을 예상(KISTEP, 제6회 과학기술예측조사연구, 미래예측 브리프(2021.1.) / WEF, 2021년 10대 미래유망기술(2021.12))
 - 우주탐사를 위한 발사체, 궤도선·착륙선 제작·발사를 위한 기술개발 및 우주 사물인터넷 기반의 기후·환경·재난 예측을 위한 인공지능 개발 등이 활발히 이루어 질 것으로 예측
 - ➔ 우주환경과 우주쓰레기에 대한 관심이 높아 짐에 따라 초정밀 탐지를 통한 우주쓰레기 식별·추적 기술 개발이 진행될 것으로 예상
 - ➔ 또한, 달 궤도 순찰 시스템, 우주 교통 상황 감시 기술 등과 같이 우주 상황 인식을 위한 연구개발이 진행 예정(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트 미래전략 2023(2022))
 - 우주에서의 장기간 체류를 위해선 달·화성·소행성 등에서 채굴 가능한 우주 자원 활용이 필요할 것으로 예측
 - ➔ 우주 관광 시대가 열림에 따라, 우주생활을 위한 달·화성 토양을 이용한 농작물 재배 기술 및 자원 채굴 기술 개발과 우주 자원 활용을 통한 3D 프린팅 기술 개발이 예상됨
 - ➔ 달, 화성, 소행성 등에 다량 매장되어 있을 것으로 추정되는 희토류, 리튬, 헬륨-3 및 지구에 없는 우주 자원 발굴을 위한 우주 채굴기술과 우주 자원 지도 개발을 위한 탐사정 개발이 예상됨(국회미래연구원, 2050 대한민국미래보고서(2020))
 - 우주 관측 데이터 활용을 통한 지구 환경변화 예측, 재해 발생 실시간 모니터링 등의 기술개발과 저궤도 인공위성을 활용한 우주 사물인터넷, 6G 통신 등을 통한 초공간의 시대 예상(밀레니엄 프로젝트, 세계 미래보고서 2023(2022) / 커넥팅랩, 모바일 미래보고서 2023(2022))
 - ➔ 인공위성 등의 통신망을 연결한 우주 인터넷 기술의 발달과 우주 및 지구 관측을 위한 초고해상도 인공위성 시스템의 개발 등이 이루어질 전망
 - 인공위성에서 보내오는 위치 정보에 의존하고 있는 GPS는 양자 포지셔닝 시스템 등을 통하여 인공위성에 대한 의존도를 낮출 것으로 전망(트렌즈지 특별취재팀, 글로벌트렌드 2023(2022))
 - ➔ GPS 정확도 향상은 자율주행차의 성능 향상과 광학 및 음파 센서와의 결합 등을 통하여 인류의 삶을 개선하는 수많은 솔루션을 제공할 것
- (심해탐사) 천연자원에 대한 지속적인 수요 및 해양자원에 대한 가치 증가로

인하여 심해탐사를 포함한 해양바이오 시장은 크게 성장할 것으로 예측됨
(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / 사이언스타임즈, 바다로 간 자율주행로봇(2021.12.))

- 심해 생물·광물 자원의 개발을 위하여 스마트 로봇 및 디지털 트윈 등을 활용한 심해탐사와 무인 자율 탐사정을 이용한 탐사 등이 이루어 질 것으로 예상

➔ 심해의 생물 및 광물 확보를 위한 자원 채광 및 제련 기술 개발이 진행 될 것으로 예상되며, 심해에서의 위협 탐지를 위하여 다양한 스펙트럼 신호 및 데이터 분석 기술개발이 활발해질 예상

○ (극지개발) 해빙으로 인한 북극 항로 이용 및 극지방 자원 활용을 위한 개발이 이루어질 것으로 전망(KISTEP, 2045년을 향한 미래사회 전망과 핵심이슈 심층분석, (2021.8.) / 과기부, 미래전략2045(2020.10.))

- 원유, 천연가스 등의 에너지 자원 및 희귀 자원 채취, 고대 미생물 연구, 미개척 남북극해 탐사 등을 위한 연구개발이 이루어 질 것으로 예상됨

➔ 무인 탐사 지능형 로봇, 극지 건설 기술 등 자원 확보 및 생활권 확장을 위한 기술개발이 꾸준히 수행될 것으로 전망

□ 모빌리티의 진화

○ (데이터활용) 모빌리티 데이터 기반의 플랫폼·서비스의 등장 및 사업 성장 예상

- 운전자의 안전 및 교통 흐름 예측·통제 기술, 모빌리티에서 수집되는 이미지 정보를 활용한 고정밀 지도 구축 등의 교통 인프라 고도화 경쟁이 이루어 질 것이라 예상(커넥팅랩, 모바일 미래보고서 2023(2022))

- 오늘날의 유비쿼터스 공용 카메라는 광학 및 기타 센서가 인공지능과 결합해 사람, 차량, 기반 시설을 감시하는 미래의 스마트시티로 이어질 것으로 전망(NIC, 글로벌 트렌드 2040(2021))

○ (자율주행) 정부는 `27년 완전자율주행(Level4) 상용화를 목표로 각종 제도를 정비하고 있으며 `30년 실시간 정보 공유가 가능한 자율주행 통신인프라 구축 예상(e대한경제, 메가트렌드 2023(2022))

- 자율주행 시장의 성장은 차량용 헬스케어 등과 같은 서비스의 이동 및 개인 맞춤형 사업의 성장을 야기할 것으로 예상(밀레니엄 프로젝트, 세계 미래보고서 2023(2022))

➔ 머신러닝, 딥러닝 및 알고리즘 중심의 인공지능의 연구 강화 전망

➔ 센서 및 인공지능 기술은 도심 항공 모빌리티와 목적 기반 모빌리티의 이동 계획 및 위협 예측·판단 능력 강화에 활용될 것으로 예측

- 차원을 넘어 모든 사물에 이동성을 부여하는 메타모빌리티, 사물 모빌리티의 등장으로 자동차나 도심 항공 모빌리티를 가상세계의 연결 매개체로 삼는 것 또한 가능할 것으로 판단(e대한경제, 메가트렌드 2023(2022))

→ 자율주행 물류배송, 교통약자 지원 서비스 등의 산업 분야 확대가 예측됨

○ (미래항공모빌리티) 플라잉 카와 같은 미래항공모빌리티는 `25년 상용화 단계에 진입할 것이며, `30년부터 수직이착륙 항공기의 일상화가 진행될 것으로 예측

(트렌즈지 특별취재팀, 글로벌트렌드 2023(2022))

- 유인 전기 수직이착륙 항공기의 성장에 힘입어 자율 주행 항공기를 활용한 지역·국가 간의 이동으로 시간·비용의 단축을 기대

→ 인공지능 활용의 자율비행 드론으로 물류 혁신이 예상되며, 이를 위한 네트워크 구축이 필요(KOTRA, 한국이 열광할 세계 트렌드(2022))

○ (초고속) 초고속 운송수단 개발 경쟁의 심화로 대륙 간의 이동을 목적으로 하는 초음속항공운송수단 등과 같은 초고속교통수단의 수요가 증가할 것으로 전망(밀레니엄 프로젝트, 세계미래보고서 2030(2020))

- 지하, 해저, 터널에서의 하이퍼루프는 기존의 교통 문제 해결과 도시 간의 접근성 문제를 해결할 것으로 예측(밀레니엄 프로젝트, 세계미래 보고서 2023(2022))

→ 튜브 내 압력 유지기술, 차량 부양기술, 가속 및 정지 기술 등의 기술 개발 필요

□ 바이오혁신

○ (유전자치료) 유전자 분석은 질병진단, 보인자진단 등의 다양한 분야에서 사용되고 있으며 유전자 분석 기술의 발달로 유전자치료, 유전자교정, 세포치료 분야 등 새로운 치료 영역의 개척이 예측됨(한림원, 과학기술 2050(2021))

- 세포치료와 관련된 환자 개인 맞춤형 진료기술의 성장과 유전자가위를 활용하여 유전질환, 암 질환을 포함한 질환 예방 및 치료가 가능해질 것으로 예측

→ 저분자화합물, 펩타이드, 단백질, 항체, 나노입자, 유전자치료, 유전자교정, 세포치료 등 메커니즘을 기반으로 하는 치료제 개발과 생체 내 구동에 대한 연구 진행이 활발히 이루어져 새로운 치료법 개발로 이루어질 것으로 예상

- 유전자 특성 및 발현 제어를 통한 노화 관련 질병을 퇴치하고 역노화 기술의 등장을 예상

○ (미생물치료) 미생물을 활용한 질환 진단·치료 연구는 합성생물학과 헬스케어산업의

성장으로 활발히 이루어지고 있으며, 마이크로바이옴 연구의 가속화에 따라 장·피부 미생물을 통한 개별 맞춤 질병 진단이 가능할 것으로 예측 (한림원, 과학기술 2050(2021))

- 질병의 진단과 치료가 동시에 가능한 스마트 프로바이오틱스와 개인별 맞춤 형태로 개발 가능해질 것으로 예상

○ (바이오기술 결합) 빅데이터, AI 등 첨단기술의 활용으로 신약 개발, 유전체 분석, 예측 모델 개발 등에 소요되는 시간을 감축하고 인공지능 활용으로 신약 후보물질 발굴시간 감소 등 다양한 분야와의 융·복합으로 바이오산업의 성장 예측(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / 커넥팅랩, 모바일 미래보고서 2023(2022))

- 유전체 정보, 병원 기록 등의 개별 데이터를 활용한 의료 빅데이터 알고리즘 기반의 디지털 헬스케어 산업 성장과 바이오기술을 생활에 활용하는 바이오 시대가 도래할 것으로 예상

➡ 의료 데이터 활용을 위한 빅데이터, 인공지능 기술 및 데이터 보안 기술 강화와 기술혁신을 위한 생명과학, 공학, 정보학, 의학들의 유기적인 연계가 필요할 것으로 예상

- 의료 데이터의 디지털화 및 비대면 사회의 확대로 원격진료의 가속화가 진행 (밀레니엄 프로젝트, 세계미래보고서2023(2022))

➡ 스마트폰이나 웨어러블 기기를 통한 실시간 데이터 수집으로 빅데이터를 축적하고 인공지능과 머신러닝을 활용을 통한 개인 최적화 의료 시스템 구축 기술과 개인 의료 정보 보안 기술의 필요성 증가

➡ 소프트웨어 기반의 디지털 치료제 시장 확장 전망

- `30년 3D 바이오 프린팅의 상용화가 이루어질 것이며 인체에 무해한 인공 조직 및 장기 제작이 가능해지면서 환자의 삶의 질을 향상 할 것으로 예측 (트렌드지 특별취재팀, 글로벌트렌드 2023(2022))

○ (예방중심) 고령인구의 증가, 만성질환의 증가 등으로 인해 의료 지출은 지속적으로 증가할 것이며, 의료 비용은 사회적 부담으로 작용될 것(캐롤라인 듀잉·팀존슨, 미래예측 2030(2019))

- 미래의학은 개인화된 정보로 건강 상태를 예측해 맞춤 예방하는 참여의학으로 이에 핵심이 되는 의료 데이터의 중요성이 강조되어 예방의료, 전염병 예보, 유전자 기반 예측 등의 질병 예방 중심의 의료성장 전망(밀레니엄 프로젝트, 세계미래보고서2023(2022))

➡ 클라우드 기반의 디지털 플랫폼을 활용해 수집된 유전 정보의 보안 유지가 중요

Economic(경제)

□ 자본시장의 변화

- (디지털경제) 비대면 디지털 사회로의 전환으로 온라인 경제가 활성화되었으며, 유통·물류·금융 등의 다양한 분야에서 온라인 시장이 성장하였음. 이를 발판으로 디지털 플랫폼이 성장하고, 데이터 기반의 디지털 네트워크 구축이 진행 될 것으로 예측(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))
 - 현금이 사라지고 전자화폐 등의 디지털 화폐를 사용하는 사회로의 전환 전망
 - 보편화된 금융서비스의 디지털화로 개인 데이터를 활용한 빅데이터 분석, 머신러닝, 인공지능 기술을 통한 개인 맞춤형 서비스가 증가할 것으로 예상
 - ➔ 초연결·초정보 사회에 대비한 인공지능 디지털 보안 및 인공지능을 활용한 마이데이터 관리, 개인정보의 흐름을 파악할 수 있는 빅데이터 기술 등의 선전이 예상
 - 현재 가상화폐 시장에서 주로 사용되는 블록체인 기술은 다양한 분야에서의 융·복합을 통해 웹3.0 시대의 토대가 될 것(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트미래전략 2023(2022))
 - ➔ 초성능, 초연결, 초실감 기술이 블록체인 기반의 초신뢰 기술과 융·복합하여 기존 플랫폼의 불공평과 문제 사항을 해결할 것으로 예측
 - ➔ 디지털 자산의 증가는 자산 거래의 자동화 및 탈중앙 플랫폼으로 연결 될 것으로 전망됨

□ 신흥국의 등장

- (경제다극화) 고령화로 인하여 경제활동인구가 감소한 선진국에서 젊은 노동력을 기반으로 한 개발도상국으로 글로벌 경제 주체가 변경될 것으로 전망 (STEPI, 美 NIC Global Trends 2040으로 본 미래시나리오와 시사점(2021.7.) / NIC, 글로벌 트렌드 2040(2021) / IITP, ICT기술예측조사 10대미래유망기술(2015.12.))
 - 미국, 유럽 등 기존 선진국의 GDP 점유율이 점차 감소하고, 아시아의 성장세는 지속됨에 따라 `40년 세계 GDP의 35%는 이사가 차지할 것으로 예측
 - ➔ 경제력·군사력 등의 기존의 권력 원천과 함께 기술, 정보력, 네트워크 등이 새로운 국력의 구성요소로 등장할 것임
 - ➔ 세계 권력이 변화함에 따라 국제 표준, 규범 등의 경쟁 심화가 예상
 - 글로벌 거버넌스의 약화로 국제 시스템을 통한 초국가적 문제가 해결되지 않는 상황이 빈번해질 것이며, 소다자주의적 접근이 확산 될 것으로 전망 (이영한 외 35인, 2023 대한민국 대전망(2022))

□ 에너지원의 변화

○ (탄소중립) 전 세계적인 탄소 규제 강화로 이산화탄소를 포집·저장·활용하는 CCUS 기술개발과 친환경 미래에너지 개발을 통한 탄소 배출량 감소가 예측됨

(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))

- 저탄소 에너지 체제로의 전환을 위하여 CCU 기반 연료 생산 및 기술개발과 비용 감소를 위한 기술개발이 예상되며 친환경 모빌리티(수소차, 전기차, 연료전지 선박 등)의 운송수단의 등장 및 상용화가 예상됨

→ 탄소 배출 다소비 산업의 수소 환원 제철 기술, 고로-전로 공정기술 및 탄소중립 연료 생산을 위한 CCU 활용 기술개발 등이 예상됨

- 자원의 선순환을 위한 자원 예측 시스템 및 재활용 기술의 발전 예상

→ 모든 제품의 재활용을 위한 순환 공급망 개발 및 3D 프린팅 등을 통한 과잉 생산 억제로 물 소비와 이산화탄소 배출량의 감소, 폐기물 제로를 위한 제조 방식 전환이 예상(KOTRA, 한국이 열광할 세계트렌드(2022))

○ (수소) 화석연료의 의존도를 낮추기 위한 친환경 수소 발전이 미래에 각광받을 것이며, 수소의 대량 생산을 통한 수소 경제가 활성화 될 것으로 예측(KISTEP, 제6회 과학기술예측조사연구(2021) / KISTEP, 2030 국가온실감소감축목표 달성에 기여할 미래유망기술(2022))

- 수소의 대량보급과 에너지 생산/이송/소비의 전주기에 활용할 수 있는 이점 등 때문에 수소 활용이 증가할 것으로 예상됨

→ 폐기물 기반의 바이오가스를 활용한 친환경 수소 생산 기술개발 등이 예측됨

○ (신재생에너지) 화석연료를 태양광, 풍력, 지역, 바이오에너지 등의 재생에너지로 대체하기 위한 기술개발이 꾸준히 진행될 것으로 예측(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / KISTEP, 2030 국가온실감소감축목표 달성에 기여할 미래유망기술(2022))

- 탄소 중립 실현을 위해선 신재생에너지의 기술적 혁신이 필요하며 미래엔 태양광과 풍력 사용의 비중이 커질것으로 예상

→ 태양전지 제조 기술개발, 초대형 부유식 해상풍력발전시스템 등의 기술개발과 인프라 구축을 통한 산업 경쟁력 제고가 예상됨

- 신재생에너지의 효율적 활용을 위한 스마트 에너지 그리드의 등장 등으로 재생에너지 기반의 에너지 체제로의 이동을 예상(캐롤라인 듀잉·팀존슨, 미래예측 2030(2019))

- 사물 인터넷 기술을 적용한 스마트 시티 등을 구축하기 위해선 무선전력 전송 인프라 구축은 필수적이며 무선전력 전송 기술은 우주로 확장되어 우주 태양광발전에 사용될 것으로 예측(미래니엄 프로젝트 세계미래보고서 2023(2022))
- 현재, 저궤도 인공위성의 효율적 활용을 위한 궤도 내 무선전력망 개발 및 배터리가 필요 없는 레이저 전원 기술 등을 개발 중에 있으며 이후 우주에서의 태양열 집열로 지구 전력 전송 스테이션을 사용한 태양에너지 배달을 기대 중
- (이차전지) 에너지저장 및 친환경차의 수요 증가로 인하여 핵심 부품에 해당하는 이차전지의 수요 또한 증가할 것으로 예상되며, 이차전지를 통한 전기에너지의 친환경 생산은 탄소중립을 위한 핵심 기술개발로 판단됨
(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / KISTEP, 2030 국가온실가스감축목표 달성에 기여할 미래유망기술(2022) / KISTEP, 이차전지 기술동향브리프(2020.3.))
- 에너지밀도, 수명연장, 경제성 확보 등의 문제 해결을 위한 기술개발과 더불어 이차전지 산업 시장규모는 `25년 반도체 시장과 비슷해질 것으로 예측됨
 - ➔ 차세대 배터리의 효율적 개발을 위한 배터리 소재의 특성 파악 기술 및 인공지능 기반의 모형 구축 등의 개발이 진행될 것으로 예상
- (원자력) 안전성을 향상한 중·소형 원자력발전소의 개발 및 다용도 원자력 시스템을 통한 탄소중립 실현과 실용적인 핵융합로의 개발 생산성 향상 기대
(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / MIT 테크놀로지리뷰, 10대 혁신기술(2022))
- 소형 원자력발전소의 증가로 인해 방사능 오염과 관련한 관심이 증가할 것으로 예상되며, 모니터링 기술의 발전을 통한 관리 체계 구축과 핵폐기물 재활용 기술개발 수요가 증가할 것으로 판단됨
 - ➔ 사용 후 핵연료 변화 기술 등의 재순환 기술 및 핵연료의 안전한 활용 기술 등 안전 문제 해결을 위한 원자력 기술개발이 증가할 것으로 판단
 - ➔ 원전사고에 대비한 인공지능 오염물질 감시체계와 방사선 관련 질병 예측을 위한 이상징후 감지 웨어러블 기기 등의 생활 속 보안, 인공지능 및 바이오산업 등을 결합한 기술개발이 예상됨
- 혁신형 소형모듈원자력의 다목적 활용으로 대중 및 국가들의 광범위한 수용이 가능할 것으로 예측(NIC, 글로벌 트렌드 2040(2021) / e대한경제, 메가트렌드 2023(2022))
 - ➔ 핑크 수소 생산, 열 공급, 부하추종 운전 등의 유연한 활용이 가능함에 따라 원전 구축의 증가가 예상되며, 소형 원자력 배터리 기술 및 수소 생산 원자로 기술개발이 활발히 진행될 것으로 예측됨(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))

□ 기상이변

- (이상기후) 지구온난화의 영향으로 폭염, 한파, 가뭄, 초강력 태풍 등의 이상기후와 평균 기온·해수면 상승 등의 현상으로 동식물의 멸종, 기후 난민 발생 등의 문제가 발생하였고, 이를 예측·해결하기 위한 재난 대응시스템이 발전할 것으로 예측됨(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / KISTEP, 2020년 미래유망기술 선정에 관한 연구(2020.3.))
 - 자연재해에 대비한 건축 기술개발 및 데이터 기반의 자연재해 인공지능 예측 등을 통하여 위급상황 대응을 위한 자율 시스템의 활성화가 예상됨
 - ➔ 기후환경 변화에 따른 토지 및 생산량 감소를 해결하기 위한 스마트 농장이 활성화될 것으로 예상되며, 이를 위한 로봇 및 인공지능, 신재생에너지 활용 등의 기술개발이 활발해질 것으로 전망
 - ➔ 위성 등의 무인비행체 기반의 실시간 모니터링 기술개발을 위한 우주항공 기술개발과 센싱 기술 개발이 필요할 것으로 예상
 - 도시에서의 기후변화 대응을 위한 리질리언스 전략으로 생활밀착형 생태계 복원 등이 이루어질 것으로 전망(e대한경제, 메가트렌드 2023(2022))

Political(정치)

□ 국가 간의 갈등

- (자국 우선주의) 국내 산업 보호를 위한 자국 중심의 보호무역이 강화되고 있으며, 리쇼어링 정책으로 글로벌 공급망 변화가 심화되어 기술패권 경쟁이 지속될 것으로 예상(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021))
 - 해외 의존도를 낮추기 위한 기술 내수화가 진행되어 자국 산업 보호를 위한 기술규제 대응이 필요하며, 소·부·장 산업의 강화 및 국산화가 빠르게 진행될 것으로 예상
 - ➔ 공급망의 안전성을 강화하기 위하여 첨단 소재·제품·장비를 전략 자산으로 활용하는 것이 보편화되고 빅데이터·계산재료과학·AI를 융합한 맞춤형 소재 개발 기술의 성장과 국가 간 기술개발 경쟁이 심화 될 것으로 전망(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트미래전략 2023(2022))
 - ➔ 자국의 산업경쟁력을 강화하기 위한 투자와 리쇼어링 기업을 위한 혜택의 확대가 전망되며, 생산성은 인공지능과 로봇으로 증대 될 것으로 예측(트렌즈지 특별취재팀, 글로벌트렌드 2023(2022))
 - 기술블록화가 진행되면서 국가 간 경제안보 및 사이버 안보의 강화 전망
 - ➔ 첨단기술 분야의 경쟁으로 인공지능을 활용한 사이버 공격 및 방어가 중요해지고, 사이버 테러 방지를 위한 알고리즘 기반의 예측 기술개발이 활발해 질 것으로 판단

- ➔ 강대국들의 갈등 심화·지속 등으로 정치, 군사, 무역, 산업, 경제 분야에서도 블록화의 진행이 예상되며 탈세계화 및 재세계화로 글로벌 공급망이 재편되어, 고부가가치 생산과 소부장의 국산화가 필요해 질 것
(이영한 외 35인, 2023 대한민국 대전망(2022) / 밀레니엄 프로젝트, 세계미래보고서 2023(2022))
- 글로벌 공급망의 변화는 중앙 집중식 생산 방식에서 분산형 생산 방식으로 전환을 촉구할 것이며, 지역적이고 소비자 지향적인 공급망과 네트워크로의 대체가 예상됨(캐롤라인 듀잉·팀존슨, 미래예측 2030(2019))
- ➔ 3D 프린팅을 통한 제품의 현지 생산의 증가, 기업들의 공유형 열린 공급망 채택이 예상되어 보안 기술 및 국제 표준의 중요성이 커질 것으로 전망
- 양자 컴퓨터는 암호해독이라는 정보 보안 분야에서 위력을 드러내고 있으며, 나노와 디지털화를 넘어서는 양자 정보 기술의 발전을 예상(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트미래전략 2023(2022))
- ➔ 대규모 양자 컴퓨터 기술 확보의 중요성이 날로 증가하고 있어 이를 위한 인력 교육 및 양자 산업 분야의 성장을 위한 생태계 구축이 필요

□ 국가관의 변화

- (큰정부) 전 세계적인 팬데믹 이후, 정부의 역할과 시장개입의 강화가 예측되며, 정부의 적극적 위기대응과 안보 강화, 기술 혁신을 위한 투자 등 국가의 역량과 공정성 강화에 기대 증가(국토연구원, 국토정책 Brief(2022.10.) / KISTEP, 제6회 과학기술예측조사연구(2021))
 - 기존 정부 서비스의 효율성과 효과성 등에서 투명성·책임성·민첩성 등의 다양한 가치에 대한 요구가 증가할 것으로 예측됨
- (민주주의) ICT 기술의 발전에 따라 대의민주주의에서 참여민주주의로 민주주의제도에 대한 변화가 일어나고 있으며, 자유주의와 민주주의의 충돌이 쟁점으로 드러날 것으로 예측됨(KISTEP, 제6회과학기술예측조사연구(2021) / 소프트웨어정책연구소, 글로벌 트렌드와 SW 메가트렌드 2030(2021.11.) / 소프트웨어정책연구소, 민주주의 기술(2022.5.))
 - ICT 활용을 통한 전자정부, 전자정당 등의 전자민주주의가 생활에 정착하여 시민의 정책참여 기회 및 기능이 강화될 것으로 예상하며 이를 위한 디지털 플랫폼이 발전할 것으로 전망
 - ➔ AI 알고리즘을 이용한 거짓 정보 생산·유포, 정부 기관 등을 위협하는 사이버 테러 등에 대응하기 위한 AI·양자통신 등의 기술 및 보안·환경 안전성 확보 기술 연구의 중요성이 강조될 것으로 전망(KAIST 미래전략연구센터, 카이스트미래전략 2023(2022))
 - 최신 정보기술, 빅데이터 딥러닝 및 데이터 기반의 합리적 판단이 가능한

인공지능 정치인의 등장과 인공지능과 메타버스를 통합 증강 민주주의의 등장 예상(밀레니엄 프로젝트, 세계미래보고서2023(2022))

⇒ AI 기반 정책 결정의 일상화로 AI가 통치의 수단으로 자리 잡고, 데이터 기반의 정책 결정을 통한 보다 객관적인 정치가 가능할 것으로 전망

나. 미래유망기술 예측

□ (해외) 미래유망 기술 및 기술 트렌드 분석

○ Gartner 선정 10대 전략기술 트렌드

- 향후 3년 동안 기업 전략에 영향을 미칠 것으로 예상되는 전략 기술

<표 1-43> 가스터 선정 2023년 주목하는 10대 전략기술 트렌드

| 범주 | 기술 트렌드 | 주요 내용 |
|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| 최적화 (Optimize) | • 디지털 번역 시스템 | • 데이터 중심의 시스템 복원력과 안전성 향상 |
| | • 옹저버비리티 적용 | • 데이터 기반 의사 결정의 원천 |
| | • AI 신뢰도·리스트·보안 관리 | • 모델의 안전성·신뢰성·보호를 위한 새로운 역량 |
| 확장 (Scale) | • 산업 클라우드 플랫폼 | • 종속 현상 방지 및 시장 민첩성, 혁신·시간 절감 등 |
| | • 플랫폼 엔지니어링 | • 소프트웨어 제공 및 수명 주기 관리 |
| | • 무선의 가치 실현 | • 기업의 모든 환경을 수용하는 무선 솔루션 제공 |
| 선도 (Pioneer) | • 메타버스 | • 가상세계에서 강화된 물리적·디지털 현실의 융합 |
| | • 슈퍼앱 | • 앱, 플랫폼 및 생태계 기능을 하나로 결합 |
| | • 적응형 AI | • 실시간 피드백을 사용으로 변화·변경에 최적화 |
| | 지속가능한 기술 | • 환경과 사회 변화에 대응할 수 있는 지속가능 기술 |

○ MIT 테크놀로지 리뷰의 10대 혁신기술

- 첨단 산업 분야(IT·BT·NT·ET) 중 현재 또는 단기간 적용가능하거나 5~10년 후 혁신을 창출하며 산업과 사회 전반에 큰 변화를 초래할 기술로 전망

<표 1-44> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 2022년 10대 미래 기술

| 10대 혁신 기술 | 주요 내용 | 실현 시기 |
|-----------------|----------------------------------|---------|
| 경구용 코로나19 치료제 | • 새로운 바이러스로 인한 팬데믹 발생시 치료 기대 | 현재 |
| 실용적인 핵융합로 | • 탄소 배출물이 없는 에너지원 | 10년 후 |
| 비밀번호의 종말 | • 알림 및 생체인식 시스템 사용 | 현재 |
| 단백질 접힘 예측용 AI | • 예측 인공지능을 통한 질병 치료 및 신약 발굴·설계 | 현재 |
| 지분증명 | • 암호화폐 채굴로 인한 에너지 소비 종식 | 현재 |
| 장수명 전력망용 배터리 | • 철 배터리를 활용한 재생에너지 전력 공급 안정 등 | 현재 |
| 인공지능을 위한 합성 데이터 | • 합성 데이터를 통한 인공지능 활용 확대 | 현재 |
| 말라리아 백신 | • `21년 첫 번째 백신의 WHO 승인 | 현재(제한적) |
| 탄소 제거 공장 | • 대기 중 이산화 탄소 제거를 위한 포집공장 건설 | 현재 |
| 코로나 변이 추적 | • 유전자 염기서열 분석을 통한 새로운 바이러스 확산 포착 | 현재 |

○ 세계경제포럼(WEF) 선정 2021년 미래 기술

- 향후 3~5년 동안 전 세계에 영향을 미칠 기술 발표

<표 1-45> WEF 선정 2021년 10대 미래유망기술

| 10대 유망기술 | 관련 기술 |
|-------------|--|
| 탈탄소화 기술 | • 대량에너지저장, 저탄소/무탄소 화학재료, 대체육류 등 |
| 자가 비료 식물 | • 질소비료 사용 감소를 위한 식물과 박테리아 관계 활용 자체 비료 생산 |
| 질병진단호흡센서 | • 인간 호흡에 포함 된 800가지 이상의 화학물 농도 변화 감지 |
| 주문형 의약품 제조 | • 연속호흡제조 등을 통한 맞춤형 의료 제조 |
| 무선신호 에너지 습득 | • 사물인터넷 센서 내 작은 안테나를 통한 무선 에너지 충전 |
| 건강·장수 공학 | • 노화 메커니즘 이해를 통한 치매와 같은 노화 질병 예방·치료 |
| 그린 암모니아 기술 | • 온실가스 배출 없이 그린 수소를 통한 그린 암모니아 생산 |
| 무선 바이오마커 장치 | • 비침습적 모니터링 기술 등을 통한 질병 예측 |
| 현지 조달 3D 주택 | • 현지의 점토, 모래 및 섬유를 3D 프린터에 적용한 건축물 생산 |
| 우주 사물인터넷 | • 저궤도·저비용 마이크로위성 데이터를 통한 우주에서의 IoT 기술 |

□ (국내) 미래유망 기술 및 기술 트렌드 분석

○ KISTEP 미래유망기술

- 한국사회의 핵심 트렌드 또는 변화로 인해 발생할 수 있는 미래이슈 전망으로
향후 10년 내 대응할 수 있는 기술 발굴

<표 1-46> KISTEP 선정 미래유망기술

| 2022년 탈탄소화 | 2021년 언택트 시대 | 2020년 초연결·초지능 |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 이산화탄소 포집 및 전환 기술 | 비침습 생체정보 기반의 심혈관 질환 관리 기술 | 실시간 건강 모니터링 기술 |
| 바이오 기반 원료·제품 생산 기술 | 교통약자를 위한 Level 4 자율주행 자동차 | 고용량 장수명 배터리 |
| 탄소저감형 고로-전로 공정기술 | LXP 기반의 개인 맞춤형 큐레이션 기술 | 스마트 자연재해 예측 및 통합 능동대응 기술 |
| 고용량·장수명 이차전지 기술 | 자율주행 기반의 라스트마일 딜리버리 서비스 | 고정밀지도 제작 기술 |
| 청정수소 생산 기술 | 지능형 엣지 컴퓨팅 | 오작동 실시간 모니터링 및 이상징후 탐지 기술 |
| 암모니아 발전 기술 | VR/홀로그램 기반 실시간 협업 플랫폼 | 개인정보 흐름 탐지 기술 |
| 전력망 계통 연계 시스템 | 인터페이스의 벽을 허무는 Beyond Screen 기술 | 정보 진위 판별 기술 |
| 고효율 태양전지 기술 | 초연결 시대의 사이버 지킴이, 인공지능 보안기술 | 초실감 인터랙션 기술 |
| 초대형 해상풍력 시스템 | 비대면 초실감 미디어 제작 및 중계 기술 | AI 플랫폼 구축 기술 |
| 유용자원(희토류) 회수 기술 | 온라인 쇼핑 쓰레기를 줄이는 녹색포장 기술 | 설명가능 인공지능 |

다. 미래예측 분석 결과

□ STEEP 분석

- (사회: Social) 저출생·고령화 등으로 인한 글로벌 인구구조 변화는 4차 산업혁명과 맞물려 디지털화·자동화를 앞당기고 있으며 코로나19 팬데믹으로 인한 비대면의 일상화는 쏠 산업 분야로 확대될 전망

<표 1-47> 사회 부문 분석

| 아젠다 | | 주요 키워드 | 관련 기술 부문 |
|---------|--------|----------|---|
| 인구구조 변화 | 고령화 | • 고령인구증가 | • 역노화기술 |
| | | • 기계대체 | • 노동로봇 대체 및 신체 능력을 위한 기계이식 등 |
| | | • 재교육 | • 인공지능 활용 사회구성원 재교육 기술 |
| | 저출생 | • 인공자궁 | • 인공출생기술 |
| | 이민인구증가 | • 범죄 | • 사고예방을 위한 상황인지형 인식기술 |
| 비대면사회 | 제조혁신 | • 자동화 | • 제조공정의 자동화 및 원격화 |
| | 로봇 | • 휴먼로봇 | • 상호작용이 가능한 휴먼케어 로봇 기술 |
| | 가상세계 | • 메타버스 | • 홀로그램 기술, 디스플레이 기술 등 가상의 경계를 없애고 실감적 체험을 위한 물리적 한계 극복 기술 |

- (기술: Technological) 미개척지로 남아있던 우주, 심해, 극지 개발을 위한 연구 등이 활발히 이루어지며, 바이오산업이 다양한 분야와의 융·복합을 통하여 혁신적 성장을 할 것으로 전망

<표 1-48> 기술 부문 분석

| 아젠다 | | 주요 키워드 | 관련 기술 부문 |
|---------|---------|----------------------------|-----------------------------|
| 미개척지 진출 | 우주생활 | • 우주 정착 | • 우주 적응 스마트팜 기술개발 |
| | | • 우주자원채굴 | • 달·화성·소행성 자원 채굴 기술 |
| | | • 우주사물인터넷 | • 저궤도 인공위성, 센서 기술 등 |
| | 심해탐사 | • 해양바이오 | • 심해 생물활용 저탄소 생산 기술, 신물질 획득 |
| | | • 심해관측용기기 | • 자율 작동 탐사체 개발 |
| | 극지개발 | • 자원개발 | • 무인 탐사정 |
| 모빌리티 진화 | 자율주행 | • 인공지능 | • 알고리즘을 통한 주행기술 |
| | 항공 | • 무인항공기 | • 플라잉카 등의 무인 자율주행 기술 |
| | 초고속 | • 하이퍼루프 | • 차량 부양기술 및 튜브 내 환경 유지 기술 |
| 바이오혁신 | 유전치료 | • 유전질환예측 | • 유전자가위 등을 통한 질환예방 |
| | | • 맞춤형 치료 | • 인공 유전자회로 제작 |
| | 기술결합 | • 합성생물학 | • 바이오와 ICT결합 |
| 예방진료 | • 의료비부담 | • 마이데이터 활용의 질환 예측 중심의 의료기술 | |

- (경제: Economic) 비대면 사회의 도래 및 메타버스 산업의 확대로 온라인 경제가 활성화되고 디지털 플랫폼의 가치가 증가할 것으로 예측되어 이를 위한 인공지능 활용 개인 맞춤 서비스 등의 기술개발이 증가 전망

<표 1-49> 경제 부문 분석

| 아젠다 | | 주요 키워드 | 관련 기술 부문 |
|------------|-------|------------|------------------------|
| 자본시장 변화 | 디지털경제 | • 온라인경제 | • 개인 데이터 보안 |
| | | • 가상화폐 | • 블록체인 기술 |
| | | • 개인맞춤 | • 빅데이터 및 인공지능 활용 |
| 신흥국 등장 | 경제다극화 | • 표준·규범 변화 | • 정보력 등을 위한 인공지능 수집 기술 |

- (자연환경: Ecological) 기후변화에 대응하기 위한 국제 규제의 심화에 따라 신재생에너지 활용 및 에너지저장을 위한 기술개발과 기후변화 예측을 위한 연구 등 지속가능한 사회유지를 위한 기술개발이 이루어질 것

<표 1-50> 자연환경 부문 분석

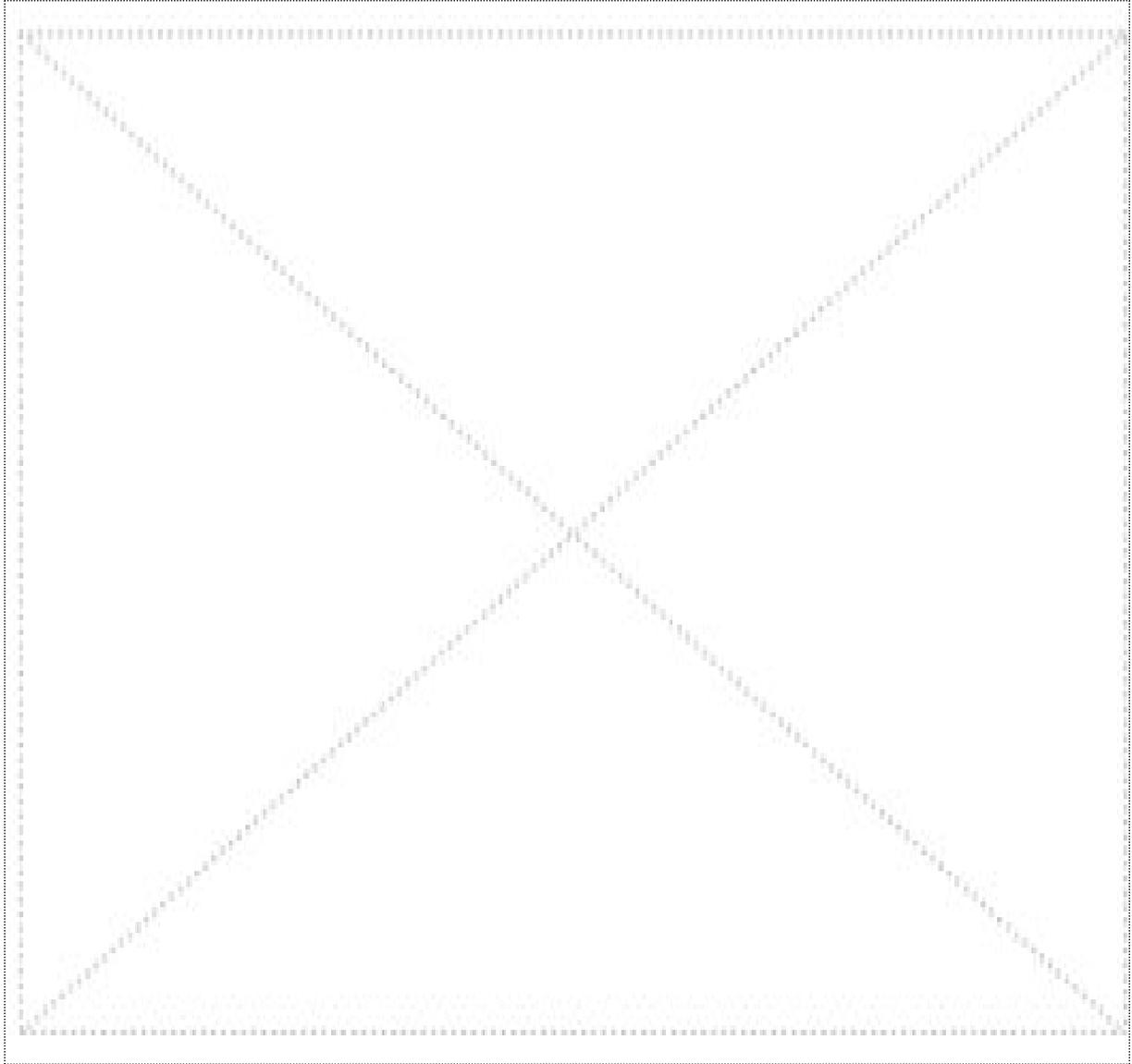
| 아젠다 | | 주요 키워드 | 관련 기술 부문 |
|------------|----------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 에너지원 변화 | 탄소중립 | • CCUS | • 탄소순환형 연료 개발 |
| | | • 발전믹스 | • 다양한 에너지원 개발 |
| | | • 탄소배출저감 | • 수소환원기술 |
| | 수소 | • 바이오가스 등의 활용 | • 폐기물 자원화 기술 |
| | 신재생에너지 | • 에너지자립 | • 고효율 광합성 소재 개발 및 대형 부유식 파력-해상풍력 발전 |
| 이차전지 | • 안전성 강화 | • 대용량화, 충격강화 등의 기술개발 | |
| 원자력 | • 오염물질예측 | • 방사능 모니터링 기기 및 기술 개발, 핵변환 기술 | |
| 기상이변 | 이상기후 | • 지구온난화 | • 비행체 기반의 모니터링 기술, 재난재해예측 모델링 |
| | | • 기후변화 | • 인공광원기술, AI 기반 스마트팜 |

- (정치 Political) 강대국들의 자국 우선주의가 팽배해지고 자국의 산업 보호 및 성장을 위한 기술블록화가 진행됨에 따라 첨단기술을 보호하기 위한 사이버 보안 분야의 성장 전망

<표 1-51> 정치 부문 분석

| 아젠다 | | 주요 키워드 | 관련 기술 부문 |
|---------------|------------|-------------|--------------------------|
| 국가 간 갈등 심화 | 자국 우선주의 | • 기술블록화 | • 사이버 보안 |
| | | • 글로벌밸류체인변화 | • 소·부·장 국산화 |
| | | • 국방 | • 사이버 보안, 인공지능 기반의 예측판단 |
| 국가관변화 | 큰정부 | • 공공관리 | • ICT 도입을 통한 사회서비스망 확보 |
| | | • 위기대응 | • 사이버·물리 공간에서의 위협 탐지 기술 |
| | 민주주의 | • 참여민주주의 | • 블록체인 활용을 통한 전자투표 보안 감시 |

□ 메가트렌드(STEEP) 분석을 통한 미래사회 예측



<그림 1-21> 메가트렌드 분석

- 고령화, 바이오 시장 확대, 디지털 경제, 에너지원 다변화, 글로벌 공급망 변화 등의 이유로 미래사회는 다양한 분야에서 데이터를 기반으로 ICT 산업과 융·복합이 이루어질 전망
- 국가 기술경쟁력 강화와 연구개발의 과급력을 높이기 위해선 인공지능 로봇과 소·부·장 에서의 기술혁신이 필요

2.2 국내외 정책 동향

가. 해외 주요국 정책 동향

미국

(1) 정책방향

□ 미국은 국가경쟁력 강화를 위해서 임무지향적 과학 기반 (Mission-oriented Science based) 및 변혁적 연구(Transformation 활성화 중심으로 정책을 추진

○ (임무지향적 과학 정책) 사회현안, 국가 기술경쟁력 강화 등 국가적 임무를 목적으로 하는 모든 과학기술적 자원을 총동원하는 체계

○ (기초과학 기반 정책) 단순선형모형(Simple Linear Model)에 기반하여 기초연구에 집중

* 단순선형모형(Simple Linear Model) : 혁신적인 기초과학 지원으로 기술 개발 및 제품 혁신으로 이어진다는 혁신에 대한

○ (변혁적 연구 활성화 정책) 혁신적인 성과 창출 및 기술확보를 위한 대안으로 고위험 혁신 연구를 장려

□ 과학기술혁신 거버넌스

○ 독자적인 행정임무를 담당하는 여러 연방부처들에 의해 다원화된 과학기술정책이 추진되며, 국가의 주요 임무를 기준으로 연구관리 및 연구를 수행하는 분산형 체계의 특징

○ 2000년대 들어 범부처 R&D 사업의 확대를 통해 부처 미션을 재조정하고 부처 간 협력을 유도

○ (주요 특징) 범부처적 추진체계를 구성하여 관련 부처 및 기관들 간에 유기적인 협력관계를 구축하여 종합적 접근을 통해 다양한 혁신주체의 의견수렴과 네트워크를 강조

(2) 주요 정책 및 전략

□ America COMPETES act(미국경쟁법)

○ Ameriaca COMPETES act*는 '07년 미국과학한림원(NAS) 권고 및 ACI 추진에 따라서 상·하원에서 제시된 여러 법안과 통합하여 제정

* America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education and Science Act의 약칭

<표 2-1> America COMPETES act 관련 주요 법안

- '10,000 teachers, 10 Million Minds' Science and Math Scholarship Act
- Sowing the Seeds Through Science and Engineering Research Act
- Establishing the Advanced Research Projects Agency-Energy(ARPA-E) Act
- The National Science Foundation Authorization Act of 2007
- To Amend the High-Performance Computing Act of 1991

* 출처: KISTEP(2007), 미국 「America COMPETES Act」 주요 내용

○ 미국의 글로벌 경쟁력 우위 지속을 위해 연구개발투자 확대 및 수학·과학 교육 개선을 주요 목적으로 제정

- (고위험·고수익 기초연구 투자 확대) 매년 연구기관별로 고위험·고수익 기초연구 지원에 대한 투자 비율을 확정하고 지원 프로그램, 부서 신설, 민간 기술 혁신 지원 확대 등 투자를 확대

- (STEM* 교육 강화) STEM, 외국어 분야의 교사의 역량 강화 및 신규 교사 양성과 초·중등 STEM 교육 확대

* 과학·기술·공학·수학(Science, Technology, Engineering and Mathematics)의 약칭

- (미래 과학기술 인재 양성 지원 강화) 국가적으로 중요한 다학제간 연구 분야 대학원 지원 및 장학프로그램 확대

- (우수 젊은 연구자 지원 확대) 신진 과학자 및 공학자 지원 프로그램 시행 및 박사후 과정 연구원 지원 강화

- (혁신활동 강화를 위한 기획·조정 강화) 대통령 직속 혁신 및 경쟁력 자문회의 신설 및 연구 인프라 조성을 위한 국가적 기획·조정

○ '07년 미국 경쟁력 강화를 위해 제정된 후, 시대적 요구에 따른 개정 지속

<표 2-2> America COMPETES act 제정 및 개정이력

| 구분 | 주요내용 | 비고 |
|--|---|--------------|
| Act of 2007 (Public Law 110-69) | <ul style="list-style-type: none"> • (개요) 고위험·고수익 기초연구 및 혁신기술 기획·투자 확대 • (내용) 주요 연방기관(NSF, NIST, DOE) 예산 배증, ALPA-E 신설, 직제 개편 | 완료 |
| Act of 2010 (Public Law 111-358) | <ul style="list-style-type: none"> • (개요) 물리과학 기초연구 투자 확대 및 STEM교육 강화 • (내용) NSF 및 NIST 예산 배증, NASA 및 과학기술정책실 STEM교육 지원 | 완료 |
| Act of 2022 | <ul style="list-style-type: none"> • (개요) 반도체 산업 및 안보(상품 제조 및 공급망 지원 등) 관련 투자 확대 | 진행 (하원통과) |

□ **바이든 정부의 과학기술정책**

- '21년 1월 새롭게 출범한 바이든 정부는 R&D를 통한 전략기술분야의 주도권 확보, 코로나 19등 국제 현안 해법 제시, 국민 체감형 사회문제 해결 등을 중점적으로 추진
- '20년 6월에 상원 통과한 Endless Frontier act를 통해서 기초·도전연구, 인력양성, 기술사업화, 지역혁신 등 전방위적 과학기술 혁신노력 강화
 - ➔ Endless Frontier act는 미국 과학분야 리더십과 국가 안보 미 이익을 위한 기술수준을 장기적으로 고양하는 것을 목적으로 하는 법안으로
 - ➔ 국립과학재단(NSF), 상무부(DOC), 에너지부(DoE), 항공우주국(NASA)에 5년간 R&D 자금 1,200억 달러를 배정하여 연방정부가 미국의 과학 및 기술혁신을 주도, 이공계 인재 양성 촉진

<표 2-3> Endless Frontier act의 주요 내용

| Title | 주요 내용 |
|-----------|---|
| Title 1 | <ul style="list-style-type: none"> • 국립과학재단(NSF) 내 기술혁신국(Technology Directorate) 신설 • 향후 5년간 290억 달러 예산 배정을 통한 과학진흥 업무 추진 • 기술국은 제반 연구의 성과를 실제 기술에 적용하고 미국의 기술 리더십을 발전하는데 주력 • AI, 양자컴퓨팅 등 분야의 연구개발 지원, 지식재산권 보호, 기술 테스트베드 건립, 상기 산업과 관련된 인력 양성과 장학금 지원 업무 수행 |
| Title 2 | <ul style="list-style-type: none"> • 국립과학재단(NSF) 내 CDO(Chief Diversity Officer) 직위 신설 • 농어촌 지역의 STEM 교육 촉진 • 기존 수행하던 정밀농업, 양자정보과학, 희토류, 바이오경제 관련 프로젝트 등에 5년간 520억 달러 추지 지원 |
| Title 3 | <ul style="list-style-type: none"> • 적국으로부터 연구성과를 보호하기 위해 국립과학재단(NSF) 내 연구보안 오피스 인가 • 대학의 연구결과 유출방지를 위한 사이버안보 업무 수행 • 이외 연구보안 관련 리스크 연구 및 공유 기관 신설 • 연구자의 적국의 인재양성 프로그램 참여 행위 금지 |
| Title 4~5 | <ul style="list-style-type: none"> • 제조업체 역량강화를 위한 상무부 제조업 기술확장 파트너십(MEP) 예산 4배 증액 • 공급망 회복력 강화를 위한 동맹국과의 협력방안 연구 프로그램 신설 |
| 기타 | <ul style="list-style-type: none"> • 우주공학 기술개발 및 인재양성, 농어촌 인터넷 설비 보완, 통신분야 국제 표준 구축 참여 등을 위한 예산을 항공우주국(NASA) 국립통신정보청(NITA), 에너지부(DoE)에 편성 • 예산 편성액은 약 260억 달러 |

* 출처 : KITA(2021), 미국의 중국견제 패키지법안, 미국혁신경쟁법(USICA)의 주요내용과 시사점

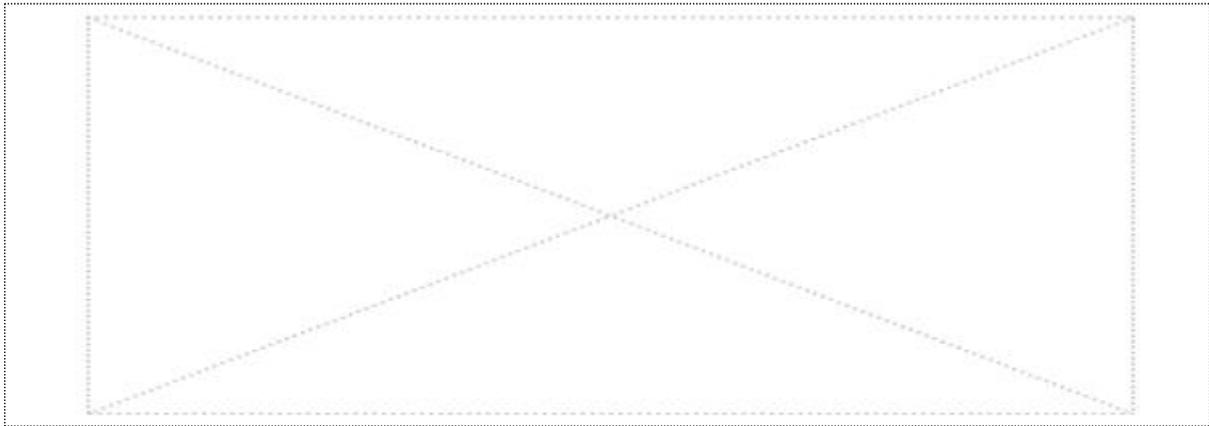
□ 2NIH Reform Act(미국국립보건원 개혁법)

- NIH Reform Act는 '07년에 신설된 국민건강증진에 대한 중요성을 바탕으로 NIH의 개혁을 통해서 기능을 강화를 목적으로 하는 법안으로 부시대통령에 의해 서명
- NIH Reform Act에서는 NIH 원장 권한 강화를 통한 산하 기관 간 프로그램 조정 권한 부여 및 공동기금(Common Fund)을 통해서 범-NIH 차원의 협력연구를 확대·강화
 - 공동기금(Common Fund)은 '04년 NIH 로드맵에서 출발하여 NIH Reform Act에 의거 기금이 마련되면서 추진

<표 2-4> NIH Reform Act 주요 내용

- NIH 원장의 기관 간 프로그램 조정 권한 부여
- 프로그램 조정, 기획, 전략적 이니셔티브 부서 신설
- 미 DHHS 장관에게 연구소 및 센터 재조직화 권한 부여('과학적 관리검토 위원회' 신설로 7년 주기 조직 평가)
- NIH 연구기관 및 센터들의 협력연구를 위한 공동기금(common fund) 수립
- 임상 및 중개 연구 지원(Clinical and Translational Science Awards, CTSA) 프로그램을 위한 기관 설립

* 출처 : STEPI(2015), 미국 보건의료 R&D 시스템의 특징과 시사점



* 출처: STEPI(2015), 미국 보건의료 R&D 시스템의 특징과 시사점

<그림2-1> 미 NIH 사업구조의 변화

- NIH의 공동기금(Common Fund) 프로그램은 단기 목표(5~10년) 달성을 중심으로 바이오의료 분야에서 혁신적인 과급효과를 미치는 아이টে에 전략적으로 투자
 - * 관리부서: NIH 원장 직속 Division of Program Coordination, Planning, and Strategic Initiatives'(DPCPSI) 내 Office of Strategic Coordination(OSC)
 - NIH 내에서 벤처캐피탈 기능을 하며, 우선순위가 높은 연구이지만 단일 기관에서 해결이 어려운 고위험 혁신 분야에 대해서 2개 이상의 산하 기관 간 협력을 통해 긴급과제 해결 및 새로운 과학적 기회 창출을 추진

- 예산은 `08년 4.9억 달러에서 `15년까지 5억 달러 수준으로 투자되었으며, `16년 이후 6억 달러 규모로 상향되어 `21년에는 6억 4,854만 달러

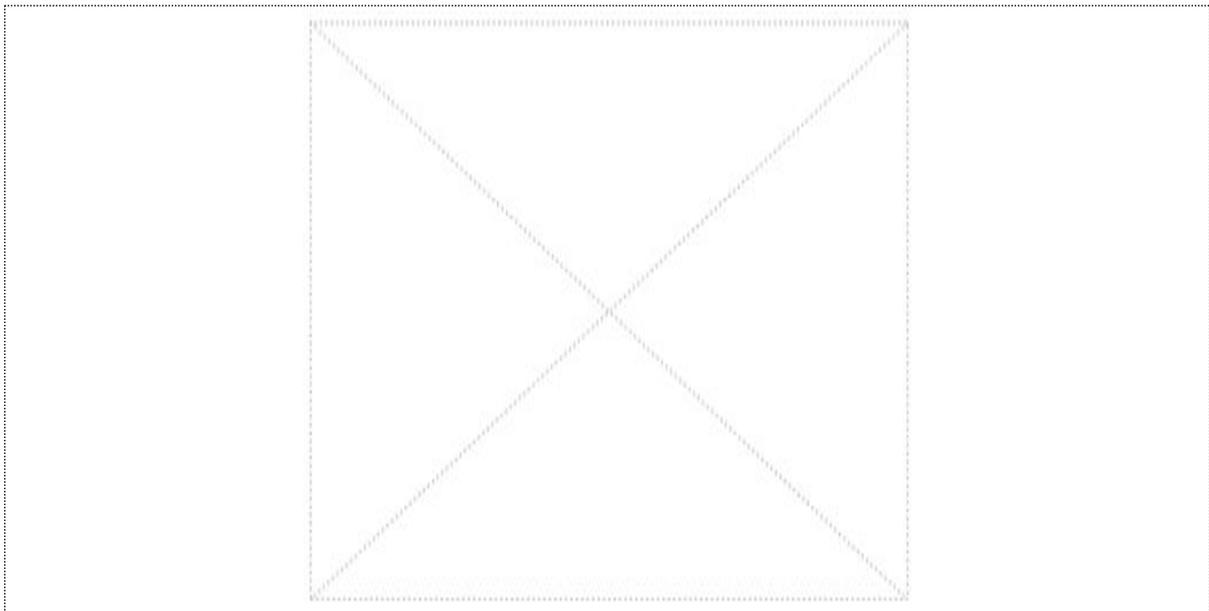
→ `22년 예산 요구액은 6억 5,854달러

- 공동기금(Common Fund)으로 선정되기 위해서는 Transformative(변혁성), Catalytic(촉매성), Synergistic(협동성), Cross-cutting(조정성), Unique(독창성) 까지 5가지 기준에 부합해야 함

<표 2-5> NIH Reform Act 주요 내용

| 선정 조건 | 내용 |
|---------------------|---|
| Transformative(변혁성) | • 향후 년 동안 바이오의학(biomedical) 또는 행동연구 (behavioral research)에 큰 영향을 줄 수 있는 잠재력 보유 |
| catalytic(촉매성) | • 최대 10년 내에 내에 정해진 높은 효과(impact) 목표를 달성하고, 이후 결과물은 과학적 연구의 진행을 공법위하게 가속화 |
| Synergistic(협동성) | • 결과물은 건강의 이익을 위한 NIH 연구소 및 센터의 개별 미션을 시너지 효과으로 촉진 및 발전 |
| Cross-cutting(조정성) | • 프로그램 영역은 여러 NIH 연구소 및 센터의 미션을 포괄하고 여러 질병 또는 상태와 관련이 있으며, NIH를 초월한 조정이 필요할 정도의 복잡성 |
| Unique(독창성) | • 다른 기관이 추진할 가능성이나 할 수 있는 능력이 없어야 함 |

* 출처: NIH(2014), A decade of dicoverly - The NIH Roadmap and Common Fund



출처: NIH(2014), A decade of dicoverly - The NIH Roadmap and Common Fund

<그림2-2> 미 NIH Common Fund 선정 기준

(1) 정책방향

- EU는 EU의 경제부흥과 국제사회에서의 경쟁력 강화를 위한 핵심 정책방향으로 연구와 혁신(R&I)을 설정하고 이를 위한 영향력 제고를 위한 방안으로 임무지향형 혁신정책을 강조
- (R&I 정책) 회원국의 녹색성장 및 디지털화를 추진하기 위해서 연구, 혁신, 과학 및 기술에 대한 종합적인 투자
- (임무지향형 혁신정책) 정해진 시간 내에 사회현안 과제를 해결하기 위하여 과학, 기술 및 혁신 등을 활용하여 추진하는 정책

(2) 주요 정책 및 전략

□ 제9차 프레임워크, Horizon Europe

- (배경) Horizon Europe은 고도로 숙련된 인력과 최첨단 연구에 대한 투자를 늘려 EU의 과학 및 기술력을 향상 시키고자 추진
- (목적) EU의 산업 경쟁력을 높이고 산업계가 혁신적인 성과를 올리기를 꾀하는데, 특히 신설되는 유럽혁신위원회와 유럽혁신기술연구소의 지원으로 새로운 시장을 창출할 혁신역량을 지원
- (목표) 기후변화에 관한 파리협약(Pairs Agreement)처럼 EU의 전략적 우선 주제에 대응하고, 평상시의 삶의 질에 영향을 끼치는 글로벌 난제를 해결할 목표
- (중점과제) 오픈 사이언스(Open Science), 글로벌 과제와 산업 경쟁력(Global Challenges & Industrial Competitiveness), 오픈 이노베이션(Open Innovation)

* Horizon Europe은 Horizon 2020에서처럼 3개의 중점 과제 구조를 띄면서 과제 각각의 명칭과 내용은 달라짐

- (오픈 사이언스) EU의 과학기반 강화를 위한 '기초과학분야' 연구를 집중 추진
 - ➔ 상향식 과제구성을 기본원칙으로하고 미래신기술 프로그램에 관해 새로운 아이디어와 연구주제 탐색을 지원
- (글로벌 과제/산업 경쟁력) 사회 각분야 이해관계자의 참여, EU회원의 연구혁신 활동을 연계

➔ 공동연구센터를 통해 EU의 정책방향을 뒷받침하며 클러스터를 중심으로 산업계 핵심유망기술의 혁신역량 강화를 주목적으로 고려

- (오픈 이노베이션) 유럽혁신위원회-혁신기업 간 One-stop Shop으로 업계나 시장을 재편성할 전략적 신기술 개발에 중점 투자하여 생태계 조성 과 혁신기술연구소 활용을 강조

○ Horizon2020 후속으로 수립한 유럽의 정책적 아젠다로 유럽 회원국 간 국제공동 연구개발을 장려

- 이번 아젠다는 과학기술역량과 산업경쟁력 강화 촉진, 글로벌 사회과제 해결에 기여하는 전략을 핵심영역으로 제시

- 기본적으로 기존 Horizon2020의 기본이념과 수행틀을 승계하여 '혁명이 아닌 진화 (Evolution not revolution)'를 기본방향으로 가져가고 있음

- 전년 계획 대비 20% 예산이 증액되어 현재 유럽에서 추진하는 가장 큰 규모의 연구혁신 지원 프로그램으로 상징성을 가짐

<표 2-6> 중점과제별 내용과 지원자금

| 구분 | 내용 | | 지원자금 (유로) | |
|-------------------------|-----------|---|--|------|
| 오픈 사이언스 | 유럽연구위원회 | • 프론티어 연구 | 166억 | |
| | 마리 퀴리 사업 | • 유럽 내 과학기술 인력 양성을 목적 • 연구원 대상 뛰어난 훈련 과정을 통해 새로운 skill 지원, 시너지 개선 및 강화 등 | 68억 | |
| | 연구 인프라 | • 유럽 연구 인프라 통합 • 개방적이, 통합적이고 상호연결되는 연구 인프라 • 유럽 연구 인프라 정책과 국제협력 강화 | 24억 | |
| 글로벌 과제와 산업 경쟁력 | 클러스터 | 헬스 | • 평생 건강, 환경 및 사회적 건강결정요인, 전염병 등 | 77억 |
| | | 포용적이고 안전한 사회 | • 민주주의, 문화유산, 사회경제적 변형, 재앙에 내성이있는 사회 등 | 28억 |
| | | 디지털과 산업 | • 생산기술, 핵심 디지털 기술 등 | 150억 |
| | | 기후, 에너지 및 모빌리티 | • 기후과학과 해결책, 에너지 공급 등 | 150억 |
| | 식량 및 천연자원 | • 환경 관측, 생물다양성과 자연자본 등 | 100억 | |
| | 공동연구센터 | • 5개 클러스터 외에 공동연구센터 (Joint Research Center)의 비핵화 직접 활동 • EU정책에 대한 독립적이고, 증거에 기반한 과학기술 자료를 제공 | 100억 | |
| 오픈 이노베이션 | 유럽혁신위원회 | • 선진 연구를 위한 패스파인더, 엑셀러레이터 등 | 105억 | |
| | 유럽혁신생태계 | • EIC 포럼 조직 | | |
| | 유럽혁신기술연구소 | • 전유럽 지속가능 혁신에코시스템, 시장에 대한 새로운 솔루션 등 | 30억 | |

* 출처: 유럽집행위원회의 Horizon Europe 계획 (2018) KERC 김주환

□ 유럽 연구혁신 위원회(DG Research and Innovation)

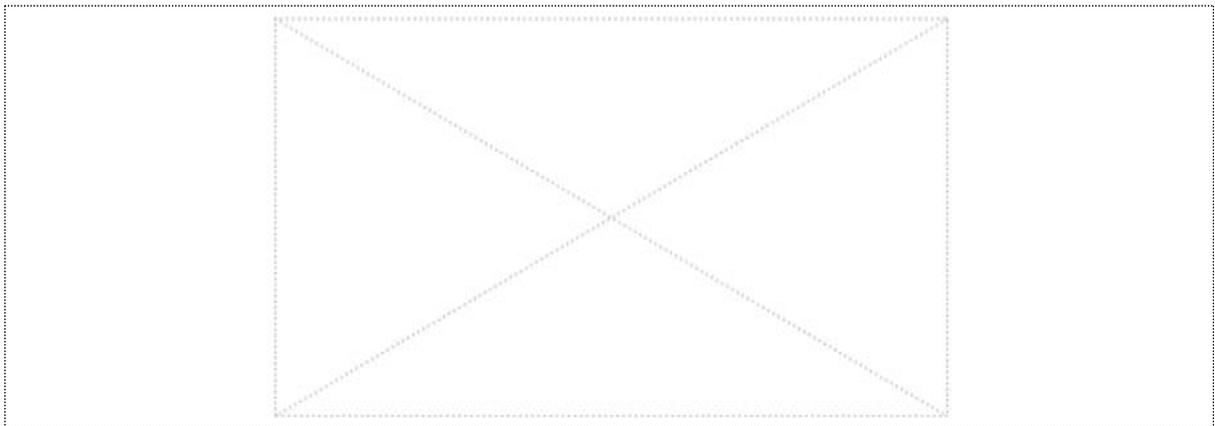
○ (미션) 회원국, 국제파트너, 대중, 산업체 및 기타 관련자들과의 협력을 통해 R&I 정책을 수립 및 실행

- 위원회는 투자 및 관련 규제 지원을 통해 친환경 및 디지털 혁신을 목표로 인류와 지구의 지속가능하고 안전·공정·번영하는 미래로의 전환을 가속화하는데 기여

- 검증된 과학기술을 기반으로 대중, 산업체의 의견수렴을 통해 수립함으로써 사회에 큰 영향을 미치는 것을 지향

⇒ 윤리적이고 효율적인 운영방식으로 부가가치 창출하는데 초점을 맞춤

○ (주요 과업) 위원회에서는 7개의 주요 과업을 설정하고 추진



* 출처: KIAT(2021), 유럽 연구혁신 위원회 전략계획 2020-2024

<그림2-3> 유럽 연구혁신 위원회 주요 과업

- (유럽 그린딜(Green Deal)) 기후변화에 대응하고 녹색산업정책의 실행 및 지속성을 위한 원동력 역할을 통해서 2050년까지 유럽이 세계 최초 기후 중립 대륙이 되는 것을 목표

⇒ 호라이즌 2020 사업 내에서 약 10억 유로(약 1조3천억원) 규모의 그린 딜 콜(call)이 진행 예정

- (디지털 시대를 선도하는 유럽) 높은 수준의 과학, 지식 및 혁신적 해법을 통해서 EU 내 광범위한 디지털 및 산업화를 가속

- (사람 중심의 경제) EU기 공정함을 유지하며 번영할 수 있는 방안 초점을 맞추고 있고 중소기업의 지원 및 사회적 권리와 평등을 더 강화

- (세계 속의 유럽역량 강화) EU의 전략적 R&I 국제 협력 및 Horizon Europe 정책에 대한 개선 정책 포함 글로벌·다자간 협력체계의 주도권 차지할 수 있는 역량 강화

- (유럽식 삶의 방식 촉진) 질병의 예방·모니터링, 진단, 치료 및 완치를 위한 혁신적인 해법을 개발하여 모든 연령대의 건강을 증진하고 보호
- (유럽민주주의에 근간한 새로운 정책) 정치 참여와 대중사회 참여 확대, 책임과 정당성 제고, 권리 보호, 평등 및 포용 촉진과 민주기관 신뢰 강화에 기여
- (성과달성에 유리한 지속가능한 현대식 유럽위원회) 공동수행 센터(Common Implementation Centre)와 공동정책 및 사업 센터(Common Policy and Programming Centre)는 연구 혁신 사업의 관한 정책수립 및 사업의 구상 및 실행을 위한 기본 사업 틀 제공

<표 2-7> 유럽 연구혁신 위원회 7대 과업

| 주요 과업 | 세부실행 항목 |
|--|---|
| (과업 1) 유럽 그린 딜 (Green Deal) | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 1.1) 높은 수준의 과학, 지식 및 혁신적인 해법은 기후문제 대처에 주요 수단이며, 생물다양성, 생태계 및 천연자원을 보전에 기여 • (항목 1.2) 공공 및 민간부문에서 기후변화관련 연구와 혁신을 위한 적극적인 투자로 유럽 그린 딜의 영향력을 강화 • (항목 1.3) Horizon Europe 사업과 미션 및 파트너십을 함께 구축하여 기후 중립 달성을 위한 연구 및 혁신의 핵심 역할에 대한 인식 향상 |
| (과업 2) 디지털 시대를 선도하는 유럽 | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 2.1) 높은 수준의 과학, 지식 및 혁신적인 해법은 새로운 인공지능 분야로의 진출 등의 디지털화를 촉진 • (항목 2.2) 재활성화 되는 유럽 연구의 장은, 사회적, 경제적 및 생태적 전환의 방향을 설정, 우수성을 확산하고 연구 및 혁신에 대한 격차를 해소하며 새로운도전에 대한 공동의 글로벌 대응 방안 마련에 기여 • (항목 2.3) 연구 및 혁신수행과 유럽혁신 이사회(EIC - European Innovation Council)는 혁신적인 기술을 통해 중소기업을 개발하고 성장시키는데 기여 |
| (과업 3) 사람중심의 경제 | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 3.1) 연구와 혁신의 수행 및 R&I(연구혁신정책) 투자증대 및 수행은 경제성장 및 일자리 창출을 촉진 |
| (과업 4) 세계 속의 유럽역량 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 4.1) 지역연구(Regional Research) 및 혁신 전략과 광범위한 협회 정책은 유럽의 공동 연구혁신 정책의 가치를 증진하고 글로벌 연구 및 혁신의 장을 만드는 데 기여 |
| (과업 5) 유럽식 삶의 방식 촉진 | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 5.1) 연구와 혁신은 새로운 위협에 대처하고 위기 대처능력의 개선을 위한 해법을 주며, 기술 및 혁신을 개발하고 실행 • (항목 5.2) 연구와 혁신은 유럽의 암 퇴치 계획을 포함, 유럽의 의학 주도권을 가지도록 도모 |
| (과업 6) 유럽민주주의에 근간한 새로운 정책 | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 6.1) 유럽의 연구와 혁신정책으로 대중의 참여를 도모하고 사회적 포용 및 평등정책을 지원 |
| (과업7) 성과를 달성에 유리한 지속가능한 현대식 유럽위원회 | <ul style="list-style-type: none"> • (항목 7.1) 공동수행센터(Common Implementation Centre)와 공동정책 및 사업센터(Common Policy and Programming Centre)는 연구와 혁신 기본사업과 기타 유럽연합 사업의 효과적이며 효율적인 정책수립, 계획 및 실행을 위해 사용자 중심의 서비스 및 도구를 유럽위원회에 제공 |

* 출처: KIAT(2021), 유럽 연구혁신 위원회 전략계획 2020-2024

중국

(1) 정책 방향

□ 사회목표와 R&D를 연계지원하며, 장기적 발전 전략을 수립하고 제조업 혁신 생태계 구축에 주력

○ ‘따통(大同)사회’(부강한 사회주의), ‘샤오캉(小康)사회’(삶의 질 보장)와 같은 사회목표와 R&D를 연계하여 투자, `16년 과학기술분야 재정지출은 2,706억 위안으로 전년대비 9.1% 증가

- OECD(`14) 및 美과학위원회(`17)는 그간 미국이 우위를 점해 온 총 R&D 지출이 `19년을 기점으로 중국에 역전될 것으로 전망

→ 중국 총 R&D 지출의 연간 증가율은 18% 수준으로 4% 정도인 미국에 우세

- 중국의 제조업 R&D 투자규모는 ‘14년 기준 2,525억불로 미국(2,215억불)을 제치고 이미 세계 1위로 부상(현대경제연구원, 경제주평」, 2018.4)

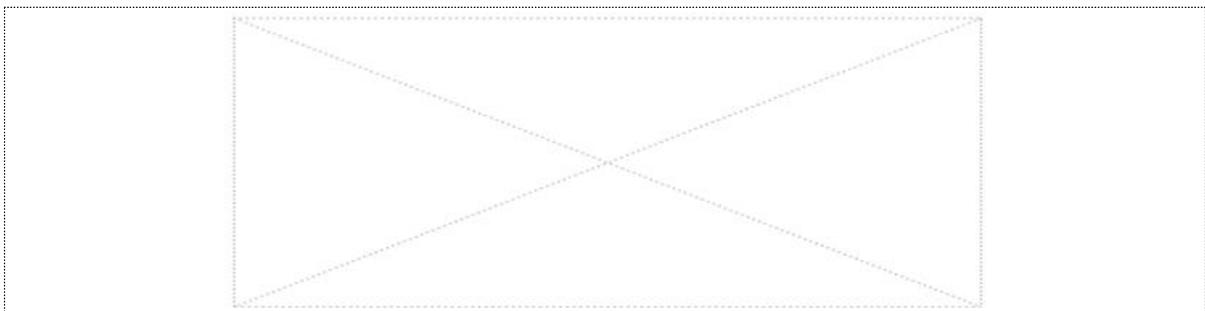
□ 시진핑 정부*의 과학기술 정책

○ 시진핑 정부는 기존의 과기정책·사업에 대한 점검을 토대로 ‘혁신주도 발전’을 새 정부의 정책 기조로 확정

* 시진핑 정부 1기(2013~2017), 시진핑 정부 2기(2018~2022)

* 자료 : 중국 과학기술혁신 정책 동향과 한중 협력 방안(2018) KISTEP

○ 2050년을 지향하는 과학기술 발전 청사진인 혁신주도형 발전전략 기획강요(`16.5) 발표로 ‘과학굴기’를 위한 구체적 로드맵 제시



<그림2-4> 중국의 과학기술혁신강국 건설 단계별 목표

○ (주요 시책) 고위급·정례적 기업 기술혁신 대화와 자문 제도를 정립하여 국가 혁신정책 의사결정에서 중요한 역할을 발휘하도록 추진

(2) 주요 정책 및 전략

□ 14차 5개년 계획(2021~2025)

- 중국의 5개년 계획은 중앙정부에서 발표하는 5년 단위의 경제 계획으로, 경제성장, 과학기술 및 산업 발전, 사회/인프라 개선, 노동, 국방, 교육 등 사회 전 분야에 걸친 목표를 제시하는 핵심 정책
 - 14차부터는 `21~`25년 중국 경제사회 발전에 대한 고민이 담긴 국정운영계획으로 사회주의시장 경제를 강조하기 위해 계획으로 지칭
 - 14차는 기존 특정 산업 육성 중심의 전략을 벗어나 가치사슬 고도화라는 관점에서 정책을 추진
 - ➔ 5개년 계획은 기초가 전략적으로 변화하고 있으며, 11차는 해외투자 유치 및 생산량 증대, 12차는 자주 혁신, 13차는 세계선도 기술 개발을 목표로 함
- 이번 계획은 역(逆) 세계화와 글로벌 가치사슬 재편,美中갈등 등의 환경변화에 대응한 6대 목표 실현을 강조하고 있음
 - 6대 목표는 '경제발전의 새로운 성과 달성', '개혁개방의 새로운 전진', '사회문화 수준의 새로운 향상', '생태문명 건설의 새로운 진보', '민생복지의 새로운 도약', '국가 거버넌스의 새로운 제고'임
- 경제적 성장에 있어 내수시장 순환을 중심으로 국제시장으로 시장을 확대하는 '쌍순환 전략'을 내세우고 있음
 - 질적 성장, 내수확대, 디지털을 활용한 기술혁신과 산업 고도화를 통해 내수중심의 성장을 지향하고 대외적으로는 기술협력, 투자, 무역 등을 통해 글로벌 교류 관계를 재편하는 개념을 의미
- 기술경쟁 시대에 과학기술을 바탕으로 한 혁신주도를 최우선 과제로 제시
 - 국가발전 전략 기반으로 과학기술 자립자강을 추진하고, `25년 말까지 국가 R&D 투자를 매년 7% 이상 확대 전망
 - 산업 측면에서 기업의 기술혁신 역량 향상에 초점을 두고 선도기업 역할 강화, 범용기술 플랫폼 구축, 기초연구 투자지원을 계획

<표 2-8> 중국 14차 5개년 계획 기간 과학기술 키워드 및 주요 정책

| 구분 | 내용 |
|------------|---|
| 핵심방향 | <ul style="list-style-type: none"> 기술자립, 쌍순환 |
| 전략기술 | <ul style="list-style-type: none"> (7대 과학기술) <ul style="list-style-type: none"> ✓ AI, 양자정보, 집적회로, 뇌과학, 유전자 바이오, 임상의학 헬스케어, 우주심해·극지탐사 등 |
| | <ul style="list-style-type: none"> (8대 산업) <ul style="list-style-type: none"> ✓ 고급신소재, 주요기술장비, 지능형제조·로봇, 항공엔진, 베이더우항법시스템, 신에너지자동차, 첨단의료기기·신약, 농업기계장비 |
| R&D 인프라 구축 | <ul style="list-style-type: none"> 국가실험실 건설 추진, 국가기술혁신센터 최적화 기초연구 투자 확대('21년 10.6% 증액) 국제 과기혁신센터, 국가자주혁신시범구 강화 |
| 기업지원 | <ul style="list-style-type: none"> 산·학·연 연계를 위한 선도기업의 컨소시엄 추진 기업의 연구개발 우대 및 장려 창업투자 감독관리체제 및 발전정책 보완 |
| 인재양성 | <ul style="list-style-type: none"> 연구인력 인센티브 심사·평가 등 제도 개선 |
| 제도개선 | <ul style="list-style-type: none"> 출신·자질 불문 능력 위주 등용 추진 과학기술 글로벌 개방협력 촉진 지식재산권 보호 강화 |

* 출처 : KIEP(2020), 중국 14차 5개년 계획(2021~2025)의 경제정책 방향과 시사점

□ 인프라 관련 정책 - 제조업혁신센터 설립과 운영

<표 2-9> 중국의 제조업혁신센터 설립 현황

| 영문명(또는 국문명) | 중문명 | 설립년월(지역) |
|---|----------------|-------------|
| China Automotive Battery Research Institute 국가 동력배터리 혁신센터 | 国家动力电池创新中心 | 16.06.(베이징) |
| National Innovation Institute of Additive Manufacturing 국가 적층제조 혁신센터 | 国家增材制造创新中心 | 16.12.(서안) |
| National Information Optoelectronics Innovation Center 국가 정보 광전자 혁신센터 | 国家信息光电子创新中心 | 18.04.(무한) |
| National Robotics Innovation Center 국가 로봇 혁신센터 | 国家机器人创新中心 | 18.06.(심양) |
| 국가 인쇄 및 유연디스플레이 혁신센터 | 国家印刷及柔性显示创新中心 | 18.01.(광저우) |
| National IC Innovation Center 국가 집적회로(IC) 혁신센터 | 国家集成电路创新中心 | 18.07.(상하이) |
| National Intelligent Sensor Innovation Center 국가지능형(스마트)센서 혁신센터 | 智能传感器创新中心 | 18.07.(상하이) |
| National Innovation Institute of Digital Design and Manufacturing 국가디지털설계 및 제조혁신센터 | 国家数字化设计与制造创新中心 | 18.10.(무한) |
| 국가신진컴퓨터산업혁신센터 | 国家先进计算产业创新中心 | 18.12.(톈진) |

○ 중국 국무원은 제조업 혁신 생태계 구축을 위해 기술, 조직, 자본을 연계하고, 제조업혁신센터 설립을 통해 제조강국 건설 기반 조성

* 2020년까지 15개, 2025년까지 40개 설립을 목표로 하며, 현재 9개의 센터를 설립 운영 중

일본

(1) 정책방향

□ 초(超)스마트사회를 지향하며, 정부-민간 및 범부처 영역 협력 강화

- 정부 중심의 R&D 프로그램과 민간 추진 중심의 산업육성 전략을 기반으로 실행 추진

- 기초연구에서 사업화, 규제개혁까지 포괄하는 범부처 R&D 프로그램 추진

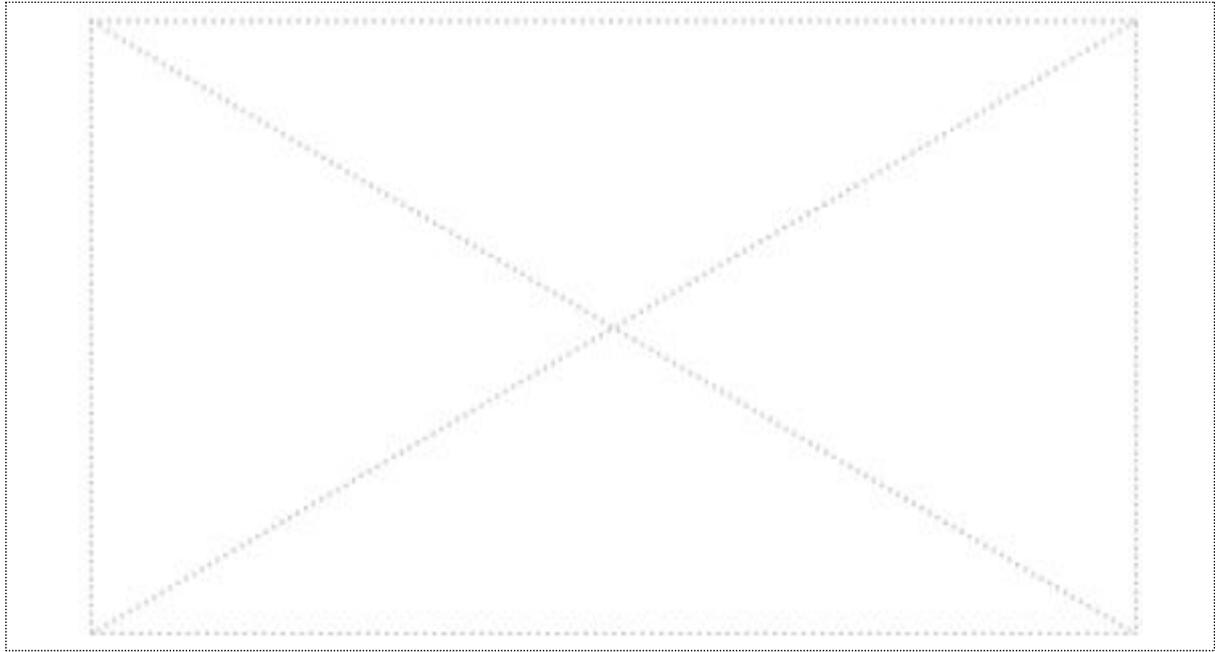
(2) 주요 정책 및 전략

□ 제6기 과학기술·혁신 기본계획

- 제5기 과학기술기본계획에서 제시했던 초(超)스마트사회(Society5.0)*'를 통해 지향해야 하는 사회상을 구체화하고 이를 실현할 수 있는 실행방향성을 제시

- 향후 5년간 Society5.0 사회를 구체화를 통해서 변혁을 실현하여, 코로나 이후의 세계를 선도하는 국가로 나아가기 위한 미래에 대한 투자 추진

* (초스마트사회 정의) 필요한 서비스를 필요한 사람에게, 필요한 때에 필요한 만큼 제공하고 사회의 다양한 요구에 정확하게 대응할 수 있으며, 모든 사람들이 조건에 관계없이 양질의 서비스를 받을 수 있는 사회를 의미



* 출처: STEPI(2021), 글로벌 기술패권에 대응하는 일본의 전략 및 시사점

<그림2-5> 제 6기 과학기술·이노베이션 기본계획의 Society5.0

- 기존 계획의 한계점 인식, 외부환경을 고려한 유연적 대응, Society5.0 실현의 구체화를 강조하고 있으며, 기본법 개정을 통해서 인문사회과학을 포함한 과학기술·이노베이션 창출을 추구
 - Society5.0 실현을 위해서 과학기술·혁신을 중심으로 하는 향후 5년간의 정책 방향 제시
 - ➡ 종합지식과 증거를 활용하여 Backcast 및 Foresight 기반 정책수립 후 평가를 통해 속도감 있게 개선
 - ➡ 향후 5년간 정부 R&D에 대해서 30조엔 투자하고, 정부 및 민간 포함한 총연구개발비는 120조 엔을 목표
- 과학기술분야의 이노베이션 창출을 위한 제도적 지원 강화
 - 「과학기술·이노베이션 활성화법」(2018)을 통해 연구개발 활동 지원
 - ➡ 연구개발 시스템 변화를 추구했던 연구개발강화법의 개정을 통해서 연구개발 활동을 지원하고 있으며, 특히 공적연구기관, 민간, 대학 등의 전반적인 연구개발력을 강화하기 위해 추진 및 일본 정부의 행정개혁 기본방침의 정합성을 중시
 - ➡ 문부과학성은 연구기관의 자금사용규칙을 통일화하였으며, 관련부처는 이에 근거하여 제도를 운영
 - 연구의 자율성을 확보하기 위해 대대적인 구조개혁 시행
 - ➡ 법 개정을 통해서 산·학·관 연계 및 벤처 창출력과 성장력을 강화하며, 연구개발자금의 유연한 집행 및 다양화 관련 내용이 추가
 - 융합, 공동연구의 촉진을 위하여 법·제도적 기반 정비
 - ➡ 「과학기술·이노베이션 활성화법」 제정을 통해서 연구개발시설 등의 공동사용과 연구개발 지적기반의 공동이용을 촉진
 - ➡ 대학에서는 「대학의 공동이용·공동연구거점제도」와 기업 간 공동연구개발을 촉진하기 위해 「기술연구조합제도」 운영하고 있으며 각 분야의 「핵심연구거점」(COE : Center of Excellence)을 통해 여러 대학이 공동으로 이용할 수 있는 연구기관 운용
- * 세계 최고 수준의 이노베이션 창출거점을 정비하여 밀도 높은 산학연 제휴, 최첨단 인프라, 데이터 환경을 제공하여 산업적 혁신역량을 강화

<표 2-1> Center of Excellence (COE 프로그램) 이노베이션 창출거점 프로그램

| 구분 | 내용 |
|----|--|
| 배경 | <ul style="list-style-type: none"> '02년부터 세계 최고수준의 연구거점 조사를 바탕으로 자국 내 연구거점 30개 구축을 목표로 수립한 일본의 국제경쟁력 강화의 전략적 프로그램 |
| 개념 | <ul style="list-style-type: none"> 미국 MIT Media Lab 등과 같은 20년 이상 Top 수준의 거점을 육성하는 R&D 질적 역량 강화 프로그램 |
| 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 센터장 리더십, 자체적 거점평가, 연구목표 및 분야, 국제화 요건, 외국인 연구자 30% 임용 등에 따라 선정 |
| 목표 | <ul style="list-style-type: none"> 세계 최고수준의 연구자 결집 세계수준의 우수 연구성과 지속 창출 국제적 수준의 매력적 연구환경 가시화 |

□ 종합이노베이션 전략

- 분야별 이노베이션과 관련 정책조정을 위해 운영하는 「종합이노베이션전략 추진회의」를 통해서 「종합이노베이션전략」을 수립실행
- 「종합이노베이션전략」(2021)에서는 Society 5.0 실현의 구체화를 위한 6대 분야 중점 정책을 제시

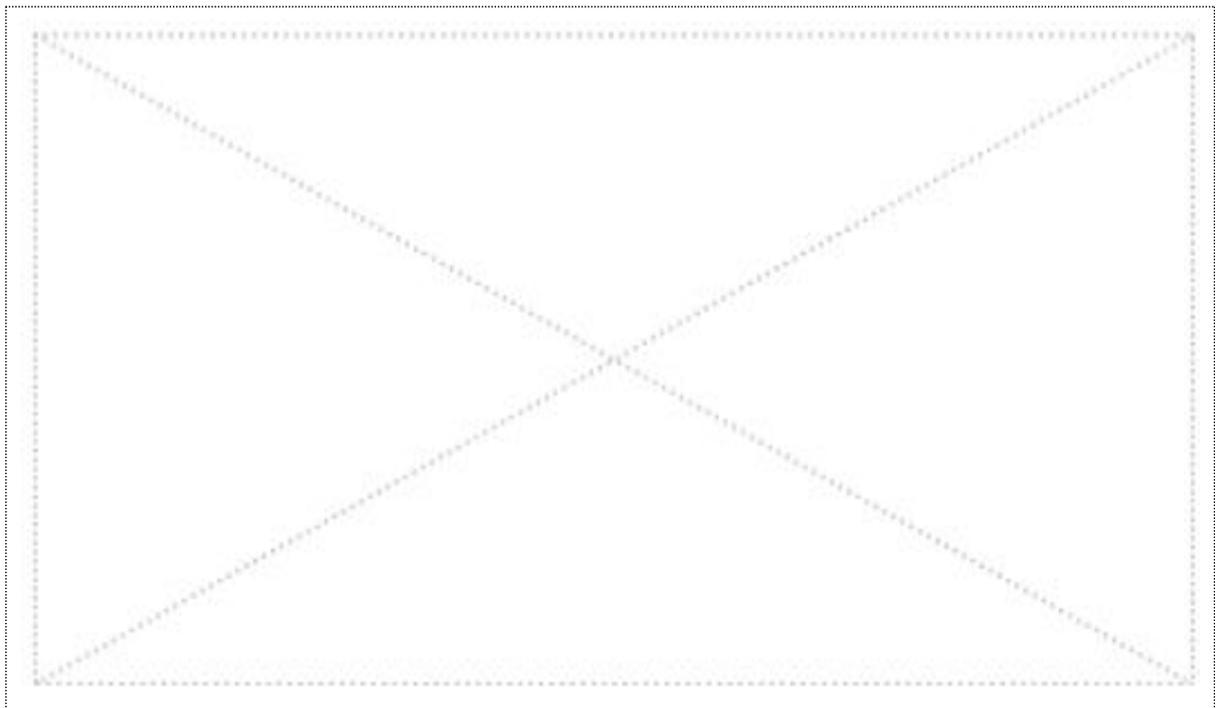
<표 2-10> 종합 이노베이션 전략 2021 중점 정책

| 구분 | 구체적인 전략 |
|-----------------|--|
| 지속가능한 강인한 사회 | <ol style="list-style-type: none"> (1) 사이버 공간과 물리적 공간의 융합에 의한 새로운 가치 창출 (2) 전 지구적 문제 극복을 향한 사회 변혁 및 비연속적 이노베이션 추진 (3) 리질리언트(Resilient)한 안전·안심이 되는 사회의 구축 (4) 가치창출형 신규사업의 기반이 되는 이노베이션 에코시스템 형성 (5) 차세대를 위한 도시 및 지역 구축(스마트시티로의 전개) (6) 다양한 사회문제 해결을 위한 연구개발 및 상용화 추진 및 종합지 활용 |
| 연구역량 강화 | <ol style="list-style-type: none"> (1) 연구 환경 재구축을 통한 다양하고 우월한 연구 생산 (2) 새로운 연구 시스템 구축(오픈 사이언스 및 데이터 기반의 연구 등 추진) (3) 대학개혁 촉진 미 전략적 경영을 위한 기능 확장 |
| 연구역량 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 개개인의 다양한 행복 추구 및 과제로의 도전을 실현하는 교육 및 인재육성 |
| 분야별 전략 | <ul style="list-style-type: none"> • 관민연계에 의한 기반기술(신 AI 전략, 양자기술 전략의 재검토, 바이오 전략 실행) 및 응용분야 (건강·의료, 우주, 해양 등)의 분야별 전략 추진 |
| 자금순환 | <ul style="list-style-type: none"> • 향후 5년 간 정부의 연구개발투자 20조엔, 관민 120조 엔의 투자목표를 설정하여, 국제적 연구 개발 경쟁의 우위에 설 수 있도록 지원, 이노베이션화 추 |
| 자금순환 | <ul style="list-style-type: none"> • e-CSTI10)의 AI 활용 등 기능 확장 및 기본계획의 추진과약 및 분석과 종합전략과의 연동을 위한 기반 구축 |

* 출처: STEPI(2021), 글로벌 기술패권에 대응하는 일본의 전략 및 시사점

- 글로벌 시장에서 기술경쟁력을 확보하기 위해 임무중심의 전략적 연구개발 지원
 - 내각부는 대규모 고위험 연구개발을 위하여 SIP, 문샷 등의 프로그램을 문부과학성, 경제산업성 등 관계부성과 공동으로 진행

- 일본의 산업기술혁신정책은 글로벌 트렌드를 바탕으로 개방형 혁신 생태계 형성을 위한 사회·경제 주체들의 대응 과제에 초점을 맞춘 것이 특징
- 일본은 ‘해결해야 할 사회 과제’에 대응하고 일본이 가진 ‘핵심 기술의 강점’을 살려 ‘산업화 및 사회적 적용(社会実装)’으로 연결하는 혁신시스템 구축이 요구
- 일본은 △저출산·초고령화, △인프라 노후화, △에너지·환경 문제 등 심각한 사회적 과제에 직면
 - ‘상품’ 보다는 새로운 ‘코토’*를 중시하는 소비, 서비스 혁신(IoT 등), 개별 분야에서 복합 분야(커넥티드 사회)로의 이전, 하드웨어와 소프트웨어의 융합 등 새로운 사회 트렌드 출현
 - * 최근 일본에서 ‘코토 소비’라는 말을 많이 사용하고 있는데, ‘체험적 가치에 돈을 쓰는' 소비 풍조를 의미



<그림2-6> 일본 산업기술 혁신시스템 개요

(1) 정책방향

- ‘하이테크 전략’을 중심으로 하는 핵심정책과 이의 실현을 위한 구체적 전략 등을 일관되게 추진하면서도 대내외 환경변화에 맞춰 전략을 발전적으로 수립
- 사회 문제 해결을 위한 다양한 R&D 연구를 지원해 오고 있으며, 지속가능한 목표 달성을 위한 에너지, 기후변화대응, 이동수단 분야의 기술 프로젝트 지속적 추진
- 변화하는 환경에서 독일이 혁신의 허브를 유지할 수 있도록 ‘하이테크전략 2025(118)’을 개선
 - 경제적 번영과 연구개발의 혁신 성공을 목표로 ‘사회문제 대응’, ‘미래 경쟁력 강화’, ‘개방형 혁신 및 스타트업 문화 조성’을 전략으로 추진
- 특히, ‘하이테크전략 2025(’18)’에서는 실질적 문제 해결을 위해 범부처간 조정을 위한 거버넌스 제안과 함께 시민의 참여를 강조
 - 정책 개발과 시행과정에서 정부부처간 의견 조정을 위한 장관협의체 구성 및 연구·혁신의 파급효과를 높이기 위한 부처간 협동 목표 설정
 - 독일 정부는 과학과 연구활동에 시민을 참여시키는 새로운 방식을 모색하고 있어, 시민과학을 통한 정책 반영이 가속화될 것으로 기대

(2) 주요 정책 및 전략

- 독일 하이테크전략(High-Tech. Strategy) 2025와 12대 액션 플랜
- 독일은 범부처 포괄 정책인 ‘하이테크 전략’을 주축으로 정책을 추진
 - 106년 대·내외 위기극복과 글로벌 선도국 위상을 회복하기 위해 국가전체의 연구개발 프레임워크를 설정한 ‘하이테크전략’을 수립하였으며, 4년 주기로 전략을 재수립·발표

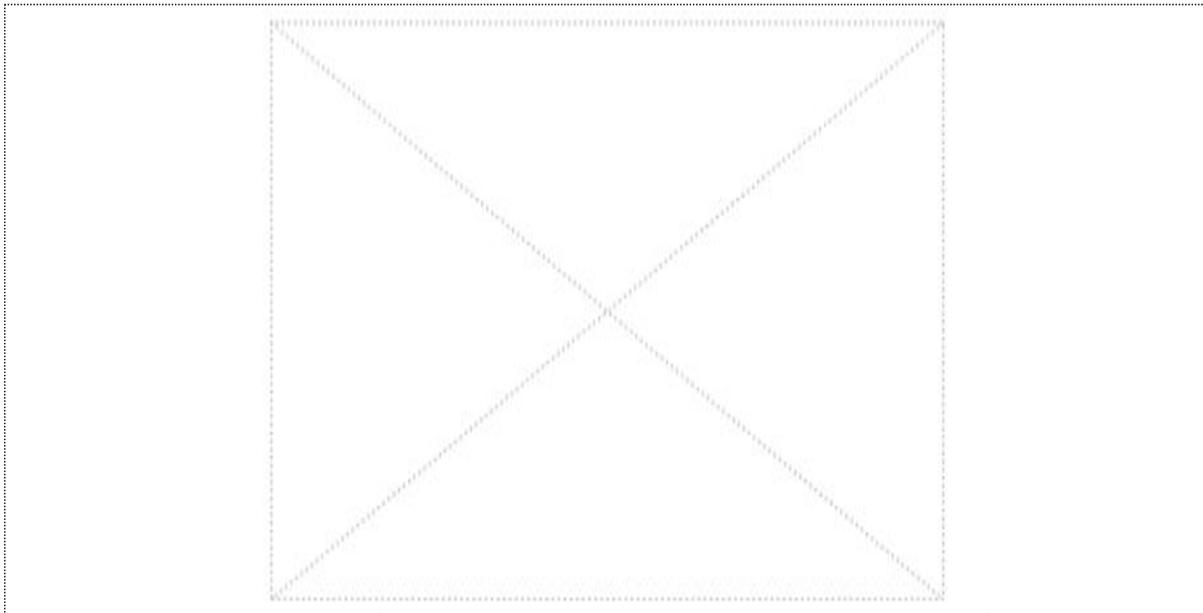
<표 2-11> 독일의 연구개발 전략 변화

| 구분 | 적용연도 | 주요 내용 |
|-------------------|------------|--|
| 하이테크 전략 ('06) | 2006~2009년 | <ul style="list-style-type: none"> • 범부처형 공동혁신 최초제안 • 아이디어 창출과 확산을 통한 고용 및 경제성장 촉진 • 17대 중점기술 육성 |
| 하이테크 전략 2020('10) | 2010~2013년 | <ul style="list-style-type: none"> • 2020년까지 중장기 전략으로 확대 • 미래 솔루션 제시 • 5대 중점분야 • 10대 액션플랜 • 주요 미래 프로젝트를 Industry4.0로 통합 |
| 신하이테크 전략('14) | 2014~2017년 | <ul style="list-style-type: none"> • 산학협력 강화와 중소기업 지원 및 창업 강조 • 세계 혁신 리더로서의 지위 유지 • 5대 중점분야 • 10대 액션플랜 |
| 하이테크 전략 2025('18) | 2018~2021년 | <ul style="list-style-type: none"> • 범부처간 공동 협력 목표 선정 • 사회경제적 요구에 맞는 혁신연구 추진 • 시민참여 강조 • 3대 중점분야 • 12대 액션플랜 |

*출처 : 과학기술&ICT 정책·기술 동향 (2018.11, 과기정통부)

○ `18년에 기존의 하이테크 성공전략을 기반으로, 부처간 협력 혁신 체계 구축을 위한 '하이테크전략 2025'을 수립

- 사회문제 대응, 미래 경쟁력 강화, 개방형 혁신과 스타트업 문화 등 3대 중점 분야와 12대 액션플랜을 제시



<그림2-7> 하이테크전략 2025 전략 및 12대 액션플랜

<표 2-12> 하이테크전략 2025 3대 전략별 기본방향

| 구분 | 주요 내용 |
|---------------------------|---|
| [전략1] 사회문제 대응 | <ul style="list-style-type: none"> • 사람을 정책의 중심에 두고, 건강과 보건, 지속가능성·기후변화대응·에너지, 이동수단, 도시와 토지 개발, 안보, 경제 4.0 등 주요한 사회 문제 대응에 초점 • 사람들이 일상 생활에서 체감할 수 있는 비약적 성과 달성 • 데이터, 지식, 기술로의 접근성 활용, 효과적 분업체제를 통해 연구와 혁신의 최고 수준 실현 • 디지털화를 통해 사회 문제를 해결하는 지속가능한 솔루션 제시 |
| [전략2] 미래 경쟁력 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 독일이 향후 혁신적 국가로의 입지를 유지하기 위해 주요기술의 통합, 고숙련 전문가의 훈련 및 교육, 시민과학의 3가지 미래 역량에 초점 • 사회가 보다 적극적으로 기술 변화에 참여하도록 새로운 기술에 대한 호기심을 자극하고, 원하는 변화상에 논의할 수 있는 장 마련 |
| [전략3] 개방형 혁신 및 스타트업 문화 조성 | <ul style="list-style-type: none"> • 창조적 아이디어와 활동의 범위를 넓혀주는 개방형 혁신과 창업 문화 지원 • 창업기업과 중소기업, 사용자가 새로운 혁신과정을 통해 창업자로서의 책임을 다하고 사회적 혁신에 기여할 수 있도록 조성 • 과학계, 산업계, 사회간 긴밀한 협력을 바탕으로 아이디어의 지식·기술이전 확산을 촉진 |

출처 : 과학기술&ICT 정책·기술 동향 (2018.11, 과기정통부)

○ ‘하이테크전략 2025’은 범부처 포괄 정책으로서 다양한 참가자들의 협력이 중요시되며, 범부처간 명확한 역할 분담 및 조정 역할을 할 수 있는 위원회 기능이 요구됨

- 범부처별 정책 개발과 의견 조정은 ‘하이테크전략 2025(‘18)’의 핵심요소로, 타 정책부문간 긴밀한 협력을 통해서만 달성 가능

- 이를 위해 장관협의체를 구성하고 ‘하이테크전략 2025(‘18)’의 혁신 정책 아젠다를 수립하여 의견 수렴

<표 2-13> 부처간 협력체계(위원회) 기능

| 역할 | 세부 내용 |
|--|--|
| 정부, 정책입안자, 과학계, 민간 기업, 사회 구성원 간 지속적 대화 확대 | <ul style="list-style-type: none"> • 시행 및 발전 과정은 과학계, 민간기업, 시민단체의 대표자들이 참여하는 위원회를 통해 지원 • 종합적인 정보를 제공하고 새로운 목표 그룹과 소통하기 위해 개발된 웹사이트 (www.hightech-strategie.de) 기반으로 현재 프로그램과 활동 소개 |
| 하이테크전략 내 모든 주요 예산 지원 정책을 평가하고 파급효과 등을 포함한 평가 기법 개선 | <ul style="list-style-type: none"> • 독일 경제의 경쟁력을 향상시킬 수 있는 미래 유망 기술과 혁신 부문 파악 • 사회적 파급효과가 큰 새로운 범학제적 주제 분석 및 기술적 가능성, 사회적 가치, 경제적 요건 간 갈등요인 연구 |
| 하이테크전략의 시행과 발전 과정에 시민의 참여 방안 확대 | <ul style="list-style-type: none"> • 혁신은 과학과 산업 내 혁신 활동 및 시민들로 부터 창출되고 있어, 시민들의 참여 가능성은 어플리케이션을 통해 더욱 가속화되는 추세 • 과학의 해를 맞아 ‘미래 노동 시장’과 같은 최신 주제에 초점을 맞추고, 전시회, 경연, 토론 등 다양한 행사 주최 • 미래 포럼을 통해 주요 핵심 이슈에 대한 시민들과의 전략적인 소통 추진 및 예산 지원 프로그램 검토 |

* 출처 : 과학기술&ICT 정책·기술 동향 (2018.11, 과기정통부)

□ 인더스트리 4.0

- ‘하이테크 전략’의 실행계획 일환으로 추진하는 정책으로서 제조혁신 및 부흥을 위해 추진하고 있는 정책임
- 제조업과 같은 전통 산업에 IT시스템을 결합하여 생산 시설들을 네트워크화하고 지능형 생산 시스템을 갖는 것을 주요 골자로 하고 있음
 - ① 스마트 메모리 개발을 통한 분산·자율제어 생산체계 구현, ② 표준화 모듈 플랫폼을 통한 네트워크화, ③ 디지털 시뮬레이션을 통한 제작공정 단순화에 역점
- `15년 4월 디지털화에 중점을 두고 폭넓은 적용을 핵심으로 하는 ‘Platform Industrie 4.0’으로 재편
 - 독일의 협회(BITKOM, CDMA, ZVEI) 중심으로 표준화·보안·데이터·중소기업활용·운용인력 부족 등을 개선하기 위해 재편한 전략임
 - (사례) 연방경제에너지부에서 ‘AUTONOMIK für Industrie 4.0’ 프로그램 운영
 - * 2016년 기준, 14개 연구 주제에 100여 개 산학연 참여, 예산 40백만 유로 투입
 - * (연구주제) 스마트생산, 생산공정 네트워크, 자율주행, 로봇, 엔지니어링 등

<표 2-14> Autonomik für Industrie 4.0 추진 프로젝트

| 구분 | 프로젝트 명 | 주제 | 파트너 |
|----|--------------------|----------------------------|--|
| 1 | APPsist | 스마트 생산지원 시스템 | Festo Lernzentrum Saar 등 8기관 |
| 2 | CoCoS | 생산공정의 네트워크화 | Robert Bosch GmbH 등 6기관 |
| 3 | FTF out of the box | 인간의 육성/품질을 통한 자율주행 이동수단 개발 | Jungheinrich AG 등 5기관 |
| 4 | GEMINI | 4차 산업혁명 사업 모델 | Univ. Paderborn 등 7기관 |
| 5 | InnoCyFer | 맞춤형 생산시스템 제작 | TU Munchen 등 5기관 |
| 6 | InSA | 인간-로봇 공동작업 구역의 안전/보안 체계 | Neusta mobile solutions GmbH 등 4기관 |
| 7 | InventAIRy | 재고조사용 자율비행로봇 개발 | Fraunhofer IML 등 5기관 |
| 8 | MANUSERV | 생산시스템 및 산업용 서비스 로봇 개발 | RiF e.V.-Institut für Forschung und Transfer 등 5기관 |
| 9 | motionEAP | 생산공정 효율성 증대 및 지원 | Audi AG 등 8기관 |
| 10 | OPAK | 공장 디자인 3D 엔지니어링 플랫폼 | Festo AG&Co.KG 등 7기관 |
| 11 | ReApp | 재활용 가능 스마트 로봇 매칭 시스템 | Fraunhofer IPA 등 12기관 |
| 12 | SMART FACE | 자동차 산업 분산 제조 관리 | Logota Digital Solutions GmbH 등 8기관 |
| 13 | SMARTSITE | 도로공사 차량의 자율화 및 네트워크화 | Drees & Sommer Infra Consult und Entwicklungsmanagement GmbH 등 6기관 |
| 14 | SPEED FACTORY | 스포츠용품 및 좌석 커버 맞춤형 제조자동화 | adidas AG 등 5기관 |

* 출처: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(2016), 「AUTONOMICS for Industry 4.0」

나. 국내 정책 동향

① 새정부 경제정책방향 및 120대 국정과제(`22)

□ 2023년 경제정책방향

- 정부는 민간중심의 활력제고 등을 통하여 글로벌 위기 극복 및 경제 재도약 목표를 담은 2023년 경제정책방향을 22년 12월 발표
 - (신성장 4.0 전략 추진) 농업, 제조업, IT산업 중심 성장경로를 업그레이드 하여 미래산업 중심 성장동력 확보
 - ➔ (임무지향 R&D) 국가적 도전과제 해결을 위한 임무지향형 R&D 트랙을 신설하고 특화된 지원체계 마련
 - ➔ (민간주도 R&D) 성장성·혁신성 높은 분야에서 민간이 수행기업을 발굴하고 정부가 매칭 지원하는 고위험·고성과 프로젝트 추진
 - ➔ (기술사업화) 공공부문이 확보한 기술을 도전적 후속투자과 연계

□ 윤석열 정부 120대 국정과제

- 22년 7월, 현 정부는 110대 국정과제에서 지방시대가 추가된 120대 국정과제를 확정
 - ‘자율과 창의로 만드는 담대한 미래’ 목표 하위에 ‘과학기술이 선도하는 도약의 발판 마련’ 전략을 두고 주요 과학기술정책 제시

<표 2-15> 과학기술 관련 국정과제

| 구분 | 내용 |
|---------|-----------------------------|
| 국정과제 74 | 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계 |
| 국정과제 75 | 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약 |
| 국정과제 76 | 자율과 창의 중심의 기초연구 지원 및 인재양성 |
| 국정과제 77 | 민·관 협력을 통한 디지털 경제 패권국가 실현 |
| 국정과제 78 | 세계 최고의 네트워크 구축 및 디지털 혁신 가속화 |
| 국정과제 79 | 우주강국 도약 및 대한민국 우주시대 개막 |
| 국정과제 80 | 지방 과학기술주권 확보로 지역 주도 혁신성장 실현 |

○ 과학기술 관련 주요 내용

- 정부와 민간의 역량을 모아 과학기술 강국으로 도약하기 위한 국가 과학기술 시스템 재설계 추진
 - ➔ (과학기술 역할 강화) 국가가 당면한 문제 해결을 위한 임무지향적 과학기술 체계마련, 민간·지방 주도 전환, 산·학·연 융합·협력 강화

- 기술패권 경쟁시대, 글로벌 시장선도와 국익·안보 확보를 위해 필수적인 전략기술 육성에 국가적 역량을 결집함으로써 과학기술 5대 강국 도약
 - ➔ (전략기술 투자확대) 경제성장과 안보 차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술을 지정하여, 초격차 선도 및 대체불가 기술확보를 목표로 집중 육성
- 연구자 주도 창의·도전적 기초연구 투자 확대 및 기반조성, 전략기술 분야 여부와 과학기술 인재양성 핵심거점으로 대학 역할 강화와 과학기술인재의 전주지 지원체계 구축
 - ➔ (창의·도전적 기초연구) 지원하되 간섭하지 않는 기초연구환경 확립

<표 2-16> 윤석열 정부 국정과제 중 과학기술 관련 분야

| 국정과제 | 과제목표 | 주요내용 |
|------------------------------|---|--|
| [과제74] 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계 | <ul style="list-style-type: none"> • 국가 R&D 100조원 시대를 맞이하여 정부와 민간의 역량을 모아 과학기술 강국으로 도약하기 위한 국가 과학기술 시스템 재설계 추진 | <ul style="list-style-type: none"> • (과학기술 역할 강화) 과학기술 기반의 혁신으로 경제대국·강한안보·행복 국가를 달성 할 수 있도록 과학기술 정책 대전환 • (질적 성장 R&D) R&D 예산을 정부 총지출의 5% 수준에서 유지하고, 중장기 투자전략 수립 및 통합적·전략적 R&D 예산 배분·조정체계 마련 • (민간 과학기술 역량 강화) 세제 지원 확대 등 다양한 민간 R&D 지원 강화, 기술영향평가 등을 통해 선제적 규제 이슈를 발굴·대응 • (연구자 지원) 연구자의 창의적·혁신적 연구성과 창출을 위해 국가 연구 데이터 플랫폼 구축, 대학·연구기관의 디지털 전환 등 디지털 연구환경 조성 |

| 국정과제 | 과제목표 | 주요내용 |
|---|---|---|
| <p>[과제75] 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약</p> | <ul style="list-style-type: none"> 기술패권 경쟁시대, 글로벌 시장선도와 국익·안보 확보를 위해 필수적인 전략기술 육성에 국가적 역량을 결집함으로써 과학기술 5대 강국 도약 | <ul style="list-style-type: none"> (전략기술 투자확대) 경제성장과 안보 차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술을 지정하여, 초격차 선도 및 대체불가 기술확보를 목표로 집중 육성 (특별법 제정) 전략기술 육성 컨트롤 타워 구축, R&D 우선 투자, 인력양성, 국내·외협력등체계적인제도기반마련을위한「국가 전략기술육성특별법」제정 (초격차 R&D프로젝트) 가시적 성과창출이 가능하고 민간투자 유발효과가 높은 전략기술 임무를 발굴해 범부처 차원 임무지향형 프로젝트 기획·추진 (기술 스케일업) 대학·출연연 연구성과의 원활한 사업화를 위한 스케일업 프로그램 및 펀드 지원, 실험실창업 원스톱 지원 등 혁신창업 지원체계 강화 (초연결 인프라) 전략기술·산업의 신속한 융합성장 촉진을 위한 5G·6G, 양자암호 통신망, 위성항법시스템(KPS), 슈퍼컴 등 초연결 과학기술 인프라 구축 (전략적 국제협력) 美·EU 등 선도국과의 기술별 협력전략을 마련하여 국제 공동연구, 핵심인재 유치, 글로벌 거대연구 인프라 공유 등 국가 간 협력 강화 |
| <p>[과제76] 자율과 창의 중심의 기초연구 지원 및 인재양성</p> | <ul style="list-style-type: none"> 연구자 주도 창의·도전적 기초연구 투자 확대 및 기반 조성 전략기술 분야 연구와 과학기술 인재양성의 핵심거점으로 대학 역할을 강화하고 청년·여성·중장년 등 과학기술인재의 전주기 지원체계 구축 | <ul style="list-style-type: none"> (창의·도전적 기초연구) 지원하되 간섭하지 않는 기초연구환경 확립 (대학 연구역량 제고) 대학을 기초연구와 과학기술 인재양성의 핵심거점으로 육성 (전주기 인재 양성) 청년부터 중장년까지 과학기술인재 체계적 지원 |

| 국정과제 | 과제목표 | 주요내용 |
|--------|--|---|
| [과제77] | <ul style="list-style-type: none"> 전 세계적인 디지털 전환과 기술패권 경쟁 속에서 민·관의 역량을 결집하여 국가·사회 디지털 혁신의 근간인 AI·데이터·클라우드 등 핵심기반을 강화하고, 메타버스·디지털플랫폼 등 신산업을 육성하여 디지털 경제 패권국가로 도약 | <ul style="list-style-type: none"> (공공·민간데이터 대통합) 국가 데이터정책 컨트롤타워를 확립('22년)하고, 민간이 필요로 하는 데이터의 개방 확대, 이용자가 편리하게 검색·활용 가능한 산업기반('23~'24) 조성 등을 통해 데이터 혁신강국 도약 (클라우드·SW 육성) AI·데이터의 핵심인프라인 클라우드·SW 경쟁력 강화를 위해 공공분야에서 민간 클라우드 및 상용SW를 우선 이용하도록 하고, 서비스형 SW(SaaS) 중심 생태계 조성 및 SW 원천기술 확보('22~) 등 추진 (한계돌파 新기술 확보) 국가 전략자산으로서 기술 축적을 위해 민·관 공동으로 핵심전략분야에 선택·집중한 대규모 R&D 추진으로 기술혁명 선도('22~) (메타버스 경제 활성화) 메타버스 특별법 제정, 일상·경제활동을 지원하는 메타버스 서비스 발굴 등 생태계를 활성화하고, 블록체인을 통한 신뢰기반을 조성('22~) (혁신·공정의 디지털플랫폼) 플랫폼의 건전한 혁신·성장 촉진 및 사회적 가치 창출 극대화를 위해 발전전략 수립 및 민간 주도의 자율규제체계 확립('22년) |
| [과제78] | <ul style="list-style-type: none"> 5G·6G 네트워크 인프라를 고도화하고, 네트워크 안정성 및 사이버보안 대응력 확보로 튼튼하고 안전한 디지털 기반 강화 지역·산업 분야별 디지털 융합·혁신 가속화로 국가 디지털 경쟁력 제고 | <ul style="list-style-type: none"> (디지털 국민안전 강화) 초연결 시대 네트워크·SW 등 디지털 안정성을 확보('22~)하고, 주요 안전관리의 디지털·지능화를 통해 국민 생활안전 강화 (사이버보안 역량 강화) 보안클러스터 모델의 지역거점 확산으로 기업 성장을 지원하고, 10만 사이버보안 인재 양성(~'26) (디지털인증 활성화) 블록체인·생체인증 등 新인증기술의 도입을 촉진('23~)하고, 이용자 편리성 강화와 신시장 창출 지원을 위한 제도 개선('23~) 추진 (산업·지역 디지털 혁신) 경제 전 분야의 디지털 혁신 가속화를 위한 종합 지원체계 구축('22~) 및 지역 초광역 디지털 혁신거점 조성 (디지털 보편·접근권 확립) 전국민 디지털 역량을 제고하는 디지털 문제해결센터 운영('23~), 농어촌초고속인터넷망(~'25)과 공공Wi-Fi('22~) 등 디지털접근권을제고 |
| [과제79] | <ul style="list-style-type: none"> 미래 우주분야 핵심 경쟁력 확보, 민간 중심 우주산업 활성화를 통해 사회 및 경제발전을 견인하는 우주개발 추진 우주 인프라 고도화 및 정책적·제도적 뒷받침을 통해 7대 우주강국 도약 | <ul style="list-style-type: none"> (거버넌스 강화) 우주선진국 도약을 위해 R&D, 국가안보, 산업화, 국제협력 등 다양한 분야의 전문성·리더십을 갖춘 선도형 거버넌스로 개편 (우주산업 활성화) 공공부문 기술의 민간이전 촉진, 기업 참여 확대를 위한 제도개선 등을 통해 New Space 시대에 민간의 우주개발 역량 고도화 (독자 기술역량) 차세대 발사체 개발 등 독자 발사체 확보, 한국형 위성항법시스템(KPS) 개발 등 우주개발 핵심분야 기술역량 확보 |

| 국정과제 | 과제목표 | 주요내용 |
|--------|--|--|
| [과제80] | <ul style="list-style-type: none"> 과학기술 기반 지역자생력 강화로 “R&D → 창업/기업성장 → 신산업·일자리 창출→경제성장→R&D 재투자”로 이어지는 지역혁신 선순환 체계 완성 | <ul style="list-style-type: none"> (원천혁신역량 확충) 지역대학의 기초연구 활성화 및 연구경쟁력 확보, 지역 출연(연)의 지역혁신 임무지향성 강화 등으로 지역혁신 기여도 제고 (개방형 융합연구 촉진) 지역 산·학·연 간 협력 활성화 및 역량 결집 (성장·도약 지원체계 구축) 지역의 과학기술 씽크탱크 기능 강화로 지역별 특성을 반영한 고유의 과학기술 발전전략 및 육성방안 수립·이행 (과학기술 문화의 장 확산) 지역별 과학문화 프로그램 및 인프라 확대, 과학문화 펀드 조성 등으로 지역의 과학문화 역량 확충 및 접근성 제고 |

② 제5차 과학기술기본계획(‘23~’27)

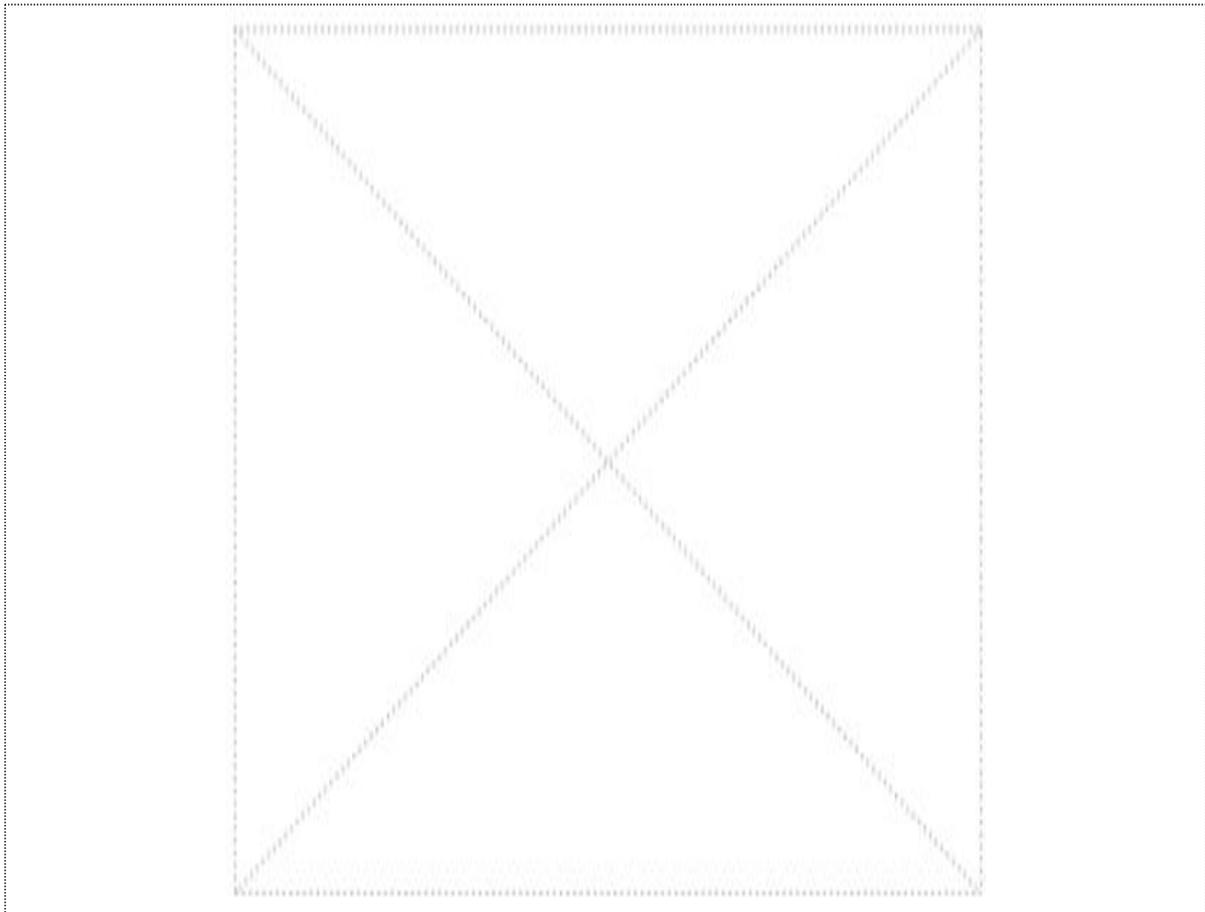
□ 개요

○ 제5차 기본계획은 「과학기술기본법」 제7조에 따라 과학기술 발전에 관한 중·장기 정책목표, 기본방향을 제시하는 최상위 계획으로 윤석열 정부의 과학기술 관련 국정과제 29개를 반영

– “과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래”를 비전으로 ①국가 연구개발 전략성 강화, ②민간 중심 과학기술 혁신생태계 조성, ③과학기술 기반 국가적 현안 해결을 주요 방향으로 설정

<표 2-17> 과학기술기본계획의 주요 방향

| 구분 | 내용 |
|---------------------|--|
| 국가연구개발 전략성 강화 | <ul style="list-style-type: none"> 임무중심 연구개발체계 도입 국가전략기술 육성체계 구축 |
| 민간 중심 과학기술 혁신생태계 조성 | <ul style="list-style-type: none"> 민간의 정책결정 참여 확대 기업 역량별 맞춤형 지원 |
| 과학기술 기반의 국가적 현안 해결 | <ul style="list-style-type: none"> 탄소중립, 디지털 전환, 의료, 재난, 공급망, 국방 등 |



<그림2-8> 제5차 과학기술기본계획 비전 및 전략

○ 수립방향

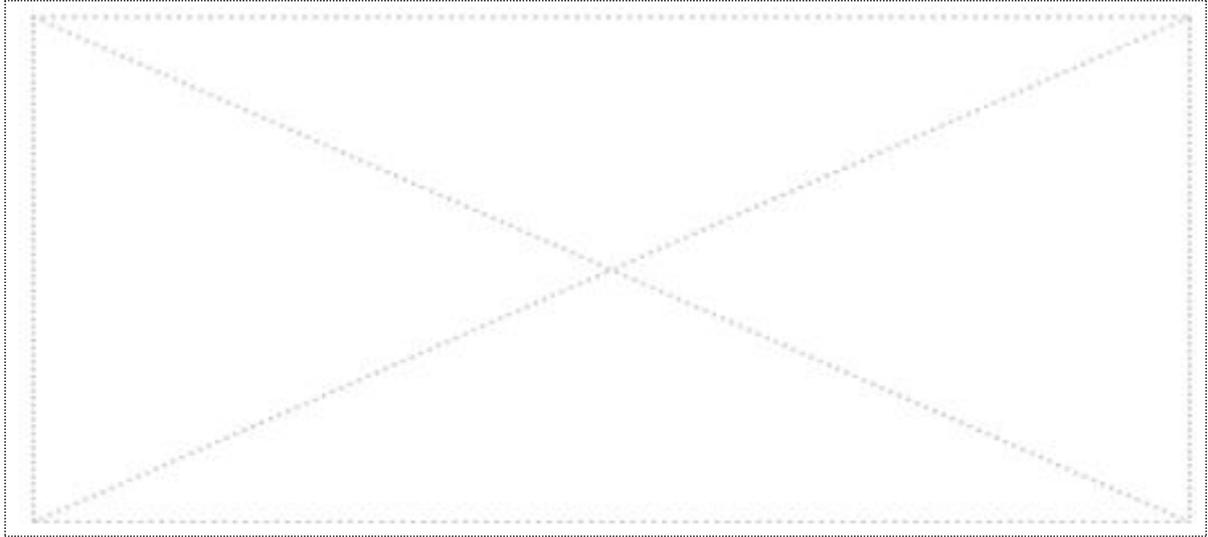
- (정책영역 확장) 연구개발 시스템 개선·기술개발 중심의 기존 과학기술정책
→ 국가·사회 문제해결을 위한 정책 외연 확장
- (5년 간 중점기술) 국가 차원에서 중점적으로 육성*해야 하는 유망기술로
「국가전략기술」을 선정·관리
- (이행점검 강화) 기본계획의 실행력 제고를 위해 부처별·과제별 이행점검
지표를 설정하고, 매년 이행상황을 점검·발표
- (중장기 계획 연계) 과제별·부처별로 역할을 부여, 과학기술 관련 중장기
계획에 연계·반영하여 범부처 과학기술 계획의 일관성 확보

○ 세부 전략

<표 2-18> 제5차 과학기술기본계획의 전략

| (전략1) 질적 성장을 위한 과학기술 체계 고도화 | |
|---------------------------------|---|
| 인무중심 연구개발 | • 국가적 도전과제 해결을 위한 임무중심 연구개발체계 도입, 기술주권 확보를 위한 전략기술 발굴·육성, 고위험·도전 연구 활성화 |
| 연구환경 | • 연구자 중심 연구 지원체계 현장 정착, 안정적 연구기회 확대, 연구 데이터·장비 등의 개방성 확대 |
| 연구개발 성과 | • 연구개발 전 단계에 민간 참여, 규모확대 연구개발 지원 확대, 전략적 투자를 위한 투자평가제도 개선 |
| 핵심인재 | • 신산업·신기술 분야 핵심연구인력 확충, 초중등 수과학 역량 강화 지원, 재직자 대상 재교육 확대 |
| 과학문화 | • 일상에서 접하고 즐기는 과학문화 확산, 민간 과학문화 생태계 활성화, 연구자와 국민과의 소통 강화 |
| (전략2) 혁신 주체의 역량 제고 및 개발형 생태계 조성 | |
| 민간 주도 | • 기업의 연구역량과 기술 혁신성 중심으로 기업 연구개발 지원 체계를 고도화, 성장을 가로막는 규제 혁신에 집중 |
| 대학·공공연 | • 대학의 연구역량 축적을 위한 연구거점 구축 지원, 국가 핵심기술 확보를 위한 기관별 고유임무 확립 |
| 창업 | • 거점기관 중심의 종합 지원체계를 구축하고, 연구성과 기반 기저기술 창업을 집중 지원, 정부 모태펀드 등 금융 지원 연계 |
| 지역혁신 | • 지역이 연구개발 예산·정책·기획을 주도할 수 있도록 제도적 기반 마련, 연구개발 거점 중심 기술·기반·인력 협력체계 구축 |
| 과학기술 외교 | • 과학기술·정보통신기술 국제 의제 선도 및 전략적 국제 공동연구 추진 등 과학기술 외교·협력 고도화 |
| (전략3) 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응 | |
| 탄소중립 | • 에너지자립 핵심기술·주력산업 저탄소화 기술 개발, 국가 목표 및 이행안에 기반한 임무중심 연구개발 추진 |
| 디지털 전환 | • 핵심 디지털 기술 선정·육성 및 초연결 기반 구축, 공공·민간 데이터 통합, 데이터 유통 및 활용 활성화 |
| 국민 건강 | • 바이오연구 데이터·공공 보건의료 데이터 활용도 제고, 차세대 첨단 바이오 연구지원 확대 및 바이오산업 육성 |
| 미래위험 | • 데이터 및 첨단기술 기반 재난안전관리 체계 구축 및 미래위험 관리를 통한 선제적 대응력 및 회복력 제고 |

| | |
|----------|---|
| 공급망 | <ul style="list-style-type: none"> 반도체 등 초격차 산업 소부장 핵심전략기술 자립, 국제 공급망 다변화, 자원확보 연구개발 국제협력 강화 |
| 국방·안보 | <ul style="list-style-type: none"> 미래 전장환경에 대비한 국방과학기술 역량 확보, 민-군 협력 강화, 국가 사이버주권 체계 확립 |
| 우주·해양·극지 | <ul style="list-style-type: none"> 국가 달 탐사 사업 등 우주 개척 지속 추진, 해양·극지 탐사로 미래자원 확보 및 해양 안전체계 구축 |



<그림2-9> 제5차 과학기술기본계획의 주요 방향

③ 「13대 혁신성장동력」 추진 계획

□ 개요

○ 추진배경

- 과기정통부는 관계부처 합동으로 마련한 「혁신성장동력 시행계획」 수립
 - * 제14회 국가과학기술자문회의 산하 미래성장동력 특별위원회(위원장 과학기술혁신본부장)에서 심의·확정('18.5.28)
- 19대 미래성장동력과 9대 국가전략프로젝트의 중복분야를 통합
 - ➔ 세부 단위로 분산되어 있는 분야는 통합하고, 기초연구 중이거나, 경제적 성과가 적은 공공영역의 분야는 소관 부처에서 추진
 - ➔ 지능화인프라, 스마트이동체, 융합서비스, 산업기반의 4대 분야에 대해 13대혁신성장동력으로 통합
- 동 계획은 혁신성장을 견인할 범부처 혁신성장동력분야의 구체적인 실천을 위한 종합계획으로 2022년까지 혁신성장동력 분야 총 9조원 투입 예정

<표 2-19> 「13대 혁신성장동력」 추진 계획의 비전

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------------|---------------------|
| 비전 | 혁신성장동력 육성으로 손에 잡히는 4차 산업혁명 구현 | | |
| 기본방향 | 분야별 특성을 고려한 맞춤형 전략 마련 성장동력 분야에 대한 전주기(발굴·지원·평가) 관리체계 정착 혁신성장동력의 국민체감 확대 | | |
| 혁신성장 동력분야 (13대) | 인공지능 / 혁신 신약 / 지능형반도체 / 차세대통신 / 첨단소재 / 드론 / 지능형 로봇 / 맞춤형 헬스케어 / 자율주행차 / 빅데이터 / 스마트시티 / 가상증강현실 / 신재생에너지 | | |
| 정책과제 | 1. 맞춤형 전략 | 2. 전주기 관리 | 3. 국민체감 확대 |
| | 핵심기술발굴 특허심층분석 추진전략 로드맵 | 신규분야 발굴 추진체계 개편 주기적 점검 | 재난안전 활용 규제 발굴·개선 |

<표 2-20> 「13대 분야 혁신성장동력」으로 중점 추진분야 통합

| 미래성장동력 (19대 분야) | 국가전략프로젝트 (9대 과제) | 유형 | 혁신성장동력 (13대 분야) |
|------------------|------------------|------------|-----------------|
| 빅데이터 | | [1]지능화 인프라 | 빅데이터(D) |
| 지능형 사물인터넷 | | | 차세대통신(N) |
| 5G 이동통신 | | | 인공지능(A) |
| 스마트자동차 | 인공지능 | [2]스마트 이동체 | 자율주행차 |
| 고기능 무인기 | 자율자동차 | | 드론(무인기) |
| 맞춤형 웰니스케어 | 정밀의료 | [3]융합 서비스 | 맞춤형 헬스케어 |
| 착용형 스마트기기 | 스마트시티 | | 스마트시티 |
| 실감형 콘텐츠 | 가상증강현실 | | 가상증강현실 |
| 가상훈련 시스템 | | 지능형로봇 | |
| 지능형로봇 | | 지능형반도체 | |
| 지능형반도체 | 경량소재 | [4]산업기반 | 첨단소재 |
| 융복합소재 | | | 혁신신약 |
| 첨단소재 가공시스템 | | | 신재생에너지 |
| 스마트 바이오생산 시스템 | 바이오신약 | | |
| 신재생에너지 하이브리드 시스템 | | | |
| 재난안전관리 스마트시스템 | | | |
| 멀티터미널 직류송배전시스템 | | | |
| 초임계 CO2 발전시스템 | | | |
| 심해저 해양플랜트 | | | |
| | 미세먼지 | | |
| | 탄소자원화 | | |

④ 제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화 기본계획

□ 연구환경 변화 및 활성화를 통한 사업화 연계로 대응하는 중장 R&D 전략

- 고부가 핵심소재는 여전히 해외, 특히 일본에 의존도가 높기 때문에 미래사회 수요에 선제 대응할 수 있는 전략적 투자방안으로 ‘중장기 R&D 전략’ 수립

<표 2-21> 제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력강화 기본계획 주요내용

| 개요 | 배경 | <ul style="list-style-type: none"> 소재기술, 소재·부품발전계획에서 강조하는 미래소재 경쟁력 확보를 위한 미래소재 원천기술 확보의 정책적 검토와 전략 마련 |
|----|------|--|
| | | 한계/현황 |
| 내용 | 비전 | <ul style="list-style-type: none"> 4차 산업혁명 경쟁력의 원동력 확보 및 미래사회 대비 |
| | 목표 | <ul style="list-style-type: none"> 선진국과 기술격차 해소: ('17) -3~5년 → ('27) -1년 → ('32) +1년 신소재 산업 창출: 저전력 AI 반도체, 장기대체소재/신약, 그린수소경제 소재, 안전확보 소재 등 응용산업 창출: 초소형 AI칩, 인공장기/맞춤형 약물, 연료전지차/저에너지산업 |
| | 주요전략 | <ul style="list-style-type: none"> 미래소재 원천기술 도출 (4대 이슈별 30대 미래소재) 초연결사회 → 스마트 소재/초고령 사회 → 웰니스바이오 소재/지속가능 사회 → 환경변화 소재/안전사회 → 안전소재 중장기 R&D 투자전략 수립 도전·경쟁력 R&D 확대, 미래소재 연구혁신 인프라 구축, R&D 전주기 지원체계 구축 |

출처: 과학기술정보통신부(2018), 4차 산업혁명의 원동력인 미래소재 원천기술 확보전략

⑤ 2023년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(안)(`22.3.)

□ 개요

- 「과학기술기본법」 제12조의2에 따라, 「2023년도 국가연구개발 투자방향 및 기준」을 마련하여, 2023년도 국가연구개발사업 예산 배분·조정과 예산 편성의 기본방향으로 활용하고자 함

<표 2-22> 「2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」 기본방향

| 4대 분야 9대 중점투자방향 | | |
|---|---|---|
| 글로벌 기술패권 경쟁시대, 미래 성장 잠재력 강화 | <ul style="list-style-type: none"> ① 창의·도전적 기초연구 강화 및 미래 과학기술인재 확충 ② 국가 필수전략기술의 체계적 육성을 위한 토대 마련 ③ 소재·부품·장비 생태계 강화 및 미래 공급망 대응 | |
| 안전하고 쾌적한 삶 보장을 통한 국민의 삶의 질 제고 | <ul style="list-style-type: none"> ④ 감염병 대응역량 강화 및 바이오헬스 분야 중점 지원 ⑤ 사회문제 해결을 위한 임무 중심형 R&D 확대 | |
| 대전환 시대, 과학기술 바탕의 혁신 선도 | <ul style="list-style-type: none"> ⑥ D.N.A 고도화를 통한 전 영역으로의 디지털 전환 촉진 ⑦ 기술혁신과 혁신생태계 조성을 통한 2050 탄소중립 견인 | |
| 혁신 기반의 확충을 위해 포용적 혁신 강화 | <ul style="list-style-type: none"> ⑧ 지역 활력 제고를 위한 자강적 혁신기반 조성 ⑨ 중소기업 혁신 지원 및 연구성과 기반 창업·사업화 촉진 | |
| 투자시스템 고도화 | | |
| R&D 지원 플랫폼 구축 | 연계·협력 강화 | 성과 창출 촉진 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 범부처 대형 R&D 추진 • 거점 중심 연구기반 확충 • 국가기술전략센터 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 민·관 협업 강화 • 부처간 협업 내실화 • 민·군 간 협력 확대 • 국제협력 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 대형연구시설 관리 고도화 • 일몰관리혁신사업 등 R&D 제도 개선 • 임무중심형 R&D 강화 |

⑥ 국가 R&D 혁신·도전성 강화방안(‘19.05)

- 정부 R&D의 도전성·전략성을 강화하고, 범부처·민간의 과학기술 역량을 결집하여 미래사회를 선도할 혁신적 연구성과를 창출
 - * 제5회 과학기술관계장관회의에서 (2호) 「국가R&D 혁신·도전성 강화 방안」에 대해서 과 (3호) 「과학기술 리빙랩·도시재생 연계 추진 방안」과 함께 관계부처와 관련분야의 민간 전문가 등이 함께 자유로운 토론 개최
- 이를 위해 공공·시장 수요주체의 참여를 바탕으로 도전적·임무지향적 목표를 설정하고, 이를 지원하기 위한 기획·관리·평가·제도 전반의 혁신을 추진
- 과학기술혁신본부가 총괄기획하여 관계부처와 함께 시행하는 ‘범부처 파괴적 혁신 선도 프로젝트’도 추진

⑦ 국가R&D 혁신방안 실행계획(‘18.11)

□ (비전) R&D 시스템을 대혁신하여 혁신성장 선도

- R&D 혁신의 중심을 국민과 연구자에 두는 사람중심의 혁신 추진
 - * 연구자의 창의성과 자율성을 극대화하는 시스템을 구축하고 삶의 질 제고, 일자리 만들기 등 국민들이 원하는 성과창출 강화
- 파괴적 혁신을 이끌어낼 고위험 혁신형 도전적 R&D(High Risk-High Return형) 지원 강화

<그림2-10> 국가R&D 혁신방안 실행계획(부처협동, '18.11)의 주요 내용

| 추진전략 | 추진과제 |
|----------------------------|--|
| 연구자 중심, 창의·도전적 R&D 지원체계 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구자 중심으로 R&D 지원시스템 혁신 • R&D 관리체계의 전문성·효율성 강화 • 고위험 혁신형 도전적 연구지원 강화 • R&D 투자의 전략성 강화 및 적시적소 투자체계 구축 |
| 혁신주체 역량 강화 | <ul style="list-style-type: none"> • (대학) 사람을 키우는 창의적 R&D 지원 확대 • (공공(연)) 자율과 책임의 원칙 하에 세계적 수준의 연구 역량 확보 • (기업) 혁신역량을 높이는 R&D 지원 • (지역) 균형발전을 위한 지역 주도의 R&D 강화 • 혁신주체 간 상호 연계 및 협력 강화 |
| 국민 체감형 과학기술성과 확산 | <ul style="list-style-type: none"> • 4차 산업혁명을 선도할 미래 신산업 육성 • 국민생활 속의 문제를 해결하는 R&D 강화 • 과학기술로 질 좋은 일자리 창출에 기여 • 과학기술정책에 국민 참여 확대 |

□ (추진전략①) 연구자 중심, 창의·도전적 R&D 지원체계 강화

<표 2-23> 국가R&D 혁신방안 실행계획의 전략

| 전략 | 주요 내용 |
|---|---|
| 국가R&D의 도전성·혁신성·전략성을 강화하고 정부 R&D 지원 체계를 연구자 친화적으로 혁신 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구자 중심으로 R&D 지원시스템 혁신 • R&D 관리체계의 전문성 효율성 강화 • 고위험 혁신형 도전적 연구지원 강화 • R&D 투자의 전략성 강화 및 적시적소 투자체계 구축 |

⑧ 4차 산업혁명 대응계획 (‘17.11.)

- (개요) 4차 산업혁명과 관련하여 총론 위주의 접근을 넘어, 국민이 체감하는 성과와 새로운 변화를 본격적으로 창출하기 위한 문재인 정부의 구체적인 청사진을 제시
- (주요내용) 사람 중심의 4차 산업혁명 구현을 비전으로 기술·산업·사회 정책을 긴밀히 연계하여, 4대 분야 전략 과제 및 각 산업별 혁신프로젝트를 수립·추진
 - 4차 산업혁명 대응을 위한 전략분야는 다음과 같이 4개 영역으로 구성되어 있으며, 각 전략분야의 중점과제는 ‘기술+데이터+인프라+확산+제도개선’ 등을 연계하는 패키지 지원 방식으로 추진

<표 2-24> 4차 산업혁명 대응계획 전략분야 및 중점과제

| 전략분야 | 중점 과제 |
|----------------|---|
| 지능화 혁신 프로젝트 추진 | <ul style="list-style-type: none"> • 지능화 기반으로 산업의 생산성과 글로벌 경쟁력을 제고 • 고질적 사회문제 해결을 통해 삶의 질을 높이며 성장 동력으로 연결 |
| 성장동력 기술력 확보 | <ul style="list-style-type: none"> • 지능화 기술 R&D에 총 2.2조원을 투자하고 창의·도전적 연구를 촉발하는 연구자 중심 R&D 체계 혁신 |
| 산업 인프라·생태계 조성 | <ul style="list-style-type: none"> • 5G 조기 상용화, 산업별 빅데이터 전문센터 육성, 규제 샌드박스 육성, 혁신 친화적 규제·제도 재설계 등 |
| 미래사회 변화 대응 | <ul style="list-style-type: none"> • 지능화 핵심인재 4.6만명 양성, 고용구조 변화에 대응한 전직교육 강화, 고용보험 확대 등 일자리 안전망 확충 |

- 지능화 혁신 프로젝트 추진 영역은 산업혁신 뿐만 아니라 사회문제 해결까지 포함하며, 총 12개의 영역으로 구성

<표 2-25> 지능화 혁신 프로젝트 추진 12대 영역별 프로젝트 내용 및 기대효과

| 구분 | 영역 | 프로젝트 내용 | 기대효과 |
|---------|-------|---|---|
| 산업혁신 | 의료 | <ul style="list-style-type: none"> 진료정보 전자교류 전국확대 맞춤형 정밀진단·치료 확산 AI 기반 신약개발 혁신 | <ul style="list-style-type: none"> 건강수명 3세 연장 보건산업 수출액 30% ↑ |
| | 제조 | <ul style="list-style-type: none"> 최적화 단계 스마트공장 확산 지능형 협동로봇 개발 제조 서비스화 | <ul style="list-style-type: none"> 제조 생산성 제고 장애인·여성 일자리 기회 확대 |
| | 이동체 | <ul style="list-style-type: none"> 고속도로 자율차 상용화 산업용 드론 육성 자율운항선박 도입 | <ul style="list-style-type: none"> 드론시장 20배 ↑ 교통약자 배려 |
| | 에너지 | <ul style="list-style-type: none"> 전력효율화 스마트그리드 전국 확산 온실가스 저감 고효율화 기술개발 | <ul style="list-style-type: none"> 일반주택 지능형 전력계량기 100% 보급 |
| | 금융·물류 | <ul style="list-style-type: none"> 핀테크 활성화 화물처리 자동화 스마트 물류센터 확산 스마트항만 구축 | <ul style="list-style-type: none"> 핀테크 시장 2배 확대 화물 처리속도 33% ↑ |
| | 농수산업 | <ul style="list-style-type: none"> 정밀재배 2세대 스마트팜·양식장 확산 파종 수확로봇 개발 | <ul style="list-style-type: none"> 양식 생산량 25% ↑ 농어촌 인구감소·고령화 대응 |
| 사회문제 해결 | 시티 | <ul style="list-style-type: none"> 지속가능한 스마트시티 모델 구현 자율제어 기반 지능형 스마트홈 확산 | <ul style="list-style-type: none"> 도시문제 해결 가정 내 생활혁명 실현 |
| | 교통 | <ul style="list-style-type: none"> 지능형 신호등 확산 교통사고 위험예측·예보 서비스 고도화 | <ul style="list-style-type: none"> 도심 교통혼잡 10% ↓ 교통사고 5% ↓ |
| | 복지 | <ul style="list-style-type: none"> 간병·간호 지원 로봇 도입 노인 치매 생활보조 혁신 | <ul style="list-style-type: none"> 치매 예측도 18% ↑ 복지사각지대 해소 |
| | 환경 | <ul style="list-style-type: none"> 미세먼지 정밀대응 수질최적관리 스마트 상하수도 확산 IoT 활용 환경 감시 | <ul style="list-style-type: none"> 세계 최고 미세먼지 예보체계 오염도 31% ↓ |
| | 안전 | <ul style="list-style-type: none"> 노후 시설물 관리 스마트화 인공지능 기반 범죄분석 최적안전 항로 지원 | <ul style="list-style-type: none"> 범죄 검거율 90% 달성 해양사고 30% ↓ |
| | 국방 | <ul style="list-style-type: none"> 지능형 국방 경계감시 적용 인공지능 기반 지능형 지휘체계 도입 | <ul style="list-style-type: none"> 경계 무인화율 25% 달성 병력자원 감소 대응 |

⑨ 제2차 산업융합발전 기본계획(`19.04)

○ A ICBM 등 혁신기술의 등장으로 IT-제조-서비스 업종간 경계가 허물어지면서 산업융합이 4차 산업혁명의 핵심으로 대두

- 제조업의 비즈니스 모델이 '제품중심'에서 '제품+서비스 융합형'으로 전환*되고, AI·로봇기술의 발전으로 서비스가 제품에 체화

* 예시 : 자동차 → 차량공유, V2G등의 서비스가 결합된 MaaS의 매개체로 기능

○ 우리 기업의 산업융합 역량은 협소한 시장*과 신제품의 사업화를 가로막는 규제**로 인해 아직은 미진한 수준

* B2C 시장규모('16) : 한국 64조원, 일본 151조원, 중국 901조원

* 1년간 규제로 인한 신산업 차질여부('17.6, 대한상의) : 47.5% (핀테크 70.5%)

- 선진국도 본격적인 산업융합은 초기단계로, 우리의 강점인 우수한 IT역량
*, 제조경쟁력**을 적극 활용 시 융합 선도국으로 도약 가능

* ICT 발전지수 세계 2위(ITU, '17), 블룸버그 혁신지수 5년 연속 세계 1위('18)

* 제조업 경쟁력지수 세계 5위(UNIDO, '16), 근로자 만명 당 제조업 로봇도입 수 1위

○ (성과) 제1차 산업융합발전 기본계획 주요 성과

- 연구개발 및 사업화 지원으로 산업융합 촉진 기반 마련

➡ 단백질 실시간 검출 다기능 복합입자 센서(과기부)→ 우수 국제 논문 게재 및 공기정화필터 사업화

➡ 미량오염물질 수처리 공정기술(환경부)→ 미량유해물질 80% 및 중금속 95% 제거

➡ 1,500V 태양광 모듈(산업부)→ 시스템비용 10% 절감 및 세계최초 UL인증 취득

- 산업융합 활동에 대한 인지도 향상 및 산업융합 수준 증가

* 산업융합 인지도 : 27.4%('12)→ 61.3%('16)

* 산업융합 수준(생산제조분야) : 19.9%('14)→ 33.6%('16)

- 산업융합 활성화를 위한 정부 예산 및 시장규모 확대

* 산업융합 정부예산 : ('13) 1.92조원→ ('15) 2.59조원→ ('17) 2.62조원

* 국내 융합신산업 시장규모 : 64조원('13)→ 129조원('16)

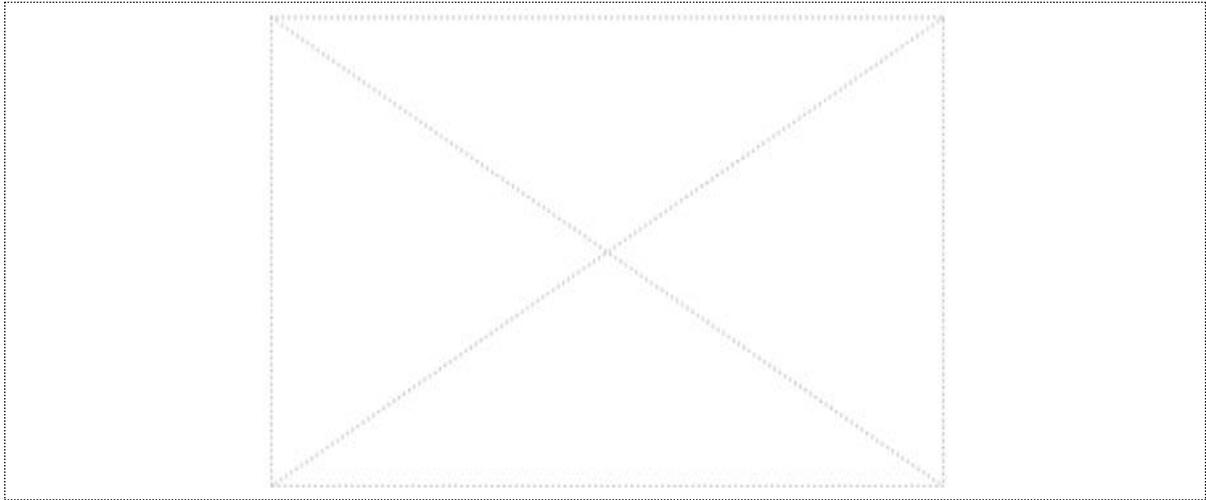
- 산업융합 인프라 조성

➡ 융합 신제품 적합성 인증제도, 산업융합 읍부즈만 운영, 특성화대학원 인재양성, 스마트공장 구축 등

○ (추진전략 1) 융합 신제품·서비스를 위한 新시장 구축

- 선도적 산업데이터 플랫폼 프로젝트 추진

➡ 데이터 기반 신산업 창출효과가 가장 높을 것으로 예상되는 4개 분야(바이오, 자동차, 에너지, 소재)를 선정하여 성공사례 구축 추진



<그림2-1> 데이터 기반 신산업 창출효과가 가장 높을 것으로 예상되는 분야

- 융합 신서비스 시장 창출

- ➔ 융합서비스 고도화를 위해 서비스 분야 R&D에 투자 확대 추진
- ➔ 민간 주도 융합서비스 성장 촉진을 위한 제도 개선 추진

- 공공부문 선도 수요창출

- ➔ 조달·공공구매를 이용한 융합신제품의 초기 판로 확보
- ➔ 사업화 및 초기시장 창출에 필요한 자금 확보 지원

○ (추진전략 2) 산업융합의 제도적 뒷받침

- 융합 신산업 규제완화

- ➔ 규제 체계를 전환하여 융합신산업 발전 장애요인 해소
- ➔ 융합신제품의 신속한 시장출시 지원을 위한 '규제샌드박스' 추진
- ➔ 규제가 불가피한 분야(바이오, 의료 등)에 대해 맞춤형 규제체계 마련

- 융합 신산업을 위한 제도정비

- ➔ 현장애로 발굴·개선을 위한 산업융합촉진 ombudsman 기능 강화
- ➔ 기존 기술과 신기술의 융합 주체간 갈등 조정 역할 수행
- ➔ '산업융합 신제품의 적합성 인증 제도' 운영 확대
- ➔ 융합 신기술의 보호를 위한 지식재산(IP) 제도 정비(특허청)

○ (추진전략 3) 산업의 융합경쟁력 강화

- 융합 촉진형 R&D 지원 체계로 전환

- ➔ 이종 기술간·산업간 융합 기획 확대

- ➔ 외부 기술에 대한 융합·기업 간의 융합을 지원하여 융합 분위기 조성
- ➔ 미래를 선도할 핵심기반기술을 장기간에 걸쳐 안정적으로 개발·축적하는 ‘산업기술 축적거점 육성사업’ 추진
- ➔ 융합신기술을 위한 실증 및 사업화 지원 강화
- 전략투자 분야 선정 후 산업기술 R&D를 집중 투자
 - ➔ 산업기술 R&D의 ;전략투자 분야’ 및 ‘100대 핵심기술’ 선정
 - ➔ 전략투자 분야에 대해 데이터 기반 모델을 활용하여 산업기술 R&D 투자배분·조정 가이드라인 선정
- 융합형 인력 양성
 - ➔ 산업융합을 선도할 아키텍트급 고급인력 양성
 - ➔ 융합 신산업 분야 특성에 따른 교육과정 확대
- (추진전략 4) 융합을 산업 쏠분야로 확산
 - 1, 2차 산업의 혁신기술융합
 - ➔ ICT 기술을 접목한 한국형 스마트팜 개발 및 실용화
 - ➔ 고령화, 수산자원 고갈에 대응하는 스마트 수산업 육성 및 해양 환경 정보 등을 활용한 과학적 자원관리 기반 구축
 - ➔ 혁신기술 기반의 안전한 먹거리 관리체계 구축
 - ➔ 스마트공장의 대표적 성공사례 확산
 - ➔ ICT와 융합한 한국형 첨단 스마트공장 구현
 - 3차 산업의 융합 활성화
 - ➔ 융합을 통해 자율주행·자동화물류 등 교통과 물류 분야의 고도화
 - ➔ 첨단융합기술을 통한 해운 항만·물류 산업 혁신
 - ➔ 융합을 통한 스마트 국토 공간정보 조성
 - ➔ 융복합 문화기술 개발을 통한 콘텐츠 고도화
 - ➔ 첨단기술 기반 스포츠 신시장 창출
 - ➔ AR·VR 등 첨단 ICT와 다양한 산업 분야와의 결합을 통한 융합 콘텐츠 개발 및 서비스 촉진

다. 국내외 정책 동향 주요 시사점

- 해외 주요국은 미래사회 대응을 위한 원천 기술경쟁력 확보 치열
 - 세계 각국은 미래이슈 예측 및 대응을 위한 미래전략의 체계적 수립을 위해 범국가 차원의 노력을 강화
 - 기술·산업경쟁력 제고를 위해 국가 차원의 역량을 총동원하여 R&D투자를 비약적으로 증액 및 기술혁신을 추진
- 우리나라 또한 성장동력분야 육성 및 융복합 정책을 전개
 - `40년의 미래모습을 설정하여 과학기술혁신정책으로서 13개 혁신성장동력분야 지정 및 육성
 - IT-제조-서비스 업종간 경계가 허물어지는 산업융합이 4차 산업혁명의 핵심으로 대두되어, 기술융복합에 의한 산업혁신 전략 전개

2.3 R&D 추진 동향

가. 해외 주요국 R&D 동향

미국

(1) DARPA 고위험 과제 대상 경쟁형 R&D

□ 요약

<표 2-26> DARPA 요약

| 구분 | DARPA(미) |
|----------------|--|
| 사업 특징 | <ul style="list-style-type: none"> 프로그램에 대한 철저한 독립성 PM 및 지도부의 개인 판단 중시 |
| 변혁적 주제/테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> 국방수요에 기초한 연구주제 설정 하일라이어 케이스천 활용 테마발굴 |
| 과제 선정 및 구성 | <ul style="list-style-type: none"> 절대 평가 중심의 과제평가 과제평가팀(SRO, Scientific Review Official)은 PM과 역할 중복수행 불가 |
| 사업 운영관리 및 성과확산 | <ul style="list-style-type: none"> 단계별 경쟁형 평가를 통한 Go/No-Go 결정 (통상 프로그램의 20%가 매년 단계적으로 종료) 모든 프로그램은 시작점에서 평가 척도가 되는 일련의 'Go/No-Go' 마일스톤 설정에 상당한 시간 투자 |

□ 개요

- 1957년 구 소련의 스푸트니크 발사(스푸트니크 쇼크)를 계기로 1958년 2월 ARPA, 7월 NASA 설립(당시 대통령 : 아이젠하워)
 - 명칭 변화 : ARPA(Advanced Research Projects Agency, 1958) → DARPA(1972) → ARPA(1993) → DARPA(1996)
- 파괴적 혁신기술에 전략적 선제 투자로 적국으로부터의 기술적 충격은 방지하고 적국에 대한 기술적 충격은 창출하는 것을 미션으로 함
 - to prevent strategic surprise from negatively affecting U.S. national security and create strategic surprise for U.S. adversaries
- DARPA는 “국가안보를 위한 혁신기술 투자에 중심역할”을 하는 국방 R&D 기획, 평가 및 관리 전문기관으로 기능
 - to make pivotal investments in breakthrough technologies for national security
 - a funding agency : it has no laboratories or research staff of its own

- `21년 약 3.5억 달러의 예산이 편성됨
- DARPA는 점증적 발전보다 변혁적 변화(transformative change)*를 유발할 수 있는 연구개발 투자 추구
 - 변혁적 연구 과정에서 다양한 실패가 발생하기도 하지만, ‘DARPA Model’의 독특한 운영방식으로 ‘혁신’의 상징적 조직으로 인식

□ 주요 내용

- DARPA의 사업 공고는 BAA, RA, RFP, SBIR, STTR 등으로 구분

<표 2-27> DARPA의 사업추진 방식

| 종류 | | 목적 |
|------|-------------------------------------|--|
| BAA | Broad Agency Announcement | <ul style="list-style-type: none"> • 기초 및 응용연구 지원 • 제안서들 간에 상이한 과학적·기술적 접근 예상 시 • DARPA가 가장 많이 활용하는 사업추진 방식 |
| RA | Research Announcemen | <ul style="list-style-type: none"> • BAA와 유사. 지원수단 일부 차이(procurement 불가) |
| RFP | Request for Proposa | <ul style="list-style-type: none"> • 구체적인 시스템 또는 하드웨어 솔루션 개발 |
| SBIR | Small Business Innovation Research | <ul style="list-style-type: none"> • 중소기업의 연방정부 지원 R&D 활동 참여기회 제공 |
| STTR | Small Business Technology Transfer | <ul style="list-style-type: none"> • 중소기업과 연구기관 간 아이디어·기술 협력 촉진 |
| 기타 | other DARPA-sponsored solicitations | |

- DARPA의 사업추진절차는 프로그램 기획 -> 공고 -> 평가 -> 선정·협약 -> Go/No-Go 평가로 이루어짐
 - 선정·협약시 지원수단 및 지원조건을 협상하고 과업내용에 대해 rjahx하는 informal feedback session을 개최

<표 2-28> DARPA의 BAA 방식 단계별 주요 내용

| 단계 | 주요내용 | 담당 |
|--------|---|--|
| 프로그램기획 | <ul style="list-style-type: none"> • 아이디어 발굴 : 국방부 수요, RFI, 워크숍, Seeding, 현장방문, DARPA Challenge 등 • 프로그램 초안 도출 및 관련부서 협의 • Tech, Council 자문 • 프로그램 확정 | PM PM, 관련 부서 Tech. Council 국장 |
| 공고·소통 | <ul style="list-style-type: none"> • BAA(안) 작성 • BAA(안) 검토 • BAA(안) 승인/BAA 게시 • Proposers Day 개최 • Open Discourse(접수 전 잠재적 제안자와 소통) | PM PM, CO, GC CMO실장/CO PM PM |

| 단계 | 주요내용 | 담당 |
|----------------|--|---|
| 평가(SR) | <ul style="list-style-type: none"> 평가팀(Scientific Review team)구성 평가팀 키오프회의 개최 예비제안서(Preproposal) 적합성 검토/결과통보 예비제안서 평가/결과 통보 제안서접수(1차, 최종)/Restricted interaction(제안자 소통) 적합성 검토/결과 통보 평가(Scientific Review) | PM PM, CO, GE CO/CO 평가팀/PM 접수처/CO CO/CO 평가팀 |
| 선정·협약 | <ul style="list-style-type: none"> 평가결과 취합 및 PM 검토 리뷰어 재협의(평가결과 미동의 시) 및 선정(안) 추천 SRO 검토 및 승인(Concurrence) 여부 판단 결과 통보(선정 또는 탈락/부분선정) 지원수단 및 지원조건 협상 Informal Feedback Session 개최 분기별 평가과정 점검(평가패키지 무작위 선택) | PM PM SRO PM/CO CO PM 부국장 |
| Go/No-Go 평가 | <ul style="list-style-type: none"> 매월 재무 및 기술리포트 제출 매월 진도점검회의 프로그램단위 통합 점검회의 Go/No-Go Review : 다음 단계(phase) 지원 여부 결정 | 수행기관→PM PM PM, 실장 PM, 지도부 |

○ DARPA가 지원하는 각 프로그램 예산 범위는 상이하나, 단계적 지원이라는 공통점을 가지고 있음

<표 2-29> DARPA 주요 프로그램 현황

| 프로그램명 | Advanced Plant Technologies(APT) |
|-------|---|
| 목적 | 차세대 영구 지반(ground-based) 센서로 활용 가능한 식물 개발 |
| 기간 | 2018년 시작 예상. Phase1(6개월), Phase2(18개월), Phase3(24개월) |
| 예산 | 4년, 30~70백만 달러(예상) |
| 개발내용 | <ul style="list-style-type: none"> 위험탐지 : 화학, 방사능, 핵, 폭발물 등 식물에 내재된 메커니즘을 활용한 위험 탐지 및 감시 센서 개발 기존의 육·해·공·우주에 있는 감시체계를 통해 모니터링 가능한 형태(Phenotype)로 송신 실제 자연환경에서 서식할 수 있어야 함 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 넓은 지역에서 저비용으로 분포가능(유지·관리비용 無) 분쟁지역 투입을 통한 인도주의적 활동 가능 |
| 프로그램명 | Agile Teams (A-Teams) |
| 목적 | 인간-기계 결합형 부대(팀)개발 |
| 기간 | 2017년 말 시작, 4-Phase(Phase 당 12개월 씩) |
| 예산 | 총 예산 22백만 달러(수행기관 나와 있지 않음) |
| 개발내용 | <ul style="list-style-type: none"> 인간-지능형 기계의 최적화된 결합을 가능하게 하는 수치(프레임,알고리즘) 개발 |

| | |
|--------------|---|
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 전투 지역에서의 불확실한 환경, 유동적 팀 구조 등에 대한 상황 판단 • 의사결정 능력 및 속도 향상 • 인간-기계 협업을 다루는 기타 DARPA 프로그램에도 적용 가능 |
| 프로그램명 | Soldier Centric Imaging via Computational Cameras (SCENICC) |
| 목적 | 군인용 시각 보조 장치(SCENICC) 개발 |
| 기간 | 2011년부터 시작하여, 2014년 시제품 완성 |
| 예산 | 2011년 5개 연구진(대학 및 기업)에 5백만 달러 지원 전체 예산은 40백만 달러 |
| 개발내용 | <ul style="list-style-type: none"> • 위험 감지 : 360°, 수 km밖 물체 탐지를 통한 3D 비전 제공 (총구, 발사체추적, 대상 라벨링 등 정보 제공) • 임무 수행 : 임무 데이터 오버레이, 비이미지 정보 해석 포함 • 접안렌즈용 형태 • 핸드프리 : 대상 초점·확대 조절 및 무기 조준 가능 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 군인 생존능력 향상 지원 |
| 프로그램명 | Deep Exploration and Filtering of Text (DEFT) |
| 목적 | 다양한 자연어(natural language) 기반 자료의 통합 필터링 기술 개발 |
| 기간 | 2012년 시작. 3-Phase(Phase 당 18개월) |
| 예산 | 공고당시 미정(이 경우, 제안서의 수준에 따라 결정) |
| 개발내용 | <ul style="list-style-type: none"> • 비구조화 된 텍스트로부터 명시적 및 암시적 정보 식별 • DARPA의 타 부서에서 개발된 자연어 처리 프로그램 기반으로 추론·인과관계 이해·이형탐지 등이 가능한 처리프로그램으로 개발 (자연어를 구조화된 텍스트로 변환) |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 대규모 데이터 처리를 통한 국방부 분석가 업무 지원 • 분석을 통한 위기상황의 예측·분석 |
| 프로그램명 | Explainable Artificial Intelligence (XAI) |
| 목적 | 설명가능 인공지능(XAI)의 개발 |
| 기간 | 2017년 시작. 1Phase(18개월), 2Phase(32개월) |
| 예산 | 12개 프로젝트, 총 75백만 달러 지원(약 800억원) |
| 개발내용 | <ul style="list-style-type: none"> • AI의 의사결정과정에 대한 근거자료를 제시할 수 있는 인공지능 개발 • AI의 의사 결정에 대한 신뢰도 향상 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 의료·법률·금융·국방 등 투명성 및 정확성이 필요한 분야 활용 |
| 프로그램명 | Airborne Launch Assist Space Access (ALASA) |
| 목적 | 저비용 소형위성 발사장치 (ALASA) |
| 기간 | 2012년부터 진행 중 |
| 예산 | 전체 총 예산은 164백만 달러 Phase 1에는 총 3개의 기업(보잉 포함) 참여 Boeing은 현재까지 45백만 달러 수혜, 기타 기업은 각각 1.9백만과, 2.3백만 수혜 (연구 종료) |
| 개발내용 | <ul style="list-style-type: none"> • 위성 당 1백만 달러 미만의 저비용 소형 위성 발사 장치 개발 • 전투기 내에 탑재 후, 지구 궤도에 도달 시 자동 분리되어 인공 위성만 원하는 궤도로 도달 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 인공위성 발사에 드는 시간·공간·예산 등의 비용 절감 |
| 비고 | 현재 Phase 1 완료, Boeing만 Phase 2로 진출하여 다음 연구 수행(2017) |

* 출처 : 파괴적 혁신을 위한 한국형 ARPA 추진방안, 과학기술정보통신부, 2018

○ 자율과 책임의 원칙에 따른 평가관리를 통해 연구 몰입환경을 조성

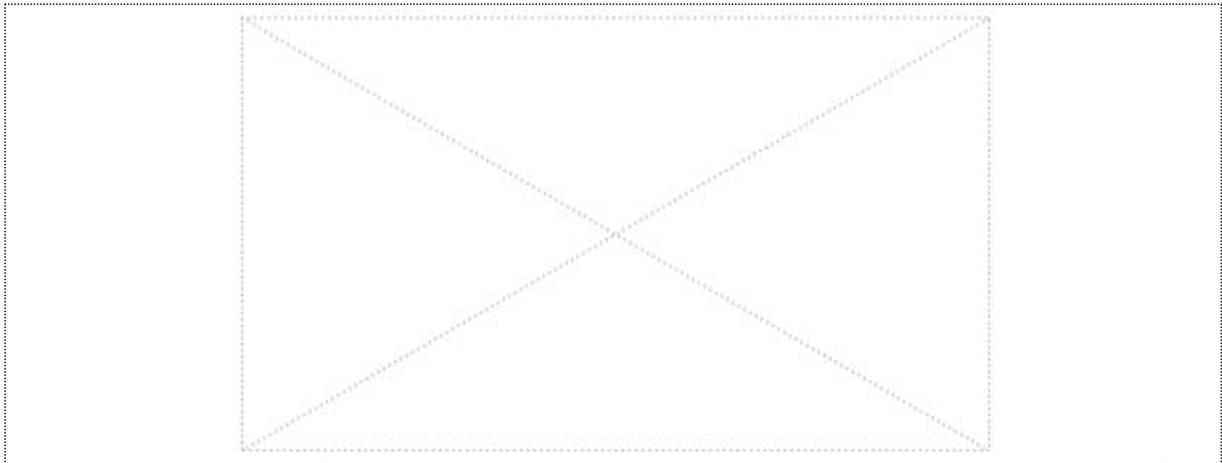
- 거점별로, 매년 수행 및 운영결과를 검토받아, 목표 등을 조정하고, 3년에

한번 평가받아 재협약 진행

- 참여기업(sponsor)은 센터별로 진행되는 분기별 진도점검에 참여하여 의견을 전달하고, 결과물로 재이전이 불가한 통상 실시권을 부여받음

○ 경쟁형 R&D 도입·운영

- 美 DARPA는 R&D 성과 극대화를 위해 경쟁 R&D를 도입 운영
- 수행 프로젝트의 경쟁촉진을 통한 성과 극대화를 위해 매년 평균 20% 규모 중간 탈락 제도 시행, 최종 10% 정도가 성공적 결과 창출



<그림2-11> DARPA의 Project pool 관리방식

- 고위험·대형과제의 경우 성공 가능성을 높이기 위해 동일 주제에 대해 경쟁 촉진을 통해 토너먼트형 R&D 제도 시행
 - 정부의 개발전략에 민간의 창의적 아이디어를 수렴하기 위해 목표만 제시하는 품목지정 과제 공고
 - 수행기관들은 과제 목표를 달성하기 위한 각각 다른 방식 제안
 - 각 단계 종료 시 평가를 통해 R&D 성공 가능성이 있는 기관만 계속 지원
 - 1단계는 제안기술의 타당성 검토(소액)→ 2단계는 설계(중간 금액)→ 3단계는 시제품 개발 및 테스트(큰 금액)
- * 단, DARPA도 목표(스펙 제시)와 개발 방법이 분명한 기술 개발은 예산 낭비가 될 수 있어 경쟁방식이 아닌 지정공모 형태로 추진

(2) Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E)

□ 요약

<표 2-30> ARPA-E 요약

| 구분 | 내용 |
|----------------|---|
| 사업 특징 | <ul style="list-style-type: none"> 연구·상용화 지원조직의 내재화를 통한 시장파급 중심 사업추진 HRHR 성과확보를 위한 PM주도의 적극적인 프로젝트 관리 |
| 변혁적 주제/테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> 조직차원에서의 에너지 경쟁력 확보를 위한 미션 설정 민간·공공에서 지원하기 어려운 백색지대 연구테마 발굴 및 지원 심화탐구(deep dive)를 통해 테마 발굴 |
| 과제 선정 및 구성 | <ul style="list-style-type: none"> PD 및 Director의 과제평가(PD가 평가자 역할 수행) ARPA-E 미션 달성을 위한 Bottom-up 과제와, PD가 설정한 테마를 구성하는 Top-down 과제 구성 |
| 사업 운영관리 및 성과확산 | <ul style="list-style-type: none"> 정량화된 고난이도 목표 설정 프로젝트는 통상 3년간 추진 연구마일스톤이 도달하지 못하더라도, 향후 가능성 있다면 지속 지원 |

□ 개요

- ARPA-E는 `07년 'The America Competes Act'에 의거하여 미국 에너지부(DOE) 산하에 설립
- 미국의 에너지 수입을 10년 간 20%까지 감소시키기 위한 '파괴적이고 혁신적(Disruptive & Innovative)'인 에너지기술 및 정책 개발을 목적으로 추진
 - 에너지 수입 의존 저감 기술, 온실가스 배출 감축기술, 에너지효율 향상기술, 미국의 리더십을 유지하는 첨단 에너지 기술개발 등 변환적 에너지 기술(Transformational Energy Technologies) 개발을 임무로 추진
- ARPA-E 프로젝트를 통해서 창출하고 하는 가치는 영향력(Impact), 변혁(Transform), 가교(Bright), 인재/팀(Team) 4가지로 분류

<표 2-31> ARPA-E의 지향 가치

| 지향 가치 | 내용 |
|-----------|---|
| IMPACT | <ul style="list-style-type: none"> • ARPA-E 임무 지역에 대한 높은 영향력 • 신뢰할 수 있는 시장 진출 경로 • 대형 상용 애플리케이션 |
| TRANSFORM | <ul style="list-style-type: none"> • 가능한 것에 도전 • 기존 학습 곡선 중단 • 현재 기술을 넘어선 도약 |
| BRIDGE | <ul style="list-style-type: none"> • 과학을 획기적인 기술로 변환 • 다른 곳에 대한 연구 및 자금 지원하지 않음 • 새로운 관심과 투자의 촉진 |
| TEAM | <ul style="list-style-type: none"> • 최고 수준의 인재로 구성 • 교차 학문적(Cross-disciplinary) 스킬 세트 • 번역(Translation) 지향 |

* 출처 : ARPA-E(2019), Advanced Research Projects Agency-Energy(ARPA-E) Overview

□ 개념증명과 기술개발 등 2가지 범주의 프로젝트를 지원

○ 개념 증명: 새로운 기술 개념을 증명하거나 반증하기 위한 첫 번째 예비 데이터를 제공하기 위한 프로젝트

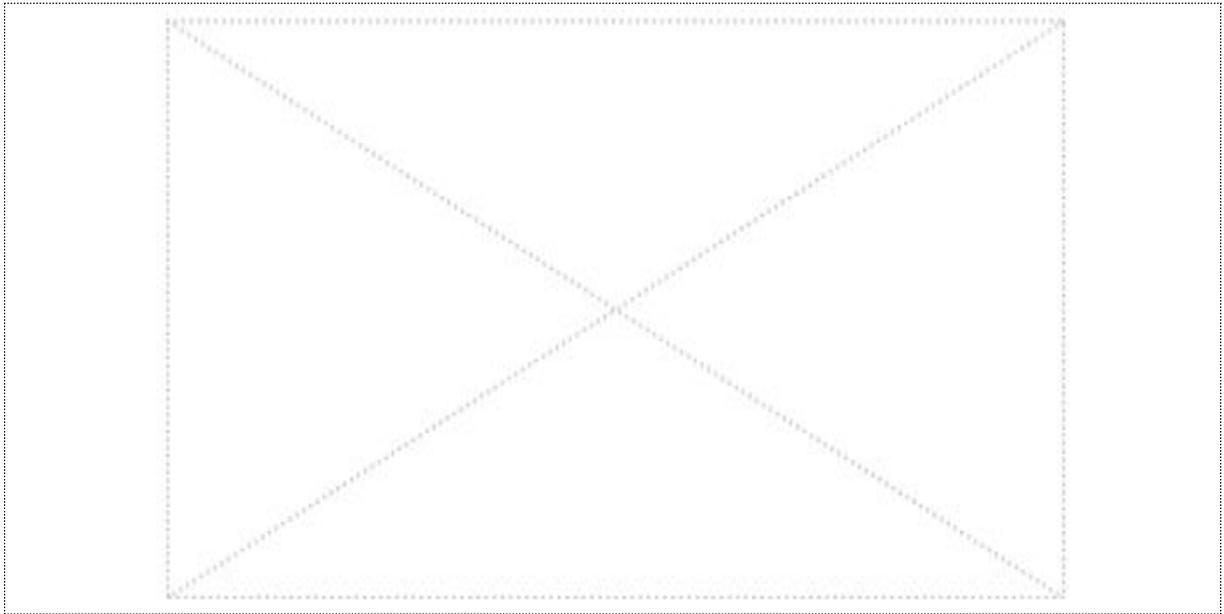
⇒ 비용은 100만 달러 미만 이며 기간은 6-18개월으로 제한

- 기술 개발: 아이디어에서 합의된 사양에서 작동하는 실험실 규모의 프로토타입에 이르기까지 기술을 개발하기 위한 프로젝트

⇒ 기간은 일반적으로 36개월이며 비용은 200만~1000만 달러

○ ARPA-E는 민간에서 추진하기 어려운 고위험·고수익(High Risk·High Reward) 프로젝트의 변혁적 연구개발에 중점적으로 투자

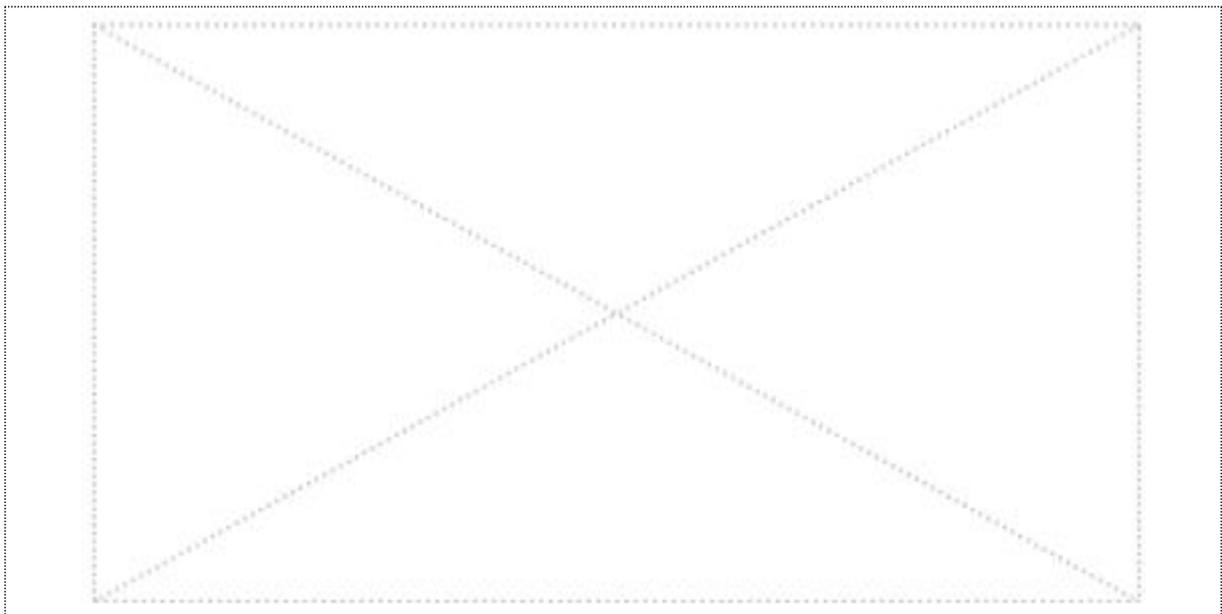
- 변혁적 기술 확보를 통해서 기존 학습곡선을 중단하고, 새로운 학습 곡선을 창조하고자 함



* 출처 : ARPA-E(2019), Advanced Research Projects Agency-Energy(ARPA-E) Overview

<그림2-12> ARPA-E 프로젝트를 통한 새로운 학습 곡선의 창출

- 또한, 기초 연구 분야와 상용화 사이에서의 격차를 해소할 수 있는 응용 R&D를 지원

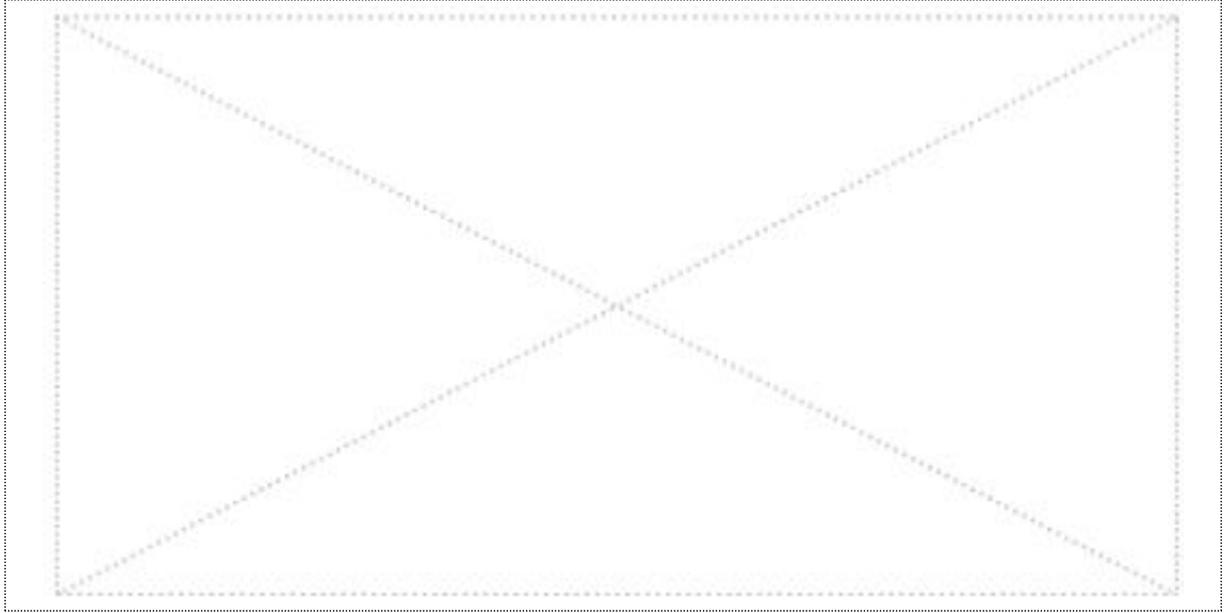


출처 : ARPA-E(2019), ARPA-E Fusion-Energy Programs and Plans

<그림2-13> ARPA-E의 포지셔닝

- 민간이나 타 공공영역에서 다루지 않는 백색지대(white space)의 gap을 극복하기 위한 R&D 지원
- 현재 가능한 기술 한계를 넘어서 기술역량을 확보할 수 있는 경계선

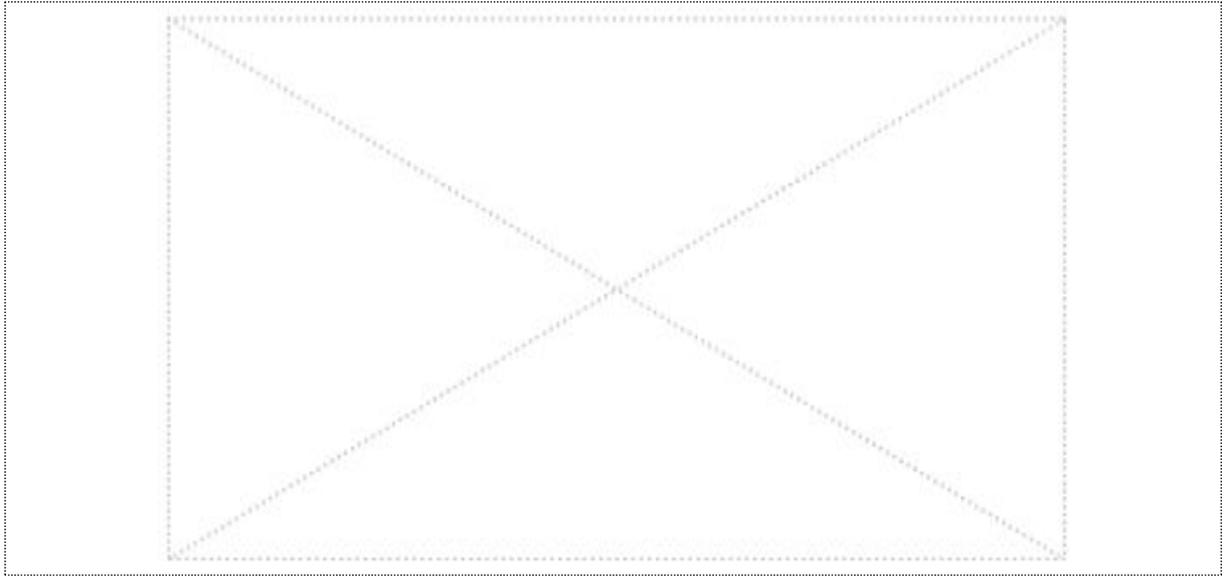
확장(Frontier Pushing)형 R&D 지원



<그림2-14> ARPA-E의 연구 Target

○ 연구과정시 요구되는 방향전환에 대응하여 새로운 마일스톤을 도입하거나 삭제하는 것을 허용함

→ 약 28%의 프로젝트가 드문 정도로 마일스톤을 변경하였고, 17%의 프로젝트가 빈번하게 마일스톤이 변경되었음



<그림2-15> ARPA-E의 마일스톤 변경 현황

□ 추진내용

○ (미션) ARPA-E는 에너지 기술 개발의 통해 미국의 경제 및 에너지 안보와 기술적 주도권을 유지하는데 목표가 있음

- ①미국의 경제 및 에너지 안보를 강화하기 위해 다음과 같은 에너지 기술을 개발

→ 해외로부터의 에너지 수입 감소

→ 에너지 효율성 개선

→ 온실가스를 포함한 에너지 관련 배출 저감

→ 방사성 폐기물, 사용 후 핵연료의 관리/정화/처리에 대한 개선

→ 에너지 인프라의 탄력성, 신뢰성 및 보안의 개선

- ②미국의 기술 주도권 유지를 위한 첨단 에너지 기술의 개발 및 배급

○ (예산) '21년 기준 4억 2,700만 달러

- '19년과 '20년에는 약 4억 2,500만 달러로 약 200만 달러 증액

○ (조직적 특징) ARPA-E는 Director에게 개방성과 권한을 부여할 수 있는

문화 조성을 통하여 지향하는 임무와 목표를 달성하고자 함

- Director는 기술 및 리더십 스킬을 가질 수 있는 권한을 부여
- ARPA-E Program director에게 프로그램과 프로그램 관련하여 결정할 수 있는 권한, 책임 및 능력을 부여
- 적극적인 프로젝트 관리

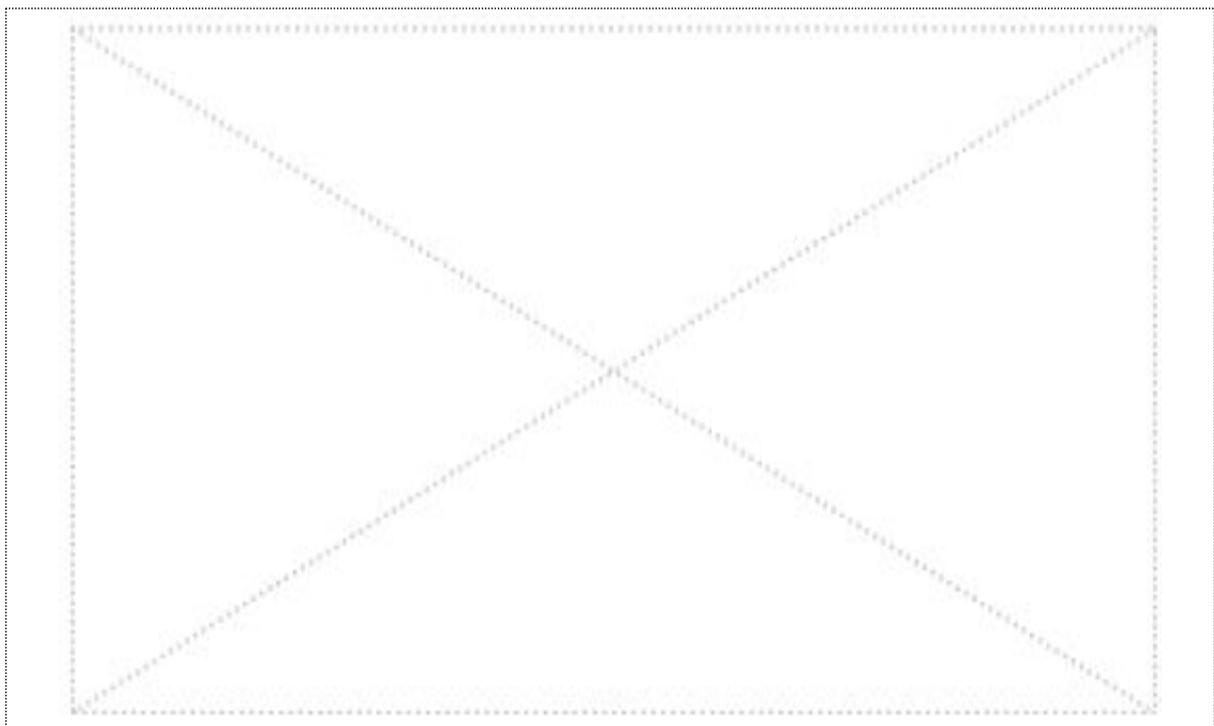
○ (지원 프로젝트 형태) 3가지 형태의 프로젝트를 지원

- (Focused Program) 기술분야별로 개발 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 추진되는 Top-down식 공모 사업
- (Open Solicitation) 특정한 주제를 정해두지 않고 연구자의 자유로운 제안을 심사하여 우수과제를 채택하여 지원하는 bottom-up형 포괄식 공모사업

→ 각각 2009, 2012, 2015, 2018, 2021년 공모가 시행

* 출범한 연도에 따라 OPEN 2009, OPEN 2012, OPEN 2015 등으로 프로그램을 구분하여 운영관리

- (IDEA) 에너지 관련 응용과학에서의 혁신적인 기술 개발을 목적으로 수행되는 사업으로, Focused Program의 후속을 위한 탐사 기능 등 수행



* 출처 : ARPA-E(2019), ARPA-E Fusion-Energy Programs and Plans

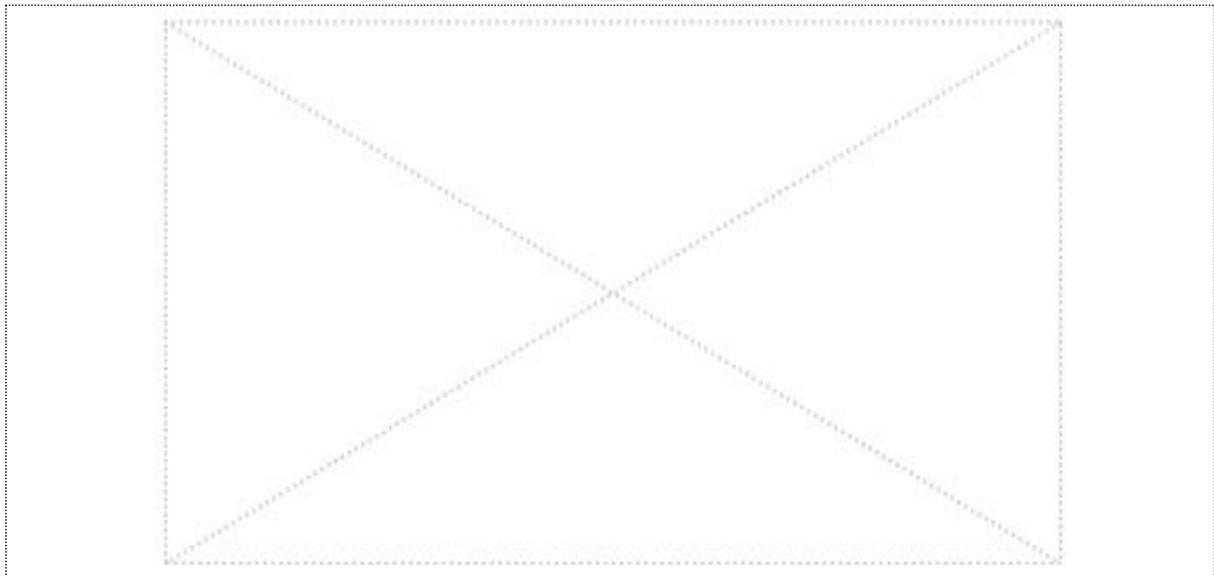
<그림2-16> Open Solicitation 추진 영역 및 프로젝트

- (추진 프로세스) ARPA-E 프로그램은 기본적으로 5 단계를 통해서 개발됨
 - 구상(Envision), 정립(Engage), 그리고 확정(Establish) 단계에서는 PD들이 핵심 역할을 수행하고 평가(Evaluate) 단계에서는 Fellow들이 중요 역할 담당
 - 프로젝트들은 명확한 목표(Technical and Commercial Milestones)를 제안하고 프로그램의 성공을 위해 PD들은 집행(Execution)단계에서 정기 미팅과 현장 방문을 통해 프로젝트별 Milestones달성을 관리하며 프로그램의 최종목표(Goals)에 도달하지 못할 경우 지원 중단

<표 2-32> ARPA-E 추진 단계

| 단계 | 내용 |
|-------------------------|------------------------------|
| Step 1. Envision (구상단계) | 프로그램의 개념(idea/vision) 정립 |
| Step 2 Engage (정립단계) | 워크숍, FOA 개발 등을 통해 개념을 더욱 정밀화 |
| Step3 Evaluate (평가단계) | 정식제안, 반박 토론 등 |
| Step4 Establish (확정단계) | 프로젝트 선정 및 계약협상 등 |
| Step5 Execute (집행단계) | 최종집행 |

* 출처 : ARPA-E(2019), Advanced Research Projects Agency-Energy(ARPA-E) Overview

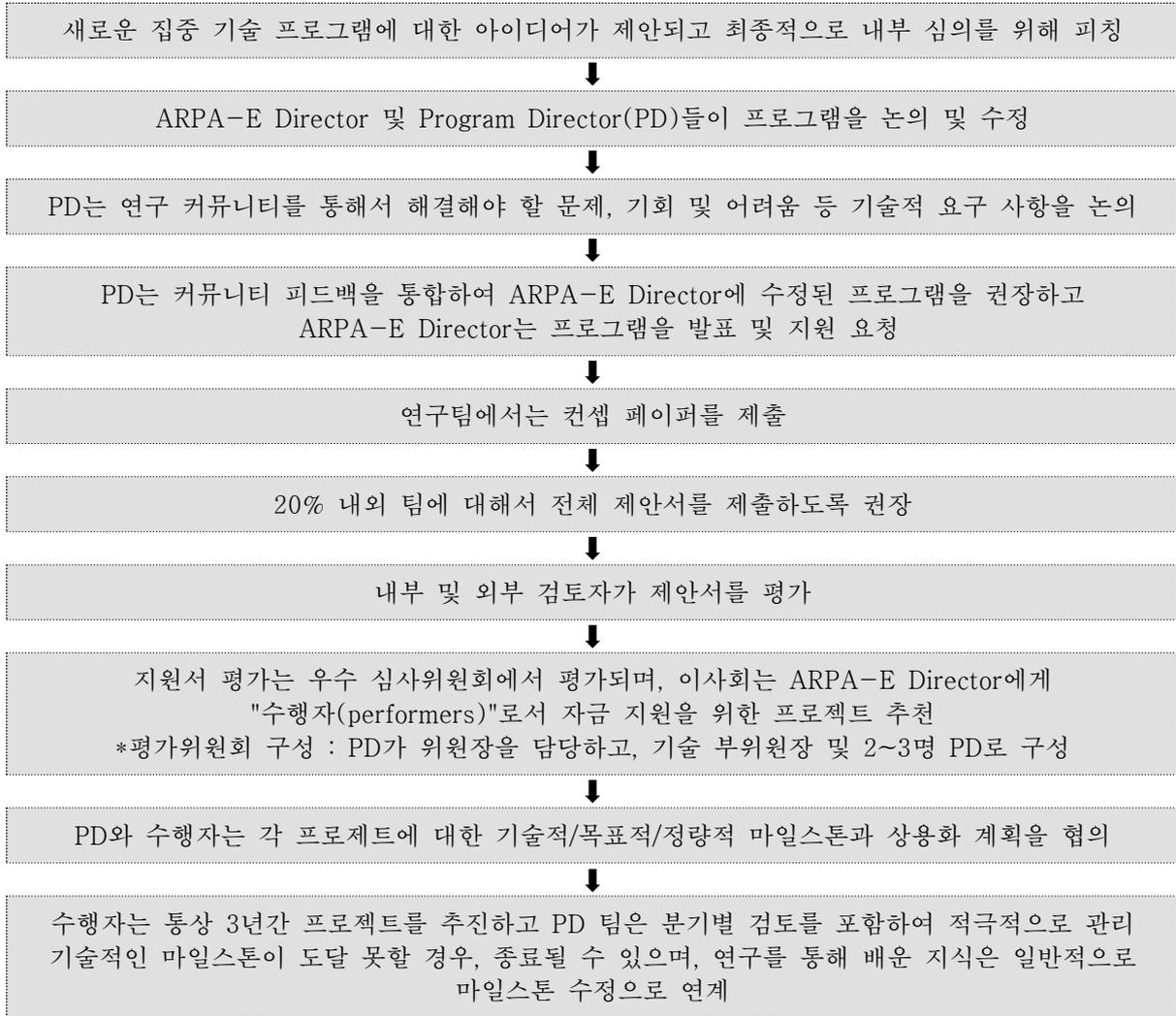


* 출처 : ARPA-E(2019), ARPA-E Fusion-Energy Programs and Plans

<그림2-17> ARPA-E 프로그램 추진 단계

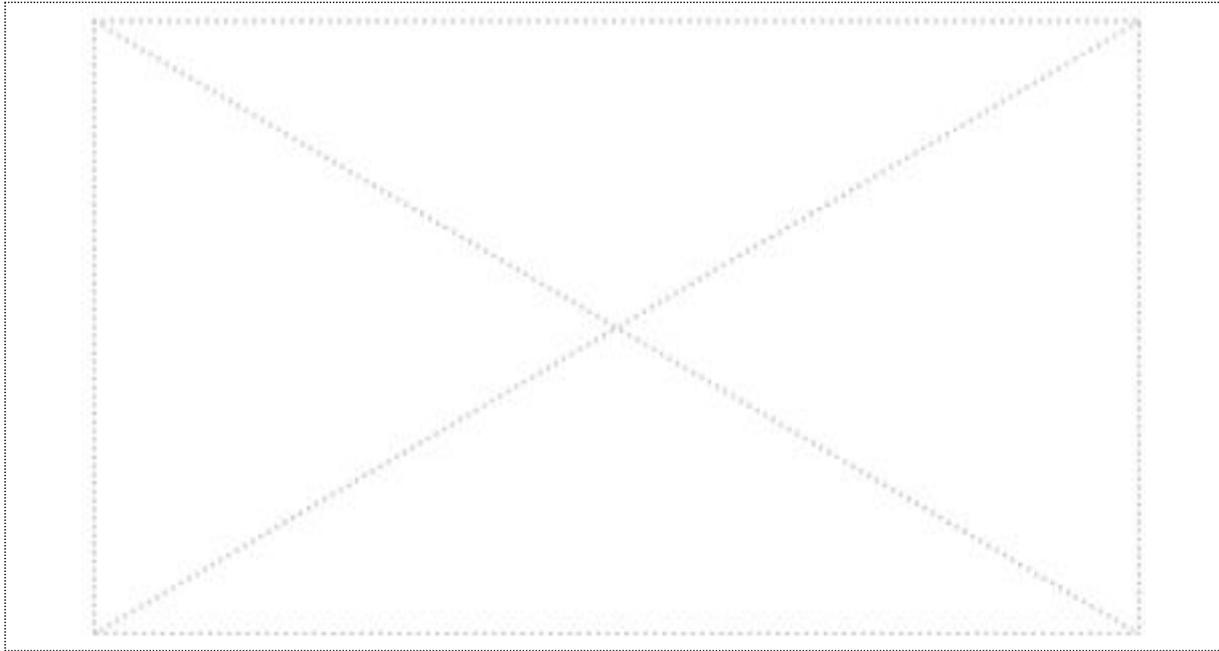
- 내부 프로세스에 대해서 상세하게는 다음과 같이 진행됨

<표 2-33> ARPA-E 상세 추진 프로세스



* 출처 : ARPA-E(2017), An Assessment of ARPA-E 2017

- ARPA-E는 조직 미션에 해당하는 테마를 PD 주도로 선정하고, 이에 적합한 프로젝트를 공고를 통해 접수, 평가
- 프로그램 선정 시 Staff 조직과 함께 연구개발 마일스톤과 목표 등을 정량적으로 제시하고, 예산, 방법 등을 협상하여 연구계획서를 재작성하는 SOPO negotiation 과정을 거침



출처 : ARPA-E(2017), An Assessment of ARPA-E 2017

<그림2-18> 프로그램 생성, 프로젝트 선택 및 수행자 관리를 위한 ARPA-E의 내부 프로세스

- (프로젝트 평가 지표) ARPA-E 프로젝트 평가 지표는 현존 기술에 미치는 영향, 전반적인 과학·기술적 장점, 팀의 수행 가능성, 관리 계획을 평가

<표 2-34> ARPA-E 평가 지표 및 배분

| 지표 | 내용 | 배분 |
|--------------------------|--|-----|
| 제안된 기술이 현재 기술 수준에 미치는 영향 | <ul style="list-style-type: none"> 아이디어가 잠재적으로 혁신적이고 파괴적일 수 있는 정도 최신 기술 상태에 대한 깊은 이해 및 이를 크게 개선하기 위한 혁신적인 접근 방식 경쟁하는 상업 및 신흥 기술에 대한 인식 및 아이디어가 이러한 기술에 대해 어떻게 상당한 개선을 가져올 것인지 여부 새로운 기술을 실험실에서 상업적 배포로 전환하기 위한 "합리적이고 효과적인 전략" | 30% |
| 전반적인 과학적 및 기술적 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 독특하고 혁신적 아이디어 명확하게 정의된 결과 및 결과물 예비 데이터, 배경 정보 및/또는 건전한 과학 및 공학 관행 및 원칙에 기반한 제안된 작업의 타당성 적절하게 정의된 기술 작업을 포함한 건전한 기술 접근 방식 중요 기술 R&D 위험 및 실현 가능하고 효과적인 위험 완화 전략의 식별 | 30% |
| 팀의 자격, 경험 및 능력 | <ul style="list-style-type: none"> 유사한 위험과 복잡성을 지닌 R&D에 대한 사전 경험 기반하여 프로젝트 계획을 실행하는 데 필요한 기술과 전문성 계획을 실행하는 데 필요한 장비 및 시설에 대한 접근 | 30% |
| 관리 계획 | <ul style="list-style-type: none"> 사람과 자원을 관리하기 위한 계획 작업에 적절한 수준의 노력과 자원의 할당 주요 마일스톤을 포함한 합리적인 ARPA-E 프로젝트 일정 작업에 대한 예산의 적절성 | 10% |

출처 : ARPA-E(2017), An Assessment of ARPA-E 2017

(1) FET 플래그십

□ 개요

- 2016년 초 유럽위원회는 미래의 FET* Flagship을 통해 해결할 수 있는 도전적 과학·기술 문제에 대한 아이디어 발굴을 위해 연구계와의 공개 논의·자문(public consultation) 추진

* Future and Emerging Technologies (FET) : 주요 과학 기술 과제를 해결하고 유럽의 사회 및 경제적 복지에 기여하도록 설계된 프로그램

- 2016년 말 EU 회원국과 고위 대표들 간 유망한 주요 도전적 과학기술을 세 가지로 합의 ① ICT와 연계된 사회(ICT & Connected Society), ② 건강과 생명과학(Health & the Life Sciences), ③ 에너지, 환경 및 기후 변화(Energy, Environment & Climate Change)

□ 주요 내용

- (선정) 'Horizon 2020* FET Work Program 2018'의 일환으로 3가지 도전적 과학기술과 관련된 예비연구 선정

- Horizon 2020 : 7년(2014~2020) 동안 약 800억 유로(101조 6천억원)가 투자되는 산학연이 모두 참여하는 EU 최대의 연구 및 혁신 사업

- Horizon이 예비연구는 EU의 신규 연구개발 계획의 일부로서 총 10억 유로(약 1조 2,700억원)가 투자되는 초대형 프로젝트의 일환

- 33건의 제안서 중 2단계 전문가 평가를 거쳐 6건을 예비연구 대상으로 선정

- (목표) 선정된 6개 예비연구는 1년간 유럽에 전략적으로 중요한 과학·기술 아젠다를 도출, 각 예비연구 별로 1년간 100만 유로(12억 7천만 원)를 지원하고, 연구 커뮤니티와 주요 산업계를 활용하여 상세한 타당성 제안서 작성

- (활용) 6개 예비연구에 대한 평가를 통해 최종적으로 3개를 선정하여 향후 7년 간 Horizon Europe*의 일환으로 지원 예정

* Horizon Europe: Horizon2020의 차기 사업으로 향후 7년(2021~2027년)간 약 1,000억 유로(127조원)가 투자될 예정(회원국 간 합의 필요)인 유럽연합의 연구 및 혁신사업

<표 2-35> EU FET 플래그십 6개 이니셔티브 개요

| ① 타임머신 (Time Machine) | |
|------------------------------|--|
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 유럽의 역사적 기록물, 대형 박물관/도서관 소장품, 수천년에 걸친 유럽의 역사적/지리학적 진화를 나타내는 데이터를 디지털화하고 컴퓨팅하는 대형 인프라(다양한 규모의 모델링/시뮬레이션 및 AI 기술 기반)를 구축 |
| 연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> • Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne 등 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 유럽의 역사적/사회적 진화에 대한 이해, ICT 산업/창의적 산업(creative industries)/관광 등 주요 부분에 영향을 끼칠 수 있음 |
| ② 휴메일 AI (Humane AI) | |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 투명한 의사결정 과정 활용과 역동적인 현실 환경 적용을 통해 인간과 복잡한 사회적 맥락을 이해할 수 있는 AI 시스템을 구축하여 인간을 지원하고 AI 시스템의 능력 확대 |
| 연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> • 독일 연구팀이 이끄는 Humane AI팀은 전유럽 AI 연구실 네트워크인 CLAIRE와 협력 예정 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 인간과 사회에 모두 혜택을 줄 수 있고 유럽의 윤리적 가치와 사회적/문화적/정치적 규범에 따르는 방향의 AI 혁명 추진 |
| ③ 회복 (RESTORE) | |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 재생의학과 암 치료를 위한 표적 면역 재구성(targeted immune reconstitution)을 목표로 신약과 새로운 세포·유전자 치료법을 개발 ✓ (예시) 실험실에서 만든 DNA 신장부(stretches)를 인체에 주입하거나 조직을 만드는 방법으로 손상된 조직을 치료/대체하고 궁극적으로는 장기(organ)까지 확대 |
| 연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> • Berlin university hospital Charité |
| ④ 생애 (Life Time) | |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 개인 맞춤형 의학을 위한 혁신적 플랫폼 구축을 목적으로 질병이 인체 내에서 어떻게 발병하고, 악화되는지에 대한 심도 있는 이해* 추진 • single-cell multi-omics, 이미징, 머신러닝, AI 등 획기적 기술들을 통합·개발하여 생물학적으로 의미있는 중요한 패턴 파악 |
| 연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> • 독일 연구팀이 이끄는 컨소시엄 |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 만성/진행성 질병의 조기 진단/예방/혁신적 치료 등에 극적인 영향을 끼칠 것 |
| ⑤ SUNRISE | |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 자연의 광합성을 모방하여 재생에너지 저장과 청정 화학 산업을 위한 지속가능한 연료 및 화학물질을 생산할 수 있는 방법 개발 • 고성능 컴퓨팅, 첨단 생체모방 기술, 합성생물학을 활용해 태양 에너지를 포집, 저장할 수 있는 신소재를 설계 • 대기 중 질소 고정, 이산화탄소를 활용한 화학물질 생산에 활용 |
| 연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> • 네덜란드 Leiden University |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 대응에 중요한 게임 체인저가 될 것임 |
| ⑥ 에너지-X (ENERGY-X) | |
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 태양/풍력 에너지를 화학적 형태로 효율적으로 변환하기 위한 방법 모색 • 물, 이산화탄소, 질소를 연료와 기초화학물질(base chemicals)로 변환하기 위한 새로운 프로세스 및 촉매 개발 |
| 연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> • Technical University of Denmark |

* 출처: Launch of six European initiatives with potential for transformational impact on society and the economy(European Commission, '19.3.5.), R&D BRIEF EU, 경제·사회를 변화시킬 초대형 프로젝트 개시 (2019) NRF 재작성

(2) 유럽연구위원회 (ERC, European Research Council)

□ 개요

- 유럽연구위원회(이하 ERC)는 첨단 기초연구 분야의 유럽 최고 연구자의 세계적인 프론티어 연구를 지원하기 위해 `07년에 Framework Programme7(FP7) 시행에 따라 출범하여 Horizon Europe 까지 지속적으로 지원
 - 매년 국적과 연령, 연구 분야에 제한 없이 EU 회원국에서 진행되는 획기적이고 리크스가 높은 프로젝트를 수행하는 연구자들 중 우수 연구자를 선정하여 지원

□ 주요내용

- (미션) 우수 연구자들의 창의적 연구에 대한 기반을 조성하고, 전 유럽에 걸쳐 새로운 첨단 연구분야의 개척
 - 과학공학 및 모든 학문분야를 대상으로 유럽연구자 주도의 Investigator-Driven·Bottom-Up Frontier Research 형태의 지원을 통한 창의적·혁신적 연구 및 우수연구 성과창출 지원
 - 간략한 자금지원 절차의 운영을 통해 사회에서 요구하는 새로운 이슈 관련 연구에 대한 민첩한 투자를 실시
 - ➔ 핵심적인 역할은 획기적이고, 고위험 고수익(high-gain/high-risk) 연구를 추진하는 연구책임자 및 연구팀에 장기간의 연구재원을 공급하는 것임
 - ➔ 과학적 탁월성이 지원의 주된 기준이며, 연구분야, 연구자 국적/나이/경력 상관없이 지원서 작성 가능
 - ➔ 단, 주관 기관은 연구책임자에게 연구를 수행할 수 있는 적절한 환경을 조성 필요
- (예산) Horizon Europe 프로그램 예산의 약 17%에 해당하는 약 160억 유로(약 22.4조 원) 승인
 - FP7부터 Horizon2020까지 연간 약 1.6조원 투입되었으며 Horizon Europe 프로그램은 11억 유로 증액
- (지원내용) 신진·경력 연구자를 지원하고 연구자들 간 공동연구를 육성하기 위한 연구자금 지원 프로그램 운영
 - 연구단계별로 신진연구자 지원 (starting grant), 중견연구자 지원(consolidator grant), 우수연구 지원(advanced grant) 등 세 종류의 프론티어 연구 프로그램을 운영

- 추가적으로 2~4명의 연구자 추진하는 공동연구를 지원하는 공동연구 지원(Synergy Grant), ERC 연구결과의 사업화를 지원하는 사업화 지원(Proof Of Concept Grant) 등을 운영
- 사회·인문과학, 생명공학, 물리공학 등 3개 영역에 대한 25명의 전문가 패널을 중심으로 동료 평가시스템을 통해 제안서 평가

<표 2-36> ERC 연구지원 프로그램

| 프로그램명 | 내용 |
|-------------------------------------|--|
| 신진연구자 지원 (Starting Grants) | <ul style="list-style-type: none"> • 독립적인 팀 또는 프로그램 시작하는 단계에서 우수한 연구책임자를 지원 • 연구책임자는 과학적 제안의 획기적인 특성, 목표 및 실현가능성을 증명해야 함 • (지원 금액) 5년간 최대 150만 유로 수준으로 지원, 추가 지원은 최대 100만 유로 지원 |
| 중견연구자 지원 (Consolidator Grants) | <ul style="list-style-type: none"> • 독립적인 팀 또는 프로그램 통합되는 단계에서 우수한 연구책임자를 지원 • 연구책임자는 과학적 제안의 획기적인 성향, 목표 및 실현가능성을 증명해야 함 • (지원 금액) 5년간 최대 200만 유로 수준으로 지원, 추가 지원은 최대 100만 유로 지원 |
| 우수연구 지원 (Advanced Grants) | <ul style="list-style-type: none"> • 연구성과를 인정 받아 연구리더로 자리 자른 단계에서의 우수한 연구책임자 지원 • 연구책임자는 과학적 제안의 획기적인 성향, 목표 및 실현가능성을 증명해야 함 • (지원 금액) 5년간 최대 250만 유로 수준으로 지원, 추가 지원은 최대 100만 유로 지원 |
| 공동연구 지원 (Synergy Grant) | <ul style="list-style-type: none"> • 2~4명의 연구책임자와 소속 팀으로 구성된 공동연구 그룹의 연구 육성 지원 |
| 후속연구 지원 (Proof of Concept Grant) | <ul style="list-style-type: none"> • ERC 프로그램에 참여 중이거나 과제 종료 후 12개월이내의 과제 연구책임자 및 팀에 대한 연구 지원 |

* 출처 : ERC(2021), ERC Work Programme 2021

(3) 영국 고등연구혁신기관(ARIA, Advanced Research & Innovation Agency)

□ 개요

- 영국은 세계 최고 수준의 과학기술 선진국으로써 지위를 유지하기 위해서 미국의 ARPA를 벤치마킹한 혁신연구 예산 지원 기관인 고등연구혁신기관(이하 ARIA)을 신설하였으며, '22년부터 지원
 - 기업·에너지·산업전략부(BEIS, Department for Business, Energy & Industrial Strategy) 산하에 설치되며, 영국 연구혁신기구(UK Research and Innovation, UKRI)와는 독립된 조직으로 운영

□ 주요내용

- (미션) 도전적이고 고위험적 성격을 갖지만 성공 시 고수익을 창출될 수 있는 과학, 엔지니어링, 기술에 자금을 지원
- (예산) '22년부터 4년간 8억 파운드(약 1조 2,000억원)을 지원할 예정
 - ARIA의 신규 예산은 영국 정부 연구 예산의 1% 수준이지만 성과달성에 따라 확대해 나갈 전망
- (추진 방향) 고위험 연구에 초점을 맞추고, 추진 연구 및 프로젝트 선정의 자율성, 재정적 유연성, 운영상의 자유성을 통해서 조직의 독립적인 리더십을 가질 수 있도록 함
 - 혁신적인 기술변화 및 과학 분야의 패러다임 전환을 창출할 수 있는 고위험 연구에 초점을 맞춰 추진
 - 추진할 연구 및 프로젝트 선정, 절차, 프로그램 포트폴리오 등에 대한 결정에 대해서는 ARIA에서 결정하도록 하여 전략적·과학적·문화적 자율성을 가질 수 있도록 함
 - ➔ 자금 배분에 관련해서는 기술전문성을 갖춘 전문가에 의해서 결정하도록 함
 - 소수의 최고 수준의 연구자에게 프로그램 관리자로서 자금의 조달 권한, 프로젝트 목표 및 이정표 변경, 리스크 관리 등 프로그램 관리 대한 자유와 통제력을 부여
 - 민첩하고 효율적인 자금 조달을 위해서 일반 프로젝트에서의 장애 요인을 최소화 할 수 있는 의제에 주력하고, 다양한 혁신적인 접근 방식을 사용 할 수 있도록 지원하여 재정적인 유연성 및 운용상의 자유성 확보
- 향후 ARIA의 추진 과제로 구체적인 탐구영역의 발굴 및 지원 예산의 확대 필요성도 강조되고 있음

(1) IMPACT

□ 개요

- ImPACT 프로그램은 국가 부흥전략의 하나인 ‘과학기술혁신 창출’ 목적 달성을 위해 종합과학기술회의가 선정하는 주제를 대상으로 최고 수준의 연구개발 역량을 결집하여 추진
 - 종합과학기술회의 컨트롤타워(Control-Tower) 기능을 강화하기 위해 IMPACT와 함께 범부처적 SIP(cross-ministerial Strategic Innovation Program)을 추진
 - * 컨트롤타워(Control-Tower) 역할을 강화하기 위한 내각부 법개정 추진 : 과학기술혁신 종합전략(2013.6.7.) 및 일본재흥전략(2013.6.14.) 결정
- 기존의 공공사업 및 시장중심 경제정책을 극복하고 새로운 수요를 창출하기 위하여 사회 문제 해결 및 혁신 전략방안으로 IMPACT 도입
 - * 안정적인 내수·외수 창출, 산업경쟁력 강화, 부(富)의 순환형 경제구조 구축을 도모할 필요성이 있다고 보아 사회문제 해결형과 새로운 수요 대응을 위한 문제 해결형 혁신전략 마련

□ 주요 내용

- (설립배경) 1980년대 버블경제로 인한 장기적인 경제 침체로 산업경쟁력을 기술 전략이 강조되어 미국의 DARPA를 벤치마킹하여 추진
 - 일본과 미국의 혁신환경 차이를 고려하여 일본의 상황에 맞는 방향으로 계획 수립
- (미션) 공공과 민간이 실패를 두려워하지않고 R&D과제에 도전하여 산업 및 사회에 많은 변화를 가져다줄 수 있는 과학기술혁신창출을 위하여 고위험-고영향력 (High Risk-High Impact) R&D 추진²⁾
- (예산) 550억 엔(‘13년 독립행정법인 과학기술진흥기구법 일부 개정, 5년 단위 기금 마련)
 - * 기금설치를 위해 독립법인 과학기술진흥기구(JST) 설치
- (거버넌스)
 - (정부) 과학기술혁신을 위한 정부지원체계 강화를 위해 종합과학기술·혁신회의 기능을 확대

2) <https://www.jst.go.jp/impact/intro.html> (검색일: 2020.07.02.)

- ➔ 특히 일본판 제 4차 산업혁명인 Society5.0실현을 위한 혁신 시스템 구축 도모
- (PM) R&D 비전 제시 및 서로 다른 분야간 융합을 촉진하며 R&D 기획 및 우수 연구자 섭외 등의 관리자 역할 수행
 - * PM은 JST소속으로 업무를 수행하여 고용에 의한 신분 안정, 사무적 지원(회의 개최, 공모, 계약 등), 전문적 지원(지적재산권 관리, 법령), 노하우 지원, 홍보지원(심포지엄, 홈페이지) 등을 제공
- R&D 관리형태는 PM별로 팀 내부에 경쟁 환경을 도입하는 stage gate*방식이나 산학연계 매트릭스** 등이 존재
 - * PM의 명확한 목표 혹은 요구 하에 같은 목적을 향해 여러 기관이 서로 다른 접근방식으로 경쟁하는 것
 - * 종래 고정적인 협력관계에서 벗어나 장래 실용화 및 제품화를 우선으로 하여 목적이나 기능에 따른 유연한 팀 편성

<표 2-37> PM의 선정 절차 및 역할

| 구분 | 내용 |
|---------|--|
| 자질 | <ul style="list-style-type: none"> • 기술 및 시장 동향에 대한 폭넓은 이해도와, 이를 다각도로 검토하여 사업화 등을 추진할 수 있는 연구자 • 국내외 연구자와 충분히 소통하고, 목표 달성을 위해 리더십을 발휘 할수 있는 연구자 |
| 선정절차 | <ul style="list-style-type: none"> • 종합과학기술회의에서 PM공모 → PM선정(안)을 ImPACT 추진회의에 보고 → 추진회의의 선정(안) 조정 후 종합과학기술회의에 보고 → 종합과학기술회의에서 최종 결정 |
| 역할 및 권한 | <ul style="list-style-type: none"> • 관리업무 지원에 관한 권한을 가지고 있으며, 필요하다면 기관 내에 한정하지 않고, 외부자원을 활용할 수 있음 ✓ 잠재적 수요 및 동향조사, 연구개발 동향 및 연구자 조사, 워크숍 개최, 지적재산 및 국제표준화추진 등 |
| 원칙 | <ul style="list-style-type: none"> • PM은 약 6개월마다 종합과학기술회의에 진행상황을 보고하고 개선 요청사항을 수렴하여 반영 • 전임을 원칙으로 하지만, 우수 연구자의 확보를 위해서는 겸임도 가능 • 우수한 PM에게는 소속기관과의 협의 통해 추가적인 인센티브를 제공할 수 있음 • 종합과학기술회의에서 요청한 개선사항이 반영되지 않거나 성과를 기대할 수 없는 경우 추진회의 심의를 거쳐 PM 해임 가능 |

- PM은 약 6개월마다 종합과학기술회의에 진행상황을 보고하고 개선 요청사항을 수렴하여 반영
- 종합과학기술회의에서 요청한 개선사항이 반영되지 않거나 성과를 기대할 수 없는 경우 추진회의 심의를 거쳐 PM 해임 가능

<표 2-38> 「ImPACT」 세부 프로그램

| 번호 | 프로그램명 |
|----|--|
| 1 | Realizing Ultra-Thin and Flexible Tough Polymers |
| 2 | Cell Search Engine -Turning Serendipity into Planned Happenstance - |
| 3 | Ubiquitous Power Laser for Achieving a Safe, Secure and Longevity Society |
| 4 | Achieving Ultimate Green IT Devices with Long Usage Time without Charging |
| 5 | Innovative Cybernic Systems for a "Zero Intensive Nursing-care Society |
| 6 | Super High-Function Structural Proteins to transform the Basic Materials Industry |
| 7 | Tough Robotics Challenge |
| 8 | Reduction and Resource Recycling of High-level Radioactive Wastes through Nuclear Transmutation |
| 9 | Ultra-high Speed Multiplexed Sensing System Beyond Evolution for the Detection of Extremely Small Quantities of Substances |
| 10 | Innovative Visualization Technology to Lead to Creation of a New Growth Industry |
| 11 | Actualize Energetic Life by Creating Brain Information Industries |
| 12 | Advanced Information Society Infrastructure Linking Quantum Artificial Brains in Quantum Network |
| 13 | Small Synthetic Aperture Radar Satellite System for On-Demand Observation |
| 14 | Artificial Cell Reactor Technology for an Enriched and Secure Society and New Bioengineering |
| 15 | Bionic Humanoids Propelling New Industrial Revolution |
| 16 | An Ultra Big Data Platform for Reducing Social Risks |

* 출처: ImPACT 프로그램 홈페이지

(2) Moon-Shot 프로젝트

□ 요약

<표 2-39> Moonshot 요약

| 구분 | Moonshot(일) |
|----------------|---|
| 사업 특징 | <ul style="list-style-type: none"> • PD 및 PM의 이원화된 체계 구성 • 연구추진법인을 통한 프로젝트 관리 |
| 변혁적 주제/테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> • 민간 전문가로 구성된 '비전회의', 종합과학기술이노베이션 회의 등을 거쳐 테마 발굴 • PD는 사업 목표 달성을 위해 포트폴리오(안) 구축 |
| 과제 선정 및 구성 | <ul style="list-style-type: none"> • PD가 구축한 포트폴리오(안)에 근거하여 포트폴리오를 결정 • PM은 PD의 지휘하에 프로젝트 선정 |
| 사업 운영관리 및 성과확산 | <ul style="list-style-type: none"> • 거버닝위원회, 구상디렉터(PD), 프로젝트매니저(PM)기반 운영 • 동일 주제 대상 복수 PM팀을 통해서 R&D 수행 • 경쟁 우위의 팀만 선정 본연구 진행 |

□ 개요

○ 성공가능성이 낮은 'Moon-shot* 프로젝트'에 `19년부터 대규모 투자

* '문샷(Moon-shot)기술'은 달에 사람을 보내는 것처럼 실현 가능성은 매우 낮고 난해하지만 성공하면 기술적 파급력이 매우 큰 초혁신적 기술

(추진목적) 파괴적인 혁신 창출을 목표로 기존 기술의 연장이 아닌 더 대담한 발상에 근거하는 도전적인 연구개발을 추진

- 초고령화 사회와 지구 온난화 문제 등 중요한 사회 문제에 대해 사람들을 매료시킬 만한 야심찬 목표(문샷 목표)를 국가가 설정

○ (관리체계) 문부과학성, 경제산업성, 농림수산업성, 후생노동성 등의 다부처 사업으로 추진

* 관리기관 : JST, NEDO, NARO, BRAIN, AMED

○ (투자현황) 2019년부터 일본 정부는 내각부, 문부과학성, 경제산업성 등이 공동 대규모 (총 사업비 약 1조 원) 투자

<표 2-40> Moon shot project 추진경과

| 일시 | 내용 |
|------------|---|
| 2020.07 | 제30회 건강·의료전략추진본부(문샷 목표 7 결정) |
| 2020.02~07 | PM공모(문샷 목표 1~6의 PM을 공모) |
| 2020.01 | 제48회 CSTI(문샷 목표 1~6 결정) |
| 2019.12. | 문샷 국제 심포지엄 개최 |
| 2019.11 | 문샷형 연구개발 제도 로고 결정 |
| 2019.07 | 제4회 문샷형 연구개발 제도 미래 회의(문샷 목표 설정 논의) |
| 2019.05 | 제3회 문샷형 연구개발 제도 미래 회의(문샷 목표 설정 논의) |
| 2019.04 | 제2회 문샷형 연구개발 제도 미래 회의(문샷 목표 설정 논의) |
| 2019.03 | 제1회 문샷형 연구개발 제도 미래 회의(문샷 목표 설정 논의) |
| 2019.03~05 | 문샷형 연구개발 제도에 관한 제안·아이디어 공모 (문샷 목표 설정에 있어 일반인이 해결을 기대하는 사회문제와 실현해야 할 미래상을 공모) |
| 2018.12. | 제41회 CSTI(문샷형 연구개발 제도의 기본개념 결정) |
| 2018.06 | 제39회 CSTI(문샷형 연구의 필요성 제언) |

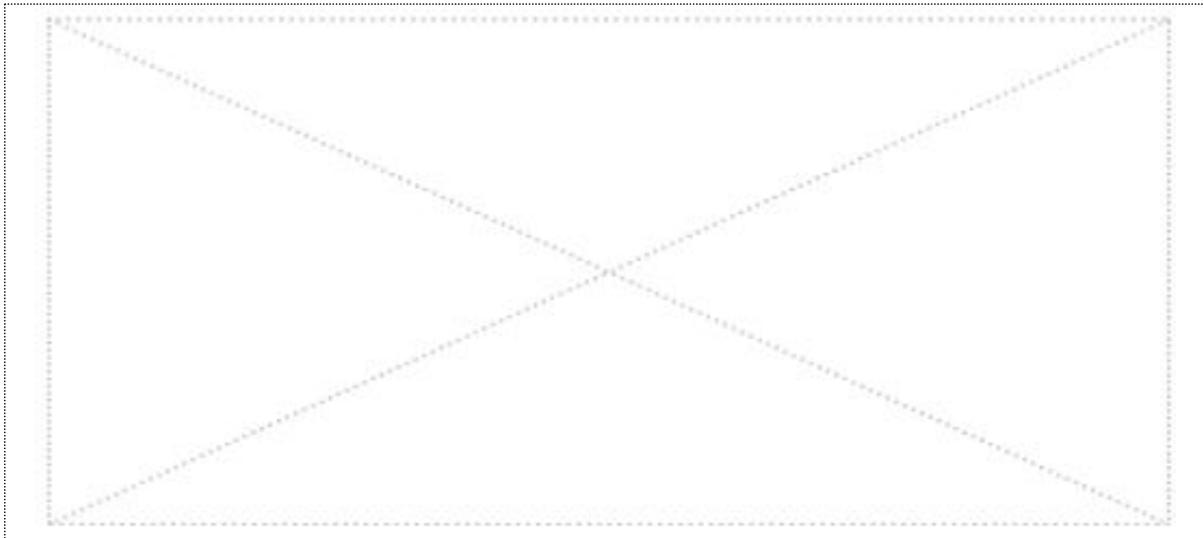
○ (주요기술사례) 중증 환자에 필요한 치료기술을 개발할 때까지 동면시키는 기술, 태풍의 진로를 조작하는 기술, 가상현실로 고인과 대화하는 기술 등

□ 주요 내용

○ (목표 설정) 문샷의 목표는 종합과학기술혁신회의(CSTI)가 6개(①~⑥), 건강·의료전략추진본부에서 1개(⑦)를 설정

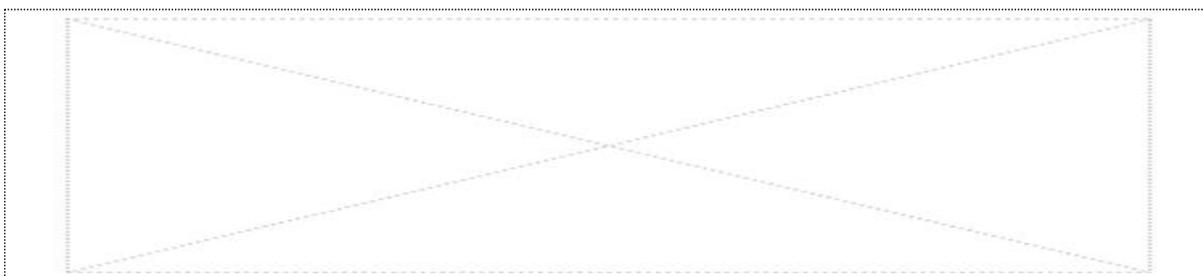
- (연구주제) 각 부처 관련 전문가 회의 등을 거쳐 ‘10~20년 후 일본에 필요한 기술’에 대한 주제로 결정

* 7대 목표로 ‘주요 질환을 예방·극복하여 100세까지 건강 걱정 없이 인생을 즐길 수 있는 지속 가능한 의료·개호 시스템을 실현’이 추가



<그림2-19> 일본 Moon-shot 프로젝트의 목표설정 영역 및 장기목표

- (운영체제) 거버닝위원회, 구상디렉터(PD), 프로젝트매니저(PM)기반 운영
 - 거버닝위원회: 사업 운영 전반에 관한 총괄, 운영상의 중요 안건의 심의 등
 - 구상디렉터(PD): 각 문샷 프로그램 책임자, 세부 프로젝트의 조합·자원배분 등의 정책을 관리, 계획(포트폴리오)의 전략적 구축, 연구개발 프로젝트 제안자 및 추진 책임자인 프로젝트매니저(PM)의 선정, 연구개발 프로젝트의 실시 결정·평가 등 연구개발 프로젝트의 진척 관리 및 그에 따른 PM에 추진 지시 등을 실시(외부 자문위원 등을 활용)
 - 프로젝트매니저(PM): 목표 달성 및 연구개발 구상을 실현하기 위한 시나리오 수립, 연구개발 프로젝트의 설계, 연구개발 체제 구축, 연구개발 프로젝트 수행 관리 등을 실시
 - 목표횡단적 분과회의: 수리과학이나 윤리적·법제도적·사회적 과제(ELSI: Ethical, Legal and Social Issues) 등의 분야 횡단적 지원 실시
- (운영 특징) 경쟁형 R&D, PM제도, Pre-R&D 등의 특징 보유
 - (경쟁형R&D) 복수 팀에 동일한 연구개발을 맡겨 서로 경쟁시키는 ‘토너먼트형 연구개발(R&D)’을 본격 도입



<그림2-20> 일본 Moon-shot 프로젝트의 경쟁형 R&D 운영 방식

- (PM제도/Pre-R&D) 동일 연구 주제에 복수의 프로젝트 매니저(PM)팀이 각각 6개월간 연구계획을 수립하고 2년 동안 Pre-R&D 수행
- (본연구) 정부와 전문위원회 공동으로 사업별 성과와 창의성, 잠재력 등을 평가 재정 지원 지속 여부와 팀 통합 등을 결정 후 경쟁우위팀만 본연구 진행

(3) 미래사회창조사업

□ 개요

- 일본 미래사회창조사업은 「제 5기 과학기술기본계획」 명시된 ‘국가는 각 부처의 연구 개발 프로젝트에 도전 연구 개발의 추진에 적합한 기술을 보급 확대 할 것’에 따라 '17년에 JST에서 추진

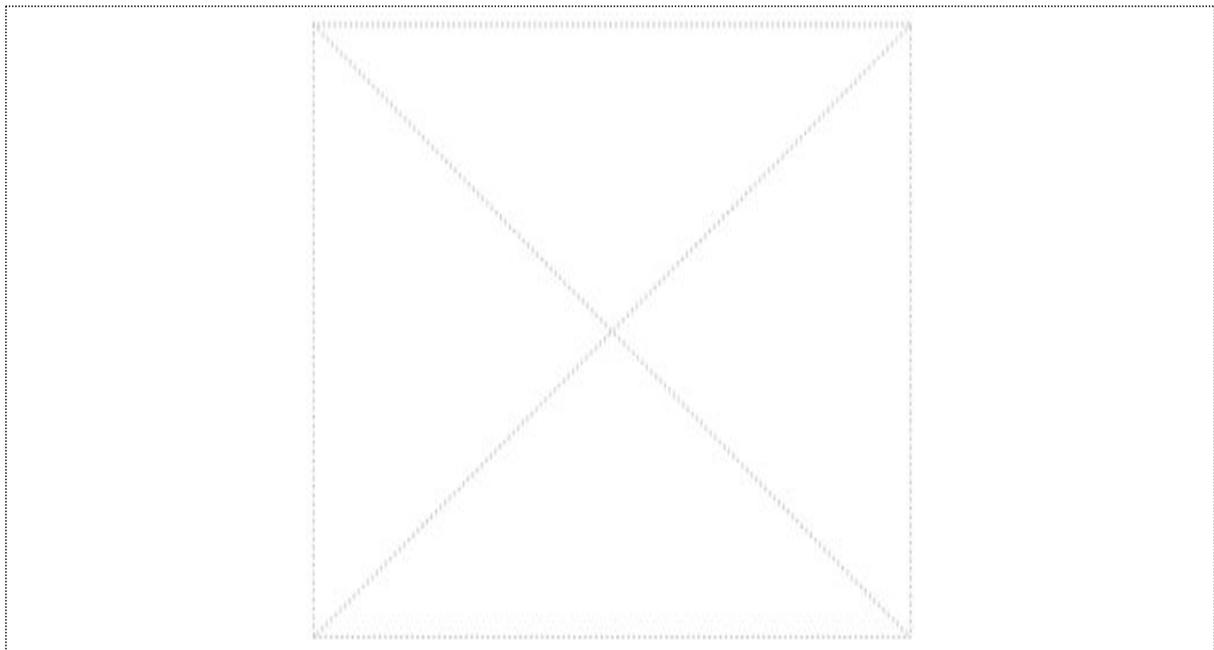
□ 주요 내용

- (미션) 사회 및 산업 요구를 기반으로 경제·사회적 영향력을 고려한 도전적인 기술개발 목표를 설정하고 기존 사업의 유망 성과의 활용을 통해 실용화 측면에서 개념 증명(POC)을 목표로 연구 개발을 추진
 - 프로그램 관리자(PM) 방식을 도입하여 뛰어난 지도력하에 도전적인 성과의 달성을 목표로 함
- (프로그램 구성) 프로그램은 탐색가속형과 대규모프로젝트형으로 구성
 - 탐색가속형은 소액 과제를 다수 채택하여 추진하는 Small Start형 탐색 연구와 이 과제에서 집중 투자 과제를 선정하여 추진하는 본격 연구로 단계적으로 추진하며, 문부과학성이 정하는 영역에 근거하여 공모함
 - ➔ 탐사연구는 많은 참신한 아이디어를 공모하고 도입하고 본격 연구를 향해 아이디어의 실현 가능성을 파악하기 위한 연구개발을 실시
 - ➔ 본격연구는 탐사연구에서 본격연구 실시기간 중 스테이지 게이트 평가*를 실시하여 연구개발과제를 좁히는 것으로 최적의 연구개발과제를 편성
 - * 스테이지 게이트 평가 : 연구 개발 기간을 복수의 스테이지로 나누어 각 스테이지에서의 연구 개발 과제의 속행 또는 종료를 결정하는 평가
- 대규모 프로젝트형은 과학기술이노베이션에 관한 정보를 수집·분석하고, 현재의 기술체계를 바꾸어 미래의 기반기술이 되도록 문부과학성이 특정한 「기술 테마」에 관한 연구개발과제를 공모하고 집중적으로 투자

<표 2-41> 미래사회창조사업 중점 추진 영역

| 영역 | 내용 |
|---------------------|--|
| 차세대 정보사회 실현 | <ul style="list-style-type: none"> 현실 세계에서 다양하고 신뢰성이 높은 데이터를 수집하여 다양한 「물건」 과의 제휴에 의한 새로운 가치의 창조나 불확실·비연속적인 변화에의 즉각적인 대응을 가능하게 한다 차세대 정보사회의 실현을 목표 |
| 현재화하는 사회 과제 해결 | <ul style="list-style-type: none"> 신형 코로나바이러스 감염과 같은 공중위생 위기나 예상을 넘어선 재해, 저출산 고령화 문제, 기후변화 문제, 지방과 도시 문제, 식량 문제, 자원 문제, 인프라 노후화 문제, 자연재해 위험 등 사회 문제의 해결을 목표로 한 영역 |
| 개인에 최적화된 사회 실현 | <ul style="list-style-type: none"> 개인의 이동이나 상습관, 생활습관 등의 행동양식이 물리적 공간이나 시간 등의 제약으로부터 해방되어 다양하게 적용됨에 따른 물건이나 서비스가 다양한 유저에 최적화된 사회의 실현을 목표 |
| 슈퍼 스마트 사회 실현 | <ul style="list-style-type: none"> 네트워크 및 IoT를 활용하는 방안을 제품 제조 분야의 산업뿐만 아니라 다양한 분야로 확장 연구 개발과 울트라 스마트 사회에서 글로벌 경쟁력을 유지·강화 해 나가기 위한 기반 기술 강화 등을 대상으로 하는 영역 또한, 위성 측위 위성 원격 탐사 위성 통신·위성 방송에 관한 우주 관련 기술 등을 대상 |
| 지속 가능한 사회 실현 | <ul style="list-style-type: none"> 자원, 식량의 안정적 확보, 초 고령화·인구 감소 사회 등에 대응하는 지속 가능한 사회의 실현, 제조·코트 만들기의 경쟁력 향상 생물 다양성에 대한 대응 등을 대상으로 하는 영역 또한 해양의 지속 가능한 개발·이용 등에 도움이 해양에 관한 기술 등을 대상 |
| 세계 제일의 안전·안심 사회의 실현 | <ul style="list-style-type: none"> 자연재해에의 대응, 식품안전, 생활환경, 노동위생등의 확보, 사이버 보안의 확보, 국가안보상의 과제에의 대응 등을 대상으로 하는 영역 |
| 지구 규모 과제인 저탄소 사회 실현 | <ul style="list-style-type: none"> 2050년 온실가스의 대폭 삭감을 위해 에너지의 안정적인 확보와 에너지 이용의 효율화 등을 대상으로 하는 영역 |
| 공통 기반 | <ul style="list-style-type: none"> 새로운 학제 분야를 개척하고 세계 최첨단 연구 성과를 초래하는 기반으로서 기초 과학력을 지원하고 지속적인 과학 기술 혁신의 창출에 공헌하는 광범위하고 다양한 연구 개발 활동을 지원하는 공통 기반 기술이나 첨단적인 연구 기기 등을 대상 |

* 출처 : 미래사회창조사업 홈페이지 내용 재구성



* 출처 : 건양대학교(2017), 미래사회창조사업

<그림2-21> 미래사회창조사업 추진 흐름

나. 국내 R&D 동향

(1) 미래융합기술 파이오니어

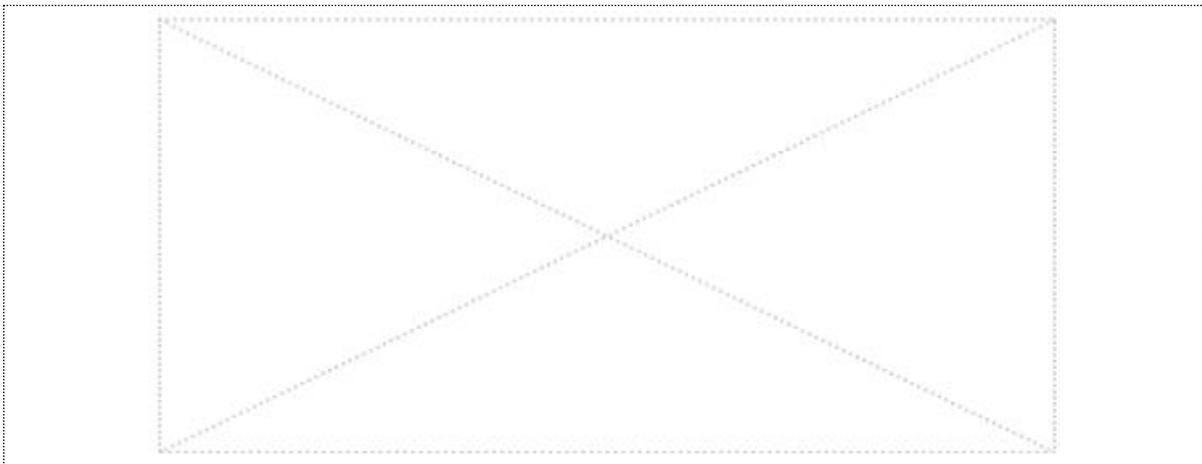
□ 사업개요

○ (사업목적) NT, BT, ET, IT 등의 이종기술간의 융합을 통해 고위험-고수익 (High-risk, High-return)형 융합원천기술 개발

○ (사업기간) `08~`20년

□ 사업특징

○ (특징) 집단연구를 통해 세계적 수준의 과학난제 해결을 목표로 함



<그림2-22> 미래융합기술 파이오니어 사업 비전/목표

○ (지원대상) 제품화 요소 원천융합기술

○ (과제별 지원 기간) 6년(3+3년)

○ (규모) 연간 5억 원

○ (추진체계) 융합기술 수요조사에 기반한 소규모 연구단 다수 지원

○ (주요 특징) 기술 융복합을 위한 소규모 집단연구, 주기적으로 연구단을 선정하여 지속 지원

○ (한계) 변혁적 기술 확보의 한계

- ① 해당 사업의 주된 목적은 혁신적 기술확보도 있지만, 2개 이상의 기술분야 간 융합연구를 주된 목적으로 함

- * 융합연구를 위한 파이오니어 융합연구단 구성 및 기업참여 추진
- ② 연구과제는 전문기관(연구재단)이 관리하는 기존의 관리방식을 따르고 있으며, 포트폴리오 과제 관리방식은 미 도입
- * 선정된 과제는 4.5년은 지속적으로 지원하며, 경쟁형 방식 등 미적용

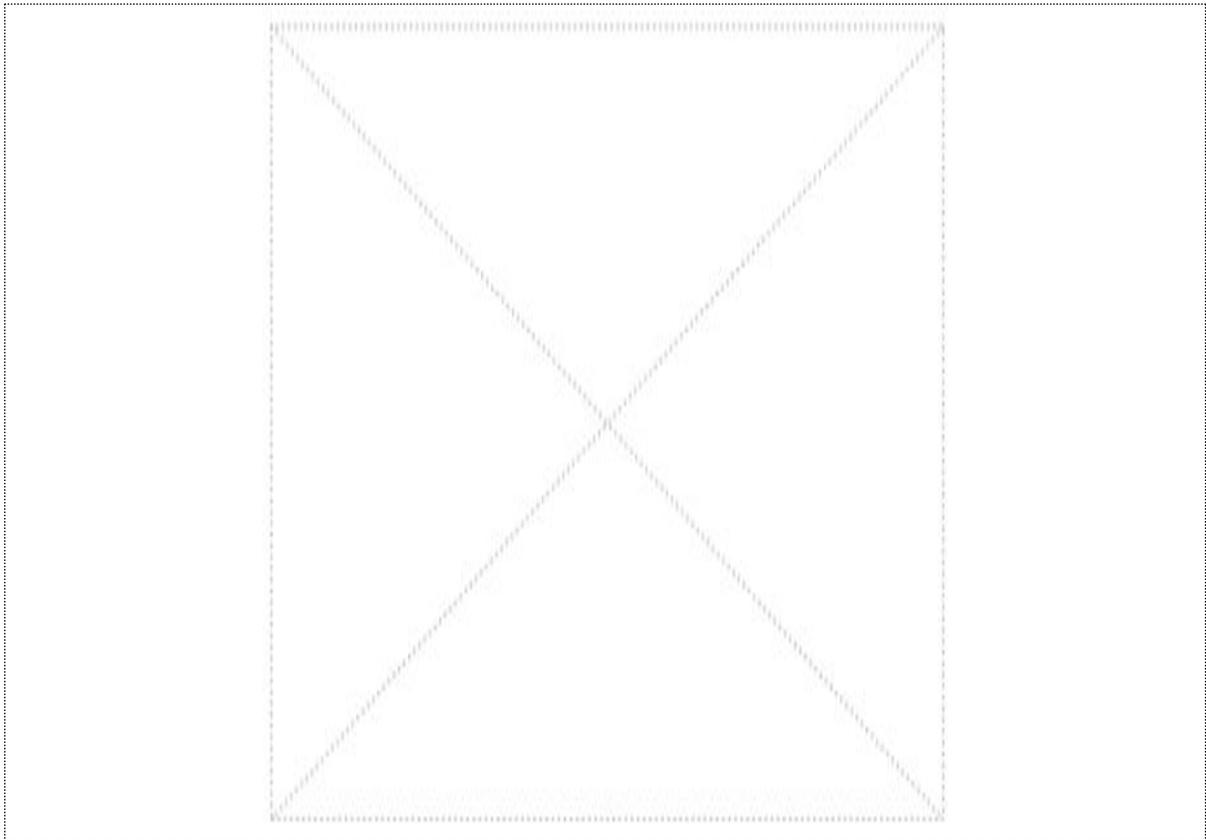
(2) 과학난제도전 융합연구개발사업

□ 사업개요

- (사업목적) 기초과학-공학 간 융합·협력연구 수행을 통한 과학난제 도전으로 인류공영 가치 및 혁신 창출에 기여
 - 정부가 그간 달성 가능한 목표 위주의 안정적 R&D 수행 관행을 벗어나 파괴적 혁신을 주도할 고위험 과학난제 연구 지원
 - 실패 확률이 높고 단기적으로 수익이 보장되지 않아 민간의 적극적 지원이 어려운 도전적 연구에 대한 정부 지원
 - 과학난제 특성상 단일학문 분야 연구보다는 다수 연구자의 융합연구 등이 필요한 경우가 많아, 정부의 국제협력연구 등을 통한 파급력 있는 성과 창출
- (사업기간) `20~`25년

□ 사업특징

- (특징) 오픈 R&D 플랫폼을 지향하여, 소규모 집단연구를 통해 과학난제를 해결하려 하나, 시장과의 관련성 낮음
- (지원대상) 과학난제
- (과제별 지원 기간) 4.5년
- (규모) 연간 30억원
- (추진체계) 연구책임자 중심의 소규모 그룹 융합연구(7인 이상 참여 불가)
- (주요 특징) 집단지성을 활용한 오픈 플랫폼 지향, 산업계 수요와 관련성 낮음



<그림2-23> 과학난제도전 융합연구개발 사업 비전/목표

○ 변혁적 기술 확보의 한계

- ① 고위험의 난제 해결을 목표로 하지만, 혁신적인 기술 확보 보다는 새로운 지식의 발견과 학문의 지평을 여는 내용이 중심
 - * (주제) 암 재발 방지, 면역 조절, 기초연구·공학 융합, 생명 원리 연구 등
- ② 과제 발굴은 ‘과학난제 도전 협력지원단’에서 하지만 이후의 연구관리는 기존의 전문기관(한국연구재단)에서 기존의 방식으로 관리

(3) 혁신도전 프로젝트

□ 사업개요

- 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도 산업 창출
- (사업기간) `20~`23년

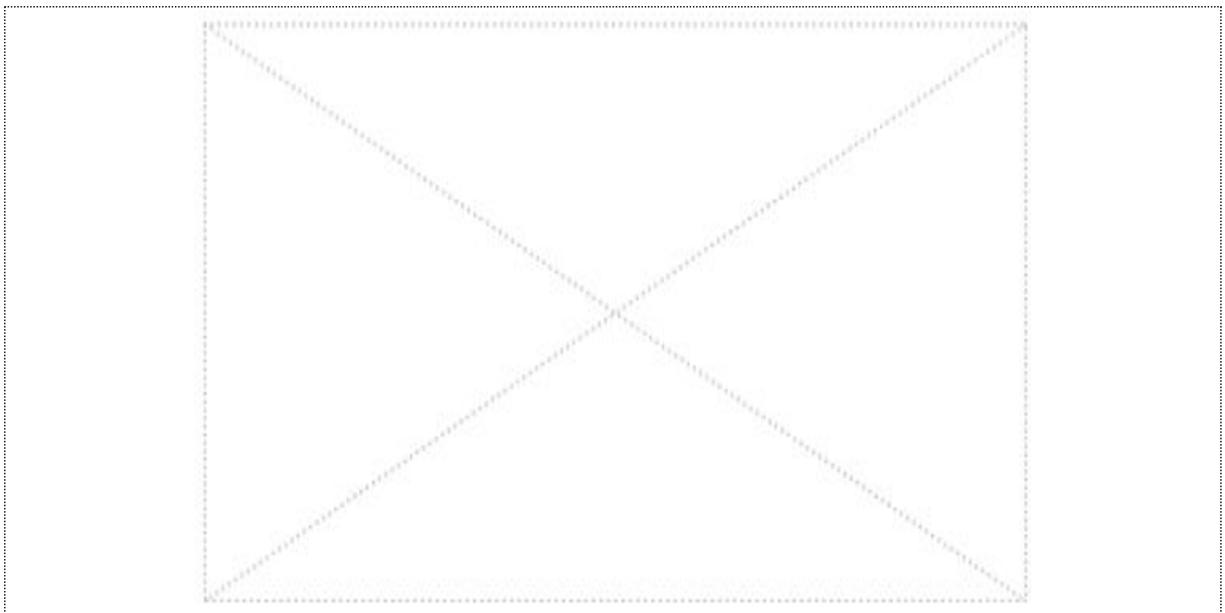
□ 사업특징

- (특징) 추진단장 중심의 추진단과 사업단장 중심의 프로젝트 간 연계를 통한 제도개선사항 발굴 및 사업단장(전담PM) 주도의 연구관리
- (지원대상) 국가차원의 선제적 해결이 필요한 연구주제
- (과제별 지원 기간) 4년(선기획 이후 3년)
- (규모) 연간 50억원
- (추진체계) 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획, 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리
- (주요 특징) 부처 칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중, 민간 전문관리자의 사업관리, 유연한 연구관리제도 도입
- (한계) 변혁적 기술 확보의 한계
 - ① 연구테마 선정 및 초고난도 연구개발 등 변혁적 기술 확보를 위한 R&D로서 기획되어 혁신본부가 과제를 선정하나, 이후에는 전문기관에서 통상의 과제와 동일하게 기존의 방식으로 관리

(4) 산업기술 알키미스트 프로젝트

□ 사업개요

- (개요) 10~20년 후 시장의 판도를 바꿀 수 있는 경제·사회적 파급효과가 큰 핵심원천기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출을 위한 도전혁신형 사업
- (사업 목적) 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 핵심원천기술 개발을 통해 미래 신산업·신시장 창출
- (사업 목표) 신시장 창출의 기반이 되는 핵심원천기술 확보



* 출처: STEPI(2021), 2020년도 예비타당성조사 보고서-산업기술 알키미스트 프로젝트
* 해당 사업의 예비타당성 조사 이후 일부 조정

<그림2-24> 산업기술 알키미스트 프로젝트 비전체계도

□ 주요내용

- (사업기간) 2022년 ~2023년(10년)
- (총 사업비) 4,412억 원(국비 3,742억 원)
- (지원 분야) 향후 10~20년 내, 산업의 판도를 바꿀 수 있는 게임 체인저(Game Changer)로서 강력한 산업적 파급력(impact)을 가진 도전적·혁신적 주제
 - 해결기술이 존재하지 않는 산업의 난제영역에 도전하여 성공 시 사회·경제적 파급성이 매우 크나 실패 가능성도 높은 초고난도 과제 지원
 - 와해성(Disruptive) 기술 : 세상에 존재하지 않는 기술·제품 개발을 통해

시장의 패러다임을 바꾸거나 새로운 시장을 창출

□ 사업 특징

- 총 3단계 경쟁형으로 과제를 수행하여, 최종단계(본연구)에서는 테마 당 1개 과제만 지원하는 방식으로 수행

<표 2-42> 산업기술 알키미스트 프로젝트 주요 내용

| 구분 | 1단계 | 2단계 | 3단계 |
|------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| 지원내용 | 개념·선행연구 | 선행연구 | 본 연구 |
| 주관기관 | 대학, 연구소 등 비영리기관 | | |
| 참여기관 | 제한없음 | | |
| 지원기간 | 9개월 이내 | 1년 이내 | 5년 내외 |
| 지원규모 | 최대 2억원 이내/년 | 5억원 이내/년 | 40억원 이내/년 |
| | 과제별 특성에 따라 달리함 | | |
| 선정범위 | 테마별 6개 과제 내외 (경쟁형 R&D*) | 테마별 3개 과제 이내 (경쟁형 R&D*) | 테마별 1개 과제 이내 |
| 기술료 | 징수 | | |

* 출처: 산업기술 알키미스트 프로젝트 공고문

* 경쟁형 R&D : 선정평가를 통해 복수의 연구개발기관을 선정·지원할 수 있으며, 예산 및 평가결과 등에 따라 지원하지 않을 수 있음

- (3단계 스케일업 경쟁형) 과감하고 혁신적인 기술개발을 위해 테마별 다수의 과제가 경쟁하는 총 3단계 스케일업 경쟁형 R&D 방식을 도입

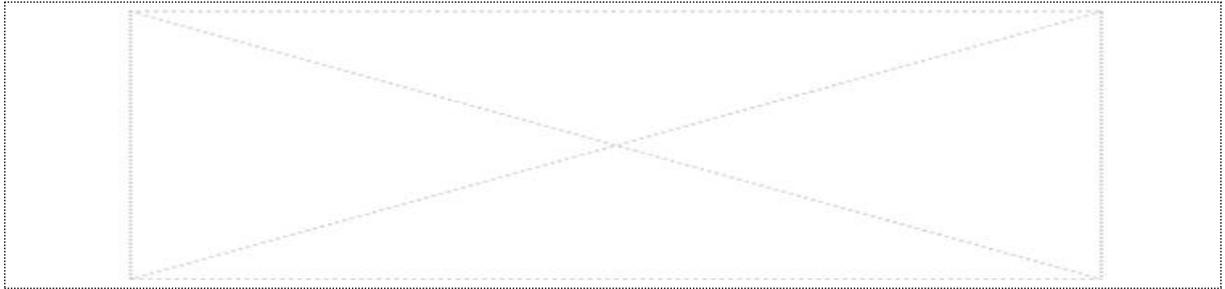
- 단계별 6:3:1 경쟁을 통해서, 테마별로 1단계 6개팀 지원, 2단계는 1단계 6개팀 중 3개팀 선정 지원, 3단계는 최종 1개팀만을 지원

- 1단계 개념연구는 1년간 2억원, 2단계 선행연구는 1년간 5억원, 3단계 본연구는 5년간 연 40억원 내외 등 과제당 최장 7년, 최대 207억원 내외를 지원할 계획

- (혁신적 테마) 각계 최고 민간전문가로 구성된 그랜드챌린지위원회*에서 10~20년 뒤 미래 산업의 게임체인저가 될 혁신적인 테마를 발굴하고, 테마별 과제는 연구자가 직접 기획

* 산업계 포함, 인문·기술분야 등 다양한 민간 전문가로 구성(국내 산학연 최고리더 15인 내외)

- (테마PM) 테마별로 알키미스트 테마PM을 운영하여 과제의 연구 전주기를 관리함으로써 혁신적 연구성과를 유도

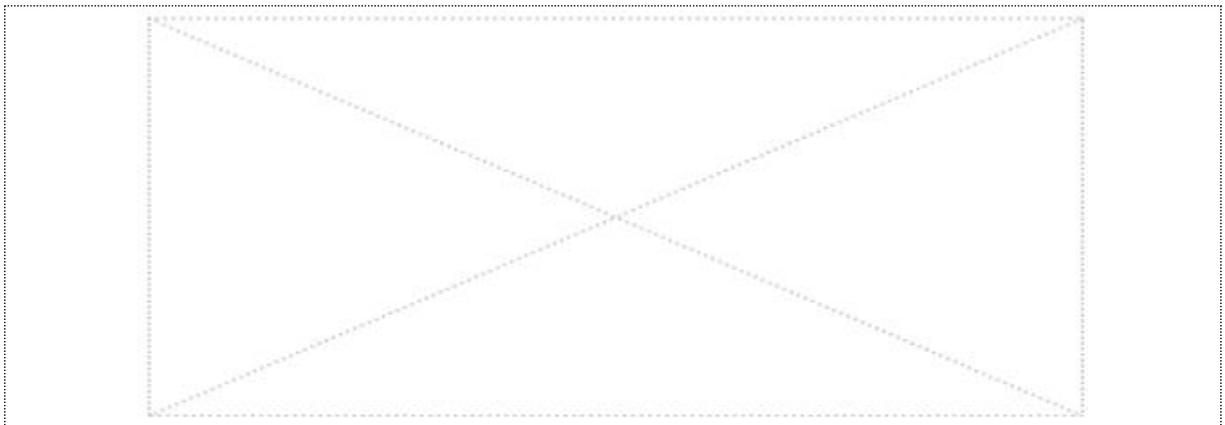


* 출처: 산업통상자원부(2021), 보도자료-산업기술 알키미스트 프로젝트, 예비타당성조사 통과

<그림2-25> 산업기술 알키미스트 프로젝트 사업추진방식

○ 변혁적 기술 확보의 한계

- ① 최종적인 목표는 도전적·혁신적이나, 개별기술에 대한 접근은 점진적인(incremental) 연구개발 수준에 가까움
 - ➔ 모델 제작 등 산업적 목표 달성을 중점목표로 하여, 핵심 원천기술 개발을 위한 충분한 시간적 지원은 미흡
 - * 1분 충전 600KM 전기차 개발의 경우, 7년 차에 전기차 모델 제작을 목표로 하여 1~3년 차에만 원천기술 개발을 진행하고 이후에는 시제품 제작에 중점
 - ➔ OECD는 ‘알키미스트 프로젝트’에 대하여 ‘HRHR가 분명한 요건은 아니나 장려되는 수준’으로 가장 낮은 수준으로 분류



<그림2-26> 고위험·고부가가치 연구 지원 분류(OECD)

- ② 기존의 전문관리기관(산기평)이 수요 발굴, 평가위원회 운영, 성과활용 등을 전담하여 기존 R&D 체계의 관리방식을 유지
 - ➔ PM이 과제 선정 이후에 선임되어 프로그램 기획과 관리가 통합·유기적으로 연결되지 못할 위험 존재

다. 국내외 R&D 동향 주요 시사점

- 주요 선진국은 연구개발 테마를 유지하며 혁신적 원천기술을 확보할 수 있는 장기적 관리체계를 구성
 - 민간 파트너에 의한 산업수요의 발굴 및 컨소시엄 구성에 연동된 예산배분체계를 마련하여 시장중심적 대형·집단 R&D 추진
 - 과학기술이 산업화로 중단 없이 연결되는 프로그램을 운영하며, 연구개발 테마를 유지하며 다년간 축적된 기술역량에 기반한 협업체 존속 중
 - PM 제도를 도입하여 비전 제시 및 서로 다른 분야간 융합을 촉진하며 R&D 기획 및 우수 연구자 섭외 등의 역할 부여
 - 복수 연구팀간의 경쟁형 R&D를 도입하여 목표 달성을 위한 다양한 방법의 Pre-R&D를 통한 성공가능성 검증
- 우리나라 또한 장기적 관점에서 원천기술을 축적·활용할 수 있는 R&D 전략의 도입이 필요하나 기존의 시스템으로는 한계가 있음
 - 우리나라의 지원센터는 정부지원 종료 후 성과 연계 및 지속성 확보 실패로 축적된 성과의 단절 사례가 심각하며 정부 지원의 종료와 함께 대학 거점도 해체되어 그간의 축적 연구역량이 활용되지 못하고 사장화
 - 도전·혁신형 사업은 추진되고 있으나, 추진체계 및 방식에 있어 기존 R&D 사업과 차별화된 관리방안이 도입되지 못하고 있음

제 3장 국내 R&D 현황 및 선행사업 분석

3.1 국내 R&D 현황 분석

3.2 선행사업 추진현황 및 성과

3.1 국내 R&D 현황 분석

- 우리나라는 매우 높은 수준으로 R&D에 투자 중이나, 세계최고기술 보유 수준은 미흡함
 - 우리나라 GDP 대비 R&D 투자는 OECD 국가 중 2위로 막대한 예산을 집중하고 있음
 - 그러나, 120개 전략기술 중 우리나라가 세계 최고 수준의 기술력을 보유한 분야는 전무
 - 120개 중점과학기술 중 103개 기술이 '추격' 그룹에 속하는 것으로 파악
 - '신·변종 감염병 대응기술'은 '후발'그룹에서 '추격'그룹
 - '무선 전력전송·충전 기술'은 '추격'그룹에서 '선도'그룹으로 상승
 - '지능형 융합 자원탐사 기술'과 '신개념 컴퓨팅 기술'은 '추격'그룹에서 '후발'그룹으로 한 단계 하락
- 글로벌 수준 핵심원천기술이 부족하여 기술의 해외의존 심화 및 경쟁력 상실 우려
 - 핵심원천기술의 부족으로 국내산업이 성장할수록 대외 기술의존도가 높아지는 구조 형성
 - 주요국은 4차 산업혁명 시대에 대응한 초연결, 초지능, 가상현실 등의 기술을 경쟁적으로 개발하고 있으나, 우리나라의 수준은 세계 25위³⁾로 선진국보다 성과나 역동성에서 뒤처지는 상황으로 핵심기술 미확보시 경쟁력 상실 우려
- 기존 도전혁신형 R&D는 관리체계 미흡 및 고착화된 단기·위험 회피적 R&D 문화로 파급력 높은 성과 창출이 어려운 상황
 - 현재의 도전혁신형 R&D는 기존의 연구개발 방식으로 운영되고 있어, 혁신성과 도전성을 확보하기 위한 지원체계 구축이 어려움

3) UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016.1

<표 2-43> 국내 도전혁신형 R&D 현황

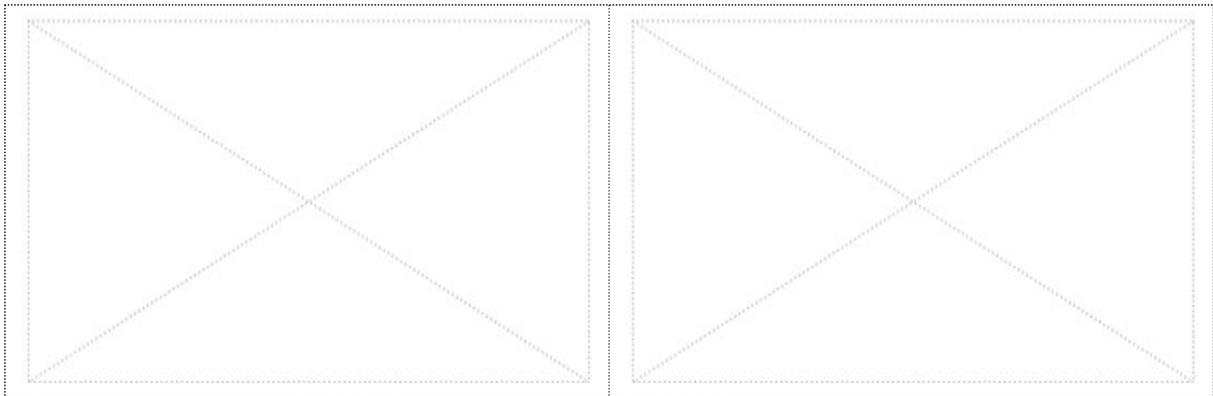
| 프로그램 | 임무지향 | 독립·자율적 연구관리 조직 | 포트폴리오 과제 관리 | PM(PD)의 적극적인 관리 |
|-------------------|------|-------------------|----------------|--------------------|
| 알키미스트 프로젝트 | 0 | × | △ | △ |
| 미래융합유망기술 파이오니어 사업 | 0 | × | × | × |
| 과학난제도전 융합연구 개발사업 | 0 | × | × | × |
| 혁신도전프로젝트 | 0 | △ | △ | 0 |

가. 국내 R&D 투자 현황

R&D 투자규모

(1) 정부 R&D 투자규모 및 현황

- 한국의 R&D 투자는 '21년 기준 OECD 국가 중 2위 수준
- `21년 기준 GDP 대비 4.96% 수준
- 연구개발에 투자하는 규모는 `21년 89,282백만 달러(102조 1,352억 원)로 세계 5위



<그림2-1> 우리나라 총 R&D 및 GDP 대비 R&D 추이 <그림2-2> 주요국 총 연구 R&D 및 GDP대비 비중 비교

* 출처: 2021년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2022.12.21

(2) 분야별 R&D 투자규모 현황

□ 부처별 R&D 투자규모

- `22년 정부 R&D 예산이 전년 대비 8.7%(2조 3,796억 원) 증가한 29조 7,770억 원으로 과학기술계 정부출연연구기관 분야는 `21년 대비 3.7% 증가
- 2022년 정부 R&D 예산의 부처별 현황을 살펴보면, 과기정통부에 편성된 예산은 9조 2,799억 원으로, 전체 R&D 예산의 31.2%에 달함
- R&D 예산 투자 상위 5개의 부처*의 예산이 전체 R&D 예산의 79.4%에 해당

* 상위 5개 부처: 과기정통부, 산업부, 방사청, 교육부, 중기부

<표 3-1> 2022년 부처별 R&D 투자비중

(단위: 억 원, %)

| 부처명 | 2021년 | | 2022년 | | 증감(B-A) | 증감율(B/A) |
|-------|---------|-------|---------|-------|---------|----------|
| | 예산(A) | 비중(%) | 예산(B) | 비중(%) | | |
| 과기정통부 | 87,357 | 31.9 | 92,799 | 31.2 | 5,442 | 6.2 |
| 산업부 | 49,518 | 18.1 | 53,248 | 17.9 | 3,731 | 7.5 |
| 방사청 | 43,314 | 15.8 | 48,310 | 16.2 | 4,996 | 11.5 |
| 교육부 | 23,444 | 8.6 | 24,331 | 8.2 | 888 | 3.8 |
| 중기부 | 17,229 | 6.3 | 17,888 | 6.0 | 659 | 3.8 |
| 농진청 | 8,022 | 2.9 | 8,533 | 2.9 | 511 | 6.4 |
| 해수부 | 7,825 | 2.9 | 8,237 | 2.8 | 412 | 5.3 |
| 기타 | 37,296 | 13.6 | 44,424 | 14.9 | 7,128 | 1.2 |
| 합계 | 274,005 | 100.0 | 297,770 | 100.0 | 23,765 | 8.7 |

* 출처: 2022년 정부연구개발예산 현황분석, KISTEP

□ 정부 기초·원천 R&D 투자규모

○ `21년도 기초연구 R&D 집행은 전년대비 다소 감소하였으나, 연구자 주도의 기초연구사업 예산 집행은 최근 5년간 연평균 16.5% 증가

* 연구자 주도 기초연구사업(억 원): (`17년) 12,661 → (`19년) 17,013 → (`21년) 23,348

<표 3-2> 총 연구개발비 중 연구개발단계별 투자 추이

(단위: 억 원, %)

| 구분 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 정부 R&D 예산 | 193,927 | 197,758 | 206,254 | 238,803 | 265,791 |
| 정부 기초연구비 | 45,898 | 44,651 | 46,415 | 50,714 | 53,068 |
| 정부 R&D 예산 중 기초연구비 비중 | 33.5 | 32.7 | 32.7 | 30.1 | 27.5 |
| 연구자 주도 기초연구비 | 12,661 | 14,223 | 17,013 | 20,080 | 23,347 |
| (정부 R&D 중 비중) | 6.5% | 7.2% | 8.2% | 8.4% | 8.8% |
| (정부 기초연구비 중 비중) | 27.6% | 31.9% | 36.7% | 39.6% | 44.0% |

* 자료: 한국과학기술기획평가원, 정부연구개발예산 현황분석, 각 연도

* 출처: 2021년도 국가연구개발사업 조사·분석 보고서, 과학기술정보통신부, 2022.8.

□ 기술분야별 R&D 투자규모 현황

○ 전략적 연구개발 투자를 위하여 기술분야별 예산을 산출하였으며 `22년도 기술분야별 투자비중은 ICT·SW 분야의 예산이 가장 높게 편성

- 그 다음으로 기계·제조, 에너지·자원, 우주·항공·해양 등의 분야가 뒤를 이음

- 우주항공·해양, 환경·기상, 에너지·자원 분야는 전년대비 예산이 감소한 것으로 나타남

<표 3-3> 2022년 9대 기술분야별 R&D 투자 현황

(단위: 억 원, %)

| 구분 | 2021년 | | 2022년 | | 증감(B-A) | 증감율(B/A) |
|---------|---------|-------|---------|-------|---------|----------|
| | 예산(A) | 비중 | 예산(B) | 비중 | | |
| ICT·SW | 36,249 | 13.2 | 38,678 | 13.0 | 2,429 | 6.7 |
| 생명·보건의료 | 35,192 | 12.8 | 36,880 | 12.4 | 1,688 | 4.8 |
| 에너지·자원 | 22,553 | 8.2 | 21,784 | 7.3 | △769 | △3.4 |
| 소재·나노 | 17,250 | 6.3 | 17,709 | 5.9 | 459 | 2.7 |
| 기계·제조 | 29,724 | 10.8 | 29,317 | 9.8 | △407 | △1.4 |
| 농림수산·식품 | 15,024 | 5.5 | 16,295 | 5.5 | 1,271 | 8.5 |
| 우주항공·해양 | 28,001 | 10.2 | 18,276 | 6.1 | △9,725 | △34.7 |
| 건설·교통 | 8,201 | 3.0 | 9,331 | 3.1 | 1,130 | 13.8 |
| 환경·기상 | 8,435 | 3.1 | 8,139 | 2.7 | △296 | △3.5 |
| 기타 | 73,374 | 26.8 | 101,359 | 34.0 | 27,985 | 38.1 |
| 합계 | 274,005 | 100.0 | 297,770 | 100.0 | 23,765 | 8.7 |

* 출처: 2022년 정부연구개발예산 현황분석, KISTEP

□ 국가별 R&D 투자재원

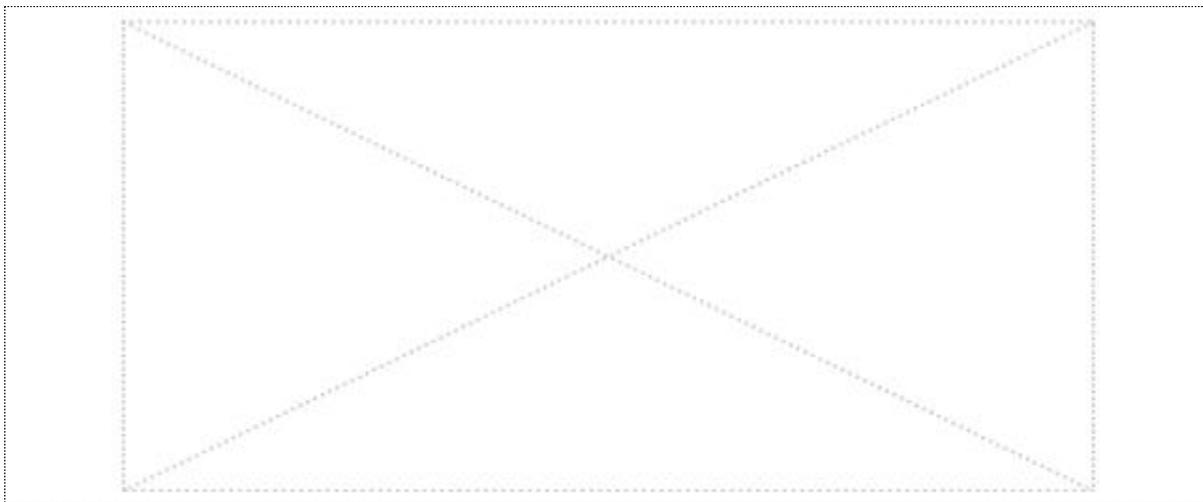
○ R&D 재원 중 정부·공공재원 비중이 주요국에 비해 상대적으로 낮음

- 시장 논리에 관계없이 추진해야 할 안보, 기초과학, 위험 및 불확실성이 높은 산업분야의 핵심원천연구는 정부지원이 필요

- 우리나라 정부·공공재원의 비중은 점차 낮아지는 추세로 정부·공공재원 연구비 비중 또한 주요국보다 낮은 수준

* `12년 24.9%에서 `21년 23.6%로 줄어드는 추세

- 정부·공공재원 비중은 프랑스 35.2%(`19년), 영국 31.9%(`19년), 미국 26.6%(`20년), 독일 30.1%(`20년) 등의 순



* 출처: 2021년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2022.12.21

<그림 3-1> 주요국 재원별 연구개발비 비중

그간의 성과 및 한계

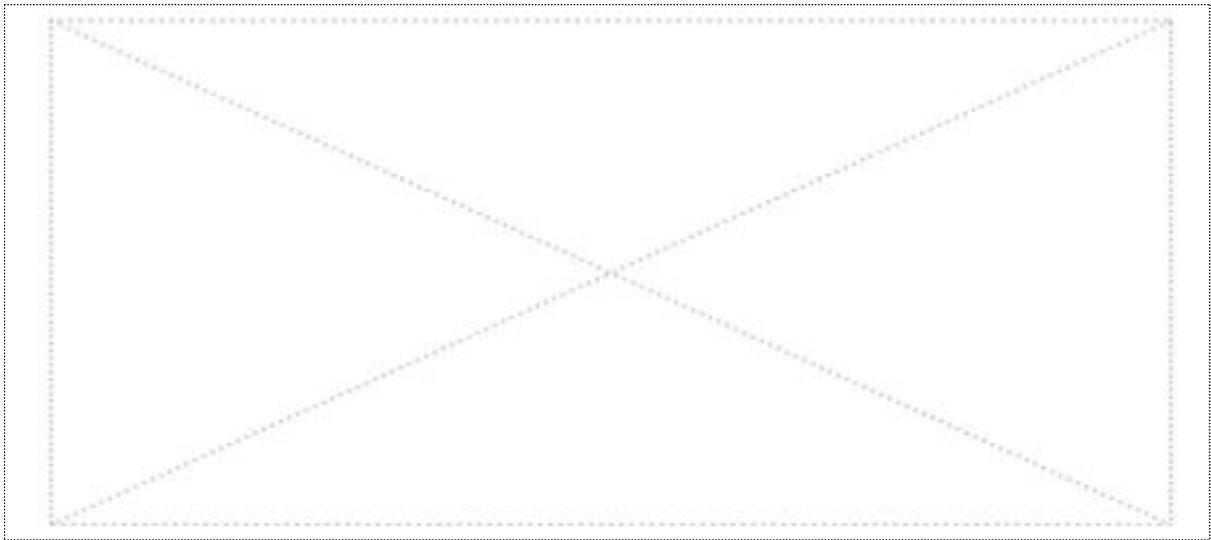
(1) 기초·원천 R&D 성과현황 및 한계

□ 과학적 성과

○ (성과) `20년도 국가 R&D 사업의 SCI(E)논문은 29,487건(73.4%)이며, 최근 5년간 연평균 3.8% 증가율을 보임

- 기초연구 기초연구 SCIE 논문(건)의 최근 5년간 연평균 증가율은 3.8%

* 정부R&D 기초연구 투자액: ('15년) 5.0조원 → ('17년) 5.4조원 → (`20년) 5.0조원



* 출처 : 2020년도 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서, 과학기술정보통신부

<그림 3-2> 연구개발단계별 SCIE 논문 성과 건수 및 비중 추이(`16년~`20년)

○ `20년 정부지원금 10억 원당 SCIE급 논문성과는 기초연구가 5.8건으로 가장 높은 수준으로 나타남

- 그 다음으로 응용연구가 1.5건, 개발연구가 0.6건으로 기초연구 성과대비 낮은 수준

<표 3-4> SCIE 논문성과

(단위: 십억 원/건)

| 구분 | 2106년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 기초연구 | 5.82 | 5.65 | 6.17 | 5.97 | 5.81 |
| 응용연구 | 2.24 | 1.62 | 1.53 | 1.43 | 1.45 |
| 개발연구 | 0.61 | 0.60 | 0.67 | 0.66 | 0.64 |

* 출처 : 과학기술정보통신부, 2020년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

○ (성과) SCIE 논문성과는 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 질적 지표인 표준화된 순위보정 영향력지수 값 또한 전년 대비 대폭 상승

* 표준화된 순위보정 영향력지수: (`16년) 63.54 → (`18년) 63.83 → (`20년) 65.84

- 기초연구 성과 (SCI 논문 등)가 양적·질적 성장을 이루었음에도 불구하고 세계수준과의 여전히 격차 존재

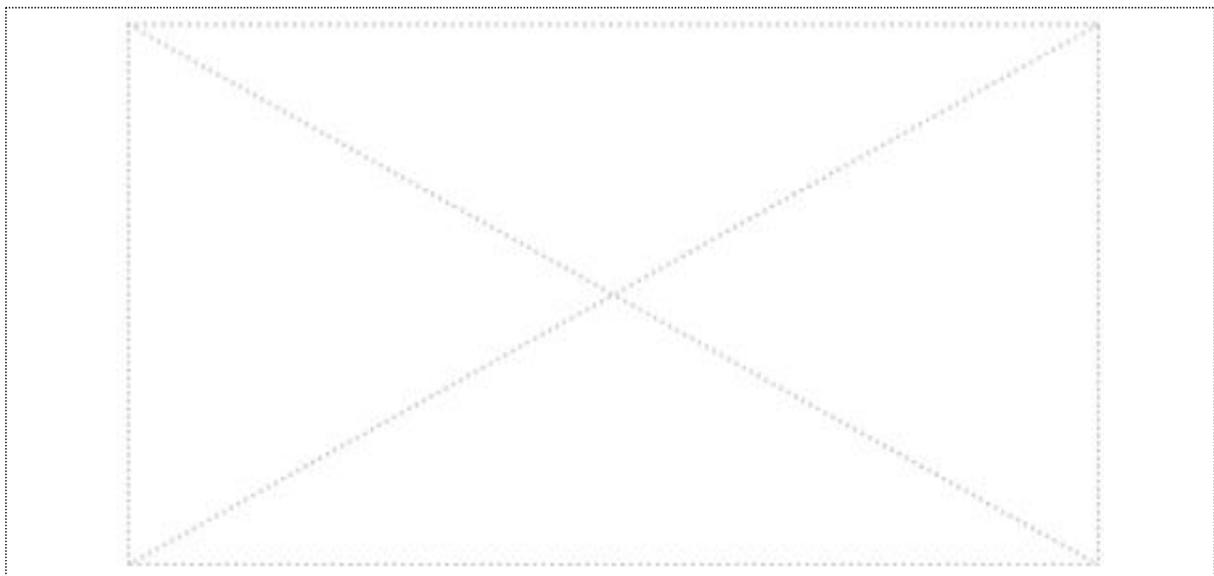
- 기초연구 분야의 R&D 예산 꾸준히 증가하고 있는 만큼, 이러한 투자가 증장기적인 성과로 연결되기 위해서는 연구성과의 질적 혁신이 필요

* 한국의 SCI 논문 피인용 횟수 추이: ('16) 13위→('18) 13위→('20) 13위
(2020년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황, KISTEP, 2022)

○ (성과) 최근 15년간 누적 SCI 논문 수(STOCK)는 721,366편으로 OECD 평균보다 빠른 증가 추세를 보임

- 표준화 지수는 전년 대비 0.004점 상승한 0.117점이며, 지속적인 증가 추세로 2015년부터 OECD 평균보다 높은 수준을 유지하고 있음

- 최근 15년간 SCI 논문 수 지표의 10년간 연평균 증가율('96~'10 ~ '05~'19년)은 9.0%로 OECD 연평균 증가율 4.5%보다 높음



* 출처 : 2021년 국가 과학기술혁신 역량평가 보고서, KISTEP, 2022.

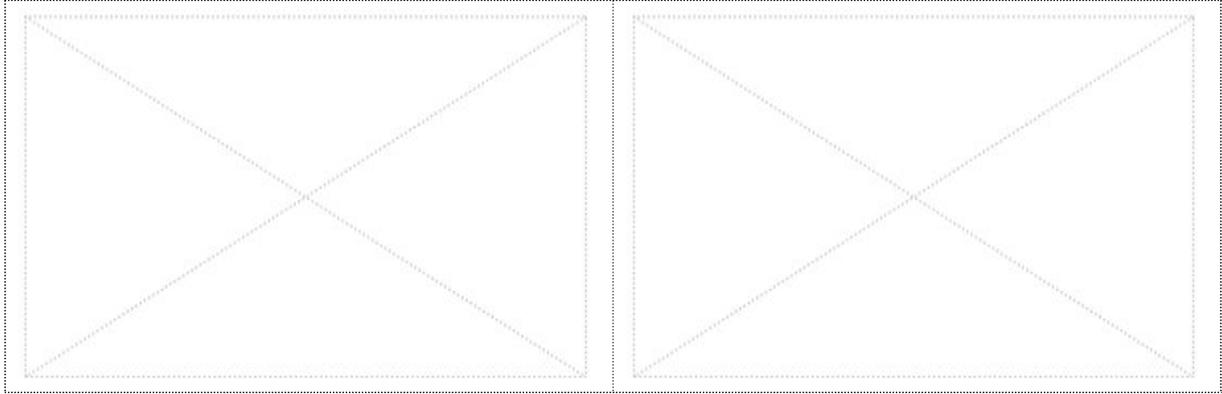
<그림 3-3> 최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK) 추이

○ (한계) 한국의 연구원 1인당 SCI 논문 수 및 피인용도 순위는 최근 4년간 33위로 OECD 국가 중 최하위권

- 한국의 연구원 1인당 SCI 논문수는 0.16편으로 33위, 5년 주기별 논문당 피인용 횟수는 7.57회('16~'20년)로 31위

- 한국의 논문 생산성 및 질적 수준은 전반적인 과학기술혁신역량 수준에 비해 낮음

- 성과부문의 경우 자원과 같은 투입 부분에 비해 단기간 상승이 어려워 장기적 개선 노력이 요구됨



* 출처 : 2021년 국가 과학기술혁신 역량평가 보고서, KISTEP, 2022.

<그림 3-4> 연구원 1인당 SCI 논문 수 추이 <그림 3-5> 5년 주기별 논문당 평균 피인용 수 추이

□ 기술적 성과

○ (성과) 한국의 연구개발투자 백만 달러당 특허 건수는 0.025건으로 12위

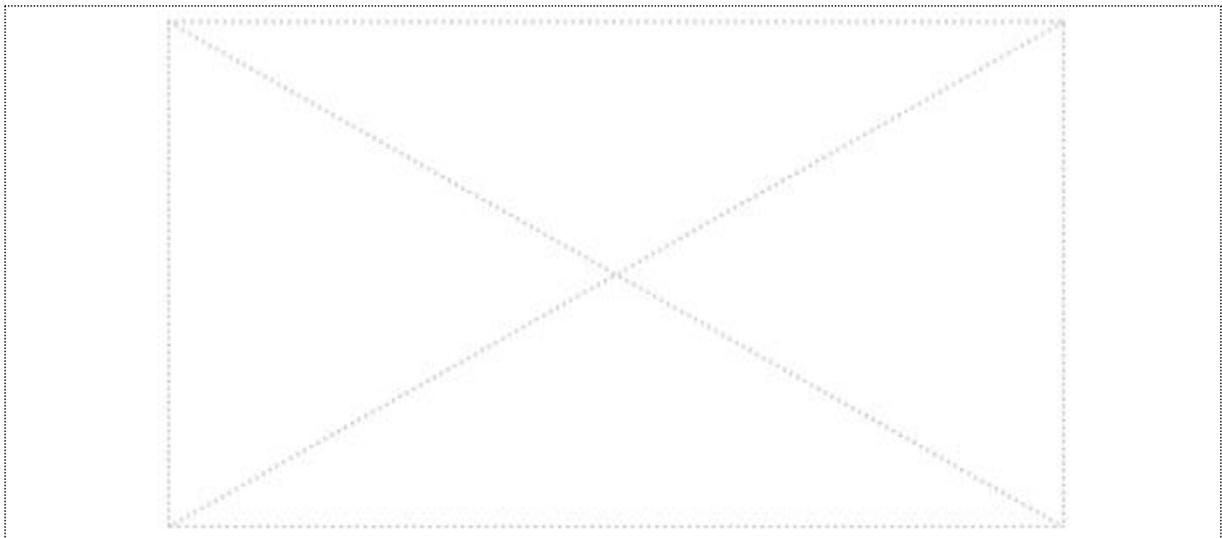
- 연간 R&D 투자 대비 특허건수 표준화 지수는 전년대비 0.006점 상승한 0.219점

- 한국 특허 성과의 생산성은 OECD 국가들 중 중상위권으로 논문 생산성 지표에 비해 상대적으로 우수함

○ (한계) 연구개발투자 당 특허 건수는 감초 추세

- 한국 특허 성과의 생산성 수준은 12위로 규모를 고려한 양적 성과지표(특허수, 4위)에 비해 상대적으로 낮은 수준

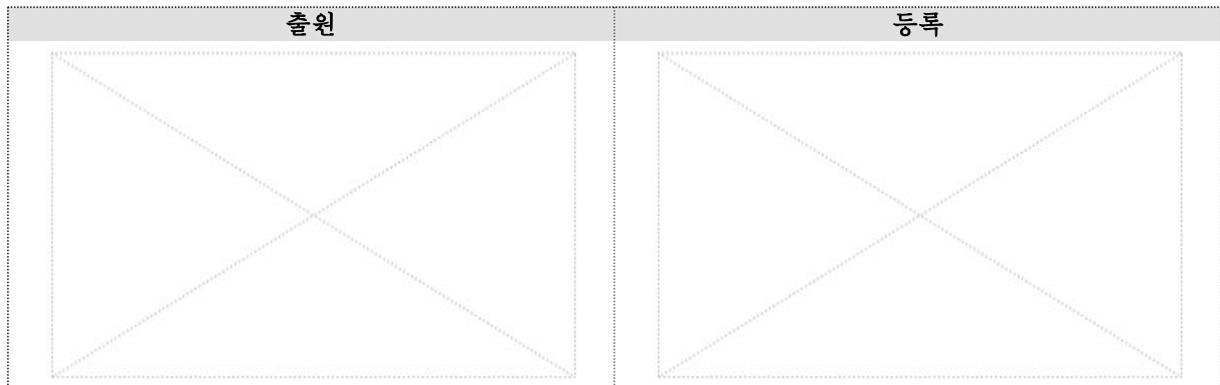
* 0.041건/백만 달러(PPP)(`11년) → 0.037건/백만 달러(`13년) → 0.029건/백만 달러(`15년) → 0.025건/백만 달러(`17년) → 0.025건/백만 달러(`19년)



* 출처 : 2021년 국가 과학기술혁신 역량평가 보고서, KISTEP, 2022.

<그림 3-6> R&D 투자 대비 특허 건 수 추이

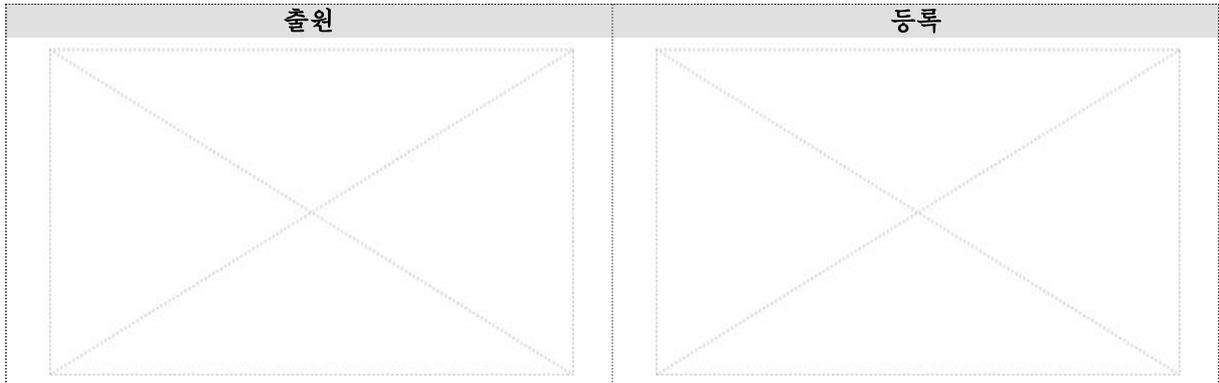
- 기초연구에 과제에서 발생한 출원특허는 전체의 34.3%, 등록특허는 36.2%를 차지하고 있으며, 국내 출원 및 등록특허의 성과는 주로 개발연구에서 산출되는 것으로 나타남
 - 응용연구에서 창출된 '20년도 출원특허는 전년대비 1,049건(18.3%) 증가하였으며 기초연구와 개발연구는 각 197건, 970건 감소
 - 기초연구에서 창출된 `20년도 등록특허는 전년대비 282건(4.2%) 증가하였으며, 최근 5년간 (`16~`20년) 연평균 증가율은 6.6%



* 출처 : 2020년도 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서, 과학기술정보통신부

<그림 3-7> 연구단계별 국내 출원 및 등록특허 건수 및 비중 추이(`16년~`20년)

- 해외 출원특허는 주로 기초연구에서 창출되고 있으며, 등록특허는 개발연구가 주를 이룸
 - 기초연구에서 발생한 `20년도 출원특허는 전체의 42.1%(1,833건)
 - * 출원특허(건)의 최근 5년간 연평균 증가율: 기초연구 1.9%, 응용연구 △1.6%, 응용연구 △5.4%
 - 최근 응용연구에서 창출되는 해외 등록특허가 감소하고 개발연구의 비중이 증가하는 추세이며, 개발연구의 최근 5년간(`16년~`20년) 연평균 증가율은 13.4%
 - * 등록특허(건)의 최근 5년간 연평균 증가율: 개발연구 13.4%, 기초연구 2.7%, 응용연구 △9.2%



* 출처 : 2020년도 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서, 과학기술정보통신부

<그림 3-8> 연구단계별 해외 출원 및 등록특허 성과 건수 및 비중 추이('16년~'20년)

- '20년 정부지원금 10억 원당 국내 등록 특허성과는 응용연구에서 1.75건으로 가장 높은 수준으로 나타남
- 그 다음으로 기초연구가 1.38건, 개발연구가 1.09건으로 다소 낮은 성과를 창출

<표 3-5> 국내 등록 특허성과

(단위: 십억 원/건)

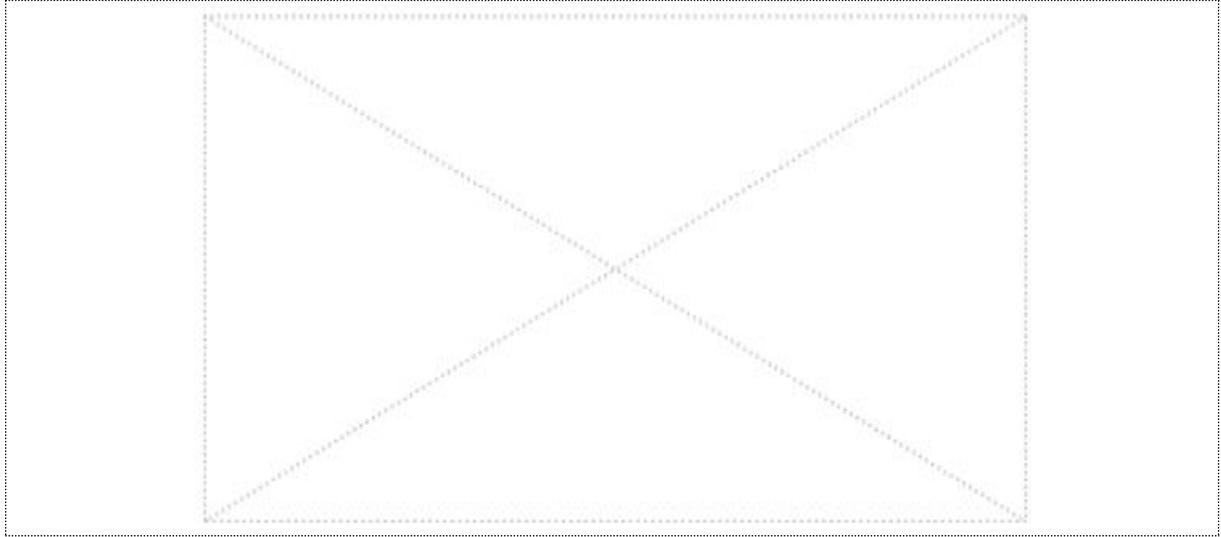
| 구분 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 기초연구 | 1.24 | 1.43 | 1.41 | 1.45 | 1.38 |
| 응용연구 | 1.35 | 1.48 | 1.22 | 1.10 | 1.75 |
| 개발연구 | 1.04 | 1.21 | 1.25 | 1.28 | 1.09 |

* 출처 : 과학기술정보통신부, 2020년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

- (한계) 기초연구의 특허 성과를 분석한 결과, 타 연구단계 대비 낮은 수준이며, 최근 5년('16년~'20년) 간 일정한 수준을 유지한 것으로 나타남
- 이는 특허창출 시 과학문헌 인용도가 OECD 주요국에 비해 떨어지는 등 기초연구 성과가 산업화되는 연계 또한 부족한 것으로 판단

□ 경제적 성과

- (성과) 한국의 연구개발비 대비 지식재산 사용료 수입 비중은 9.9%로 전세계 23위
- 지식재산사용료 수입의 총규모로는 OECD 국가 중 10위
- (한계) OECD 국가의 평균 연구개발비 대비 지식재산 사용료 수입 비중이 2013년을 전후하여 급격한 상승세를 보이고 2015년 이후 꾸준히 40%대를 유지하는 반면, 한국의 경우는 등락을 반복하며 '19년 기준 10%를 넘지 못함



* 출처 : 2021년 국가 과학기술혁신 역량평가 보고서, KISTEP, 2022.

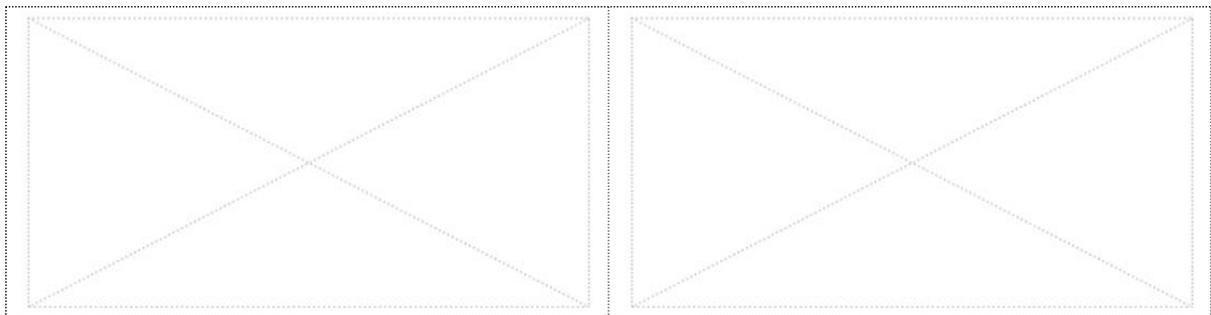
<그림 3-9> 연구개발투자 대비 지식재산사용료 수입 비중 추이

○ `20년 기술료 징수 건수와 징수액은 전년 대비 증가하였으며, 기술료 성과는 개발연구 과제를 중심으로 발생

- `20년 기술료 징수 건수는 72.2%, 징수액의 57.4%가 개발연구 과제에서 창출

➡ 기초연구의 징수 건수는 전년대비 11.4% 감소, 응용연구는 0.5% 증가하였고, 응용연구의 징수액은 66.4%(279억 원) 증가

➡ 기술료 1건당 징수액은 기초연구 0.37억 원, 응용연구 0.47억 원, 개발연구 0.22억 원으로 응용연구의 건당 징수액이 전년대비 0.19억 원으로 크게 증가



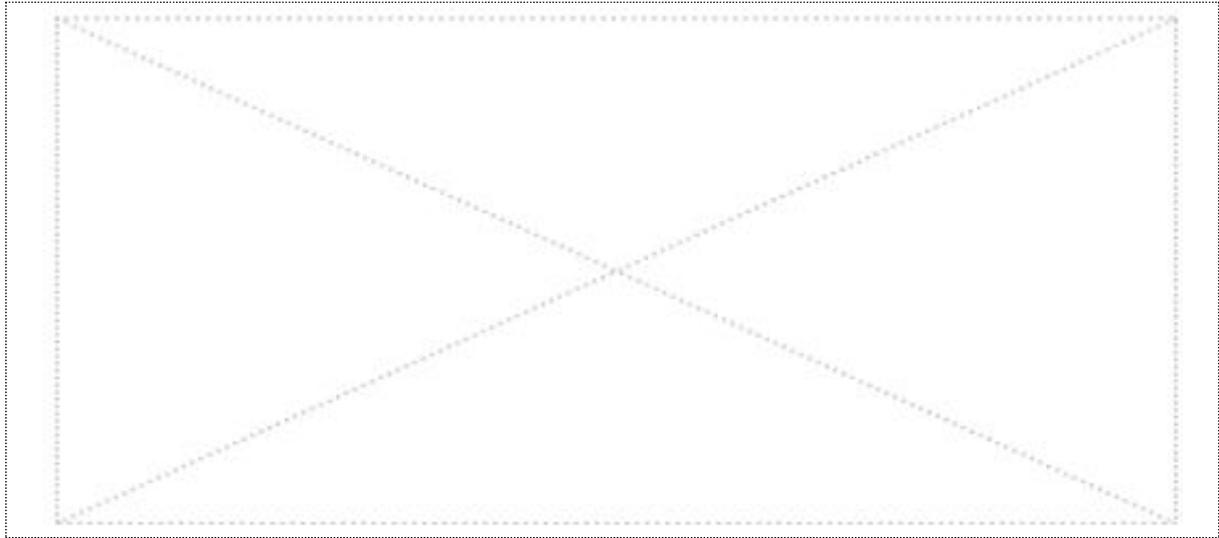
* 출처 : 2020년도 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서, 과학기술정보통신부

<그림 3-10> 연구개발단계별 기술료 징수 건수(좌), 징수액(우) 비중 추이(`16년~`19년)

○ 개발연구의 사업화 비중은 전체의 78.2%로 대부분을 차지, 응용연구의 사업화 건수도 증가 추세

- 응용연구 16.4%(4,989건), 기초연구 5.4%(1,638건) 순이며, 기초연구의 사업화 성과가 전년 대비 31.9%(769건) 감소

- 응용연구에서 발생한 사업화 성과의 최근 5년간 연평균 증가율이 25.9%로 개발연구 0.8%보다 높은 수준



* 출처 : 2020년도 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서, 과학기술정보통신부

<그림 3-11> 연구개발단계별 사업화 진수 및 비중 추이('16년~'20년)]

- `20년 정부지원금 10억 원당 기술료 및 사업화 성과는 개발연구가 각 0.8건, 0.2건으로 가장 높은 수준으로 나타남
 - 기술료 성과의 경우, 기초연구가 0.2건, 응용연구가 0.4건으로 낮은 성과를 창출
 - 사업화 성과의 경우, 응용연구가 1.3건 기초연구가 0.3건으로 개발연구 대비 매우 낮은 수준

<표 3-6> 기술료 및 사업화성과

(단위: 십억 원/건)

| 구분 | | | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 |
|-----|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 기술료 | 기초연구 | 건수 | 0.28 | 0.24 | 0.26 | 0.24 | 0.19 |
| | | 금액 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.07 |
| | 응용연구 | 건수 | 0.64 | 0.44 | 0.47 | 0.48 | 0.38 |
| | | 금액 | 0.22 | 0.12 | 0.17 | 0.14 | 0.18 |
| | 개발연구 | 건수 | 0.84 | 0.87 | 0.83 | 0.78 | 0.81 |
| | | 금액 | 0.23 | 0.21 | 0.24 | 0.21 | 0.18 |
| 사업화 | 기초연구 | | 0.36 | 0.38 | 0.34 | 0.52 | 0.32 |
| | 응용연구 | | 0.78 | 1.02 | 1.00 | 1.05 | 1.28 |
| | 개발연구 | | 3.52 | 4.17 | 3.21 | 3.38 | 3.02 |

* 출처 : 과학기술정보통신부, 2020년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

- (한계) 기초연구의 과학·기술적 성과는 타 연구단계 대비 높은 반면, 기초연구의 경제적 성과는 낮은 수준임
 - 기초연구성과가 후속연구 및 기술개발로 연계될 수 있는 지원체계가 부족한 것으로 판단됨
 - 국가 R&D를 대체로 단기, 경제성장을 위한 추격형으로 하면서 집중, 장기적 투자가 소요되는 기초·원천 연구와 사업화 성과가 낮음

(2) 국가 R&D 수행현황 특징 및 한계

- 과기정통부와 교육부는 기초연구, 산업부·방사청·중기부는 개발연구 중심으로 운영
- 이에 따라 기초연구와 산업화 연구를 유기적으로 연계하는 구조 또는 프로그램이 필요하며, 이를 위해 부처간 협업 필요

<표 3-7> 2021년 부처별 연구개발단계별 국가연구개발사업

(단위 : 억 원, %)

| 부처명 | 기초연구 | | 응용연구 | | 개발연구 | | 합 계 | |
|-----------|--------|------|--------|------|--------|------|---------|-------|
| | 금액 | 비중 | 금액 | 비중 | 금액 | 비중 | 금액 | 비중 |
| 과학기술정보통신부 | 33,929 | 54.6 | 12,846 | 20.7 | 15,408 | 24.8 | 62,184 | 100.0 |
| 산업통상자원부 | 2,614 | 7.4 | 10,616 | 30.1 | 22,019 | 62.5 | 35,249 | 100.0 |
| 방위사업청 | 997 | 3.2 | 9,302 | 30.1 | 20,607 | 66.7 | 30,905 | 100.0 |
| 중소벤처기업부 | - | - | 372 | 2.3 | 15,602 | 97.7 | 15,974 | 100.0 |
| 교육부 | 8,073 | 88.8 | 876 | 9.6 | 144 | 1.6 | 9,093 | 100.0 |
| 국토교통부 | 231 | 4.0 | 826 | 14.5 | 4,646 | 81.5 | 5,703 | 100.0 |
| 기타 부처 | 7,224 | 21.2 | 10,781 | 31.6 | 16,140 | 47.3 | 34,146 | 100.0 |
| 합 계 | 53,068 | 27.5 | 45,620 | 23.6 | 94,566 | 48.9 | 193,253 | 100.0 |

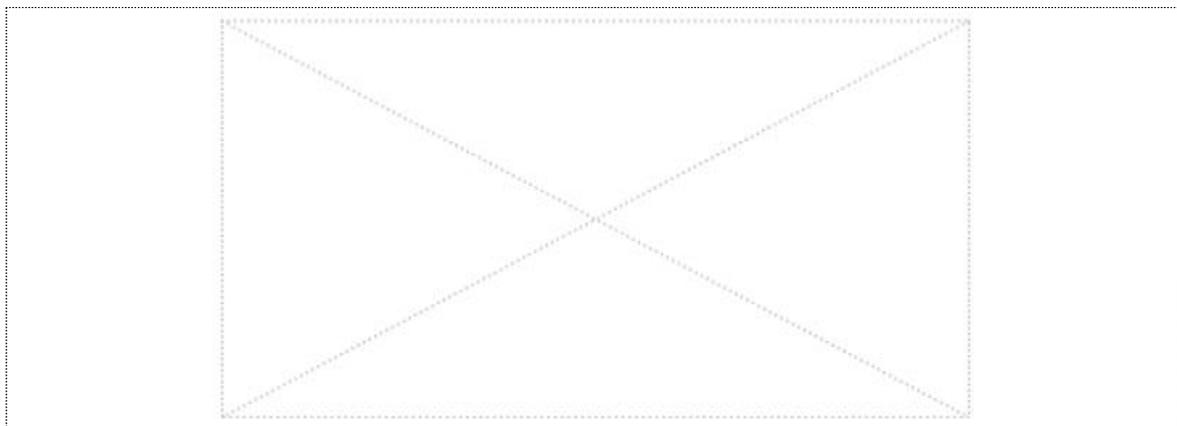
* 연구개발단계에서 기타를 제외한 금액으로 기타는 연구장비, 시설 등 연구개발단계 분류가 불가능한 경우에 해당
* 출처: 2021년도 국가연구개발사업 조사분석 보고서

<표 3-8> 울프 네바스(2011.6), 전환연구(translational research)

참 고 자 료

- 기초연구성과가 경제사회적 성과로 이어지지 못하는 이유는 연구수행 주체들의 입장과 이를 이어주는 연결고리 시스템 부재로 인해 발생
 - 과학자 입장: 기초연구성과 창출까지가 본연의 임무로 인식
 - * 경제사회적 성과로의 연계는 산업계의 몫으로 생각
 - 산업계 입장: 기초연구성과를 기반으로 상업화 투자를 추진하는데에는 높은 위험부담 존재
 - 연결고리 부재: 기초연구성과가 상업화로 연결될 수 있도록 죽음의 계곡을 극복할 수 있는 플랫폼기술 취약

<그림 3-12> 일본 연구개발 특징



* 자료: 일본지식리포트, "일본국가의 연구개발 프로젝트 특징"

- 기초연구 결과를 상업화로 연결하는 시스템을 구축하기 위해서는 전담

조직, 지원체계 등이 필요하나 현실적 걸림돌 존재

- 국내 연구수행주체들은 협력보다 독자적·독창적 연구성과를 창출하는데 목적을 두고 있으며, 연구자·공급자·수요자의 요구를 통합하는 플랫폼 역할 주체 부재

○ 기초연구 결과의 상용화를 위해서는 기초연구 성과뿐만 아니라 하드웨어, 데이터, 인프라, 실증 등 다양한 기술과 인프라를 활용해 기술을 숙성하는 체계가 필요하나, 관련 시스템 부재

- 기초연구 결과를 상용화할 시, 기초연구 성과를 보유한 연구자에게도 충분한 보상이 이루어지도록 제도화하여 기초연구 결과와 상용화 간의 거리를 최소화시킬 수 있는 유인 제도 부재

○ 기초연구 결과를 경제사회적 성과로 연결하는 전환연구 전문기관 혹은 전문조직 필요

- (개념) 기초연구 결과를 시장제품으로 전환·창출할 수 있도록 기술위험도를 낮추고, 관련 플랫폼 기술을 확보하는 연구활동

○ 기초연구 결과를 경제사회적 성과로 연결하는 전환연구 전문기관 혹은 전문조직 필요

- (개념) 기초연구 결과를 시장제품으로 전환·창출할 수 있도록 기술위험도를 낮추고, 관련 플랫폼 기술을 확보하는 연구활동

- 일본에서는 기초연구와 죽음의 계곡을 뛰어넘는 「가교연구(bridge research)」 개념 활용

- (역할) 전환연구는 상업화를 이전의 전환 플랫폼 기술로 다양한 기술과 인프라 구축을 위해 공공재원을 투입하고, 산업계에 상용화를 위한 원천기술을 제공하는 역할 수행

* 전환연구 조직은 다양한 기초연구를 수용하여 상용화로 정제해 내는 연구 체제 구축 필요

- (평가) 기존 R&D의 학술적 성과와는 달리, 핵심기술이 기업 혹은 제품으로 연계되어 시장가치를 창출하는데 초점

- (사례) LDC(Lead Discovery Center): 독일 뒤셀도르프에 위치하며, 막스프랑크연구소의 기초연구 성과를 상용화로 전환하는 기능 수행

* 한국파스퇴르연구소(IP-K, Institut Pasteur Korea): 스케일업을 통한 신약 후보물질을 자회사인 Quro Science사를 통해 글로벌 제약사와 라이선싱 등으로 상용화

* 미국 NCATS(National center for Advancing Translational Sciences): 미국국립보건원의 신약발굴 연구 성과를 전환연구 센터를 통해 상용화 가속화

(3) 기업부문 연구개발(민간 R&D) 수행현황 특징 및 한계

□ 기업부문 연구개발비의 대부분을 차지하는 49.1조 원(60.8%)은 대기업에서 지출

○ 전년대비 연구개발비는 대기업(4조 원), 벤처기업(1.5조 원), 중견기업(1.1조 원), 중소기업(0.6조 원) 순으로 증가

* 대부분의 R&D 투자는 대기업에서 이루어지며(60.8%, 49.1조 원), 이마저도 매출액 상위 10개 기업이 전체의 47.1%의 비중을 차지하며 상위기업 편중은 지속

<표 3-9> 기업유형별 연구개발비 비중 현황

(단위: 억 원, %)

| 구분 | 2020년 | | 2021년 | | 증감 | |
|------|--------------|-------|--------------|-------|----------------|--------------|
| | 연구개발비 (A) | 비중 | 연구개발비 (B) | 비중 | 연구개발비 (B-A) | 증감율 (B/A) |
| 대기업 | 451,694 | 61.4 | 491,394 | 60.8 | 39,700 | 8.8 |
| 중견기업 | 103,691 | 14.31 | 114,751 | 14.2 | 11,060 | 10.7 |
| 중소기업 | 79,341 | 10.8 | 85,251 | 10.5 | 5,910 | 7.4 |
| 벤처기업 | 101,272 | 13.8 | 116,681 | 14.4 | 15,409 | 15.2 |
| 총계 | 735,998 | 100.0 | 808,076 | 100.0 | 72,078 | 9.8 |

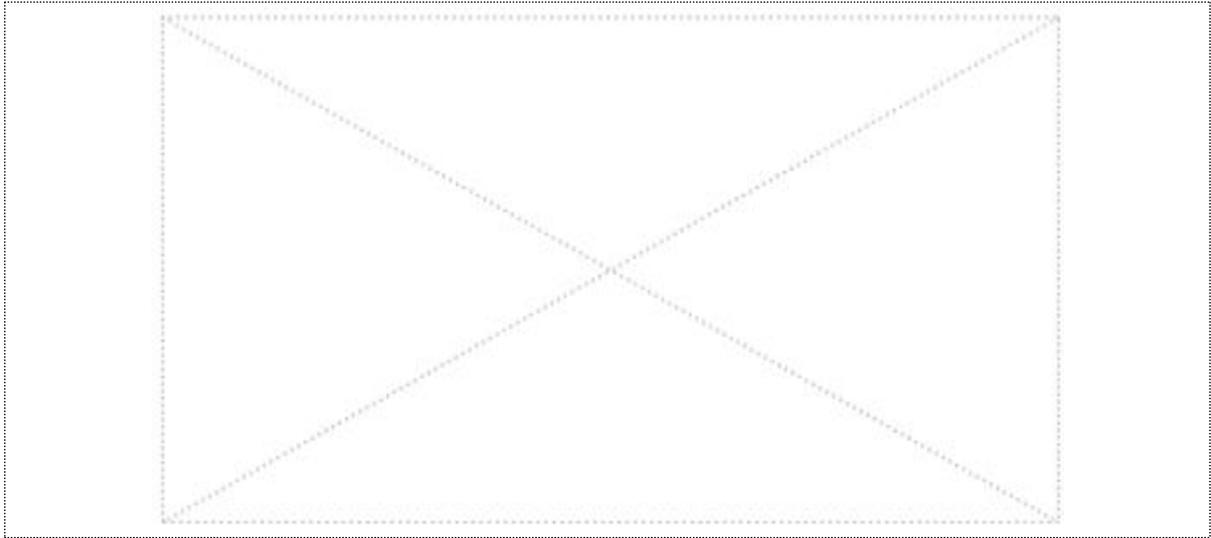
* 출처: 2021년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2022.

○ 대기업 중심의 우리나라 R&D 투자형태는 일부 대기업을 제외하면 기업이 지속가능한 생존을 가능하게 하는 기술혁신이 부족한 상태

- 매출액대비 연구개발비 비중은 대기업 3.91%, 중견기업 2.53% 중소기업 2.63%, 벤처기업 6.21% 순으로 나타남

- 우리의 주력산업의 대부분을 차지하고 있는 제조업은 중소·중견기업의 분포가 높음

* 기업 중 제조업 부문 연구개발비는 69.5억 원(86.1%)이며, 제조산업 매출액 대비 연구비는 4.49% 수준



* 출처: 2021년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2022.

<그림 3-13> 기업유형별 매출액 대비 연구개발비 비중 추이(’17년~’21년)

□ 민간 R&D는 단기성과 중심

- 단기성과창출 중심으로 이루어지고 있는 우리의 민간 R&D 투자는 외국으로부터의 기술의 수입 또는 인수합병을 유도하고 있으며, 독일, 미국, 일본 등 선진국들이 자국내에서 조달하는 것과 비교되는 상황
- 한국의 과학기술혁신역량지수는 12.658점으로 평가대상국 중 5위
 - R&D 투자 및 창업활동 평가를 나타내는 활동 부문 지수는 전년대비 상승하여 평가대상국 중 2위에 해당하였으나, 성과(경제적 성과 및 지식창출) 부문에서는 전년대비 2단계 하락한 13위를 기록
 - * 연구개발투자(2위), 산·학·연 협력(2위) 항목은 최상위권이나 지원제도(30위), 문화(26위), 지식창출(25위)는 하위권을 기록
- 단기성과 중심의 R&D는 혁신기업 증가 및 성장을 어렵게 만들며, 이는 매년 꾸준히 성장하고 있는 중국과 대비되는 모습
 - * 클래리베이트 선전 세계 100대 혁신기업 수: 한국 (‘21)5개→(‘22)5개, 중국 (‘21)4개→(‘22)5개, 일본 (‘21)29개→(‘22)35개
 - * 보스턴컨설팅 선정 세계 50대 혁신기업 수: 한국 (‘21)3개→(‘22)3개, 중국 (‘21)5개→(‘22)7개, 일본 (‘21)4개→(‘22)5개

나. 국내 R&D 인프라 현황

(1) 국내 공공연구기관(대학·연구소) 현황

□ 공공연구기관 개념

- 공공연구기관에는 ① 국공립 연구기관, ② 정부출연연구기관, ③ 특정 연구기관, ④ 학교, ⑤ 연구개발 관련 법인·단체 등이 해당

<표 3-10> 국공립연구기관 종류

| 국공립 연구기관 | |
|--|--|
| • 「과학기술분야정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조 제1항에 따라 설립된 정부출연연구기관 | |
| • 「특정연구기관 육성법」 제2조를 적용받는 특정 연구기관 | |
| • 「고등교육법」 제2조에 따른 학교 | |
| • 그 밖에 「민법」 또는 다른 법률에 따라 설립된 연구개발과 관련된 법인·단체로서 기술의 이전 및 사업화를 촉진하기 위하여 대통령령으로 정한 기관 | |

□ 공공 연구소와 대학 현황

- 공공연구기관 중 전문대학, 신학대학, 교육대학, 사이버대학, 정부 산하 R&D 관리·지원기관 제외, 공공연구소 151개, 대학은 147개

<표 3-11> 공공 연구소와 대학 현황

| 구분 | | 기관수 |
|--------|-------------------|-----|
| 공공 연구소 | 국가과학기술연구회 산하 연구소 | 24 |
| | 전문생산기술연구소 | 16 |
| | 특정연구기관 | 11 |
| | 기타유관 공공기관 및 비영리법인 | 52 |
| | 국공립연구기관 | 48 |
| | 소계 | 151 |
| 대학 | 국공립대학 | 27 |
| | 사립대학 | 120 |
| | 소계 | 147 |
| 합 계 | | 298 |

* 출처 : 2022년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서

– 국가과학기술연구회 소관 정부출연연구기관

<표 3-12> 국가과학기술연구회 소관 정부출연연구기관 현황

| | | | |
|--------------|---------------|-------------|---------------|
| 정부출연 연구기관 | • 한국과학기술연구원 | • 국가보안기술연구소 | • 한국에너지기술연구원 |
| | • 녹색기술센터 | • 한국건설기술연구원 | • 한국전기연구원 |
| | • 한국기초과학지원연구원 | • 한국철도기술연구원 | • 한국화학연구원 |
| | • 한국천문연구원 | • 한국표준과학연구원 | • 안전성평가연구소 |
| | • 한국생명공학연구원 | • 한국식품연구원 | • 한국원자력연구원 |
| | • 한국과학기술정보연구원 | • 세계김치연구소 | • 한국재료연구원 |
| | • 한국한의학연구원 | • 한국지질자원연구원 | • 한국핵융합에너지연구원 |
| | • 한국생산기술연구원 | • 한국기계연구원 | |
| | • 한국전자통신연구원 | • 한국항공우주연구원 | |

*출처: 국가과학기술연구회 홈페이지, 2023년 검색

– 전문생산기술연구소

<표 3-13> 전문생산기술연구소 현황

| | | | |
|---------------|-------------|----------------|---------------|
| 전문생산 기술연구소 | • 한국전자기술연구원 | • 한국로봇융합연구원 | • 한국섬유소재연구원 |
| | • 한국광기술원 | • 한국조선해양기자재연구원 | • 한국실크연구원 |
| | • 한국자동차연구원 | • 중소조선연구원 | • 한국섬유기계융합연구원 |
| | • 한국신발피혁연구원 | • 에코융합섬유연구원 | • 한국정보기술연구원 |
| | • 다이텍연구원 | • 한국패션산업연구원 | |
| | • 한국섬유개발연구원 | • 건설기계부품연구원 | |

*출처: 2020년 과학기술혁신정책지원사업 공공연구기관 R&D 혁신을 위한 현황조사·분석 및 발전방안 도출에 관한 연구, 한국과학기술기획평가원

– 특정연구기관

* 연구개발기관, 교육·연구기관, 연구관리전문기관 등이 혼재

<표 3-14> 특정연구기관 현황

| | | | |
|------------|--------------|---------------|-------------|
| 특정 연구기관 | • 한국과학기술원 | • 한국원자력통제기술원 | • 한국세라믹기술원 |
| | • 광주과학기술원 | • 한국연구재단 | • 한국산업기술시험원 |
| | • 대구경북과학기술원 | • 한국과학기술기획평가원 | • 정보통신산업진흥원 |
| | • 울산과학기술원 | • 한국과학창의재단 | • 기초과학연구원 |
| | • 한국원자력안전기술원 | • 한국산업기술진흥원 | |
| | • 한국원자력의학원 | • 한국산업기술평가관리원 | |

*출처: 특정연구기관 현황과 주요 쟁점, 국회입법조사처, 2020.2.11.

(2) 국내 공공연구기관(대학·연구소) 역량

□ R&D 인력 현황⁴⁾

○ 국내 공공연구기관 및 대학의 연구원 수는 각 41,005명, 115,924명이며, 대학과 공공연구기관의 연구원 중 박사, 석사, 학사 학위자 순으로 비율이 높음

○ 박사급 연구원의 56.6%는 대학에서 연구를 수행중에 있어 우수 인력이 국내 대학 및 연구소에 집중되어 있음을 확인

- (학위별 대학 연구원 분포) 박사(57.0%), 석사(33.6%), 학사(7.9%), 기타(1.5%)

- (학위별 공공연구기관 연구원 분포): 박사(50.9%), 석사(35.8%), 학사(12.5%), 기타(0.8%)

○ 국내 공공연구기관 연구인력 현황

- 국내 공공연구기관 연구원 수는 41,005명이고, 이 중 박사급 인력은 약 20,867명(50.9%)에 해당함

- 동 사업의 인력규모를 약 20~30명으로 추정하였을 경우, 국내 연구소에서도 600여개가 넘는 경쟁 수요가 발생할 수 있을 것으로 판단됨

○ 국내 대학 연구인력 현황⁵⁾

- `21년 기준, 국내 공학계열 박사과정을 수료중인 대학원생은 20,151명이며, 같은 해 졸업한 공학박사는 4,536명

- 동 사업의 인력규모를 약 20~30명으로 추정하였을 경우, 국내 대학에서도 충분한 연구인력과 역량을 보유한 다수의 경쟁 수요가 발생할 수 있을 것으로 판단됨

□ 최상위급 연구인력 현황⁶⁾

○ `22년 세계에서 가장 영향력 있는 연구자에 국내 연구자 63명이 70개 분야에서 선정

* 세계에서 가장 영향력 있는 연구자(Highly Cited Researcher, HCR)는 각 분야에서 가장 많이 피인용된 상위 1%의 논문을 기준으로 선정

4) 2020년도 연구개발활동조사보고서, KISTEP

5) NTIS, 과학기술통계, 우리나라 대학원 박사과정의 이공계 재학생,

6) 클래리베이트 선정 2022년 가장 영향력 있는 연구자(HCR)

<표 3-15> `20년 클래리베이트 애널리틱스 선정 국내대학 연구자

| 1소속 | 2소속 | 이름 | 분야 |
|-----------|----------|------------------------------|-----------|
| 서울대 | - | 강기석 | 크로스필드 |
| | IBS | 김대형 | 재료과학 |
| | 서울대병원 | 김동완 | 임상의학 |
| | - | 방영주 | 임상의학 |
| | ChunLab | 전종식 | 미생물학 |
| | - | 최장욱 | 재료과학 |
| | IBS | 현택환 | 화학 |
| UNIST | IBS | 로드니 루오프 (Rodney S. Ruoff) | 재료과학 |
| | - | 김광수 | 크로스필드 |
| | - | 백종범 | 크로스필드 |
| | - | 석상일 | 화학 |
| | - | 이현욱 | 크로스필드 |
| | - | 조재필 | 재료과학 |
| | - | 김동인 | 크로스필드 |
| 성균관대 | 삼성메디컬센터 | 박근철 | 임상의학 |
| | - | 박남규 | 화학 |
| | - | 안명주 | 임상의학 |
| | IBS | 이영희 | 크로스필드 |
| 고려대 | - | 김종승 | 화학 |
| | - | 노준홍 | 크로스필드 |
| | - | 안춘기 | 공학 |
| 한양대 | 퀸즐랜드대 | 옥용식 | 환경/ 생태학 |
| | 중국 허난농공대 | 김기현 | 환경 / 생태학 |
| | - | 백운규 | 크로스필드 |
| | 워싱턴대 | 선양국 | 화학 |
| KAIST | - | 엄지용 | 사회과학 |
| | - | 이상엽 | 생물학 / 생화학 |
| | IBS | 장석복 | 화학 |
| 경북대 | - | 이상문 | 크로스필드 |
| 충북대 | - | 정성화 | 공학 |
| 한국생명공학연구원 | - | 권오민 | 크로스필드 |
| 영남대 | IBS | 김대식 | 크로스필드 |
| | - | 김진수 | 생물학 / 생화학 |
| | - | 박주현 | 컴퓨터공학 |
| 부산대 | - | - | 공학 |
| 이화여대 | IBS | 악셀 티머맨 | 수학 |
| 연세대 | - | 윤주영 | 환경 / 생태학 |
| 전북대 | - | 이상수 | 화학 |
| 경희대 | 영남대 | 이태희 | 크로스필드 |
| 호스텍 | - | 임종환 | 크로스필드 |
| 세종대 | - | 최원용 | 농학 |
| 계 | - | 한희섭 | 크로스필드 |
| 계 | - | 41명 / 46개 분야 | 사회과학 |

* 자료: 클래리베이트 애널리틱스 자료
 * 순서: 수상자가 많은 학교순/수상자 가나다순
 * 연회색 표시: 중복수상자

□ 기술이전 현황

○ 기술이전 계약체결 건수 및 기술이전율

- `21년도 신규 기술이전 계약 건수는 총 10,263건으로 전년 대비 13.3% 증가

→ 공공연구소의 기술이전은 4,653건으로 전년 대비 8.0% 증가하였고, 대학은 18.2% 증가

* 기술이전 계약 중 공공연구기관에서 대기업으로의 기술이전은 1.8%, 중견기업 2.0%, 중소기업 92.5%로 중소기업이 공공연구소·대학의 주요 기술 수요자로 확인

<표 3-16> 기술이전 계약체결 건수

(단위: 개, %)

| 구분 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | CAGR |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 기술이전 계약 | 7,477 | 8,105 | 8,458 | 9,055 | 9,055 | 4.9 |

* 출처: 2022년도 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서(`21년도 대상), 산업통상자원부

- 기술이전율은 일정수준(약35~38%)을 유지하고 있었으나, `21년 처음으로 40%를 넘는 것으로 나타남

<표 3-17> 기관유형별 기술이전율

(단위: %)

| 구분 | 공공연구소 | 대학 | 전체 |
|-------------------|-------|------|------|
| 연도별 기술 이전율* | 2017 | 51.0 | 37.9 |
| | 2018 | 39.6 | 34.3 |
| | 2019 | 43.4 | 35.9 |
| | 2020 | 40.8 | 35.5 |
| | 2021 | 50.8 | 40.9 |

* 기술이전율은 조사대상년도의 이전된 기술건수(조사대상년도에 개발된 기술이 아닌 것을 포함)를 조사대상년도의 신규확보(개발) 기술건수로 나눈 값

* 출처: 2022년도 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서(`21년도 대상), 산업통상자원부

○ 기술이전 수입

- 공공연구기관 기술이전 수입은 2,643억 원이며, 대학의 기술이전 수입이 조사 이래 처음으로 1천억 원 이상을 달성

<표 3-18> 기술이전 수입액

(단위: 백만 원, %)

| 기술료 수입 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | CAGR |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 공공연구소 | 112,683 | 110,909 | 141,886 | 251,605 | 159,918 | 9.15 |
| 대학 | 70,035 | 78,791 | 85,428 | 84,478 | 104,409 | 10.5 |
| 전체 | 182,718 | 189,700 | 227,314 | 336,084 | 264,328 | 9.67 |

* 기술이전 수입은 기술이전의 대가로 수취한 기술료 뿐만 아니라 기술출자로 획득한 지분의 매각 수익 등의 기술이전 수익금을 포함

* 출처: 2022년도 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('21년도 대상), 산업통상자원부

- 또한, 공공연구기관의 계약건 당 기술이전 수입은 약 2,600백만 원, 기술건당 기술이전 수입은 약 1,700백만 원 증가

<표 3-19> 연도별 기술이전 계약건당 및 기술건당 기술이전 수입

(단위: 백만 원/건)

| 구분 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|
| 계약건당 기술이전 수입 | 24.4 | 23.4 | 26.9 | 37.1 | 25.8 |
| 기술건당 기술이전 수입 | 14.6 | 17.2 | 19.5 | 26.7 | 17.2 |

* 기술이전 수입은 기술이전의 대가로 수취한 기술료 뿐만 아니라 기술출자로 획득한 지분의 매각 수익 등의 기술이전 수익금을 포함

* 출처: 2022년도 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('21년도 대상), 산업통상자원부

○ 출연(연)과 주요 대학의 연구성과

- 국내 출연(연) 기술이전 실적(2021년)

<표 3-20> 국가과학기술연구회 소관 출연(연) 기술이전 실적('21년 기준)

(단위: 건)

| 기관명 | 논문(SCI) | | | 계약체 | 기술이전 | | | 특허(국내외) | |
|--------|---------|----|-------|-----|------|------|-----|---------|------|
| | 합계 | 국내 | 국외 | | 유상정액 | 유상경상 | 무상 | 출원 | 등록 |
| 과기연 | 1,230 | 84 | 1,146 | 288 | 52 | 42 | 190 | 682 | 635 |
| 녹색기술센터 | 7 | 0 | 7 | - | - | - | - | - | - |
| 기초(연) | 463 | 24 | 439 | 15 | 8 | 7 | 0 | 41 | 32 |
| 핵융합(연) | 52 | 2 | 50 | 7 | 1 | 6 | 0 | 38 | 31 |
| 천문(연) | 302 | 12 | 290 | 3 | 1 | 0 | 2 | 10 | 8 |
| 생명(연) | 624 | 67 | 557 | 43 | 9 | 32 | 0 | 278 | 148 |
| 과기정보연 | 111 | 6 | 105 | 24 | 16 | 4 | 4 | 46 | 29 |
| 한의학(연) | 243 | 29 | 214 | 14 | 3 | 9 | 2 | 100 | 53 |
| 생기원 | 618 | 51 | 567 | 303 | 277 | 24 | 0 | 689 | 549 |
| 전자통신연 | 280 | 29 | 251 | 370 | 122 | 176 | 69 | 2825 | 1550 |
| 국보(연) | 12 | 0 | 12 | 51 | 18 | 2 | 31 | 20 | 26 |
| 건설(연) | 247 | 1 | 246 | 119 | 106 | 4 | 7 | 287 | 269 |
| 철도연 | 112 | 12 | 100 | 79 | 23 | 56 | 0 | 246 | 172 |
| 표준(연) | 319 | 13 | 306 | 35 | 13 | 21 | 0 | 154 | 116 |
| 식품(연) | 204 | 23 | 181 | 40 | 24 | 9 | 7 | 122 | 83 |
| 김치(연) | 43 | 7 | 36 | 15 | 7 | 6 | 1 | 31 | 19 |
| 지자(연) | 251 | 8 | 243 | 40 | 39 | 1 | 0 | 97 | 78 |
| 기계(연) | 245 | 19 | 226 | 156 | 120 | 30 | 6 | 338 | 253 |
| 재료(연) | 245 | 19 | 226 | 59 | 48 | 10 | 0 | 120 | 97 |
| 항우(연) | 65 | 10 | 55 | 10 | 3 | 7 | 0 | 156 | 154 |
| 에너지(연) | 277 | 5 | 272 | 111 | 26 | 46 | 34 | 283 | 245 |
| 전기(연) | 122 | 5 | 117 | 55 | 10 | 39 | 0 | 231 | 131 |
| 화학(연) | 392 | 24 | 368 | 67 | 18 | 48 | 1 | 547 | 323 |
| 안전(연) | 144 | 16 | 128 | 7 | 5 | 2 | 0 | 27 | 38 |
| 원자력(연) | 537 | 64 | 473 | 71 | 20 | 1 | 50 | 309 | 211 |

*출처: 국가과학기술연구회 소관 25개 출연(연) 특허정보, 논문정보, 기술이전정보, 2022, 재구성

- 국내 주요 대학 특허 및 기술료 실적(2021년)

<표 3-21> 국내 주요 대학 특허 및 기술료 실적('21년 기준)

(단위: 건, 백만 원)

| 연번 | 대학명 | 국내특허 | | 해외특허 | | 기술료 | | |
|----|--------------|-------|-----|------|-----|------------|-------|-----------|
| | | 출원 | 등록 | 출원 | 등록 | 기술이전 건수 | 기술료 | 건당 기술료 |
| 1 | 한국과학기술원 | 1,221 | 804 | 539 | 225 | 84 | 6,909 | 82 |
| 2 | 서울대학교 | 1,216 | 653 | 598 | 215 | 136 | 6,953 | 51 |
| 3 | 연세대학교 | 1,115 | 675 | 392 | 106 | 110 | 8,908 | 81 |
| 4 | 고려대학교 | 1,068 | 585 | 429 | 145 | 133 | 4,649 | 35 |
| 5 | 성균관대학교 | 667 | 430 | 270 | 102 | 76 | 3,941 | 52 |
| 6 | 한양대학교 | 626 | 478 | 268 | 154 | 47 | 2,065 | 44 |
| 7 | 경북대학교 | 594 | 313 | 112 | 29 | 185 | 3,320 | 18 |
| 8 | 울산과학기술원 | 435 | 310 | 178 | 59 | 52 | 755 | 15 |
| 9 | 포항공과대학교 | 414 | 213 | 229 | 83 | 34 | 3,885 | 114 |
| 10 | 충남대학교 | 410 | 231 | 49 | 14 | 228 | 3,158 | 14 |
| 11 | 인하대학교 | 404 | 216 | 18 | 8 | 89 | 1,464 | 16 |
| 12 | 경희대학교 | 397 | 300 | 173 | 95 | 87 | 4,672 | 54 |
| 13 | 국민대학교 | 359 | 179 | 68 | 17 | 104 | 2,065 | 20 |
| 14 | 한양대학교(ERICA) | 335 | 167 | 100 | 30 | 73 | 1,138 | 16 |
| 15 | 부산대학교 | 329 | 197 | 72 | 22 | 90 | 2,451 | 27 |
| 16 | 가톨릭대학교 | 321 | 163 | 137 | 14 | 72 | 1,516 | 21 |
| 17 | 전남대학교 | 316 | 221 | 79 | 13 | 96 | 2,321 | 24 |
| 18 | 중앙대학교 | 313 | 186 | 28 | 12 | 55 | 1,334 | 24 |
| 19 | 충북대학교 | 313 | 191 | 38 | 8 | 222 | 2,381 | 11 |
| 20 | 대구경북과학기술원 | 306 | 192 | 109 | 31 | 56 | 1,520 | 27 |
| 21 | 아주대학교 | 286 | 181 | 119 | 56 | 71 | 5,209 | 73 |
| 22 | 강원대학교 | 285 | 183 | 15 | 10 | 110 | 1,917 | 17 |
| 23 | 세종대학교 | 280 | 204 | 141 | 26 | 57 | 3,389 | 59 |
| 24 | 울산대학교 | 272 | 165 | 96 | 34 | 66 | 952 | 14 |
| 25 | 경상국립대학교 | 268 | 181 | 75 | 10 | 76 | 1,489 | 20 |
| 26 | 동의대학교 | 262 | 131 | 5 | 0 | 55 | 560 | 10 |
| 27 | 금오공과대학교 | 229 | 87 | 4 | 0 | 54 | 380 | 7 |
| 28 | 이화여자대학교 | 218 | 167 | 84 | 9 | 32 | 1,344 | 42 |
| 29 | 가천대학교 | 215 | 166 | 32 | 17 | 48 | 910 | 19 |
| 30 | 광운대학교 | 215 | 143 | 32 | 10 | 24 | 1,030 | 43 |

*출처: 특허 출원 및 등록실적(대학), 기술이전 수입료 및 계약실적(대학), 대학알리미, 2022, 재구성

(3) R&D 인력 및 인프라 관련 시사점

□ 국내 대학 및 연구기관의 연구인력 비중, 기술이전 건수 등을 고려할 때 R&D 수행을 위한 공공기관 인프라는 일정수준 형성되어 있는 상황

○ 주력산업 및 혁신성장산업부문 경쟁력 확보에 있어 대학·연구소 역량 적극 활용 필요

- `21년 기준, 국내 공학계열 박사과정 재학생은 20,151명⁷⁾이며, `20년 기준, 국내 연구인원 중 공학 전공의 연구원 수는 371,068명⁸⁾으로 박사급의 연구원 수는 116,784명으로 파악

- 국가과학기술연구회 소관의 25개 출연(연)의 인력은 15,701명*이고, 이 중 박사급 인력은 8,107여명(51.6%)에 해당

* `21년 기준 정규직 14,477명, 계약직 1,224명(국가과학기술연구회, 2022)

- 또한, 공공연구소 138개, 대학은 143개를 포함한 총 281개의 공공연구기관이 존재⁹⁾하며 대학 및 과학기술분야의 25개 출연(연)의 연구성과 실적을 분석했을 때, 충분한 연구역량을 보유한 인력 및 인프라가 다수 존재하는 것으로 판단됨

○ 따라서, 동 사업의 인력규모를 약 20~30명(시범사업 규모 참고)으로 추정하였을 경우, 국내 대학 및 공공연구소에서 충분한 연구인력과 역량을 보유한 1,000여 개가 넘는 경쟁 수요가 발생할 수 있을 것으로 판단됨

○ 글로벌프론티어사업 10개 사업단만이 대규모 장기 투자를 통한 원천기술 확보활동을 지원하고 있으나 20년부터 23년에 걸쳐 사업단 종료

* IBS 연구단(30개)의 경우 연구비규모 및 지원기간이 유사하나 대다수의 연구단이 순수기초분야 연구를 중심으로 지원하고 있음

○ 우리나라는 책임PM 역할을 수행 할 최상위급 연구인력도 대거 보유하고 있음
(JCR 상위 논문 1%)

7)NTIS, 과학기술통계, 우리나라 대학원 박사과정의 이공계 재학생, 통계부·한국교육개발원, 교육통계연보

8)2020년도 연구개발활동조사보고서, 과학기술정보통신부

9)공공연구기관 기술이전, 역대 최대 성과 달성, 산업통산자원부, 2022.10.

다. 국내 기술경쟁력 현황

(1) 기술수준평가 개요

- (추진 배경) 국가적으로 중요한 기술에 대한 수준을 면밀하게 진단하고 해당 기술수준의 향상을 위한 시책 마련을 위해 기술수준평가 도입
- 과학기술기본법 제정(’01년) 을 통해 기술수준평가의 추진근거를 마련하여 추진하고, 이후 실시주기를 2년으로 정례화(’10년)
- (평가 근거) 과학기술기본법 제14조 및 동법 시행령 제24조에 따라 국가핵심기술에 대한 기술수준을 매 2년 주기로 평가
- (평가대상) 「제4차 과학기술기본계획(’18~’22)」 상의 120개 중점과학기술

<표 3-22> 기술수준평가 대상 기술분야별 중점과학기술 수

| 11대 분야 | 건설 교통 | 재난 안전 | 우주 항공 해양 | 국방 | 기계 제조 | 소재 나노 | 농림 수산 식품 | 생명 보건의료 | 에너지 자원 | 환경 기상 | ICT SW |
|----------------|----------|----------|----------------|----|----------|----------|----------------|------------|-----------|----------|-----------|
| 120 개 기술 | 11 | 4 | 7 | 3 | 13 | 5 | 9 | 21 | 18 | 12 | 17 |

* 출처: 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

- (평가방법) 120개 중점과학기술별 주요 5개국(한국, 중국, 일본, EU, 미국)의 기술수준(%) 및 기술격차(년)를 평가
- 정성평가(전문가 델파이조사)와 정량분석(논문·특허 분석)을 바탕으로 11대 분야 120개 중점과학기술에 대한 국가별 기술수준을 평가
- (정성평가) 120개 중점과학기술별로 10명씩 전문가를 선정하여(5년 임기) 2-round 델파이 조사 실시
 - * 관계부처 및 관련 단체, 전문가 상호 추천을 바탕으로 평가위원 구성
- (정량분석) 최근 12년간(’08~’19) 논문 데이터와 최근 10년간(’08~’17) 특허 데이터를 활용하여 양적·질적 분석 실시

(2) 기술수준평가 결과

□ 전문가 정성평가(델파이 조사) 결과

- 한국의 기술수준은 최고기술 보유국(미국) 대비 80.1%이며, 최고기술 보유국과 3.3년의 기술격차가 있는 것으로 평가
 - 또한, EU와 일본에는 각각 2.6년, 1.3년 뒤진 기술격차를 보임
- 국가별로는 미국(100.0%), EU(95.6%), 일본(87.3%), 한국(80.1%), 중국(80.0%) 순으로 기술수준이 높은 것으로 평가
 - 최고기술 보유국(미국)과의 기술격차는 EU 0.7년, 일본 2.0년, 한국과 중국은 3.3년으로 평가

<표 3-23> 국가별 전체 기술수준(%) 및 기술격차(년)

| 구분 | 한국 | 중국 | 일본 | EU | 미국 |
|---------|------|------|------|------|-----|
| 기술수준(%) | 80.1 | 80.0 | 87.3 | 95.6 | 100 |
| 기술격차(년) | 3.3 | 3.3 | 2.0 | 0.7 | 0.0 |

* 출처: 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

- 연구단계별 역량에서 기초단계는 미국(탁월), EU·일본(우수), 한국·중국(보통)이며, 응용개발 단계는 미국(탁월) 외의 4개 국가가 우수한 것으로 평가
- 연구개발 활동경향은 5개 국가 전부가 상승 중인 것으로 평가됨

<표 3-24> 국가별 연구단계 역량 및 연구개발 활동경향

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

* 출처: 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

- 한국의 11대 분야별 기술수준은 6대 분야에서 4위, 5대 분야(우주·항공·해양, 국방, 생명·보건의료, 에너지·자원, ICT·SW)에서 5위로 평가
- ‘건설·교통’ 분야가 최고기술 보유국 대비 기술수준(84.0%)이 가장 높고, ‘ICT·SW’ 분야가 기술격차(1.9년)가 가장 적은 것으로 평가
- ‘우주·항공·해양’ 분야가 최고기술 보유국 대비 기술수준(68.4%)이 가장 낮고, 기술격차(8.6년)가 가장 큰 것으로 평가

<표 3-25> 국가별 전체 기술수준(%) 및 기술격차(년)

| 11대 분야 (중점과학기술 수) | 기술수준(%) | | | | | 기술격차(년) | | | | |
|----------------------|---------|------|------|------|------|---------|-----|-----|------|-----|
| | 한국 | 중국 | 일본 | EU | 미국 | 한국 | 중국 | 일본 | EU | 미국 |
| 건설·교통(11) | 84.0 | 80.0 | 89.1 | 97.8 | 100 | 2.6 | 3.2 | 1.6 | 0.1 | 0.0 |
| 재난안전(4) | 80.4 | 75.5 | 87.8 | 92.6 | 100 | 2.9 | 3.3 | 1.8 | 0.9 | 0.0 |
| 우주·항공·해양(7) | 68.4 | 81.6 | 83.5 | 93.3 | 100 | 8.6 | 5.1 | 3.9 | 1.8 | 0.0 |
| 국방(3) | 75.0 | 81.7 | 77.0 | 88.3 | 100 | 5.5 | 3.8 | 4.7 | 2.3 | 0.0 |
| 기계·제조(13) | 80.7 | 77.6 | 90.3 | 100 | 98.9 | 2.8 | 3.1 | 1.4 | 0.0 | 0.2 |
| 소재·나노(5) | 80.8 | 79.9 | 97.6 | 91.9 | 100 | 2.5 | 3.2 | 0.6 | 1.1 | 0.0 |
| 농림수산·식품(9) | 81.4 | 78.6 | 88.4 | 99.7 | 100 | 3.2 | 3.6 | 2.1 | -0.1 | 0.0 |
| 생명·보건의료(21) | 77.9 | 78.0 | 81.6 | 92.2 | 100 | 3.1 | 3.0 | 2.4 | 1.1 | 0.0 |
| 에너지·자원(18) | 80.2 | 81.6 | 91.0 | 98.2 | 100 | 3.7 | 3.5 | 1.9 | 0.3 | 0.0 |
| 환경·기상(12) | 81.1 | 75.5 | 90.0 | 99.2 | 100 | 3.7 | 4.6 | 2.0 | 0.3 | 0.0 |
| ICT·SW(17) | 83.0 | 85.7 | 84.3 | 90.9 | 100 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 1.1 | 0.0 |
| 전체 | 80.1 | 80.0 | 87.3 | 95.6 | 100 | 3.3 | 3.3 | 2.0 | 0.7 | 0.0 |

* 출처: 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

- 기초단계 연구 역량은 ‘소재·나노’를 제외한 전 분야가 보통이며, 응용개발 단계 연구 역량은 ‘우주·항공·해양’을 제외한 전 분야가 우수로 평가됨
- 연구개발 활동 경향은 11대 분야가 전부 상승 중인 것으로 평가됨

<표 3-26> 연구개발 활동 경향 및 연구단계별 역량

| 11대 분야 (중점과학기술 수) | 한국 | | | 중국 | | | 일본 | | | EU | | | 미국 | | |
|----------------------|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|----------|
| | 기초연구 | 응용개발연구 | 연구개발활동경향 |
| 건설·교통(11) | 보통 | 우수 | ↗ | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 재난안전(4) | 보통 | 우수 | ↗ | 보통 | 보통 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | → | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 우주·항공·해양(7) | 보통 | 보통 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 국방(3) | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↑↑ | 우수 | 우수 | → | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 기계·제조(13) | 보통 | 우수 | ↗ | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 소재·나노(5) | 우수 | 우수 | ↗ | 보통 | 우수 | ↑↑ | 탁월 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 농림수산·식품(9) | 보통 | 우수 | ↗ | 보통 | 보통 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 생명·보건의료(21) | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 에너지·자원(18) | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 환경·기상(12) | 보통 | 우수 | ↗ | 보통 | 보통 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| ICT·SW(17) | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↑↑ | 우수 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |
| 전체 | 보통 | 우수 | ↗ | 보통 | 우수 | ↗ | 우수 | 우수 | ↗ | 탁월 | 우수 | ↗ | 탁월 | 탁월 | ↗ |

* ↑↑: 급상승, ↗: 상승, →: 유지, ↘: 하강

* 출처: 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

□ 기술 선도국 대비 국내 기술수준

- 주요 기술 선도국 대비 0.7년~3.8년 뒤진 기술격차를 보이며, 최고 기술 보유국(미국) 대비 80.0% 수준의 기술력 보유
- 120개 전략기술 중 우리나라가 세계최고기술을 보유한 분야는 전무

<표 3-27> 주요국 세계최고기술 보유 현황

| 분야 | 국 가 | | | | | |
|------------|-----|----|----|----|----|-----|
| | 한국 | 일본 | 중국 | 미국 | EU | 합계 |
| 1. 건설교통 | 0 | 0 | 0 | 8 | 4 | 12 |
| 2. 재난안전 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| 3. 우주항공해양 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 7 |
| 4. 국방 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 5. 기계제조 | 0 | 2 | 0 | 9 | 7 | 18 |
| 6. 소재나노 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 8 |
| 7. 농림수산식품 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 9 |
| 8. 생명보건의료 | 0 | 0 | 1 | 20 | 1 | 22 |
| 9. 에너지자원 | 0 | 2 | 0 | 11 | 6 | 19 |
| 10. 환경기상 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 15 |
| 11. ICT·SW | 0 | 1 | 0 | 16 | 0 | 17 |
| 합계 | 0 | 8 | 1 | 97 | 28 | 134 |

* 출처 : 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

** 전체 대상분야는 120개이나 일부 분야에서 복수의 국가가 최상위 기술보유국으로 집계되어 합계가 134개로 산정

□ 11대 분야별 ‘기초’연구단계 역량

- 기초연구 단계에서는 ‘생명보건의료’와 ‘환경기상’을 제외한 9개 분야에서 세부 기술분야 ‘보통’이 우세했으며, 응용개발연구 단계에서는 9개 분야에서 세부 기술분야 ‘우수’가 우세, 2개 분야에서 ‘보통’이 우세한 것으로 나타남
- 연구단계별 역량에서는 주요 기술 선도국은 대부분 ‘우수’인 반면, 우리나라는 ‘기초’단계에서 보통 수준임

<표 3-28> 11개 분야 세부 기술의 연구개발 단계별 역량

| 분야 | 구분 | 기초 | | | | 응용개발 | | | |
|----------|--------|----|-----|------|----|------|------|-----|----|
| | | 탁월 | 우수 | 보통 | 미흡 | 탁월 | 우수 | 보통 | 미흡 |
| 건설·교통 | 건수 | | 4 | 7 | | 1 | 9 | 1 | |
| | 비율(%) | | 36% | 64% | | 9% | 82% | 9% | |
| 재난 안전 | 건수 | | | 4 | | | 3 | 1 | |
| | 비율(%) | | | 100% | | | 75% | 25% | |
| 우주·항공·해양 | 건수 | | 2 | 5 | | | 2 | 5 | |
| | 비율(%) | | 29% | 71% | | | 29% | 71% | |
| 국방 | 건수 | | 1 | 2 | | | 2 | 1 | |
| | 비율(%) | | 33% | 67% | | | 67% | 33% | |
| 기계·제조 | 건수 | | 5 | 8 | | 1 | 12 | | |
| | 비율(%) | | 38% | 62% | | 8% | 92% | | |
| 소재·나노 | 건수 | | 2 | 3 | | | 5 | | |
| | 비율(%) | | 40% | 60% | | | 100% | | |
| 농림수산·식품 | 건수 | | 4 | 5 | | | 7 | 2 | |
| | 비율(%) | | 44% | 56% | | | 78% | 22% | |
| 생명·보건의료 | 건수 | | 12 | 9 | | | 6 | 15 | |
| | 비율(%) | | 57% | 43% | | | 29% | 71% | |
| 에너지·자원 | 건수 | | 7 | 11 | | 1 | 9 | 8 | |
| | 비율(%) | | 39% | 61% | | 6% | 50% | 44% | |
| 환경·기상 | 건수 | | 8 | 4 | | | 11 | 1 | |
| | 비율(+%) | | 67% | 33% | | | 92% | 8% | |
| ICT·SW | 건수 | | 3 | 13 | | 2 | 10 | 4 | |
| | 비율(%) | | 19% | 81% | | 12% | 63% | 25% | |

* 출처: 2020년 기술수준평가, KISTEP, 2021

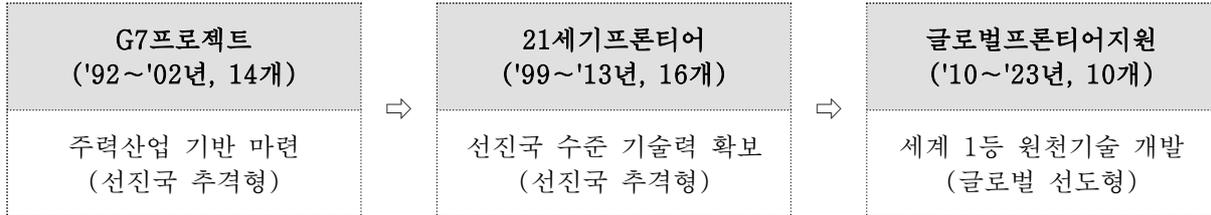
3.2 선행사업의 추진현황 및 성과

- 선행사업은 핵심원천기술을 확보하여 기술과급에 의한 산업성장을 주도하였으나 `23년 종료를 앞두고 있어 핵심원천기술 성과확보 단절 우려
- 선행사업은 핵심 원천기술 확보를 통해 게임체인저 기술을 확보를 통해 국내 주요산업의 성장을 주도하고 세계 최고 수준의 역량 확보
- 핵심 원천기술을 기반으로 다양한 영역으로 확대되어 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 파급효과를 확보하는 중개역할 수행하였으나, `23년 종료 예정

가. 선행사업 추진현황

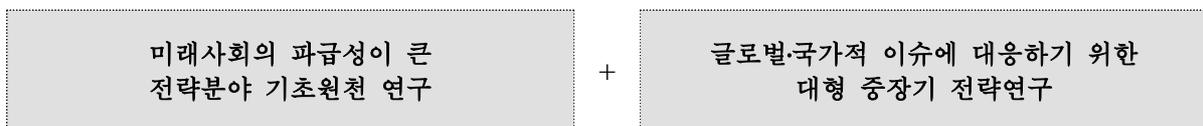
□ 사업 목적

- 5대 미래전략 분야(IT, BT, NT, CT, ET)의 세계 1등 원천기술 확보 및 글로벌 기초·원천 연구거점 네트워크 구축



□ 사업 개념

- 대형 중장기 전략 기초·원천 R&D



| | |
|--------------|--|
| 중점투자분야 | 미래사회의 글로벌 및 국가 이슈에 대응할 수 있는 전략 기술 분야의 Breakthrough를 이룰 수 있는 기초·원천 R&D에 중점 투자 |
| 목표중심R&D | 국가전략기술 분야의 혁신적 신기술을 개척하는 목표(target) 중심 R&D 사업 |
| TOP-DOWN 연구단 | 상호 유기적 관계의 15-30여개 프로젝트로 구성된 우수 연구 네트워크(network of excellence) 연구단 |

□ 사업 비전

○ (비전) 세계 최고 수준의 원천기술 확보

○ 사업 철학(4G)

| 선도성 (Global R&D) | 혁신성 (Ground-breaking R&D) | 융합성 (Group approach) | 과급성 (Growth & Sustainability) |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 세계적 수준의 과학기술 톱 브랜드 구축 | 기존기술의 한계를 돌파하는 혁신적 기술 연구 | 전략적인 집단 융합연구 및 네트워크 구축 | 원천기술 확보를 통한 미래 성장동력 확보 |

□ 규모 및 기간

○ `10년~`23년까지 총 사업비 1조 1,910억 원

- 10개 연구단별 지원규모 연 90억 원 내외, 9년(2+3+4*)

* (1단계) 요소·기반기술, (2단계) 시스템/융합화, (3단계) 안정/최적화

<표 3-29> 표연구단별 사업규모 및 기간

| 사업기간 | 연구단명 | 단장(소속) | (~`21) 연구비 (억 원) | 비고 |
|-----------|-----------------|------------|------------------|---------|
| 2010~2019 | 의약바이오컨버전스 | 김성훈(서울대) | 958.8 | 존속 |
| | 실감교류인체감응솔루션 | 유범재(KIST) | 881.5 | 해산('21) |
| | 차세대바이오매스 | 장용근(KAIST) | 883.6 | 해산('20) |
| 2011~2020 | 멀티스케일 미래에너지 | 최만수(서울대) | 826.7 | 존속 |
| | 나노기반소프트일렉트로닉스 | 조길원(포항공대) | 793.8 | 존속 |
| | 다차원스마트IT융합시스템 | 경종민(KAIST) | 807.9 | 존속 |
| | 지능형바이오시스템설계및합성 | 김선창(KAIST) | 836.0 | 존속 |
| 2013~2022 | 하이브리드인터페이스 미래소재 | 김광호(부산대) | 742.8 | - |
| | 바이오나노헬스가드 | 신용범(생명연) | 726.0 | - |
| 2014~2023 | 과동에너지극한제어 | 이학주(기계연) | 649.5 | - |

출처 : 과학기술정보통신부

□ 중점 추진 분야

- 기획추진위원회 주도 하에 4대 미래 이슈 대응을 위한 중점추진 후보 26대 분야 도출

<표 3-30> 중점투자분야 도출 과정

| | |
|------------------------------|--|
| 1단계 미래사회전망 | <ul style="list-style-type: none"> 20-30년 뒤 미래사회 전망 자료(미래한국2030, INNOVATION 25전략 등)를 토대로 미래 세계 및 한국 전망을 통해 국가 수준에서 대응해야할 4대 이슈 도출 |
| 2단계 미래전략기술 자료조사 | <ul style="list-style-type: none"> 4대 이슈별 대응 가능한 국가전략기술도출을 위한 기술후보 자료 수집(미래기술예측자료, 선진국 R&D전략기획/TRM, 우리나라 중장기 R&D 계획, 국내 전문가 설문조사, 자문위원 제안, 미래기술웹사이트 조사 등) 및 유사기술 통폐합·분류 |
| 3단계 전략기술후보(안) 정성평가 | <ul style="list-style-type: none"> FGI를 통한 미래전략기술 후보 분야 도출 및 정성적 분석 평가를 통하여 1차안으로 26대 전략기술 후보(안) 도출(분야별 전문가 및 기획자문위원회) |
| 4단계 우선추진 4대 과제 도출 및 기획 | <ul style="list-style-type: none"> 신성장동력, 녹색기술R&D계획과 부합하는 4개 기술 분야를 시범기획으로 우선 추진 기존 R&D 투자 상황을 고려하여 26개 기술 분야 중 기초 원천 R&D 투자의 확대가 필요한 4대 분야 도출 |

* 출처: 글로벌프런티어사업 본부장 협의회, 글로벌프런티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

<표 3-31> 4대 미래 이슈 대응을 위한 글로벌프런티어 중점추진 후보 26대 분야

| 4대 미래 이슈 | 중점추진 후보 26대 분야 |
|---------------------------------|---|
| 생애주기 건강사회 구현 (6대 과제) | <ul style="list-style-type: none"> • 그린파마(Green Pharma) • 세포바이오닉스(cellular bionics) • 에피지노믹스(Epogenomics) • 세포대사제어(cell metabolom) • 시스템즈바이올로지(systems biology) • 실버과학(silver science) |
| 세계와 공존하는 지속가능사회 구현 (8대 과제) | <ul style="list-style-type: none"> • 해양바이오기반(ocean bio resource) • 합성바이오매스(synthetic biomass) • 혁신적 CCS(breakthrough CCS) • 신개념에너지저장(next energy storage) • 그린에너지(green energy) • 우주태양에너지활용(space solar energy) • 토륨에너지(thorium energy) • 그린화학(green chemistry) |
| 품격있고 개방된 지식경제사회 (6대 과제) | <ul style="list-style-type: none"> • 나노구조기능(functional nanomics) • 인지과학(cognitive science) • 미래교육과학시스템 • 나노전자(nano electronics) • 유연일렉트로닉스 • SW원천기술 |
| 안전하고 편리한 사회기반 인프라 구축 (6대 과제) | <ul style="list-style-type: none"> • 인지바이오CPRS(cyber-physical robotics) • Network of Things • 바이러스사이언스(virus science) • 우주핵심기술플랫폼 • 차세대계측과학(next gen, instrument) • 생체모방시스템(biomimetic system) |

* 출처: 글로벌프런티어사업 본부장 협의회, 글로벌프런티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

□ 사업추진체계

○ 과학기술정보통신부

- 연구개발정책 목표 및 방향 설정, 사업시행계획 수립, 추진위원회 운영, 사업총괄 협약(과기정통부↔연구재단) 등

○ 한국연구재단

- 신규 연구단 선정, 연구단 R&D 평가(연차/단계), 전주기적 성과관리 지원, 연구단별 연구협약(연구재단↔연구단) 등

○ 연구단(장)

- 연구단 프로젝트 총괄 책임, 연구네트워크 활성화 및 융합·연계 연구 주도, 세부과제 평가 및 관리, 세부과제 협약(연구단↔주관연구기관) 등

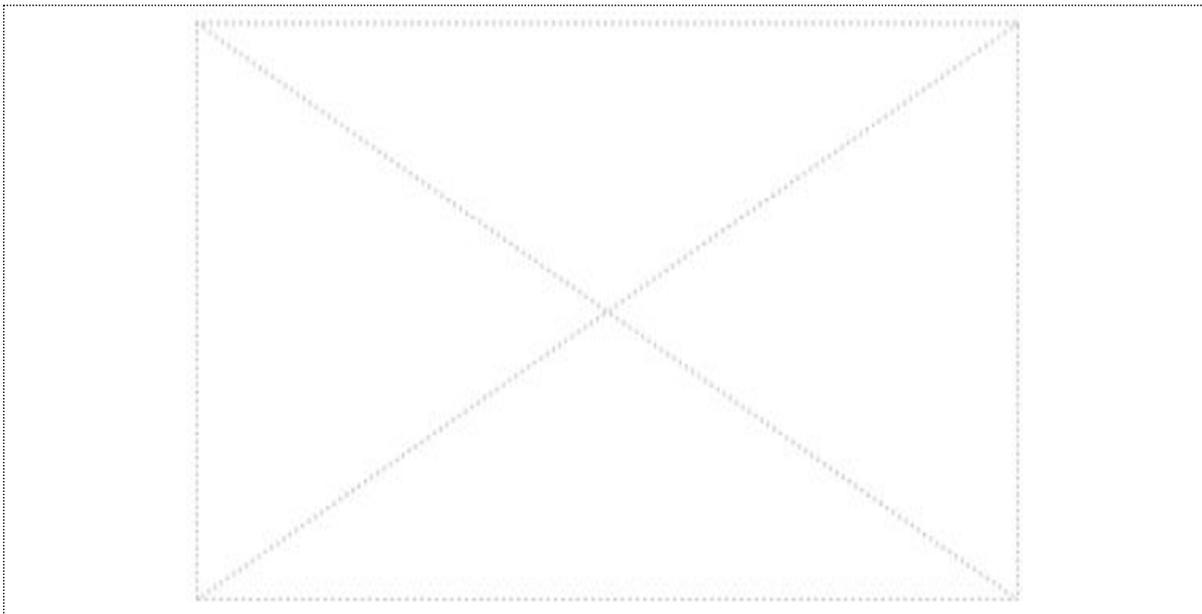
○ 주관연구기관: 세부 연구과제 수행

- 과학기술일자리진흥원: IP 창출 컨설팅(성과분석 및 BM 수립) 및 기술마케팅

지원

<표 3-32> 사업 추진 기관 역할

| 주체 | 역할 |
|-----------|---|
| 과학기술정보통신부 | <ul style="list-style-type: none"> • 글로벌프론티어R&D사업 시행계획 수립 • 글로벌프론티어R&D투자 우선순위결정 • 글로벌프론티어사업 추진위원회 운영 • 사업총괄협약(과기부↔연구재단) 등 |
| 한국연구재단 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구단 R&D기획 및 평가 • 프로그램평가 및 단계평가 • 전주기 성과관리 지원 • 연구단별 연구협약(연구재단↔연구단) 등 |
| 연구단장 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구단 프로젝트에 대한 총괄책임 • 국제자문단 운영 • 연구단 프로젝트 R&D평가 및 관리 • 세부과제 협약(연구단↔주관연구기관) 등 |
| 주관연구기관 | <ul style="list-style-type: none"> • 세부연구프로젝트 수행에 대한 책임 • R&D예산의 집행관리 |



* 출처: 글로벌프론티어사업 본부장 협의회, 글로벌프론티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

<그림 3-14> 사업추진체계

□ 연구단 구성·운영

- (구성) 기존의 우수한 연구그룹(Center of Excellence)이 참여하는 우수 연구 네트워크(Network of Excellence) 사업으로 우수한 연구자가 아닌 우수한 연구그룹을 선정

- 다수의 우수한 연구그룹들이 공동의 목표를 달성하기 위해 집단으로 연구를

수행하는 ‘시스템 중심’의 운영체제

- (지위) 인사 및 예산권의 독립적인 운영이 가능한 형태로 9년 존속 후 해체를 원칙으로 하나 필요시 정부 지원 없이 존치 가능
- (운영) 연구단장의 책임과 권한을 강화하여 연구단의 자율성을 높이고, 연구 재투자를 통한 선순환 구조 확립을 위해 연구단을 별도 법인화하여 연구단의 독립성 보장

□ 연구단장 선정 및 권한

- (자격) 박사 후 10년 이상의 실무경력과 리더십, R&D기획평가관리 경험, 탁월한 연구실적 및 국내외 연구 네트워크 보유, 국가R&D참여제한 등의 조치를 받은 경력이 없는 인사

<표 3-33> 연구단장의 자격

| 구분 | 주요 내용 |
|--------------|--|
| 연구 경력 | <ul style="list-style-type: none"> • 박사 후 10년 이상의 실무경력 보유 • 전문연구분야의 미래 비전과 통찰력을 보유한 전문가 |
| R&D기획평가관리 경력 | <ul style="list-style-type: none"> • R&D기획평가관리 업무 또는 자문위원으로 활동한 경력 보유 |
| 연구 실적 및 네트워크 | <ul style="list-style-type: none"> • 탁월한 연구실적을 가지고 있어 관련분야 연구자로부터 신뢰를 확보 • 선진국 우수 연구팀과 국제협력 관계를 구축할 수 있는 능력은 보유 |
| 도덕성 | <ul style="list-style-type: none"> • 공정한 평가 및 도덕성을 보유하여 리더로서 결격사유가 없는 자 • 부실한 과제 수행 등으로 국가R&D참여제한 등의 조치를 받은 경력이 없는 자 |

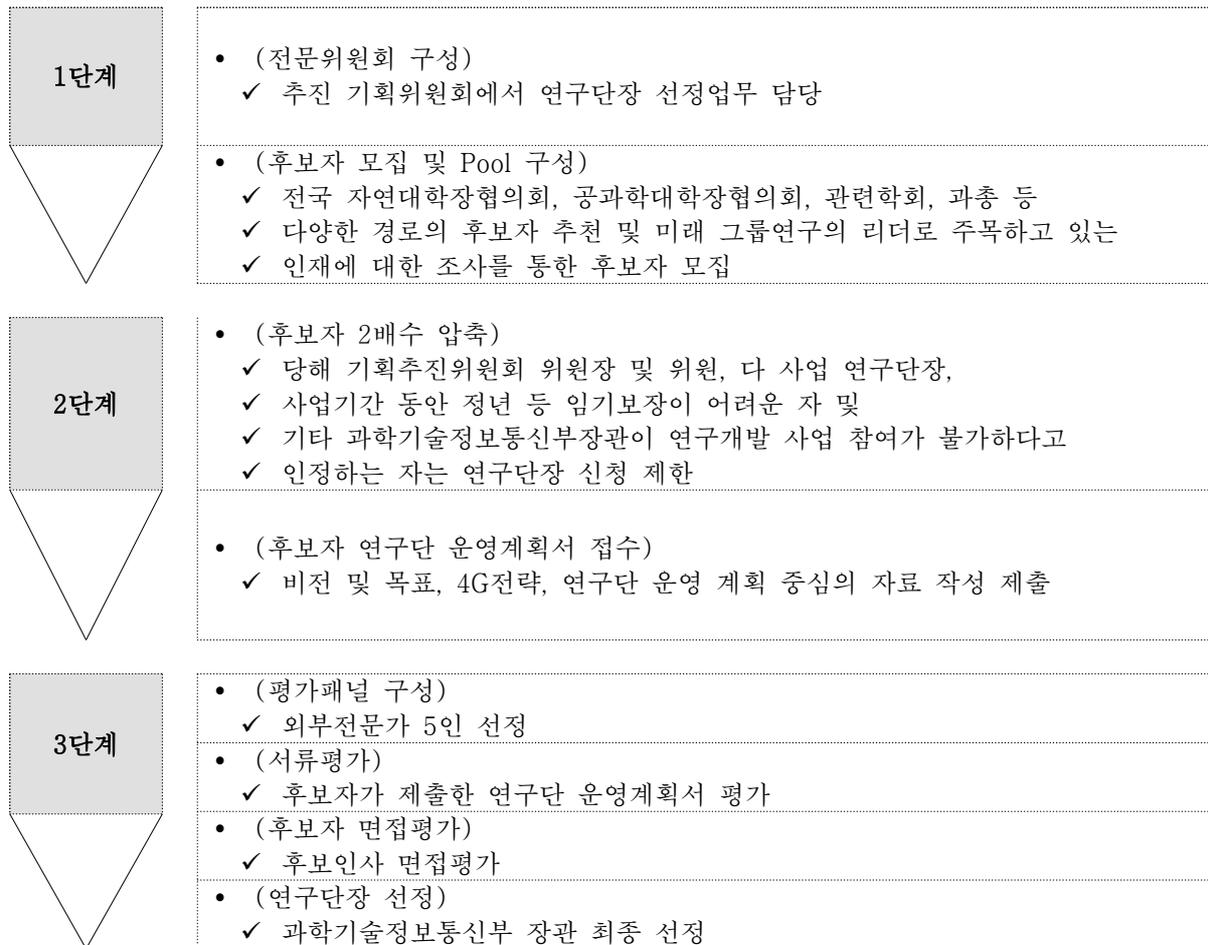
- (권한) 연구단 임무 및 목표 달성을 위해 R&D프로젝트 관리 전반에 대한 책임과 권한을 부여하고, 연구단 운영 전반에 대한 의사를 결정하는 운영위원회 구성·운영, 전체 예산의 15%범위 내에서 연구 분야 선정·지원 등의 권한 부여

<표 3-34> 연구단장의 권한

| 구분 | 주요 내용 |
|---------------------|---|
| R&D프로젝트 관리 | <ul style="list-style-type: none"> • 세부 프로젝트 구성 및 관리 • 과제에 대한 평가 및 진도관리 • 연구협약의 변경 등 |
| 운영위원회 및 국제자문단 구성·운영 | <ul style="list-style-type: none"> • 연 1회 국제자문단과 국제컨퍼런스를 개최하여 연구단 프로젝트의 R&D성적을 국제적 수준에서 평가 • 연구단 운영전반에 대한 자문을 받기 위해 외부전문가 산학연관 10인 내외로 구성된 운영위원회를 구성하여 운영 |
| 연구 분야 선정 | <ul style="list-style-type: none"> • 전체 예산의 15%범위 내에서 연구단장의 판단 하에 도전적이고 창조적인 연구 분야를 선정하여 지원 |

- (임기) 9년을 원칙으로 하고 유고시 새로 선임
- (선정) 연구단장은 ① 후보자 추천을 통한 후보자 모집단 구성, ② 예비 연구단장의 연구단 운영계획서 제출, ③ 외부 전문가 등 평가패널의 서류 및 면접평가를 통한 후보인사 평가의 3단계 절차를 통해 선정

<표 3-35> 연구단장 선정평가 프로세스



* 출처: 글로벌프런티어사업 본부장 협의회, 글로벌프런티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

<표 3-36> 연구단장 선정평가 지표

| 구분 | 평가항목 | 평가지표 |
|----------------|---------------------------------|---|
| 연구수행능력 (35) | 연구성과 및 연구역량 우수성 (35) | <ul style="list-style-type: none"> • 단장의 해당분야 연구성과의 우수성 및 연구단 설립 목적과의 연계성 • 세계적 수준의 연구성과를 창출할 가능성 • 연구성과 활용실적의 가치 및 파급효과 |
| 경영관리역량 (20) | 연구단 경영관리 능력 (15) | <ul style="list-style-type: none"> • 연구사업 기획 경험 및 능력 • 연구사업 관리 경험 및 능력 • 과학기술분야에서 국내외 인지도 및 활동범위 |
| | 소속기관의 지원 적극성 (5) | <ul style="list-style-type: none"> • 소속기관의 연구성과 및 역량 • 소속기관의 적극적인 의지 |
| 연구개발계획 (45) | 연구단 구성의 우수성 (25) | <ul style="list-style-type: none"> • 연구단 구성인력의 우수성 및 역량 • 필요 우수 연구인력 확보방안의 타당성 • 팀 간의 연계 및 협력연구 추진의 합리성 |
| | 연구내용 및 추진전략의 체계성/구체성 (15) | <ul style="list-style-type: none"> • 관련기술 및 시장동향 조사·분석의 충실도 • 최종목표 및 단계별 목표의 타당성·명확성 • 연구과제 구성의 적절성 • 연구 추진전략 및 추진체계의 적합성 |
| | 예산활용의 적정성 (5) | <ul style="list-style-type: none"> • 제시된 연구비 규모의 적정성 • 연구기자재 확보 및 활용계획의 적정성 |

□ 기업참여

- 기업참여는 배제하지 않으나, 강제성이 없음

□ 연구단 관리 및 평가

- (진도관리) 연구단의 연구행정본부는 연구단 하위 과제의 연구책임자가 제시한 마일스톤을 기반으로 목표달성도 평가를 통해 연구과제의 지속 또는 중단 여부, 연구내용/연구비 조정 등을 결정
 - 연구과제 중도 탈락 시 6개월 간의 연구종료기간을 설정하여 지원
- (자체평가) 한국연구재단의 자체평가매뉴얼을 참고하여 연구단 자율적으로 추진
 - 연구단의 특성을 고려한 성과지표 선정, 평가기준 및 성과측정방법 구상, 평가 결과 및 후속조치 등 전반에 대한 책임과 권한은 연구단장이 보유
- (단계(결과)평가) 기획추진위원회 주관 하에 2+3+4 방식으로 수행하며, 연구단이 작성한 성과보고서를 기반으로 컨설팅사가 제3자 평가보고서를 작성하여 단계평가 실시
 - 연구단 내 탈락 또는 지원 중단된 하위 과제는 단계적인 연구비 삭감 기간 (Phase-down) 1년 간 지원
 - 성과가 우수한 과제는 상세 추적 평가를 실시

<표 3-37> 단계평가 프로세스

| 평가대상 | | 연구단 | 핵심과제/세부과제 (연구단 내부) |
|------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| 추진주체 | | 선정평가위원회 전문평가위원회 | 전담평가단 |
| 선정 | 0년차 (연구단 출범) | 선정평가 | |
| 1단계 | 1년차 | 진도관리 | 1차년도 평가 |
| | 2년차 | 1단계 평가 | 2차년도 평가(1단계 평가) |
| 2단계 | 3년차 | 진도관리 | 3차년도 평가 |
| | 4년차 | 진도관리 | 4차년도 평가 |
| | 5년차 | 2단계 평가 | 5차년도 평가(2단계 평가) |
| 3단계 | 6년차 | 진도관리 | 6차년도 평가 |
| | 7년차 | 진도관리 | 7차년도 평가 |
| | 8년차 | 3단계 평가 | 8차년도 평가(3단계 평가) |
| | 9년차 | 종료평가 | 9차년도 평가(종료평가) |
| 종료 후 | 10년차~14년차 | 성과활용평가 | |

* 출처: 글로벌프린티어사업 본부장 협의회, 글로벌프린티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

- * 필요 시 연구단장 및 연구단에 대한 특별평가 진행
- * 연차평가는 연구단 자체적으로 진행하되, 매년 추진위 회의를 통해 그 결과를 발표(진도관리)

<표 3-38> 연구단 연구목표

| 선정 | 연구단명 | 단장 | 연구목표 |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--|
| 2010 (~`19년) | 의약바이오 컨버전스 | 서울대/김성훈 | <ul style="list-style-type: none"> 약물타겟 선정부터 선도물질 도출까지 핵심과정을 효과적으로 연계할 수 있는 통합적 플랫폼 구축 |
| | 실감교류 인체감응솔루션 | KIST/유범재 | <ul style="list-style-type: none"> 현실-가상-원격공간이 구분없이 일체화된 인체감응 실감교류 확장공간 실현을 위한 원격 사용자들이 정보, 4D+ 감각 및 감성을 공유·소통하고 협업할 수 있는 인체감응솔루션 개발 |
| | 차세대 바이오매스 | KAIST/장용근 (KAIST/양지원) | <ul style="list-style-type: none"> 바이오연료 및 바이오소재 기술강국 실현을 위한 경쟁력있는 원천기술 확보 및 통합 생산 시스템 구축 |
| 2011 (~`20년) | 멀티스케일 에너지시스템 | 서울대/최만수 | <ul style="list-style-type: none"> 화석연료 대체 가능한 광에너지 및 분자에너지를 이용하는 혁신적인 청정 고효율 미래 에너지 시스템 개발 |
| | 나노기반 소프트일렉트로닉스 | 포항공대/조길원 | <ul style="list-style-type: none"> 고성능 소프트 일렉트로닉스 시스템 구현을 위한 응용 가능 원천 기술 개발 및 기술 실용화를 통한 가치 창출 |
| | 다차원스마트IT 융합시스템 | KAIST/경종민 | <ul style="list-style-type: none"> IT 발전을 선도할 혁신적인 소자, 회로, 알고리즘 및 시스템 요소 기술을 개발 및 이를 집적하여 새로운 시장을 열어줄 수 있는 다차원 전방위적 시스템 최적 설계 기술 개발 바이오, 헬스, 모바일, 환경, 자동차 등 인류 안전을 지켜주기 위한 핵심 응용 분야를 위한 '다차원 스마트IT 융합 시스템'공통 플랫폼을 개발 및 다수의 에너지 절감형 스마트 센서 창출 |
| 2013 (~`22년) | 지능형바이오 시스템 설계 및 합성 | KAIST/김선창 | <ul style="list-style-type: none"> 고효율 바이오 합성 모듈, 유전자 회로 설계 및 지능형 인공 세포공장 구축을 통한 고기능생리활성 물질, 항균 바이오 소재, 친환경 소재, 의약소재, 바이오화학 기반 물질 생산 융합원천기술 개발 및 산업화 |
| | 하이브리드 인터페이스 기반미래소재 | 부산대/김광호 | <ul style="list-style-type: none"> 하이브리드 인터페이스 기반 미래소재/부품/제품 개발 스마트 소재 가공 기술, 대형화 공정 기술, 융복합 제품화 기술 개발 |
| 2014 (~`23년) | 바이오나노 헬스가드 | 생명연/신용범 (생명연/정봉현) | <ul style="list-style-type: none"> 국가 재난형 질병이나 신종, 재출현 바이러스, 박테리아에 의한 미 확인 질병 등의 모니터링, 조기검출, 진단이 가능한 헬스가드(H-GUARD)시스템 구축을 위한 원천기술 개발 및 실용화 |
| | 파동에너지 극한제어 | 기계연/이학주 | <ul style="list-style-type: none"> 전자기/역학 파동에너지 극한제어 원천기술 개발 및 플랫폼 구축 파동에너지 극한제어 기반 극한 물성 시스템 융합기술 실용화 |

□ 사업단 존속·해산

- (존속) 사업 종료 후 연구단의 고유 기능인 연구개발과 사업화 촉진활동을 원활하게 수행
 - 사업종료 2년 전까지* 존속의사를 감독청에 표시하고, 종료 6개월 전까지 이사회 의결 및 감독청 승인을 통해 확정
 - * 2010년 선정 연구단은 '18.8.31까지
 - 이사회는 연구단운영계획의 타당성, 실현가능성 등을 검토·의결(재적이사 2/3이상)하고, 감독청은 공익법인 설립허가요건을 준용하여 검토 및 승인
- (해산) 법인이 본래 활동을 정지하고 청산절차에 착수하는 것으로 청산 이후에도 성과관리가 지속적으로 수행될 수 있도록 연구성과를 이관
 - 사업종료 전까지 이사회 의결 및 감독청 승인을 통해 해산
 - * 연구단 유지가 부결되었거나 승인되지 않은 경우를 포함

<표 3-39> 글로벌프론티어지원사업 연구단 존속 해산의 근거

참 고 자 료

- 글로벌프론티어지원사업 운영관리지침 (제5장 후속지원 등의 제 21조 2 (연구단 존속 및 해산의 결정))에 따라 연구단은 사업 종료 후 연구단을 존속·해산할 수 있는 근거가 마련되어 있음

제21조의2(연구단 존속 및 해산의 결정)

- ① 사업 종료 후에도 연구단을 존속하고자 하는 연구단은 사업종료 2년 전까지(단, 2010년 선정 연구단의 경우 2018년 8월 31일까지) 감독청에 그 의사를 표시하고, 사업종료 6개월 전까지 이사회 의결을 거쳐 감독청의 승인을 받아야 한다.
- ② 연구단은 제1항 이외의 경우(제1항에 따른 절차를 이행하지 않은 경우, 이사회 결과 연구단의 존속이 부결된 경우 및 감독청이 연구단의 존속을 승인하지 않은 경우를 포함한다.) 사업종료 전까지 이사회 의결을 및 감독청의 승인을 거쳐 해산한다. 단, 연구비의 정산 및 청산절차의 이행을 위하여 해산의결 후 6개월까지 연구단을 유지할 수 있다.
- ③ 제1항 및 제2항에 따른 절차, 기준, 후속조치 등 구체적인 사항은 장관이 정한다.
- ④ 제2항에 따라 해산하는 연구단의 잔여재산은 「공익법인의 설립·운영에 관한 법률」 제13조제1항에 따라 과학기술정보통신부에 귀속된다. 잔여재산의 처리에 관한 구체적인 사항은 장관이 정한다.

* 출처 : 글로벌프론티어사업 운영관리지침

- (연구단 존속·해산 현황) '22년 기준, 종료 연구단 7곳 중 5곳 존속, 2곳 해산

<표 3-40> 사업 종료 후 연구단 존속 현황

| 구분 | 종료 시점 | 연구단 |
|-------|-------|---|
| 존속(6) | 2019 | 의약바이오컨버전스 실감교류인체감응솔루션 |
| | 2020 | 멀티스케일에너지시스템 나노기반소프트일렉트로닉스 다차원스마트IT융합시스템 지능형바이오시스템설계및합성 |
| 해산(1) | 2019 | 차세대바이오매스 |

- (연구단 존속·해산 심의 절차·기준) 연구단장이 종료 4개월 전 연구단운영 계획서를 감독청에 제출하고, 이사회 심의, 재적이사 2/3 이상 찬성으로 결정
 - * 정관으로 이사회 의결정족수 규정 가능(공익법 제9조1항)
 - * 정관 변경, 해산 의결 등 중요 사항은 재적이사 2/3 찬성제 도입(복지부/해양수산부/농식품부 산하 공익법인)

<표 3-41> 연구단 심의 절차 및 기준



- (연구단 존속·해산 계획서) 연구단의 존속·해산 의사결정 시 그 사유의 타당성을 입증하고 재적이사가 충분히 검토할 수 있는 존속·해산 계획서 필요
 - 연구단 존속 계획서는 단장의 의지와 유치기관의 의지, 연구공간 및 운영비 확보 현황·계획 등 연구단 운영계획의 타당성과 실현가능성에 대한 내용이 필요하며, 특히 유치기관지원확약서를 구비
 - 연구단 해산 계획서는 연구단 해산 사유 및 단장의 의견, 잔여재산 처리계획 및 해산 후의 성과관리 계획 내용을 포함

<표 3-42> 연구단 존속 및 해산 계획서 주요내용

| 구분 | | 주요 내용 |
|-----------|---------|-------------------------------------|
| 존속 계획서 | 법인 현황 | 설립목적, 운영현황(자산, 시설, 인력, 소재지 등), 사업내용 |
| | 유지 목적 | 연구단 유지 목적 및 기대성과 |
| | 주요 성과 | 글로벌프론티어사업의 주요 성과(IP보유 현황 포함) |
| | 사업 운영계획 | 연간 운영계획: 고유사업 운영계획, 수익사업 운영계획 |
| | 재원 확보계획 | 연간 예산 및 수입창출 계획(운영비 확보 증빙서류 포함) |
| 해산 계획서 | 법인 현황 | 설립목적, 운영현황(자산, 시설, 인력, 소재지 등), 사업내용 |
| | 해산 사유 | 연구단 해산 사유 및 의견 |
| | 주요 성과 | 글로벌프론티어사업의 주요 성과(IP보유 현황 포함) |
| | 해산 계획 | 해산 후 인력 및 잔여재산 처리 계획 |

* 출처: 글로벌프론티어 사업종료 후 연구단별 지속발전 모델정립 연구

<표 3-43> 연구단 최소 운영 기준 및 법인 거버넌스

| 구분 | | 주요 내용 |
|------------|-----|---|
| 인력 | | <ul style="list-style-type: none"> • 단장(1명), 연구직(2명), 행정인력(1명) 등 최소 4명 이상 |
| 법인 거버넌스 | 이사 | <ul style="list-style-type: none"> • 당연직* 및 선임직 이사로 구성하며, 최소 5인 이상 구성 ✓ 과학기술정보통신부, 연구단장 등 3인 이내 |
| | 이사회 | <ul style="list-style-type: none"> • 공익법 상 주요기능에 사업추진위원회 기능 등을 추가하고, 사업계획 승인과 법인 예/결산을 위해 연간 1회(3월) 정기 개최 |
| 운영비 | | <ul style="list-style-type: none"> • 인력 4명 기준 연간 8억 원* 이상 확보 ✓ 인건비(1억×4명=4억), 임차료/관리비(1억), IP관리(1억), 연구/활동비(2억) |
| 공간 | | <ul style="list-style-type: none"> • 독립된 공간(1인당 최소 면적은 21.64㎡) 확보(유치기관 협의) |

<표 3-45> 연구단 주요 사업 - 수익사업

| | |
|--------------------|---|
| 정의 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구단의 고유목적사업의 운영과 관련비용 조달을 위해 부가적으로 수행하는 연구성과 활용 및 촉진을 위한 사업 ✓ 예금 등의 이자수입과 기술이전 수입(기술료) ✓ 연구성과를 출자하여 설립한 기술창업회사의 배당금 및 투자회수금 ✓ 연구장비 활용의 대가로 받는 임대료 및 기술서비스 수입 ✓ 연구인력 양성 및 확산을 위한 교육비용 및 서적/자료 판매수입 ✓ 기타 연구개발지원 및 활용을 통해 확보할 수 있는 사업의 대가 |
| 수익금 적립 | <ul style="list-style-type: none"> • 사업종료 3년 전부터 적립이 가능하도록 허용 |
| 법인세법 (제29조) | <ul style="list-style-type: none"> • 고유목적사업준비금 적립기간 최대 5년 |

<표 3-44> 연구단 수입사업 주요 내용

| 구분 | 주요 내용 | |
|------|---------|--|
| 기술이전 | 기술이전금액 | <ul style="list-style-type: none"> • 기술가치평가기관의 기술가치평가 금액이나 해당 기술 투입 총연구비의 10%*를 기준으로 가격산정 및 협상착수 |
| | 기술이전 결정 | <ul style="list-style-type: none"> • 5억 원* 이상 규모의 기술이전은 계약 전 이사회 승인 필수, 5억 원 이하의 기술이전은 사후 보고 가능 ✓ ‘공공연구기관 기술이전·사업화실태조사’에서 집계되는 고액 기술료 기준 |
| | 공동특허 | <ul style="list-style-type: none"> • 협동기관 공동소유 IP는 지분비율에 따른 기술료 징수 |
| 기술창업 | 창업유형 | <ul style="list-style-type: none"> • 자회사*(지분 50%이상)와 패밀리 회사로 구분 및 관리 • 자회사의 의사결정권은 연구단이 확보하여 운영 |
| | 출자 | <ul style="list-style-type: none"> • 현물 및 현금(수익사업 적립금)으로 가능하며, 5억 원 이상은 이사회 승인 필수, 5억 원 이하는 사후 보고 가능 |
| | 지분 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구단 지분 최소 20%이상 확보 (연구소기업 기준) • 단장 : 원칙적으로 불가, 다만 창업투자회사의 요구 등 사업화를 위해 꼭 필요한 경우 이사회 승인을 거쳐 허용하며, 지분은 법인 지분 이하로 제한하고 수익은 연구단 운영에 활용 가능 |
| | 단장의 겸직 | <ul style="list-style-type: none"> • 사업종료 전 2년 전부터 연구성과 활용/확산 위해 꼭 필요한 경우만 이사회 승인*을 거쳐 허용(3년 단위 연장) ✓ 벤처기업법 제16조제2항, 중소기업창업지원법 제2조제2호 ✓ 사례 : IP-K 연구소장의 자회사 큐리언트의 창업 초창기 CEO 겸직 |

나. 선행사업의 성과

(1) 과학적 성과

- (양적) 2019년부터 2021년까지 SCI논문 성과는 866건, 585건, 304건으로 총 1,755건, 연구비 1억원당 논문 성과는 평균 1.11건
- 이중 국외 SCI논문 비중은 98.57%로 대부분을 차지
- 사업종료 단계임을 고려, 2019년의 논문 성과가 가장 높았고 이후 감소추세 (CAGR -40.72%p)

<표 3-46> 연도별 논문 성과(정량/투입대비)

| 연도 | 국내 | 국외 | 합계 | (단위 : 건) |
|------|----|-------|-------|------------|
| | | | | 1억원 당 논문 수 |
| 2019 | 10 | 855 | 865 | 1.15 |
| 2020 | 13 | 572 | 585 | 1.12 |
| 2021 | 2 | 302 | 304 | 1.01 |
| 합계 | 25 | 1,729 | 1,754 | 1.11 |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

- (질적) 2019년부터 2021년간 평균 IF는 9.44, mrnIF는 80.16이며, IF 10 이상의 최상위 논문 수는 516건, JCR 상위 5% 이내의 최상위 논문 수는 175건
- 특히 2020년 당해 mrnIF는 81.66으로 평균적으로 해당 분야 상위 약 18% 저널에 논문을 게재한 것으로 나타남

<표 3-47> 연도별 논문 질적 수준

| 연도 | SCI 논문수 | 평균IF | 표준화된 순위보정 영향력 지수 (mrnIF) (0-100) | IF 상위 논문수 | | JCR 상위 10% | JCR 상위 5% |
|---------|---------------|-------|----------------------------------|---------------|-------------|-------------|------------|
| | | | | IF≥5 | IF≥10 | | |
| 2019 | 858 | 8.08 | 79.21 | 479 | 201 | 249 | 74 |
| 2020 | 582 | 11.40 | 81.66 | 430 | 217 | 216 | 78 |
| 2021 | 299 | 9.56 | 79.94 | 197 | 98 | 108 | 23 |
| 합계 (평균) | 1,739 (579.7) | 9.44 | 80.16 | 1,106 (368.7) | 516 (172.0) | 573 (191.0) | 175 (58.3) |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

<표 3-50> 과학적성과의 타 사업대비 우수성

참 고 자 료

| | |
|-----------|---|
| 양적 | <ul style="list-style-type: none"> 2020년 동 사업 연구비 10억 원당 SCI논문 성과는 10.8건으로 국가 전체(0.82) 대비 약 13.2배, 과기정통부의 주요 R&D 사업의 7.23건(중복배제)보다 약 1.5배 높음 |
|-----------|---|

<표 3-48> SCI논문 투자대비 정량적 연구성과 비교(2020년 기준)

| 구분 | SCI논문(10억원당) |
|----------------------|--------------|
| 국가 전체 | 0.82 |
| 과기정통부 주요 R&D사업(중복배제) | 7.23 |
| 기초연구사업 | 15.96 |
| 원천기술기술개발사업 | 7.33 |
| 원자력연구개발사업 | 3.11 |
| 거대과학연구개발사업 | 0.52 |
| 과학기술국제화사업 | 10.30 |
| 글로벌프론티어지원사업 | 10.8 |

*출처 : 2020 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단,

| | |
|-----------|---|
| 질적 | <ul style="list-style-type: none"> 같은 기간의 동 사업의 평균 영향력지수(IF)는 11.39로 국가 전체(4.79) 대비 2.38배, 과기정통부 주요 R&D 사업의 5.91건(중복배제) 대비 1.93배 수준으로 높음 |
|-----------|---|

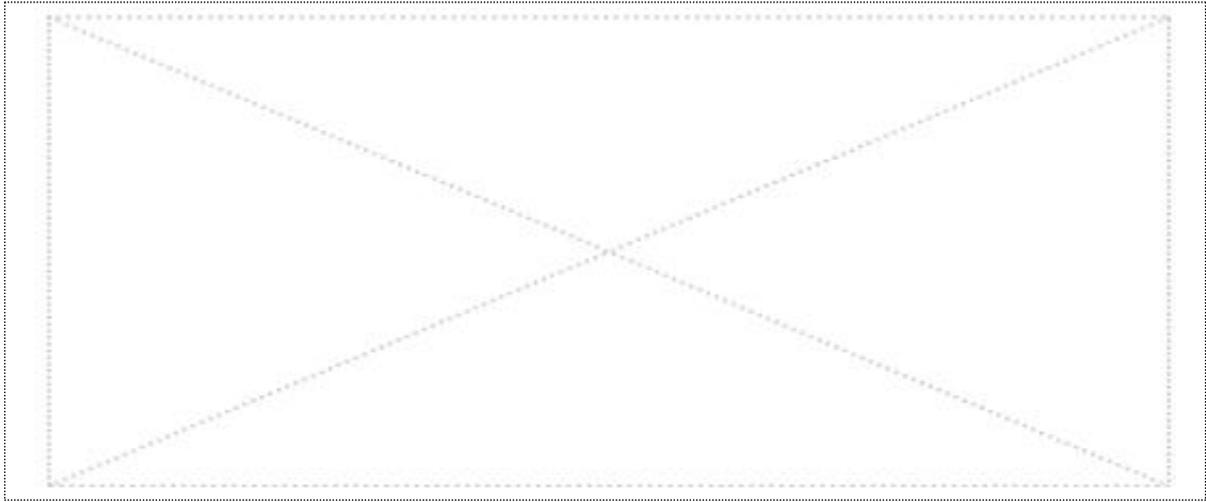
<표 3-49> SCI논문 질적 수준 비교(2020년 기준)

| 구분 | 평균 IF | 분야대비 영향력 지수 | 표준화된 순위보정 영향력 지수 (mrnIF) (0-100) | IF 상위 논문수 | | JCR 상위 10% | JCR 상위 5% |
|------------------------------|-------|-------------|----------------------------------|-----------|---------|------------|-----------|
| | | | | IF ≥ 5 | IF ≥ 10 | | |
| 국가 전체 | 4.79 | 1.01 | 62.19 | 22,820 | 4,858 | 8,605 | 2,649 |
| 과기정통부 주요 R&D 사업 (중복배제) | 5.91 | 1.15 | 69.36 | 10,355 | 2,594 | 3,877 | 1,151 |
| 기초연구 | 6.17 | 1.20 | 70.56 | 11,240 | 2,967 | 4,191 | 1,229 |
| 원천기술개발 | 7.85 | 1.38 | 75.02 | 4,034 | 1,375 | 1,693 | 524 |
| 원자력 기술개발 | 4.36 | 0.99 | 65.06 | 201 | 48 | 81 | 24 |
| 거대과학 연구개발 | 4.40 | 1.02 | 64.46 | 78 | 18 | 44 | 15 |
| 과학기술 국제화 | 6.40 | 1.21 | 71.44 | 211 | 48 | 72 | 15 |
| 글로벌프론티어 지원사업 | 11.39 | 1.86 | 81.58 | 417 | 209 | 77 | 203 |

*출처 : 2020 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단,

□ 핵심 원천기술을 기반으로 다양한 영역으로 확대

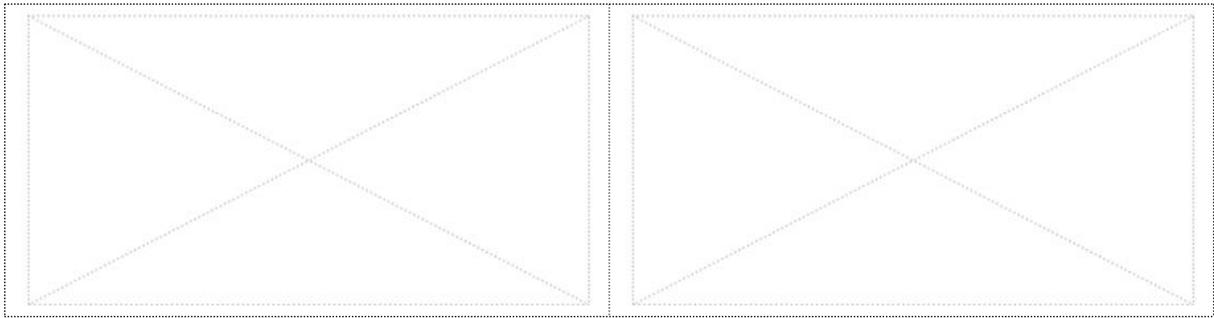
○ 글로벌프론티어사업을 통해 확보한 성과들이 타 분야 원천기술 또는 응용기술로 확산



<그림 3-15> 글로벌프론티어사업의 연계 현황

<표 3-51> 글로벌프론티어사업 성과 연계 현황

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



* 출처 : NTIS 기반 연구진 작성

(2) 기술적 성과

- (양적) 2019년부터 2021년까지 특허 성과는 총 1,307건, 이중 특허등록 실적은 622건으로 47.59%, 국외 특허는 394건으로 30.15% 차지
- 연구비 1억원당 특허 성과는 평균 0.83건
- 사업종료 단계임을 고려, 2019년의 특허 정량적 성과가 가장 높았고 이후 감소추세

<표 3-52> 연도별 특허 성과(정량/투입대비)

(단위 : 건)

| 연도 | 출원 | | | 등록 | | | 합계 | | | 1억원당 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| | 국내 | 국외 | 계 | 국내 | 국외 | 계 | 국내 | 국외 | 계 | |
| 2019 | 199 | 121 | 320 | 256 | 86 | 342 | 455 | 207 | 662 | 0.88 |
| 2020 | 153 | 64 | 217 | 176 | 68 | 244 | 329 | 132 | 461 | 0.89 |
| 2021 | 75 | 33 | 108 | 54 | 22 | 76 | 129 | 55 | 184 | 0.61 |
| 합계 | 427 | 218 | 645 | 486 | 176 | 662 | 913 | 394 | 1,307 | 0.83 |

*출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

- (질적) 2019년부터 2021년까지 등록특허 273건에 대한 SMART3 등급은 평균 4.12점으로 B등급 수준
- 등급별로 보면 A등급에서 (AAA등급 1건, AA등급 1건, A등급 6건) 총 8건의 우수특허 도출

<표 3-53> 연도별 특허 질적 수준 : SMART3 등급별 건수 및 환산점수

| SMART 등급 | AAA | AA | A | BBB | BB | B | CCC | CC | C | 계 | 특허 SMART 점수 | |
|-----------|------|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|-------------|------|
| SMART 등급값 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 2019 | 건수 | 0 | 0 | 6 | 18 | 21 | 28 | 21 | 13 | 4 | 111 | 4.14 |
| | 환산점수 | 0 | 0 | 42 | 108 | 105 | 112 | 63 | 26 | 4 | 460 | |
| 2020 | 건수 | 1 | 1 | 0 | 6 | 38 | 26 | 16 | 11 | 1 | 100 | 4.18 |
| | 환산점수 | 9 | 8 | 0 | 36 | 190 | 104 | 48 | 22 | 1 | 418 | |
| 2021 | 건수 | 0 | 0 | 0 | 3 | 26 | 9 | 15 | 8 | 1 | 62 | 3.97 |
| | 환산점수 | 0 | 0 | 0 | 18 | 130 | 36 | 45 | 16 | 1 | 246 | |
| 합계 | 건수 | 1 | 1 | 6 | 27 | 85 | 63 | 52 | 32 | 6 | 273 | 4.12 |
| | 환산점수 | 9 | 8 | 42 | 162 | 425 | 252 | 156 | 64 | 6 | 1124 | |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

* 등록특허의 SMART등급(9단계)을 1~9점으로 환산하여 평균 계산($\sum(\text{등록특허의 SMART 등급값}) / \text{등록특허건수}$)

□ (질적) 2019년부터 2021년까지 해외 2개국 이상에서 특허 등록된 글로벌 특허는 총 50건, 1억원당 글로벌특허 성과는 0.03건

○ 이중 3개국 이상 등록된 글로벌특허는 12건, 삼국특허*는 4건

* 삼국특허란 미국특허청(USPTO), 일본특허청(JPO), 유럽특허청(EPO)에 모두 등록돼 있는 특허로서, 특허를 주도하는 3개국의 특허청에 출원하여 등록된 특허건수가 많다는 것은 해당국가의 특허가 양적 측면뿐 아니라 질적인 측면에서도 높은 수준을 보유하고 있음을 의미

<표 3-54> 연도별 글로벌 특허 성과(정량/투입대비)

(단위 : 건)

| 연도 | 건수 | 1억원 당 |
|------|----|-------|
| 2019 | 28 | 0.04 |
| 2020 | 16 | 0.03 |
| 2021 | 6 | 0.02 |
| 합계 | 50 | 0.03 |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

<표 3-57> 기술적 성과의 타 사업대비 우수성

참 고 자
료

양적

- 2019년 동 사업 연구비 10억 원당 국내 특허 등록 실적은 3.1건으로 국가 전체 국내 특허 등록 대비 약 2.8배 수준으로 높은 기술적 창출 성과를 보임

<표 3-55> 국내특허 투자대비 정량적 연구성과 비교(2020년 기준)

| 구분 | 국내 특허출원(10억원당) | 국내 특허등록(10억원당) |
|-------------------------|----------------|----------------|
| 국가 전체 | 1.94 | 1.12 |
| 과기정통부 주요R&D사업 (중복배제) | 1.66 | 0.78 |
| 기초연구사업 | 2.55 | 1.03 |
| 원천기술개발사업 | 2.50 | 1.22 |
| 원자력연구개발사업 | 0.87 | 0.59 |
| 거대과학연구개발사업 | 0.10 | 0.10 |
| 과학기술국제화사업 | 2.22 | 1.22 |
| 글로벌프론티어지원사업 | 0.7 | 3.1 |

*출처 : 2020 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단,

질적

- 2020년 기준 동 사업 특허의 A등급 비율은 1.84%로 과기부 주요 R&D사업(1.23) 대비 1.50배, 원천기술개발사업(0.96) 대비 약 1.92배 높은 것으로 확인

<표 3-56> SMART 등급 분석 결과(2020년 기준)

| 구분 | A등급 | | B등급 | | C등급 | | 합계 | |
|----------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 건수 | 비율 | 건수 | 비율 | 건수 | 비율 | 건수 | 비율 |
| 과기정통부 주요 R&D사업 | 36 | 1.23 | 1,889 | 64.52 | 1,003 | 34.26 | 2,928 | 100 |
| 기초연구사업 | 23 | 1.49 | 975 | 63.15 | 546 | 35.36 | 1,544 | 100 |
| 원천기술개발사업 | 11 | 0.96 | 778 | 67.89 | 357 | 31.15 | 1,146 | 100 |
| 원자력기술개발사업 | 2 | 1.48 | 75 | 55.56 | 58 | 4.96 | 135 | 100 |
| 거대과학연구개발사업 | 0 | 0 | 34 | 62.96 | 20 | 37.04 | 54 | 100 |
| 과학기술국제화사업 | 0 | 0 | 27 | 55.10 | 22 | 44.90 | 49 | 100 |
| 글로벌프론티어지원사업 | 3 | 1.84 | 110 | 67.48 | 50 | 30.67 | 163 | 100 |

*출처 : 2020 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단,

(3) 경제적 성과

① 기술이전

□ (양적) 2019년부터 2021년까지 기술이전 성과는 총 109건, 이중 기술료 3천 만원 이상인 경우는 49건으로 44.95% 차지

○ 기술료는 전체 107억 235만원, 이중 기술료 3천 만원 이상인 경우는 전체 93억 3천 6백 만원으로 87.23% 차지

- 기술료 3천만원 이상인 기술이전 성과 건수는 전체 44.95%로 절반 이하의 수준이나 해당 건수에서 전체 기술료의 83.23% 차지

○ 연구비 1억원당 평균 기술이전 0.07건, 3천만원 이상인 경우는 0.03건

<표 3-58> 연도별 기술이전 성과(정량/투입대비)

(단위 : 건, 천원)

| 연도 | 건수 | | 기술료 | | 1억원 당 기술이전 수 | |
|------|-----|----------|------------|-----------|--------------|----------|
| | 전체 | 3천 만원 이상 | 전체 | 3천 만원 이상 | 전체 | 3천 만원 이상 |
| 2019 | 48 | 23 | 5,599,750 | 5,210,000 | 0.06 | 0.03 |
| 2020 | 28 | 13 | 2,711,000 | 2,419,000 | 0.05 | 0.02 |
| 2021 | 33 | 13 | 2,391,600 | 1,707,000 | 0.11 | 0.04 |
| 합계 | 109 | 49 | 10,702,350 | 9,336,000 | 0.07 | 0.03 |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

* 기술료 부가세 제외

□ (질적) 특허성과 대비 기술이전 특허 건수 비교로 특허성과 1,307건 중 109건이 기술이전 되어 8.34%의 특허활용율 확인

○ 사업종료 기간으로 특허성과는 줄었으나 이에 비해 기술이전 성과는 높아 비교적 성과의 활용율이 높게 측정

<표 3-59> 연도별 특허활용률

| 연도 | 특허성과(건) | 기술이전 성과(건) | 특허활용률(%) |
|------|---------|------------|----------|
| 2019 | 662 | 48 | 7.25 |
| 2020 | 461 | 28 | 6.07 |
| 2021 | 184 | 33 | 17.93 |
| 합계 | 1,307 | 109 | 8.34 |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

* 특허활용률(%) = 기술이전 성과(건)/특허성과((건)×100

② 창업

□ (양적) 2019년부터 2021년까지 창업 성과는 총 14건으로 총 109.9억원 투자유치 및 12.3억원 매출 달성

○ 2020년이 양적으로 가장 많았고 21년에는 0건

<표 3-60> 연도별 창업 성과(정량/투입대비)

(단위 : 건, 억원)

| 연도 | 건수 | 투자유치 | 매출 | 1억원 당 창업 수 |
|------|----|-------|--------|------------|
| 2019 | 6 | 5.9 | 4.026 | 0.01 |
| 2020 | 8 | 104 | 8.238 | 0.02 |
| 2021 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 합계 | 14 | 109.9 | 12.264 | 0.0 |

* 출처 : 2022년 글로벌프론티어지원사업 종합성과분석, 한국연구재단, 2022.02

○ 글로벌프론티어사업을 통해 누적 71개 기업이 창업되고 186.3억 원의 매출, 1,271.2억 원의 투자를 유치하는 등 원천기술이 경제적 성과로 확산

<표 3-61> 창업 및 투자유치 주요 사례

| 창업시기 | 창업기업명 | 매출액 | 투자유치 | 연구단 |
|------|--------|---------|------------------------|-------|
| 2015 | 버넥트 | 36억 원 | 90억(seriesA) 투자유치('19) | 실감교류 |
| 2013 | 오비이랩 | 24.7억 원 | 45억(seriesB) 투자유치('16) | 스마트IT |
| 2016 | ㈜위프솔루션 | 11.5억 원 | 해외투자 20억원 투자유치('18) | 스마트IT |

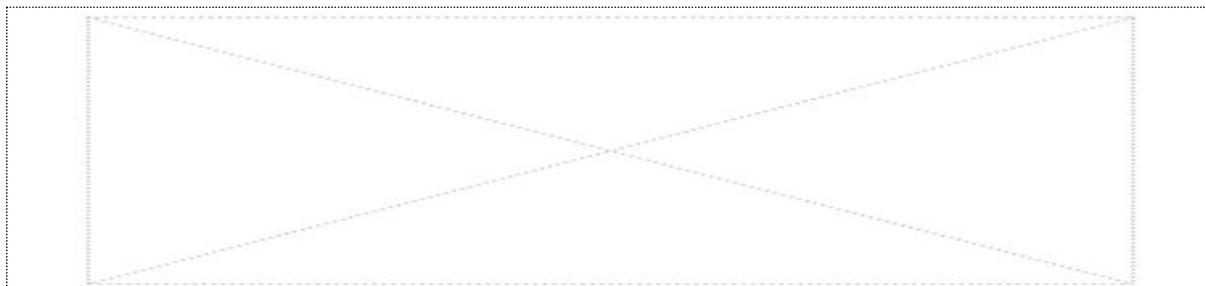
* 자료: 연구단 내부자료

(4) 대표 성과

□ 세계 최고 수준의 기술 확보

○ 대표적으로, 반도체 핵심 기술을 지속적으로 공급하여 현재 우리나라 핵심산업인 반도체 분야 역량 확보에 기여

- 21세기 프론티어 사업 : `10~`20년대 반도체 산업 키체인저 기술인 3D 핀펫 기술 확보(테라급나노소자개발사업)



<그림 3-16> 반도체의 3D 핀펫 기술 적용

- 글로벌프론티어사업 : 동일 연구자를 통해 초저전력 초소형 나노 소자 및 재구성 가능 3차원 집적시스템 개발 중

○ 페로브스카이트 태양전지의 세계 최고 효율 달성 등 일부 세부기술에서 선도기술을 확보

<표 3-62> 글로벌프론티어사업 주요 성과

| 구분 | 내용 |
|--------------|--|
| 멀티스케일에너지연구단 | <ul style="list-style-type: none"> • 페로브스카이트 태양전지 초고효율화 기술 개발로 세계 최고 공인효율기록 갱신 • 페로브스카이트 태양전지는 실리콘 태양전지의 효율에 근접하면서도 저렴하고, 박막이면서 유연하게 제조가 가능하여 차세대 태양전지 시장을 주도할 소재로 주목 • 페로브스카이트 태양전지 세계 최고 공인효율 7회 갱신 ✓ 16.2%(`13) > 17.9%(`14) > 20.1%(`14) > 22.1%(`16) > 22.7%(`17.10) > 24.2%(`19.04) > 25.2%(`19.08) |
| 지능형바이오시스템연구단 | <ul style="list-style-type: none"> • 고기능 생리활성 물질 진세노사이드 대량생산 기술개발 • 고기능 생리활성물질 진세노사이드 생합성 기술(생산성 1.5g/L, 생산단가 1/100) 세계 최초 성공 • 천연물(인삼) 추출 방법보다 저비용으로 단기간(1주)에 생산 가능 • 항노화, 치매예방, 항간암, 항지방간, 항당뇨, 혈관조절 등 다양한 효능을 검증하고 원천특허 확보 |
| 바이오나노헬스가드연구단 | <ul style="list-style-type: none"> • 열대성 감염병 등의 신속 현장 진단이 가능한 • 다중 면역진단용 미세유체칩 제작기술 개발 • 미세유체 칩 내 다양한 종류의 기능성입자조합 배열이 가능한 기술을 활용하여 다중분석용 미세유체칩 제작기술 개발 • 열대성 감염병의 신속진단키트 개발 외에도 다중진단이 필요한 말라리아 등 다양한 질병 진단에 응용 가능 |
| 과동에너지극한제어연구단 | <ul style="list-style-type: none"> • 마이크로 LED 롤 전사기술 세계최초 상용화 • 마이크로 LED 소자를 선택적으로 회로기판에 전사하는 핵심공정기술 개발 • 전사속도 및 전사 면적에서 세계 최고 수준으로 기존기술 대비 100~1,000배 생산성이 증대 • 기존 방식으로 FullHD급 200만 화소 100인치 디스플레이 제작 시 30일 이상이 소요되나 동 기술은 1시간 안에 제작 가능 |

* 출처 : 과학기술정보통신부 보도자료 “글로벌프론티어사업 연구성과 점검 및 발전방향 논의”, 과학기술정보통신부, 2020.03

다. 선행사업의 한계

□ 연구목표의 설정 및 연구추진 관리가 미흡한 것으로 지적

- 자체평가에서 사업단 목표와 관련성이 낮은 다수의 과제가 선정되었다는 지적이 지속되는 등 연구분야에 집중된 과제기획이 미흡
- 사업단 차원의 성과목표 및 평가지표의 설정과, 사업단 목표 변경시의 근거 제시를 통한 타당성 검증 방안 미흡

□ 산업으로 파급되기 위한 연계성은 부족

- `10년부터 시행된 글로벌프론티어사업의 추진시점에 17개 신성장동력분야가 발표되었으나, 연구개발분야와 차세대 성장동력와의 연계성은 많이 낮은 상황

□ 글로벌프론티어사업 연구단장 서면인터뷰를 통해 글로벌프론티어사업 추진의 현황 및 개선의견 자문

- `21년 11월 선행사업인 글로벌프론티어사업의 각 연구단장 서면인터뷰를 수행하여 환경변화에 따른 선행사업의 한계 극복 및 변화방향 자문
- 글로벌프론티어사업은 독립법인 체제로 운영되어 사업단장의 자율적 연구단 운영을 지원하였으나, 사업종료 후의 성과존속 및 활용을 위한 체계가 미흡하여 연구성과가 시장으로 충분히 파급되지 못함
- 글로벌 이슈가 지속적으로 발생하고 있어, 이에 선제적으로 대응하기 위한 기술확보전략 필요
- 사업단의 성과는 논문 등 연구실적보다 사업화 실적 중심으로 평가해야 하며, 연구개발 초기부터 사업화를 고려한 기획 필요
- 유사사업과 비교하여 다수의 PI가 참여하는 대형·집단·장기 사업으로서 융복합 연구의 강점을 지속해야 함

<표 3-63> 선행사업 연구단장 검토의견

| 구분 | 검토의견 | |
|---|--------------------------|---|
| <p>Q1. 글로벌프론티어사업의 후속사업을 지원해야 하는 환경 및 추진 필요성</p> | <p>최근 환경변화</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 현 시대는 기술발전속도의 증가로 기술 lifetime이 1~2년에 불과 • 국가간 경제적 패권을 잡기 위한 첨단기술개발 경쟁 심화 • 지구환경 개선을 위한 범지구적 탄소저감 정책의 강화 • 글로벌 이슈의 지속 발생 및 대응 필요 • 기술패권, 산업 및 무역의 자국 보호 성향 강화 • 바이든 행정부는 사회문제 해결을 위한 응용연구 지원 확대 |
| <p>Q2. R&D전략 상 대형집단연구 형태로 지원이 필요한 이유</p> | <p>융합연구를 통한 교류·응용 확장</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ICT분야의 사례로, 신산업 창출을 위해 콘텐츠, 플랫폼, 네트워크, 디바이스 개발이 함께 진행되며 통합·융합되어야 하며 이를 위해 연구 목표와 방향을 공유하는 대형 집단연구 필수 • 연구자 개인은 한 분야에 집중적이라 시야에 한계가 있으며, 집단연구는 상호교류를 통한 다양한 연구 및 응용분야 확장 가능 • 연구가 논문 위주에서 연구사업화로 가기 위해 집단연구 필요 |
| <p>Q3. 그동안 글로벌프론티어사업 추진의 현황 및 개선점</p> | <p>기존사업 한계</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 초기 목표인 원천기술 확보에서 빠른 실용화 및 기술이전-창업으로 사업목표가 변화하며 일관성 유지가 어려움 • 원천기술개발 집중에 대해 일년 단위 평가는 지양해야 함 • 기술사업화 지원은 외부 컨설팅 기관을 활용하여 한시적으로 이루어지기에 사업단의 기술을 잘 이해하지 못함 • 사업단 마지막 단계에서 연구자는 과제 일몰에 따른 연구비 상실을 우려하여 연구성과의 활용보다 신규과제 기획에 치중 • 명시적 규정은 없으나 암묵적으로 사업단마다 수십 개의 개별과제를 지원하며 정량적 성과에 치중하며 깊이 있는 연구 없이 다수의 연구 산재, 효율성 감소 • 기초-응용-성과도출로 이어지는 밸류체인 필요 |
| | <p>개선방안</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 새로운 방법론(접근방식)을 찾기 위한 시간 제공 • 3~5년 주기의 혁신성·도전성·우수성을 평가하는 정성평가 • 실용화-상용화로 이어지는 후속 연구개발 프로그램 제공 • 사업단 마지막 단계에서 기술사업화를 진행하도록 예산 배정 • 수월성 있는 사업단 성과는 사업을 지속하도록 제도 마련 • 사업단의 영리활동 허가 또는 지속 연구비 지원을 통한 성과 사업화 허용 • 논문보다 사업화 실적 기여도 중심의 평가 필요 • 지속성, 전문성, 적합성 중심의 평가 필요 • 사업 초기부터 사업화를 고려하여 IP전략수립 등 필요 |

| 구분 | 검토의견 | |
|---|-------------------------------|---|
| <p>Q4. 글로벌프론티어 사업과 타 사업과의 차별성</p> | <p>타 사업과의 차별성</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 타 사업들은 참여 PI수가 제한적이라 거대과학, 글로벌 이슈, 국제규모연구, 기초-응용 광범위 연구 등을 위한 컨소시엄 구축 어려움 • 글로벌프론티어사업은 기초연구에 기반하여 최종 연구사업화까지 추진하는 연구단의 자립이 근본 취지 • (알키미스트) 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천기술 개발 • (혁신도전프로젝트) 실패 가능성이 존재하나 성공하면 사회·경제적 파급효과가 매우 큰 초고난도의 연구개발을 국가 차원에서 문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출 |
| | <p>선행사업과 의 차별성</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 선행사업은 선진국을 추격하거나 대등한 수준의 기술 확보 목적이나 글로벌프론티어사업은 세계최고 수준의 기술 선점 목적 |
| | <p>신규사업의 차별성 확보방안</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 다기술간 혹은 다학제간 융합연구를 위한 집단(그룹)연구를 통한 혁신형 원천기술 개발 집중 • 재단법인 형태로 연구추진 유연성 확보 • 기초연구(TRL1~5)대신 산업혁신을 위한 기술개발(TRL6~9) 연구 |
| <p>Q5. 기타 후속사업 기획에 도움이 되는 조언</p> | <p>-</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 글로벌프론티어사업 연구단별 대표성과의 3~5년 후속지원을 통해 활용 지원 희망 • 원천기술 -> 실용화 -> 상용화 개발 및 창업으로 이어지는 과정에서 기업 적용가능성 검증을 위한 타당성 검사 시스템 필요 • 고문제도를 통한 통섭적 연구자문 및 산학연 네트워크 확보 가능 • 논문 중심에서 사업화 중심의 평가가 반영된 사업기획 필요 • 연구단 기술사업화를 위한 기획형 창업제도 운영(연구단+시장전문가(창업자)+액셀러레이터+VC) • 연구단 기술을 타 기술·기관과 연계하여 응용개발로 이어지도록 성과를 확산하는 전담조직 구성 |

* 출처: 글로벌프론티어사업단 각 연구단장 자문의견 기반 연구진 요약

- 사업기획위원회 인터뷰를 통해 한계도전프로젝트에 반영되어야 할 개선 의견 자문
 - 해외의 변혁적 연구 수행 이유 및 방법을 참조하여 한계도전프로젝트 사업의 목표 및 수행방법으로서 개선 필요
 - 지원 초기부터 시장수요를 반영할 필요가 있으며, IP전략 및 사업화 지원방안이 사업 추진과정에서 병행되어야 하고, 민간기업의 참여를 전제로 한 지원방안이 필요
 - 선도형 연구개발 특성에 적합하도록 발전적 평가시스템 적용 필요

<표 3-64> 선행사업 사업기획위원회 개선의견

| 구분 | 개선의견 |
|--------------|--|
| 변혁적 연구의 필요성 | <ul style="list-style-type: none"> • 현 시선진국의 전략적으로 지원하여 경쟁이 치열한 분야에 대한 국내 연구역량 결집 필요하며, 변혁적 연구 필요성에 공감 • 해외에서 변혁적 기술개발을 수행하는 이유 추가 및 국가의 변혁적 연구개발 투자 당위성 보완 필요(국가 주도의 변혁적 기술투자가 지속적으로 산업으로 확산된 사례, ex 아이폰) • 여러 기관에서 변혁적 기술/연구를 지칭하나 명확하게 이해하기 어려운 상태로, 동 사업에서는 사회전반 변화를 주도하기 위한 연구테마 도출 방법론 구체화 필요 • 변혁적 연구 관련 주요 키워드의 개념제시 및 관계 도식화 필요 • HRHR 형태 과제 관리 체계를 위해 기존의 논문/특허수 중심의 평가체계에서 변화 필요 • 변혁적 연구가 필요한 분야와 이를 통해 이루고자 하는 사업의 목표가 일치될 필요가 있음 |
| 대내외 환경분석 | <ul style="list-style-type: none"> • 선행사업 등 기존의 중장기 대형사업에서 확보한 원천기술의 융복합을 통한 프로그램 필요 • 선행사업에 참여했던 연구책임자를 중심으로 연구개발 전주기적 개선방안 도출 등 더욱 디테일한 분석으로 사업체계 제시 필요 • 기술패권시대 관련하여 첨단기술 종속의 위험성 언급 필요 • 탐다운 방식 사업구조와 목적지향 혁신정책의 차별성 제시 필요 • 해외 HRHR 사업의 성공사례제시 필요 |
| 사업 추진체계 및 전략 | <ul style="list-style-type: none"> • IP전략 및 원천기술 사업화를 위한 지원체계가 필요하며, 사업 전주기적으로 기업이 참여하여 수요제시·고도화하는 방안 필요 • 통합법인 형태의 사업 추진시 선행사업에서의 문제점·한계점 대비 개선사항과, 발생 가능한 문제의 보완사항 등 제시 필요(SPAC 설립 등 ex. 한국과학기술지주 산하 1기 통합법인) • 사업성과를 평가할 수 있는 질적 평가지표 발굴 필요(ex. mmIF, K-PEG, 기타 해외 HRHR 관련 지표 발굴) • 기술군의 단계별 경쟁평가 방안 필요 |
| 유사사업과의 차별성 | <ul style="list-style-type: none"> • 변혁적 기술 발굴을 위한 목표 및 운영방식 등에서 차별성 제시 필요 • 동 사업 기술개발 분야는 기존의 TRL 단계로 설명되기 어려워, 변혁적 기술에 대한 criteria와 세부 index를 명확히 제시할 필요 |
| 기타 검토의견 | <ul style="list-style-type: none"> • 사업화 추진을 위해 초기부터 시장수요 반영 필요하며, 산업생태계 분석 및 기술개발추이도를 작성하여 FOM 작성 필요 • 변혁적 연구-사업관리체계와의 부정합성, 타 사업에서의 변혁적 연구-동 사업과의 차별성, 변혁적 연구-플랫폼기술과의 논리적 연계성 구체화 필요 • 발전적 평가시스템(Developmental Evaluation)이 선도형 연구개발 특성에 적절할 것으로 판단되어 시스템 고민 필요 |

* 출처: 사업기획위원회 자문의견 기반 연구진 요약

□ 기존 사업의 변혁적 기술 확보 국가연구개발사업체계로서의 한계

① 혁신성·도전성이 떨어지는 점진적인(incremental) 목표를 설정하였으며, 목표를 달성하기 위한 명확한 임무 설정도 미흡

- 연구목표 대비 성공률이 약 100%로 DARPA 등 고위험(성공확률 10% 수준)의 혁신적 연구프로그램에 비해 매우 높은 수준

<표 3-65> 글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률

| 연번 | 연구단 명 | 연구기간 | 목표 대비 성공률 |
|----|-------------------|------------|-----------|
| 1 | 바이오매스 연구단 | 10.10~19.8 | 99% |
| 2 | 의약바이오컨버전스 연구단 | 10.10~19.8 | 98% |
| 3 | 인체감응솔루션 연구단 | 10.10~19.8 | 99% |
| 4 | 지능형바이오시스템 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |
| 5 | 나노기반소프트일렉트로닉스 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |
| 6 | 다차원스마트IT 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |
| 7 | 멀티스케일에너지시스템 연구단 | 11.9~20.10 | 100% |

* 출처 : 사업 최종 보고서

- 자체평가에서 사업단 목표와 관련성이 낮은 다수의 과제가 선정되었다는 지적이 지속되는 등 목표에 집중된 과제기획이 미흡

<표 3-66> 글로벌프론티어연구단장 인터뷰

| 구분 | 인터뷰 주요 내용 |
|------|--|
| 연구단장 | <ul style="list-style-type: none"> 명시적 규정은 없으나, 암묵적으로 사업단마다 수십개의 개별과제를 지원하며, 정량적 성과에 치중하여 깊이 있는 연구 없이 다수의 연구가 산재하며 효율성 감소 |

② 연구단장도 연구책임자로 연구를 수행하여 목표 달성을 위한 과제 관리에는 상대적으로 미흡 → 과제 별로 분절된 연구 수행

- 연구단이 주관하여 하위과제의 목표달성도 평가를 통한 탈락 또는 지원중단 등을 계획하였으나, 실제로는 포트폴리오 관리 미 적용

- 지원과제 중 단계평가 등으로 중도 탈락된 과제는 전무하며, 성과 조기달성으로 종료되었거나 기존 과제와 병합된 사례가 일부 존재

③ 연구 주제별로 별도의 사업단을 경직적으로 운영(10년)하여 환경변화에 따른 유연한 사업 관리 어려움

- 자율적 운영을 목표로 하였으나, 분절된 사업단 운영으로 사업의 전체적인 관리가 어렵고 조직 등 자원의 중복으로 비효율 발생

<표 3-67> 글로벌프론티어지원사업연구단장 간단회 제안사항

| 구분 | 제안사항 주요 내용 |
|-----------------|--|
| 간담회 (`21.5.) | <ul style="list-style-type: none"> 사업단별 연구지원 업무 추진의 통일성 확보를 위해 총괄 지원하는 지원조직 구성·운영 필요(B연구단) 사업단 자립을 위한 재원 마련에 한계가 있어 사업단별 독립법인 형태의 현 사업단 구조는 부적합하며 전혀 다른 새로운 구조를 고려해야 함(H연구단) |

④ 연구 성과를 전문적으로 관리하는 별도의 지원체계가 갖춰져 있지 않아 성과 활용에 대한 체계적인 지원은 미흡

- 사업 추진 시 기술사업화에 대한 고려 및 지원이 미흡하였으며, 사업단 해산 등으로 우수한 연구 성과가 사장될 위험 존재

<표 3-68> 글로벌프론티어사업 연구단의 연구종료 이후 성과활용, 과제수행 등 현황

| 연구단 | 종료 | 해산여부 | 종료 이후 현황('21.10 기준) |
|---------------|------|------|----------------------------|
| 의약바이오컨버전스 | 2019 | 유지 | 국가 연구개발사업 2건 및 기업 용역과제수행 중 |
| 실감교류인체감응솔루션 | 2019 | 해산 | KIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전 |
| 차세대바이오매스 | 2019 | 해산 | KAIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전 |
| 멀티스케일에너지시스템 | 2020 | 유지 | 사업단 실질적으로 운영 X (과제 미 수행) |
| 나노기반소프트일렉트로닉스 | 2020 | 유지 | 과제 미수행, 잔여 간접비로 운영 중 |
| 다차원스마트IT융합시스템 | 2020 | 유지 | 과제 수행 중(1억 5천) |
| 지능형바이오시스템설계 | 2020 | 유지 | 과제 수행 중(15억, 산자부·농림부) |

* 출처 : 과학기술정보통신부

⑤ 개별적 사업단의 종료와 함께 지원체계가 기능을 상실하여 성과가 가장 많이 발생할 개별 사업단 종료 시점에서의 성과확보 미흡

- 글로벌프론티어사업을 4단계로 구분하였을 때, 3단계까지 성과가 증가하다 4단계부터 성과가 급감하는 양상이 나타남

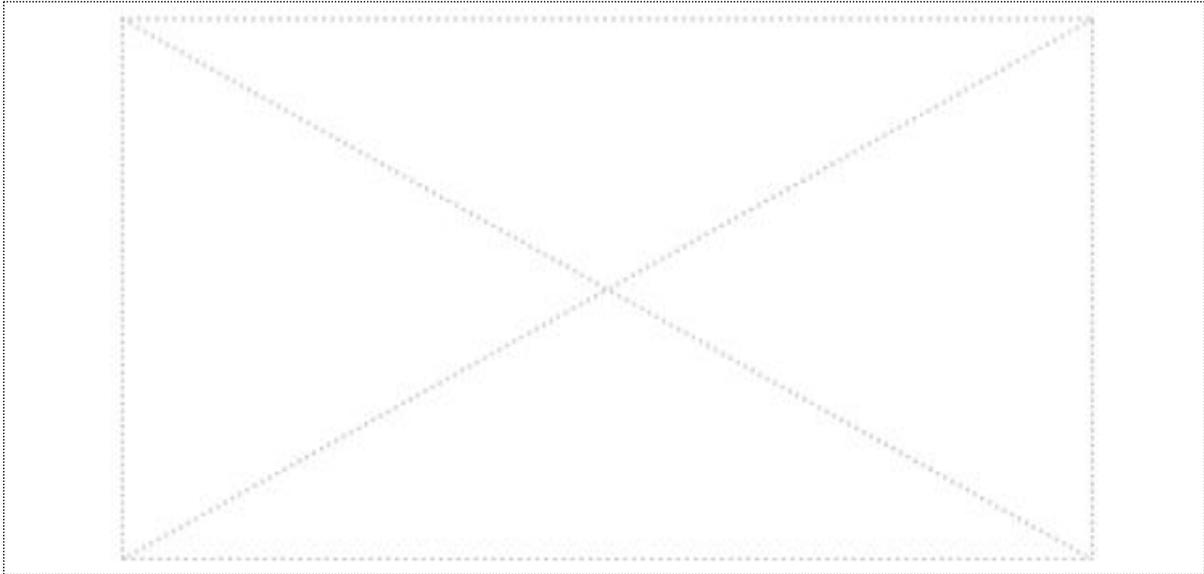
* 글로벌프론티어사업은 1단계(`10~`12), 2단계(`13~`15), 3단계(`16~`19), 4단계(`20~21)로 구분

* 기술이전금액 성과는 1단계(18.2억)-> 2단계(81.5억)-> 3단계(262.8억)-> 4단계(51억)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소

* 투자유치 성과는 1단계(0억 원)-> 2단계(430.1억 원)-> 3단계(737.1억 원)-> 4단계(104억 원)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소

- 연도별 분석 결과에서도 개별적 사업단이 종료되는 시점에서 성과 창출이 둔화되는 현상이 뚜렷이 나타나고 있음

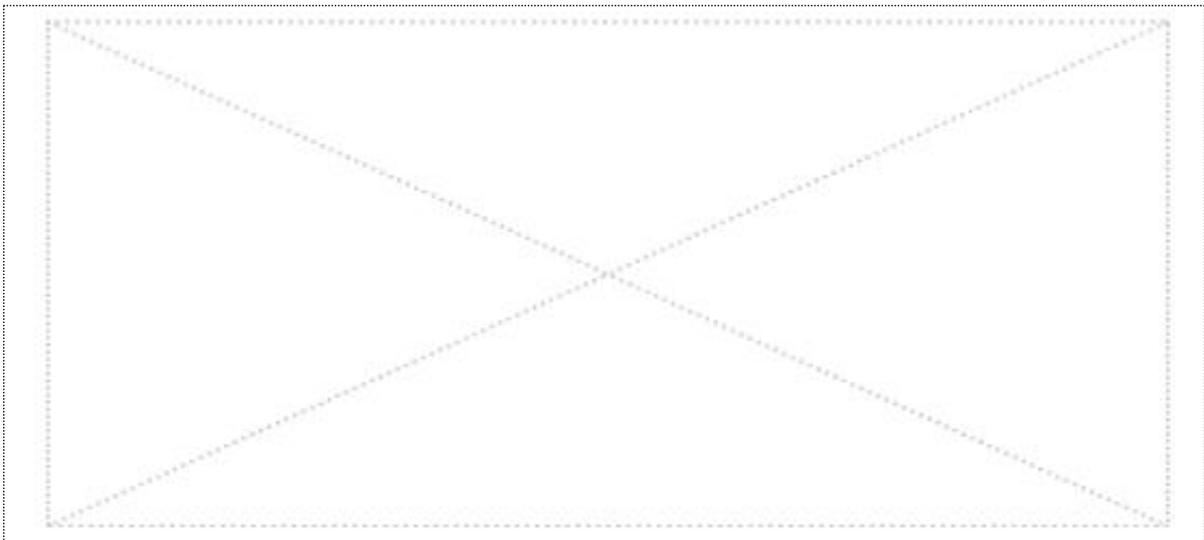
* 과학적 성과-> 기술적 성과-> 경제적 성과의 순서로 글로벌프론티어 사업의 성과가 도출되고 있음



*출처 : 글로벌프론티어지원사업 성과현황 자료, 과학기술정보통신부 연구개발정책과, `22.04.01

<그림 3-17> 과학적/기술적/경제적 성과 연도별 추이

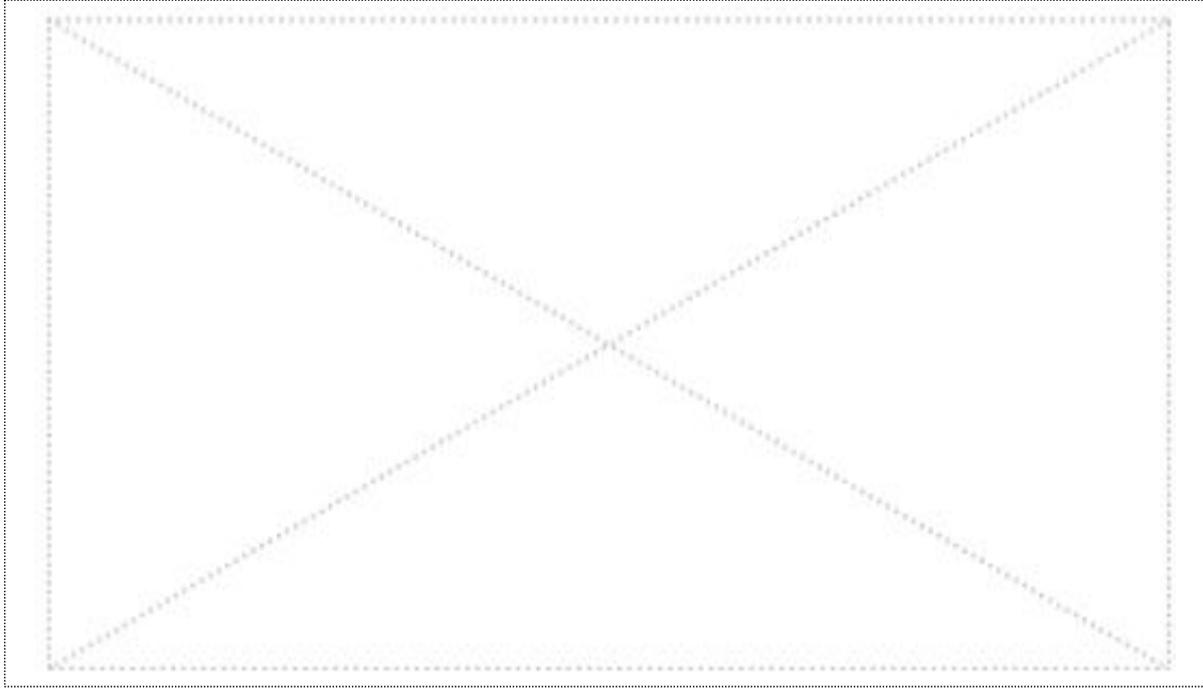
* 특히 경제적 성과의 경우 과학/기술적 성과에 후행하는 성과로서 사업단 종료 시점에서의 다량의 성과가 확보되어야 하나, 지원조직 기능 상실로 성과확산 어려움 존재



*출처 : 글로벌프론티어지원사업 성과현황 자료, 과학기술정보통신부 연구개발정책과, `22.04.01

<그림 3-18> 경제적 세부성과 연도별 추이

□ 변혁적 R&D를 위해 글로벌프론티어 사업의 재기획이 필요



<그림 3-19> 글로벌프론티어사업의 진단 및 개선 필요성

<표 3-69> 기존 사업의 재기획 필요성

| 구분 | 글로벌프론티어 (As-is) | 한계도전프로젝트 (To-be) 개선필요성 | 비고 : 해외 변혁적 R&D 특징 |
|-------|----------------------|----------------------------|---|
| 사업 특성 | 글로벌 프론티어에 도달하기 위한 연구 | 글로벌 프론티어를 넘어서기 위한 한계도전형 연구 | 기존 프론티어를 넘어서기 위한 타 조직에서 지원하지 못하는 변혁적 R&D 지원 |

| 구분 | | 글로벌프런티어 (As-is) | 한계도전프로젝트 (To-be) 개선필요성 | 비고 : 해외 변혁적 R&D 특징 |
|---------------|---------------------------------|--|---|--|
| 사업 의 성과 | 조직 성과 | <ul style="list-style-type: none"> 다수의 PI가 참여하는 대형·집단·장기 사업 체계 확보 원천기술 개발 성과가 타 원천기술 및 응용기술개발사업으로 파급되는 플랫폼 구축 각 사업단별 성과확산 지원을 위한 사업화 지원조직 구축 | <ul style="list-style-type: none"> 대형·집단·장기 연구사업으로서의 특성 계승 연구 도메인별 연구역량을 집적하여 플랫폼 역할 수행 글로벌프런티어의 각 사업단별 사업화 조직 네트워크 흡수 | - |
| | 기술· 경제 성과 | <ul style="list-style-type: none"> 타 사업대비 우수한 과학적 성과(논문), 기술적 성과(특허) 우수한 경제적 성과(기술이전, 창업) 각 시대의 게임체인저 기술을 창출(반도체 - 3D 핀펫) 세계 최초기술 등 우수 R&D 성과를 활용한 산업성장 기여 | <ul style="list-style-type: none"> 글로벌프런티어를 통해 확보한 변혁적 연구 아이디어의 실현 우수 연구자를 활용한 책임PM 확보 | - |
| 사업 의 한계 | 변혁 적 주제/ 테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> 사업단 차원의 성과목표 및 성과지표 설정이 미흡 임무설정이 명확하지 않음 | <ul style="list-style-type: none"> 도전적이고 명확한 임무형 테마 설정 기술트렌드 변화를 고려한 주기적 테마 발굴 | <ul style="list-style-type: none"> 국가 또는 R&D 소속 부처 단위 수요에 따른 미션 설정 동 미션 달성을 위한 주기적 테마발굴 및 목표 정량화 |
| | 과제 선정 및 구성 | <ul style="list-style-type: none"> 사업단 목표와 관련성 낮은 다수의 과제가 선정되는 등 목적지향적 과제구성 요구 목표에 기반한 핵심적 과제 집중 지원 미흡 | <ul style="list-style-type: none"> 경쟁형 평가 도입 고위험 연구임을 고려한 책임PM 중심 포트폴리오 과제관리 | <ul style="list-style-type: none"> 발굴 테마의 기술적 목표 실현을 위한 포트폴리오형 과제관리 PM/PD 중심의 Top-down, Bottom-up 병행 과제 추진 향후 기술적 목표 도달 가능성에 중점을 둔 평가 정량화된 고난이도의 목표 설정 경쟁형 평가를 통한 선별적 과제 지원 |
| | 사업 운영 관리 및 성과 확산 | <ul style="list-style-type: none"> 사업단장이 PI로 연구를 수행하여 과제관리 미흡 통상적 R&D 사업과 같은 방식의 연차·단계평가 시스템 적용 개별 사업단(독립법인) 형태로 사업화 지원조직이 구성되어 사업화 지원 역량 집중 어려움 | <ul style="list-style-type: none"> 책임PM은 사업관리에 충실 발전적(컨설팅형) 평가시스템 적용 성과확산 지원조직 통합 및 역량 집중 | <ul style="list-style-type: none"> 연구수행자와 연구관리자를 분리 연구관리 조직 및 사업화지원 조직을 구성하여 각 과제마다 지원 컨설팅형 평가시스템 적용 |

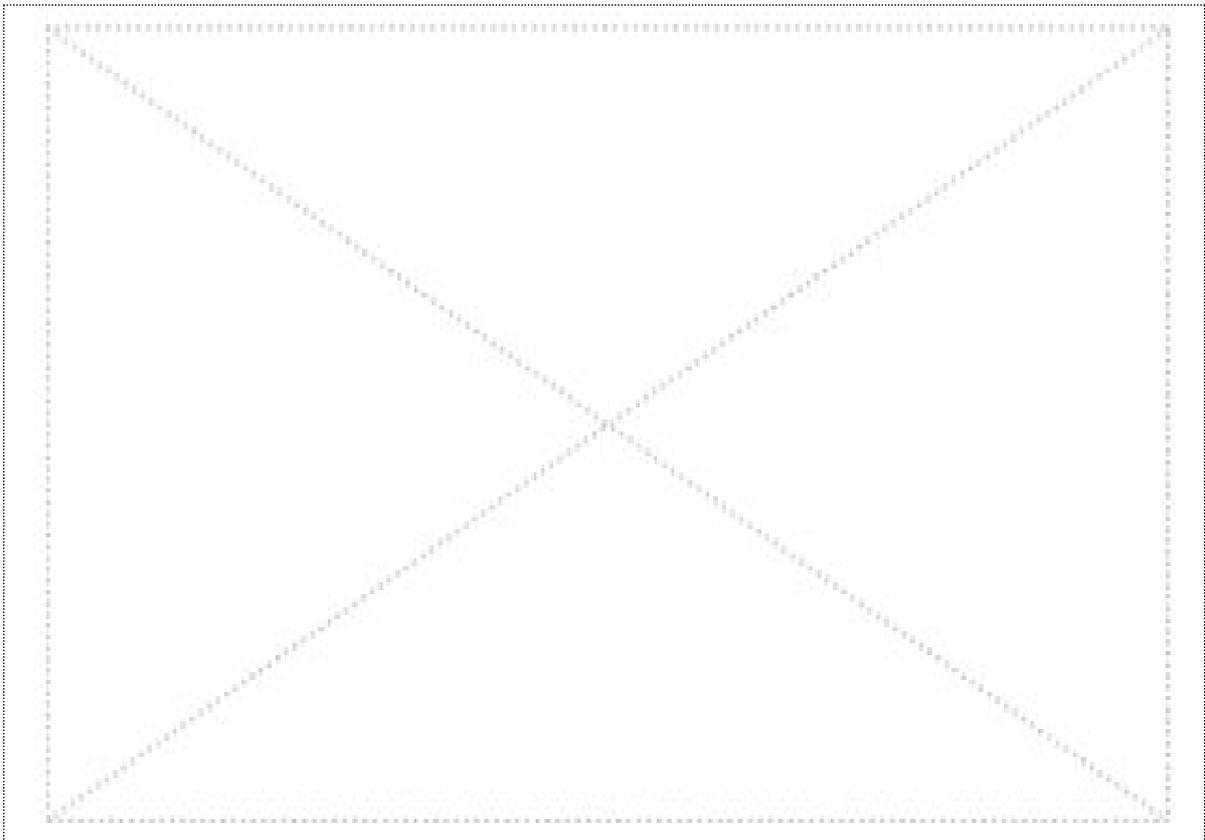
제 4장 한계도전프로젝트 사업 기본방향

- 4.1 사업 추진방향 및 추진전략 도출
- 4.2 사업 정의 및 특성
- 4.3 사업 추진체계 및 역할
- 4.4 사업 구성 및 규모
- 4.5 사업 목표 설정
- 4.6 사업 세부 추진계획
- 4.7 우선과제 도출

4.1 사업 추진방향 및 추진전략 도출

가. 문제이슈에 따른 사업의 방향성 도출

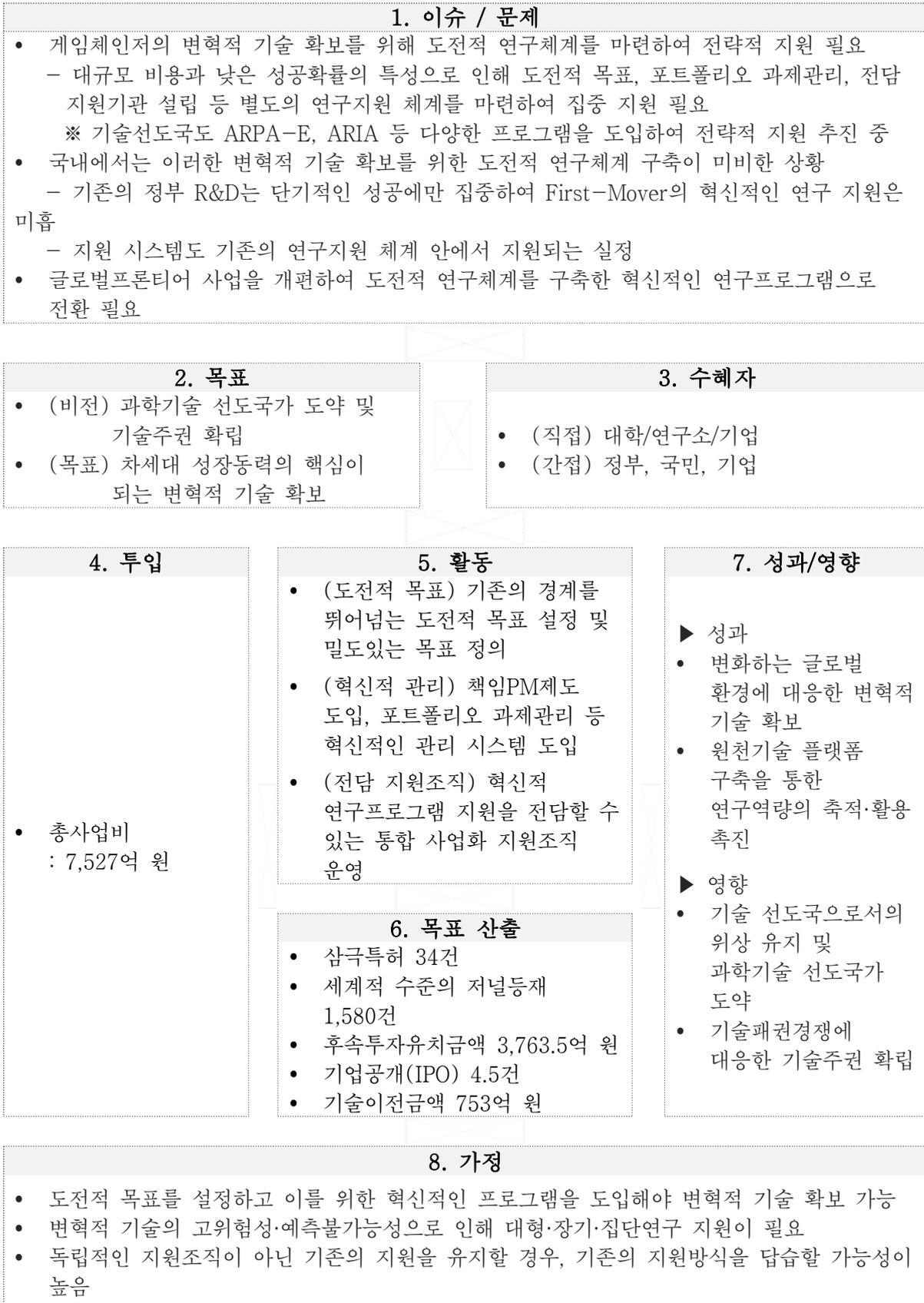
- 미래 환경변화에 따른 관련 이슈 도출, 국내외 환경분석, 국가정책 방향성을 등을 종합적으로 고려하여 사업 추진을 위한 기본 방향을 도출
- 대내외 환경분석, 정부의 과학기술 정책방향 및 상위계획 검토 등을 통해 국가 현안 해결 및 미래 이슈대응을 위한 정책 실천 수단을 검토하여 동 사업의 추진방향성 도출



<그림 4-1> 한계도전프로젝트 사업 추진 방향성

나. 논리모형

<표 4-1> 한계도전프로젝트 추진을 위한 논리모형



□ 논리모형 및 단계별 주요 성과

- 개별 연구테마의 혁신적 기술 획득 혹은 유의미한 결과 뿐만 아니라, 도전혁신적 R&D를 통해 국가과학기술 경쟁력 업그레이드 및 우리나라 주도의 새로운 과학기술혁신을 통해 과학적·경제적·신시장 측면의 성과를 창출

<표 4-2> 사업 성과 단계에 따른 사업 논리

| 성과 단계 | 투입 (Input) | 과정 (Activity) | 산출 (Output) | 결과 (Outcome) | 영향 (Impact) |
|-------|--------------------------------------|---|--|---|--|
| 사업 논리 | 글로벌과학이슈 또는 글로벌문제 해결 | 도전혁신형사업단과 별도조직 주도의 연구과제 수행 (목적별 3개 연구테마) 전문적 지원체계 및 평가관리체계 구축 | 목표분야 분야 핵심기술 확보, 기술사업화 촉진(기술이전, 매출, 수출 등) 기술사업화 기반의 시장 확보 글로벌최고수준의 전문인력 육성 | 신시장선점 및 기술 자산화, 목표분야의 글로벌 연구인력 양성, 신시장 점유율 및 신뢰도 증가 | 도전혁신형 R&D 생태계 정착 글로벌 이슈 내 국내 과학기술의 위상/경쟁력 향상, |
| | 과감한 투자와 변혁적 기술 확보를 위한 도전혁신형 R&D추진 | | | | |
| | 도전혁신형 R&D 지원체계 전환 | 글로벌 최고수준의 과학기술개발 도전 | 글로벌 기술/시장 정보 축적 및 기술사업화 사전기획 지원 | 국가 R&D 시스템 도전혁신적 지원체계 활성화, 사업단 R&D지원 지원역할 고도화 | 전주기 R&D지원체계 정비/표준화 사업간 연계로 시너지 창출 |
| 주요 성과 | HRHR R&D 지원체계 구축, 및 별도조직 중심의 지원체계 운영 | | | 글로벌 우수연구인력 육성 및 양질의 일자리 창출, | 글로벌 마인드 및 시장 창출력 제고 혁신적 기술의 국내기업 이전으로 글로벌시장 리더 |
| 성과 지표 | 연구과제 선정수/투자액, 도전혁신R&D지원 개수/지원액 | | | 기술의 글로벌 표준/인증 확보, 참여기업들의 수익(기술이전/매출/수출) 증가규모 | 사업단 전문R&D지원 및 서비스 만족도향상 |

□ 사업의 논리모형에 따른 핵심지표 설정

- (성과목표 및 지표 체계) 한계도전프로젝트 사업의 총괄 성과목표를 위한 5개의 핵심성과지표와 함께 각 내역 및 내내역사업을 관리하기 위한 고유성과지표를 도출

<표 4-3> 한계도전프로젝트 사업의 성과목표 체계

| | 성과 목표 | 핵심성과 지표 | 지표 특성 |
|----|--|-------------------------------------|-------|
| 총괄 | 핵심기술 확보를 통한 질적수준 제고 | 삼극특허 확보 건수 | 산출/질적 |
| | 연구개발을 통한 산업계에서의 수준 제고 | 우수논문의 저널 등재 건수 | 산출/질적 |
| | R&D 성과의 확산의 질적 향상 | 기술이전 금액 | 결과/양적 |
| | 글로벌 수준의 R&D 성과를 도출·활용하여 신시장개척 연계성과를 창출 | 기업공개(PO) 건수 | 결과/양적 |
| | 목표분야 R&D 확대 및 연계과제의 발굴·승인 | 국가연구개발사업 연계 확산 정도 및 후속 투자 유치 확보액 | 과정/양적 |

| | 기획 부문 | | 운영 부문 | | 결과 활용 부문 | |
|-----------------------------|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | 고유성과지표 | 특성 | 고유성과지표 | 특성 | 고유성과지표 | 특성 |
| 한계 도전 프로 젝트 사업단 | 한계도전프로젝트형 연구테마 발굴 | 산출/ 질적 | 국내우수특허실적 | 산출/ 질적 | 국내우수특허실적 | 산출/ 질적 |
| | 특허폴 확보 목표 달성도(%) | 산출/ 질적 | R&D 기반 수익창출 (기술이전/특허권, 원) | 결과/ 질적 | 기술수출 비중(%) | 결과/ 질적 |
| | 미래신시장 분야 기술수준 향상도(%) | 결과/ 질적 | 신 제품인증 획득(건) | 산출/ 양적 | 기술이전 및 사업화 | 산출/ 양적 |
| | | | R&D과제의 목표달성 | 산출/ 양적 | 투입대비 해외 투자유치율(%) | 결과/ 질적 |

| | (예시적 테마) 양자컴퓨터 | | (예시적 테마) 웨어러블로봇 | | (예시적 테마) 암세포백신 | |
|----------------|----------------------|-----------|------------------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | 고유성과지표 | 특성 | 고유성과지표 | 특성 | 고유성과지표 | 특성 |
| 연구 목표 분야 | 한계도전프로젝트형 연구테마 발굴 | 산출/ 양적 | 국내우수특허실적 | 산출/ 질적 | 기술수출 비중(%) | 결과/ 질적 |
| | 특허폴 확보 목표 달성도(%) | 산출/ 양적 | R&D 기반 수익창출 (기술이전/특허권, 원) | 결과/ 질적 | 기술이전 및 사업화 | 산출/ 양적 |
| | - | - | 신 제품인증 획득(건) | 산출/ 양적 | | - |

□ 5대 핵심성과지표별 세부내용

▶ (성과지표 1) 삼극특허 건수

- 정의 : 국내 R&D 수준을 향상시킴으로써 질적수준이 우수한 특허를 창출·확보(PCT 또는 3극 특허)
- 측정방법 : 해당년도 진행과제 및 최종평가 성공판정 5년 이내 과제 표준특허에 등록되거나 CIA 분석 결과 상위 10% 이내에 해당하는 삼극특허(당해연도 미국, 유럽, 일본 특허청에 등록된 특허 조사), 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO), 일본 특허청(JPO) 특허 등록증
- 목표치 : 기존 사업의 목표/실적을 기준으로 상향 조정

<표 4-4> 삼극특허 성과 목표

| 삼극특허 건수 | 1년차 | 2년차 | 3년차 | 4년차 | 5년차 | 6년차 | 7년차 | 8년차 | 9년차 | 10년차 | 합계 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
| 전(실적) | - | - | - | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 34 |

▶ (성과지표 2) 세계적 수준의 저널 등재

- 정의 : R&D 성과의 질적·양적 수준을 평가하기 위하여, 저널의 인용 수를 바탕으로 산업적 임팩트를 산출
- 측정방법 : 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사
- 목표치 : 기존 도전·혁신형 사업들의 목표/실적을 기준으로 상향 조정

<표 4-5> 논문 저널 등재 성과 목표

| 저널 등재 건수 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|----------|------|------|------|------|-------|
| 전(실적) | 395 | 395 | 395 | 395 | 1,580 |

▶ (성과지표 3) 후속투자 유치금액

- 정의 : 동 사업의 성과 활용 및 산업에서의 파급효과 확인을 위하여 사업화 등을 위한 후속투자 확인
- 측정방법 : 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사
- 목표치 : 동 사업과 유사한 해외 사업인 ARPA-E의 후속투자 유치금액 비율을 국내 VC 투자 규모를 고려하여 보정하여 유치 비율 산출

<표 4-6> 후속투자 유치금액 성과 목표

| 후속투자 유치금액 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| 금액(억 원) | 941 | 941 | 941 | 941 | 3764 |

▶ (성과지표 4) 기업공개(IPO)

- 정의 : 한계도전프로젝트 사업에서 발굴·제안한 연구테마가 성공적으로 수행되어 사업의 성과 확산을 통한 산업계의 선순환구조 구축
- 측정방법 : 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정
- 목표치 : 동 사업과 유사한 해외 사업인 ARPA-E의 성과를 기준으로 목표 조정

<표 4-7> 기업공개 성과 목표

| 기업공개 건수 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|---------|------|------|------|------|-----|
| 전(실적) | 1 | 1 | 1 | 1.5 | 4.5 |

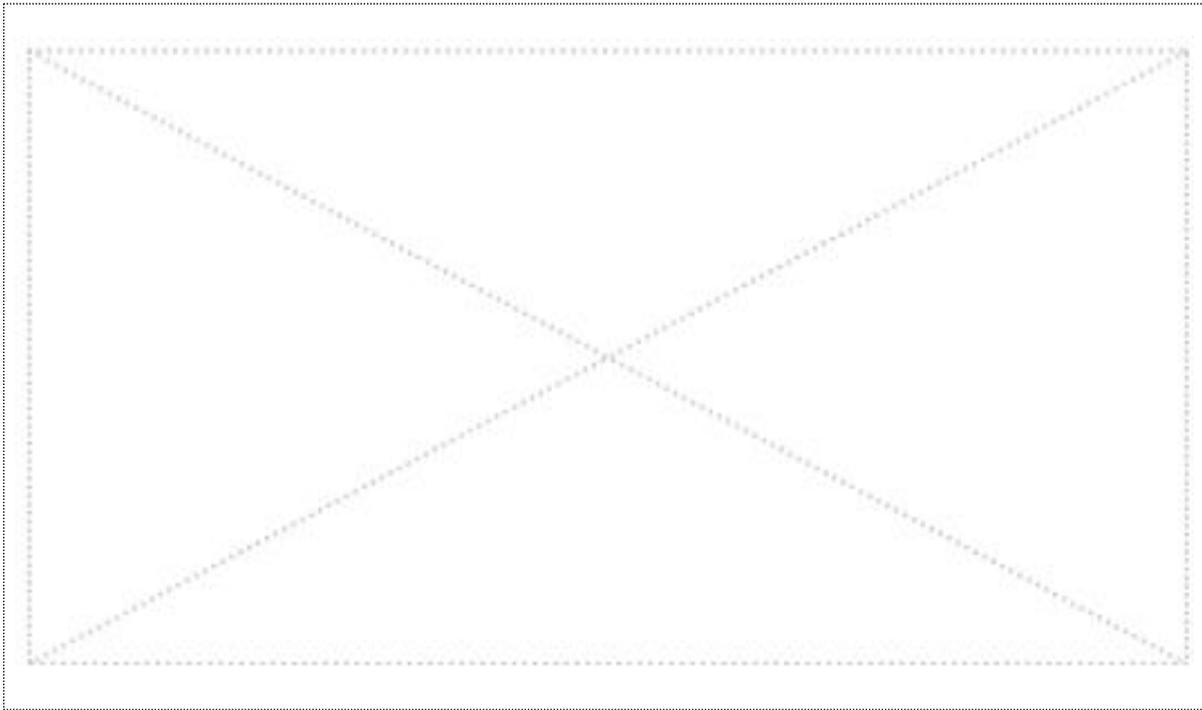
▶ (성과지표 5) 기술이전 금액

- 정의 : 연구개발을 통해 도출된 성과를 다른 기관(업)에서 이행함으로써 이루어지는 기술개발 공개 및 이전에 들어간 비용
- 측정방법 : 연구 종료시점 기술이전 계약 금액에 대한 조사 수행
- 목표치 : 기존 도전·혁신형 사업들의 목표/실적을 기준으로 상향 조정

<표 4-8> 기술이전 금액 성과 목표

| 기술이전 금액 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|---------|------|------|------|------|-----|
| 금액(억 원) | 188 | 188 | 188 | 188 | 752 |

다. 사업 목적 및 추진전략



<그림 4-2> 한계도전프로젝트 사업 목적 및 추진전략

① (임무형 테마 설정) 기존의 경계(프론티어)를 뛰어넘는 도전적 임무(테마)를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 밀도있는 목표를 정의

- 기존의 단절적 기초원천기술 공급체계의 한계를 개선하고,
- “한계도전형 기초원천기술을 개발”하여 연구계와 산업계의 수요-공급 구조를 지속적인 선순환구조로 전환하여 세계적으로 경쟁력을 갖춘 “기초원천 혁신체계 구축”

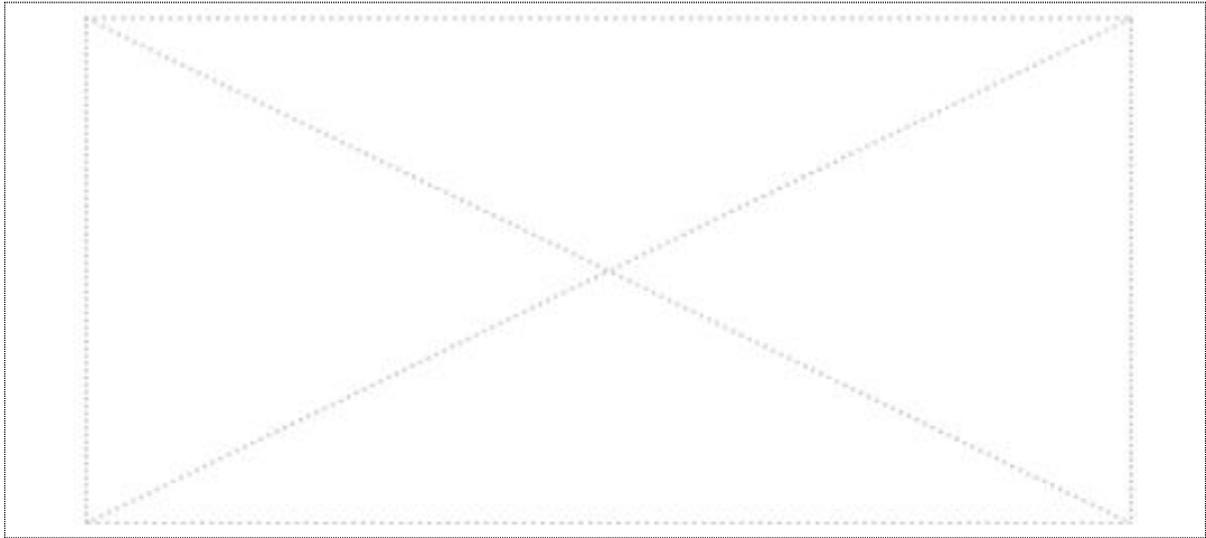
② (책임PM 제도 도입) 책임PM(Program Manager)가 사업 기획·선정·평가에 주도적 역할을 하며, 환경변화에 따른 연구방향(마일스톤) 수정 등 허용

- ARPA-E의 경우는 약 28%의 프로젝트가 드문 정도로 마일스톤을 변경하였고, 17%의 프로젝트가 빈번하게 마일스톤이 변경되었음

③ (포트폴리오 과제관리) 목표 달성에 적합한 다양한 방법론을 지원하며, 경쟁형 R&D 등을 도입하여 불확실성에 따른 리스크 최소화

- (조합형) 목표달성을 위해 필요한 다양한 기술을 포트폴리오로 구성하여 동시 지원
- (경쟁형) 불확실한 목표 달성을 위한 다양한 제안을 지원하며, 진행 과정에서 우수한 성과를 달성한 방법에 집중하여 규모 확대

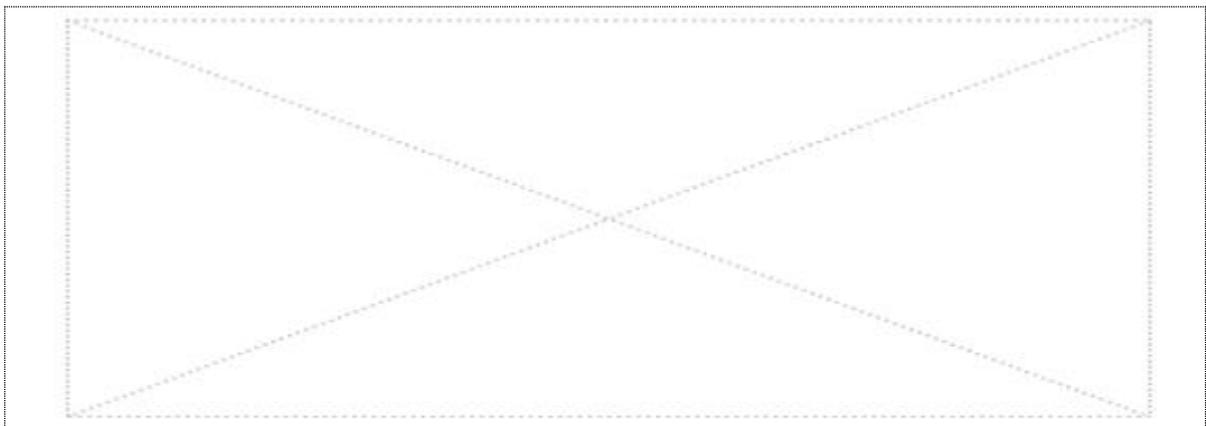
- (컨설팅형 평가) 진행 과정에서 책임PM 중심의 상시 컨설팅을 진행하여 포트폴리오를 점검하며, 이에 기반한 평가를 통해 평가의 정확성 제고



<그림 4-3> 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 R&D

④ (전담 지원조직) 사업 기획 및 관리, 성과활용 등 변혁적 연구지원 및 관리를 전문적으로 전담하는 한계도전 전략센터 설치·운영

* 책임PM은 독립 관리기관에 소속되며, 별도 연구를 수행하지 않고 과제 기획·관리를 전담



<그림 4-4> 글로벌프론티어사업 → 한계도전프로젝트 사업 운영방안 변경

⑤ (Tech to Impact) 조직 내 기술사업화를 전담 지원하는 조직을 구성하고, 연구기간 내 및 종료 후에도 기술이전 지원

- Tech To Impact 조직을 구성하여 각 프로젝트 성과물의 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 지원
 - * 기술사업화조직은 프로젝트 성공을 위해 Value-Chain 분석, 파트너십분석, 경쟁력분석, 시장 요구사항 분석 등 수행
- R&D 후, 기업과 함께 사업화를 진행하는 프로그램을 신설하여 변혁적 기술성과의 조기사업화 지원

4.2 사업 정의 및 특성

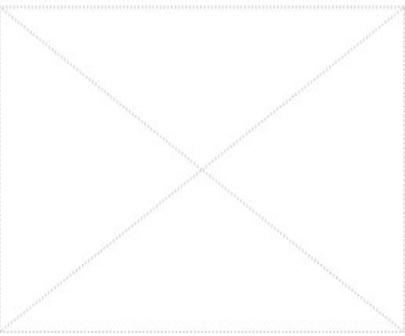
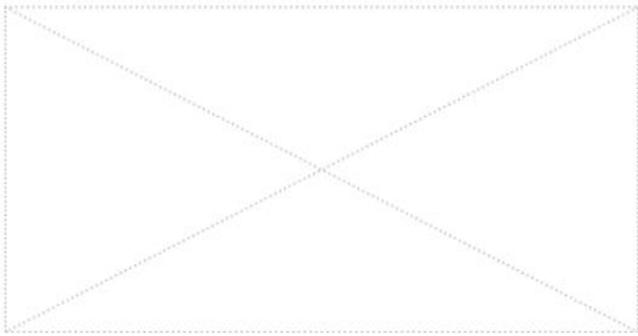
□ 사업 정의

○ 미래 과학기술 패러다임을 바꿀 수 있는 경제·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술을 개발하는 도전 혁신형 사업

- 장기적 관점에서 혁신적 성과창출이 가능하지만 시장실패 가능성이 높은 변혁적 기술 확보를 통해 국가 경쟁력 강화 및 신시장 창출

□ 사업의 특성

<표 4-9> 사업의 특성

| | |
|--|---|
|  |  |
| 임무형 목표 제시 | 변혁적 연구 지원 방식 |

① (임무형 테마 설정) 기존의 경계(프론티어)를 뛰어넘는 도전적 임무(테마)를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 밀도있는 목표를 정의

- 기존의 단절적 기초원천기술 공급체계의 한계 개선

- “한계도전형 기초원천기술 개발”을 위한 연구계와 산업계의 수요-공급 구조를 지속적인 선순환구조로 전환하여 세계적으로 경쟁력을 갖춘 “기초원천 혁신체계 구축”

② (책임PM 제도 도입) 책임PM(Program Manager)가 사업 기획·선정·평가에 주도적 역할을 하며, 환경변화에 따른 연구방향(마일스톤) 수정 등 허용

* ARPA-E의 경우는 약 28%의 프로젝트가 드문 정도로 마일스톤을 변경하였고, 17%의 프로젝트가 빈번하게 마일스톤이 변경되었음

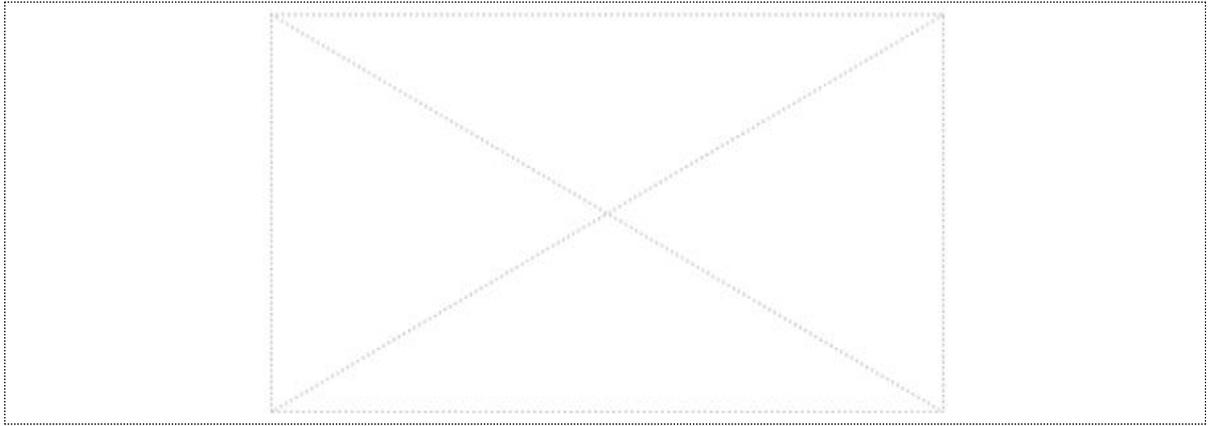
- 융합적 사고를 바탕으로 기술적 혁신을 이끌수 있는 도전적인 문제 출제 및 R&D 전반에 대한 컨설턴트로 프로그램 선정-중간컨설팅-평가에 대한 자율적 책임 운영

③ (포트폴리오 과제관리) 목표 달성에 적합한 다양한 방법론을 지원하며, 경쟁형 R&D 등을 도입하여 불확실성에 따른 리스크 최소화

- (조합형) 목표 달성을 위해 필요한 다양한 기술을 포트폴리오로 구성하여 동시 지원
- (경쟁형) 불확실한 목표 달성을 위한 다양한 제안을 지원하며, 진행 과정에서 우수한 성과를 달성한 방법에 집중하여 규모 확대
- (컨설팅형 평가) 진행 과정에서 책임PM 중심의 상시 컨설팅을 진행하여 포트폴리오를 점검하며, 이에 기반한 평가를 통해 평가의 정확성 제고
- ④ (전담 지원조직) 사업 기획 및 관리, 성과활용 등 변혁적 연구지원 및 관리를 전문적으로 전담하는 한계도전 전략센터 설치·운영
 - * 책임PM은 독립 관리기관에 소속되며, 별도 연구를 수행하지 않고 과제 기획·관리를 전담
- ⑤ (Tech to Impact) 학술적 성과보다는 공공·민간 등 실제 수요자가 활용할 수 있도록 타사업 연계 등 기술사업화 지원
 - Tech To Impact를 위한 지원조직을 구성하여 각 프로젝트 성과물의 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 지원
 - * 기술사업화조직은 프로젝트 성공을 위해 Value-Chain 분석, 파트너쉽분석, 경쟁력분석, 시장 요구사항 분석 등 수행
 - R&D 후, 기업과 함께 사업화를 진행하는 프로그램을 신설하여 변혁적 기술성과의 조기사업화 지원

□ 사업의 포지셔닝

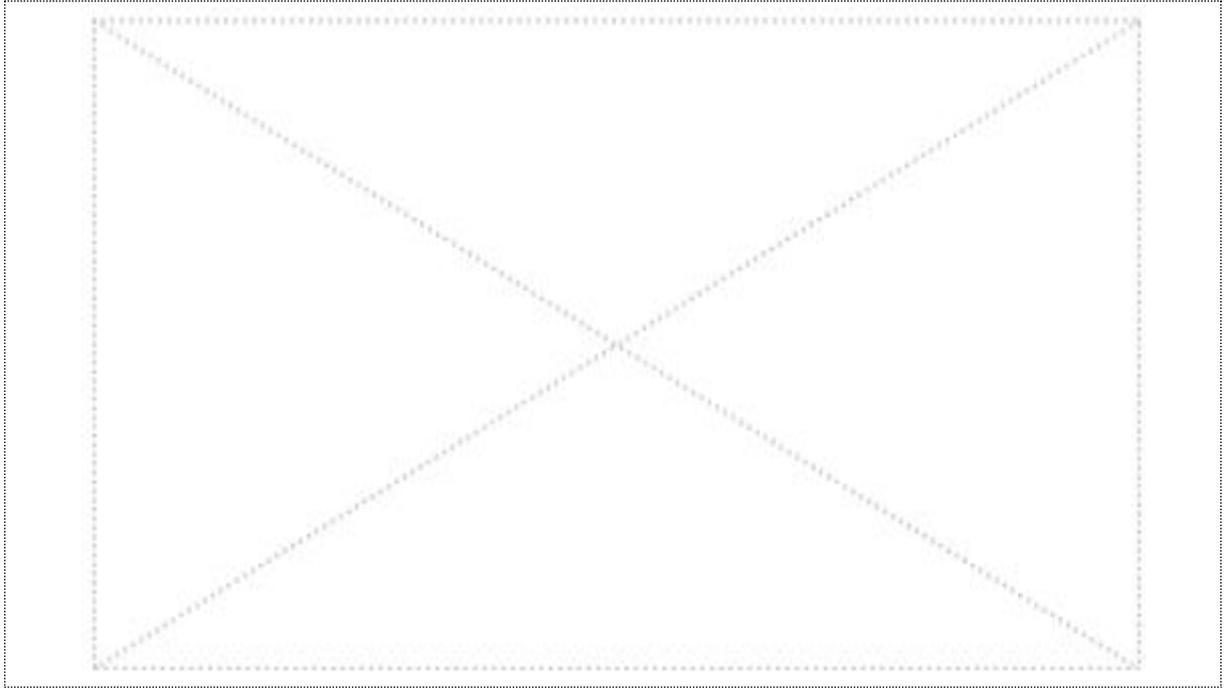
- 한계도전 프로젝트는 HRHR(High-Risk, High-Return) 연구를 수행하는 사업으로 고난이도의 기초·원천연구 위주의 사업을 수행
 - 알키미스트 프로젝트는 기업 수요를 반영한 산업 선도의 시장 지향적 사업으로 범용적 기술 공급에 초점을 두고있는 것으로 파악됨
 - 혁신도전 프로젝트는 범부처 R&D로 부처간 협력이 이루어짐에 따라 관리체계 및 예산 등의 문제로 성과 창출에 어려움이 존재하는 것으로 나타남



<그림 4-5> 도전혁신형 R&D 사업 Positioning

4.3 사업 추진체계 및 역할

□ 사업 추진체계 및 역할



<그림 4-6> 한계도전프로젝트 사업 추진체계

<표 4-10> 추진체계 주체별 역할 및 책임

| 구분 | 역할 및 주요 내용 |
|------------------------|---|
| 과학기술정보통신부 | <ul style="list-style-type: none"> 사업 총괄관리 책임PM과의 직접적 소통을 통한 연구개발의 애로사항 해결 지원 |
| 한국연구재단 | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전 전략센터를 설치하여 기존 본부와 분리 운영 수행 |
| 한계도전전략센터 | <ul style="list-style-type: none"> 책임PM 및 지원조직(성과, 연구지원팀) 관리 책임PM과의 직접적 소통으로 연구진행 사항 및 애로사항 공유 |
| 한계도전R&D 위원회 | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전 R&D 기획위원회: 12대 국가전략기술 및 과학기술 관련 전문가로 구성된 기획위원회로 국가·사회적 문제 이슈 도출 및 기술적 한계 파악으로 연구테마 선정 수행 |
| 책임PM | <ul style="list-style-type: none"> 선정된 연구테마와 관련한 유망한 전문가로 과제의 전반적인 관리를 수행하는 주체 |
| Tech to Impact (성과지원팀) | <ul style="list-style-type: none"> 기술사업화 지원을 중심으로 하는 지원조직으로 연구 진행 및 종료 이후에도 기술사업화 및 기술사업화를 위한 후속연구 지원 |
| 운영지원조직 (연구지원팀) | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전 프로젝트 진행을 위한 행정적 지원 수행 연구 성공/실패 폐지 등 연구 종료 후에도 지속적인 지원을 위한 타사업 연계 지원 등 수행 |
| 과제연구팀 | <ul style="list-style-type: none"> 책임PM과의 연구 애로사항 공유 등 자유로운 의사소통을 통한 과제 수행 |

4.4 사업 구성 및 규모

가. 세부사업 산출 근거

- (해외 유사사업 분석) DARPA, ARPA-E 등 프로그램의 지원 규모와 지원 기간은 목표의 중요성, 난이도 등에 따라 다양하게 나타남
- ARPA-E는 프로그램 당 예산은 평균 약 32백만 달러, 프로젝트는 약 13개, 기간은 3년이나, 난이도 및 중요성에 따라 상이함

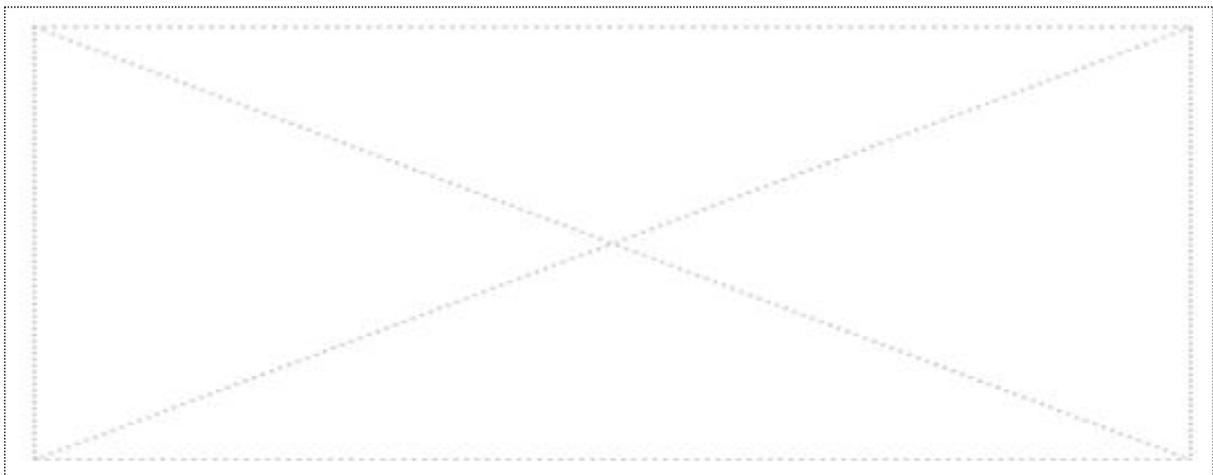
<표 4-11> ARPA-E 주요 프로그램 사례

| 프로그램 | 프로젝트 수 | 기간(개월) | 예산(억원) |
|--|--------|--------|--------|
| Accelerating Low-cost Plasma Heating and Assembly(ALPHA) | 9 | 36 | 372 |
| Green Electricity Network Integration(GENI) | 15 | | 516 |
| Plants Engineered To Replace Oil(PETRO) | 10 | | 672 |
| Solar Agile Delivery of Electrical Power Technology(Solar ADEPT) | 7 | | 144 |

*ARPA-E Annual Report for FY 2019 참고, 환율 1200원 적용

- DARPA도 프로그램별 기간과 예산 범위는 상이*하나, 경쟁형 R&D를 통한 단계적 지원이라는 공통점을 가지고 있음

* 기간은 3년에서 최대 10년, 예산은 300억 원~1,600억 원 등 다양



<그림 4-7> DARPA의 프로그램 HPCS(고성능 연산 시스템) 개발 사례

□ (전문가 기술수요조사) 기술수요조사 결과 변혁적 기술 확보를 위해서는 중장기 및 대형 연구지원이 필요하다고 나타남

○ 사업 목적 달성을 위한 기간으로 5년 이상이 84.1%, 7년 이상이 62.1%로 중장기 연구가 적합하다는 의견이 다수

- 연간 적정한 지원 금액은 50억 원 이상이 61.4%, 75억 원 이상이 44.7%를 차지하며 중·대형 연구가 적합하다는 의견이 다수

<표 4-12> 필요한 예산 및 지원기간 설문조사 결과

| | | | | | |
|---------------|-------|-----------|-----------|------------|--------|
| 지원 규모 (연간) | ~ 25억 | 25억 ~ 50억 | 50억 ~ 75억 | 75억 ~ 100억 | 100억 ~ |
| | 17.4% | 21.2% | 16.7% | 18.2% | 26.5% |
| 지원 기간 | ~ 3년 | 3년 ~ 5년 | 5년 ~ 7년 | 7년 ~ 10년 | 10년 ~ |
| | 2.3% | 13.6% | 22.0% | 31.8% | 30.3% |

□ (도전혁신형 R&D 사업 규모 분석) 과기정통부 지원 도전혁신형 사업의 과제당 평균 지원금액(약 8억 원) 확인

<표 4-13> 2021년도 과기정통부 유사사업 현황

(단위 : 백만 원)

| 사업명 | 과제수(개) | 연구비 | 평균지원액 |
|--------------------|--------|-------|-------|
| 과학난제도전 융합연구개발사업 | 5 | 7,000 | 1,400 |
| 혁신도전프로젝트 | 2 | 1,900 | 950 |
| 미래융합기술 파이오니어 | 1 | 127 | 127 |
| | 평균 | | 825.7 |

* 총괄, 단위과제 기준으로 산정

◆ 확보 기술의 중요도(전략성 등), 필요 지원 규모, 난이도 등에 따라

①장기 대형 집단연구와 ②중규모·중기연구로 구분하여 지원

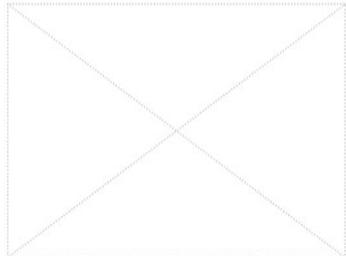
나. 사업 구성 및 지원 규모

① 1회차 5개 프로그램에 총 1,388.4억 원 규모 지원

* 5개 연구프로그램 x 5차 = 1,388.4억 x 5회 = 6,942억 원

- (지원 분야) 필수 전략기술 분야의 변혁적기술 확보를 위해 장기간의 대규모 집단연구 지원이 필요한 분야
- (지원 규모) 프로그램 당 최대 10년 동안 585.0억 원 규모 지원
- 단계별 연구 프로그램 당 상이한 규모의 예산 지원
- (지원 체계) 다양한 분야의 집단연구가 필요한 대형연구의 특성 상 지원조직을 구성하여 책임PM의 전문성 보완
- (지원 방식) 책임PM은 세부 프로그램 목표 특성에 따라 조합형, 경쟁형 등을 선택·혼합하여 복수 혹은 단수 연구단을 선정하여 관리

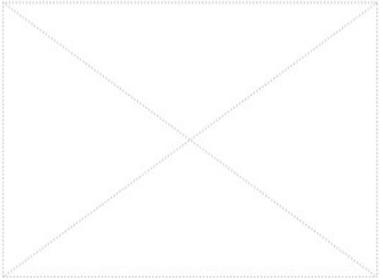
<표 4-14> 지원 체계 및 주체별 역할

| | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ① 책임PM : 프로그램 목표 제시, PI 선정 및 탈락, 마일스톤 및 포트폴리오 구성, 프로그램 관리 등 ② 연구팀 : 포트폴리오에 따른 연구 수행 |
|---|--|

② 사업화 지원 프로그램 운영 : 총 180억 원 지원

- (지원 분야) R&D를 수혜한 프로젝트 중 상용화를 통해 높은 파급효과를 가질 것으로 예상되는 프로젝트의 상용화 지원
- (지원 규모) 3단계 연구 프로그램 당 18억 원 규모 지원
- (지원 체계) Tech to Impact(기술사업화팀)을 주도로 상용화가 가능한 프로젝트를 발굴하여 상용화를 지원하되, 책임PM의 평가를 통해 지원여부 결정

<표 4-15> 사업화 지원프로그램 지원체계 및 주체별 역할

| | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ① 성과지원팀 : 사업화 지원 프로그램 소요에 대한 평가 및 자문을 통해 컨설팅형 사업계획서 작성 ② 운영지원팀 : 연구프로그램 운영상의 애로사항에 대한 행정적 등의 지원 수행 ② 책임PM : 연구성과 이해 및 기술사업화조직의 상용화 가능성 의견에 기반한 지원여부 결정 |
|---|--|

③ 한계도전 전략센터 설치 및 운영지원 : 사업기간 14년 간 총 405억 원 지원

- (지원 분야) 인건비, Tech to Impact 운영(사업화지원팀), 운영지원팀 운영, 센터 운영 등 사업단 전반에 대한 운영비 지원
 - 사업의 행정 지원 및 사업화를 위한 전담조직 운영 지원 예산 등 포함

다. 연도별 소요 예산 세부내용

□ 한계도전프로젝트는 경쟁형 R&D 방식의 연구 프로그램 운영

- 14년 간 총 25개의 연구 프로그램에 대한 사업을 수행하며, 약 7,527억 원 소요
 - 책임PM의 판단에 따라 연구 프로그램 수 및 예산 변경 가능

(단위: 개, 억 원)

| 구분 | | 1년차 | 2년차 | 3년차 | 4년차 | 5년차 | 6년차 | 7년차 | 8년차 | 9년차 | 10년차 | 11년차 | 12년차 | 13년차 | 14년차 | 합계 |
|--------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 1차 | 연구 과제수 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| | 연구 예산 | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | | | | |
| | 연구당 기평비 | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | | | | |
| | 합계 | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | | | | 1,388.4 |
| 2차 | 연구 과제수 | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| | 연구 예산 | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | | | |
| | 연구당 기평비 | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | | | |
| | 합계 | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | | | 1,388.4 |
| 3차 | 연구 과제수 | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| | 연구 예산 | | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | | |
| | 연구당 기평비 | | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | | |
| | 합계 | | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | | 1,388.4 |
| 4차 | 연구 과제수 | | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| | 연구 예산 | | | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | | |
| | 연구당 기평비 | | | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | | |
| | 합계 | | | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | | 1,388.4 |
| 5차 | 연구 과제수 | | | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 연구 예산 | | | | | 10 | 15 | 30 | 30 | 50 | 80 | 120 | 120 | 80 | 50 | |
| | 연구당 기평비 | | | | | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 4.3 | 6.3 | 6.3 | 4.3 | 2.8 | |
| | 합계 | | | | | 56.5 | 84.5 | 96.9 | 96.9 | 105.6 | 168.6 | 252.6 | 252.6 | 168.6 | 105.6 | 1,388.4 |
| 인건비 | 책임PM (5명) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 140 |
| T2 I | 사업화지원조직 (5명) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 70 |
| | 사업화지원 프로그램 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 180 |
| 운영지원센터 | 사업기획실(2명) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 28 |
| | 사무행정원(2명) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| | 사무보조원(4명) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 28 |
| | 기획추진비용 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 55 |
| 센터 | 운영비 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 70 |
| 합계 | | 86.5 | 171 | 267.9 | 364.8 | 506.4 | 618.5 | 786.6 | 942.3 | 1014 | 975 | 806.4 | 553.8 | 301.2 | 132.6 | 7,527 |

4.5 사업 목표 설정

□ 성과 목표 및 핵심 성과지표 설정

<표 4-16> 성과목표 및 핵심 성과지표 설정 근거

| 성과 목표 | 핵심 성과지표 | 측정방법 및 근거 | |
|-----------------------|--------------------------|---|---|
| 도전적 연구를 통한 혁신적인 기술 개발 | 삼극 특허 수 34건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> • 삼극특허를 성과목표로 설정한 유사사업의 소요금액 당 삼극특허 창출목표를 동 사업에 적용 (1,000억 원당 4.07건) * 산업기술알키미스트프로젝트 • 도전적 목표치인 1,000억 원 당 4.5건을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> • 본 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허 조사 * 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO) 일본 특허청(IPO) 특허등록증 |
| | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> • 유사사업의 소요금액 당 우수논문 창출건수를 사업에 적용(10억원 당 2.1건) * 미래융합기술파이오니어 • 동일 목표치인 2.1건을 설정함 | |
| | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> • 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사 | |
| 기술성과 확산 | 후속 투자 유치금액 3,763.5억 원 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> • ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.46%)한 비율을 산정(48%) * `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대비 `19년 한국 VC 투자규모(8.3조원) 비율은 14.46% • 도전적 목표치인 50% 적용 * 글로벌프론티어사업의 현재까지의 투입 연구비(7,243억원)대비 투자유치금액(1,167억원) 비율인 16%보다 3배 높은 수준 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> • 본 연구를 통해 확보된 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사 |
| | 기업공개 (IPO) 4.5건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> • ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 EXIT 건수 성과(20개) 비율을 산정(1조원당 5.4개) • 도전적 목표치인 1조 원당 6개 적용 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> • 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정 |
| | 기술이전 금액 753억원 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> • 유사사업의 소요금액 당 기술이전금액을 동 사업에 적용(10억원 당 84.3백만원) * 미래융합기술파이오니어 • 도전적 목표치인 10억원당 1억원을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> • 본 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사 |

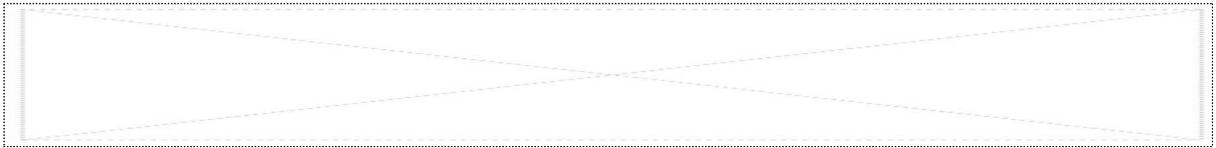
* 미국과 국내의 투자시장 성숙도 차이와 투자 라운드별 투자규모 차이를 고려하여 해외VC 초기투자규모 적용

* 출처: KVIC, 해외 VC 시장동향(미국 VC 투자규모), KVIC `20년 전체(범부처) 벤처투자실적 (국내 VC 투자규모)

4.6 사업 세부 추진계획

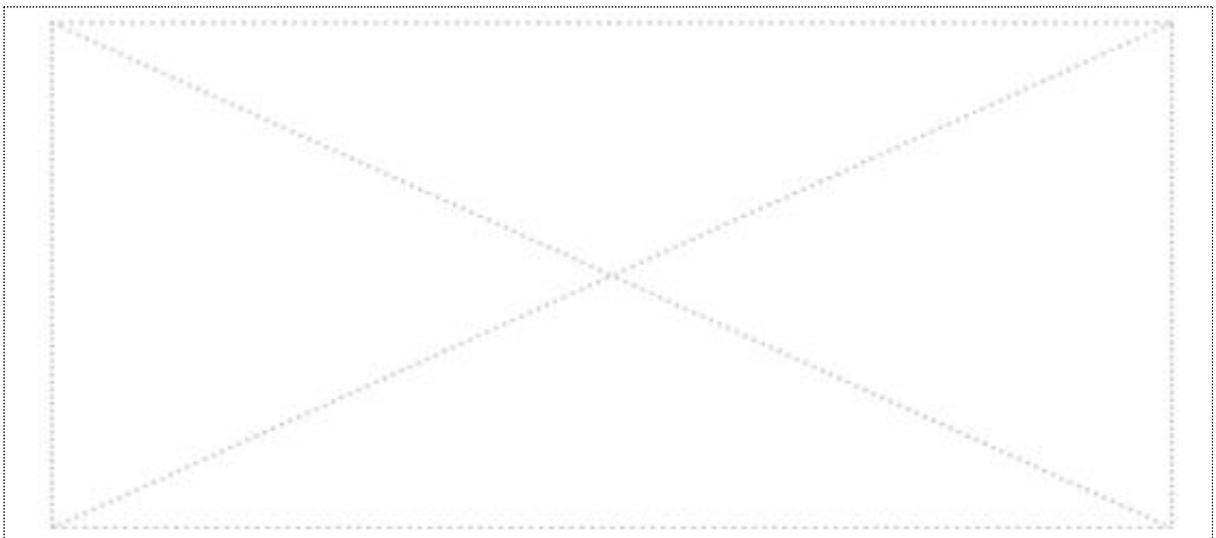
가. 연구프로세스

□ 한계도전 프로젝트 사업 추진절차



<그림 4-8> 사업 프로그램 기획 절차

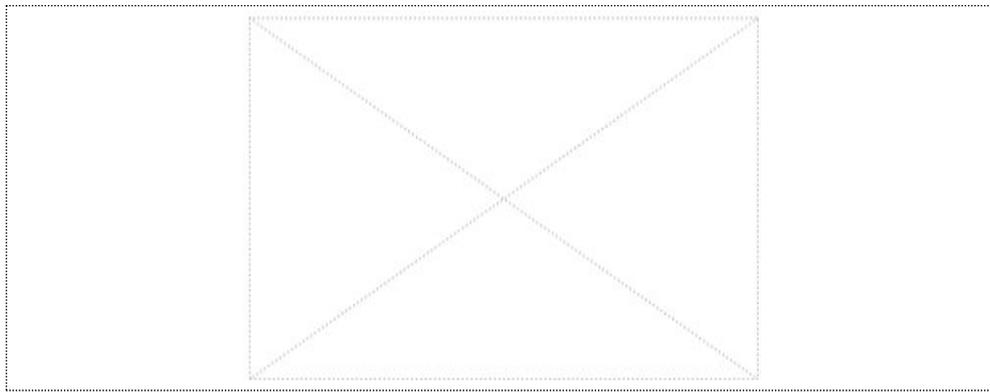
- (프로그램 기획) ①국가·사회적 난제, ②기술적 진보, ③산업적 임팩트를 감안한 책임PM의 연구과제 선정
 - (문제 인식 및 발굴) 국가적·사회적 문제 상황 및 이슈에 대한 기술적 한계 영역을 확인
 - (임무지향형 연구테마 선정) ‘한계도전 R&D 기획위원회’를 통하여 12대 국가전략기술에 부합하며 기술적 진보가 필요한 연구테마 분야 발굴 및 선정
 - (책임PM 선정) 연구테마와 관련한 전문지식을 갖춘 책임PM 선정
 - (포트폴리오 과제 관리) 연구테마에 해당하는 기술개발을 위하여 책임PM의 주도적 세부과제 기획 및 선정으로 사업을 추진하며, 상시적인 포트폴리오 점검을 통한 과제 관리 수행



<그림 4-9> 세부 프로그램 진행 절차

○ (평가) 책임PM은 연구 수행 전주기에 걸쳐 컨설팅을 수행하며, 사업 진행에 관한 평가를 진행

- (단계평가) 세부 프로그램별 임무 및 기간 등을 설정하여 연구 진행 시 포트폴리오 진행 관리 및 점검, 마일스톤 평가 등을 수행
- (종료평가) 한계도전프로젝트는 정량적 성과지표를 통한 연구 성공/실패로 종료평가를 수행하는 것이 아닌 연구 수행 과정 및 성과에 대한 공개포럼, 세미나를 통한 공개발표회 형식으로 평가
- (컨설팅) 연구 진행 상황 및 과정 상의 연구팀의 애로사항 등을 지속·밀착 컨설팅하여 연구 수행 방향을 관리



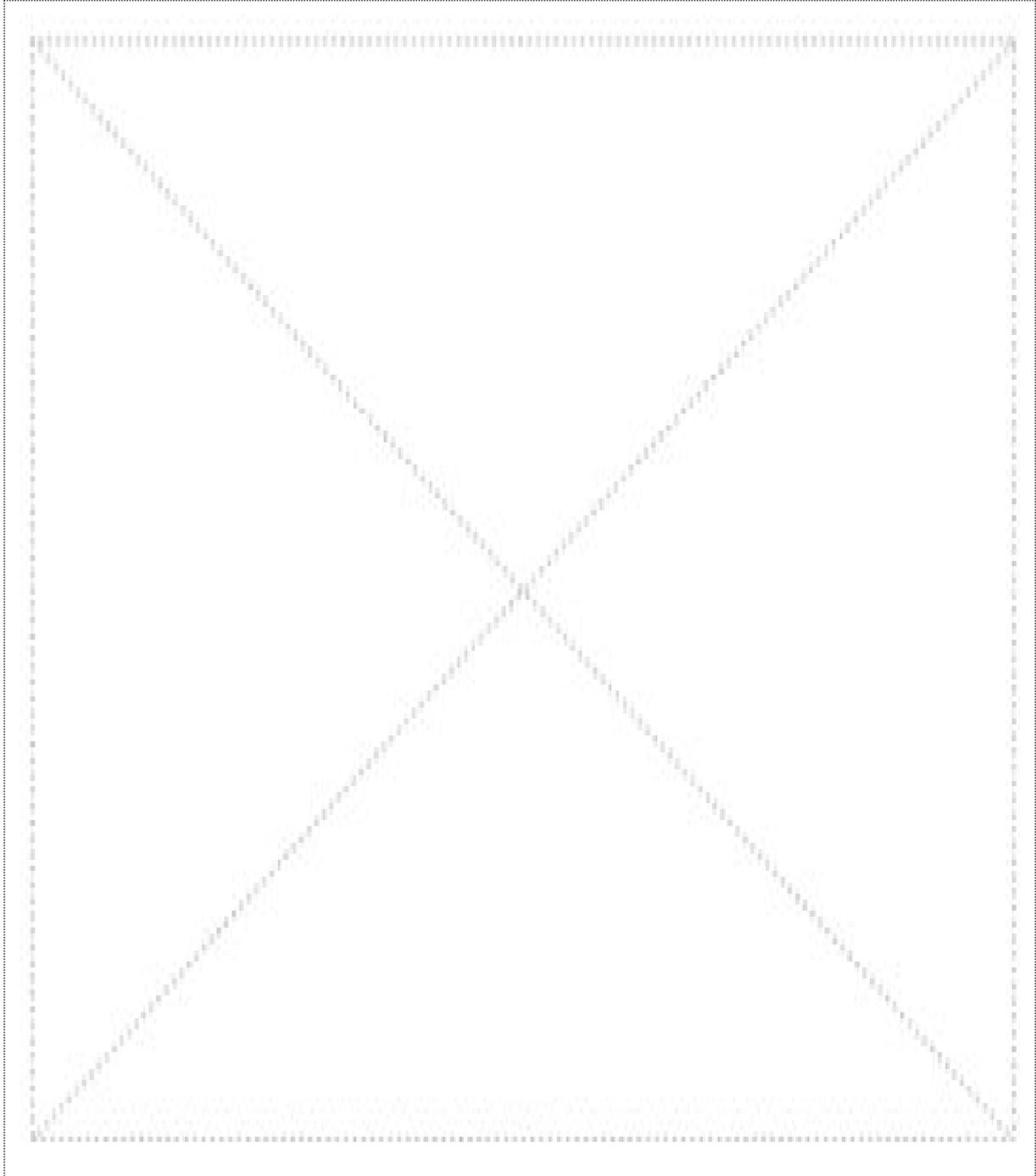
<그림 4-10> 한계도전 프로젝트 사업조직

○ (성과활용) 책임PM은 목표 달성을 위한 세부 기술 기획 시 성과 확산을 위한 전담 지원 조직과의 연계를 통하여 성과 활용을 염두 한 사업 기획 필요

- 성과 확산을 위한 전담 조직은 책임PM과의 연계를 통하여 기술수요를 발굴하고 성과교류 등을 통하여 기술사업화를 위한 지원을 추진
- 또한, 연구단 종료 이후 성과 활용의 단절을 막기 위하여 타 기관 및 부처와의 연계를 통하여 후속 사업 진행 및 타사업 연계 등을 통하여 공공·민간으로의 기술이전 등의 지원 수행

□ 한계도전프로젝트 사업은 프로그램 기획·평가·성과활용의 프로세스로 추진

<표 4-17> 한계도전프로젝트 사업 프로세스



□ Top-Down 형식의 임무중심형 연구테마 설정

- 국가·사회적 난제 해결을 위한 연구개발에 있어 실패 위험도가 높으나 개발 시 산업적 파급력이 큰 기술개발은 국가 경쟁력 제고에 높은 영향을 줌에 따라, 명확한 미션을 설정한 임무중심형 연구개발이 필요
 - 기술비지정형 연구개발을 수행하기 위해선 사회문제를 해결하기 위한 도전적이고 명확한 임무 목표 설정이 필요하여 이를 위한 Top-Down 이 필요
- 한계도전 R&D 위원회 및 책임PM 주도를 통해, 12대 국가전략기술 중 국가·사회적 난제, 기술적 진보, 산업적 임팩트, 산업적 수요 등을 고려한 연구테마 선정
 - 고위험·고부가가치(HRHR)의 도전적이고 한계를 도전하는 변혁적 연구수행을 위한 분야 및 임무(목표) 설정

□ 책임PM 주도의 연구 프로그램 기획 및 선정·평가

- 책임PM은 연구 프로그램의 관리를 전담으로 하는 사업 주체로 프로그램의 기획·선정·평가·관리 등을 수행
 - 책임PM의 주도의 연구 기획단계에서 산업적 수요 확인과 수요 기반의 HRHR 연구기획이 필요
- 연구 프로그램을 기획을 통하여 수행 연구단을 모집·선정하며 프로그램 별 세부 사업의 목표 달성을 위한 전주기적 사업 관리를 실시
 - 연구팀(연구단)과의 의사소통과 포트폴리오 과제 관리를 통하여 대내외 환경변화를 감안한 마일스톤 변경을 수행하고 책임PM의 자율적 결정으로 세부 프로그램별 예산 배분 및 사업의 지속·중단을 결정

□ 혁신적 기술 및 성과 확산을 위한 상용화 전담 조직

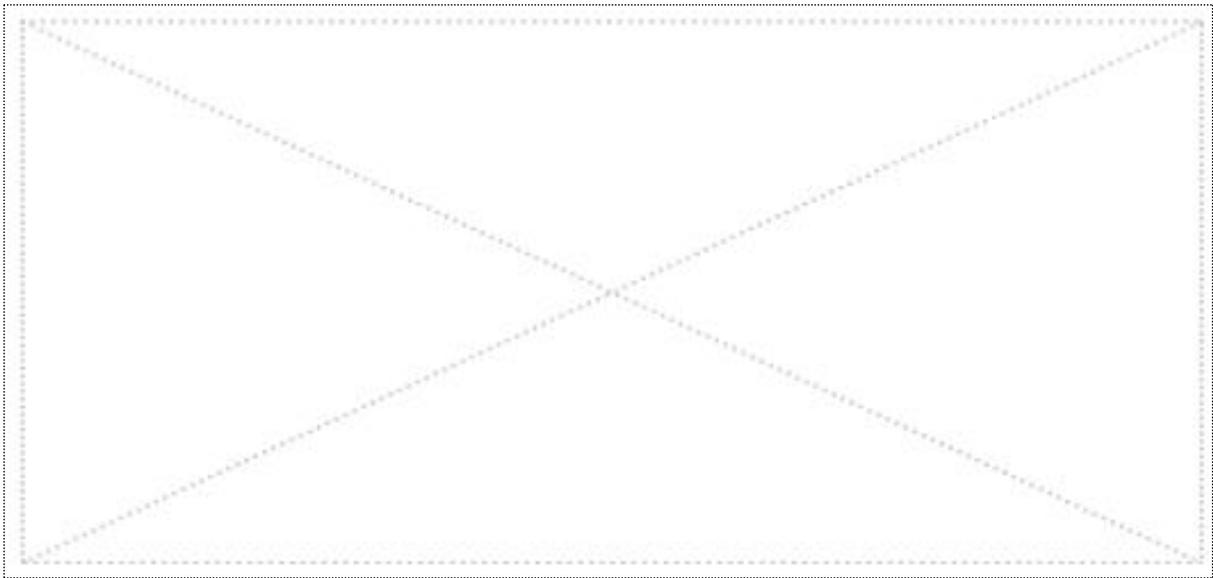
- 정부가 연구개발의 실패와 경제적 경쟁력에 대한 위험을 감수하고 공공, 민간에서의 산업화를 이루는 협력적 혁신이 필요함에 따라, 책임PM과 기술사업화 지원조직은 프로그램 기획단계에서 부터의 협업이 필요
 - 민간 기업, 대학, 규제, 조세, 보험, 자본 투자 주체들이 연구개발의 성과를 활용·확산 시킬 수 있는 한계도전 프로젝트형 혁신R&D 체계 구축이 필요
- 전담 조직과 성과확산을 위한 중개연구를 수행하고 연구개발 종료 후에서 단절 없는 후속 연구 및 투자가 이루어져야 함
 - 연구개발 초반 단계부터 책임PM의 꾸준한 포트폴리오와 관리와 기술사업화

전담조직 간의 지속적인 의사소통으로 효과적이고 신속한 성과의 확산이 수행되도록 체계 구축

- 또한, 연구개발의 과정 및 성과가 기업의 마중물이 될 수 있도록 정부는 공공 시장 제공과 공공 수요 연계형의 후속 사업, 타사업 연계를 통한 지속적인 지원 필요

나. 연구프로그램 기획

□ 연구프로그램 기획을 위한 세부 추진 구성



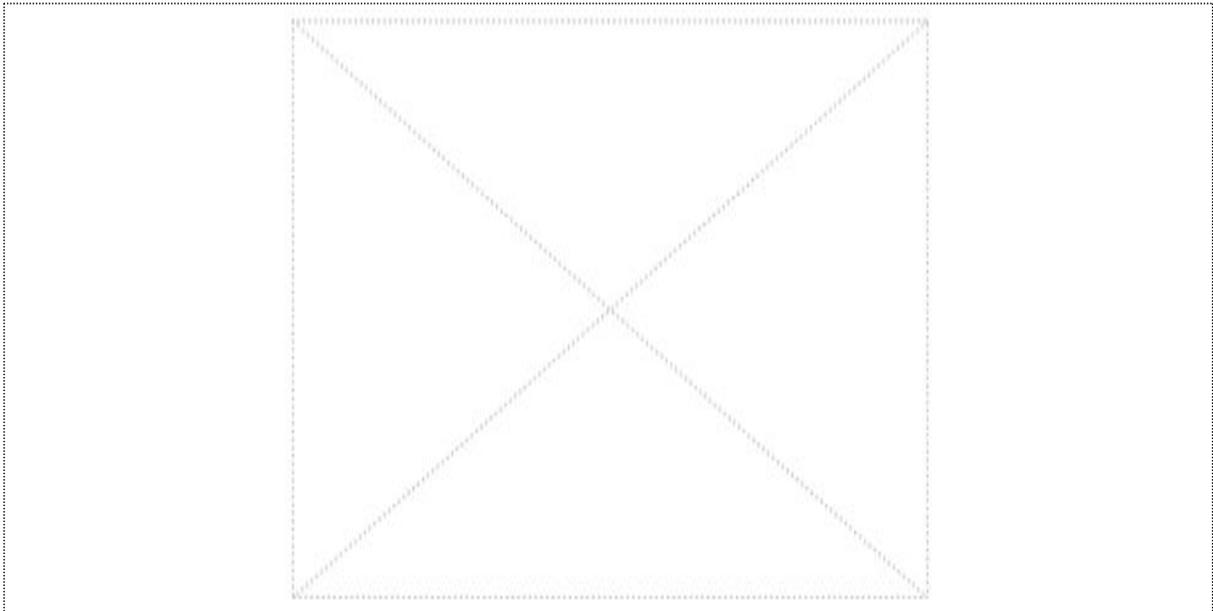
<그림 4-11> 연구프로그램 기획 추진 구성(안)

- 난제 해결을 위한 문제 인식 및 연구테마 선정
 - 국가·사회적 이슈 분석으로 기술적 진보가 필요한 문제에 대한 인식 및 조사 진행
 - 분야별 기술적 수요가 존재하고 사회·산업적 높은 파급력이 예상되는 기술분야에 명확한 임무를 선정한 도전적 연구 수행
 - 연구테마는 ①기존의 한계를 뛰어넘을 수 있는 차세대 전략 분야, 실패의 가능성이 크나 성공시 사회적 파급력이 높은 ②HRHR 연구 분야에서 선정 필요
 - 명확한 임무 중심의 기술·산업적 영향이 큰 기술개발 및 12대 국가전략기술 육성을 위한 HRHR(High-Risk, High-Return) 연구개발 수행
- 임무지향형 목표 달성을 위한 사업 전주기 관리를 주도적으로 수행하는 책임PM을 통하여 포트폴리오형 유연한 과제 관리를 진행, 선진화된 R&D

관리체계 정착

- 정량적 성과 관리가 아닌 사업 추진 과정에 대한 공개 평가와 책임PM의 밀착 컨설팅을 통하여 환경변화에 따른 연구방향 수정 등 변혁적 기술 확보를 위한 유연한 관리체계 구축
 - 연구 프로그램의 기획·선정·관리·평가를 책임PM이 주도적으로 수행하여 책임성 및 전문성을 강화하고, 프로그램 예산 분배 및 편성 방식에 자율성을 부여하여 행정적 제약 최소화
- 목표 달성을 위한 책임PM의 포트폴리오 관리로 한계도전 프로젝트의 성과 제고
- 한계도전형 R&D의 성과는 국가 경쟁력 제고 및 산업 혁신에 기여함에 따라, 책임PM과 사업지원조직 간의 지속적인 관리·지원 필요
 - 책임PM은 필요시 연구개발을 중단 및 포트폴리오 변경을 수행하여 임무 성공 가능성 제고 및 성과 촉진

① 사업의 주도적 역할을 수행하는 책임PM



<그림 4-12> 임무지향형 연구테마 선정 과정(안)

○ 책임PM

- 한계도전 프로젝트는 기존 R&D 관리체계가 아닌 도전적 목표 하에 변화하는 환경 속에서 연구를 수행하기 위한 사업으로 선진화된 관리체계* 정착이 필요
- * 美 DARPA, ARPA-E의 HRHR(High-Risk, High-Return)을 위한 지원방식
- 이를 위해선 책임PM의 역할이 중요하며, 책임PM은 연구 수행을 위한 전문가 및 기술 분야의 최고 권위자가 아니라 사업의 기획 및 운영 등을

수행할 수 있는 분야의 전문적 지식을 지닌 자로 선정 필요

- ⇒ 기술과 전문지식뿐만 아니라 경영, 관리에 대한 이해와 커뮤니케이션 능력 또한 필요한 포지션

○ 책임PM 선정을 위한 평가

- (평가 ① 과기부(연구재단)) 전문가 추천, 공고 등을 통해 후보군 모집
 - ⇒ 책임PM은 선정된 연구테마에 대한 연구개발 프로그램 제안을 수행
- (평가 ② 위원회) 책임PM 선정 사전워크숍 및 평가워크숍 운영으로 사업에 대한 인식 공유 및 공감대 형성
 - ⇒ 책임PM이 제안한 프로그램이 ①국가·사회적 난제 해결을 목표로 하는지 ②산업 경쟁력을 비약적으로 높일 수 있는지 ③HRHR 연구개발에 맞는 아이디어 인지를 면접 심사를 통해 확인

<표 4-18> 책임PM 선정 추진 절차(안)



○ 책임PM의 역할 및 지원체계

- 연구를 직접 수행하는 것이 아닌 선정된 미션(임무)을 위한 사업(연구 프로그램)에 대한 전주기적 관리를 수행
 - ⇒ 책임PM은 도전적 문제의 출제자 및 연구개발 전방의 컨설턴트, 기술 간 융합을 통한 혁신 창출 등의 역할을 수행하여야 함

<표 4-19> 책임PM 역할 구성(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|----|--|
| 역할 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구테마에 따른 프로그램 상세 기획 및 수행 기관 선정 • 연구 프로그램의 전주기적 관리 및 예산의 자율적 분배 • 과제 관리·평가를 통한 마일스톤 변경 및 중단 선언으로 사업 추진 • 연구 성과 활용을 위한 기술사업지원팀과의 연계 |
| 자질 | <ul style="list-style-type: none"> • 대학 조교수급 정도의 도전혁신적 연구개발 사업의 이해 및 역량 보유 • 연구개발 및 기술사업화 등의 경험 또는 실적 • 연구테마에 대한 이해도 및 관심, 잠재능력 보유 • 국내외 연구개발 동향 파악 및 정보 수집 능력, 폭넓은 시야와 시각 • 연구자 및 관계자 등과의 원활한 커뮤니케이션 능력 및 리더십 존재 |
| 지원 | <ul style="list-style-type: none"> • (형태) 상근/비상근/반상근 직으로 상황에 맞는 고용 가능 • (임기) 반년~3년 사이의 단기직 (수행하는 연구 프로그램 종료 시까지) • (연봉) 연 2억 원 이상의 연봉 및 세금 혜택 등의 기타 보상 체계 지원 |

○ 책임PM의 권한

- 책임PM은 한계도전프로젝트 과제의 기획·선정·관리·평가를 수행하는 주체로 과기부(연구재단) 등과의 직접적인 의사소통으로 사업의 문제 해결 및 진행 관련 사항 공유를 통한 빠른 의사결정 권한을 지님
 - ➡ (기획) 미션 수행을 위한 기술개발 세부 기획
 - ➡ (선정) 연구 프로그램 선정 및 방향성 판단
 - ➡ (관리) 연구 진척 상황의 관리 및 진도 관리, 연구방향(마일스톤) 수정, 밀착 컨설팅을 통한 연구프로그램 조정·관리 등을 수행
 - ➡ (평가) 사업의 성공/실패 판단, 성과 미흡의 과제에 대한 연구자 평가 및 프로그램 평가를 통한 프로그램 수정 등의 재량권 행사

○ 책임PM의 견제장치 구성

- 기획·평가설명회, 공청회 등 다양한 리뷰 절차를 통한 전문성 검증과 정책담당자와의 정례적 소통으로 업무의 투명성 확보
 - ➡ 공식적인 대외 발표 활동을 통해 1년간의 수행내역과 연구 진행현황을 점검하고, 수행정도를 책임PM 평가에 반영

- 또한, 책임PM의 의사결정 신뢰성 및 객관성 확보를 위하여 동료평가(Peer Review)를 수행하고 책임PM의 연구 관리에 대한 다양한 관점에서의 피드백 제시

- 연구과제 기획에 있어 예산 및 추진전략에 대한 철저한 검증을 수행하고, 세부 목표 달성 및 성과 등에 대한 지속적인 검증·평가 진행으로 책임PM의 강력한 권한행사에 대한 책임을 부여

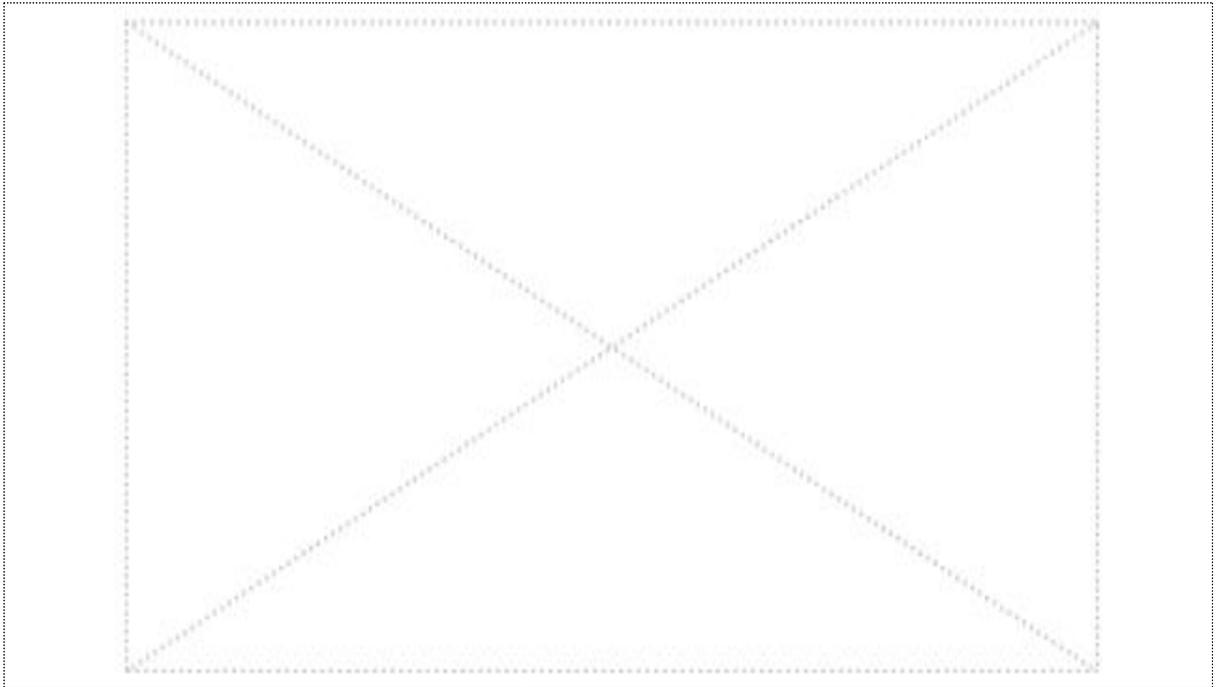
○ 한계도전 R&D 위원회를 통한 책임PM 평가

- 한계도전 프로젝트 사업은 책임PM이 강력한 권한을 지니는 사업으로 연구의 전반적인 관리 수행에 대한 전권을 지니고 있음에 따라, 책임PM에 대한 평가 및 제제 장치 필요
 - ➡ 연구 진행 과정에서의 ①공개 세미나 참가를 통한 평가 수행
②책임PM의 연구 Go/No-Go 과정 설명 요구 등의 활동이 필요할 것으로 예상됨

<표 4-20> 책임PM 활동 평가(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|---------|--|
| 프로그램 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구 프로그램이 산업적·사회적 변혁을 가져올 전망이 있는가? • 기존의 한계를 뛰어넘는 변혁적 기술 확보 성과가 있을 것인가? • 고위험-고부가가치의 도전·혁신형 R&D 인가? |
| 활동 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 기존의 목표달성이 어려울 것으로 예상되었을 때, 적절한 마일스톤 변경을 수행하였는가? • 성과의 사업화, 후속연구 연계 시 사업의 기획이 적절하였는가? • 목표를 달성하지 못하였을 때, 연구 과정에서 유익한 정보를 도출할 수 있는가? |

② 연구테마 선정을 위한 국가·사회적 문제 인식 및 발굴



<그림 4-13> 연구테마 도출 및 발굴 과정(안)

○ 문제 인식 및 명확한 문제 정의

① 미래사회상 예측

- 미래예측보고서, 글로벌 메가트렌드 분석, 국내외 발간자료 등을 조사·분석하여 미래사회상을 예측하고 개발 시 파급력이 높을 것으로 예상되는 과학·기술적 수요를 발굴

② 국가·사회적 문제와 기술적 이슈 조사

- 사회적 이슈 사항에 대한 문제 해결에 있어 기술적 한계가 존재하는 분야를 선별하여 기술적 진보 가능성에 대한 조사 및 분석 수행

③ 12대 국가전략기술 분야별 수요기술 조사

- 출연(연), 대학, 기업 등 분야별 전문가들을 대상으로 개발 시 산업적

가치가 높은 것으로 예상되는 기술에 대한 수요 조사를 수행하고 분야별 유사 수요의 Scale-up을 통한 수요 기술 도출

○ 문제 상황 인식을 위한 수행 주체

- (한계도전 R&D 위원회) 한계도전 프로젝트의 기술개발 분야 및 기술개발 방향성 제시

➔ 국내외 변화하는 사회상에 대한 환경분석 및 국내외 기술동향 조사·분석을 통하여 변화하는 미래사회상에 따른 필요 기술 분야 도출

<표 4-21> 한계도전 R&D 위원회 구성(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|----|--|
| 구성 | <ul style="list-style-type: none"> • (인원) 총 15명 내외의 분야별 최고 전문가로 구성 • 해당 분야에 높은 이해도를 지니고 있는 경력 30년 이상의 산·학·연 전문가 <ul style="list-style-type: none"> - (기술분야별) 산업·기술적 수요가 예상되는 연구테마 분야 판단 - (정책) 연구테마가 기존 R&D 전략과의 연계성 및 부합성이 있는지 판단 - (특허 및 사업화) 연구테마의 원천성·혁신성을 위한 적정성 판단 |
| 자격 | <ul style="list-style-type: none"> • 국내외 분야별 최고 전문가 섭외 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 박사 학위 취득 후 해당 분야에서 15년 이상의 경력을 지닌 전문가 - 해당 분야 교수급의 이해도 및 전문적 지식을 지닌 전문가 |
| 운영 | <ul style="list-style-type: none"> • (연구테마 선정) <ul style="list-style-type: none"> ①미래사회트렌드분석→②미래모습예측→③필요기술도출→④연구테마도출 - 총 5회에 걸친 연구테마 선정 회의 개최 • (책임PM 선정) 기획위원회는 분야 최고 전문가들로 구성되어 있음에 따라, 책임PM이 제안한 연구 프로그램에 대한 질의 및 평가 진행 |

③ 임무지향형 연구테마 선정(Top-Down식)



<그림 4-14> 임무지향형 연구테마 선정 과정(안)

○ 임무지향형 연구테마 선정을 위한 책임PM 주도의 연구테마 선정

- ①국가·사회적 난제 해결, ②기술적 진보, ③산업적 임팩트를 감안한 명확한 임무 설정을 위한 Top-down 식의 연구테마 선정 필요

○ 한계도전 R&D 위원회를 통한 최종 확정

- 연구테마 최종 선정을 위하여 한계도전 R&D 위원회는 기술분야별 산학연 전문가 및 관계부처 등으로 구성

<표 4-22> 연구테마 발굴 시 고려사항(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|----------------|--|
| 문제 해결의 중요성 | • 미래사회에서 해당 문제를 해결하지 못할 경우 초래할 사회·경제적 비용이 막대한가? |
| 기술적 해결 가능성 | • 해당 문제는 기술개발을 통해 효과적으로 극복 가능한가? |
| 현재 기술의 한계 | • 기존의 기술로 달성하고 있는 현재의 기술적 한계(프론티어)를 명확히 설명할 수 있는가? |
| 혁신적 기술 적용여부 | • 기존과 다른 새로운 방법의 기술개발에 해당하는가? |
| 목표의 정량적 측정 가능성 | • 해당 프로그램의 성공 가능성을 판단하기 위한 평가항목을 명확히 설명할 수 있는가? |
| 과급효과 | • 해당 문제를 해결할 경우 사회·경제적으로 어떠한 성과가 과급될 것으로 예상되는가? |

④ 책임PM 중심의 과제 선정 및 협약

- 발굴된 연구테마를 중심으로 프로그램의 목표의 명확한 설정 및 프로그램 기획
 - (사전질의, RFI) 책임PM은 연구커뮤니티, 산업계 등을 통해 해결해야 할 문제, 기회 및 어려움 등 기술적 요구사항을 논의
 - (기획설명회) 프로그램을 연구자들에게 설명하고 기술에 대한 공감대 형성, 연구자들 간의 연구팀 구성 등을 논의

<표 4-23> 연구 프로그램 설정 절차(안)

| | |
|------------------|---|
| 개념정립 | • 발굴한 연구테마 관련 사항을 정리하여, 프로그램(안)으로 가공 |
| 사전질의 (기술수요조사) | • 프로그램(안)에 대한 RFI(Request for Information)을 공고하여 산·학·연의 의견 수집 |
| 기획설명회 (기술고도화) | • 기획설명회를 개최하여 제안된 RFI를 기반으로 현재의 프로그램에 대한 정밀한 인식 |
| 프로그램 확정 | • 책임PM은 기획설명회 이후 정제된 프로그램 아이디어와 정량목표 및 근거를 기반으로 한계도전R&D 위원회(책임PM 포함)를 통해 확정 |

- 연구자와의 협의를 통한 프로그램 마일스톤 및 방향성 논의

<표 4-24> 연구 과제 선정 및 협약 절차(안)

| | |
|---------|--|
| 프로젝트 공고 | • 프로그램 목표 달성을 위한 과제 공고 게시 |
| 선정평가 | • 1차평가 : 컨셉페이퍼를 책임PM와 외부전문가가 평가 및 피드백 • 2차평가 : 1차 평가에서 통과한 연구자는 full 제안서를 제출하여, 책임PM과 외부전문가가 평가 및 피드백 |
| 프로젝트 협상 | • Co-agreement 형태의 프로젝트 협상을 진행 |

<표 4-25> 연구 과제 선정시 고려사항(안)

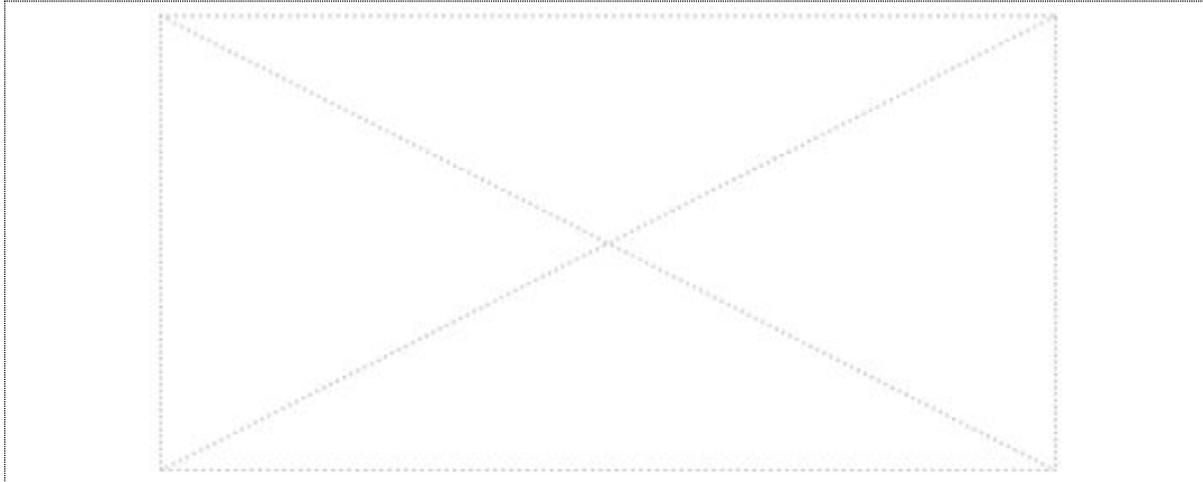
| 구분 | 주요 내용 |
|----------|---|
| 프로그램 적합성 | <ul style="list-style-type: none"> 제안된 과제가 연구테마 목표 해결에 적합한 수단을 제공하는가? |
| 연구팀 역량 | <ul style="list-style-type: none"> 연구팀의 경력, 인프라, 구성원 관계 등을 고려할 때 제안된 과제를 수행할 수 있을 것인가? |
| 포트폴리오 배분 | <ul style="list-style-type: none"> 제안된 과제가 연구테마 목표 달성을 위한 수단으로서 적절한 포트폴리오를 구성할 수 있는가? |

⑤ 책임PM 주도의 포트폴리오 과제 관리를 통한 연구 진행

- 책임PM은 연구테마 임무 달성을 목표로 새로운 시각에서의 구체적 연구 프로그램 세부 기획을 수행
 - 기존의 분야 및 연구 영역에 국한되지 않은 급진적 혁신을 바탕으로 실패의 가능성이 높으나 성공시 파급력이 큰 변혁적 기술에 대한 프로그램 설계 수행
- 유연성을 강화한 연구
 - 프로그램 연구비 집행의 유연성·효율성 향상을 위하여 책임PM에 전권을 부여하여 연구 기획을 수행하며, 목표 달성에 실패하여도 후속 연구, 타사업 연계를 통한 지속적인 연구개발이 가능하도록 기획하여 한계도전형 R&D 관리체계 구축
- 성과확산을 위한 지속적 지원 및 관리
 - 성과 미흡 과제의 연구자 교체 및 마일스톤 변경 등의 포트폴리오 관리로 연구 목표 달성 가능성 제고 및 성과 민간 공개, 민간 기업과 연계 등을 통하여 혁신적 성과에 대한 확산을 촉진

다. 연구수행 평가

□ 한계도전프로젝트의 연구 수행



<그림 4-15> 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 연구수행

<표 4-26> 연구평가 체계도



○ 단계별 연구수행

- (1단계 연구) 5개의 연구과제에 대한 1단계 개념연구를 진행하고 상시컨설팅과 단계평가를 수행하여 다음단계로의 GO/NO-GO 평가
- (2단계 연구) 1단계 연구에서 GO평가를 받은 3개의 연구과제에 대한 본연구를 2년간 진행, 책임PM의 단계평가 등을 통한 평가·분석으로 3단계 본연구를 수행할 연구과제 선정
- (3단계 연구) 최종 연구 진행에 선정된 2개의 연구과제로 6년간 연구수행

○ (단계평가) 연구단, 과제 의 단계별 마일스톤 평가, 포트폴리오 진행 상황 점검, 과제 수 및 연구단 수 변경 등 결정

- 책임PM이 구성한 포트폴리오 별로 평가 방식 및 결과에 자율성 부여
- 프로젝트 협상시 설정한 마일스톤의 달성여부*와 추후 달성 불가능 판단을 기준으로 프로젝트의 변경 및 중단 가능

* 마일스톤 미달성 시에도 최종결과물 도출이 가능성이 판단 될 경우 마일스톤 재협의를 통한 프로젝트 지속 추진

<표 4-27> [참고자료] DARPA의 진도 관리 및 결과 평가

| 구분 | 주요 내용 |
|-------------|--|
| 진도 및 결과 관리 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 매월 프로젝트 별 기술평가 및 연 2회 프로그램 차원 통합 평가 ▪ 각 단계별 Go/No-Go 평가 실시 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 평가는 책임PM이 주관, 실장은 매월, 국장·부국장은 연 1회 참여 ✓ 책임PM이 기술적 이정표 마다 방향 수정 및 성과 부진 시 연구 수행자를 교체하거나 프로그램 재구성 실시 ✓ 연구팀은 매월 재무 및 기술 리포트를 PM에 제출 ✓ 월별 리뷰는 통상 텔레컨퍼런스 또는 연구현장에서 개최 |
| Go/No-Go 리뷰 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Go/No-Go리뷰를 통과하지 않으면 추가 지원 중단 ✓ 매년 프로그램의 약 20%가 단계적으로 종료되고 새로운 프로그램 착수 ▪ 통상 각 단계를 거치면서 프로그램 내 검증된 소수의 과제들이 계속 지원되는 구조 ▪ 통과, 실패, 다음 단계로의 지원 보류 및 추가펀딩, 목표 수정 등 |

<표 4-28> [참고자료] 알키미스트의 과제 평가지표

| 구분 | 개념연구 | 선행연구 | 본연구 |
|---------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| 연구성과 계획 | 연구계획의 우수성, 창의성 등 | 개념연구성과의 우수성, 멤버십기업 협력방안 등 | 선행연구성과의 우수성 |
| 연구역량 | 연구책임자 등의 전문성 | 연구책임자 등의 전문성 | 컨소시엄 구성 및 추진체계 적절성 |
| 성과활용 | 제안 아이디어의 원천성 | 제안기술과 연계되는 시장·산업 전망 | 제안기술의 구체성, 파급효과 및 ELSI 검토 |
| 평가방식 특징 | - | - | 1~2차 평가 연계 |

○ (상시 컨설팅) 연구의 진행 상황 및 애로사항 등을 책임PM과 상담하고 컨설팅 받을 수 있도록 지원 → 단계평가와 연계

- 책임PM을 중심으로 연구수행의 성실도 체크 및 대내외 환경변화와 기술개발 진척도에 따라 R&D 수행방향을 컨설팅*

* 국내외에서 유사기술이 먼저 개발될 시 연구방향 전환, 연구 진행의 한계 등의 이슈 발생시 책임PM과 공유하여 대응방안 도출

- 책임PM는 컨설팅 결과 보고서를 작성하여 과기부 및 한계도전 R&D 위원회에 전달

- 국내외에서 유사기술이 먼저 개발된 경우의 연구방향 전환, 연구 아이디어의 한계 봉착 등 발생하는 이슈에 대해 공유 및 대응방안 도출

<표 4-29> 컨설팅 결과 보고서 항목(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|---------------|--|
| 컨설팅 결과 보고서 항목 | <ul style="list-style-type: none"> • 연구테마명 • 연구과제 프로젝트명 • 추진실적 및 주요성과, • 컨설팅 대상 성과목표 • 컨설팅 요청사항 • 책임PM의견 |

- (최종평가) 성공·실패 대신 연구개발 성과를 성과발표회 형식을 통해 발표→목표 대비 달성률로 성과를 평가
 - 연구추진 당시 인식한 해당 기술의 프론티어에서 어느 정도까지 진보되었는지 정량적 기술개선 정도를 제시
 - 당초 목적인 연구성과의 타 영역 파급 및 응용가능성과, 기술개발 과정에서의 파생되는 연구성과를 공유
 - 성공 가능성에 따른 타당한 방법으로 성실히 연구를 수행하였는지를 중점 평가

<표 4-30> 최종평가 항목(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|------|---|
| 최종평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 정략적 목표의 달성여부 • 연구수행과정의 성실성 • 연구성과의 파급 가능성 |

라. 성과 확산을 위한 활동

□ 한계도전 전략센터 내 지원조직 구성

○ 운영지원조직(연구지원팀)

- (기능) 한계도전 R&D프로젝트에 대한 행정적 간섭을 최소화하기 위하여 사업 관리 업무를 수행하는 지원 조직 운영
- (수행) 연구 과제 수행을 위한 전반적인 지원을 수행하며 후속사업, 타사업 연계 등과 관련한 지원 업무 수행

<표 4-31> 연구지원팀 역할(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|------|---|
| 전략지원 | • 연구 수행과 관련해 필요한 인재 관리 및 사업 홍보 지원 등 |
| 업무지원 | • 연구 수행에 필요한 문서관리 및 개인정보보호, 정보화 등의 지원 |
| 계약지원 | • 사업 계약, 자금관리 및 조달 등과 관련한 전반적인 지원 |
| 법률지원 | • 사업 추진 시 각 단계에서의 법적, 윤리적 자문 지원 및 지식재산관리, 국제표준화 등에 대한 관리 지원 |

○ Tech to Impact(성과지원팀)

- (기능) 한계도전 프로젝트 사업의 연구성과확산을 위하여 기술의 공공·민간 이전과 상용화를 촉진하기 위한 전담 지원조직
- (수행) 산업적 파급효과가 큰 기술에 대한 사업화 지원으로, 연구 종료 후에도 사업의 성과확산을 위하여 사업 진행에 따라 예상되는 성과 파급 가능성 및 사업화 가능성에 대하여 책임PM과의 긴밀한 협조체계 구축

<표 4-32> 성과지원팀 역할(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|----|---|
| 역할 | • 연구성과 활용을 위한 정보 제공 및 사업화 방향성 제공 |
| 방식 | • 종료된 사업의 후속연구 및 타사업 연계 진행 수행 • 기술사업화를 위한 기술이전 및 중개 등의 지원 수행 |

□ 기술사업화 등을 통한 성과 활용 추진

○ 기술사업화 지원조직 활용을 통하여 3단계 본연구에서 사업화에 대한 기술수요 발굴 및 성과교류 등 기술사업화를 위한 지원 추진

- 사업화를 위한 계획 수립 시, 부족한 부분에 대한 컨설팅 진행
- 성과활용이 가능한 잠재적 외부자원(고객, 협력기관 등)의 우선순위를 기술사업화조직에 공유하여 네트워킹 및 파트너 발굴을 지원하도록 하여 기술사업화 지원 프로그램과 연계

<표 4-33> 기술사업화 계획에서의 지원 요청항목(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|-------------------------|--|
| Tech to Impact 요청 사항 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술 시장 및 산업 지식 ▪ 지식재산관리 ▪ 비용관리 모델링 ▪ 비즈니스모델 ▪ 제조·스케일업·공급망 관리 ▪ 후속투자 연계 지원 ▪ 사업 네트워킹 강화 ▪ 기타 사항 |

□ 성과관리 및 연계사업 관리

○ (성과관리) 수행기관의 성과활용 목표 수립과 그를 위한 계획서 작성

- 사업 지원 종료 후 한계도전 프로젝트에서 추진한 연구개발성과 활용 보고서 제출 및 추적평가 실시

<표 4-34> 한계도전프로젝트 사업의 성과관리 항목(안)

| 구분 | 주요 내용 |
|------|---|
| 성과관리 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 총괄과제 및 세부과제 ▪ 참여연구진 변경 및 추가 사항 ▪ 성과정보 기업 제공 ▪ 기술교류 ▪ IP관리 ▪ 기술로드맵 관리 |

○ (기술거래 촉진) 한계도전형 프로그램 진행 시 연구 성과와 수요 시장간의 간극을 줄이기 위한 지원 확대

- 책임PM-Tech to Impact(사업화지원팀)-기술수요기업 공동의 기술 Scale-up 프로그램 운영
- 기술이전 협상·자문(수요기업과 기술이전 조건 협상 및 법률 자문 등), 기술이전 마케팅(기술이전 협상 및 설명회 등 자료(SMK) 작성, 수요기업 후보군 대상 접촉, 기술이전 협의 및 수요자 의견 수렴 등의 지원 수행

<표 4-35> [참고자료] DARPA의 기술이전

| 구분 | 주요 내용 |
|--------|--|
| 적용실행실 | <ul style="list-style-type: none"> • 기술이전업무를 담당하고 있으나 기술실 편제에서는 제외된 상태 |
| 기술이전전략 | <ul style="list-style-type: none"> • BAA 제안 시 기술이전전략을 요구하고 있으며, 평가지표에도 포함 • 기술이전 활성화를 수행기관 선정단계에서부터 중요한 요소로 활용 |

○ (연계사업) 연구 프로그램 종료 이후 성과 확산 지원을 위하여 관련 타 기관 및 부처 등과의 업무 연계를 통한 추가 기술이전 및 창업 등의 지원 추진

- 한계도전 프로젝트의 연구성과의 연속적인 기술마케팅을 위하여 민간 기술거래기관을 전담기관으로 지정하여 체계적인 기술협상, 기술사업화 추진
- 글로벌플론티어플러스사업 등을 주목적 투자대상으로 선정한 ‘과학기술 성장펀드’ 및 모태펀드 등의 펀드 투자대상으로 한계도전 프로젝트 적용 추진
- * VC펀드는 주목적투자대상을 명시하고 있으며, `20년 10월 공고된 과학기술 성장펀드의 경우 주목적투자대상으로서 공공연구기관의 대표 사례로 글로벌프론티어사업 연구단을 제시

<표 4-36> 한계도전프로젝트사업 연계사업 전담기관 지정시 역할(안)

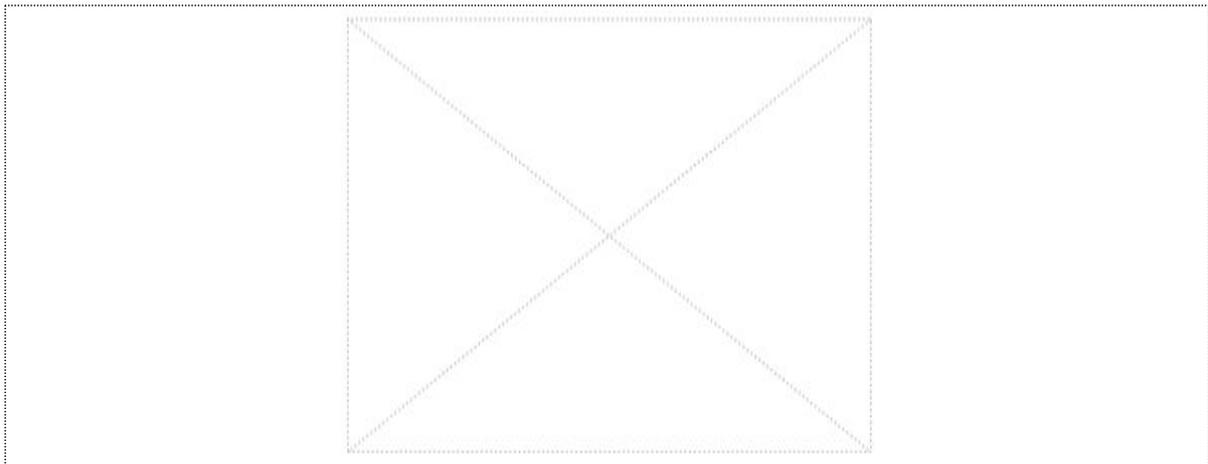
| 구분 | 주요 내용 |
|------------|-----------------------------------|
| 과학기술일자리진흥원 | • 전담기관 선정 및 관리와 민간기술거래기관간 협업 추진 등 |
| 한계도전 전략 센터 | • 성과정보 및 잠재적 파트너 정보 제공 |
| 민간기술거래기관 | • 기술마케팅을 통한 기술이전/사업화 지원 등 |

<표 4-37> [참고자료] 알키미스트프로젝트의 성과관리

| 구분 | 주요 내용 |
|-------------|---|
| 기업멤버십 제도 운영 | • 개발된 기술~제품에 관심이 있는 기업이 멤버십 회원으로 등록하여 개발된 기술의 IP실시권을 우선협상 • 기업의 R&D 참여 유도 및 사업화 성과 창출 도모 |
| 성과평가 | • 연구개발결과의 활용 촉진을 위한 추적평가 실시 • 산기평에서 성과평가 실무 담당, 주관기관과의 협력을 통한 평가 실시 |
| 성과 공유 및 확산 | • 심층적 성과 분석을 통한 백서 발간 • 종료 후 관련 기관 대상 통합 컨퍼런스 개최 |

- 연구 프로그램의 수행 중 및 완료 후에도 성과확산을 위한 별도의 기술사업화 프로그램 진행 수행

➡ 과기정통부는 혁신기술의 공급부처로 한계도전프로젝트에서 창출된 성과에 대한 확산 지원 사업을 수행할 필요가 존재



* 출처: STEPI Outlook 2023, 최종화 외(21.08.31.)

<그림 4-16> [참고자료] 범부처 수요 기반R&D 투자 체계

□ R&D 기술 축적

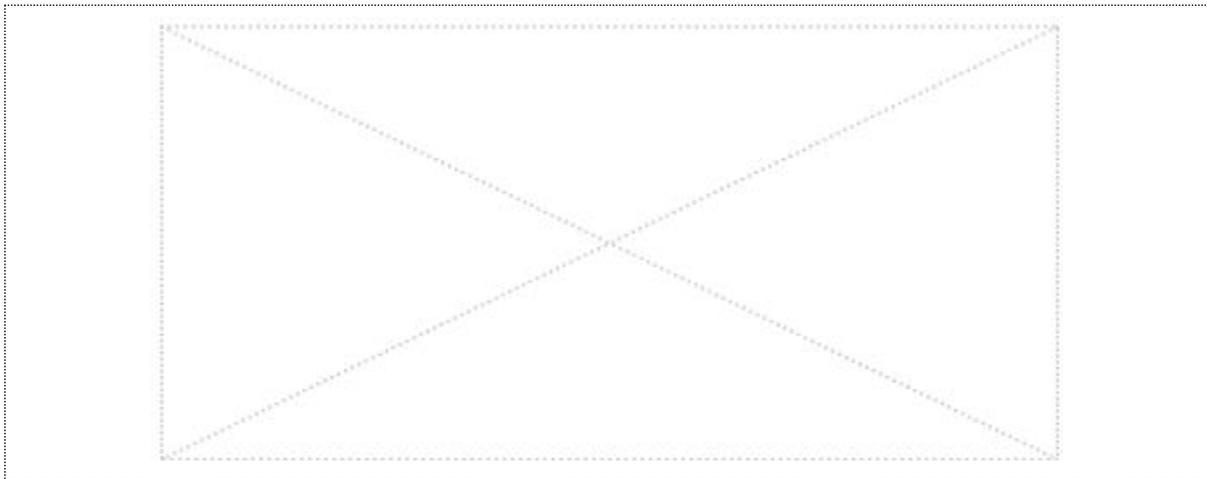
○ (한계도전 기술은행) 실패한 연구사례 및 축적 R&D 기술·노하우를 이용하여 관련 연구시 활용할 수 있는 마련

- 한계도전 기술은행을 구축·운영하여 연구의 성공·실패와 상관없이 향후 관련 연구시 활용 할 수 있는 체계 마련

마. 사업 추진을 위한 내부 변경사항

□ 사업의 전문성 확보 및 사업의 지속성 유지를 위한 활동

- (전문성) 한국연구재단 내 한계도전 R&D를 위한 지원조직을 별도로 구성하여 변혁적 기술 개발 및 전문 지원을 수행
 - 한계도전 전략 센터를 신설하여 독립적 운영 및 사업 수행
- (지속성) 축전된 R&D 기술 및 노하우, 실패한 연구사례들도 지속적인 보관·관리하여, 향후 관련 연구시 활용할 수 있는 체계 마련
 - (아이디어 뱅크) 실패 및 조기 중단 등의 이유로 성과 확보가 미비한 연구를 ‘한계도전 기술은행’에 보관하여 추후 유사 연구시 활용

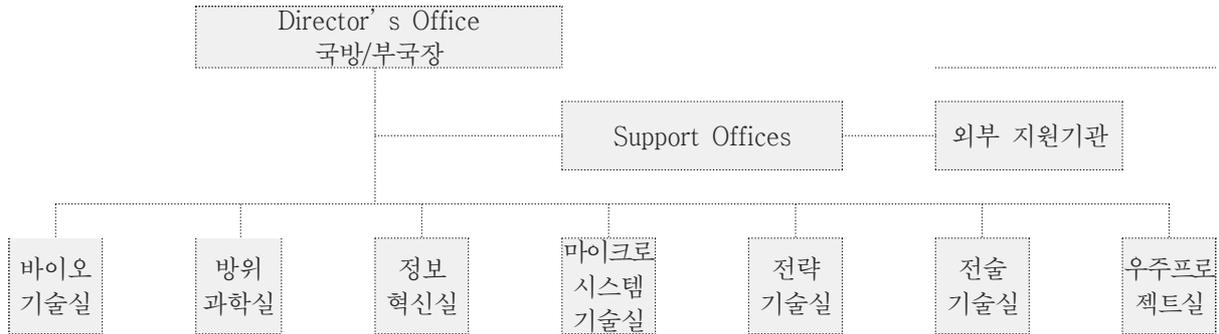


<그림 4-17> 한계도전 기술은행 구성(안)

□ 한계도전 전략 센터 구축을 통한 전략적인 사업 지원

- (구축 의의) 한계도전 프로젝트의 사업들은 HRHR R&D로 기존 연구개발 사업과는 다른 독립적인 R&D 체계 구축이 필요
 - 한계도전 프로젝트 사업을 지원하기 위한 독립적인 센터를 구축하여 연구테마 선정 및 과제 진행 등에 있어 운영상의 독립성을 유지
 - 또한, 전략센터 구축을 통하여 한계도전 프로젝트의 R&D 진행 중 연구 관리에 대한 체계적인 지원 추진
 - 다른 운영 조직과는 구분되는 독립적인 센터 구축을 통하여 운영 상의 간섭을 최소화하고 수평적이고 유연한 조직 체계 구성

<표 4-38> [참고자료] DARPA의 조직도 및 지원부서 현황



| 부서명 | 주요 역할 |
|---------|--|
| 전략지원실 | 인재 채용 및 관리 |
| 임무지원실 | 보안, 개인정보보호, 정보공개법, 외부감사, 정보화, 시설관리, 출장, 문서관리, 국제협력 등 |
| 계약관리실 | 지원수단 결정, 계약조건 협상, 계약 체결 등 |
| 재무관 | 예산 및 지출 관련 업무 |
| 법무실 | 사업추진 각 단계에서 법률 및 윤리 관련 사항 자문 |
| 특별프로젝트실 | 식속하게 첨단 기능들을 조정, 개발 및/또는 배치하기 위한 임시조직 |
| 적응실행실 | DARPA가 개발한 게임체인징 기술의 국방역량으로 전환 추진을 위해 설치 |

○ (활동) 센터 신설을 통한 한계도전 R&D 수행을 위해 관련 법령, 연구재단 내 내부 규정, 원천기술 R&D 매뉴얼 등 수정 예정

- 한계도전 프로젝트를 위한 전략센터 신설 및 내부 조직 구성을 위한 법령, 규정 수정
- 도전·혁신형 R&D 사업인 한계도전 프로젝트의 체계 구축 및 지속 유지를 위한 기존 원천기술 R&D 매뉴얼 수정 등을 수행

□ 워크숍 운영 및 사업 홍보 추진

- 산·학·연 및 국민 관심 제고를 위한 공개 워크숍과 SNS 등을 통한 꾸준한 홍보 수행
 - 연구테마 선정을 위해 정의된 문제를 모은 출판물 발간, 유튜브 등 SNS를 통한 문제해설 등 일련의 과정을 정리하여 홍보 추진

□ 독립적인 연구환경 조성

- 대내외 환경변화에 대응할 수 있는 유연한 연구관리 수행 및 시장 수요의 연구개발을 통한 자유로운 연구환경 조성 추진
 - Top-Down식의 파급력 높은 잠재적 수요를 기반으로 Bottom-Up식의 산·학·연 의견수렴을 걸쳐, 연구과제를 선정·수행하여 정부와 시장의 균형을 유지
 - 책임PM 재량으로 연구 과제 선정 및 기획, 예산 집행 등을 자유로히 수행하고 사업 전반에 있어 지속적인 지원을 수행하여 자율적인 의사 결정 체제 유지로 정부 및 행정상의 간섭을 최소화하여 변혁적인 연구개발 도전 환경 조성

4.7 우선과제 도출

□ 개요

○ 한계도전프로젝트 사업 프로그램 기획내용에 따라 기술기획위원회를 활용한 사전적 과제도출 수행

- * 한계도전프로젝트 사업의 연구테마 발굴을 선정 역할을 기획위원회가 수행
- * 한계도전프로젝트 사업의 책임PM역할을 기술기획위원회가 수행
- * 한계도전프로젝트 사업의 Tech to Impact 역할을 내부 연구진이 수행

<표 4-39> 한계도전프로젝트 프로세스 대응 예시과제 도출 현황

| 구분 | 한계도전프로젝트 사업 기획 | 예시과제 도출 |
|---------|-------------------|---|
| 선정 | 연구테마 선정 | 기획위원회 운영 |
| | 책임PM 선발 | 책임PM 주도 |
| | Tech To Impact 선발 | 내부 연구진 활용 |
| 프로그램 기획 | 테마발굴 | <ul style="list-style-type: none"> • 글로벌프론티어 후속사업 수요조사 및 한국연구재단 R&D 수요조사 활용 (150건) • 기술기획위원회의 테마발굴(26개) • 발굴한 테마에 대한 우선순위 평가 |
| | 프로그램 설정 | 우선순위 평가를 통해 도출된 우수 테마에 대한 프로그램 상세화 |
| | 과제선정 및 협약 | 예시과제 도출 과정 미해당 |
| 평가 | 단계평가 | |
| | 상시 컨설팅 | |
| | 최종평가 | |
| 성과 활용 | 전담 지원조직 | 예시과제 도출 과정 미해당 |
| | 성과관리 | |
| | 일자리진흥원 등 연계 | |

□ 테마발굴

- 기존 글로벌프론티어 후속사업 기술수요조사 및 연구재단의 R&D 수요조사를 활용하여 기술기획위원회 중심의 26개의 테마를 발굴

<표 4-40> 한계도전프로젝트 예시과제 - 테마발굴 결과

| 구분 | 연번 | 연구주제 |
|---------------------|----|--|
| 바이오 | 1 | • Advanced Biotechnology to overcome the healthcare challenges(오가노이드, 인공신경 등) |
| | 2 | • 미래 혁신기술 적용 난치성 건강정보 FINTECH (Future INnovative TEchnology Conquest intractable Health) |
| | 3 | • 보다 좋은 환경과 더불어 함께 사는 세상(이종장기, 헬스케어) |
| | 4 | • 미래경쟁력 대비용 기술 주권확보(난치질환 치료제, 항체접합체) |
| | 5 | • 나노공학, 광의학, 기능성 바이오 물질을 이용하여 난치성 질병을 치료하기 위한 융합 기술 개발 |
| | 6 | • 차세대 바이오(인공신경, 난치질환치료제) |
| | 7 | • Digital Twin, Data Transformation, Digital Healthcare |
| | 8 | • 바이러스 대응(백신, 초항체치료제 등) |
| 반도체 및 이차전지 등 (탄소중립) | 9 | • 차세대 연료전지 및 배터리 기술(AR, VR 등) |
| | 10 | • 상용 반도체 공정기술 |
| | 11 | • 차세대 디스플레이 |
| | 12 | • 친환경 탄소 저감 기술 |
| | 13 | • 차세대 모빌리티용 센서 |
| | 14 | • 탄소중립 실현을 위한 CO2 포집·저감 및 새로운 개념의 자원 리사이클링 기술 개발 |
| | 15 | • 나노기술 및 새로운 형태의 물리적 현상을 이용한 소자를 활용한 신개념 반도체 제조 공정 기술 개발 |
| | 16 | • 새로운 형태의 기능성 소재를 이용하여 기존과는 다른 개념의 에너지 생산 및 저장을 위한 융합 기술 개발 |
| | 17 | • 무오류 위상 양자 컴퓨터 기반기술 개발 |
| | 18 | • 백년간 사용가능한 초장수명 이차전지 개발 |
| | 19 | • 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 핵심기술 개발 |
| 인공지능 및 로봇 | 20 | • 인간의 작업능력에 도전하는 스마트 로봇 작업자 기술개발 |
| | 21 | • 범용 인공지능 알고리즘 개발 |
| | 22 | • 로봇 핵심기술 개발 |
| | 23 | • 메타버스 구현을 위한 휴먼 인터페이스 기술 |
| | 24 | • 범용인공지능 모델 개발 |
| | 25 | • 몰입형 메타버스를 위한 다중 감각 상호작용 |
| | 26 | • 자율 화합물 합성기 |

□ 테마선정

- 발굴한 26개 테마에 대해 기술기획위원회의 자체평가 수행
- 평가기준 : 기술적 파급성, 혁신가능성, 국가전략성, 기술사업화가능성
- 선정한 테마에 대한 추가 조사·조정을 통해 정량화된 목표 설정 등 프로그램 상세화

<표 4-41> 한계도전프로젝트 예시과제 - 테마 선정 결과

| No. | 기술테마 |
|-----|---|
| 1 | 3분 충전 300km 주행이 가능한 차세대 이차전지 |
| 2 | CO2 전환율 80% 이상, 생성 화합물(탄화수소 화합물) 수율 40% 이상이 가능한 플라즈마 화학 공정 개발 |
| 3 | 1나노 이하의 음스트롱급 차세대 반도체 제조 공정기술 개발 |
| 4 | 외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm3 급 환경 정보 센싱 모듈 개발 |
| 5 | 작고 (0.2인치) 가벼워 (50g) 안경에 장착할 수 있고 야외에서도 사용가능한 고휘도 (2000nit) 고해상도 (FHD급) 증강현실용 마이크로 디스플레이 제작 기술 |
| 6 | 500도 이하 저온 공정을 이용한 비실리콘계 층상 구조 반도체 소재 원자레벨 증착 및 고결정화 구현 |
| 7 | 300um 분해능, 진동감지 주파수 500Hz의 초고해상도 능동구동 감각 센서 어레이 |
| 8 | BBB 40%의 고투과, 경구투여량 흡수율 50%의 항체 기술개발 |
| 9 | AI 딥러닝 BD 구축을 위한 고집적화 약물 스크리닝 기술, 고정밀 측정 기술 (1fM) |
| 10 | 태양에너지 이산화탄소 전환 효율 이론치 30 %이상을 달성하는 유용물질 생산기술 |
| 11 | 환경 특이적 생존($\leq 10^{-8}$), 특정물질 생산에 최적화된 합성 미생물 |
| 12 | 오류수정이 필요없는 위상큐빗 양자컴퓨팅 기술개발을 위하여 소재 및 양자물성 제어 등의 기술개발 |
| 13 | 로봇 하드웨어 기술 및 자율학습기술을 통한 고난도 작업과 유연 생산 대응이 가능한 범용 로봇 핵심원천기술 개발 |
| 14 | 초소형 칩렛을 레고처럼 사용자 맞춤형으로 하나의 패키지에 2.5D/3D 고집적으로 패키징하기 위해 요구되는 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 (조립/검사) 공정장비 핵심 기술 개발 |
| 15 | 초장수명화 이차전지를 기술개발을 위한 기술개발 |
| 16 | 신약과 차세대전지용 소재개발을 위한 AI기능이 탑재된 전자동 화합물 합성기 기술개발 |

제 5장 사전타당성 분석

5.1 과학기술적 타당성 분석

5.2 정책적 타당성 분석

5.3 경제적 타당성 분석

5.4 파급효과

5.1 과학기술적 타당성 분석

□ 과학기술적 타당성 분석

○ 과학기술적 타당성 분석을 위해 과학기술개발 계획의 적절성, 과학기술개발 성공가능성, 기존 사업과의 중복성에 대한 검토를 실시함

－ 과학기술적 타당성 분석 항목은 ‘국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침’을 참고하여 검토

<표 5-1> 과학기술적 타당성 분석 항목

| 분석분야 | 분석항목 |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. 문제/이슈 식별과정의 적절성 | 가. 사업 기획 배경과 경위의 적절성 |
| | 나. 문제/이슈 식별 과정의 적절성 |
| | 다. 과학기술기반 문제/이슈 정의의 적절성 |
| 2. 사업목표의 적절성 | 가. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성 |
| | 나. 사업목표 설정의 적절성 |
| | 다. 사업 성과지표의 적절성 |
| | 라. 수혜자 표적화의 적절성 |
| 3. 세부활동 및 추진전략의 적절성 | 가. 세부활동과 사업목표와의 연관성 |
| | 나. 세부활동 도출의 적절성 |
| | 다. 세부활동별 성과지표의 적절성 |
| | 라. 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성 |
| | 마. 추진전략의 적절성 |

가. 사업기획 배경과 경위의 적절성

- 문제/이슈 발굴은 2단계로 진행되었으며, 1단계 환경 분석 및 국내외 현안 등 자료 분석을 통한 주요 문제 도출, 2단계는 기획위원회를 통한 주요 문제/이슈 사항을 통한 및 핵심 이슈 도출
- (1단계) 대내외 환경분석, 국내외 현안 진단(정책, 시장), 선행 사업 조사 등 자료를 통해서 주요 문제를 도출함

<표 5-2> 문제이슈 도출

| 현황 분석 | 주요 문제 요소 |
|---------------|---|
| 글로벌 환경변화 | <ul style="list-style-type: none"> • 차세대 성장 동력 확보를 지원할 수 있는 체계적인 대형 연구개발사업 부족 |
| 유망분야 육성 현황 | <ul style="list-style-type: none"> • 해외 주요국은 미래사회 대응을 위한 차세대 성장동력 분야 기술경쟁 치열 |
| 주요국 원천기술 정책 | <ul style="list-style-type: none"> • 다년간의 차세대 성장동력 육성 노력에도 불구하고 선도국과의 기술격차가 뚜렷 |
| 주요국 R&D 추진 현황 | <ul style="list-style-type: none"> • 차세대 성장동력 분야의 핵심 원천기술을 확보하지 못할 경우 신산업 분야 및 국가경쟁력의 상실 우려 |
| 유사사업 분석 | <ul style="list-style-type: none"> • 국가간 무역분쟁이 심화되고 있어, 산업별류체인 단절에 대비한 핵심기술 확보 필요 |
| 선행사업 분석 | <ul style="list-style-type: none"> • Fast Follower로서 단기간 고성장을 실현했으나 R&D전략의 한계 노출 |
| 선행사업 성공요인 | <ul style="list-style-type: none"> • 대형·집단연구 형태의 융복합 기술개발 및 협력 지원체계 부족 |
| 선행사업 한계점 분석 | <ul style="list-style-type: none"> • 장기적인 관점에서 원천기술을 축적하고 활용하기 위한 연구개발 지원체계 부족 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 예측하기 어려운 미래 환경변화에 따라 능동적으로 대응하기 위한 관리방안 필요 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 선행사업은 핵심 원천기술 확보를 통해 게임체인저 기술을 확보를 통해 국내 주요산업의 성장을 주도 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 핵심 원천기술의 확산을 통해 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 파급효과를 가졌으나, 사업종료로 성과단절 우려 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 차세대 성장동력 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 글로벌프론티어사업 재기획 필요 |

- (2단계) 사업기획위원회를 통해서 동 사업의 시급성, 당위성 확보를 위한 문제/인식(안) 검토 및 수정보완과 핵심 이슈 도출 추진

<표 5-3> 핵심이슈 도출

| 주요 문제 요소 | 핵심이슈 도출 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 차세대 성장 동력 확보를 지원할 수 있는 체계적인 대형 연구개발사업 부족 | <p>새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 해외 주요국은 미래사회 대응을 위한 차세대 성장동력 분야 기술경쟁 치열 | <p>기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High Risk High Return 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 다년간의 차세대 성장동력 육성 노력에도 불구하고 선도국과의 기술격차가 뚜렷 | <p>대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 차세대 성장동력 분야의 핵심 원천기술을 확보하지 못할 경우 신산업 분야 및 국가경쟁력의 상실 우려 | <p>변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 글로벌프론티어사업의 후속 사업 기획 필요</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 국가간 무역분쟁이 심화되고 있어, 산업밸류체인 단절에 대비한 핵심기술 확보 필요 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 장기적인 관점에서 원천기술을 축적하고 활용하기 위한 연구개발 지원체계 부족 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 예측하기 어려운 미래 환경변화에 따라 능동적으로 대응하기 위한 관리방안 필요 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 핵심 원천기술의 확산을 통해 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 과급효과를 가졌으나, 사업종료로 성과단절 우려 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 차세대 성장동력 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 글로벌프론티어사업 재기획 필요 | |

□ 핵심 이슈와 SWOT 분석을 통한 추진전략 도출

○ 우리나라 내부역량 및 외부환경을 고려하여 SWOT분석

<표 5-4> SWOT 분석

| | 내부역량 | 강점(S) | 약점(W) |
|-------|---|--|---|
| 외부환경 | | <ul style="list-style-type: none"> fast-follower로서 다년간 확보한 R&D Stock의 축적 핵심 원천기술 개발 역량을 갖춘 대학·연구소와, 원천기술을 수요할 수 있는 산업적 역량 기 확보 글로벌 최고 수준의 공공 R&D 투자성향 | <ul style="list-style-type: none"> 해외 대비 변혁적 기술 확보 목적으로 설계된 사업의 실 추진사례 및 성과 부족 위험성을 기피하는 연구문화 및 연구시스템 높은 R&D 투자에도 불구하고 성과는 부족한 R&D 패러독스 현상의 지속 연구성과가 쉽게 축적되지 못하는 기존 R&D시스템 한계 |
| 기회(O) | <ul style="list-style-type: none"> Game Changer형 기술확보의 중요성 인식 글로벌 R&D 선도국의 변혁적 기술 확보에 대한 관심 상향 사회변화에 대응한 목적지향적 R&D 투자 필요성 인식에 따른 선도사례 존재 | <p>[SO전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> (S01) 기 확보한 R&D Stock을 융·복합하여 다양한 기술적 한계를 돌파하는 R&D 추진 (S02) 미래사회에 요구되는 목적지향적 R&D 투자 추진 | <p>[WO전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> (W01) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&D관리체계 도입 (W02) 해외 변혁적·목적지향적 R&D 프로그램 성공사례 벤치마킹 |
| 위협(T) | <ul style="list-style-type: none"> 코로나-19, 기술패권경쟁 등 글로벌 불확실성 심화 해외의 다년간의 변혁적·목적지향적 R&D 투자 프로그램·조직 마련 | <p>[ST전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> (ST1) 기 확보한 R&D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 필수전략기술 확보 (ST2) 불확실성에 대비한 장기·유연 R&D 투자 | <p>[WT전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입 (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹 |

○ 핵심 문제/이슈와 SWOT 분석 매칭을 통한 추진전략 도출

<표 5-5> 추진전략 도출

| 문제/이슈 | SWOT Matrix | 추진전략 |
|--|---|------------------------------------|
| <p>새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각</p> | <ul style="list-style-type: none"> • (S02) 미래사회에 요구되는 목적지향적 R&D 투자 추진 • (ST1) 기 확보한 R&D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 필수전략기술 확보 | <p>도전적이고 명확한 임무형 테마설정</p> |
| <p>기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High risk High Reward 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진</p> | <ul style="list-style-type: none"> • (ST2) 불확실성에 대비한 장기·유연 R&D 투자 • (SO1) 기 확보한 R&D Stock을 융·복합하여 다양한 기술적 한계를 돌파하는 R&D 추진 | <p>책임PM 주도의 장기·유연한 연구관리 시스템 도입</p> |
| <p>대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움</p> | <ul style="list-style-type: none"> • (WO2) 해외 변혁적·목적지향적 R&D 프로그램 성공사례 벤치마킹 • (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입 | <p>전담지원 조직을 통한 집중적인 사업관리</p> |
| <p>변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 글로벌프론티어사업 재기획 필요</p> | <ul style="list-style-type: none"> • (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹 • (WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&D관리체계 도입 | <p>성과 활용을 위한 체계적인 지원</p> |

나. 문제/이슈 도출의 적절성

□ 미래 사회경제적인 게임체인저가 될 수 있는 변혁적 혁신기술 확보

○ 세계 각국의 미래사회 대응을 위한 미래전략 수립 추세이나, 국내 미래 연구역량은 취약함

- 세계 각국은 미래 이슈 예측 및 대응을 위한 미래전략의 체계적 수립을 위해 범국가 차원의 노력*을 강화하는 상황

➔ 미국, 영국, 호주, 핀란드 등은 선진국은 foresight 활동을 통해 국가 차원의 미래전망 및 전략보고서를 주기적으로 발간하고 있으며, 최근 기획재정부는 장기전략국 및 중장기전략위원회를 설치하고 장기전략보고서를 작성 중

* 전담 조직 설치, 광범위 전문가 네트워크 구축 및 미래이슈에 대한 지속적인 모니터링 시스템을 구축하는 등

- 각종 도전적 글로벌 이슈에 대한 우리나라 관점의 R&D 역량은 매우 취약한 상황으로 미래사회 대응관점에서 주요국 대비 뒤쳐져 있는 상황

➔ 글로벌 이슈에 대한 현황 및 미래 전망은 주로 해외 선진국에서 발표되는 보고서에 의존하고 있으며, 이에 대한 탐색·분석·활용을 통해 한국적 맥락에서 재해석 및 미래 이슈대응에 대한 준비는 부족

○ 사회 변화 및 과학 발전이 가속화되고 있고, 도적적인 사회경제적 문제가 다양해지면서 선제적 대응이 어느 때보다 시급

- 사회와 과학의 발전 가속화는 도전적 과제의 다양화되고 있으며, 그 영향력 또한 국민 다수에게 확대되는 등 확장되는 특성이 있어,

- 미래의 불확실성과 문제의 복잡성, 급변하는 미래사회 전망을 고려한 국가차원에서의 선제적 대응이 어느 때보다도 시급함

➔ 국내 성공률 10% 이하의 고위험·고수익(HRHR) 중심의 기술개발 지원사업이 없었고, 세계적인 추세이므로 사업추진이 시급

* (해외사례) Prize challenge(英, 2013~), Moon-shot(日, `19~, 1,000억엔 규모) 등은 HRHR을 지원하고 있음

○ 사회경제적으로 판도를 바꿀 수 있는 변혁적 핵심원천기술을 개발하고 국가경쟁력을 확보

- 국가 현안 문제를 대응할 수 있는 임무 중심의 변혁적 기술 확보를 통해서 기술주권을 확보하고 국가경쟁력을 가질 수 있음

➔ 최근 일본의 소재·부품·장비 규제 사례에서도 알 수 있듯, 획기적인 기술개발을 통해 해외시장을 선점한 것에 대한 영향력이 매우 크고, 이에 따라 우리나라 또한 국가경제의 대외의존도를 낮추는 것이 안정적인 경제성장을 가능케 함

- (핵심원천기술 확보 시급) 주력산업 경쟁력 약화, 신산업 창출 및 준비 미흡의 문제를 극복할 방안으로 국가경쟁력 확보를 위한 핵심원천기술 확보가 시급하게 선행되어야 함

* 삼성디스플레이 시장 점유율 전망치는 56%로 전년대비 12%감소하였고 이는 중국 업체의 가격 인하 때문으로 추정¹⁰⁾

□ 고위험·고수익(HRHR) R&D 지원을 통해서 혁신기술 기반의 미래성장동력 확보

○ 기술패권주의에 대응한 변혁적 혁신기술 기반의 신성장공식 필요

- 4차 산업혁명 등 플랫폼 중심의 기술이 가속화될수록 기술패권주의는 더욱 확대될 것이며, 일류기술을 가진 국가 및 기업이 시장에서의 영향력이 높아질 것임

- 선진국은 기술료를 받고 핵심부품을 판매하면서 새로운 특정기술*로 진입장벽을 높여 추격자들과 기술수준의 격차를 유지 중

* 특정기술: 일정분야에서 해당 기술을 사용하지 않으면 안 되는 주요기술

- ➔ 현재, 기존의 선진국을 넘어서기 어려울 뿐 아니라 후발국의 추격도 따돌릴 수 없는 것이 현실

* (예시) 미국 퀄컴은 90년대 중반 핵심적인 CDMA 기술 하나로 글로벌기업으로 성장(최근 7년간 한국에서만 매출 38조원)

- 결국, 우리나라의 기술경쟁력과 시장경쟁력 강화를 위한 가장 중요한 요인으로 핵심원천기술과 지식확보의 필요성 강하게 제시

- ➔ 한국의 전문가 대상 설문 조사결과는 신산업과 새로운 성장공식 창출을 위하여 필요한 것으로 핵심미래선도기술의 확보, 중국의 성장에 대한 대응, 전문인력 양성, 규제완화, 성장동력 발전여건 조성 등 제시

대한민국 미래리포트(한국경제신문, 2015.10)

- 한국 핵심산업의 경쟁력 약화의 주된 원인: 핵심원천기술 확보 미흡(32.3%), 중국 급성장(22.8%), 제품의 고도화 수준 미흡(15.5%), 가격 경쟁력(15.3%) 등, 신성장 산업 육성을 위해 가장 필요한 것: 인프라 구축 강화(37.0%), 핵심기술 및 지식 확보(35.8%), 규제·제도 정비(13.0%), 정부의 체계적 지원(10.3%) 등

- 이제 우리는 Fast-follower형 공정혁신* 기반의 성장에서 벗어나, 기술패권 경쟁 시대에 First-mover형 기술혁신 및 공급체계 시급히 필요하며,

* 공정혁신: 혁신제품을 레퍼런스로 모듈화 생산효율화 등의 혁신을 통해 가격경쟁력을 갖춘 제품을 대량으로 보급함으로써 성장하고 수익을 얻는 혁신구조

- 이를 위한 과감하고, 도전적인 R&D로의 신속한 전환이 요구됨

10)삼성D, 올해도 모바일용 OLED 시장 1위...점유율은 하락, 시사저널e, 2023.1.14.

다. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성

- 혁신적인 성과 창출과 혁신기술을 확보하기 위한 변혁적 연구는 국가경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수
 - 변혁적 기술은 고위험·고수익(HRHR)형 연구 분야로 성공시 사회경제적으로 게임체인저로 작용할 수 있는 실패 가능성이 높은 분야로 정부의 지원이 필수적임
 - 반면, 소규모 개인과제, 단기적인 기술개발을 목표로 하는 과제 등 현 R&D사업 구조 상에서는 HRHR 연구를 획기적으로 지원할 수 있는 사업이 부족
 - 이에 기술개발 여건이 열악한 국내 산업계 특성을 감안하면 핵심기술 확보 및 확산을 위한 정부주도의 지원사업이 필요

<표 5-6> 문제인식 및 해결방안

| 영향요인 | 문제/이슈의 식별 | 희망하는 결과 |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 미래사회 대응 및 신시장 창출을 위한 노력 증대 • 국가 기술경쟁력 강화 및 경제 성장을 위한 돌파구 시급 • 경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가 • 세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요 | <ul style="list-style-type: none"> • 게임체인저의 변혁적 기술 확보를 위해 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요 • 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황 • 글로벌프론티어 사업을 개편하여 도전적 연구체계를 구축하는 혁신적인 연구프로그램으로 전환 필요 <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 5px;">사회적 필요/자산</div> <ul style="list-style-type: none"> • 한계도전프로젝트 사업 7,527억 원 | <ul style="list-style-type: none"> • 미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고 |

□ 국정과제의 성실 이행 및 미래사회의 선제적 대응

○ 국정과제의 성실이행을 위한 정책적 핵심 수단

- 정부는 과학기술은 국가 경쟁력의 핵심 원천임에 따라 더 이상 추격자가 아닌 기술패권 경쟁 흐름을 선도해 가는 기술강국으로의 성장을 발표
- 신흥·핵심기술 육성을 통한 미래 먹거리 창출과 경제안보 기여 정책 제시
 - ➔ 6대 국정목표 중 하나인 ‘자율과 창의로 만드는 담대한 미래’를 위해 ‘과학기술이 선도하는 도약의 발판’ 마련을 위한 ‘국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계’, ‘자율과 창의 중심의 기초연구 지원 및 인재양성’ 등을 국정과제로 추진

□ 국가경쟁력 확보를 위한 변혁적 연구개발 추진 필요

○ 2013년판 맥킨지 한국보고서에서도 한국경제가 구조적 변곡점에 도달해 저성장의 덩어리에 걸려있고, 이에 따른 새로운 성장공식이 필요함을 제기

➔ 장기 저성장 국면을 탈피하기 위해 한국은 원천·핵심기술 기반의 신산업 창출을 통한 경쟁력 제고가 시급하다는 점이 중론

- (혁신기술의 가치) 변혁적 혁신기술은 고위험·고수익 기술이지만 핵심원천성을 보유하고 있어 사회경제적으로 패러다임을 바꿀 수 있을 만큼의 영향력을 보유하고 있음

○ 기존 정부 R&D 는 ‘First-Mover 영역’의 원천기술 확보에 초점

- ‘달성이 쉽고’, ‘문제없는 연구’를 중심으로 추진하고 있는 반면, ‘불확실성’과 ‘실패 가능성’ 있는 고위험·고수익(HRHR) 영역에 대한 지원은 미흡
- 높은 과제 성공률* 대비 First-Mover로서의 전환을 위한 기술확보는 미흡
 - * 최근 5년간 정부 R&D 성공률은 99.1%이나 사업화율은 42.9%,¹¹⁾

<표 5-7> 주요국 세계최고기술 보유 현황

| 구분 | 국가 | | | | | |
|-------------|----|----|----|----|----|-----|
| | 한국 | 일본 | 중국 | 미국 | EU | 합계 |
| 세계최고기술 보유현황 | 0 | 8 | 1 | 97 | 28 | 134 |

* 자료 : 2020년 기술수준평가(KISTEP 2021.4..)

11)산기평, 기업 비즈니스 모델 ‘사업화’ 위한 R&D 개시, 전자신문(etnews), 2022.12.27

<표 5-8> 4차 산업혁명 주요기술 확보 수준

| 기술 | 미국 | 유럽 | 일본 | 중국 | 한국 |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| 인공지능 | 100 | 92.8 | 82.9 | 83.7 | 81.3 |
| 사물인터넷 | 100 | 96.8 | 88.9 | 83.2 | 87.7 |
| 빅데이터·클라우드 | 100 | 88.7 | 78.8 | 77.3 | 76.0 |
| 3D 프린팅 | 100 | 98.9 | 89.5 | 80.6 | 74.7 |
| 지능형로봇 | 100 | 97.5 | 94.9 | 81.0 | 80.6 |

* 자료 : 4차 산업혁명 기술수준평가 및 기술수준 향상방안, 정보통신기술진흥센터, 2018.02.

- 단기성과 R&D, 단발성 R&D, 나홀로 R&D 등 기존의 R&D 방식으로는 새로운 영역의 시장을 창출할 수 있는 파워를 갖추기 어려운 상황
 - ➔ 품질·가격 경쟁력으로 레드오션 시장의 점유율을 높이는 성장 전략을 고수할 경우, 중진국·후진국으로 전략 가능성 큼
- 사회경제적으로 영향력이 있는 변혁적 기술개발은 오랜 시간이 걸리지만 지속적인 R&D를 수행하는 체제 정착 필요
 - ➔ 새로운 개념 혹은 새로운 접근방법의 기술개발을 이루지 않는다면, 기술패권경쟁 시대에 기술 주권 확보 및 자립이 매우 힘든 상황
- 그동안 글로벌 시장에서 Fast-follower 전략을 통한 성장은 한계, 글로벌 기술리더쉽을 확보하기 위해서는 탈추격형 기술 개발 전략 필요
 - 최근 기술패권주의와 기술 무역장벽 등 기술이 시장지배력과 국가의 위상을 판단하는 중요한 척도로 인식
 - 최근 중국은 자원의 집중적인 투입을 통해 빠른 추격 전략과 신산업 분야 선도원천을 동시에 추진하며 기술 강국으로 부상
 - ➔ 시장기술 교환 전략에서 기업 M&A, 자체개발 전략으로 전환
 - ➔ 또한, 14차 5개년 및 2035년 장기 계획을 발표하여 7대 첨단 과학기술 연구와 8대 산업 육성 방침 선언으로 첨단전략기술 육성에 대한 법률적 지원체계를 마련
- 미래 사회경제적 패러다임을 바꿀만한 변혁적 기술확보를 통해 미래 성장동력을 확보하고 핵심원천기술 개발을 통해 국가경쟁력을 선점해야 함
 - 변혁적 기술은 고위험·고수익 및 실패가능성이 높은 특성으로 인해 국가의 연구역량 결집이 필요
 - 이를 토대로 연구자가 창의성을 발휘할 수 있는 고위험·고수익 R&D를 수행하여 혁신적이고 독창적인 기술개발 창출이 가능

□ 투자효율성 제고 및 산업계 활용·확산을 위해 필요한 사업

○ R&D 투자 비율 수준에 적합한 연구생산성 향상 방안 필요

- (연구생산성 제고 필요) 세계 GDP 대비 R&D 연구비 투자 2위 국가의 위상에 걸맞는 R&D 생산성 향상 방안 마련 필요

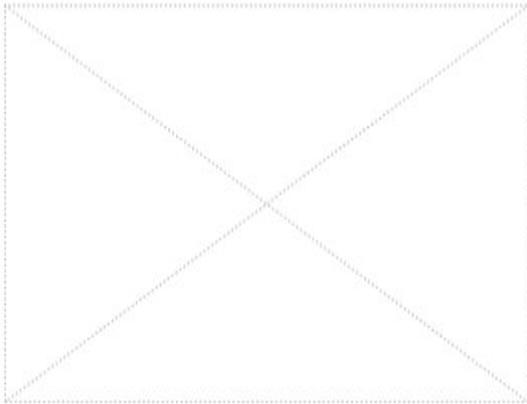
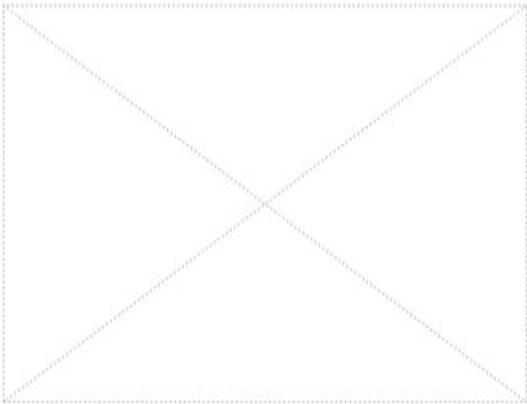
→ 21년 기준 우리나라 연구개발비는 102조 1,352억 원으로 세계 5위에 해당하나 GDP 대비 비중은 세계 2위(4.96%)를 기록

→ 하지만, 기술혁신 및 제도 개선을 통한 생산성 증가율*은 과거보다 급속히 떨어지고 있는 현상 발생

* TFP(총요소생산성) 증가율: (‘18년) 4.19% → (‘19년) 1.26% → (‘20년) -7.76%(추정),
2021년 총요소생산성 국제비교, 한국생산성본부

→ R&D 투자대비 기술료 창출 규모를 기준으로 볼 때, 우리나라 연구생산성은 매년 감소하는 추세

<표 4-42> 국가 R&D 사업 연구성과 활용 현황

| | |
|---|--|
|  |  |
| 국가 R&D사업 기술료 징수 성과 현황 | 공공연구기관 기술활용률 및 기술운용률 현황 |

*자료: 과학기술정보통신부

*자료: 산업통상자원부

*출처:[신산업부더 규제 풀자] (8)R&D, 연구는 많고 개발은 적다?, 전자신문(etnews), 2022.9.4.

→ 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 늘러가지만, 과학의 발전과 경제의 성장은 저성장에 벗어나지 못함

라. 사업목표의 적절성

□ 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

○ 거시적 환경 측면 산업/기술 측면에서 동 사업의 해결할 문제/이슈와 사업목표 간의 연관성을 분석

- (거시적 환경 측면) 국가 및 사회경제적으로 복잡하고 다양화되는 도전적 문제를 해결하기 위한 변혁적 기술개발을 추진

➔ 세계 각국은 미래이슈 예측 및 대응을 위한 미래전략의 체계적 수립을 위해 범국가 차원의 노력을 강화하는 상황이나, 각종 미래 도전 이슈에 대한 우리나라 관점의 미래연구역량은 매우 취약한 실정

➔ 특히, 기술패권 경쟁 심화와 주요국의 기술 주권 확보를 위한 전략적 대응을 통해서 대외의존도 극복 및 국가경쟁력 제고로 지속가능한 국가 성장기반 확충이 필요

➔ 따라서 'First Mover'로 전환하여 세계시장을 선도하기 위하여, 국가 현안 문제 해결 중심의 임무지향적 변혁적 기술의 개발과 확산 플랫폼을 목표로 설정

- (산업/기술적 측면) 변혁적 기술이 게임체인저로 등장하여 산업을 개편하고 있어, 우리나라 차세대 성장 동력으로서의 변혁적 기술 확보 추진

➔ 국내는 정부의 핵심 원천기술 확보를 위한 기술개발 추진을 통해서 게임체인저 기술을 확보하여 국내 주요 산업의 성장을 주도

➔ 고위험·고수익의 변혁적 기술개발을 통해서 미래 성장동력 확보 및 이를 통한 국가경쟁력 지속을 비전으로 설정

- 효과적인 성과 창출과 혁신기술을 확보하기 위한 변혁적 연구는 국가경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수

<표 5-9> 문제인식 및 해결방안

| 영향요인 | 문제/이슈의 식별 | 희망하는 결과 |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 미래사회 대응 및 신시장 창출을 위한 노력 증대 국가 기술경쟁력 강화 및 경제 성장을 위한 돌파구 마련 시급 경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가 세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요 | <ul style="list-style-type: none"> 게임체인저의 변혁적 기술 확보를 위해 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황 글로벌프런티어 사업을 개편하여 도전적 연구체계를 구축하는 혁신적인 연구프로그램으로 전환 필요 | <ul style="list-style-type: none"> 미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고 |
| | 사회적 필요/자산 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> 한계도전프로젝트 사업 7,527억 원 | |

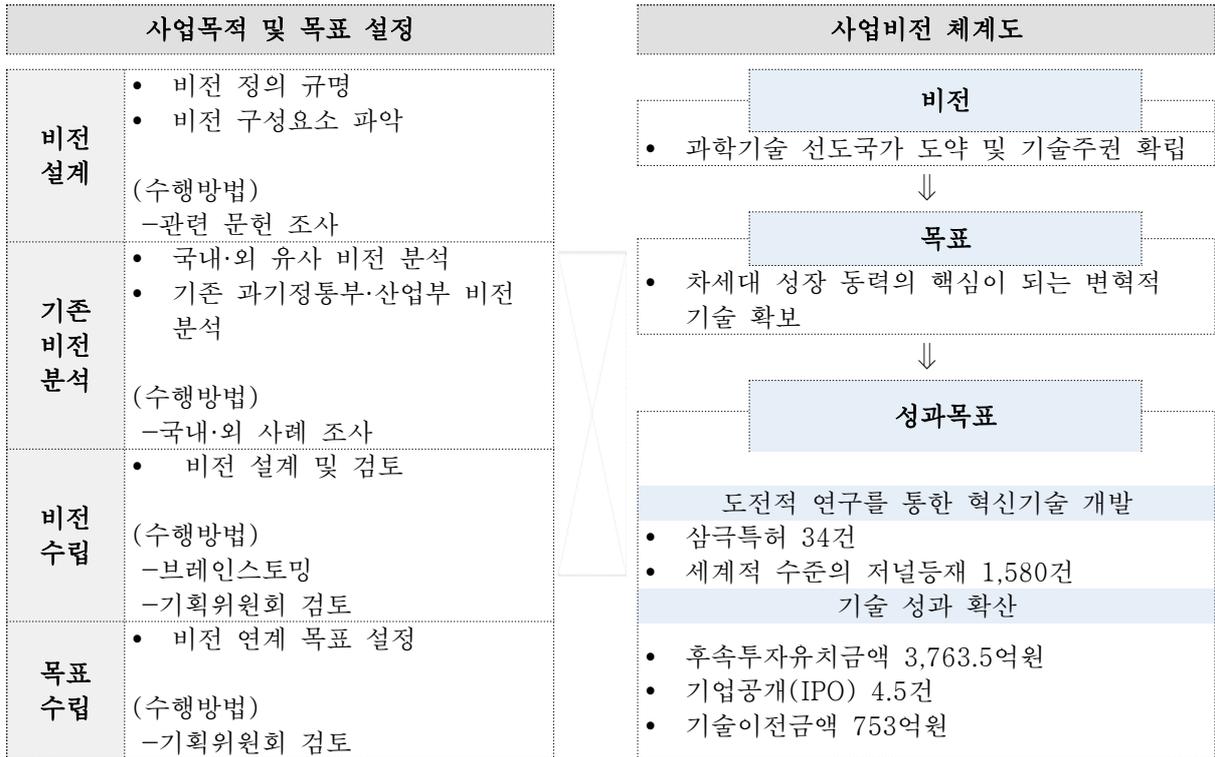
□ 사업목표의 적절성

○ 거시적 환경 측면 산업/기술 측면에서 동 사업의 해결할 문제/이슈와 사업목표 간의 연관성을 제시하고 사업 목표를 설정

| | | |
|-------|--|--|
| 문제/인식 | <ul style="list-style-type: none"> • 새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할을 하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각 • 기술선도국의 변혁적 기술 확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High risk High Reward 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진 • 대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 기술패권시대 및 사회변화에 대응한 임무지향형 R&D 추진 • 다학제적 집단연구로 새로운 가능성 탐색 • 위험하지만 대규모의 파급효과를 창출할 수 있는 R&D • 고위험연구를 위한 포트폴리오 방식의 위험 관리 | |
| 연관성 | 거시적 환경 측면 | 산업/기술적 측면 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 국가 및 사회경제적으로 복잡하고 다양화되는 도전적 문제를 해결하기 위해 HRHR 연구 지원을 통한 변혁적 기술확보 및 확산 필요 → 도전적 문제를 해결하기 고위험·고부가가치의 혁신기술 개발 추진 | <ul style="list-style-type: none"> • 변혁적 기술이 게임체인저로 등장하여 산업에 미치는 영향이 막대함 → 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 개발을 통해 기술주권 확립 |
| 사업목표 | <p>(사업비전)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립 <p>(사업목표)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보 <p>(성과목표)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 삼극특허 34건 * 세계적 수준의 저널등재 1,580건 - 기술 성과 확산 <ul style="list-style-type: none"> * 후속투자유치금액 3,763.5억원 * 기업공개(IPO) 4.5건 * 기술이전금액 753억원 | |

□ 사업목표 설정의 적절성

- 동 사업의 목표는 ‘미래 성장동력 확보를 통한 국가경쟁력 지속’이라는 사업비전 실현을 위해 관련 문헌조사, 국내외 사례조사, 기획위원회 검토 등을 통해 체계적으로 목표를 수립



□ 비전 수립의 적절성

- (접근 방법) 동 사업의 목적은 대내외 환경을 분석하고, 국가 차원의 변혁적 기술 확보의 중요성, 국가정책 및 상위계획의 방향성과 국내 도전적 R&D 및 선행 사업 성과 및 한계, R&D 역량 등을 고려하여 제시
 - 국내 원천·핵심기술 개발·보유 현황, 산·학·연 기술개발 수요를 조사 분석하고 국가 현안 문제 해결을 위한 변혁적 연구 분야를 발굴, 사업목적 수립에 반영
 - 각계 전문가의 의견을 충분히 청취·반영하여 문제를 정확히 진단하고 올바른 사업 방향 확인
- (설정근거) 미래사회 전망 및 세계 주요국의 기술개발 동향, 국내 기술과의 수준차 등을 고려하여, ‘차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보’ 목표를 달성함으로써, ‘과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립’비전 설정
 - 혁신기술 확보를 통한 국가경쟁력 강화하기 위해서는 국가 및 사회 현안 문제 등 해결을 임무로 한 고위험·고수익(HRHR) 변혁적 연구 지원을 통해서 지식의 축적과 활용이 가능한 원천기술 플랫폼 구축하여 미래성장동력을 확보
 - 임무지향형 변혁적 기술은 미래 성장동력 확보가 가능하도록 하며 이를 통해 미래사회의 기술패러다임을 주도하는 국제경쟁력을 지속할 수 있음

□ 목표설정의 적절성

- (접근방법) 동 사업은 ‘차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보’라는 사업목표 아래 세부 성과목표를 수립
 - 국내외 유사사업의 목표와 성과에 기반하여 도전적 연구를 통한 혁신적인 기술개발과 기술성과 확산을 위한 핵심 성과지표를 설정함

| 성과 목표 | 핵심 성과지표 | 측정방법 및 근거 | |
|-----------------------|---------------------|-----------|---|
| 도전적 연구를 통한 혁신적인 기술 개발 | 삼극 특허 수 34건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> 삼극특허를 성과목표로 설정한 유사사업의 소요금액 당 삼극특허 창출목표를 동 사업에 적용(1,000억 원당 4.07건) * 산업기술알키미스트프로젝트 도전적 목표치인 4.5건을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허 조사 * 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO) 일본 특허청(IPO) 특허등록증 |
| | 세계적 수준의 저널 등재 1580건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> 유사사업의 소요금액 당 우수논문 창출건수를 사업에 적용(10억원 당 2.1건) * 미래융합기술파이오니어 동일 목표치인 2.1건을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사 |
| 기술성과 확산 | 후속 투자 유치금액 3763.5억원 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.46%)한 비율을 산정(48%) * `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대비 `19년 한국 VC 투자규모(8.3조원) 비율은 14.46% 도전적 목표치인 50% 적용 * 글로벌프론티어사업의 현재까지의 투입 연구비(7,243억원)대비 투자유치금액(1,167억원) 비율인 16%보다 3배 높은 수준 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구를 통해 확보된 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사 |
| | 기업공개 (IPO) 4.5건 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 EXIT 건수 성과(20개) 비율을 산정(1조원당 5.4개) 도전적 목표치인 1조 원당 6개 적용 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정 |
| | 기술이전 금액 753억원 | 목표치 근거 | <ul style="list-style-type: none"> 유사사업의 소요금액 당 기술이전금액을 동 사업에 적용(10억원 당 84.3백만원) * 미래융합기술파이오니어 도전적 목표치인 10억원당 1억원을 설정함 |
| | | 측정 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 본 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사 |

* 미국과 국내의 투자시장 성숙도 차이와 투자 라운드별 투자규모 차이를 고려하여 해외VC 초기투자규모 적용

* 출처 : KVIC, 해외 VC 시장동향(미국 VC 투자규모), KVIC `20년 전체(범부처) 벤처투자실적(국내 VC 투자규모)

□ 수혜자 표적화의 적절성

- 동 사업의 수혜자 그룹을 도출하고, 직·간접적 수혜 특성을 비교하여 수혜자를 표적화함
 - 동 사업은 변혁적 연구성과의 지속 확보 및 성과가 게임체인저로서 발현하도록 지식생산자(연구기관)와 시장수요자(민간)를 직접적 수혜자 그룹으로 표적화함
 - ⇒ 직접적 수혜 대상으로 대학, 연구소, 기업 등을 설정
 - ⇒ 책임PM을 중심으로 원천기술의 고도화 과정에서 외부 기업의 기술이전 및 사업화 가능성을 탐색하며 수요자의 니즈를 반영함
 - ⇒ 본연구기간 종료 후 과학기술일자리진흥원과의 협업을 통해 실현 가능성이 높은 기술에 대한 연구프로그램 지원

마. 세부 활동 및 추진전략의 적절성

□ 세부활동과 사업목표의 연계성

(1) 세부활동 및 목표

○ 세부활동 내용

- 미래 사회경제적으로 패러다임을 이끄는 변혁적 기술개발을 위한 필수전략형 R&D, 미래도전형 R&D 및 사업화 지원 프로그램으로 구성
 - ➔ (필수전략형 R&D) 혁신적인 분야가 이미 도출되어 필요한 기술이 명확한 경우 장기간의 대규모 집단연구를 지원
 - ➔ (미래도전형 R&D) 이머징 분야로 장기 프로그램으로 지원 하기에는 기술이 미성숙하여 소규모로 기술의 완성도를 높여야 하는 경우 중규모의 변혁적 연구 지원
 - ➔ (사업화 지원 프로그램) 필수전략형·미래도전형 R&D를 수혜한 프로젝트 중 상용화를 통해 높은 파급효과를 가질 것으로 예상되는 프로젝트의 상용화 지원

○ 성과목표

- 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발(삼극특허, 세계적 수준의 저널 등재)과 기술 성과 확산(후속투자유치금액, 기업공개, 기술이전금액)을 목표로 설정

□ 세부활동 도출의 적절성

(1) 기획과정의 적절성

- 과기정통부 사업 총괄, 전문기관(한국연구재단)에서 사업을 주관하여 산학연으로 구성된 자문회의, 전문가위원회 운영을 통해 체계적인 추진
 - 과기정통부는 추진중인 R&D 지원사업*을 통합 조정하고 연계지원을 통한 시너지 효과 확보를 위해 공동사업으로 기획
 - 자문회의 및 산학연 전문가 의견 수렴을 통하여 환경분석, 추진전략, 사전 타당성 분석 등을 체계적으로 기획
 - ➔ 기술수요조사는 유형별로 산·학·연 각계 전문가를 대상으로 조사하여 예시기술을 도출
- 기술수요 조사를 실시하여 사업 추진전략 및 추진체계, 사업목적 달성을 위한 지원금액 및 지원기간의 적정성과, 구체적 기술수요를 확보
 - 사업설문조사를 통해 한계도전프로젝트 사업의 추진전략 및 추진체계, 사업목적 달성을 위한 지원금액 및 지원기간 조사

<표 5-10> 사업설문조사결과

□ 제안기관/작성자 기본정보

- 고경력 책임연구원급 이상이 주로 응답하였고, 현재 주 수행중인 연구의 연구개발 단계는 응용단계 전후로 분포
 - 제안자 직급 : 책임연구원급 이상(85.1%), 선임연구원급(13.9%) 등
 - 경력기간 : 5~10년(29.2%), 10~15년(29.2%), 20년 이상(29.2%) 등
 - 연구단계 : 응용(41.0%), 기초(32.4%) 등

□ 사업 추진전략 및 추진체계 적정성 검토

- 대체불가능성, 신산업/신시장 창출가능성을 기준으로 연구테마를 선정하는 것에는 대부분 동의하나, 통상대체 불가능성(14.7% 미동의)에 대해서는 이견이 있는 것으로 보임
 - 대체불가능성/신산업·시장 창출가능성 평가 : 동의(48.5%), 매우동의(40.8%) 등
 - 기술대체 불가능성 : 동의(49.2%), 매우동의(33.8%) 등
 - 통상대체 불가능성 : 동의(38.0%), 보통(27.1%) 등
 - 기술적 파급효과 : 동의(45.4%), 매우동의(39.2%) 등
 - 경제적 파급효과 : 동의(38.0%), 보통(27.3%) 등
- 장기간의 연구보장 및 연구집단이 아닌 PM(PD) 및 외부기관의 수요발굴(미동의 13.8%)에 동의하는 것으로 나타남
 - 기획연구 타당성 평가결과에 기반한 9년간의 본연구 지원 : 동의(49.6%), 매우동의(21.3%) 등
 - 기업수요는 PM(PD) 및 기관에서 발굴 : 동의(45.4%), 매우동의(23.1%) 등
- 사업 종료 후 후속지원방안에는 대체로 동의하는 것으로 나타남
 - 사업 종료 후 기술사업화 지원방안 필요 : 동의(46.2%), 매우동의(44.6%)
 - 연구기간 내 기술사업화 성과를 측정하여 후속지원 : 동의(45.4%), 매우동의(38.5%)
- PM(PD)권한 강화에 대해서는 대체로 동의하고 있으며, 기획과제 탈락에 대한 재공모 기회 부여를 매우 희망
 - PM(PD)의 권한을 강화하여 사업운용의 자율성·책임강화 : 동의(42.6%), 매우동의(29.5%)
 - 과제의 관리기관이 아닌 PM(PD)의 자율적 판단·승인 : 동의(40.0%), 매우동의(26.9%)
 - PM(PD)이 과제관리/연구진변경/기술교류 등 전반적 관리 총괄 : 동의(39.2%), 매우동의(26.2%), 보통(26.2%)

□ 사업목적 달성을 위한 지원금액 및 지원기간의 적정성

- 기획예산은 1~5억 규모를 가장 선호(51.1%) 하고 있음
- 본연구의 연간 지원규모는 다양하게 분포되어 있으며, 연구기간은 대체로 장기간을 선호

- 산·학·연 각계 전문가로부터 기술수요조사를 실시하여 150개의 기술수요조사자료 확보

➔ 기술수요조사에 대한 책임PM의 검토결과에 근거하여 후보기술을 선정

○ 다양한 전문가 참여를 통한 의견 수렴

- 핵심원천기술 관련 산·학·연 전문가들의 충분한 의견 수렴 및 검토를 거쳐 사업설계가 체계적으로 이루어질 수 있도록 진행함

➔ (기획회의 운영) 동 사업에 대한 지원영역, 추진전략, 지원내용, 기획(안)쟁점사항 등에 대한 의견 수렴을 통해 사업 설계에 반영

➔ (전문가 의견수렴) 산·학·연 전문가 의견 수렴을 통하여 사업모델의 적정성 및 기업의 참여 방식 등 기획연구 추진에 따른 총괄검토 및 자문수행

- * 전문가 간담회 (21.08.18): 자문위원회 활용 사업컨셉 검토
- * 1차 사업기획위원회 (21.11.03) : 사업컨셉 검토
- * 연구단장자문위원회 (21.11.17) : 선행사업 연구단장 사업컨셉 검토
- * 2차 사업기획위원회 (22.01.28) : 사업컨셉 검토
- * 1차 기술기획위원회 (22.02.04) : 기술 테마 검토
- * 2차 기술기획위원회 (22.02.16) : 기술 테마 검토
- * 3차 기술기획위원회 (22.05.02~22) : 기술 테마 검토
- * 1차 총괄기획위원회 (22.05.17) : 사업 총괄 검토

<표 5-11> 사업기획 경과

| No. | 회의일자 | 회의장소 | 회의안건 | 참석자 | 구분 |
|-----|-------------|------|----------------------------------|-------------------------|-----------|
| 1 | 21.06.15(화) | 과기부 | 제안내용 보고 및 기획방향 논의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 2 | 21.06.23(수) | 과기부 | 기획방향 논의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 3 | 21.06.30(수) | 연구재단 | 예타 주요 평가사항 확인 및 사업논리 보완 | 과기부, 연구재단, KISTEP, 기획사 | 기획회의 |
| 4 | 21.07.08(목) | 연구재단 | 유사사업 차별성 중심 사업논리 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 5 | 21.07.21(수) | 과기부 | 원천기술 축적의 앵커로서 사업논리 보완 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 6 | 21.07.28(수) | 과기부 | 벤치마킹 대상조직 검토, 사업논리 보완, 기획위(안) 구성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 7 | 21.08.18(수) | 과기부 | 자문위원회 활용 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 자문위, 기획사 | 전문가 간담회 |
| 8 | 21.08.30(월) | 과기부 | 차세대 성장동력 지원 중심 사업논리 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 9 | 21.09.14(화) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 10 | 21.10.07(목) | 비대면 | 기획보고서 초안 검토 및 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 11 | 21.10.13(수) | 과기부 | 기획보고서 검토 및 보완 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 12 | 21.11.03(수) | 수서 | 사업기획위원 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 사업기획위원회 | 사업기획 위원회의 |

| No. | 회의일자 | 회의장소 | 회의안건 | 참석자 | 구분 |
|-----|------------------------|----------|----------------------|------------------------|----------|
| 13 | `21.11.17(수)) | 비대면 | 선행사업 연구단장 사업컨셉 검토 | 연구단장 | 연구단장자문회의 |
| 14 | `21.12.09(목)) | 서울역 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 15 | `21.12.28(화) ~29(수) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 16 | `22.01.19(수)) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 17 | `22.01.28(금)) | 비대면 | 사업기획위원 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 사업기획위원 | 사업기획위원회의 |
| 18 | `22.02.04(금)) | 비대면 | 기술기획위원 기술테마 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위원 | 사업기획위원회의 |
| 19 | `22.02.16(수)) | 비대면 | 기술기획위원 기술테마 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위원 | 사업기획위원회의 |
| 20 | `22.02.17(목)) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 21 | `22.02.22(화)) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 22 | `22.02.24(목)) | 비대면 | ARPA-E PD 회의 | 과기부, 연구재단, 기획사, ARPA-E | 기획회의 |
| 23 | `22.03.10(목)) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 24 | `22.04.01(금)) | 비대면 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 25 | `22.04.13(수)) | 비대면 | 대형장기사업 검토 대비 회의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 26 | `22.04.14(목)) | 서울 | 대형장기사업 검토 회의 | 과기부, 연구재단, 검토위원 | 검토회의 |
| 27 | `22.04.19(화)) | 비대면 | 대형장기사업 검토의견 대응 회의 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 28 | `22.04.22(금)) | 과기부 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 29 | `22.05.06(금)) | 기획사 | 사업논리 보완 및 기획보고서 작성 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 30 | `22.05.02~2 2(월~일) | 비대면 | 기술테마 보완 | 기술기획위원, 기획사 | 사업기획위원회의 |
| 31 | `22.05.17(화)) | 비대면 | 총괄기획위원 사업컨셉 검토 | 과기부, 연구재단, 기획사, 총괄기획위원 | 총괄기획위원회의 |
| 32 | `22.09.26(월)) | 과기부 | 사업 기획 방향성 및 자료 공유 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 33 | `22.10.06(목)) | 비대면 | 사업 기획 보완 및 자료 공유 | 과기부, 연구재단, 기획사 | 기획회의 |
| 34 | `22.11.01(화)) | 과기부 | 사업 기획 방향성 논의 및 정리 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 35 | `22.11.22(화)) | 과기부 | 사업 기획 회의 및 전문가 자문 | 과기부, 연구재단, 기획사, 외부전문가 | 기획회의 |
| 36 | `22.12.16(금)) | 서울역, 비대면 | 연구개발 아이템 발굴을 위한 TF회의 | 과기부, 기획사, 외부전문가 | 기획회의 |
| 37 | `23.01.05(목)) | 과기부 | 사업 기획 수정 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |
| 38 | `22.01.13(금)) | 서울역 | 사업 추진 방안 논의 | 과기부, 연구재단, 기획사, 외부전문가 | 기획회의 |

| No. | 회의일자 | 회의장소 | 회의안건 | 참석자 | 구분 |
|-----|-----------------|------|-------------|----------|------|
| 39 | 22.02.22(수) | 서울역 | 사업 추진 방안 논의 | 과기부, 기획사 | 기획회의 |

(2) 지원내용의 적절성

○ 사업 개념 및 특성

- 국내 정부 R&D에서는 도전적 연구개발을 장려하고 있으나 변혁적 기술개발 중심으로 설계된 대형 R&D 사업은 미흡
 - ➔ 지식의 축적과 활용이 가능한 원천기술 플랫폼 구축을 통하여 국가경쟁력 강화를 위한 혁신적인 변혁적 기술확보를 위한 사업
- (임무형 테마 설정) 필수전략기술 10대 테마, 차세대성장동력, 미래도전 등 대체불가능, 신산업·신시장 창출 가능성을 평가하여 기술 테마의 선정
- (중장기연구) 변혁적 기술 발굴을 위한 기획연구를 통해서 연구몰입을 위한 중장기기간의 본 연구기간을 추진
- (성과관리의 고도화) 연구 결과물을 활용성 제고를 위하여 연구와 성과를 분리하고, 기술사업화를 위한 체계적인 추진체계 고도화

○ 사업 지원방식(기술비지정) 추진 근거

- (공통) 동 사업은 급변하는 미래사회 대응을 위한 기술개발지원 사업인 만큼, 기획시점과 사업착수시기의 Gap이 있는 예비타당성조사 기획의 특성을 고려할 때, 기술비지정 방식의 사업 추진이 적절
 - ➔ 미래사회의 불확실성을 고려할 때, 사업착수시기에 수요가 예상되는 과제를 미리 제시하는 것보다는 기술비지정방식으로 추진하는 것이 동 사업 추진취지에 더 적합함
 - ➔ 자유공모의 특성상 기획단계에서 후보과제 도출, 우선순위 선정, 과제별 세부활동, 과제별 성과지표, R&D활동별 필요자원(비용, 기간, 조직, 인프라) 소요계획 수립이 어려우므로, 해당 절차를 동 사업 기획 시에는 제외하였음
 - * 단, 기술 수요조사 실시를 통해 동 사업에서 지원하고자 하는 기술유형을 예시로 제시하였음
 - ➔ 또한, 기술 비지정 사업으로 추진함에 따라 경쟁력을 갖춘 조직의 제한없는 참여를 위하여 수행주체를 특정하여 분석하지 않고, 사업 참여주체인 국내 대학 및 연구소의 인력·인프라 여건 검토로 대처하였음
- 그 외 기술비지정 방식으로 추진하는 것이 기술지정방식으로 추진하는 것보다 더 적절한지를 추가 분석하여 기술비지정 방식으로 추진하는 것으로 최종 결정

<표 5-12> 기술비지정방식 추진 근거

| 근거 |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• 원천기술중 분야 한정 시 다양한 분야로 확산 가능한 변혁적 기술 확보 및 플랫폼 구축시도 불가• 본 사업은 변혁적 기술 확보를 위해서 고위험·고수익(HRHR)의 성공가능성이 매우 낮은 목표를 공모하는 사업• 해외에도 고위험·고수익(HRHR) 과제는 (기존사업의 틀에서 지원이 어려워) 별도 사업으로 지원하고 있으며, 분야 비특정으로 지원 중<ul style="list-style-type: none">* Challenge Prize(英) : 항생제 내성 해결, 플라스틱 오염 해결, 하반신 마비환자 이동 증진 등* Moon-Shot Project(日) : 중증 환자 동면 기술, 태풍 진로 조작 기술, 가상현실로 고인과 대화 기술 등 <p>☞ 변혁적 기술 개발을 통한 미래 성장동력 확보 및 국가경쟁력 제고를 위한 역할로 한계도전 프로젝트를 지원</p> |

□ 세부활동 기간 추정 및 시간적 선후관계 적절성

○ 지원시기의 적절성

- R&D 개발 목표에 따라 요구되는 지원기간을 고려하여 단계별 연계 및 시너지 효과창출을 위해서 시기를 구성함
- 1년간의 1단계 연구에선 기술의 실현가능성 검증 및 상세기획연구를 수행하여 연구개발의 리스크를 최소화하고 기술개발 성공 가능성을 높임
- 2년간의 2단계 연구에선 기초원천전략기술개발 및 기초과학 혁신에 적용가능한 기초원천연구개발을 위주로 수행하며, 책임PM의 포트폴리오 관리를 통해 대내외 환경변화에 따른 연구방향성 수정 가능
- 3년간의 3단계 연구는 도전혁신형 연구개발을 통한 글로벌 기초과학·산업·시장에 변혁적 성과를 창출할 가능성이 높은 연구프로그램에 집중 투자를 수행

5.2 정책적 타당성 분석

가. 정책적 배경

- 현 정부는 미래지향성 의지를 강조하며 ‘자율과 창의로 만드는 담대한 미래’를 국정목표로 제시
 - 과학기술이 선도하는 도약의 발판 마련을 위한 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계(국정과제 74), 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약(과제 75)을 제시
- 향후 5년간의 중점 육성기술로 12대 국가전략기술을 제시하고, ‘임무중심 연구개발(R&D) 혁신체계’를 도입, 초격차 기술 확보를 목표로 정부와 민간 역량의 결집 강화 추진
 - 또한, 바람직한 미래를 구현하기 위해 과학기술이 역할을 다할 수 있도록 끊임없이 혁신해야한다 강조(`23.01.)

나. 상위정책과의 부합성

- 동 사업은 국가경쟁력 확보를 위한 변혁적 원천기술 개발을 목적으로 하며, 상위의 계획 및 대책과 부합성이 높음
 - 최상위 계획인 과학기술정보통신부의 과학정보통신부 ‘제5차 과학기술 기본계획’을 검토한 결과 사업의 비전, 목표, 추진전략 측면에서 부합성을 확보
 - ‘2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)’, ‘국가 R&D 혁신 방안 실행계획’등 도전·혁신형 R&D 관련 대책들과도 높은 부합성을 확보

<표 5-13> 동 사업의 상위계획과의 부합성

| 구분 | 상위계획의 주요내용 | 한계도전프로젝트 | |
|--------------------------------|--|--|-----|
| | | 유관 내용 | 부합도 |
| 제5차 과학기술 기본계획 수립방향 ('23~'27) | <ul style="list-style-type: none"> 과학기술혁신 역량을 강화하고 이를 바탕으로 국가, 사회가 당면한 현안을 해결하기 위한 추진전략과제를 수립 정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 과학기술혁신을 지향하고 이를 통한 국가, 사회 현안 해결을 목적으로 한다는 측면에서 동 사업의 방향성과 일부 부합 (동사업) 도전적이고 명확한 임무형 테마를 설정하여 기술확보 추진 | ○ |
| 2023년도 국가연구 개발 투자방향 및 기준(안) | <ul style="list-style-type: none"> 미래 핵심기술확보를 위한 혁신도전형 연구 지원 -위기대응을 위한 과학기술 역량 강화를 위해 감염병 위기극복과 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 지원 -포용 바탕의 미래 혁신역량 강화를 위해 창의·도전적 기초·기반 연구, 인재 양성, 지역·중소기업 역량 강화 및 창업·기술사업화를 지원 | <ul style="list-style-type: none"> 혁신도전형 연구 지원을 통해서 미래 핵심기술 확보를 추진하고, 국가 현안 문제 해결을 임무로한 과학기술역량 강화 측면에서 동 사업과 방향성이 부합 (동사업) 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발을 주요 성과목표로 설정함 | ○ |
| 국가전략 기술 육성방안 ('22) | <ul style="list-style-type: none"> 경제와 외교·안보를 좌우하는 기수래권 경쟁시대, 미래 먹거리 창출과 경제안보에 기여할 국가차원의 전략기술 육성 정책 12대 국가전략 선정과 50개 세부 중점기술을 구체화하고, 단기-중장기 기술개발 방향을 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 기술선도국으로서의 기술역량 확보 및 국가전략적 관점의 기술개발을 지원한다는 점에서 동 사업과 부합 (동사업) 과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립을 비전으로 설정, 필수전략형 R&D 프로그램 구성 | ○ |
| 국가 R&D 혁신방안 실행계획 수정(안) ('17.3) | <ul style="list-style-type: none"> (비전) 'R&D 시스템을 대혁신하여 혁신성장 선도' 하위로 'R&D 혁신의 중심을 국민과 연구자에 두는 사람중심의 혁신 추진'과 '과파적 혁신을 이끌어낼 고위험 혁신형 도전적 R&D(High Risk-High Return형) 지원 강화'를 수립함 | <ul style="list-style-type: none"> 고위험 혁신형 도전적 R&D 추진하고 R&D 평가/성과관리 등 시스템 혁신을 추진한다는 측면에서 동 사업과 부합 (동사업) 전담지원 조직을 위한 집중적인 사업관리, 성과 활용을 위한 체계적인 지원을 전략으로 설정함 | ○ |

다. 타 사업과의 중복성 및 차별성

□ 중복성 조사 절차 및 기준

- 국가연구개발사업의 R&D 예산의 효율적 사용 및 성과창출 극대화를 위해 각 부처에서 진행하는 유사 사업과의 중복성을 확인하고자 함
 - 현재 정부가 추진 중인 도전·혁신형 기초원천기술개발 지원사업 현황을 분석하고, 해당 사업 간 연관성을 점검한 후 유사·중복성 및 차별화 방안을 도출하고자 함
- 사업목적, 사업규모, 지원분야, 지원대상, 지원내용 등을 중점적으로 분석

<표 5-14> 중복성 검토 대상사업

| 사업명 | 내용 |
|-----------------|--|
| 산업기술 알키미스트 프로젝트 | <ul style="list-style-type: none"> • 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 도전적이고 혁신적인 기술개발을 통해 미래 신산업·신시장 창출을 지원 |
| 혁신도전 프로젝트 | <ul style="list-style-type: none"> • 국가 차원의 고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도산업 창출 |
| 과학난제도전 융합연구개발사업 | <ul style="list-style-type: none"> • 기초과학·공학 간 융합·협력연구 수행을 통한 과학난제 도전으로 인류공영 가치 및 혁신창출에 기여 |
| 미래융합기술 파이오니어 | <ul style="list-style-type: none"> • NT, BT, ET, IT 등의 이종 기술간의 융합을 통해 고위험-고수익(High-risk, High-return)형 융합원천기술개발 |

□ 중복성 검토 결과

- 동 사업은 변혁적 기술 분야 중심으로 연구개발 지원을 통한 원천기술 플랫폼 구축 및 미래성장동력 확보를 통한 국가경쟁력을 강화를 목적으로 다양한 분야로 파급될 수 있는 원천기술 확보와 확산 측면에서 차별성을 가짐
 - 특히, 국가 및 사회 현안 문제 해결을 임무로 하는 변혁적 기술개발을 추진하기에는 동 사업이 다학제적 역량 축적 및 빠른 활용 측면에서 타 사업 대비 차별적 우위를 가짐

□ 한계도전프로젝트와 미래융합기술파이오니어와의 차별성(유사·중복성) 분석

<표 5-15> 미래융합기술파이오니어 사업 과의 중복성 검토 결과 요약

| 구분 | 본 사업 | 과기정통부 |
|----------|---|---|
| | | 미래융합기술 파이오니어 |
| 사업 목적 | 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보 | NT, BT, ET, IT 등의 이종 기술간의 융합을 통해 고위험 -고수익(High-risk, High-return)형 융합원천기술개발 |
| 지원 대상 | 변혁적 기술 | 제품화 요소 원천융합기술 |
| 과제별 지원기간 | 10년(2+2+6년) | 6년(3+3년) |
| 규모 | 약 7,527억 원 | 연간 5억원 |
| 추진 체계 | 전담 지원조직의 연구·사업화 관리 책임PM의 자율성 독립성 확보 | 융합기술 수요조사에 기반한 소규모 연구단 다수 지원 |
| 주요 특징 | 임무형 테마 설정 책임PM 제도 도입 포트폴리오 과제관리 전담 지원조직·Tech to Impact | 주기적으로 연구단을 선정하여 지속 지원 |
| 차별성 | 변혁적기술 확보를 위한 새로운 관리시스템 도입 | 기술 융복합을 위한 소규모 집단연구 vs (본 사업) 새로운 기술적 시도와 검증에 초점을 둔 대형 집단연구 |

- (사업목표) 신기술·산업 패러다임 창출 또는 변화를 유도할 수 있는 임무 중심 핵심원천기술 개발을 위한 융합연구 지원
- (변혁적 기술 확보의 한계)
 - ① 해당 사업의 주된 목적은 혁신적 기술확보도 있지만, 2개 이상의 기술분야 간 융합연구를 주된 목적으로 함
 - * 융합연구를 위한 파이오니어 융합연구단 구성 및 기업참여 추진
 - ② 연구과제는 전문기관(연구재단)이 관리하는 기존의 관리방식을 따르고 있으며, 포트폴리오 과제 관리방식은 미 도입
 - * 선정된 과제는 4.5년은 지속적으로 지원하며, 경쟁형 방식 등 미적용
- 한계도전프로젝트 사업은 새로운 기술적 시도와 검증에 초점을 둔 대형 집단연구로서 미래융합기술 파이오니어 사업과 차별화됨
 - 한계도전프로젝트 사업은 기술의 검증을 위한 연구 이후 대규모 집단·장기연구 진행을 통해 장기간의 성과 확보 및 축적이 가능함
 - 미래융합기술 파이오니어는 상대적으로 소규모의 집단연구 및 연구단계에 초점을 두고 있어 연구역량의 집적 및 사업화 성과 확보가 어려움
 - * 미래융합기술 파이오니어는 기술 융복합을 위한 소규모 집단연구에 초점을 두고 있음
 - * 사업화를 위한 조직 및 프로그램이 부재하여 성과가 다수 발생할 사업 종료 시점에서의 성과의 집중 및 확산이 어려움

□ 한계도전 프로젝트 사업과 과학난제도전사업과의 차별성(유사·중복성) 분석

<표 5-16> 과학난제도전사업과의 중복성 검토 결과 요약

| 구분 | 본 사업 | 과기정통부 |
|----------|---|---|
| | | 과학난제도전 융합연구개발사업 |
| 사업 목적 | 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보 | 기초과학-공학 간 융합·협력연구 수행을 통한 과학난제 도전으로 인류공영 가치 및 혁신 창출에 기여 |
| 지원 대상 | 변혁적 기술 | 과학난제 |
| 과제별 지원기간 | 10년(2+2+6년) | 4.5년 |
| 규모 | 약 7,527억 원 | 연간 30억원 |
| 추진 체계 | 전담 지원조직의 연구·사업화 관리 책임PM의 자율성 독립성 확보 | 연구책임자 중심의 소규모 그룹 융합연구단(7인 이상 참여 불가) |
| 주요 특징 | 임무형 테마 설정 책임PM 제도 도입 포트폴리오 과제관리 전담 지원조직·Tech to Impact | 집단지성을 활용한 오픈 플랫폼 지향 |
| 차별성 | 변혁적기술 확보를 위한 새로운 관리시스템 도입 | 과학난제 해결을 위한 소규모 집단연구 vs (본 사업) 산업·사회과급을 전제한 대형 집단연구 |

- (사업목표) 과학난제를 연구자 중심으로 발굴하고, 융합연구를 통해 도전함으로써 혁신적 성과 창출 및 진취적 연구풍토 조성
- (변혁적 기술 확보의 한계)
 - ① 고위험의 난제 해결을 목표로 하지만, 혁신적인 기술 확보 보다는 새로운 지식의 발견과 학문의 지평을 여는 내용이 중심
 - * (주제) 암 재발 방지, 면역 조절, 기초연구·공학 융합, 생명 원리 연구 등
 - ② 과제 발굴은 ‘과학난제 도전 협력지원단’에서 하지만 이후의 연구관리는 기존의 전문기관(한국연구재단)에서 기존의 방식으로 관리
- 한계도전프로젝트 사업은 산업·사회과급을 전제한 대형 집단연구로서 과학난제도전사업과 차별화됨
 - 한계도전프로젝트 사업은 임무지향적 프로그램을 통해 우리나라에서 반드시 경쟁력을 확보해야 할 영역을 설정하여 동 영역의 역량 확보를 지원
 - 과학난제도전 융합연구개발사업은 과학적 난제 해결을 위해 연구개발의 앞단계에 초점을 두고 있어, 산업 및 사회 과급을 위한 역할은 제한됨

□ 한계도전프로젝트 사업과 혁신도전 프로젝트와의 차별성(유사·중복성)

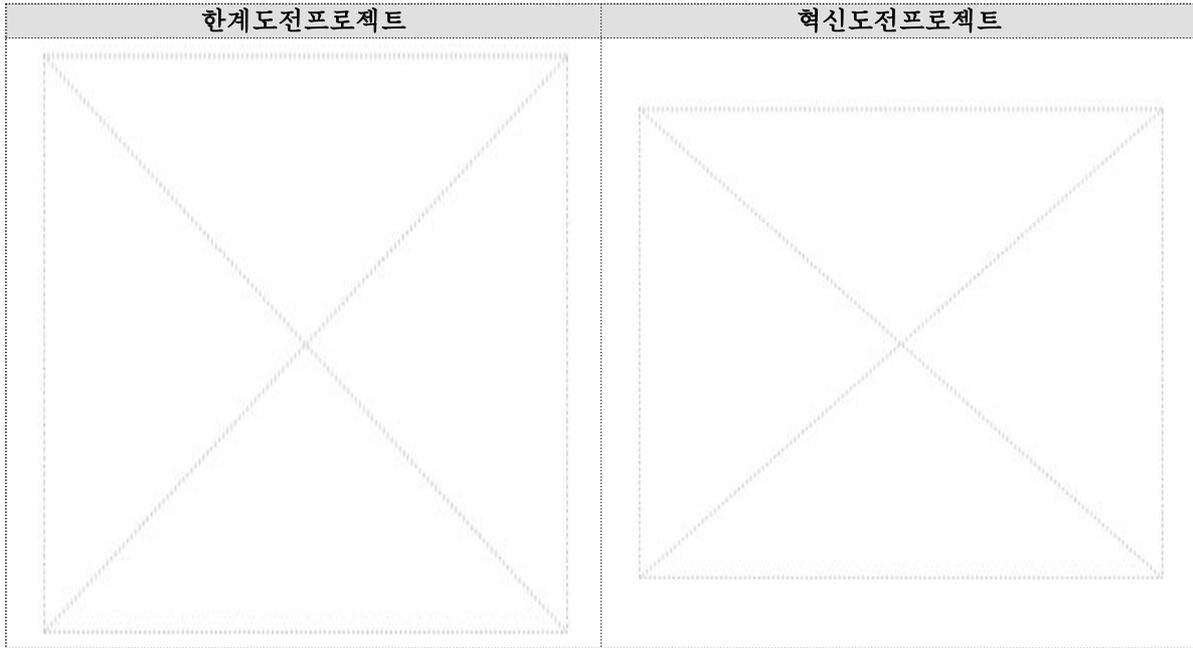
<표 5-17> 혁신도전 프로젝트 사업과의 중복성 검토 결과 요약

| 구분 | 본 사업 | 과기정통부 |
|----------|---|---|
| | | 혁신도전 프로젝트 |
| 사업 목적 | 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보 | 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도 산업 창출 |
| 지원 대상 | 변혁적 기술 | 국가차원 선제해결이 필요한 연구주제 |
| 과제별 지원기간 | 10년(2+2+6년) | 4년 *신기획(0.5년)이후 본연구 3년 지원 |
| 규모 | 약 7,527억 원 | 연간 50억원 |
| 추진 체계 | 전담 지원조직의 연구·사업화 관리 책임PM의 자율성 독립성 확보 | 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리 |
| 주요 특징 | 임무형 테마 설정 책임PM 제도 도입 포트폴리오 과제관리 전담 지원조직·Tech to Impact | 부처칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중 민간전문관리자의 사업관리 유연한 연구관리제도 도입 |
| 차별성 | 변혁적기술 확보를 위한 새로운 관리시스템 도입 | 관리체계가 이원화되어 성과창출·관리가 어려움 vs (본사업)통합적 관리체계로 R&D를 통한 성과추적·활용 용이 |

- (사업목표) 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도 산업 창출
- (변혁적 기술 확보의 한계)
 - ① 연구테마 선정 및 초고난도 연구개발 등 변혁적 기술 확보를 위한 R&D로서 기획되어 혁신본부가 과제를 선정하나, 이후에는 전문기관에서 통상의 과제와 동일하게 기존의 방식으로 관리
- 한계도전프로젝트 사업은 간결한 조직체계로 사업을 운영하여 변혁적 기술 발굴 및 개발에 빠르게 대응 가능함
 - 한계도전프로젝트사업은 책임PM/사업지원단 - 프로그램/과제의 간결한 체계를 갖추어 사업을 운영
 - * 사업관리를 위한 책임PM와, 사업화를 위한 전담조직을 구성하여 각 프로그램의 진행 현황과 사업화 지원의 효율적 관리가 가능
 - 혁신도전프로젝트는 테마 발굴은 혁신도전프로젝트가 진행하나, 이후 과제의 공고-기획-관리는 각 부처별로 진행하여 일원화된 성과창출·관리가 어려움
 - * 각 부처별로 R&D를 진행하여 현황 파악을 위해서 부처간 소통이 필수적으로 요구되어, 사업의 원활한 관리가 어려움
 - * 실제 혁신도전프로젝트에서 `20년 발굴된 과제가 `21년에야 각 부처에서 기획되어 `22년에

예산이 배정됨(약 2년의 시차)

- * 각 사업단 내 지원조직을 구성하여 성과창출 과정에서의 현황 및 니즈 파악이 늦어질 가능성 존재



<그림 5-1> 한계도전프로젝트 사업과 혁신도전프로젝트 비교

- 상대적으로 늦은 R&D 추진 및 짧은 지원기간(3년)으로 시장에서 요구하는 변혁적 기술개발에 경쟁국보다 늦어질 가능성 존재
- * 글로벌 미래전망에 따라 각 국가는 유사한 영역에서의 R&D를 경쟁적으로 추진하고 있어, 새로운 기술가능성에 대한 빠른 시도가 요구됨

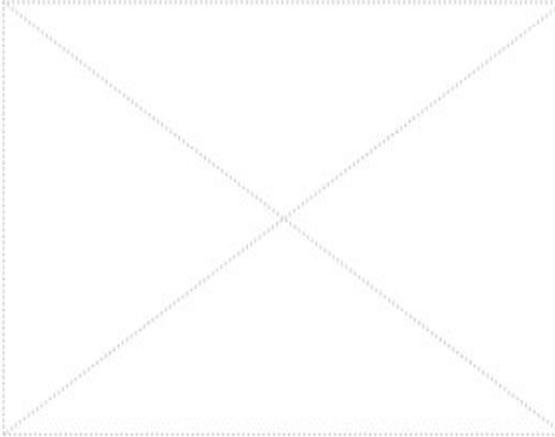
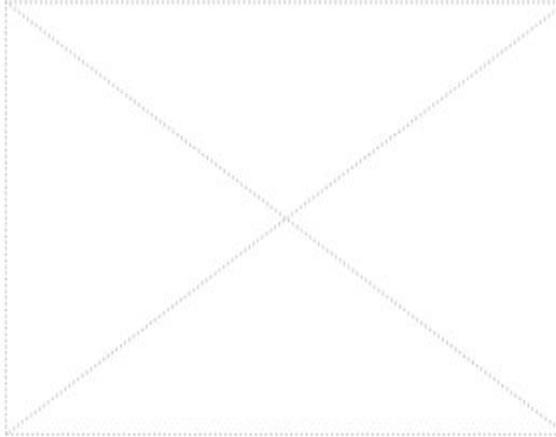
□ 한계도전프로젝트 사업과 알키미스트와의 차별성(유사·중복성) 분석

<표 5-18> 알키미스트 사업과 중복성 검토 결과 요약

| 구분 | 본 사업 | 산업부 |
|----------|---|---|
| | | 산업기술 알키미스트 프로젝트 |
| 사업 목적 | 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보 | 핵심원천기술 개발을 통해 미래 신산업·신시장 창출 |
| 지원 대상 | 변혁적 기술 | 핵심원천기술 |
| 과제별 지원기간 | 10년(2+2+6년) | 7년(1+1+5년) |
| 규모 | 약 7,527억 원 | 개념·선행연구 지원후 본연구 과제별 연간 40억원 |
| 추진 체계 | 전담 지원조직의 연구·사업화 관리 책임PM의 자율성 독립성 확보 | 그랜드챌린지위원회를 통한 테마 발굴 이후 연구자 중심의 수행 |
| 주요 특징 | 임무형 테마 설정 책임PM 제도 도입 포트폴리오 과제관리 전담 지원조직·Tech to Impact | 혁신적 테마 지향 경쟁형 R&D 기업멤버십 |
| 차별성 | 변혁적기술 확보를 위한 새로운 관리시스템 도입 | 특정 제품/기업에 한정된 성과창출 가능성 vs (본사업) 범용·원천성 있는 변혁적 기술 확보 |

- (사업목표) 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 핵심원천기술 개발을 통해 미래 신산업·신시장 창출
- (변혁적 기술 확보의 한계)
 - ① 최종적인 목표는 도전적·혁신적이거나, 개별기술에 대한 접근은 점진적인 (incremental) 연구개발 수준에 가까움
 - ➔ 모델 제작 등 산업적 목표 달성을 중점목표로 하여, 핵심 원천기술 개발을 위한 충분한 시간적 지원은 미흡
 - * 1분 충전 600KM 전기차 개발의 경우, 7년 차에 전기차 모델 제작을 목표로 하여 1~3년 차에만 원천기술 개발을 진행하고 이후에는 시제품 제작에 중점
 - ➔ OECD는 ‘알키미스트 프로젝트’에 대하여 ‘HRHR가 분명한 요건은 아니나 장려되는 수준’으로 가장 낮은 수준으로 분류
 - ② 기존의 전문관리기관(산기평)이 수요 발굴, 평가위원회 운영, 성과활용 등을 전담하여 기존 R&D 체계의 관리방식을 유지
 - ➔ PM이 과제 선정 이후에 선임되어 프로그램 기획과 관리가 통합·유기적으로 연결되지 못할 위험 존재
- 한계도전프로젝트 사업은 별도의 기술사업화 조직을 통하여 사업과 연계한 민간참여 실용화 과제를 분리하여 알키미스트보다 범용적 기술 공급에 초점을 두고 있음

- 한계도전프로젝트 사업은 성과확산을 위한 별도의 기술사업화 조직을 신설하고 상용화를 위한 별도의 프로그램을 통해 지원하여 R&D 단계에서 특정기업의 목적 중심 개발을 지양함
- 산업기술 알키미스트 프로젝트는 각 테마별 R&D마다 2단계 연구부터 멤버십 기업 참여를 요구하고 있어 특정 기업이 요구하는 제품·수단에 한정적인 기술 공급 가능성이 있음

| 한계도전프로젝트 | 산업기술 알키미스트 |
|--|---|
|  |  |

<그림 5-2> 한계도전프로젝트 사업과 산업기술 알키미스트 프로젝트 비교

- 직접 및 부가성과의 발생 가능성 등을 예측하기 변혁적 기술의 특성 상, 장기적인 테마를 이어가되 탐색적 연구가 지속될 필요
 - * 한계도전프로젝트 사업은 기술혁신을 위한 도전적 연구를 수행하며, 연구 수행 도중 또는 완료 후 창출되는 성과 확산을 위한 연구 수행
 - * 기술사업화 지원 프로그램을 별도로 구성하여 범용적 특징을 가진 기술 창출 지원조직과, 창출한 기술성과의 확산을 위한 지원조직을 별도로 구성하여 전문화된 과제관리 추구

라. 재원조달 가능성

□ 국가재정운용계획 및 유사사업 일몰을 고려한 재원조달 가능성

○ 국가재정운용계획(`22~`26) 상의 재원조달 가능성

- `22~`26년 간 국가재정운용계획에 의하면 정부는 R&D 분야에서 초격차 전략산업, 에너지 전환, 저탄소생태계 구축 등 R&D 적극 투자 예정
- 기존 출연 중심의 R&D 지원방식에서 나아가, 민간투자 연계형 R&D 확대 및 기초연구·인재양성 등 기반조성 강화 추진
- ➔ R&D 분야는 `22년 29.8조 원에서 `23년에는 3.0% 증가한 30.7조 원, `26년에는 34.4조 원으로 연평균 3.7% 증가

<표 5-19> 국가 R&D 재원분배 계획

(단위: 조 원, %)

| 구분 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2022~2026 연평균 증가율 |
|--------------|------|------|------|------|------|----------------------|
| R&D 예산 | 29.8 | 30.7 | 32.0 | 33.2 | 34.4 | - |
| 전년 대비 예산 증가율 | 8.7 | 3.0 | 4.4 | 3.6 | 3.6 | 3.7 |
| 총지출 증가율 | 8.9 | 5.2 | 4.8 | 4.4 | 4.2 | 4.6 |

* 출처: 기획재정부(2022), 2022~2026년 국가재정운용계획 주요내용

- 본 사업과 관련 R&D 중점 투자 분야는 미래산업 전략 R&D 투자이며, 세부적으로 프론티어형 전략기술, 도전적 기초연구 지원이 있음

○ 과기정통부의 유사사업 일몰에 따라 확보 가능한 재원 등을 검토

- 기존 글로벌프론티어 사업이 `23년 종료됨 따라 동 사업으로 전환하여 활용 가능
- ➔ `10년부터 10개 연구단별로 연 90억 원 내외 지원하여 `23년까지 총 1조 1,910억 원을 지원
- 또한 최근 4년간 과기정통부 R&D 예산 증가율은 연간 6.96%로서 신규 사업 추진을 위한 예산 확보가 가능할 것으로 예상

<표 5-20> 과기정통부 최근 5년간 R&D 예산 증가내역

(단위: 억 원, %)

| 구분 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | `20~`23 연평균 증가율 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| R&D 예산 | 79,882 | 87,357 | 94,083 | 97,761 | - |
| 증감액 | - | 7,475 | 6,7263 | 3,678 | - |
| 증가율 | - | 9.4 | 7.7 | 3.9 | 6.96 |

* 출처: 과학기술정보통신부 홈페이지

마. 사업 추진상의 위험요인

□ 법·제도적 위험요인

- WTO 규정 등의 근거로 특정 산업 분야 지원에 대한 문제 소지 가능성이 있지만 동 사업은 연구개발 지원을 목적으로 하는 사업으로 위험요인되지 않음
 - 그 동안의 사례로 보았을 때, 연구개발 지원 사업 또는 유사 사업에 대해서 문제가 경우는 없었음
- WTO 보조금협정에서 ① 개별 기업이나 산업 또는 기업군이나 산업군 ② 일정한 지역에 대한 것으로 특정성을 구분할 수 있음
 - WTO 보조금 협정 제2조에 의하면, 정부로부터 민간기업에 대한 재정적 기여가 존재하고 그로부터 민간 기업에 대하여 경제적 혜택이 부여되었다고 하더라도 해당국 다수의 기업이 수혜 대상인 경우 결국 특정성의 결여로 인해 보조금 요건의 망실된다고 볼 수 있음
 - 또한 본 사업의 지원은 금지 보조금에 해당되는 수출(촉진)보조금과 수입대체 보조금 등의 특정성을 가진다고 보기 어려움

5.3 경제적 타당성 분석

가. 분석 개요

□ 비용효과분석 모형의 개요

○ 비용효과분석의 정의

- 비용효과분석은 효율성(efficiency)을 계산하는 데 정말 좋은 기법으로써, 효율성은 투입(input)과 산출(output)의 관계라고 정의
- 의사결정 대안의 비용과 결과물(consequences)을 체계적인 방법(systematic way)으로 함께 고려하여 주어진 자원을 활용하여 가장 높은 결과를 달성하는 대안을 선택

○ 비용효과분석의 필요성

- 공공사업의 경제적 타당성을 평가하기 위한 다른 방법으로 비용효과분석을 활용
- 비용편익분석과 비용효과분석은 정부의 사업이나 정책, 프로그램 평가에 활용할 수 있는 유용한 틀
- 비용과 편익 항목들이 제대로 분류되지 못하거나 정량적으로 측정되지 못한다면 비용편익분석은 무용지물(김동건, 2008).
- 공공사업에서 경제적 편익의 측정이 거의 불가능한 경우가 자주 발견되며, 이 때 사용할 수 있는 방법이 비용효과분석
- 일반적으로 비용효과분석은 사업의 결과물을 금전적 가치로 환산하기 어렵거나, 비교대상이되는 대안들의 결과물이 동일한 사업의 평가에 주로 이용

○ 비용효과분석의 장점

- 비용효과분석은 편익을 화폐가치로 환산할 필요가 없기 때문에 시장가격의 측정이 곤란한 공공재나 집합재를 쉽게 다룰 수 있고 무형적인 것이나 외부효과를 분석하는 데 적합하다는 장점을 가지고 있음

○ 비용효과분석의 중요성

- 정책적 의사결정자가 특정 정책에 대한대안들을 분명하게 식별할 수 있도록 기준을 제공해 주고, 한정된 자원들을 어떤 특정한프로그램에 사용함에 따라 기대할 수 있는 결과에 초점을 맞추도록 도움
- 비용은 가장 적게 들이면서도 효과가가장 큰 대안을 선택함으로써 다른 프로그램에 투자할 수 있는 자원을 확보

□ 비용편익분석과의 차이점

- 비용효과분석은 프로그램의 혜택을 화폐단위가 아니라 물리적 단위(physical units)로 측정
 - 비용효과분석은 혜택을 화폐가치로 정량화하기 어려울 때 특히 유용하며, 혜택이 화폐가치로 표현되지 않기 때문에 프로그램의 경제적 편익을 절대값으로 제공하지 않음

| 분석기법 | 장점 | 단점 |
|--------|---|--|
| 비용분석 | 상대적으로 수행이 쉬움 | 프로그램 효과를 고려하지 않음 |
| 비용효과분석 | 결과물 본연 단위당 비용으로 표현하며, 동일한 결과를 달성하는 대안 간의 비교가 가능함 | 서로 다른 결과를 가져오는 대안 간의 비교는 가능하지 않음 |
| 비용효용분석 | 정량적 결과의 단위 당 비용으로 표현하며, 근본적으로 다른 결과물을 달성하는 대안 간의 비교가 가능 | 정량적 결과 관련 지표는 어떠한 상황에서는 잘 정의되지 않을 수 있음 |
| 비용편익분석 | 모든 비용과 결과물을 화폐가치로 표현하며 완전히 다른 조정 간의 비교가 가능함 | 후생효과를 화폐가치로 측정하는 것이 어려움 |

나. 분석방법론

□ 비용효과분석 사례

○ 본 사업과 유사하게 연구개발기간이 장기이고 해당 연구개발을 통해서 원천기술 확보를 목표로 한 예비타당성 조사를 벤치마킹

- * 알키미스트프로젝트(2021년)
- * 나노미래소재원천기술개발사업(2019년)
- * 창의소재 디스커버리 사업(2013년)
- * 패러다임 전환형 미래소재 기술개발사업(2012년)
- * 농생명 원천기술개발사업(2009년)
- * 기초연구실 육성사업(2009년)
- * 환경정책기반 공공기술개발사업(2009년)

□ 예타사업의 비용효과분석 방법론

○ 기존 유사 연구개발사업에서의 비용 투입 대비 논문산출 등의 과학적성이나 특허 등의 기술적 성과, 상용화와 라이선스 수입 금액 등의 경제적 성과 등에 대한 비용대비 효과분석을 실시

○ (단일효율성분석) 기존 유사 연구개발 사업들의 투입대비 성과에 비해 해당 예비타당성 조사사업에서 목표로 제시하고 있는 목표성과들이 비용대비 성과가 더 높은 지를 다양한 지표들로 단일 효율성을 분석함으로써 해당사업의 비용대비 효과를 분석

- * 기초연구실 육성사업, 환경정책기반 공공기술개발사업, 패러다임 전환형 미래소재 기술개발, 알키미스트 프로젝트 사업에 적용

□ 본 사업의 비용효과분석 방법론

○ 단일효율성분석

- 국내외 도전·혁신적 R&D 사업의 성과목표 및 실제 산출 성과와, 국가간 비교를 위한 시장변수 등을 사용하여 동 사업의 성과를 비교분석함

| 성과측면 | 지표 | 단위 |
|----------------------|---------------|----|
| 투입지표 | 연구비 | 억원 |
| 도전적 연구를 통한 혁신적인 기술개발 | 삼극특허 | 건수 |
| | 세계적 수준의 저널 등재 | 건수 |
| 기술성과 확산 | 후속투자 유치금액 | 억원 |
| | 기업공개(IPO) | 건수 |
| | 기술이전 금액 | 억원 |

단일효율성 분석

□ 삼극특허

○ `16년~`20년 연간 기초연구에 대한 삼극특허 성과

- 「2020년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 보고서」에 따르면 국내 정부 R&D의 국내 등록 특허 중 `16년~`20년 동안 기초연구의 삼극특허 비율은 1.3%로 제시하고 있음

- 또한, `16년~`20년 동안 연구개발단계에서 기초연구의 국내 특허 등록 현황은 31,975건으로 확인됨

→ 여기서 정부 R&D 국내 등록특허 중 기초연구 삼극특허 비율(1.3%)를 적용하면, 기초연구 삼극특허는 약 416건으로 추정이 가능함

- 『2020년 국가연구개발사업 조사·분석 보고서』에 따르면, `16년~`20년 동안 연구개발단계에서 기초연구에 투자금액은 총 23조 1,391억 원

→ 기초연구 투입예산(정부출연금) 대비 산출하면, 10억 원당 0.02건 수준에 해당

○ `20년 정부 R&D 투입액 10억 원당 삼극특허 비용

- 『2020년도 국가연구개발사업 조사·분석 보고서』에 따르면 `16년~`20년 국가 R&D 총 집행액은 102조 6,787억 원

- 『2020년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 보고서』에 따르면, `16년~`20년 정부 R&D의 국내 등록 특허는 97,051개

→ 정부 R&D 국내 등록특허의 삼극특허비율은 1.6%로(`21년 기준, `16년~`20년 데이터)로 약 1553개가 삼극특허로 추정

- 이를 환산하여 계산하여 보면 정부 R&D 투입액 10억 원 당 삼극특허는 0.015개로 확인됨

○ 산업기술 알키미스트 프로젝트의 삼극특허 목표인 30건과 기존 글로벌프론티어사업의 미국 특허등록수가 100억당 7.03건(`20년 기준)이었던 것을 반영하여 한계도전프로젝트의 예산 10억 원 당 삼극특허수 0.045개로 도전적으로 산출

* `20년 기준 과기부 원천기술개발사업의 미국 등록 실적(100억원당): 1.27건

○ 천억 원당 삼극특허 등록건수를 비교하면 동 사업이 기초연구 및 전체 R&D, 삼극특허를 성과로 설정한 유사사업 대비 비해 비용효과적임을 확인할 수 있음

| 사업명 | 삼극특허(추정) | 예산대비(십억원당) |
|----------------------------|----------|------------|
| 정부 R&D 기초연구(`20년) (성과) | 416건 | 0.02건 |
| 전체 R&D (`16년~`20년) (성과) | 1553건 | 0.015건 |
| 산업기술 알키미스트 프로젝트 (계획) | 30건 | 0.04건 |
| 본사업 | 34건 | 0.045건 |

- (목표) 동 사업의 삼극특허 성과목표는 10억 원 당 0.045건으로 설정
 - 사업예산과 도전적 목표치를 산정하여 성과 목표는 34건으로 설정
- (측정 방법) 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허를 조사
 - * 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO), 일본 특허청(IPO) 특허등록증

□ 세계적 수준의 저널 등재

- 유사사업(미래융합기술 파이오니어)의 소요금액 당 우수논문 창출 건 수는 10억 원 당 2.1건으로 산출
- (목표) 동 사업의 세계적 수준의 저널 등재 성과목표는 10억원 당 2.1건으로 설정
 - 사업예산은 약 7,527억 원으로 1,580건을 목표로 설정
- (측정 방법) 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사

□ 후속투자 유치금액

- 해외 유사사업(ARPA-E)의 누적 R&D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.16%)하여 투자대비 후속투자 유치 비율 산출(48%)
 - * `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대비 `19년 한국 VC 투자규모(8.3조원) 비율은 14.46%(출처 : KVIC, 해외 VC 시장동향(미국 VC 투자규모), KVIC `20년 전체(범부처) 벤처투자실적(국내 VC 투자규모)
 - * 미국과 국내의 투자시장 성숙도 차이와 투자 라운드별 투자규모 차이를 고려하여 해외VC 초기투자규모 적용
- (목표) 동 사업의 연구비 투입 대비 후속투자유치 비율은 50%로 설정
 - * 글로벌프론티어사업의 현재까지의 투입 연구비(7,243억원)대비 투자유치금액(1,167억원) 비율인 16%보다 높은 수준(측정 방법)
 - 후속투자유치 금액은 사업예산의 50%인 약 3,763.5억 원으로 설정
- (측정 방법) 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당

성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사

□ 기업공개(IPO)

○ 해외 유사사업(ARPA-E)의 누적 R&D 지원 대비 EXIT 건수 성과 비율을 산출(1조 원 당 5.4개)

* ARPA-E의 EXIT 성과는 총 20개

○ (목표) 동 사업의 연구비 투입 대비 기업공개(EXIT) 성과는 1조 원 당 6개로 설정

- 사업 예산은 7,527억 원이므로 기업공개(IPO)는 4.5개로 목표 설정

○ (측정 방법) 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정

□ 기술이전 금액

○ 유사사업(미래융합기술 파이오니어)의 소요금액 당 기술이전금액은 10억 원 당 84.3백만 원으로 산출

○ (목표) 동 사업의 연구비 투입 대비 기술이전금액 성과는 10억 원 당 1억 원으로 설정

- 사업예산은 약 7,527억 원이므로 기술이전 금액은 752.7억 원으로 목표설정

○ (측정 방법) 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사

<표 5-21> 연구비 10억 원 당 성과 비교

(단위 : 건, 억 원)

| 구분 | 사업명 | 삼극특허 | 세계적 수준의 저널등재 | 후속투자 유치금액 | 기업공개 (IPO) | 기술이전 금액 |
|-------------|-----------------|-------|--------------|-----------|------------|---------|
| 과학기술 정보통신부 | 미래융합기술파이오니어 | - | 2.10 | - | - | 0.84 |
| | 과학난제도전 융합연구개발사업 | - | 1.70 | - | - | - |
| | 혁신도전 프로젝트 | - | - | 0.02 | - | - |
| | 글로벌프론티어 | - | - | - | - | - |
| 산업통상 자원부 | 산업기술 알키미스트 프로젝트 | 0.041 | - | - | - | - |
| 한계도전프로젝트 사업 | | 0.045 | 2.1 | 0.5 | 0.006 | 1 |

* 미래융합기술파이오니어, 과학난제도전융합연구개발사업, 글로벌프론티어사업의 경우 성과 기준으로 작성

* 미래융합기술파이오니어 : 세계적 수준의 논문 등재 - `19년 SCI(E) 논문 기준

* 과학난제도전융합연구개발사업 : 세계적 수준의 논문 등재 - `21년 SCI(E) 논문 기준

* 글로벌프론티어사업 : `10~`19년 데이터 기준, 세계적 수준의 논문 등재 - SCI(E) 논문 기준

* 산업기술알키미스트 프로젝트는 목표 기준으로 설정

5.4 파급효과

가. 경제·사회적 파급효과

□ 산업유발계수를 통한 경제·사회적 파급효과 분석 수행

○ 산업연관분석은 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 분석하는 경제분석기법으로 한국은행에서 작성된 2019년 산업연관표(연장표)를 이용하여 동 사업의 경제·사회적 파급효과를 분석

- ➔ (생산유발계수) 어떤 산업의 최종수요(소비, 투자, 수출 등)가 1단위 증가하였을 때, 해당산업에서 최종수요를 충족시키기 위해 전 산업에 요구되는 생산액의 크기
- ➔ (부가가치유발계수) 어떤 산업의 최종수요가 1단위 증가하였을 때, 동 최종수요를 충족시키기 위해 전 산업에 유발되는 부가가치효과 크기
- ➔ (고용유발계수) 10억원의 재화를 산출할 때 직·간접적으로 창출되는 고용자 수, 노동력을 제공하고 급여를 받는 임금근로자 수를 계량적으로 표시
- ➔ (취업유발계수) 생산의 파급과정에서 직·간접적으로 유발되는 노동량을 계량적으로 표시한 것으로 어느 산업부문의 최종수요 한 단위 생산에 필요한 노동량뿐만 아니라 생산파급과정에서 간접적으로 필요한 노동량까지 포함

□ 동 사업의 경제적 파급효과 분석을 위해 산업연관표상 전문, 과학 및 기술 서비스(대분류)를 기준으로 분석

○ 사업의 투입 예산을 기준으로 생산 유발효과, 부가가치 유발효과, 고용 유발효과, 취업 유발효과를 분석

<표 5-22> 연구개발 부문의 산업연관 계수

| 구분 | 생산유발계수 | 부가가치유발계수 | 고용유발계수 (10억원당) | 취업유발계수 (10억원 당) |
|-----------------|--------|----------|-------------------|--------------------|
| 전문, 과학 및 기술 서비스 | 1.811 | 0.862 | 9.118 | 11.059 |

* 자료: 2019 산업연관표(연장표), 한국은행, `21.06.

- 동 사업에 따른 생산유발액과 부가가치유발액은 13,631억 원, 6,488억 원으로 나타났으며 고용유발은 6,863명, 취업유발은 8,324명으로 나타남

<표 5-23> 경제·사회적 파급효과 예측

(단위: 억 원, 명)

| 구분 | 경제적 | | 사회적 | |
|-----------------|--------|----------|--------|--------|
| | 생산유발효과 | 부가가치유발효과 | 취업유발효과 | 고용유발효과 |
| 전문, 과학 및 기술 서비스 | 13,631 | 6,488 | 6,863 | 8,324 |

나. 산업적 파급효과

□ (과학기술적) 임무지향적 R&D를 통한 실패를 용인하는 혁신적인 R&D 체계 구축

○ 글로벌 사회문제를 해결하기 위한 도전혁신형 R&D로 패러다임을 전환하여 미래 경쟁력 확보를 위한 R&D 선순환구조 구축

- 변화하는 글로벌 환경에 대응하는 변혁적인 기술 확보를 통하여 대내외 환경변화에 선제적 대응을 수행할 수 있는 역량 제고

- 기존의 단절적인 기초원천기술 공급체계의 한계 개선을 통하여 산학연의 수요-공급 구조를 지속적인 선순환구조로 전환하고 세계적 경쟁력을 갖춘 기초원천 혁신체계 구축

- 연구자의 창의성을 발휘할 수 있는 HRHR R&D를 수행하여 혁신적이고 독창적인 연구개발이 가능

○ 산업적 파급효과가 큰 기술에 대한 연구개발 및 사업화 등의 지원을 통하여 관련 산업의 전반적인 경쟁력 제고 및 글로벌 시장선도

- 국가 및 글로벌 문제해결을 위한 도전혁신적 R&D로 미래 혁신선도를 위한 新산업 창출

- 미래 성장동력 확보 및 핵심원천기술 개발을 통한 국가경쟁력 제고

□ (산업적) 초격차 기술 확보를 목표로 정부와 민간 역량의 결집 강화

○ 파급효과가 크지만 실패 가능성이 높은 연구개발을 통하여 산·학·연의 연구능력 집중화 및 연구 저변 증대

- 파급효과가 큰 R&D로 신사업 모델 창출이 가능하며, 산업분야의 경쟁력 확보

- HRHR 연구개발로 글로벌 시장 선도 및 新시장 창출이 가능하며, 이를 통한 국가 경쟁력 및 산업 경쟁력 제고

별첨

1. 회의록
2. 기술테마
3. 수정·보완 요구사항

1. 회의록

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(22. 9. 26.(월), 기획사)

□ 목적

- 경제적, 사회적 파급력이 높은 원천기술 확보를 위한 한계도전 프로젝트 신규사업 기획을 위한 수요조사 방향 보고

□ 개요

- (일시 및 장소) '22.9.26(월), 과학기술정보통신부
- (참석자) 과학기술정보통신부, 한국연구재단, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (기획방향) 기존 글로벌프론티어 후속사업으로의 방향 수정 가능
 - 산업원천이 아닌 기초원천기술개발을 목표로 하여야 함
 - 전문가 의견수렴을 위한 오픈이노베이션형 사업기획 고려 필요
- (전문가위원회) 과학기술 관련 전문가 TF 운영을 통한 기술 수요 및 사업기획방면에 대한 의견수렴 필요

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(’22. 10. 6.(목), 기획사)

□ 목적

- 한계도전프로젝트 사업 기획방향 수정 및 관련 자료 공유

□ 개요

- (일시 및 장소) ’22.10.6(목), 온라인 회의
- (참석자) 과학기술정보통신부, 한국연구재단, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (기획방향) 기존 장기/단기 R&D 중 장기 R&D 만을 지속하는 것으로 변경하되 기존의 책임PM 제도, 전주기 관리, 기술사업화 전담조직, 별도의 독립기관이라는 점은 변경되어서는 안됨
 - 기존의 선행연구단계 기간의 단축이 필요
 - 기술수요조사는 12대 전략기술별로 분류 검토 필요
- (사업진행) 연구테마 선정의 명확화 필요
- (전문가위원회) 추진위원회·심의위원회의 역할 명확화 필요
 - 추진위원회, 심의위원회, 총괄위원회 등의 역할 구분이 필요하며, 위원회의 활동 영역이 명확하게 나뉘지 않는다면 최소화 필요

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(’22. 11. 1.(화), 기획사)

□ 목적

- 한계도전프로젝트 사업 기획방향 수정 및 관련 자료 공유

□ 개요

- (일시 및 장소) ’22.11.1(화), 과학기술정보통신부
- (참석자) 과학기술정보통신부, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (기획위원회) 사업기획과 별도의 연구테마발굴을 위한 위원회 구성 필요
 - 독립적인 기획위원회를 구성하여 의견 수렴을 통한 연구테마 선정이 필요하며, 기획위원회 상세 운영 방안 마련 필요
- (사업단) 기획·운영·관리 조직체계 구성
 - 사업 관리에 있어 행정과 사업 운영은 구분되어야 함
- (수요조사) 연구테마 선정 이후에 기술수요조사 필요
 - 변화하는 미래 사회상에 따른 필요기술 확인이 고려되어야 함
- (기획방향) 한계도전프로젝트는 도전혁신형 사업으로 연구개발 시 과급력과 미래 사회상을 고려한 사업으로 운영되어야 함
 - 사업화를 염두한 도전혁신형 사업으로의 기획 필요

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(’22. 11. 21.(월), 기획사)

□ 목적

- 한계도전프로젝트 사업 추진 기획방안 논의

□ 개요

- (일시 및 장소) ’22.11.21(월), 과학기술정보통신부
- (참석자) 과학기술정보통신부, 한국연구재단, 전문가자문위원, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (책임PM) 책임PM의 운영
 - 미국 DRAPA의 PM제도를 벤치마킹해야하며, 집단 운영 방식의 책임PM 고려 필요
 - 연구 진도와 관련한 마일스톤 관리가 중요
- (성과관리) 한계도전프로젝트 실패에 대한 용인이 주요
 - 유연한 관리가 필요한 사업으로 기존 사업과는 다른 성과지표 필요
- (수요조사) 연구테마 선정 이후에 기술수요조사 필요
 - 변화하는 미래 사회상에 따른 필요기술 확인이 고려되어야 함

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(’22. 12. 16.(월), 기획사)

□ 목적

- 한계도전프로젝트 기획을 위한 전문가 TF 회의

□ 개요

- (일시 및 장소) ’22.12.16(월), 서울역 KTX 회의실, 온라인
- (참석자) 과학기술정보통신부, 전문가자문위원, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (기획방향) 연구수행 기간에 대한 변경 고려 필요
 - 기존 기획 예산에 대한 현실성이 낮아 원활한 연구 수행을 위한 기간변경이 필요
 - 한계도전프로젝트만의 운영 방식 도입이 필요하며, 사업 종료 이후에도 투자의 유지 및 예산 운영의 자율성 보장이 필요
- (책임PM) 책임PM의 역할 명확화 필요
 - 사업기획 및 평가, 기술사업화 등에서의 역할 구분 필요
- (연구테마 발굴) Bottom-up이 아닌 Top-down 형식의 연구테마 발굴
 - 원활한 연구개발을 위해선 Top-down 방식의 연구테마 설정이 필요하며, 연구테마 선정 이후에 기술수요 조사 필요

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(’23. 1. 5.(목), 기획사)

□ 목적

- 한계도전프로젝트 기획 방향 논의

□ 개요

- (일시 및 장소) ’23.1.5(목), 과학기술정보통신부
- (참석자) 과학기술정보통신부, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (사업단) 한계도전프로젝트 사업은 자율성이 부여되는 독립적 조직 구성이 필요
 - 기존 조직에서 규모를 축소하여 기획단으로 변경 필요
- (책임PM) 책임PM 선정
 - 상근/비상근/반상근 등 다양한 형태의 책임PM 선정이 필요하며, RFP 작성 등의 높은 자율성 부여
- (연구테마 발굴) Top-Down 식 연구테마 선정
 - 국가·사회적 난제해결, 기술적 진보, 파급효과를 중심으로 임무 및 연구테마 선정 필요
 - 오픈이노베이션 형식의 의견수렴을 통한 문제인식보단 특정 분야의 문제인식을 통한 연구테마 선정이 필요

한계도전프로젝트 사업 기획 논의

(’23. 1. 13.(목), 기획사)

□ 목적

- 한계도전프로젝트 기획 방향 논의

□ 개요

- (일시 및 장소) ’23.1.13(목), 서울역 민간 회의실
- (참석자) 과학기술정보통신부, 한국연구재단, 전문가위원, 기획사 대표이사 등

□ 회의 주요 내용

- (책임PM 제도) 연구 진행에 있어 강력한 권한의 책임PM 제도 유지 필요
 - 기존의 PM제도보다 보상 및 권한이 높은 책임PM 제도 운영의 필요하며 이를 위해 추진 연구 과제수 및 예산 집행의 자율성을 부여할 예정
 - 책임PM 평가는 기존의 평가 지표와는 다른 면접, 외부 공개 포럼 진행 등의 형식으로 진행되어야 함
 - 책임PM은 연구수행의 주체가 아닌 사업 관리의 주체임을 명확히 할 필요 존재
- (Top-Down 형식) 책임PM은 분야 최고 전문가로 구성되는 것이 아니므로 명확한 임무 설정이 중요
 - 미션 달성을 위한 다양한 관점에서의 연구 수행이 필요

2. 기술테마

예시 기술테마 1

- 3분 충전 300km 주행이 가능한 차세대 이차전지 -

□ 개발 필요성

○ (경제·산업적 필요성) 디지털 전환시대를 맞아 급증한 이차전지의 수요와 LIB 주요 원료 공급한계로 인한 수급 불일치 해소 기술 필요

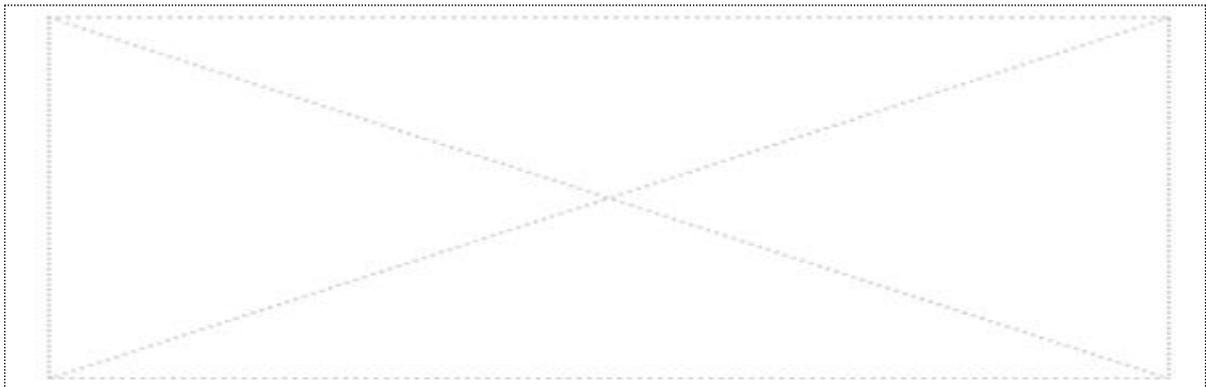
- 전동화(Electrification)·무선화(Cordless)가 핵심으로 모든 사물이 이차전지로 움직이는 시대 예측에 따라 이차전지 시장 성장 전망

* 글로벌 이차전지 시장규모는 전기차 보급 확대에 힘입어 향후 10년간 8배 성장 전망('20년 461억불 → '30년 3,517억불, SNE리서치)

- 특히 글로벌 전기차 수요 급증에 따라 이차전지 주요 원료인 리튬 확보의 어려움 존재

* 전기차용 이차전지(EVB)는 향후 10년간 10배 성장 전망('20년 304억불 → '25년 1,507억불 → '30년 3,047억불)

* 대표적 전기차 제조사인 테슬라의 경우 리튬공급광산과 직접 공급계약을 체결



[전기차 수요 증가에 따른 리튬 확보 경쟁]

- 이차전지는 글로벌 경쟁력을 보유한 국내 대표 산업으로 경쟁심화 및 각국의 공급망 내재화에 대응한 기술확보 필요

* 한국·중국·일본이 글로벌 이차전지 시장의 95% 점유('20년)

* 최근, 유럽 중심으로 신규기업(노스볼트 등) 진입이 활발하며, EV 모델별독점공급 중심에서 EV기업의 내재화·공급기업 다변화 추진

[이차전지 글로벌 시장 흐름]

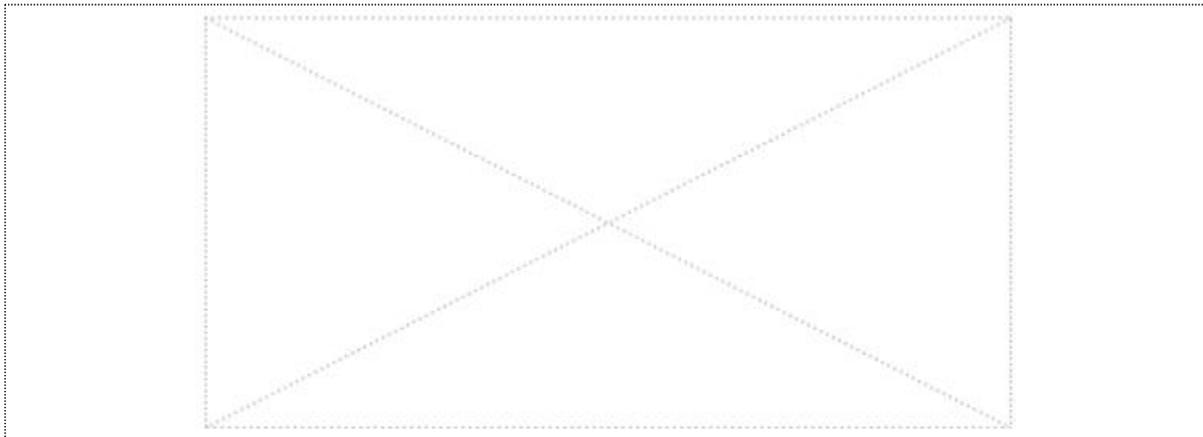
| 1990년대 | 2000년대 | 2010년대 | 2020년~ |
|--------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|
| 소형 이차전지 중심 | | 전기차 시대 도래 | |
| (일) 리튬이온이차전지 최초 양산 | 스마트폰 보급 확대 (한·중) | (한) 유럽·미·중 글로벌수요 | (한·중·일) + (미·유) |
| (일) 소니·산요·파나소닉 중심 | 이차전지 기업 성장 | (중) 내수확대 급성장 (일) 테슬라 공급 | 경쟁 |

* 자료 : 2030 이차전지 산업(K-battery) 발전 전략, 관계부처 합동, 2021.07

- 우리나라는 이차전지 산업에서 세계적인 기업군을 보유 중이나, 공급망 경쟁에 따라 경쟁국 대비 월등한 기술력 확보 필요

- * 우리나라는 기업간 협력을 기반으로 전기차 시장에 선제적으로 대응하여, 유럽, 미국 등 주요 시장 선점중
- * 중국은 자국 배터리 기업 지원을 강화 중, 미국은 자국 배터리 공급망 확충 중

○ (기술적 필요성) LIB의 수요 및 적용 분야가 늘어나고 있으나, 대용량 이차전지가 요구되는 전기자동차 및 ESS에 적용하기 위해서는 현재의 LIB로는 에너지 밀도 측면에서 한계 존재



[현재 리튬이온전지의 한계]

○ (사회적 필요성) 미세먼지 저감 등 친환경 사회 구현을 위해 기존의 내연기관의 대체하는 고성능의 차세대 이차전지 개발 필요

- 대표적 오염물질 배출 산업인 전환 대표산업인 자동차 산업의 경우 미세먼지 및 오염물질 발생의 저감이 강하게 요구

- * EU는 `21년 7월 EU 기후변화정책 종합패키지(Fit-for-55)를 발표하여 `35년부터 판매되는 승용차에 대해 100% 탄소를 감축하도록 법 개정을 제안함

□ 연구동향

- (기존 기술) 리튬이온 배터리(LIB)
- (기존 기술 개발내용) 향후 Ultimate LIB를 구현하기 위한 세부기술은 양극

활물질, 전해질, 배터리/충전 시스템 디자인 개발 등으로 구성

- 고용량/고출력 특성을 모두 가진 양극 활물질 (방전 용량 약 223mAh/g, 14C 이상 필요)
- 고이온전도성 전해질
- 고에너지밀도/저저항 배터리셀 디자인 에너지밀도와 출력 특성은 반비례)
- 고전압 배터리 시스템 디자인 (전압이 n배 증가할수록 활물질 유효특성 1/n배 경감 가능)
- 고출력 배터리 충전 시스템 (이상적으로 약 1200kW 출력 필요, 현재 상용 최고는 350kW 수준)

○ (기존 기술의 목표수준 및 한계) EV용 전지팩 목표 스펙으로 `24년까지의 정량적 개발 목표 수준이 설정됨

- 2024년 목표 수준

- ➔ 용량 : NCMA 양극 사용(Ni>90%) 750Wh/L
- ➔ 생산 단가 : 100%/kWh

[연도별 상용 전기차 자동차 스펙]

| OEM | 모델 | 년도 | Battery Performance | | Range (EPA/WLTP) | Cell chemistry | |
|-----|------------------------|-------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| | | | Energy | Energy density | | Cathode | Anode |
| BMW | i3, 94Ah | 2017 | 33 kWh | 132 Wh/kg (349 Wh/L) | 183 km (E) | NCM111 | graphite |
| 쉐보레 | Bolt | 2017 | 60 kWh | 186 Wh/kg (393Wh/L) | 383 km (E) | NCM622 | graphite |
| 기아 | Niro EV | 2018 | 64 kWh | 250 Wh/kg | 385 km (E) | NCM811+ NCM111 | graphite |
| 현대 | Kona | 2019 | 64 kWh | - | 412 km (E) | NCM622 | graphite |
| 포르쉐 | Taycan, std | 2020 | 79 kWh | 270 Wh/kg | 431 km (W) | NCM622 | graphite+ SiOx(5%) |
| 테슬라 | Model 3, Long range | 2020 | 77 kWh | 260 Wh/kg (683 Wh/L) | 500 km (W) | NCA | graphite+ SiOx(6~10%) |
| 현대 | Ioniq 5 | 2021/2 2 | 73 kWh | 270 Wh/kg (추정) | 480 km (W) | NCM811 | graphite (추정) |

- 국내 급속 충전 국가 과제의 경우 장거리 주행 가능한 배터리팩 개발을 위한 목표를 설정(산업기술 알키미스트 프로젝트)

- ➔ 600 km 주행 가능 : battery pack→100kWh

- 충전 출력 : 6,000kW(6,000kW×1min=100kWh)
- Pack 전압 : 420V 가정시 → 충전 전류 : 14,286A

[60°C 기준 배터리팩 개발 목표]

| | | | |
|------------|--------------------|--------|-----|
| 60 C 기준 스펙 | Stored energy | 100 | kWh |
| | Charging Power | 6,000 | kW |
| | max. current (60C) | 14,286 | A |
| | Pack voltage | 420 | V |
| | Capacity | 238 | Ah |

□ 개발목표

현재 LIB 기술을 뛰어넘는 High-Risk Chemistry 개발

3분 급속 충전으로 300km 주행 가능한 전기 자동차를 만들기 위한 셀의 음극과 양극의 부피, 무게당 이론 용량과 가격 설정

○ (예시방법 1) 리튬 메탈 전지

- 1000 사이클 80% 이상 용량 유지, CCD (Critical Current Density): 5 mA/cm²

○ (예시방법 2) 전고체 전지

- 고이온전도성 고체전해질 (산화물: 10⁻³ S/cm, CCD > 5 mA/cm², 양극 계면 안정성, 황화물: 10⁻²S/cm, CCD > 5 mA/cm²), 신 셀 공정 기술

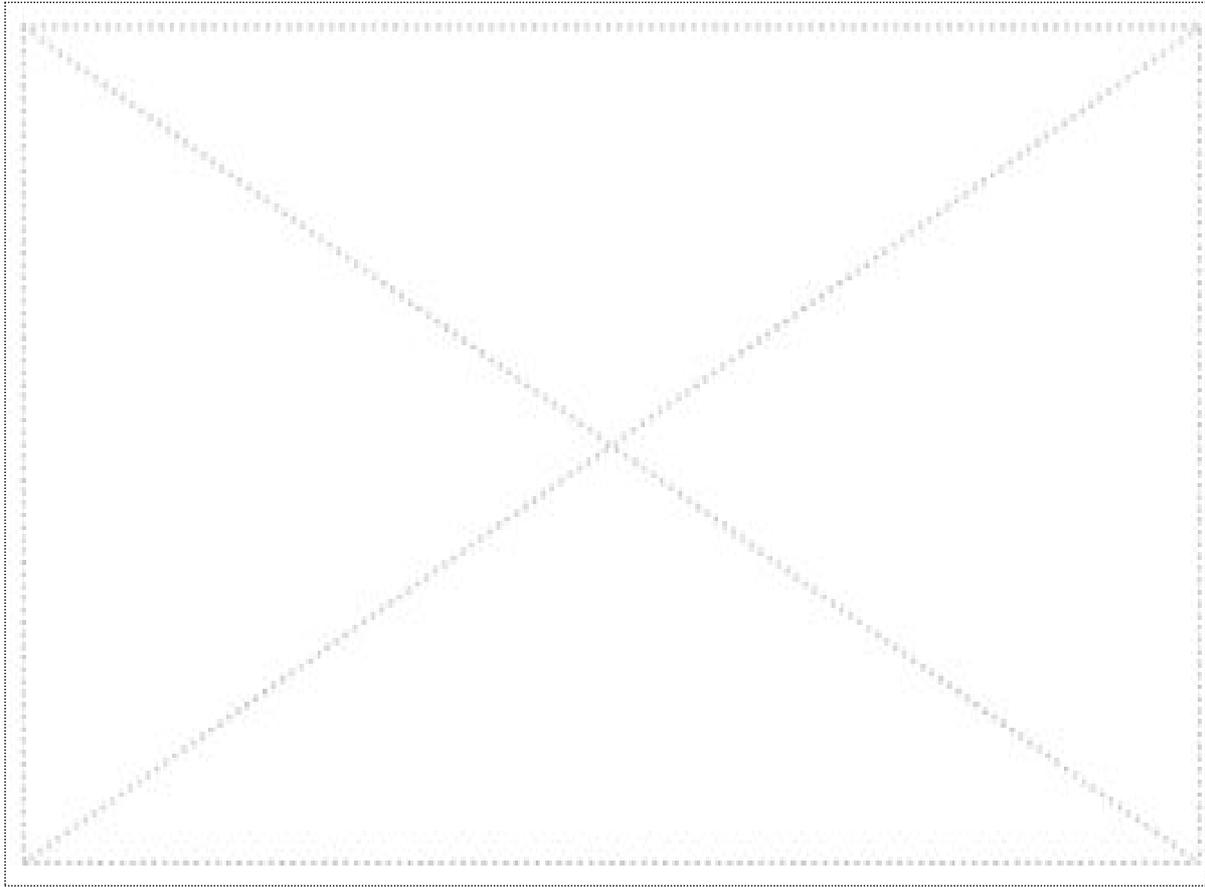
○ (예시방법 3) 리튬 공기 전지

- 화학적 가역성 확보 (Full charge/discharge, 500 사이클 이상 (Voltage cut-off cycle protocol), 리튬 음극 (리튬 메탈전지 스펙 달성 필요), 배터리셀 디자인 기술, 공기 정화/공급 시스템

□ 기대효과

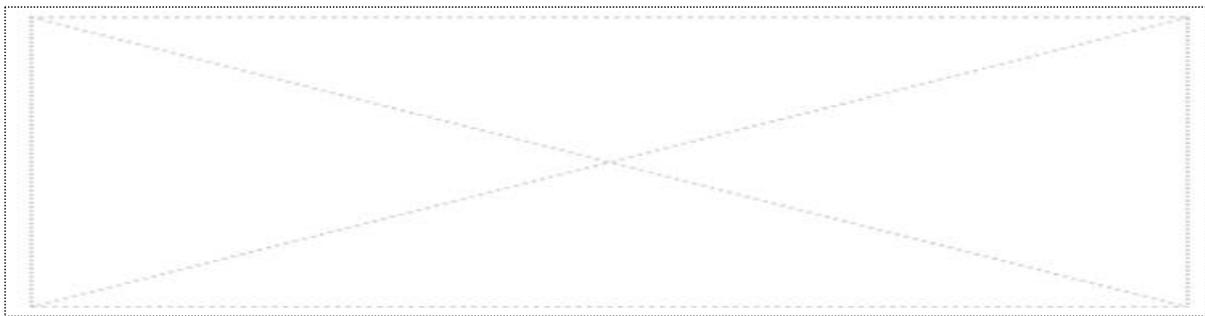
○ (패러다임 전환) 기존 이차전지의 성능 한계를 극복하여 자동차 외 전 산업분야의 전동화 촉진 가능

- 현재 에너지산업·수송·소비재 등 분야에서의 이차전지 적용 중
- 모든 사물의 지능화 추세에 따라 지능화가 요구되는 모든 기기에 적용되어 패러다임 전환 가능



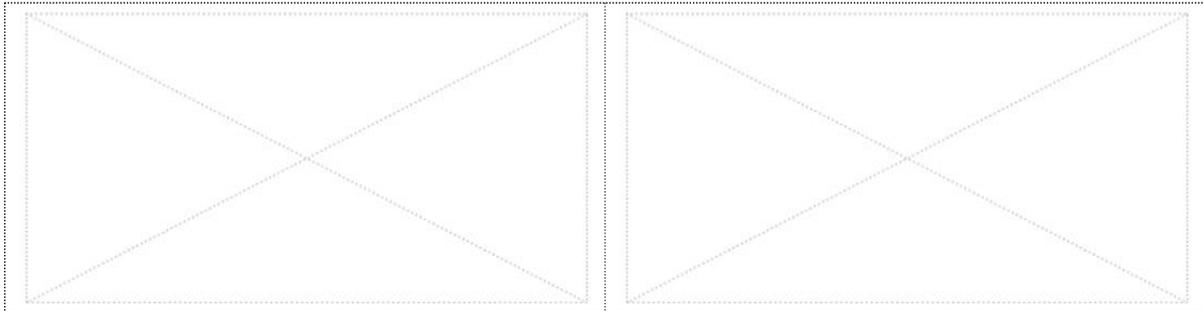
[이차전지 적용분야]

- (경제·산업적 효과) 이차전지 제조 시 리튬 사용을 저감 또는 대체하여 핵심소재의 해외의존도 저감을 통한 경쟁력 확보
 - 이차전지 핵심소재·부품의 높은 해외의존도와 부족한 시장점유율을 극복하여, 이차전지 시장 확보 및 공급망 안정화 가능
 - * 이차전지 4대 소재 해외의존도 : (양극) 47.2%, (음극) 80.8%, (분리막) 69.5%, (전해액) 66.2%(B3)



[이차전지 핵심 소재·부품 글로벌 시장점유율(‘20년)]

- 국내 이차전지 주요 기업의 기술경쟁력을 강화하여 글로벌 시장의 유지·확대를 통한 국가경제의 지속 성장
 - * 우리나라 기업의 전기차용 이차전지 시장점유율 빠르게 성장하였으나, ‘21년 성장세가 둔화되며 중국에 추월당할 것으로 예상



[리튬이온전지 세계시장 점유율(%)]

[전기차용 이차전지 시장점유율(%)]

- (기술적 효과) LIB를 대체하는 차세대 이차전지 기술을 확보하여 국내 이차전지 경쟁력 우위 지속

[한·중·일 이차전지 경쟁력 비교('20년, 전지협회)]

| 구분 | 한국 | 중국 | 일본 |
|-------|--------------|----|-----|
| 에너지밀도 | 250~300Wh/kg | | |
| 가격 | 100 | 95 | 100 |
| 생산성 | 100 | 90 | 95 |

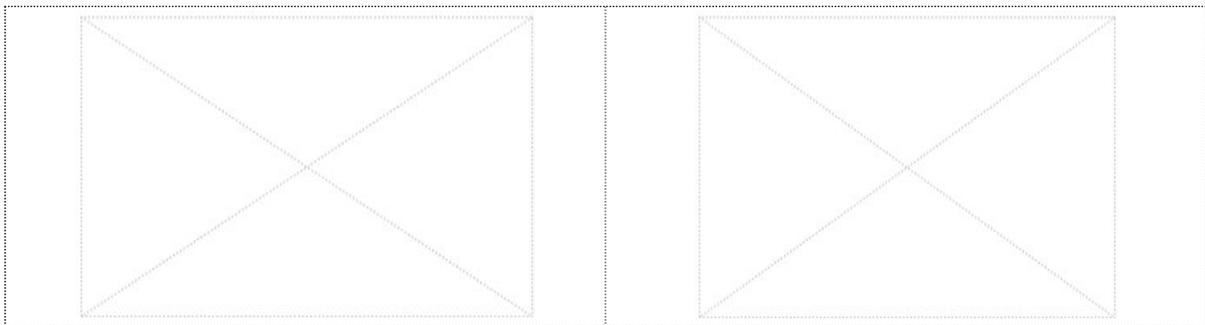
- (사회적 효과) 자동차 다양한 내연기관 기반 장비의 전동화를 촉진하여 친환경 사회 구현 기여

예시 기술테마 2

- CO2 전환율 80% 이상, 생성 화합물(탄화수소 화합물) 수율 40% 이상이 가능한 플라즈마 화학 공정 개발 -

□ 개발 필요성

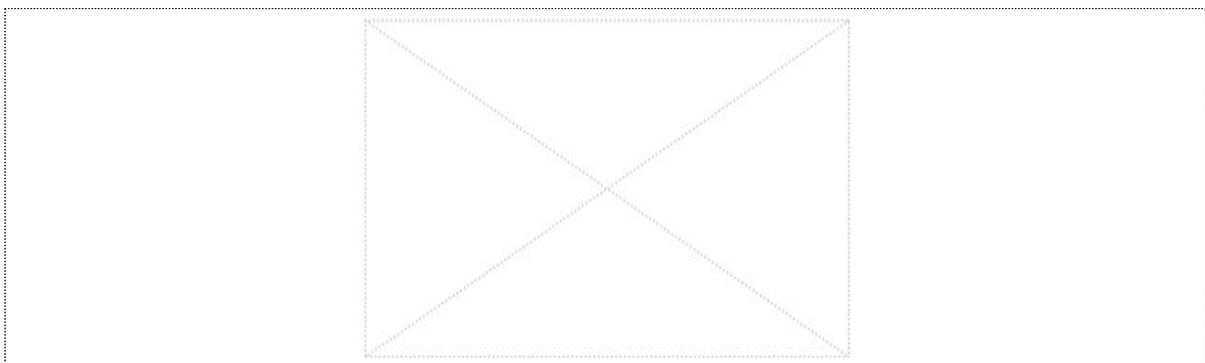
- (경제·산업적 필요성) CCUS 분야는 시장형성 전단계로, 향후 탈탄소·친환경 정책 강화로 인하여 시장이 형성되어 지속 성장할 것으로 전망
- 글로벌 CCUS 시장규모는 `20년 19억 달러에서 `30년 70억 달러로 빠르게 성장할 것으로 전망됨
- * 탄소포집 후 저장 및 활용(CCUS) 시장은 탄소저장(CCS) 및 탄소활용(CCU)로 구성되며, CCS 시장이 대부분을 차지



[CCUS 시장 성장 전망]

[CCUS 구성 현황]

- 국내 기업들은 CCS 성장 전망에 따라 화학회사를 중심으로 CCS 관련 기술개발 및 투자가 활성화되고 있으나, 대부분 실증 단계에 불과
- * `20년 기준 전 세계에서 상업 운영 중인 CCS시설은 총 28개로 용량 기준으로는 4,000만 톤 수준



[`20년 글로벌 CCS 상업화 대비 현황]

- * 국내에서도 최근 CCS 관련 기술개발과 투자가 본격화되고 있으나 대부분 실증 단계에 불과하여 해외 대비 산업적 역량 확보가 늦은 상태

[국내 CCU 실증·상용화 사례]

| 구분 | 내용 |
|------|---|
| 포집 | <ul style="list-style-type: none"> • (한전/중부발전) 화력발전 배가스 CO2 습식포집 실증(10MW급) • (한전/남부발전/에너지연) 화력발전 배가스 CO2 건식포집 실증(10MW급) |
| 화학전환 | <ul style="list-style-type: none"> • (화학연/부흥산업사) CO2 촉매전환 CO/초산 제조 실증(20톤/년) • (서강대/테크윈/남부발전) CO2 전기전환 개미산 제조 실증(0.5톤/일, CO2처리기준) • (화학연/현대오일뱅크) CO2 촉매전환 메탄올 제조 실증(10톤/일) • (아주대/SKI) CO2 폴리프로필렌 카보네이트 상용화 시도 • (그린케미칼) CO2 알킬렌 카보네이트 제조 실증 |
| 생물전환 | <ul style="list-style-type: none"> • (고려대/지역난방공사) CO2 생물전환(미세조류) 기술실증(광반응기 10톤급) |
| 광물화 | <ul style="list-style-type: none"> • (대우건설) 배가스 CO2 직접광물화 건설소재 생산 실증(40톤/일) • (RIST) 제철슬래그 간접탄산화 탄산칼슘/중탄산나트륨 동시제조 실증(100kg/일) |

* 출처 : 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵(안), 관계부처 합동, 2021.06.25.

○ (기술적 필요성) 온실가스 감축을 위한 노력을 계속하고 있으나 CCU 기술을 확보하기 위한 R&D 투자는 상대적으로 미비

- 대다수 전환기술은 여전히 기초·원천연구단계에 머물러 있으며, 주요 선진국 대비 기술격차는 여전히 높은 편

* CCUS 국내기술수준 : 최고국(미국) 대비 80%, 기술격차 5.0년(KISTEP, `21)

- 지난 10년간(`10~`19) CCUS 분야 정부 R&D 총 규모는 4,600억원으로 당초 계획 대비 절반에도 못 미치는 수준

* CCUS 기술개발 실증에 약 1.2조 원 투자가 필요(국가 CCS 종합 추진계획, `10.07)

- 국내 일부기술은 응용연구 및 소규모 실증단계에 진입하였으나, 확보된 핵심기술의 상용화 단계로 연계는 취약

* 상용화를 위해 대규모 실증이 필요하나, 기존 산업공정에 적용하기위한 비용과 리스크가 높아 기업의 참여가 부족

○ (사회적 필요성) 탄소중립 실현을 위한 탄소의 자원화 기술 확보 필요

- 대표적 탄소배출산업인 화학산업의 경우 탄소전환 공정 확보를 촉진하여 탄소중립 목표 달성 기여 필요

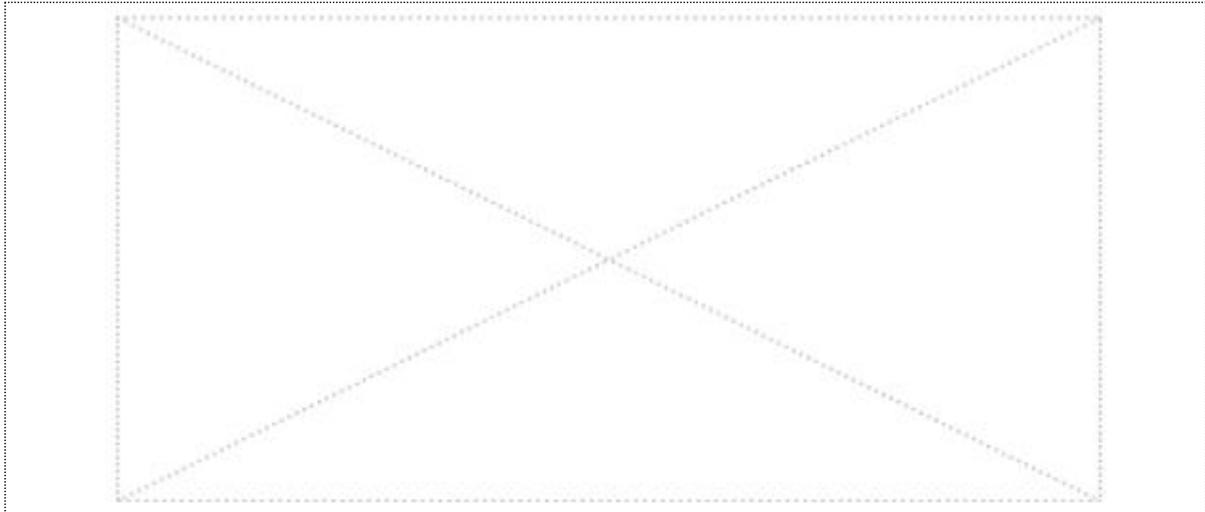
* IEA의 '에너지 기술 전망' 보고서에 따르면 향후 CCUS 기술이 확보되지 않으면 온실가스 배출 제로에 도달하는 것은 현실적으로 어렵다고 진단

□ 연구동향

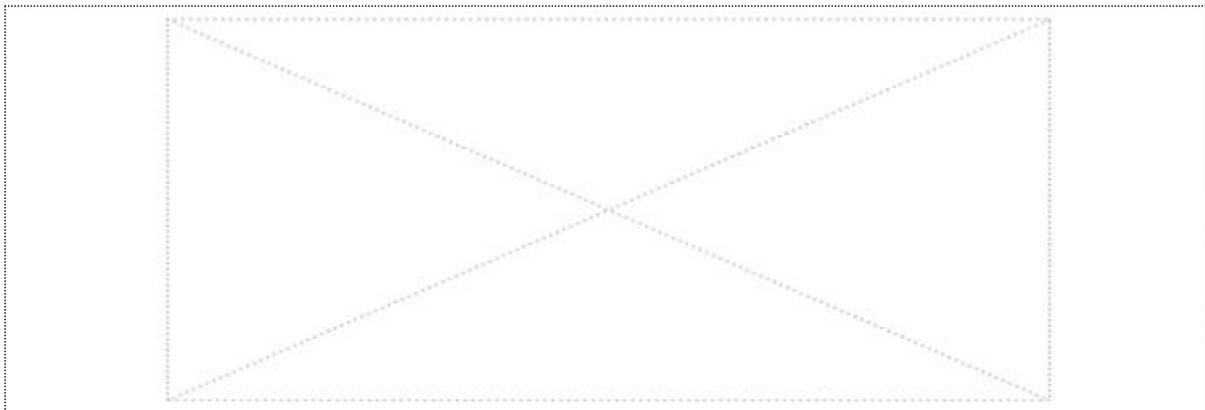
○ (기존 기술) CO2 전환 공정

○ (기존 기술 개발내용) 포집된 CO2의 활용은 1) 광물화, 2) 바이오 공정 활용 전환, 3) 화학전환, 크게 3 가지 형태로 분류가 됨

- 광물화의 경우 CO2 고정을 통해 콘크리트 블럭, CaCo3, Silicam (NH4)2SO4 등으로 전환하는 기술들이 시도됨



- 화학전환의 경우 1) Photo Chemical, 2) Electro Chemical, 3) Plasma Chemical, 4) Solar-Thermochemical 등의 방법을 통해 다양한 화합물로 전환



- 화학전환 기술은 기초기술 개발 단계로 다양한 화합물을 합성하는 연구들이 진행되고 있지만 수율이 수 % 혹은 그 이하 정도 수준에 머물러 있음

□ 개발목표

플라즈마 화학 전환 공정을 통해
CO₂ 전환을 통한 화합물 생산

CO₂ 전환율 80% 이상, 생성 화합물(탄화수소 화합물) 수율 40%
이상이 가능한 공정 개발

○ (예시방법 1) CO₂ 기반 HC 화합물 합성

- CO₂ 전환율 80% 이상, HC 화합물 수율 40% 이상이 되는 전환공정 개발

(Methanation 및 C2/C3 화합물)

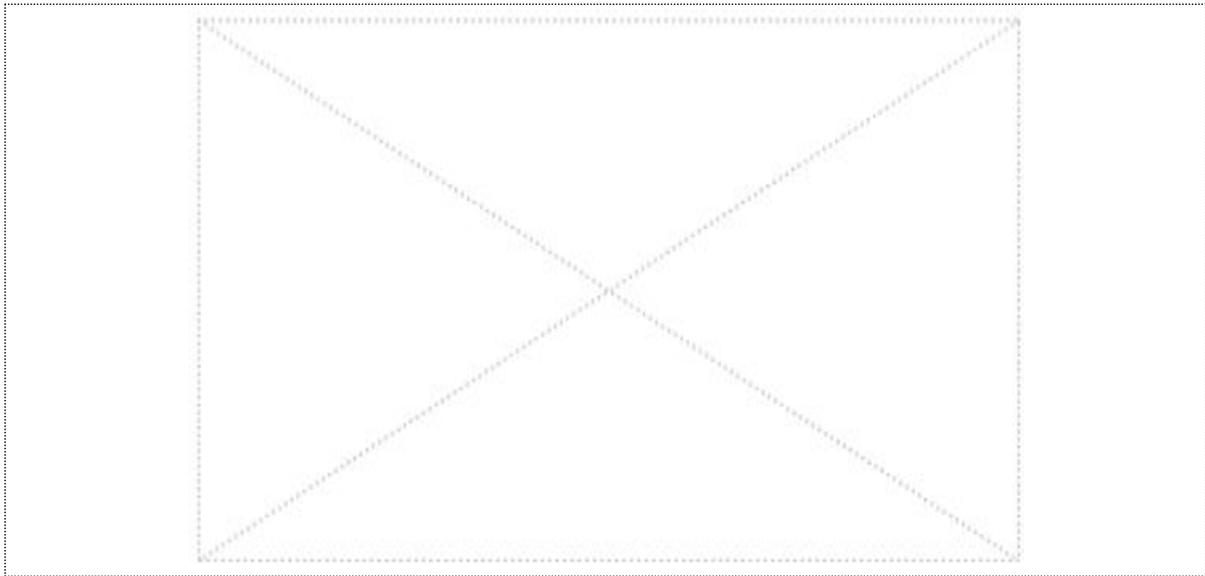
○ (예시방법 2) CO₂ 기반 OHC 화합물 합성

- CO₂ 전환율 80% 이상, HC 화합물 수율 20% 이상이 되는 전환공정 개발
(알콜 및 알데하이드 등의 OHC 화합물 생성)

□ 기대효과

○ (패러다임 전환) CCUS 기술 확보를 통해 CO₂를 비용 관점에서 자원 관점으로 이해하여 수익창출 기회로 인식의 전환 가능

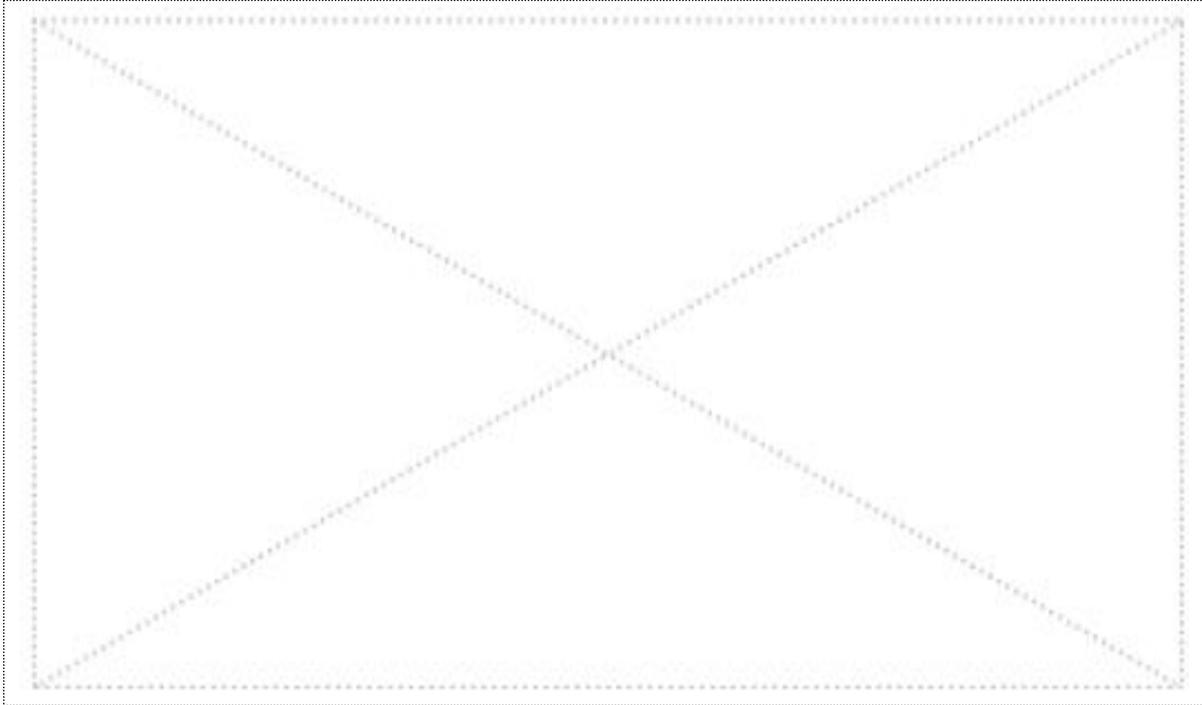
- * CCUS는 석탄·LNG발전, 블루수소, 특히 CO₂ 배출이 불가피한 시멘트, 석유화학 업종에서는 거의 유일한 CO₂ 대량 감축수단
- * CCUS는 혁신적 CO₂ 감축 수단일 뿐 아니라 CO₂를 경제적 가치를 가진 원료(feedstock)으로 재활용 한다는 점에서 차별화됨



[CCUS 기술 기반 탄소순환 미래사회 전망]

○ (경제·산업적 효과) 향후 빠르게 성장할 CCUS시장에서의 경쟁력 확보 및 탄소배출권 거래를 통한 경제적 효과 확보

- * 대표적 탄소배출업종 중 하나인 완성차 산업의 경우, 테슬라는 전기차 생산에 따른 탄소배출권을 판매하여 수익을 확보
- 국내 주요 화학기업의 기술경쟁력을 강화하여 글로벌 시장 점유를 통한 국가경제의 지속 성장
- * 우리나라 화학기업은 정유시장에서 경쟁력을 확보하고 있으나, CCUS 관련 시장 확보는 해외 대비 매우 미흡한 수준



[글로벌 CCS 허브/클러스터 현황]

*출처: Global Status CCS Report 2020

- (기술적 효과) 차세대 CCUS 기술을 확보하여 CCUS 탄소의 저장 및 활용을 위한 다양한 응용기술 확보
- (사회적 효과) 국내 제조업에서 다수 발생하는 탄소배출의 저감 및 탄소자원화를 통해 친환경 사회 구현 기여

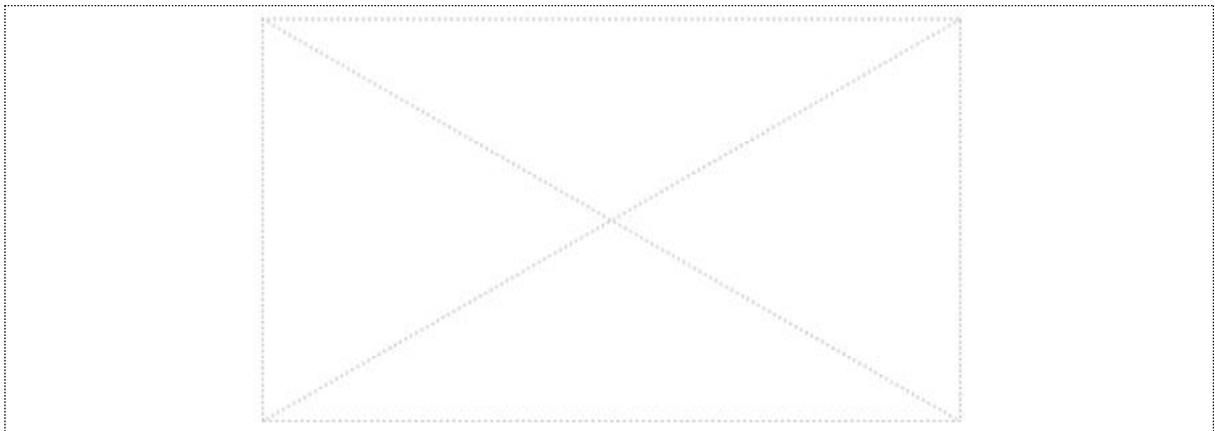
예시 기술테마 3

- 1나노 이하의 음스트롱급 차세대 반도체 제조 공정기술 개발 -

□ 개발 필요성

○ (경제·산업적 필요성) 모든 사물의 지능화 추세에 따라 반도체 산업 시장규모는 향후 지속 성장할 것으로 전망

* 글로벌 반도체 시장규모는 `21~`30년간 연평균 6.6%씩 성장하여 `30년 시장규모 7,720억 달러에 달할 것으로 예상됨

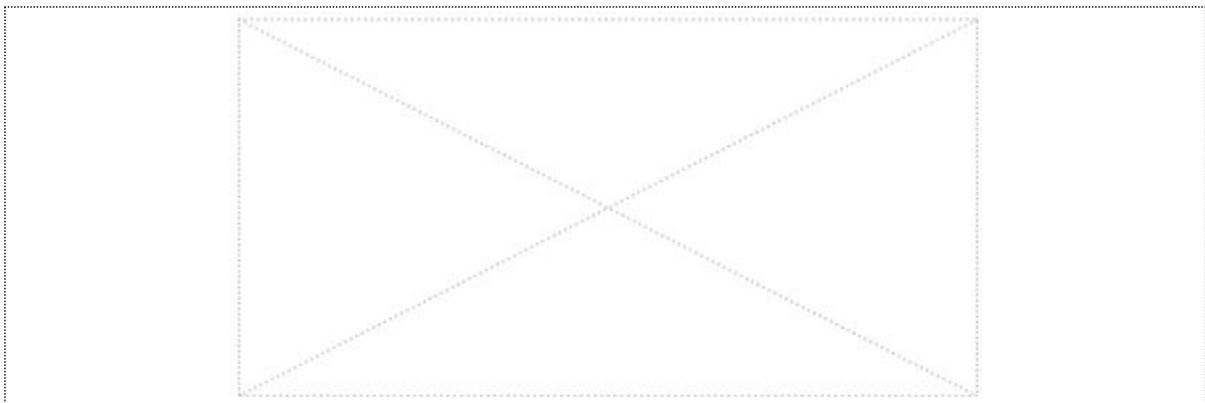


[글로벌 반도체 시장 성장 전망]

*출처: Semiconductor Market - Trends, Regional Outlook, and Forecast 2021 - 2030, Precedence Research):

- 반도체는 승자독식 구조가 뚜렷이 나타나는 국내 주력 산업으로 기술경쟁력 확보를 통한 산업역량 지속 필요

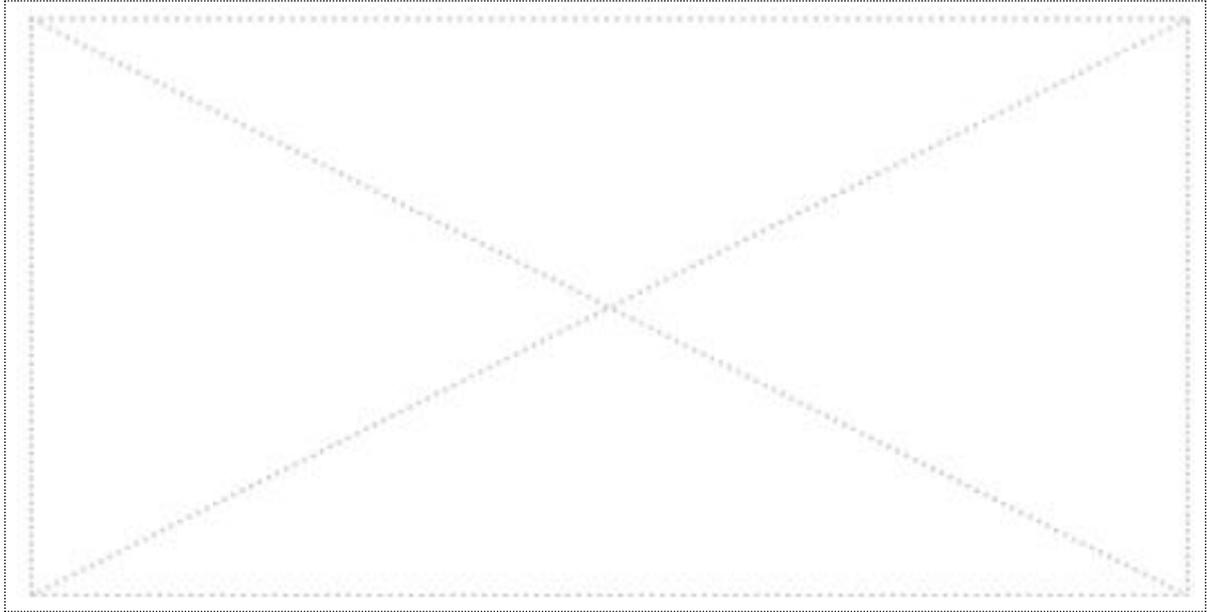
* 반도체 산업은 상위 5개 반도체 기업 수익이 타 기업 수익보다 많은 승자독식 구조 형성



[글로벌 반도체 기업 연평균 이익 분석(`15~`19)]

○ (기술적 필요성) 반도체 기술 고도화에 따라 2020년 초반부터 2나노 이하급 공정에 대한 기술을 경쟁적으로 확보 중으로 적시 기술경쟁력 확보 필요

- * TSMC는 `22년 GAA(Gate-All-Around) 기반의 2nm 공정이 적용된 반도체 시험 생산팀을 발족하기로 결정
- * GAA는 기존 핀펫(FinFET) 기술보다 칩 면적은 줄이고 소비 전력은 감소시키면서 성능은 높은 신기술로 파운드리 업계 1·2위인 TSMC와 삼성전자가 경쟁적으로 개발 중



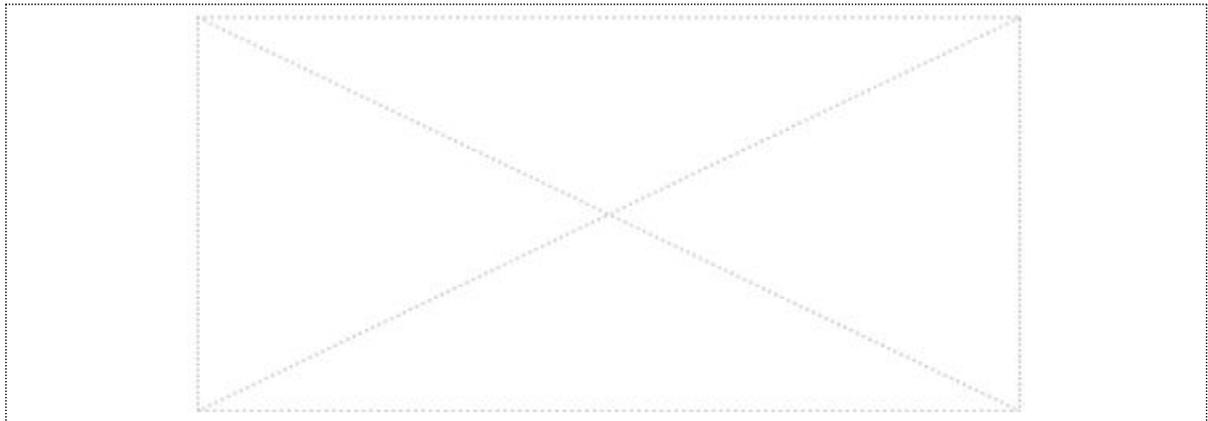
[반도체 기술 랜드스케이프]

- (사회적 필요성) 미래사회에서 각 단말 및 시스템의 지능화를 통한 자원배분 효율화를 위해 고성능의 반도체 필요

□ □ 연구동향

- (기존 기술) EUVL, 습식 FAB공정 및 전자현미경
- (기존 기술 개발내용) 반도체 소자의 집적도를 높이기 위한 공정기술
 - 미세 반도체 패턴 제조를 위해 LPP (Laser Produced Plasma) 방법을 이용하여 13.5 nm EUVL 개발
 - EUVL은 고출력의 CO2 펄스 레이저를 주석(Sn)에 집중 조사하여 초고온의 플라즈마에 의해 방출되는 빛을 이용
 - 연마, 세정, 식각, 증착 공정은 1970년대 개발된 습식공정 기반
 - 반도체 소자의 미소화로 결함 검출을 위해 전자현미경을 사용한 측정
- (기존 기술의 목표수준 및 한계) 초고집적도 반도체소자에서 요구되는 고종횡비 (High Aspect Ratio)의 나노구조 구현에 원천적 한계, 생산성 및 환경 문제
 - 2~3 나노 공정까지 EUVL 노광장치로 대응이 가능하나, 2030년 이후에

대두될 옹스트롬 공정 (angstrom process)은 대응 불가 (리소그래피 파장 < 6.5 nm 필요)



[IMEC Roadmap (참조:IEDM 2020 - IMEC Plenary talk)]

- EUV 발전에 의해 Sn 이온이 부스러기 (debris) 상태로 주변 광학계를 오염시켜 생산성 저하
- 연마, 세정, 식각, 증착 등 습식공정은 용매의 높은 표면장력 (30-73 dyne/cm), 점도 문제로 미세화된 패턴에 침투 난해
- 유기용매 및 화학약품 사용으로 인한 환경부담 및 인체유해성의 문제 발생
- 세정을 위한 과량의 초순수 물 사용으로 인한 에너지 사용량 증가 (1g 실리콘 디바이스 제조 시, 105L의 초순수 물 사용)
- 표면과 외부 결함을 분리하여 측정함으로써 공정 스텝 증가

□ 개발목표

차세대 옹스트롬급 반도체 제조를 위한 공정/평가기술 개발

1나노 이하의 고종횡비 미세 반도체에 적용 가능한 공정 지표 도출 및 공정 성능, 생산성 확보를 위한 소재, 부품, 장비 기술

○ (예시방법 1) 자유전자레이저 광원기반 노광기술 개발

- 1나노 이하의 미세 반도체 공정에 적용 가능한 13.5 & 6.5 nm 파장의 500W 급 광원, 전자빔 에너지 500 MeV 이상, 평균출력 100kW 이상의 자유전자레이저 광원 개발
- 산업용 노광장치에 적용 가능한 축소 크기로 자유전자의 기존 광변환 효율(<0.5%)을 10배 이상 개선
- 자유전자레이저 광원 응용 1나노급 노광용 광학계 및 공정 개발

○ (예시방법 2) 초임계 유체를 이용한 드라이팹 기술 개발

- 초임계유체를 이용한 반도체소자 제조 공정 중 CMP 및 post CMP 세정공정의 건식화를 통한 유독 화학약품 사용 최소화
- 기존 습식기반의 반도체 공정인 CMP, 세정, 식각, 증착 등을 드라이팹 기술로 대체하여 공정 수율 극대화 및 고종횡비(High Aspect Ratio)의 나노구조 구현

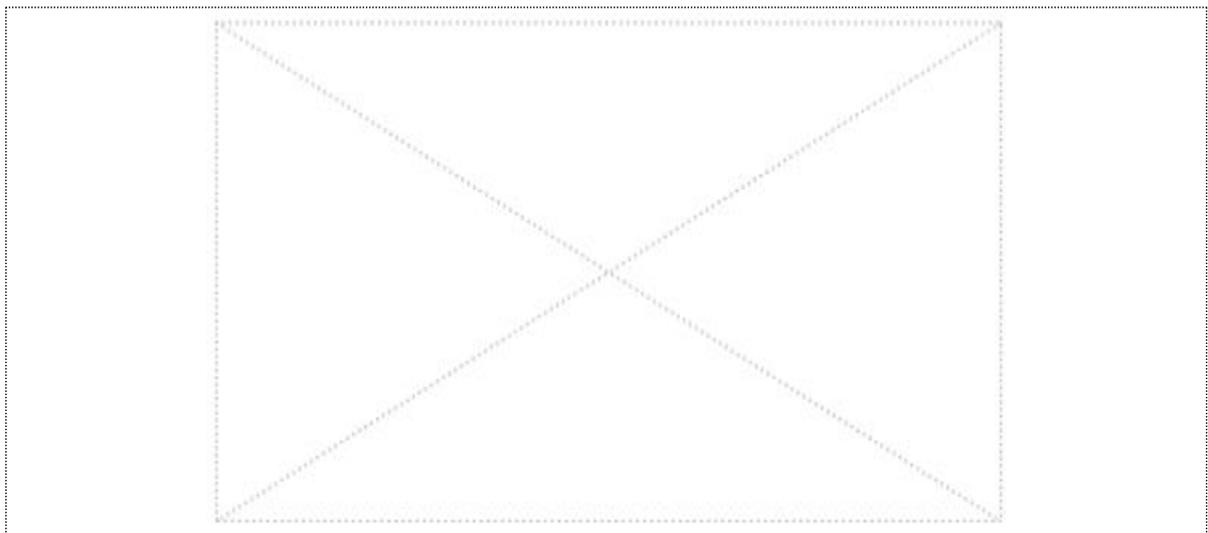
○ (예시방법 3) 나노 소자 미세 결함 비파괴 검사 기술

- 대전류 양전자 빔을 활용한 차세대 나노 소자의 미세 결함 분석 및 문제 해결로 수명 및 효율 향상
- 분석시간 단축을 위한 양전자 수 증대, 레이저를 활용하는 양전자 빔 발생 펄스를 최소화하여 수명 측정 기술의 분해도 향상

□ 기대효과

○ (패러다임 전환) 차세대 반도체 기술 확보를 통해 통신 및 초소형 기기를 사용한 지능화 사회 구현이 가능

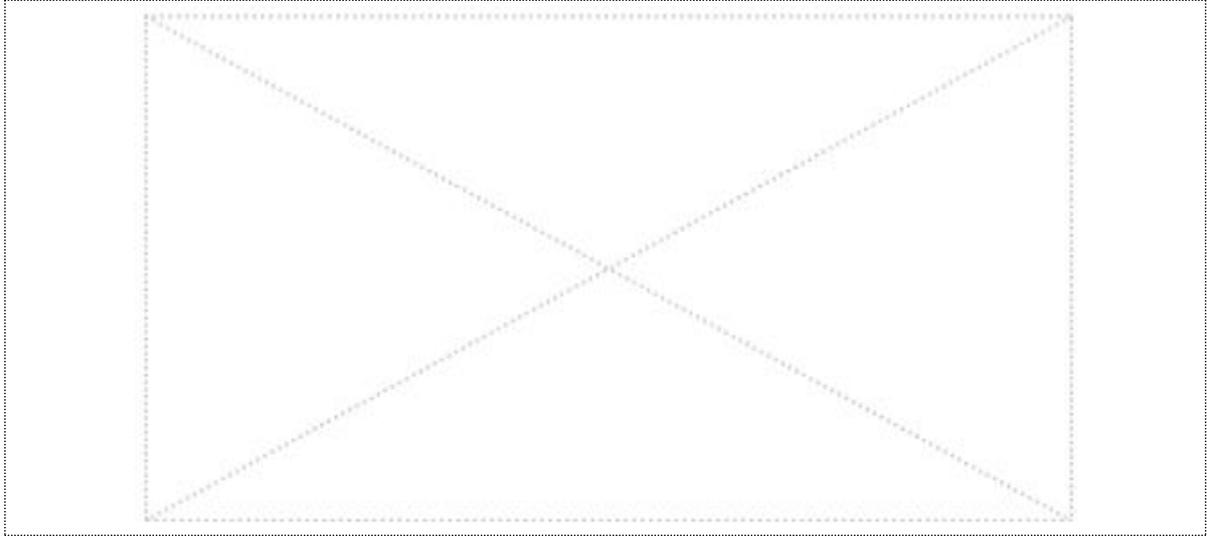
* 반도체 기술 발전에 따라 PC/인터넷 -> 모바일 -> 고성능컴퓨팅/인공지능/5G로 적용분야가 확장되고 있음



[반도체 기술발전에 따른 적용분야 확장]

○ (경제·산업적효과) 반도체 산업에서의 경쟁우위를 지속하여 글로벌 시장으로의 수출 지속 필요

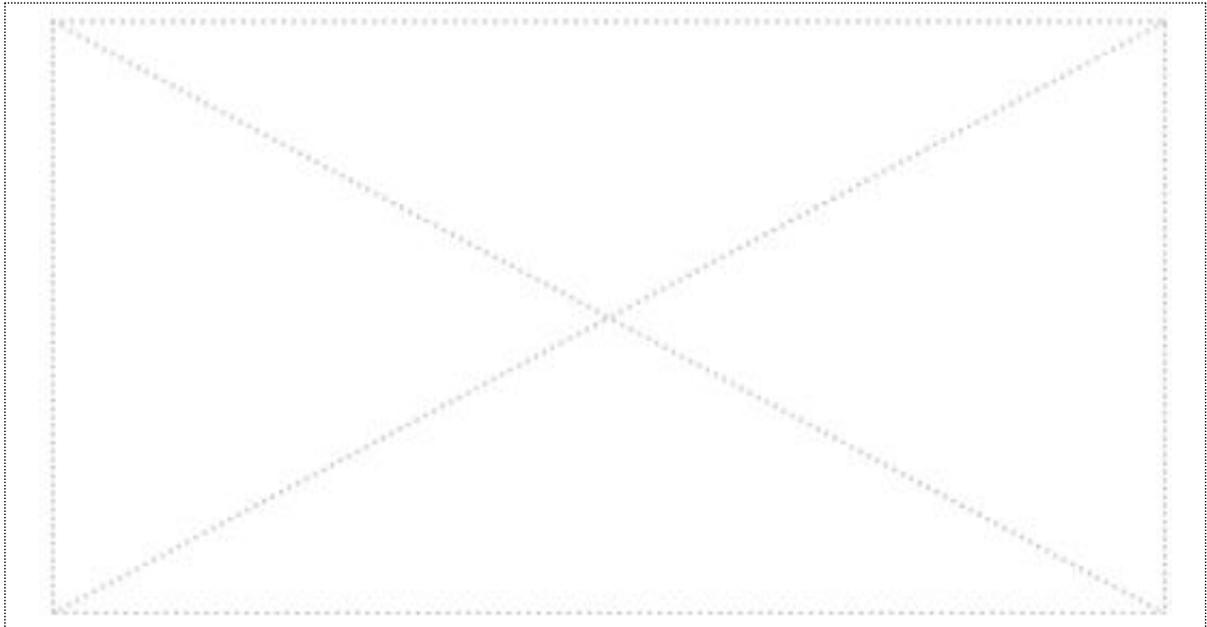
* 국내 수출품목 중 반도체의 비중은 약 20%에 달하는 막대한 비중을 차지



[연도별 국내 수출규모 및 반도체 수출 비중]

*자료: 산업자원부, 유진투자증권

- (기술적 효과) 차세대 반도체 기술 확보를 통해 메모리반도체 외타 분야로의 기술경쟁력 파급



[분야별 한국 반도체 기술경쟁력 수준]

- (사회적 필요성) 반도체는 미래 사회 지능화의 핵심 요소로서 지능화가 가능한 모든 분야로 확산 가능

* 반도체는 지속가능한 사회 구현을 위해 사회인프라 각 요소에 적용되어 자원활용의 최적화를 통한 사회적 비용 저감이 가능

예시 기술테마 4

- 외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm³ 급 환경 정보 센싱 모듈 개발 -

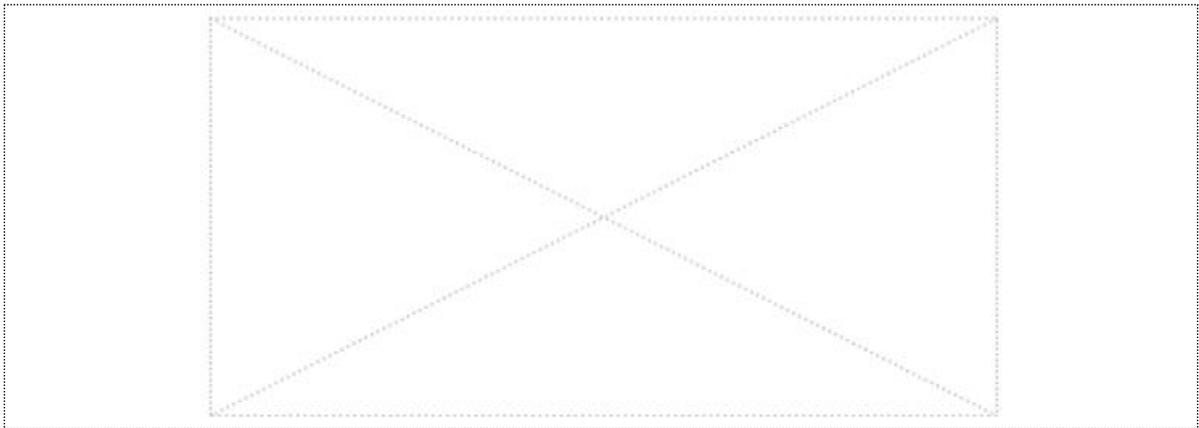
□ 개발 필요성

- (경제·산업적 필요성) 현재 에너지 다소비 기관으로 분류되어 있는 건물의 경우, 선진국에서는 전체 국가 에너지 소비량의 40%에 육박하고 있고, 우리나라에서도 25% 내외를 차지하고 있으므로, 국가 에너지 소비에 지대한 영향을 주는 중요한 요소임*

* IEA, 2019 / 온실가스 감축 로드맵 수정안, 2018

- 이로 인해, 에너지 수요 관리 정책의 일환으로 건물에너지관리시스템(BEMS) 기술이 개발되고 있으며, BEMS 시장규모는 `18년 39.5억불에서 `25년 87.1억불로 연평균 12% 이상의 성장률로 확대 전망되고 있음.

* BEMS : Building Energy Management System



[전세계 BEMS 시장 전망 (Ref. Navigant Research)]

- 건물의 에너지 효율을 높이기 위해, 하베스팅 기반 센서로 수집한 환경(온도, 습기 등) 정보와 건물에 분산되어 있는 센서 간 무선 네트워크가 필수적이며, 이를 구성하기 위해 에너지하베스팅 기반의 센서 네트워크 시스템 기술개발 추진 필요
- 국내 에너지 하베스터 시장의 경우 `19년 161억원 규모에서 연평균 약 2% 성장하여 `24년에 약 176억원, 국외의 경우 `14년 기준 1.5억 달러의 규모로 추정되었으며 `24년에는 약 26억 달러의 시장 규모를 형성하고 있음.

- 탈탄소화의 가속화를 위한 에너지 변환 및 저장의 중요성이 커지고 있으며 배터리 기술을 이용한 에너지 저장은 에너지시스템의 유연성 확보에 있어 중요한 역할을 할 것이며, 이는 변동하는 재생에너지 비중이 증가하는 현 상황에서 필수적으로 갖추어야 할 조건임.

○ (기술적 필요성) 4차 산업혁명의 핵심 기술인 사물인터넷(IoT) 시대가 도래함에 따라, 배터리 교체가 필요 없는 반영구적인 자율전원 전자기기(센서 등) 기술과 센서 간 무선 네트워크 기술을 적용한 통합 시스템의 기술개발이 필요함

- 에너지 소비 비율이 높은 건물분야에서 건물의 에너지 효율 향상 및 절약을 위해, 하베스팅 기반의 센서 네트워크 시스템의 상태감시·진단기술 적용이 필요하며, 실시간으로 에너지 사용량 및 환경 정보를 정확하게 파악할 수 있는 모니터링 시스템 구축이 필요함

○ (사회적 필요성) 독립전원은 다양한 곳에 적용 가능한 전원 공급 시스템으로써 인체 삽입형 의료기기나 스마트 패치형 바이오 센서 모듈, IoT 디바이스 등의 개발에 참여가 가능하며 이를 통해 중소기업과 스타트업의 고용 창출 효과를 기대 할 수 있음.

□ 연구동향

○ (기존 기술) 유선 기반 건물센서/제어 시스템

○ (기존 기술 개발내용) 건물의 에너지 절감을 위해서는 우선적으로 현재 에너지 사용 실태 파악이 되어야 함. 이를 위해 건물에서 다양한 설비 및 센서를 사용하고 있음.

- 4차 산업 혁명의 일환으로 빅데이터, IoT, 인공지능(AI) 등의 주요기술들을 기존 BEMS에 접목시키는 연구들을 진행 중

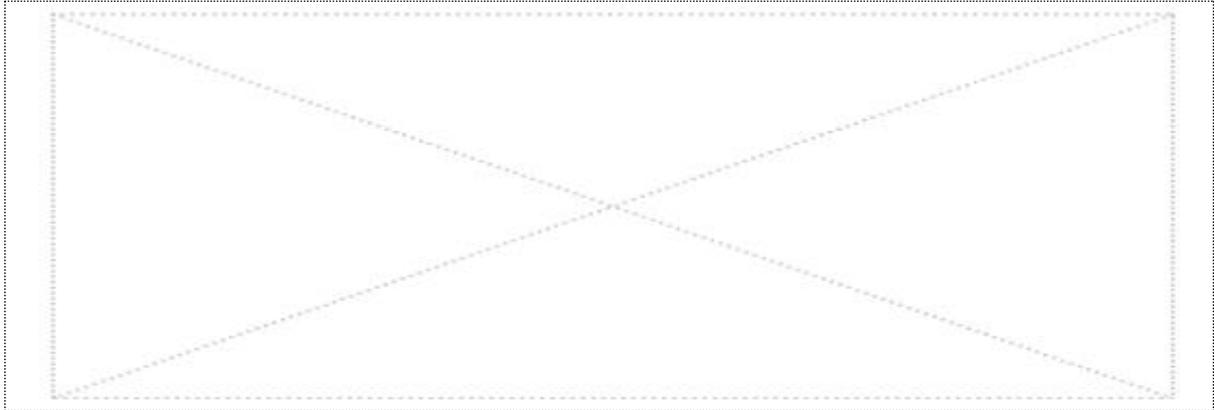
- 기술표준화 및 인증 기반을 마련하고, AI-IoT 기반 감지기술 개발

○ (기존 기술의 목표수준 및 한계) 실제 환경 정보를 정확히 반영하지 못한 데이터로는 시스템 관리 측면에서 한계가 있을 것으로 예상됨.

- 사용 목적이나 사용자의 다양한 요구 조건을 반영함에 따라 건물 내부 구조 등이 다양하고 수시로 바뀌어서 건물의 내부 에너지 소비 상황을 유선 센서만으로 감지하기에는 복잡한 배선 연결 및 관리, 전원 공급 등과 같은 애로사항이 많음

- 설치 위치가 부정확하거나 적은 수의 센서로 측정되는 온도나 습도, 공기질(O₂, CO₂ 농도) 등과 같은 환경 정보로는 데이터의 정확도가

낮아져서 건물 에너지 관리가 효율적으로 이뤄지지 못하는 결과를 초래함.



[기존 건물 센서/제어 시스템의 문제점]

□ 개발목표

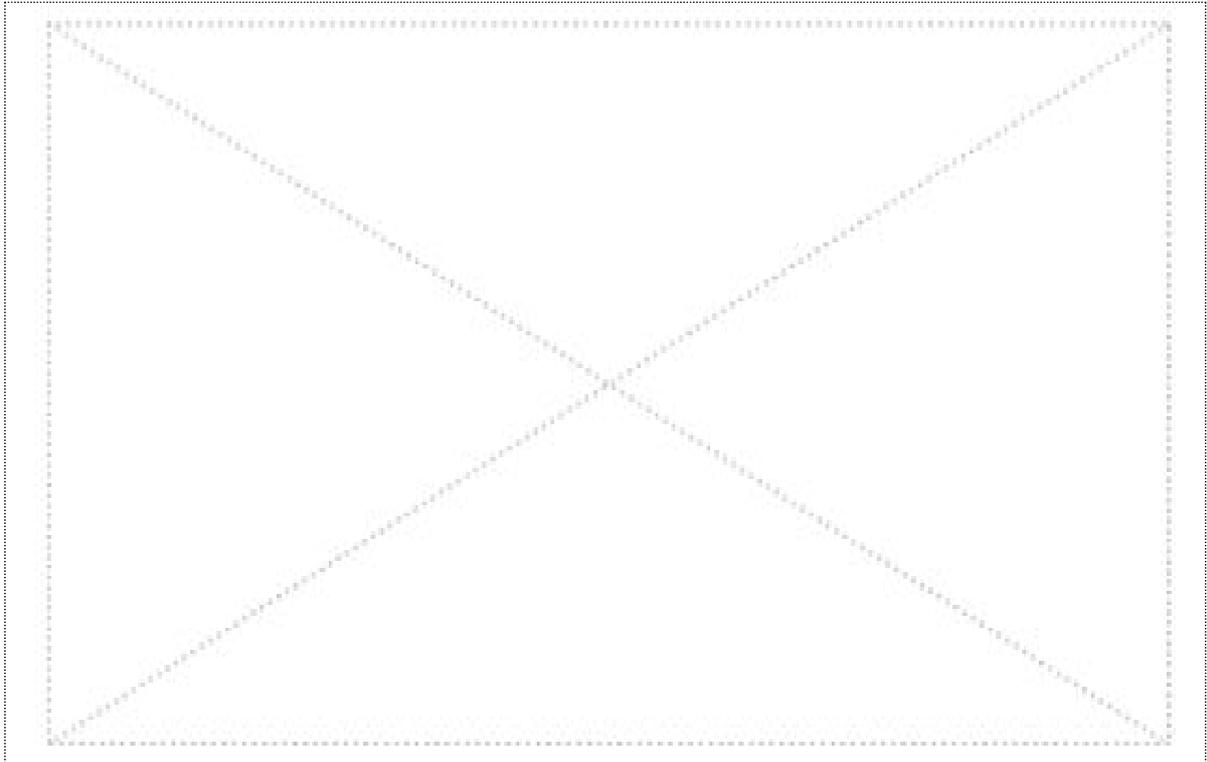
건물 에너지 탄소중립을 위한 독립전원소자 기반 초소형
센서 통합 모듈 기술 개발

외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm³ 급 환경
정보 센싱 모듈 개발

- (예시방법 1) 외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm³ 급 환경 정보 센싱 모듈 개발
 - BEMS 시뮬레이션/테스트베드 구축과 건물에너지효율 개선안 제시
 - 0.4 mAh 용량의 배터리와 1 mW의 에너지 하베스터
 - 1 cm³ 이하 센서 모듈용 전력 관리 회로 개발
 - 환경정보 센서모듈 및 무선 송수신 네트워크 플랫폼 개발

□ 기대효과

- (패러다임 전환) 분산화된 에너지 생산과 연계한 최적화된 에너지 생산·사용을 통해 제로에너지 빌딩 구현 가능
 - * 제로에너지빌딩은 외부로 손실되는 에너지양을 최소화하고 태양광·지열과 같은 신재생에너지를 활용해 냉·난방 등에 사용하는 에너지로 충당함으로써 에너지 소비를 최소화하는 건물을 의미



[BEMS 적용 영역]

- (경제·산업적 효과) 무선 센서 통합 모듈로 측정된 환경정보를 이용하여 가상물리시스템을 통해, 효율적인 냉난방 공급과 재실조건을 반영한 절전 제어 등에 필요한 운영 지침에 응용함으로써 건물 에너지 효율 향상에 크게 기여 가능할 것으로 기대됨.
 - 현재 탄소중립을 위해 관계부처를 중심으로 연구개발 투자가 확대되고 있음
 - 그 중 에너지 다 소비기관으로 분류되고 있는 건물에 디지털 기술과 연계할 경우 에너지 효율 향상의 기대 효과가 클 것으로 평가받고 있음
- (기술적 효과) 에너지 하베스팅 및 저장 기술 기반 독립전원소자를 무선 센서 통합 모듈에 활용한다면, 건물 내 같은 공간에서 필요에 따라 온도/습도/재실자 조건/공기질 등의 다양한 환경 정보를 얻을 수 있는 센서를 적용할 수 있음
 - 현재 건축물 에너지 관리를 위해 건물 도처에 설치되어 있는 센서는 배터리 교체 및 전원 공급의 어려움으로 다수의 다양한 환경 센서를 활용하지 못한다는 단점이 있음
 - 이로 인해 건물에너지관리시스템에서 활용할 수 있는 환경정보의 제한으로, 건물 전체 에너지 관리의 제한 및 낮은 효율이 이슈가 되고 있음
 - 에너지 하베스팅/저장, 센서, 통신 기술이 통합된 제품 구성으로, 공급 단가의 절감과 발주의 편리성을 도모할 수 있으며, 기존보다 많은 수의

센서를 활용 가능하므로, 정밀도가 높은 환경 정보로 건물에너지관리에 더욱 효과적일 것으로 기대됨

○ (사회적 효과) 본 연구에서 개발한 자립형 센서 모듈은 장시간/실시간으로 설비 시스템 및 제어에 관련된 정보를 수집하여, 무분별한 설비 교체 방지 및 시스템의 효율적인 유지관리가 가능하다는 장점이 있음.

- 신축, 기축 건물 등 평가가 의무화됨에 따라 건물에너지관리시스템(BEMS)을 통해 국가 건물 에너지 관리 효율화 및 종합적 관리 가능하며, 국가 정책과 함께 사회 전반적으로 에너지 관리에 대한 인식을 제고하는데 도움될 것으로 기대됨.

예시 기술테마 5

- 작고 (0.2인치) 가벼워 (50g) 안경에 장착할 수 있고
야외에서도 사용가능한 고휘도 (2000nit) 고해상도 (FHD급)
증강현실용 마이크로 디스플레이 제작 기술 -

□ 개발 필요성

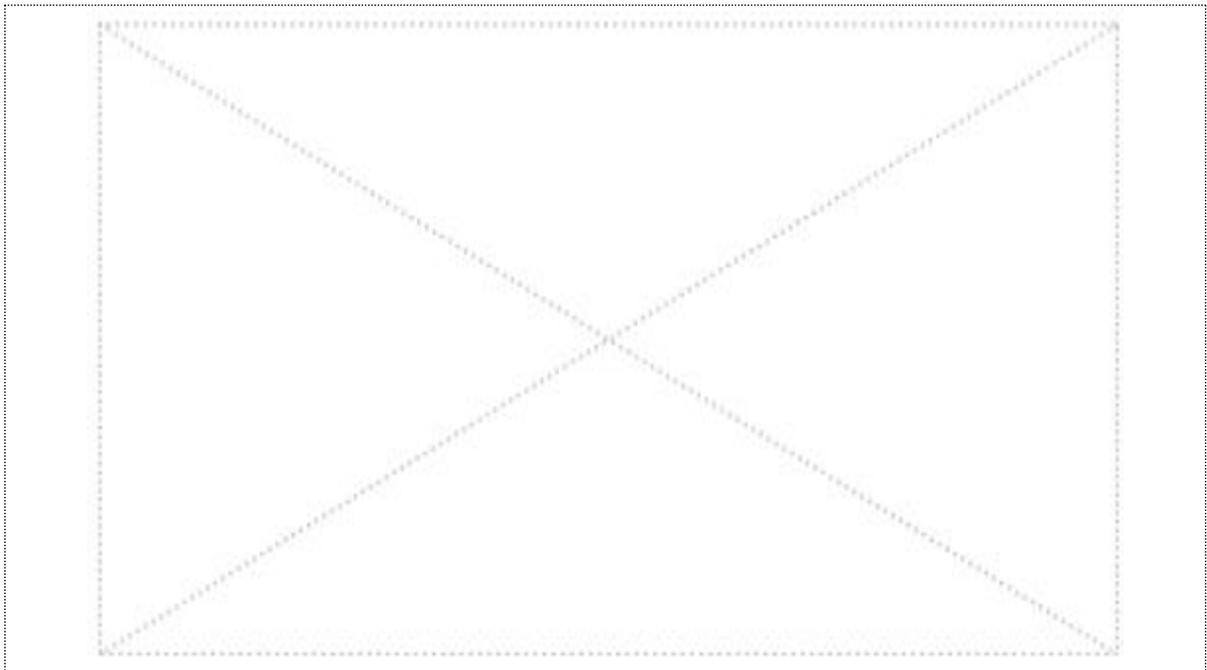
○ (경제·산업적 필요성) 실감경제 도래를 위한 핵심 산업으로서 증강현실(AR) 시장이 빠르게 성장 중

- 관련 기술 진보 및 5G 등 등 기반 인프라가 확보되며 가상과 현실의 경계가 허물어지는 시대 구현을 위한 경쟁이 치열

* 글로벌 증강 현실 시장 규모는 `20년 147억 달러에서 `26년이 되면 884억 달러로 연평균 31.5%의 성장률을 기록할 것으로 전망됨

* AR : Augmented Reality

* 실감경제는 가상현실(VR), 증강현실(AR), 홀로그램 같은 실감형 기술로 사회, 문화, 경제적 가치를 창출하는 경제를 의미함

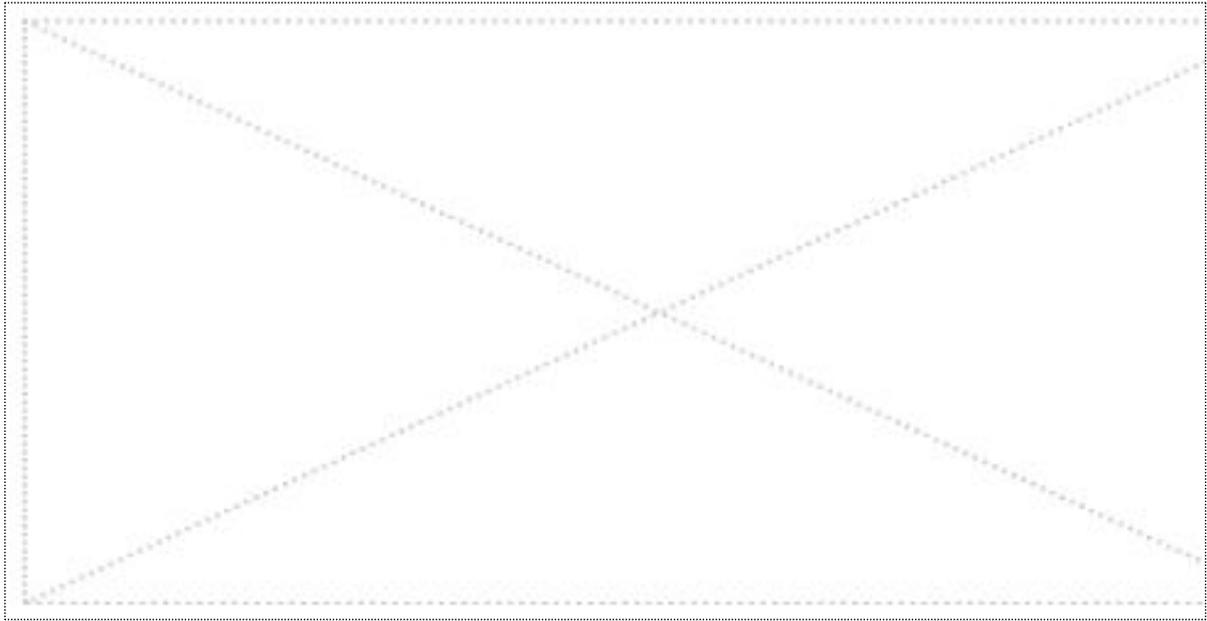


[글로벌 AR 시장전망]

*출처: Augmented Reality Market with COVID-19 Impact Analysis - Global Forecast to 2026, MarketsandMarkets

○ (기술적 필요성) 실감경제를 구현하기 위한 장비는 소형화·휴대성 확보가 필수적으로 요구되며, 현재의 스마트 렌즈 단계를 넘어서는 차세대 기술의 확보 필요

- * 장비 측면에는 소형화·휴대성 확보를 위한 방향으로 꾸준히 기술개서 중
- * 무겁고 유선으로 연결되는 헤드셋 형태의 VR 기기에서 벗어나려면 관련한 기술적 문제의 해결이 급선무



[AR 장치의 기술 고도화 추이]

- (사회적 필요성) 실감경제에서의 사회 연결성 강화 및 부가가치 창출을 위한 실감장비 개발 필요
 - * VR·AR 등 XR기술의 발전, 5G 네트워크 등 혁신기술 발전으로 이제 경험경제의 영역은 현실공간을 넘어 가상공간과 융합하는 영역으로 확장되고 있음

□ 연구동향

- (기존 기술) DMD, LCOS, OLED 기반 AR용 마이크로 디스플레이
- (기존 기술 개발내용) AR 기기 형태 중 가장 큰 시장은 야외에서도 사용 가능한 안경장착형이 차지할 것이므로 마이크로 디스플레이의 핵심기술은 높은 휘도, 낮은 소비전력, 작은 부피, 작은 화소 크기 (높은 해상도) 등으로 구성
 - 시야휘도 2000nit 이상 필요
 - 크기 0.2인치에서 HD급 풀칼라 해상도 필요 (픽셀 크기~10 μ m²)
 - AR 세트의 소비전력 0.5W 이하 (구동부 소비전력 포함)
 - AR 세트의 무게 50g 이하 (5시간 이상 사용 가능한 배터리 포함)
 - 초소형 화소 및 프론트 플레인 제작 기술
 - Wafer bonding 기반 CMOS-LED 고집적 인터커넥션 기술

- (기존 기술의 목표수준 및 한계) AR용 마이크로 디스플레이 플랫폼 기술로 DMD, LCOS, OLED 등이 있으나 야외용 AR 마이크로 디스플레이 요구 기준을 만족시키지 못하며, 연구단계에 있는 LED는 잠재력은 있으나 초소형 픽셀화 기술개발이 전무
 - DMD와 LCOS: 기계적 구동에 의존하므로 충격과 소형화에 취약하고, 반사형 광원을 사용하므로 소비전력이 크며 부피가 1CC 이상으로 소형화에 부적합. 특히 DMD는 우리나라의 산업 생태계와 연계 불가
 - OLED: 발광소재의 취약성 때문에 1000nit 이상으로 휘도를 높이기 어렵고, 고해상도를 위한 패터닝 기술이 아직 개발되지 않음
 - LED: 현재 개발되고 있는 마이크로 LED는 크기가 30 μ m 수준으로서 워치, 태블릿, TV용 디스플레이 화소로 채용. 안경장착형 AR용 마이크로 디스플레이를 위해서는 1 μ m급 화소 제작 기술이 요구되지만, LED 기반 초소형 픽셀화 기술개발이 미진
 - * (국내 기술경쟁력) GaN 기반 LED 소자 및 디스플레이 기술에 대한 국내 연구진의 연구역량은 우수하나, 이 두 개 기술을 아우르는 융합기술, 초소형 LED 양자효율 향상 기술, 픽셀화 기술은 선진국 대비 1-2년 뒤쳐짐
- 2028년 목표 수준 (산업기술 알키미스트 프로젝트)
 - ➔ 마이크로 디스플레이 크기 0.2인치에서 HD급 풀칼라 해상도
 - ➔ AR 세트의 소비전력 0.5W 이하 (구동부 소비전력 포함)
 - ➔ AR 세트의 무게 50g 이하 (5시간 사용 가능한 배터리 포함)

□ 개발목표

초소형 고휘도 AR용 마이크로 디스플레이 개발

작고 (0.2인치) 가벼워 (50g) 안경에 장착할 수 있고 야외에서도
사용가능한 고휘도 (2000nit) 고해상도 (FHD급) 증강현실용
마이크로 디스플레이 제작 기술

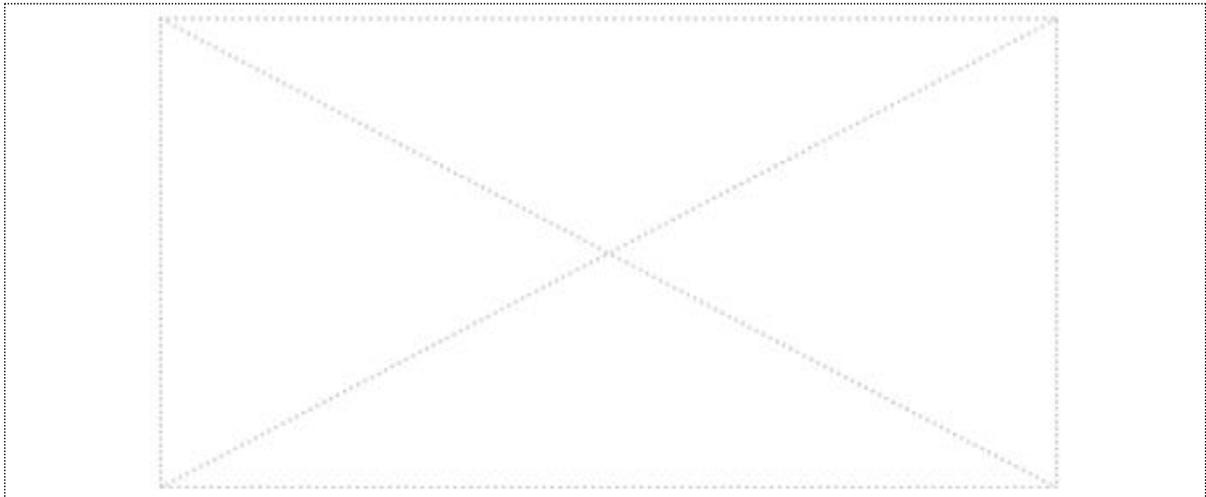
- (예시방법 1) LED 혹은 OLED 프론트 플레인 적용 AR 기기
 - 마이크로 디스플레이: 시야휘도 2000nit, 크기 0.2인치에서 2K급 풀칼라 해상도 (픽셀 크기~5 μ m²), 1000시간 점등 후 휘도 95% 유지
 - AR 세트: 소비전력 0.5W, 무게 50g (5시간 사용 가능한 배터리 포함), FoV 90°
- (예시방법 2) LCoS 혹은 DMD 프론트 플레인 적용 AR 기기

- 마이크로 디스플레이: 부피 0.1CC 이하를 위한 광학계 디자인, 우리나라 산업 생태계와의 부합성, 내충격 테스트 기준 제시
- AR 세트: 소비전력 0.5W, 무게 50g (5시간 사용 가능한 배터리 포함), FoV 90°

□ 기대효과

○ (패러다임 전환) 기존 경험경제에서 실감경제로 전환하여 물리·사이버 세계의 융합이 가능

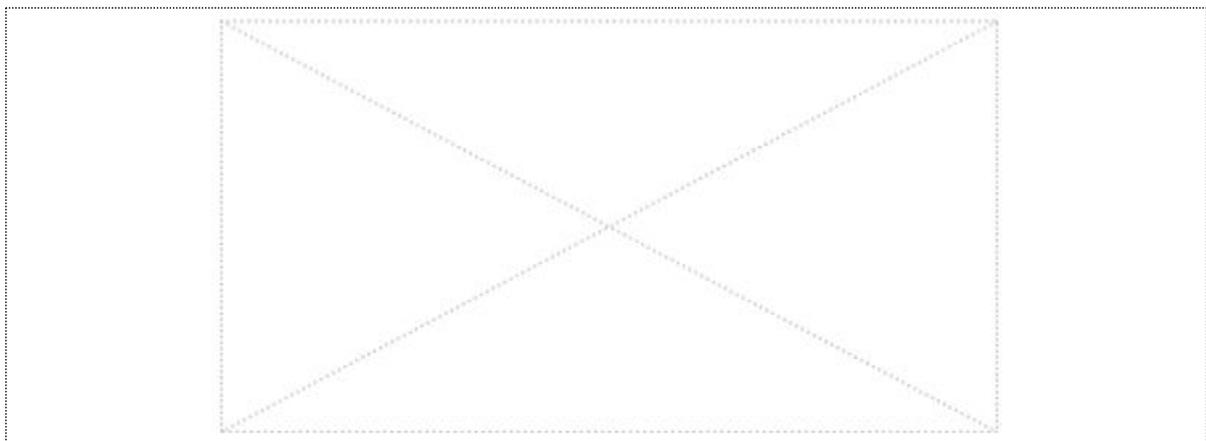
- * 실감기술은 주로 게임, 영화 등 문화영역에서의 본래적 소비(가계소비)에 한정되어 있었으나, 제조, 의료, 교육, 유통 등 다양한 산업 분야에서 새로운 부가가치를 만들어내기 위해 실감기술을 활용하는 생산적 소비 활동이 증가
- * 엑센추어는 헬스케어, 제조·건설, 교육훈련, 유통소비 등 3차산업 작업시간의 약 21%에 XR이 활용되어 생산성을 높일 것으로 추정



[산업분야별 실감기술 활용 전망]

*출처 : Walking up to a new reality, Accenture, 2019.05)

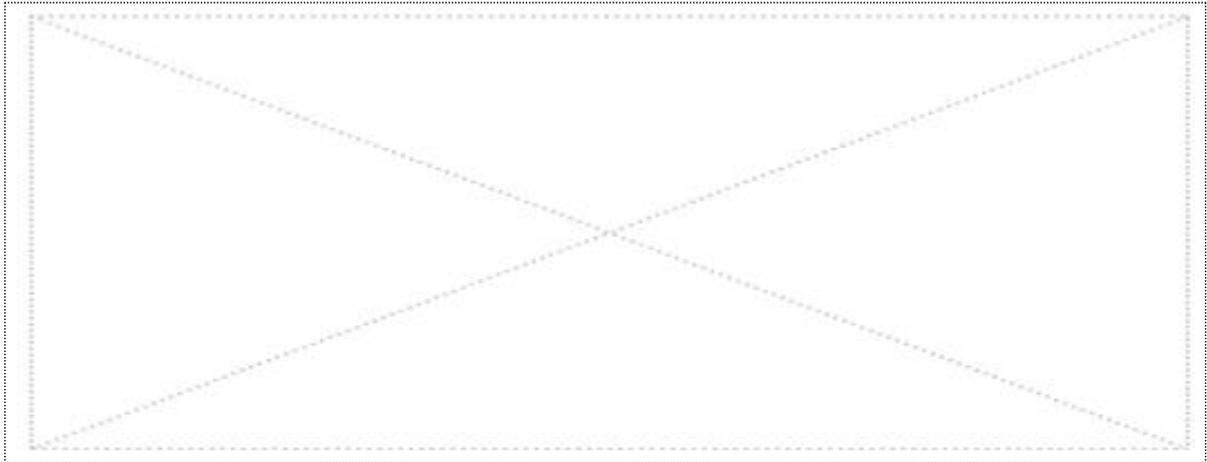
- * 우리가 살아가는 물리세계(경험경제)에서 AR,VR 등 실감기술, 5G 네트워크와 연계한 물리·사이버 세계의 융합을 통해 실감경제 구현 가능



[실감기술로 인한 경험영역의 확장]

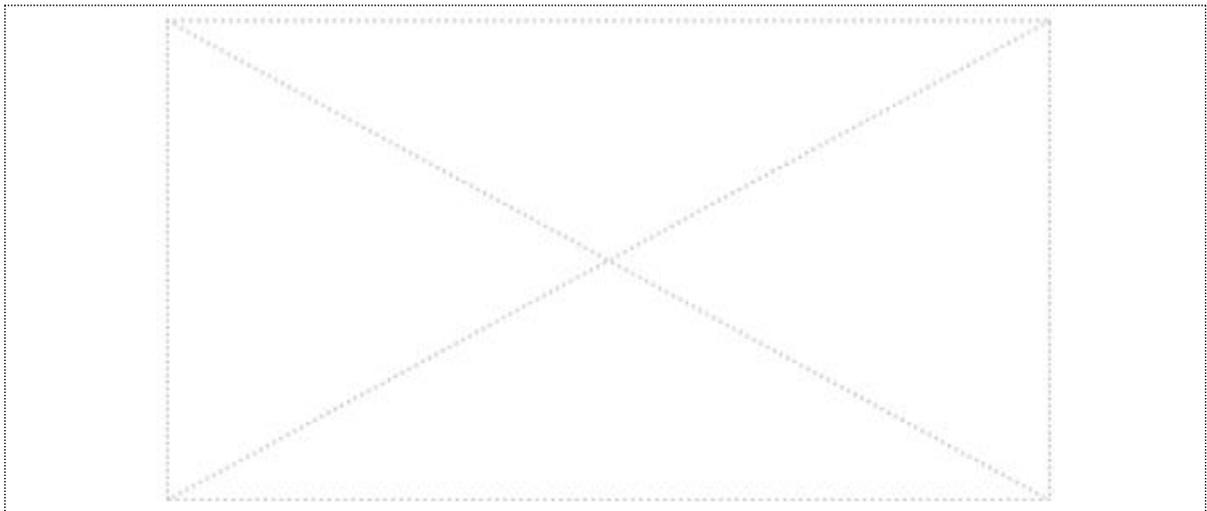
*출처 : 실감경제의 부상과 파급효과, SPRi, 2019)

- (경제·산업적 효과) 실감기술이 다양한 분야로 적용되며 높은 경제적 파급효과가 예상됨



[실감기술 경제적 파급효과]

- (기술적 효과) 실감 원천기술을 확보하여 다양한 적용분야로 응용할 수 있는 응용기술로서 파급이 가능



[분야별 수요 및 기술·규제 영향도에 따른 본격 확산시기(예측)]

*출처: 가상·증강현실(VR·AR) 분야 선제적 규제혁신 로드맵, 관계부처 합동, 2020.08)

- (사회적 효과) 실감경제는 교육, 업무, 문화, 의료 등 다양한 분야에서 시공간적 제약을 넘어선 소통과 활동을 가능하게 만들어 지리적 조건에 따른 지역 격차 해소에 기여할 수 있음

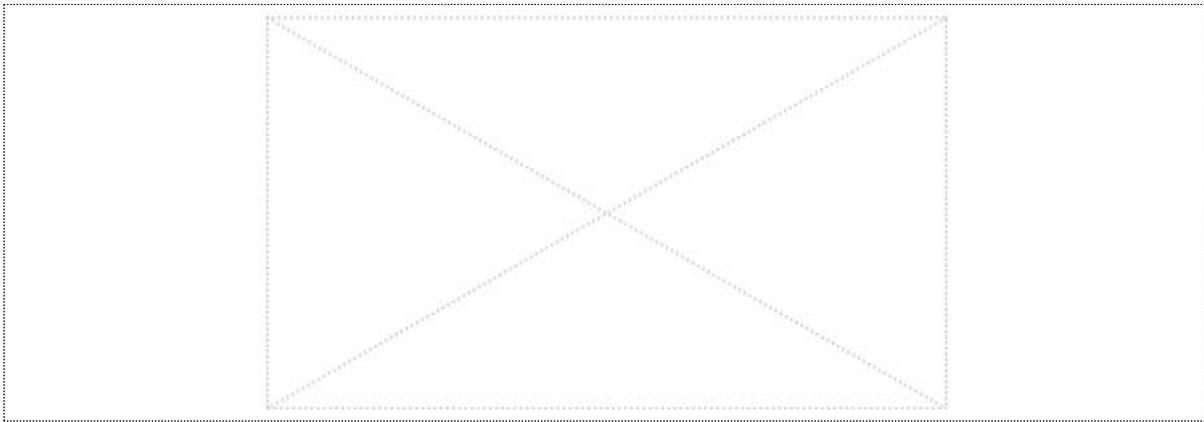
예시 기술테마 6

- 500도 이하 저온 공정을 이용한 비실리콘계 층상 구조 반도체 소재 원자레벨 증착 및 고결정화 구현 -

□ 개발 필요성

○ (경제·산업적 필요성) 모든 사물의 지능화 추세에 따라 반도체 산업 시장규모는 향후 지속 성장할 것으로 전망

* 글로벌 반도체 시장규모는 `21~`30년간 연평균 6.6%씩 성장하여 `30년 시장규모 7,720억 달러에 달할 것으로 예상됨

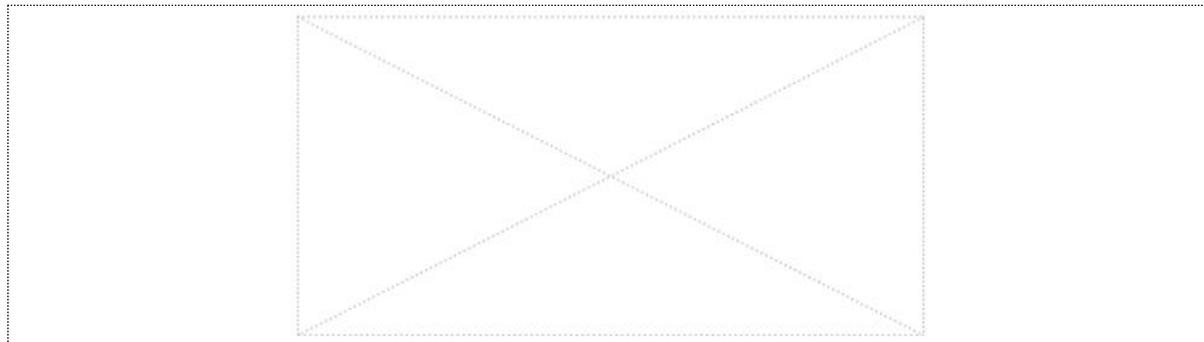


[글로벌 반도체 시장 성장 전망]

*출처 : Semiconductor Market - Trends, Regional Outlook, and Forecast 2021 - 2030, Precedence Research)

- 반도체는 승자독식 구조가 뚜렷이 나타나는 국내 주력 산업으로 기술경쟁력 확보를 통한 산업역량 지속 필요

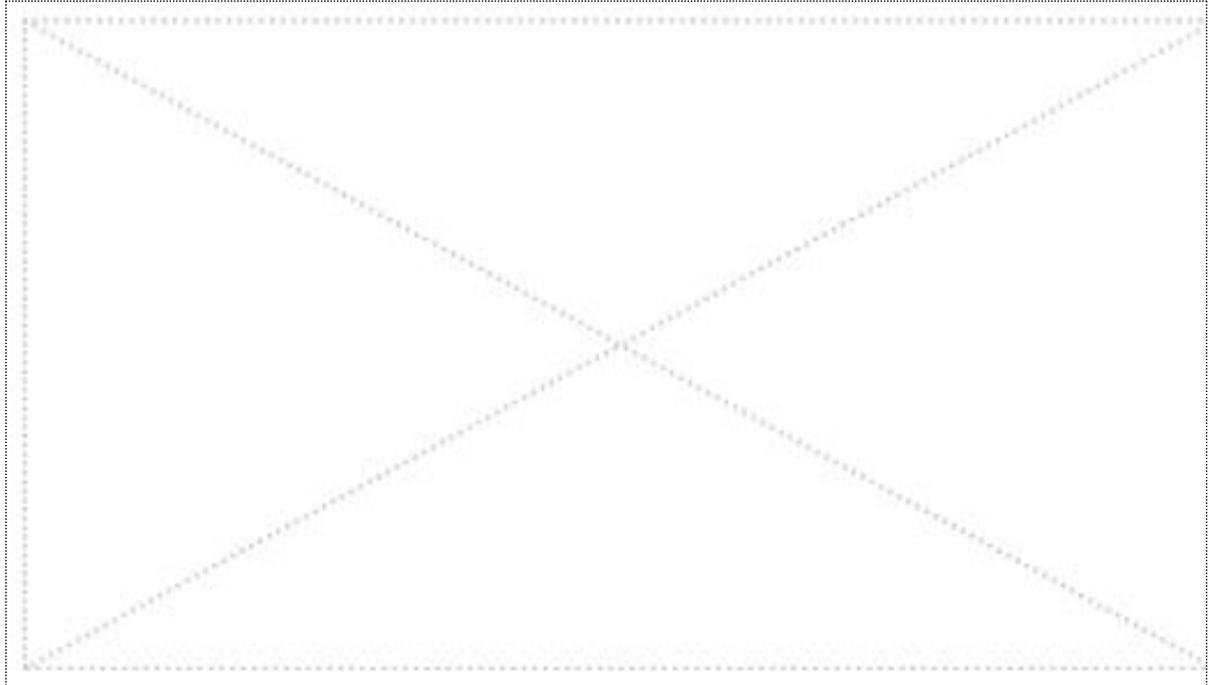
* 반도체 산업은 상위 5개 반도체 기업 수익이 타 기업 수익보다 많은 승자독식 구조 형성



[글로벌 반도체 기업 연평균 이익 분석(`15~`19)]

○ (기술적 필요성) 반도체 기술 고도화에 따라 2020년 초반부터 2나노 이하 급 공정에 대한 기술을 경쟁적으로 확보 중으로 적시 기술경쟁력 확보 필요

- * TSMC는 `22년 GAA(Gate-All-Around) 기반의 2nm 공정이 적용된 반도체 시험 생산팀을 발족하기로 결정
- * GAA는 기존 핀펫(FinFET) 기술보다 칩 면적은 줄이고 소비 전력은 감소시키면서 성능은 높은 신기술로 파운드리 업계 1·2위인 TSMC와 삼성전자가 경쟁적으로 개발 중



[반도체 기술 랜드스케이프]

- (사회적 필요성) 미래사회에서 각 단말 및 시스템의 지능화를 통한 자원배분 효율화를 위해 고성능의 반도체 필요

□ 연구동향

- (기존 기술) 비 Si계열 반도체 소재 공정 기술
- (기존 기술의 목표수준 및 한계)
 - (소재적 측면) 비실리콘계 반도체 소재의 다양한 응용을 위해서는 n-, p-type 특성을 갖는 소재의 대면적 합성과 더불어 도핑이나 이종접합 등의 기술을 이용하여 carrier type와 전하 이동 특성을 제어할 수 있는 기술 개발이 선행되어야 함. 하지만 종래에는 n-type 특성을 갖는 이황화 몰리브데넘에 연구에 치중되어 있고 p-type 특성의 반도체 소재에 대한 저온 대면적 형성 기술이나 이종의 소재를 복합하여 전하 이동을 제어하는 소재 형성 기술에 대한 기술 개발 성숙도는 매우 낮음
 - (공정적 측면) 비실리콘계 n/p형 반도체 소재의 합성 및 소자 응용과 관련된 연구는 전 세계적으로 폭발적으로 진행되고 있으나 양산 친화적인 소재 합성기술이나 소자 제작 기술은 발아 상태임. 특히 소자 integration 시 thermal budget을 고려하거나 유연 소자로의 응용을 위해서는 저온 (<<

500 °C) 공정 기반 대면적의 고품질 박막 형성 기술이 담보되어야 하는데, 기존에 보고 된, thermal CVD, MOCVD, sulfurization 공정과 같은 방법은 적용 온도의 한계가 존재함

- (소자화 측면) 반도체 소자의 미세화를 통한 집적도의 향상, 소자의 성능 향상, 전력소모 감소가 점차 한계에 다다르고 있어 하부 CMOS 소자 층 위에 n/p 채널층을 비롯한 상부소자를 형성하는 3차원 모놀리식 (M3D) 집적 소자 공정의 개발이 요구되고 있음. 하부 CMOS 소자 성능 저하를 방지하기 위한 비실리콘계 층상구조의 저온 n형 및 p형 반도체 제조 공정은 개발이 미비한 실정임
- (원리적 측면) 다양한 물질에 대한 기존 상용 전구체가 있음에도, 전구체의 구조와 특성간 관계에 대한 이해가 부족하여 기존 연구개발을 통하여 축적된 지식을 신규 전구체 개발 방향에 반영하거나, 새로운 구조가 합성되었을 때 보일 특성을 예측하는 데 한계가 있음

□ □ 개발목표

- 500도 이하 저온 공정을 이용한 비실리콘계 층상 구조 반도체 소재 원자레벨 증착 및 고결정화 구현
 - n-type, p-type 층상 구조 채널 소재 저온 대면적 합성 공정 개발
 - 최첨단 원자층 증착 공정을 이용한 채널의 고품질화
 - 500도 이하의 저온 결정화 기술 개발
 - 고종횡비 3차원 구조 내 단차 피복도 확보를 위한 원자레벨 합성 기술 개발
 - 고이동도 전이(후)금속 칼코겐/산화물/할로젠계 p형 반도체 소재의 원자층증착 공정 개발
 - p형 반도체의 저온 결정화를 위한 어닐링 공정 및 in-situ 결정화 공정 기술 개발
 - 비실리콘계 반도체 소재의 선택적 열원자층 식각공정 개발
- 고성능 소자를 위한 소재합성 요소기술 개발
 - 비실리콘계 채널 소재 상에 균일한 절연막 성장 기술 개발
 - 낮은 접촉저항을 갖는 금속 배선 소재 및 공정 기술 개발
 - 소자의 고성능화를 위한 passivation, 계면 처리 등 요소 기술 개발
- 신규 전구체 설계 및 합성법 개발
 - 전산모사에 의한 전구체 안정성의 열역학적, 반응속도론적 예측기법 개발

- 전구체의 기관표면 흡착 및 자기 제한적 반응에 대한 전산모사 기법 개발
- 안정성 및 증착특성 평가 후 원리적 설계기법 보완 feedback loop
- 전산모사 피드백에 따른 신규 전구체용 리간드 합성법 개발
- 전산모사 피드백에 따른 신규 전구체 합성법 개발
- 신규 전구체 대량 합성법 개발

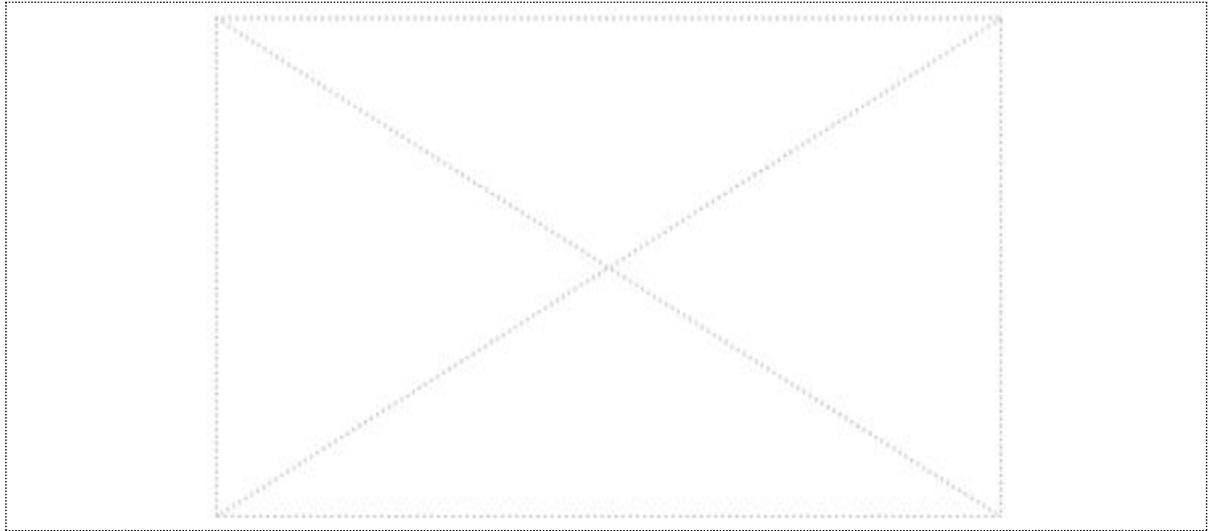
○ 정량지표

- 전구체 증기압 > 0.1 Torr @ 60 °C
- 전구체 안정성 > 6개월 @R.T
- 전하이동도 : > 30 cm²V⁻¹s⁻¹ (n-, p-type 모두)
- on/off current ratio: > 10⁸
- 균일도: > 97 % (8 inch wafer 기준)
- 단차피복특성 : > 95 %
- Carrier type 제어
- 공정온도: < 500 °C
- 식각충수제어: 1 ML

□ 기대효과

- (패러다임 전환) 차세대 반도체 기술 확보를 통해 통신 및 초소형 기기를 사용한 지능화 사회 구현이 가능

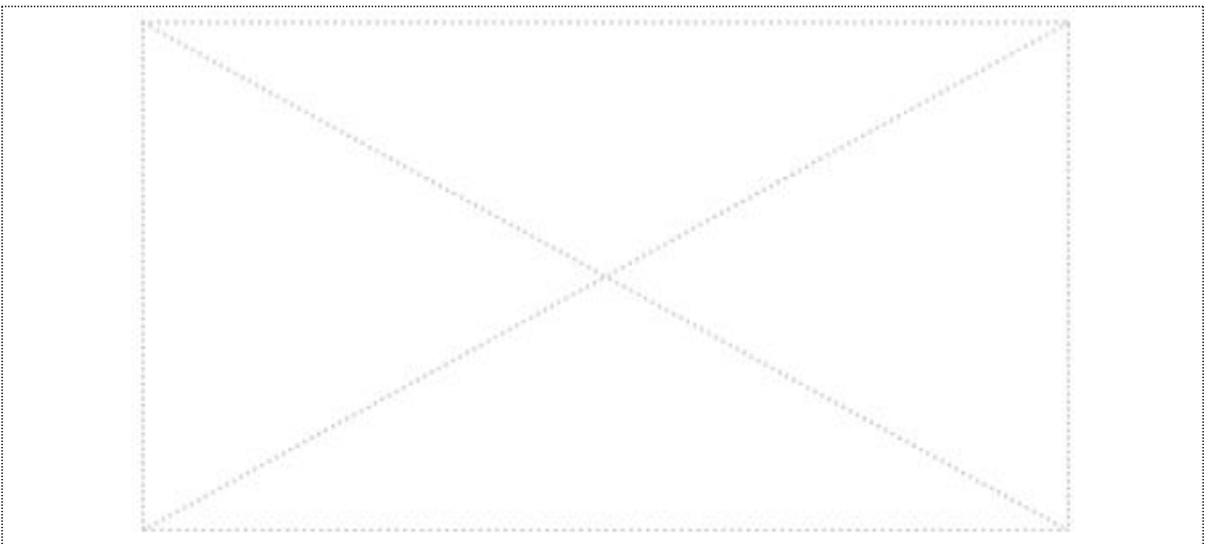
* 반도체 기술 발전에 따라 PC/인터넷 -> 모바일 -> 고성능컴퓨팅/인공지능/5G로 적용분야가 확장되고 있음



[반도체 기술발전에 따른 적용분야 확장]

- (경제·산업적효과) 반도체 산업에서의 경쟁우위를 지속하여 글로벌 시장으로의 수출 지속 필요

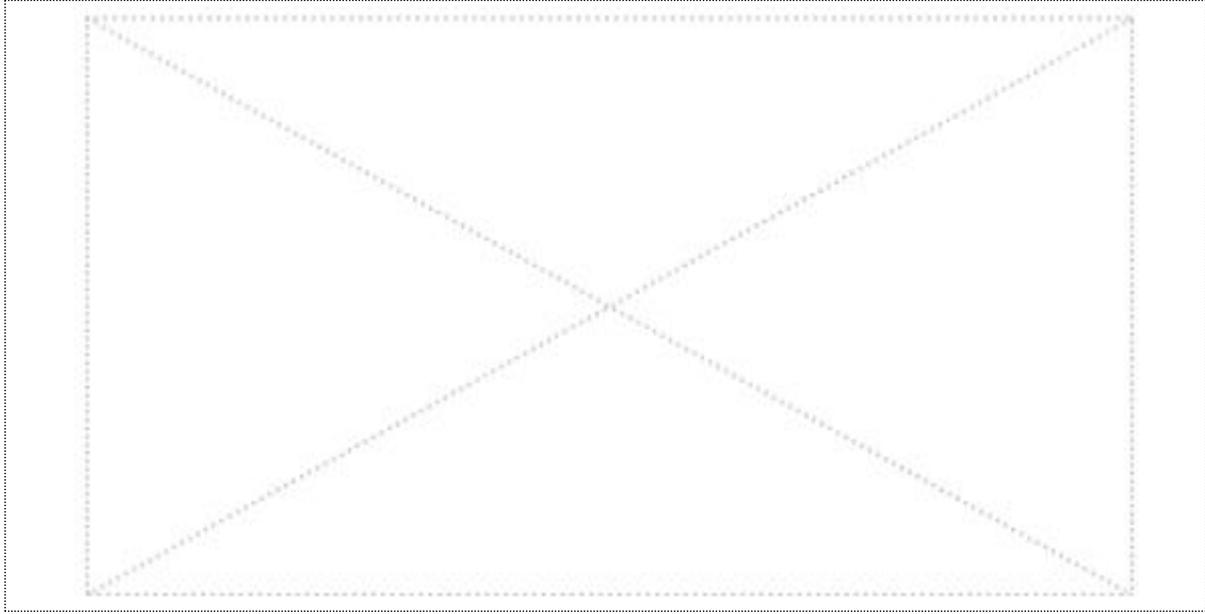
* 국내 수출품목 중 반도체의 비중은 약 20%에 달하는 막대한 비중을 차지



[연도별 국내 수출규모 및 반도체 수출 비중]

*자료: 산업자원부, 유진투자증권

- (기술적 효과) 차세대 반도체 기술 확보를 통해 메모리반도체 외타 분야로의 기술경쟁력 파급



[분야별 한국 반도체 기술경쟁력 수준]

- (사회적 필요성) 반도체는 미래 사회 지능화의 핵심 요소로서 지능화가 가능한 모든 분야로 확산 가능
 - * 반도체는 지속가능한 사회 구현을 위해 사회인프라 각 요소에 적용되어 자원활용의 최적화를 통한 사회적 비용 저감이 가능

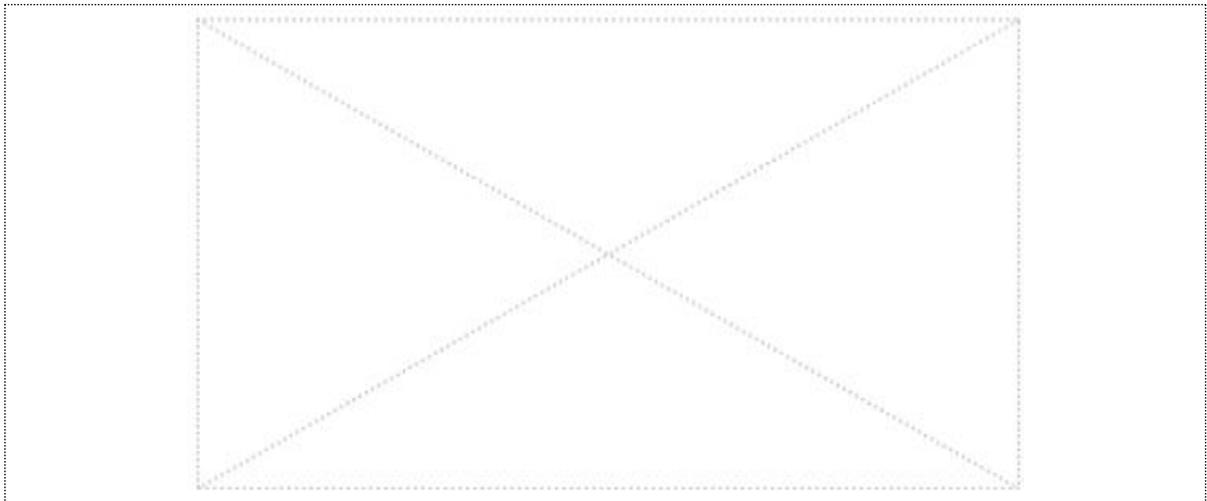
예시 기술테마 7

- 300um 분해능, 진동감지 주파수 < 500Hz의 초고해상도
능동구동 감각 센서 어레이 -

□ 개발 필요성

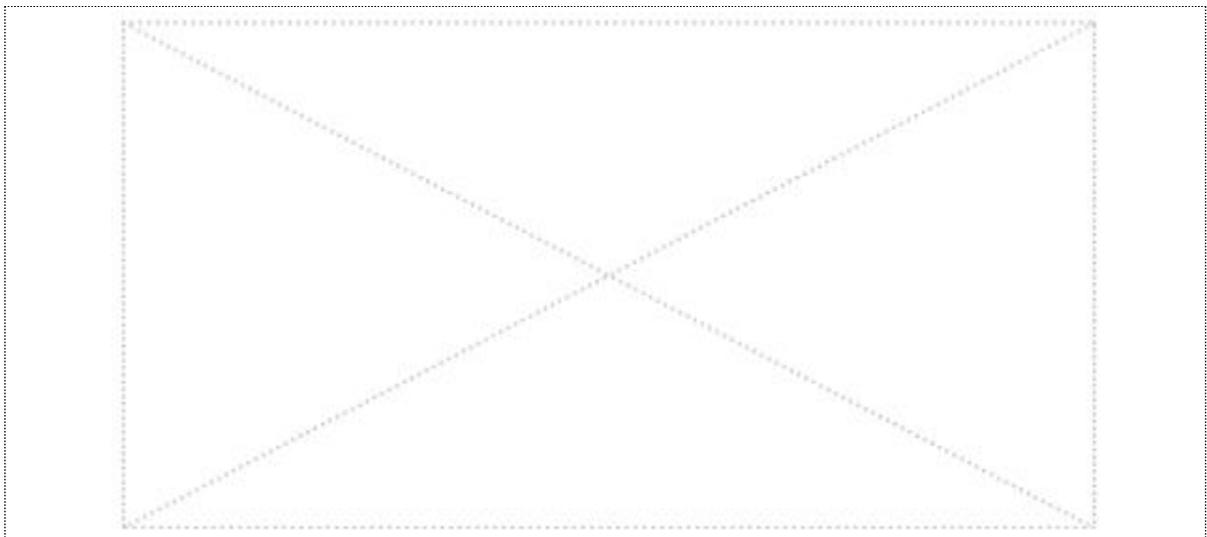
○ (경제·산업적 필요성) 메타버스 시대 디지털 감각 구현을 위한 전자피부 시장이 빠르게 성장할 예정

* 글로벌 전자피부 시장은 `20~`26년간 연평균 14.4%씩 빠르게 성장하여 160억 달러 이상의 시장규모를 형성할 것으로 전망됨



[글로벌 전자피부 시장동향]

○ (기술적 필요성) 전자피부 구현을 위한 유연소자 기술이 고도화되며 초박형 형태로 구현되고 있으며, 로봇 등에 적용 가능한 감각센서의 기술이 요구



[유연소자 기술개발 추이]

- (사회적 필요성) 기존 기계·장비의 감각인지 능력 한계로 인체 능력을 대체하기 위한 수단 확보가 어려움
 - 인공 감각 시스템을 구현하여야 가상·증강현실, 화상 환자를 위한 인공피부, 로봇형 의수·의족 등에 사용 가능
 - 산업적으로는 인간의 인지능력을 모사한 로봇 개발과 접목되어 고위험 산업군 등에서의 로봇 대체투입이 가능

□ 연구동향

- (기존 기술) 인공와우(청각) 기술 개발, 인공망막(시각)에 대한 연구는 진행 중이고, 인공촉각에 대한 연구는 기초단계
- (기존 기술 개발내용) 기술선도국 중심으로 센서 감각 정보를 신경 인터페이스를 통해 뇌에 전달하는 다학제간 융합연구 시도
 - 3차원 생체모사 광센서를 연결한 인공망막 개발, 해상도가 낮아 초보적 연구 단계 (미국 일리노이대 Rogers 그룹)
 - chip 형태의 인공 눈을 망막 시신경에 이식하여 시각 장애인이 점으로 이뤄진 사물을 보게 함 (미국 Second Sight사)
 - 전자피부 센서에서 발생한 전기신호를 말초신경 말단에 전달하여 뇌에서 통증을 느끼는 연구(미국 존스홉킨스대, Science Robotics 2018)
 - 압력센서 및 인공 신경회로를 바퀴벌레에 연결하여 인공감각 인식에 대한 가능성을 확인 (미국 스탠포드대 Bao 그룹, Science 2018)
 - 척수병변으로 팔이 마비된 환자의 뇌 감각피질에 작은 전극을 삽입하여, 뇌에 전기과동의 유형, 강도, 주파수에 따라 달라지는 인공감각에 대한 세계최초의 연구 발표(미국 칼텍 신경과학과, eLife 2018)
- (기존 기술의 목표수준 및 한계) 인공 감각기관의 신호를 실시간으로 해석하고 뇌로 전달하기 위한 뇌-인공 감각기 인터페이스 기술은 전 세계적으로 초보적 수준이며, 인간이 느끼는 감각을 동일하게 느낄 수 있게 하는 관련 연구는 보고된 바가 없음

□ 개발목표

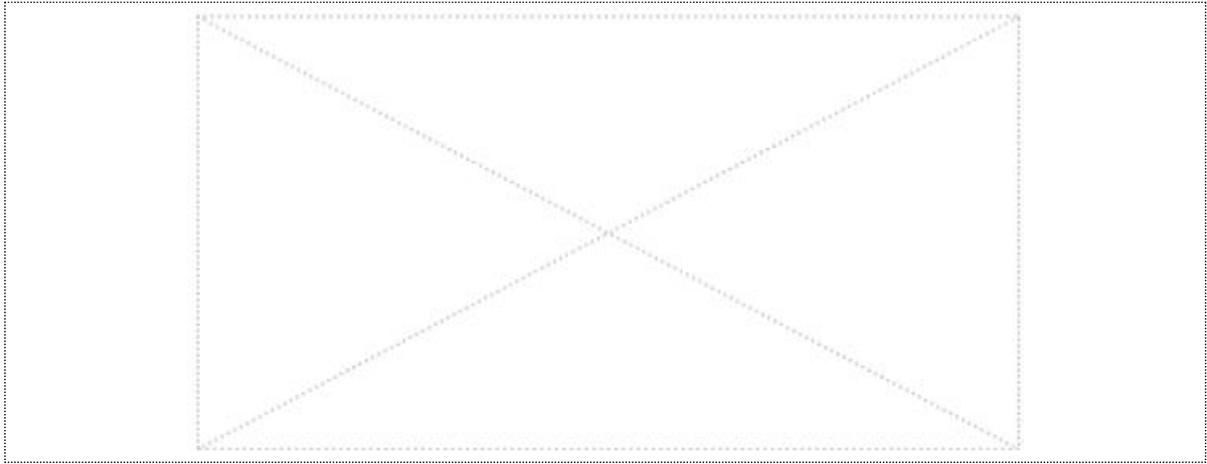
인간의 감지한계를 뛰어넘는 디지털 인공감각 개발

손상된 감각을 디지털 신경자극으로 감각의 재생(복원)과 기존의 느낄 수 없었던 초감각의 재생 (증강)

- (예시방법 1) 나노구조 멀티감응 소재 기반 감각-뉴런 신호변환 초감각 센서
 - 초고해상도 능동구동의 감각 센서 어레이 (300um 분해능, 진동감지 주파수 < 500Hz) (cf. 인간피부 감지주파수 200Hz)
- (예시방법 2) 뇌/신경기반 인공감각 소자 및 세포단위 감각 인터페이스
 - 생체친화 소재 기반 HD급(10um 피치) 신경감지 프로브 모듈화 및 무선 제어
- (예시방법 3) 감각 뇌신경회로 기반 인지 모델링과 인공감각 패턴 전달 및 인지
 - 초감각 센서의 정보의 신경신호 변환 및 AI 기반 인공감각 패턴 생성 및 전달 기술 (인간이 느끼는 동일한 수준으로 인지)
 - 뇌 인지-피드백을 통한 실감각-인공감각 유사도 측정을 통한 검증 기술 (데이터 셋 구축 필요)

□ 기대효과

- (패러다임 전환) 인공감각 기술은 가상물리 환경 구현을 위한 필수 기술 중 하나로서 기능하여 메타버스 시대 도입을 촉발
 - * 코로나 19 사태를 계기로 전 세계는 경제위기 극복의 혁신도구로서 주요 산업의 디지털 전환이 가속화되고 있으며, 가상융합기술은 현실과 가상을 연결하는 인터페이스로 현실과 가상의 공존을 촉진시키며, 현실의 물리적 한계를 해소



[메타버스 개념의 이해]

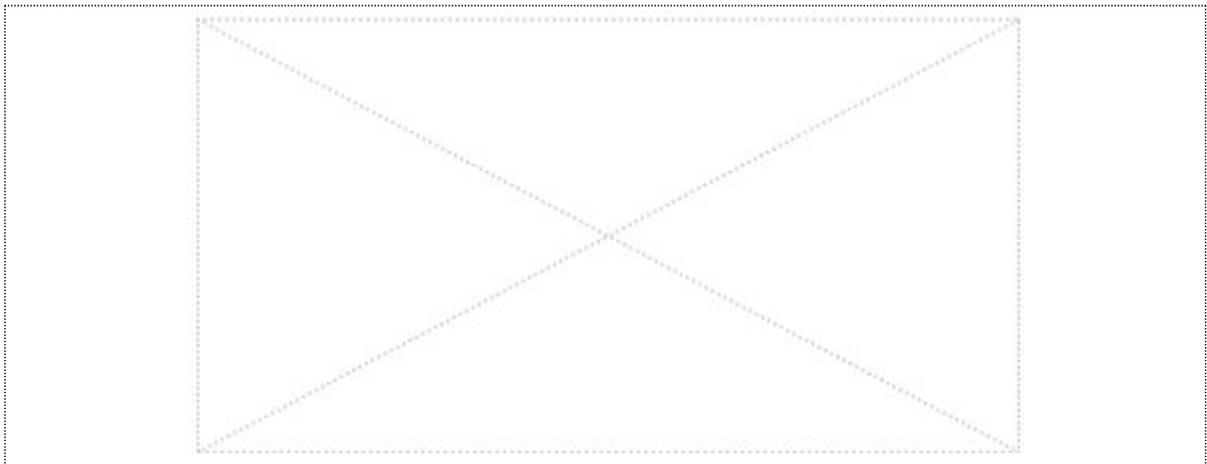
- (경제·산업적 효과) 개인의 일상, 산업·국가서비스 전반에 가상융합기술이 활용되어 신 부가가치를 창출하는 XR 기반 가상융합경제가 부상하고 있으며, 인공지능 구현을 통한 가상융합경제 성장 잠재력 극대화 가능
 - * XR은 인간이 정보와 상호작용하는 방식을 근본적으로 변화시킬 전망(맥킨지, `17)
 - * XR은 ICT 같은 범용기술로 경제 전반의 혁신을 가속화(英 Innovate UK, `18)
- (기술적 효과) 인공지능 기술이 고도화될 경우 XR기술과 융합하여 현실과 가상세계 간 경계를 파괴하여 인간의 활동공간을 확장
 - * 가상융합기술은 인간이 디지털 정보를 이해하고 상호작용하는 방식을 혁신하는 기술로, 기술 발전과 디지털 전환 가속화로 활용이 대폭 확대 중
- (사회적 효과) 제조, 의료, 유통 등 다양한 분야에서 효과 극대화 가능
 - * (제조) 제품설계, 생산부터 판매에 이르는 쉰단계에 XR이 적용되어, 시제품의 빠른 구현 및 원격협업 등을 통해 생산비용의 획기적 감축과 생산프로세스 혁신
 - * (의료) 훈련비용 절감, 수술 정확도·안전성 재고 뿐만 아니라 현실 치료환경의 제약을 넘어 특정환경 재현 및 높은 몰입감 제공으로 치료효과 극대화
 - * (유통) 기존 온라인, 모바일 유통에서 XR 기반 몰입형 가상 유통 환경으로 유통 패러다임이 전환되며 소비자에게 새로운 경험을 제공

예시 기술테마 8

- BBB 40%의 고투과, 경구투여량 흡수율 50%의 항체 기술개발

□ □ 개발 필요성

- (경제·산업적 필요성) 약물전달시스템이 기존의 침습형에서 구강투여 등 TDDS로 전환되고 있어 구강투여 약물 시장 확보 필요
 - * 약물전달 시스템(Drug Delivery System, DDS)이란 기존 의약품의 부작용을 최소화하고 효능을 극대화하기 위하여 필요한 양의 약물을 효율적으로 전달할 수 있도록 제형을 설계하여 약물치료를 최적화하는 기술을 총칭함
 - * 글로벌 TDDS(경피약물전달시스템) 시장 규모는 지난 `16년 205억달러에서 오는 `21년 305억달러, `26년에는 495억달러까지 성장할 것으로 전망되어, 글로벌 의약품시장보다 빠른 속도로 성장할 전망(연평균 9.22%)



[글로벌 경피약물전달시스템 및 의약품 시장규모 및 전망]

- (기술적 필요성) 바이오의약품의 지속시간을 늘려 투여빈도를 감소시킨 지속성주사제 제형의 개발 및 제품화 성공에도 불구하고 이들은 여전히 주사제이기에 주사제의 단점들을 완전히 극복하기에는 본질적인 한계가 있음
 - * 주사제 침습성으로 인한 환자의 불편을 극복하기 위해 경구, 경피, 점막등과 같은 비침습적 경로로 투여하는 기술이 연구되고 있으나 고분자의약품 특성상 피부, 장점막 등의 장벽투과가 어렵고, 소화효소에 의한 분해나 열로 인한 변형이 쉽기 때문에 화학합성의약품과 비교하여 시장화에는 아직 큰 기술 장벽이 존재함
 - * 환자가 받아들이기 가장 용이하고 안전하며 경제적인 투여 경로이기에 개발에 다소 시간이 걸리더라도 궁극적으로 가장 큰 시장이 예상되는 분야는 역시 경구투여 제형이며, 따라서 바이오의약품의 경구 투여 제형화 기술 개발이 요구됨
- (사회적 필요성) 경구용 약물 개발을 통해 기존 침습형 약물투여시 수반되는 고통 및 약물보관 항상성 문제 해결 가능

□ 연구동향

- (기존 기술) (허가받은) 치료용 항체 기술
- 기존 기술 개발내용 및 한계) 현재까지 미국 FDA, 유럽 EMA에서 허가받은 치료용 항체는 약 106종 정도이며, 이를 치료용 항체 기존 기술로 칭함
 - 허가받은 106종의 항체 42%가 10개 표적에 집중됨. 이는 현재 항체기술이 도달할 수 있는 공간/조직에 한계가 있기 때문임.
 - 암을 비롯한 다양한 질환 (예, 자가면역질환/혈액질환/피부질환/호흡기질환/심장질환 등)에 허가받았음. 하지만, 노령화에 따른 퇴행성 뇌질환에 대한 항체는 최근 미국에서 허가받은 아두카누맙을 제외하고는 전무함
 - 가장 많은 항체가 암에 대해서 허가받았으나, 고형암 표적 항체는 고형암 내부의 낮은 확산/침투 능으로 효능이 매우 낮음
 - 허가 받은 모든 항체는 세포막 또는 세포외로 분비된 단백질을 표적으로 개발되었고, 세포 내부의 세포질 타겟, 세포소기관을 표적하는 항체는 없음
 - 항체의 투여경로는 주사 (정맥, 피하, 근육, 안구)임. 아직 경구 투여 항체 기술은 전무함

[현재 치료용 항체 기술 수준]

| 허가받은 항체 포맷 | 타겟 위치 | 투여경로 |
|--------------------------------------|---|--------|
| 완전 항체 (IgG) | 세포 외부 (세포막/분비 단백질) | 정맥, 피하 |
| 항체-약물 결합체 (Antibody-drug conjugates) | 세포 외부 (세포막/분비 단백질)을 통해 들어가 독성 약물이 세포내부에서 작동 | 정맥, 피하 |
| 방사면역치료결합체 (Radioimmunoconjugates) | 세포 외부 (세포막/분비 단백질) | 정맥, 피하 |
| 항체 절편 (Fab) | 세포 외부 (세포막/분비 단백질) | 정맥, 안구 |
| 이중항체 (Bispecific antibody) | 세포 외부 (세포막 단백질) | 정맥 |

- (미충족 수요 항체 기술 및 필요성) 현재 항체 기술이 도달하지 못하는 대표적인 조직/공간에 도달하여, 그곳에 위치한 질병타겟 표적을 효과적으로 제어할 수 있는 항체 기술이 필요함. 대표적으로 다음 4가지 기술이 향후 시장성과 확장성을 감안해서 시급하게 개발되어 져야 함

1) 고형암 조직 내 고효율 확산 항체 기술

- 현재 항체는 고형암 내부 존재율이 투여량의 0.1% 이하 수준임. 고형암은 고밀도 암세포 및 세포외 기질로 인해 크기가 큰 항체가 고형암 내부로의 확산 및 분포가 매우 낮음. 고형암 조직 내부 깊숙이 확산 효능을 높힌 다면 90% 암을 차지하는 고형암에 대한 항체가 많이 개발될 것임.

2) 세포질 침투 항체 기술

- 많은 질환 타겟이 세포 내부 세포질에 있으나, 타겟 표면에 소수성 포켓이 없어 소분자 화합물이 표적을 못하는 undruggable 표적이 많음. 세포질 침투항체는 세포질 내부 undruggable 표적을 직접 표적할 수 있는 기술임. 더불어, 세포내부 세포질 공간을 비롯한 미토콘드리아, 핵 등 세포내 소기관에 특이적으로 도달하는 항체 원천기술이 절실함.

3) 혈액-뇌 장벽 (blood-brain barrier, BBB) 투과 항체 기술

- 퇴행성 뇌질환인 치매, 파킨스 질병 등에 대한 치료용 항체 개발에 필수적인 기술임.

4) 경구투여 항체 기술

- 구강을 통해 치료용 항체 투여가 가능하면, 다양한 소화기 내 질환에 대한 항체 개발뿐만 아니라 기존 항체 치료제의 패러다임을 바꿀 수 있음.

□ 개발목표

조직/공간/투여경로에 무영향 수퍼 항체 기술 개발

고형암 조직 침투, 세포 내부 침투, 혈액-뇌 장벽 투과, 경구투여가 가능한 수퍼 항체를 만들기 위한 핵심 원천기술, 요소기술 개발

- 고형암 조직 내 고효율 확산 항체 기술 (원천기술 2개, 파생기술 10개 이상)
 - 투여량의 10% 이상이 고형암 조직 내부에 분포 (마우스 모델)
 - 혈관으로부터 가장 멀리 떨어진 고형암 조직 내부에 항체가 균일하게 분포 (homogenous spreading/distribution)
 - 항체 CMC (Chemistry, Manufacturing, Control)는 기존 치료용 항체 수준
- 세포질 침투 항체 기술 (원천기술 1개, 파생기술 5개 이상)
 - 세포질 도달율 40% 이상 (세포 밖에서 친 용량의 40% 이상 세포질 내부 위치) (마우스 모델)
 - 농도 의존적인 세포질 투과율 (마우스 모델)
 - 혈액 반감기 및 체내 안정성: 기존 치료용 항체 수준 (최소 > 2 주)
 - 항체 CMC (Chemistry, Manufacturing, Control)는 기존 치료용 항체 수준

- 혈액-뇌 장벽 (blood-brain barrier, BBB) 투과 항체 기술 (원천기술 1개, 파생기술 10개 이상)
 - BBB 투과율 40% 이상 (혈액 내 농도 대비 40% 이상) (마우스 모델)
 - 농도 의존적인 투과율 (마우스 모델)
 - 뇌 조직에서 안정성 및 효능 유지 ((마우스 모델에서 최소 2주간)
 - 항체 CMC (Chemistry, Manufacturing, Control)는 기존 치료용 항체 수준
- 경구투여 항체 기술 (원천기술 1개, 파생기술 10개 이상)
 - 경구투여량의 5% 이상이 체내 흡수 (마우스 모델)
 - 소화기내 안정성: 투여량의 50% 이상이 소화기 내부에서 안정하게 존재
 - 항체 CMC (Chemistry, Manufacturing, Control)는 기존 치료용 항체 수준

□ 기대효과

- (패러다임 전환) 구강을 통한 치료용 항체 투여가 가능할 경우 병원에 방문하지 않고도 질병의 치료가 가능하여, 가정 내 원격치료 등 치료 방식의 전환이 가능
- (경제·산업적효과) 경구용 항체약물제제 개발을 통해 환자 편리성이 강화된 고부가가치 바이오의약품 시장의 폭발적 성장이 예측
 - * 환자가 받아들이기에 가장 용이하고 안전하며 경제적인 투여 경로이기에 개발에 다소 시간이 걸리더라도 궁극적으로 가장 큰 시장이 예상되는 분야임
- (기술적 효과) 항체의 구강 투여 기술 확보를 통해 항체 외 다양한 약물의 구강투여 기술로 확산
- (사회적 필요성) 질병의 예방 및 치료 과정에서 환자의 고통을 경감하여 건강한 삶 구현 기여

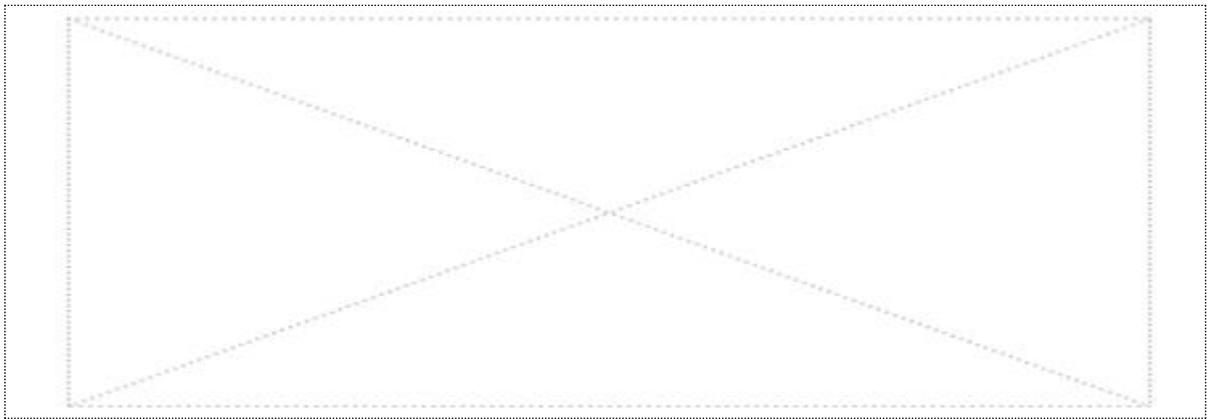
예시 기술테마 9

- AI 딥러닝 BD 구축을 위한 고집적화 약물 스크리닝 기술,
고정밀 측정 기술(1fM) -

□ 개발 필요성

○ (경제·산업적 필요성) 인공지능이 바이오 분야에 도입되면서 관련 시장이 빠르게 성장 중

* 바이오·헬스케어 분야 인공지능 시장규모는 `20년 49억 달러에서 `26년 452억 달러로 연평균 44.9%씩 빠르게 성장할 것으로 전망됨



[글로벌 공급분야별 바이오·헬스케어 인공지능 시장 전망]

*출처 : Market and Markets(2020)

- 세계 주요 선진국들은 막대한 자금을 투입하며 관련 산업 육성에 집중하고 있어, 관련 기술역량 확보 및 신시장 창출 필요

- * (미국) 범부처 차원에서 인공지능 기술분야 상용화 연구 및 관련 데이터 확보를 통한 정밀의료를 추진하고 의료 빅데이터 활용을 활성화 및 산·학·연 협력 강화
- * (중국) 국가차원에서 전략적으로 인공지능, 클라우드, 모바일, 빅데이터 등을 활용하여 디지털 의료 활성화 추진하고 헬스케어 산업에 대한 투자 확대 및 데이터 활용 촉진
- * (유럽) 의료정보 기술플랫폼 구축, 정밀의료 등 AI 상용화를 위한 연구개발 추진
- * (일본) IoT, 의료진단서비스 로봇, 맞춤형 치료 등 다양한 의료분야 빅데이터 확보 및 인공지능 기술의 활용 추진

○ (기술적 필요성) 바이오 산업은 과거 치료·병원 중심에서 일상에서 개인의 건강을 관리하는 예방·예측·소비자 중심으로 패러다임이 변화하여 개인화된 건강관리를 위한 데이터분석능력 필요

- * 고령화, 만성질환자 증가에 따른 의료비 급증하고 있으며 건강한 삶에 대한 관심의 증가로 예방·예측·개인맞춤·참여 중심으로 바이오·헬스케어 패러다임 변화
- * 환자의 치료에서 질병의 예방·관리로 패러다임이 변화함에 따라 스마트 헬스케어, 디지털 헬스케어, 데이터 기반 헬스케어 등 기존 보건의료시스템에 IT 관련 기술융합 확산
- * 최근 헬스케어는 건강관리 시스템 및 의료서비스로 이해되며 바이오·헬스케어 산업은

의료서비스, 의료기기, 의약품 제조업을 포함하여 정의되며 최근 ICT 기술융합이 활성화되는 추세

- (사회적 필요성) 빅데이터의 가용성과 의료비 절감 수요는 바이오 분야 인공지능 시장성장을 가속화하고, 신속·정확한 정밀 진단치료, 개인별 맞춤형 질병예측 등 예방 등에 적용·확산되어 삶의 질을 향상

□ 연구동향

- (기존 기술) 조기 진단/질병완치 치료(인공장기 대체) 중심의 healthcare 기술 개발
- (기존 기술 개발내용) 미래 팬데믹(신종 바이러스, 다제내성균 등) 대비를 위한 조기 진단/치료/예방, 장기 대체용 오가노이드, 인공 감각 및 신경, 신규 백신 플랫폼 기술 개발 등으로 구성.
 - 현장 30분 이내 신종 감염병 대응이 가능한 면역 및 분자 진단 소재/부품/장비 개발
 - 치료의 효과를 높이기 위한 3차원 조직 배양기반 개인 맞춤형 오가노이드 제조 기술 개발
 - in-vitro 디스플레이 기반 항 바이러스 항체 발굴.
 - 외과적 수술, 약물치료, 줄기세포 등의 의학적 신경재생 기술 개발
 - 인간 오감 손실을 극복하기 위한 물리적/화학적 자극 소재가 포함된 전자 센서 개발
 - 항생제내성위기 극복을 위한 Waksman platform 기반 항감염체 개발
- (기존 기술의 목표수준 및 한계) 개별 기술별 목표수준을 달성하기 위한 기초기술은 확보되었지만, 실용화(기술사업화) 진입을 위한 공백기술이 여전히 존재하며, 이를 위해 HRHR 혁신 기술/융합-연계를 통한 고도화 기술/AI 시스템 도입 등 바이오기술의 고도화가 필요함.

□ 개발목표

기존 Healthcare 한계를 뛰어넘는 바이오 고도화기술 개발

조기진단/질환 모델/치료제/Big Data 기반 AI 구축이 연계된 전주기 바이오고도화 기술 사업

- (예시방법 1) 미래 팬데믹 감염성 병원체 전주기 관리를 위한 AI 시스템 개발
 - AI 딥러닝 Big data (BD) 구축을 위한 고집적화/다중/초고속 진단기술, 신규 백신 플랫폼, 폴리믹신 치료제, 무내성 무독성 항균 나노바이오 소재, 오가노이드 감염모델, 생체내·외 신호 측정용 유연성 소자·공정 기술개발
- (예시방법 2) 고집적화 검증 기술 및 예방/치료제 개발을 위한 AI 기술 개발
 - AI 딥러닝 BD 구축을 위한 고집적화 검증 기술, 초항체 치료제, 무독성 항균소재/공정, 신규 백신 플랫폼 개발, 검증용 오가노이드 모델 개발, 백신/치료제용 양극성 소재 (지질전달체/고체 지질 나노전달체/대체인지질기반 이온지질 등의 백신 전달체), 기능성 표면 개질 (2종 이상, 단백질/유전자 부착), 스마트 안정화 및 장기 보관 기술 (냉장조건(2-8℃)에서 6개월 이상 안정성 유지)
- (예시방법 3) 손상된 인공 감각 및 신경 재생 기술 개발
 - 막 단백질 기반 인공 오감 소자, 유연 인공 신경 소자, 고도화된 활성화된 3D 바이오 소재 (Advanced 3D living materials), 인체 신경 유사 인공 디바이스·모듈 개발
- (예시방법 4) 항생제내성위기 극복을 위한 AI 진단·치료제 기술 개발
 - Inter-kingdom 기반 항감염제, 무내성 무독성 항균소재(세포독성 1등급 이내), 다중항생제 내성균 현장 초고속 진단 기술, 폴리믹신, 오가노이드 질환모델, AI 딥러닝 BD 구축을 위한 고집적화 검증 기술 개발
- (예시방법 5) 질환 맞춤형 오가노이드 제조를 통한 고집적화 약물 스크리닝 AI 기술 개발
 - AI 딥러닝 BD 구축을 위한 고집적화 약물 스크리닝 기술, 고정밀 측정 기술 (<1fM), 인공지능 연계 판독, 고속 타겟 선별/분리 기술, 실시간 분석연계 로보틱스 기반 스크리닝 자동화 시스템, 오가노이드 질환모델기반 성능검증 기술

□ 기대효과

- (패러다임 전환) 고성능의 약물 스크리닝 AI기술을 개발하여 개인화된 신약개발을 통한 건강하게 오래 사는 삶 구현
 - * 포스트 코로나 시대에는 4차 산업혁명 기술을 기반으로 질병예방, 소비자 중심의 바이오 분야의 패러다임 변화가 가속화 될 것으로 전망
 - * 백신·치료제 연구개발 가속화를 위하여 관련 질병 데이터를 활용, 컴퓨팅을 통해 약물 및 백신 개발 등 AI가 주도하는 예방, 치료 솔루션에 적용 가능
- (경제·산업적효과) 백신과 치료제 개발에 사용되는 바이러스 단백질 구조 분석, 유전자 분석 등 관련 데이터 분석에 AI 기술을 활용하여 임상 및 제품개발에 소요되는 시간과 비용을 절감하여 바이오 경쟁력 확보
 - * 신약개발 기간 : (기존) 평균 10년 → (AI 적용시) 3년으로 단축, 신약개발 비용 : (기존) 1조 2천억원 → (AI 적용시) 6천억원 절감 가능 (조선비즈, 2019)
- (기술적 효과) AI스크리닝은 기반기술로서, 다양한 약물개발 플랫폼에 적용 및 확산되어 다수의 약물로 파급이 가능
- (사회적 필요성) 국민 건강의 개선을 통해 의료비용 지출 저감 및 고령자의 근로가능 역량 향상을 통한 국가 노동경쟁력 향상

예시 기술테마 10

- 태양에너지 이산화탄소 전환 효율 이론치 30 %이상을 달성하는 유용물질 생산기술 -

□ 개발 필요성

- (경제·산업적 필요성) CCUS 분야는 시장형성 전단계로, 향후 탈탄소·친환경 정책 강화로 인하여 시장이 형성되어 지속 성장할 것으로 전망
 - 글로벌 CCUS 시장규모는 `20년 19억 달러에서 `30년 70억 달러로 빠르게 성장할 것으로 전망됨
 - * 탄소포집 후 저장 및 활용(CCUS) 시장은 탄소저장(CCS) 및 탄소활용(CCU)로 구성되며, CCS 시장이 대부분을 차지
- (기술적 필요성) 온실가스 감축을 위한 노력을 계속하고 있으나 CCU 기술을 확보하기 위한 R&D 투자는 상대적으로 미비
 - ➔ 대다수 전환기술은 여전히 기초·원천연구단계에 머물러 있으며, 주요 선진국 대비 기술격차는 여전히 높은 편
 - * CCUS 국내기술수준 : 최고국(미국) 대비 80%, 기술격차 5.0년(KISTEP, `21)
 - 지난 10년간(`10~`19) CCUS 분야 정부 R&D 총 규모는 4,600억원으로 당초 계획 대비 절반에도 못 미치는 수준
 - * CCUS 기술개발 실증에 약 1.2조 원 투자가 필요(국가 CCS 종합 추진계획, `10.07)
 - 국내 일부기술은 응용연구 및 소규모 실증단계에 진입하였으나, 확보된 핵심기술의 상용화 단계로 연계는 취약
 - * 상용화를 위해 대규모 실증이 필요하나, 기존 산업공정에 적용하기위한 비용과 리스크가 높아 기업의 참여가 부족
- (사회적 필요성) 탄소중립 실현을 위한 탄소의 자원화 기술 확보 필요
 - 대표적 탄소배출산업인 화학산업의 경우 탄소전환 공정 확보를 촉진하여 탄소중립 목표 달성 기여 필요
 - * IEA의 '에너지 기술 전망' 보고서에 따르면 향후 CCUS 기술이 확보되지 않으면 온실가스 배출 제로에 도달하는 것은 현실적으로 어렵다고 진단

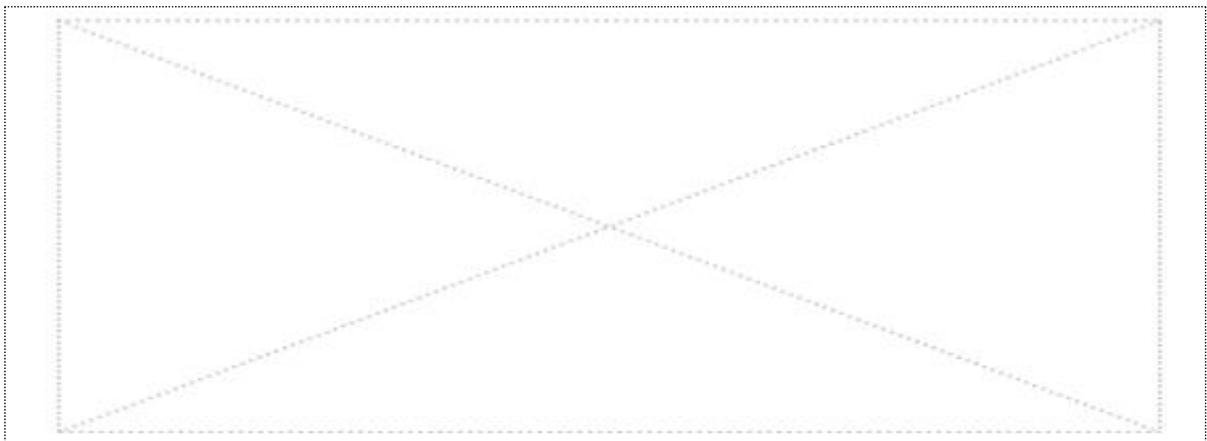
□ 연구동향

- (기존 기술) 공기중 이산화탄소 포집 (DAC: Direct Air Capture)
- (기존 기술 개발내용) 공기중 이산화탄소 포집하는 장치와 포집된 이산화탄소를 해리하는 공정으로 구성

- 현재 DAC 기술의 핵심은 흡수제임
 - 흡수제와 이산화탄소 결합반응 자체는 발열반응/그러나 흡수제에서 이산화탄소를 해리하는 과정은 흡열반응으로 다량의 에너지 필요
 - 흡수제는 현재 용매형 흡수제와 고체형 흡수제로 대별됨
 - 흡수제 재생에 현재 900 도 이상의 온도가 필요함
 - 2022년까지 연간 100만톤의 이산화탄소 포집을 목표로 연구하고 있으며, 일부는 2025년까지 연간 200만톤 포집을 목표로 진행하고 있음.
- (기존 기술의 목표수준 및 한계) 기존 기술의 경우 이산화탄소 흡수제 재생에 막대한 에너지가 필요로 하며 이로 인하여 현재 이산화탄소 포집비용이 톤당 600 ~ 1,000 달러 수준으로 추정됨
- 이를 공기 포집 이산화탄소 톤당 100 달러 수준으로 낮출 경우 Game changer가 될 것임

[기존 세계적인 DAC 관련 기술 수준 및 목표]

| 구분 | Carbon Engineering | Climeworks | Global Thermostat |
|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 설립연도 | 2009 | 2009 | 2010 |
| 연간 탄소 포집량 (tCO2/yr) | ~ 365 | ~1,000s | ~1,000 |
| 흡수제 재생 필요 온도 | 900 °C | 80 ~ 120 °C | 105 ~ 120 °C |
| 포집 비용 (USD/tCO2) | - | 500 ~ 600 | - |
| 향후 계획 | 2022년 연간 1Mt CO2/yr | 2025 연간 2 Mt/yr | - |



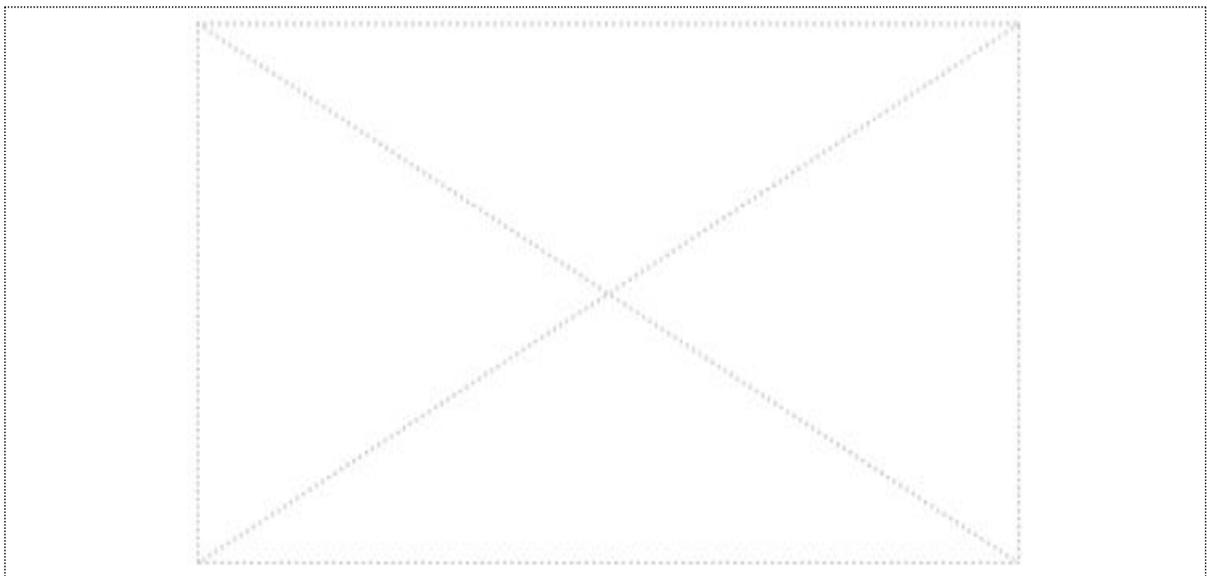
□ 개발목표

From DAC (Direct Air Capture) to New DAC (Direct Air Conversion): CO₂ free Game Changer Tech
- 포집없이 공기중의 이산화탄소 전환 및 이를 통한 유용물질 생산
(생분해성 플라스틱 및 대체육)

- (예시방법 1) 공기중 이산화탄소 개미산 직접 전환 효소 기반
 - 개미산 목표 생산성 1 g/L/hr 달성
 - 생분해플라스틱 생산 농도: 10 g/L 달성
 - 태양광 등 재생에너지 이용 무탄소 기반 공기중 이산화탄소 전환 공정 개발
 - 태양에너지 이산화탄소 전환 효율: 이론치 30 % 이상 달성

□ 기대효과

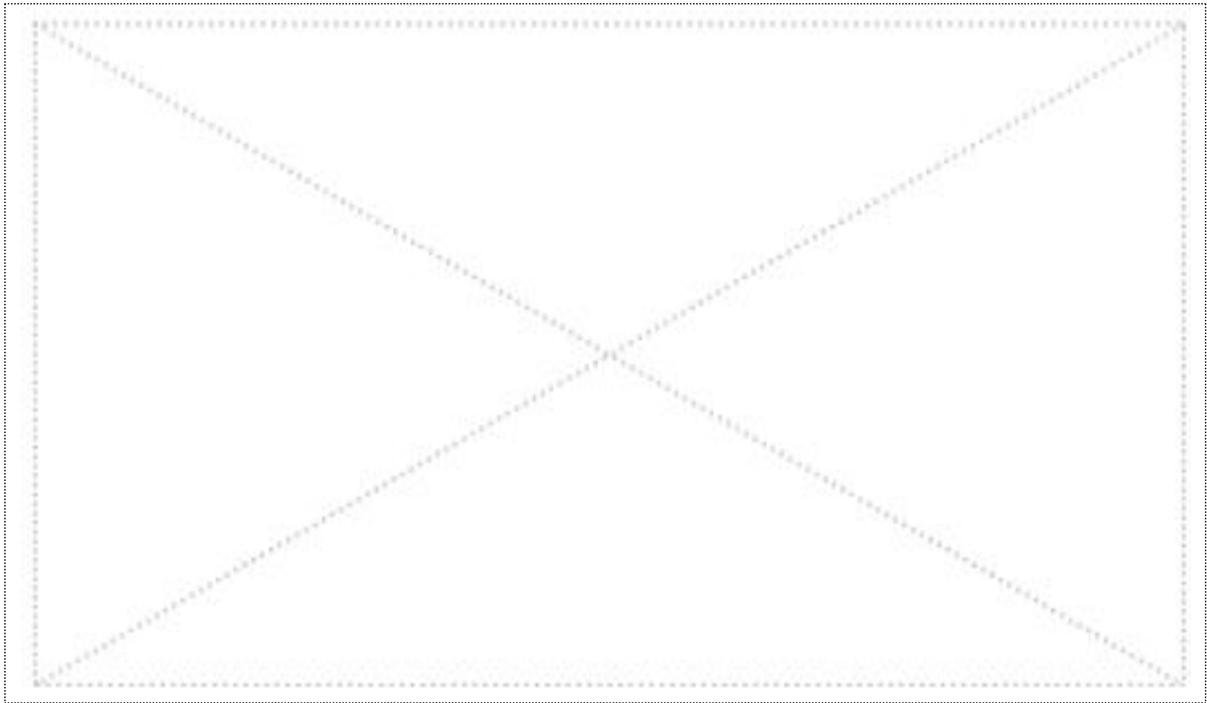
- (패러다임 전환) CCUS 기술 확보를 통해 CO₂를 비용 관점에서 자원 관점으로 이해하여 수익창출 기회로 인식의 전환 가능
 - * CCUS는 석탄·LNG발전, 블루수소, 특히 CO₂ 배출이 불가피한 시멘트, 석유화학 업종에서는 거의 유일한 CO₂ 대량 감축수단
 - * CCUS는 혁신적 CO₂ 감축 수단일 뿐 아니라 CO₂를 경제적 가치를 가진 원료(feedstock)으로 재활용 한다는 점에서 차별화됨



[CCUS 기술 기반 탄소순환 미래사회 전망]

- (경제·산업적 효과) 향후 빠르게 성장할 CCUS시장에서의 경쟁력 확보 및 탄소배출권 거래를 통한 경제적 효과 확보

- * 대표적 탄소배출업종 중 하나인 완성차 산업의 경우, 테슬라는 전기차 생산에 따른 탄소배출권을 판매하여 수익을 확보
- 국내 주요 화학기업의 기술경쟁력을 강화하여 글로벌 시장 점유를 통한 국가경제의 지속 성장
- * 우리나라 화학기업은 정유시장에서 경쟁력을 확보하고 있으나, CCUS 관련 시장 확보는 해외 대비 매우 미흡한 수준



[글로벌 CCS 허브/클러스터 현황]

*출처: Global Status of CCS Report 2020

- (기술적 효과) 차세대 CCUS 기술을 확보하여 CCUS 탄소의 저장 및 활용을 위한 다양한 응용기술 확보
- (사회적 효과) 국내 제조업에서 다수 발생하는 탄소배출의 저감 및 탄소자원화를 통해 친환경 사회 구현 기여

기술테마 11

- 산업적으로 활용가능한 인공세포 : 환경 특이적 생존, 특정물질 생산에 최적화된 합성 미생물 -

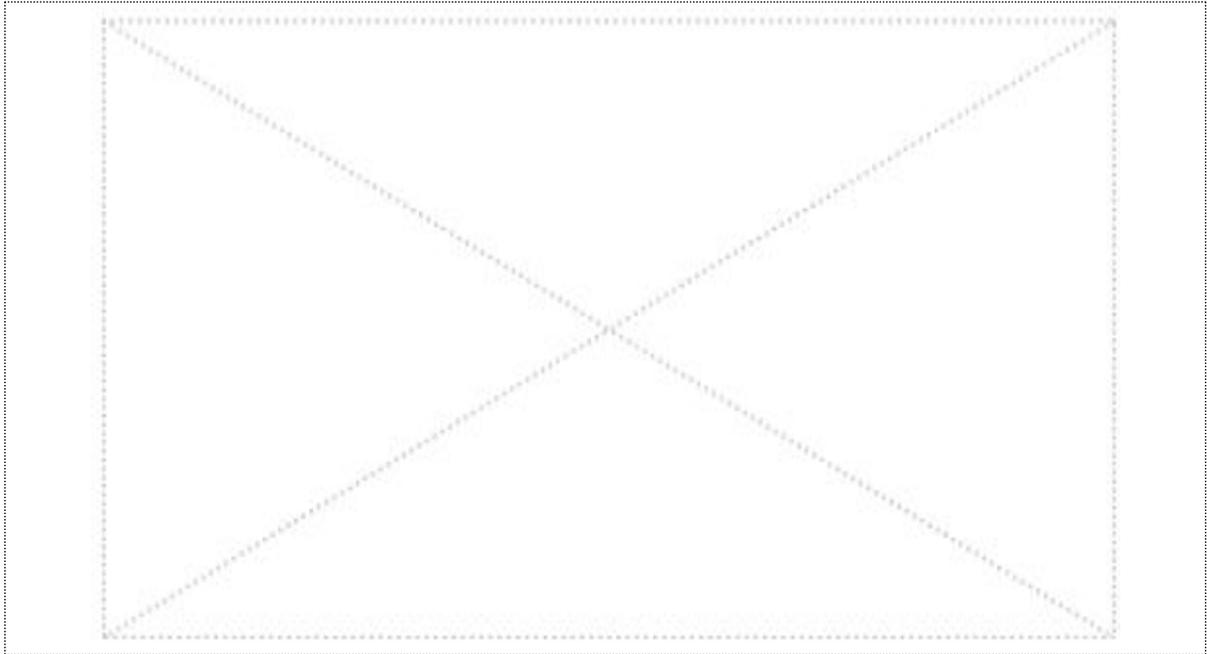
□ 개발 필요성

- (합성생물학) 생명과학에 공학적 기술개념을 도입, 인공적으로 생명체의 구성요소·시스템을 설계·제작·합성하는 기술 등장
 - 유전체 분석 및 DNA 합성기술의 발전과 데이터 축적으로 바이오 R&D를 발견(유전체 해독)에서 발명(유전체 합성)으로 패러다임 전환하는 합성생물학 분야의 대두
 - * 인간게놈프로젝트(HGP-read, '90~'03) 이후 인간게놈합성프로젝트(HGP-write, '16~'25) 추진으로 생명현상 이해에서 나아가 유용한 기능 설계 단계에 진입
- 합성생물학 기술은 바이오연구의 고속화·대량화·저비용화 실현으로 환경, 의약, 화학, 에너지 등 타 산업에 전방위적 활용 가능, 막대한 시장 창출 기대
- (기술경쟁 핵심) 최근 美-中 간 기술패권경쟁*으로 인한 기술블록화 심화, 주요 분야로 '합성생물학'이 부각되며 기술주권 확보 시급
 - 특히, 질병제어-발생, 생물무기로서 파괴력-활용성 등 이중용도(dual use) 위험성에 대한 선제적 대응 필요로 국가 안보 차원의 중요성 대두
 - * (美) 중국 견제 및 첨단기술육성을 위한 '미국혁신경쟁법'('21.6)에 10대 핵심기술로 지정 (中) 'Zero to One' 기초연구사업 강화방안('20.3)에 원천 혁신촉진 강화분야로 선정

□ 연구동향

- (한계극복) 바이오기술은 IT산업(전자, 정보)을 이어 미래 국가성장을 이끌 핵심 성장기술로 기대를 모으고 있으나, 실제 바이오기술의 공업적 활용을 촉진하기 위해서는 바이오기술 개발의 오랜 난제인 속도/규모 그리고 비예측성의 한계 극복이 필요
 - * 생명공학 연구는 낮은 처리속도(low throughput)과 높은 오류 유발(high error prone) 문제로 공업적 발전에 한계 (2018 Nature, 2017 Metabolic Engineering)
- (디지털전환) 합성생물학 전략은 기계, 전기/전자와 같은 다양한 공학 분야에서 적용되어온 표준화, 모듈화를 도입하여 바이오 구성요소 들을 규격화함으로써 궁극적으로는 디지털 기반의 설계로 유전체 및 인공세포를 제작·활용하고자 하는 것임

* 합성생물학 기반의 디지털 대전환 및 혁신 솔루션 필요(The Bio Revolution, McKinsey '20)



[Design/Build 과정의 표준화, 모듈화를 통한 바이오기술의 예측 가능한 설계]

○ (인공미생물 제작) 다양성을 탐험하여 새로운 발견으로 가치를 창출하던 기존 방식을 탈피하여, 부품에서부터 복잡한 시스템까지 필요한 생물학적 장치들을 설계·제작하는 인공미생물 개발 전략이 필요

* 인공 미생물 JCVI-syn3.0 (Science '17), 인공 효모 SC2.0 (Science '17), 인공 대장균 (Nature '19) 개발로 바이오소재, 단백질 생산 적용

○ (무세포 합성생물학) 살아있는 세포를 활용한 바이오제조는 복잡한 생명 제어의 어려움과 배양 의존적인 시간 소모, 엄격한 GMO 관리 체계 등으로 산업화의 어려움이 지적됨에 따라 세포 없이 필수 요소(단백질, DNA 등)만으로 생물 시스템을 모사하는 무세포 합성생물학 기술 주목

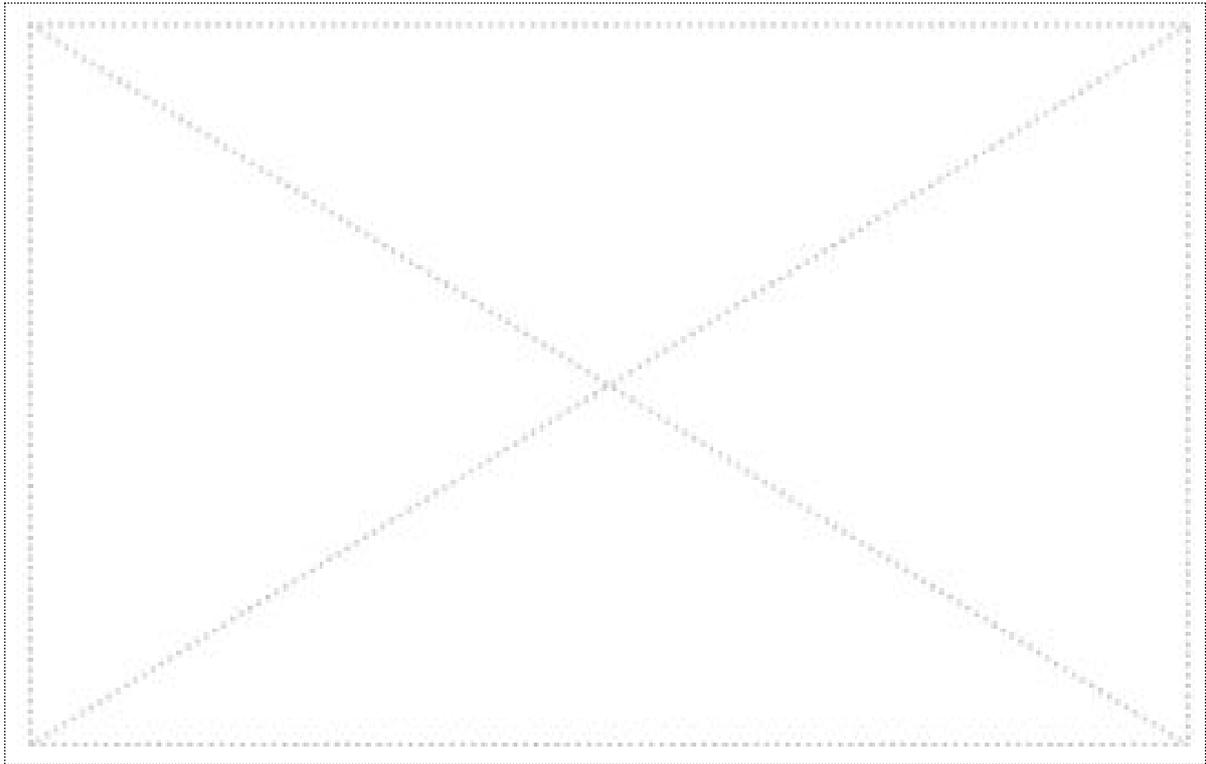
- 무세포 플랫폼과 자동화 기술을 통해 바이오 데이터의 한계 중 하나인 표준화된 대량 데이터 수집이 가능하여 AI를 활용한 고속 탐색, 신규 경로 개발 및 생산 효율 혁신이 가능

- 또한, 이러한 무세포 플랫폼을 인공구조체에 탑재하여 구현함으로써 인공세포 시스템 구축 가능

○ 미국 EBRC (Engineering Biology Research Consortium)는 DNA 합성기술, 바이오물질 엔지니어링 기술, 세포 엔지니어링 기술, 데이터 및 자동화 기술을 기반으로 환경, 농업, 헬스 및 의약학, 에너지, 바이오산업 혁신 연구 로드맵 추진

- 최근 국내 바이오산업은 식품바이오업체 및 석유화학업체들이 화학, 플라스틱,

에너지 등 합성생물학 활용기술 분야에서 새로운 사업을 펼치고 있음



[인공미생물 제작 및 활용을 위한 핵심기술 분야 기업군]

- 환경을 감지하고 반응하여 바이오 산물을 생산할 수 있는 능력을 갖춘 bottom-up방식의 합성 인공세포는 인위적으로 제어될 수 있는 마이크로리액터로서 사용됨으로써 LMO이슈 등과 같은 기존 재조합 방식의 바이오공정이 가지는 문제점들을 극복하는 대안이 될 수 있음

□ 개발목표

공업적으로 활용 가능한 인공미생물

세포 구조체 및 생물학적 장치들을 설계·합성·제작하여 환경 특이적 생존, 작동, 산물 생산에 최적화된 합성 인공미생물 개발 전략이 필요

- (사업개요) 인공유전체 설계 및 제조를 통하여 환경 특이적 생존, 특정물질 생산에 최적화된 인공미생물 및 이를 이용한 유용소재 생산 세포공장기술 개발
 - * Amyris의 15개 물질 상용화 등 인공미생물 제조 활용사례 벤치마킹 필요. 선진국들의 인공미생물 기반 IP선점에 대한 적극적 대응 필요
- (연구내용) 인공유전체 및 세포공장을 상향식으로 설계-제작하는

합성생물학 원천기술 개발

- 초고속 합성, 교정, 인공유전체 치환/도입 기술으로 유전자 논리회로 및 대사회로 설계기술이 적용된 모듈형 인공유전체 제작기술 개발
- 대량 무세포 플랫폼과 순환 자동화 기술로 DNA 합성, 효소 개량, 활성 평가의 공정을 빠르게 반복하는 고속 파이프라인으로 빅데이터 기반 구축
- 대사회로 및 전자전달계의 과정을 단순화하고 효율을 높인 무세포 에너지 전환 경로 개발, 특히 포도당 산화 과정에서 나오는 전기에너지와 생체에너지 (ATP)를 동시 생산하여 소재물질 무세포 생산과 반응기 작동 전기에너지 공급으로 에너지/원료 독립적 시스템 개발
- 지질, 폴리머, 캡시드 단백질, 콜로이드 등을 이용한 나노 및 마이크로 컴파트먼트 제작 기술
- AI 기술을 이용한 원료소재 및 치료 물질들에 대한 무세포 생산경로를 설계하고 생산성을 테스트하여 고효율로 소재물질을 생산하는 스마트 무세포 파운드리 개발
- 고부가가치 유용물질 생산 인공유전체 세포공장 기술 개발

○ (목표기술스펙)

- 인공유전체 크기: 합성 DNA 1Mb 이상 (참고: 자연형 대장균 유전체: 4.5 Mb)
- 인공유전체 설계수준: 자연형 유전체 서열 대비 $\geq 70\%$ 설계
- 인공유전체 세포공장 활용 바이오케미컬 생산 수준: Title (≥ 50 g/L), Productivity (≥ 1 g/L/h), Yield ($\geq 90\%$)
- 환경특이적 생존수준: $\leq 10^{-8}$ (설정근거: 현재 NIH 가이드라인)

[인공유전체 현재 수준]

| 인공유전체 | 크기 | 설명 | 기관 | 년도 |
|-------------|---------|--|---------------------|------|
| JCVI-Syn1.0 | 1.08 Mb | 1 kb DNA block 어셈블리를 통한 게놈 합성 게놈 합성 후 타 종으로 게놈 이식 | JCVI (미국) | 2010 |
| JCVI-Syn3.0 | 531 kb | 올리고 어셈블리를 통해 합성된 최소 유전체, 자가 복제 가능 DBTL cycle을 통한 합성 진행 | JCVI (미국) | 2016 |
| C. eth-2.0 | 785 kb | 3-4 kb DNA block 어셈블리를 통한 게놈 합성 필수 유전자로만 구성 | ETH Zurich (스위스) | 2019 |
| Syn61 | 4 Mb | 총 61개의 코돈으로 이루어진 게놈 합성 | Cambridge (영국) | 2019 |
| Syn61Δ3 | 4 Mb | Syn61 균주에서 제거된 sense 코돈을 비천연 아미노산 대응 코돈으로 재배치 | Cambridge (영국) | 2021 |

□ 기대효과

- (패러다임 전환) 생명 현상을 ‘관찰과 발견’에서 인간에 의한 ‘발명’이란 개념으로 전환하여 건강한 삶 구현 외, 산업적 효과를 가진 인공생물의 도입이 가능

* 합성생물학은 단기적으로는 천연물이나 석유 화학물질을 대체하여 유용물질을 생산하는 연구 방향으로 진행되고, 장기적으로는 정교한 유전자 편집 기술을 이용한 개인 맞춤형 유전자 치료의 응용 연구로 발전할 것으로 예측

- (기술적 효과) 합성생물학 기술발전을 적극 활용하여 바이오연구 및 제조의 고속화를 통해 국가 바이오 기술·산업 경쟁력 강화

- (합성생물학 경쟁력 확보) 화학소재 대체, 친환경 공정 등 핵심산업 분야 선정 및 우선 지원, 장기적으로는 바이오헬스, 식품 등으로 지원분야 확대

- 무세포 합성생물학 기술은 DNA 서열 해독과 합성 기술의 발전에 따라 더욱 활용 가치가 높아지는 미래 핵심 기술

- 천연/비천연 단백질 대량 합성에서부터 소재/에너지 생산, 치료제 및 진단키트 개발, 그리고 교육에까지 활용 되고 있으며 미국, 일본, 유럽을 중심으로 기술 확보를 위한 경쟁에서 우위 선점 가능

- 인위적인 제어에 의하여 작동이 가능한 합성세포기술을 이용한 테라노시스 기술 분야에서의 경쟁력 확보

- (사회적 효과)

- 합성생물학 기술을 이용하여 의약품, 식품, 바이오복합소재 등의 생산/개발의 효율성 향상과 대기오염 및 미세플라스틱 등 환경 분야 난제해결에 접목 및 활용 방안 제시

- 화학, 의료, 농업, 식품 등 제반 산업에 적용 가능한 합성생물학 기술의 개발을 통한 바이오기반 사회로의 전환 가속화

기술테마 12

－ 무오류 위상 양자 컴퓨터: 오류수정이 필요없는 위상큐빗 양자컴퓨팅 기술개발을 위하여 소재 및 양자물성 제어 등의 기술개발 －

□ (개요) 무오류 위상 양자 컴퓨터 기반기술 개발

- (주제) 혁신적 양자컴퓨팅 기술개발
- (목표) 오류수정이 필요 없는 위상큐빗 양자컴퓨팅 기술개발

□ 필요성

- 현재 대부분의 양자컴퓨팅 플랫폼은 오류수정에 대부분의 계산능력을 할애해야 하는 본질적인 문제 존재
 - － 이 문제를 해결하기 위한 방안으로 오래전에 제안된 위상큐빗 기반의 양자컴퓨팅 기술의 실현을 위한 여러 가지 위상물질계에 대한 연구가 현재 진행 중
 - － 위상큐빗 양자컴퓨팅에 가장 많은 투자를 진행하고 있는 곳은 마이크로소프트社 이나 아직 가시적인 성과가 나오고 있지는 않음
 - － 양자컴퓨팅 분야에서 한국이 퍼스트 무버로 나아가려면 위상 양자 컴퓨팅 분야가 유일

□ 연구내용

- 1단계 5년: 위상 양자계 소재 및 소자 기술개발
 - － (1~3차년도) 위상 큐빗계 소재 개발
 - － (4~5차년도) 위상 큐빗 제어기술 개발
- 2단계 3년: 위상양자컴퓨터 개발
 - － (6~8차년도) 5큐빗 위상양자 컴퓨터 개발

□ 기존 연구와의 차별성

- 1단계에서 가능성이 보이지 않는다고 하면 2단계 진입은 과감하게 포기
 - － 단계별 책임자 선정 가능
 - 1단계는 양자소재, 2단계는 양자컴퓨팅 관련 기술이 주

□ 성과물 활용 방안

○ 새로운 양자소재의 개발을 통한 양자기술의 확산

- 컴퓨팅 뿐 아니라 통신, 센서 분야로 확대

○ 혁신적 위상 양자컴퓨터의 개발

□ 효과

○ (기대효과) 양자소재의 개발 및 측정기술 개발에 기여

- 위상양자컴퓨팅 기반기술 확보로 양자컴퓨팅 산업을 리드

○ (파급효과) 소재/합성바이오 분야의 설계에 활용함으로써 관련 산업의 혁신 도래

□ 소요예산

- 10,000,000,000원/년 (총 8년 / 총 800억원)

기술테마 13

- 로봇 하드웨어 기술 및 자율학습기술을 통한 고난도 작업과 유연 생산 대응이 가능한 범용 로봇 핵심원천기술 개발 -

□ (개요) 인간의 작업능력에 도전하는 스마트 로봇 작업자(Robot Worker) 기술 개발

- (주제) 정해진 하나의 목적을 달성하기 위한 특수목적로봇을 넘어 하나의 로봇플랫폼으로 범용의 작업에 적용 가능한 로봇기술 개발
- (목표) 한 대의 로봇으로 모든 물체를 다루고 조립할 수 있는 로봇 하드웨어 기술과, 작업자 지식추출·가상화· 자율학습기술을 통해, 노하우 집약적 고난도 작업과 유연생산 대응이 가능한 범용 로봇 핵심원천기술 확보

□ 필요성

- 고령화에 의한 산업현장 노동력 부족은 미래 대한민국의 번영을 위협하는 가장 큰 사회문제로 대두될 것임
 - 현재의 로봇기술의 인간의 작업능력과 범용작업성에 턱없이 부족하여 이러한 문제를 풀 수 없음
 - 따라서 인간의 작업능력과 범용작업성에 견줄 수 있는 수준의 로봇 작업자 (Robot Worker)기술 개발이 필요하며, 고도의 기술수준이 요구되는 만큼 장기간의 연구와 집중투자가 요구됨

□ 연구내용

- (1차년도) 로봇의 유연한 작업성 확보를 위한 만능형 그리퍼 기술 개발
- (2차년도) 인간의 작업성 구현을 위한 로봇핸드 및 데이터 기반 학습·제어 기술개발
- (3차년도) 고토크-저감속 로봇 특화 구동 시스템 개발 기술
- (4차년도) 고속/고정밀/범용 작업이 가능한 초경량형 매니플레이터 기술 개발
- (5차년도) 인간 작업자 - 로봇 작업자 간 공존을 위한 근원적 안전성 확보 기술 개발
- (6차년도) 계단/둔턱 등 복잡/다양한 제조환경에서 이동에 제약이 없는

모빌리티 기술 개발

- (7차년도) 로봇자율학습을 위한 멀티모달 인식기반 가상화기술 개발
- (8차년도) 멀티 모달 데이터 융합 기반 고난이도 작업 노하우 추출 기술 개발
- (9차년도) 가상 공간과 연계한 자율 학습 및 자율작업계획 기술
- (10차년도) 기술통합 및 응용시스템 개발

□ 기존 연구와의 차별성

- 특수목적로봇에서 범용작업로봇으로 진화되어 로봇의 활용범위를 극적으로 확대

□ 성과물 활용 방안

- 산업현장과 서비스현장의 노동력 부족을 해결하기 위한 고난도 작업로봇, 다목적 서비스로봇, 유연생산로봇 등으로 활용

□ 효과

- (기대효과) 작업성과 범용성의 강화로 로봇 적용범위의 극적인 확장 달성
- (파급효과) 세계최고수준의 로봇부품기술 확보, 서비스로봇시장 확대, 고난도작업 자동화율 향상

□ 소요예산

- 150억원/년 (총 10년 / 총 1,500억원)

기술테마 14

- 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 핵심기술 개발 -

□ 개요

- (주제) 고성능 시스템 반도체 기술 선도 혁신을 위해 다양한 기능의 초소형 칩렛을 레고처럼 사용자 맞춤형으로 하나의 패키지에 2.5D/3D 고집적으로 패키징하기 위해 요구되는 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 (조립/검사) 공정장비 핵심 기술 개발
- (목표) 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 공정장비 핵심 기술 개발
 - ① 칩렛 패키지 노드 배치 최적화 및 신호/열/기계적 통합 디자인 설계 기술 개발
 - ② 칩렛 패키지 Void-Free&고집적 저온 하이브리드본딩 공정 원천 기술 개발
 - ③ 500nm 극한 정밀도를 갖는 칩렛 하이브리드 D2W(Die to Wafer) 본딩 장비 핵심 기술 개발
 - ④ 하이브리드 본딩 접합면 5nm 이하 Cu-Dishing 갖는 하이브리드 본딩 접속면 평탄화 CMP 기술 개발
 - ⑤ 1nm 이하 분해능을 갖는 범프리스 접합면 이물 및 Cu-Dishing 2D/3D 대면적 복합 검사 장비 개발
 - ⑥ 접합면 스크럽 손상 없는 10 μ m급 초미세피치 칩렛 패키지 프로브 검사장비 개발
 - ⑦ 칩핑 및 이물 발생 없는 초박형 칩렛 웨이퍼 다이싱 및 세정 기술 개발
 - ⑧ 고성능 칩렛 패키징 고방열 소재 기술 개발
 - ⑨ 칩렛 패키지 하이브리드본딩 접속부 신뢰성 평가 기술

□ 필요성

- 국내의 경우 메모리 반도체 산업(D램, 낸드플래시)이 주를 이루고 있으나 최근 종합반도체 강국 도약을 목표로 “시스템 반도체 비전과 전략”을 발표하고 시스템 반도체 부분 전략적 투자 확대 요구

* 現 메모리반도체 매출 비중: 92.7%, 시스템 반도체 매출 비중: 7.3%

- 데이터센터, 고성능 컴퓨팅, AI 반도체, 에지컴퓨팅, 자율주행차 등과 같이 고성능이 요구되는 첨단 시스템 반도체 및 메모리 반도체 시장은 연평균 성장률 19%로 급성장해 79억불로 예측되고, 특히 고성능 시스템 반도체 전략적 중요성 증가
- 칩렛 패키징 기술은 SOC를 여러 개의 작은 칩렛(Chiplets)으로 분리하여 웨이퍼 설계 및 제조하고, 인터포저 기판 위에 칩렛을 레고처럼 2.5D/3D 고집적 패키징 기술을 이용하여 조립하면 공정비용을 59% 이하로 비용 절감할 수 있고 웨이퍼 제조 시 수율을 획기적으로 향상할 수 있는 시스템 반도체 미래 핵심 첨단 패키징 기술
- 첨단 고성능 시스템 반도체는 EUV 노광장비 등을 이용한 집적도 3nm 이하 미세화 前공정이 요구되고 있으나, 기술적 난이도 증가로 인한 설비투자 비용 급증과 수율 문제로 향후 前공정 미세화 한계 극복하기 위해 “2.5D/3D 칩렛 첨단 패키징 기술로의 공정 혁신 변환” 요구되고 있으며 관련 “첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 공정 장비 핵심 기술” 선제적 개발 필요
- 2.5D/3D 칩렛 패키지 본딩 공정기술은 기존 범프 본딩 방식에서 초미세 피치(10 μ m 이하) 구현 가능한 범프리스 저온 본딩 공정으로 변화 예상됨에 따라 관련 핵심 제조 공정 장비 원천기술 확보 필요

□ 연구내용

- (1차년도) 하이브리드 본딩기반 칩렛 패키징 공정 장비 핵심 요소 설계 및 메카니즘 도출
- (2차년도) 칩렛 패키징 공정 장비 핵심 요소 기술 기초 설계 분석 및 평가
- (3차년도) 칩렛 패키징 공정 장비 핵심 요소 기술 개선 및 고도화
- (4차년도) 칩렛 패키징 공정 장비 핵심 요소기술 검증 및 1차 시제품 설계
- (5차년도) 칩렛 패키징 공정 장비 요소기술 최적화 및 1차 시제품 제작 기술간 연계 성능 평가
- (6차년도) 칩렛 패키징 실용화 공정 장비 설계 및 분석
- (7차년도) 수요-공급기업 연계 칩렛 패키징 공정장비 실용화 부품 장비 기술 검증 및 개선
- (8차년도) 칩렛 패키징 실용화 공정장비 2차 시제품 개발 및 통합 공정 평가
- (9차년도) 수요기업 연계 칩렛 패키징 공정 장비 통합 성능 검증 및 공정 DB

구축

- (10차년도) 칩렛 패키징 실용화 공정 장비 기술 최적화 및 사업화

□ 기존 연구와의 차별성

- “범프리스 하이브리드 본딩 기반 첨단 칩렛 시스템 반도체 패키징 장비 기술”은 초소형 칩렛을 기존 패키징 공정과 달리 범프를 사용하지 않고 극한 정밀도로 레고처럼 사용자 맞춤형으로 하나의 패키지에 2.5D/3D 고집적으로 패키징이 가능한 첨단 패키징 핵심 공정 장비 기술

□ 성과물 활용 방안

- 고성능이 요구되는 시스템 반도체 2.5D/3D 고집적 패키지 제조에 활용
 - 데이터센터 및 고성능 컴퓨팅용 GPU 및 CPU, 자율주행차용 AP, 차세대 모바일 AP, AI 반도체 등 고성능과 다기능이 요구되는 2.5D/3D 시스템 반도체 패키징에 활용
 - 다양한 칩렛을 웨이퍼 또는 기판에 고집적으로 조립 가능하므로 다이 크기를 줄일 수 있어 초미세 웨이퍼 제조 수율 향상 및 비용 절감에 기여하고 패키지를 혁신적으로 고성능화/소형화/박형화/다기능화 가능
- 고성능 HBM 메모리 반도체 패키지 제조에 활용
 - 고성능 HBM(High Band Width) 메모리 반도체를 3차원으로 정밀 스택 조립하는 공정에 활용하여 저온 접속 가능해 제조 공정상 열에 의한 웨이퍼 Warpage 문제 해결, 패키지 박형화로 칩 스택 수를 획기적으로 증가시켜 저장용량 향상, 미세 피치에 따른 빠른 신호처리 등으로 병목현상 해결

□ 효과

- (기대효과) 칩렛을 이용한 시스템 반도체 초고성능화와 차세대 메모리 반도체 제조 혁신 기반 마련으로 반도체 종합 강국 도약에 기여하고, 첨단 반도체 후공정 장비 기술 역량 결집하여 국가적 차원에서 AI 반도체와 같은 첨단 시스템 반도체 공급망 확보와 자급률 증대에 기여
- (파급효과) 첨단 패키징 관련 핵심 부품 및 장비 국산화와 기술 자립화를 통해 경쟁국들의 반도체 장비 무기화에 대한 선제적 대응 기대와 반도체 국가 핵심 전략 산업의 첨단 패키징 초격차 기술 확보

□ 소요예산

- 100억원/년 (총 10년 / 총 1,000억원)

기술테마 15

- 초장수명화 이차전지 기술개발 -

□ (개요) 백년 사용하는 초장수명 이차전지

- (주제) 쓰다보면 용량이 줄어들어 바꿔야하는 이차전지는 이제 그만, 백년 사용하는 이차전지를 개발
- (목표) 모바일 기기에 필수인 이차전지를 사람의 전생애에 걸쳐 사용할 수 있도록 하고자 함

□ 필요성

- 이차전지는 모바일기기, 전기차 등 우리 생활 주위에서 널리 사용되고 있음.
 - 그러나 모바일 기기의 경우 수년, 전기자동차의 경우에도 10~20년 정도 사용하면 용량이 줄어 폐기하고 새로운 전지를 구입해야 함
 - 에너지 효율을 높이기 위해 전기자동차의 전동화를 위해 노력하고 있으나 폐전지로 인한 환경 오염도 우려되고 재활용 기술도 어려운 상황
- 따라서 사람의 수명 수준 정도의 초장수명을 갖는 이차전지를 개발해서 에너지 효율 및 자원 사용 효율화를 높이고 사용자 편의성을 증대시키고자 함

□ 연구내용

- (1차년도) 충방전 수명 열화 없는 신규 소재, 전지 시스템 발굴
- (2차년도) 충방전 수명 열화 없는 신규 소재, 전지 시스템 가능성 검토
- (3차년도) 초장수명 가능한 소재 합성 평가, 전지 시스템 기초 검증
- (4차년도) 초장수명 가능한 소재 합성 평가, 전지 시스템 검증 평가
- (5차년도) 소재 개량, 전지 시스템 성능 확보, 충방전 수명 평가 검증
- (6차년도) 소재 개량, 전지 시스템 성능 확보, 저장 수명 평가 검증
- (7차년도) 전지 시스템 성능 향상, 장수명 기술 향상
- (8차년도) 전지 시스템 성능 향상, 장수명 기술 구현
- (9차년도) 전지 시스템 성능 향상, 장수명화 기술 검증
- (10차년도) 전지 시스템 성능 향상, 초장수명 이차전지 기술 확보

□ 기존 연구와의 차별성

- ESS용 이차전지의 장수명화를 연구 개발한 사례는 있으나, 백년 사용 가능한 수준의 초장수명화 이차전지 기술 개발 사례는 없음
- 삶에서 빈번하게 접하게 되는 이차전지의 초장수명화를 통해 태어나서 죽을때까지 사람의 전생애에 걸쳐 사용할 수 있는 이차전지는 개발 사례가 없음

□ 성과물 활용 방안

- 스마트워치, 스마트 헬스케어 등의 전원, 스마트폰, 태블릿, 노트북 등 모바일 디바이스의 전원, 전기자동차, ESS의 전원 등

□ 효과

- (기대효과) 초장수명 이차전지로 소비자 만족도 향상, 에너지 효율 향상 및 자원 사용 효율성 극대화
- (파급효과) 사람이 살아가면서 사용하는 모든 형태의 이차전지를 전생애에 걸쳐 함께 사용할 수 있는 초장수명 이차전지는 모든 전자기기에서 필요로하여 매우 큰 시장 파급 효과를 보일 것으로 기대됨

□ 소요예산

- 3,000,000,000원/년(총 10년 / 총 300억 원)

기술테마 16

- 신약과 차세대전지용 소재개발을 위한 AI기능이 탑재된 전자동화합물 합성기 기술개발 -

□ (개요) 자율 화합물 합성기

- (주제) 신약과 차세대전지용 소재개발을 위한 AI기능을 탑재한 전자동화합물 합성기 개발로 최적소재를 빠르게 탐색하여 응용분야의 세계적 경쟁력을 선점하고 노동력/실험실 위험성을 획기적으로 감소하는 신개념의 화합물 제조 및 플랫폼 개발
- (목표) 범용으로 활용한 자율 화합물 합성기를 개발하고 신약과 차세대전지 소재를 확보

□ 필요성

- 수많은 실험조합을 통한 신소재 합성의 난제를 AI와 로봇으로 신속해결
- 실험인력 감소 및 위험한 화학반응을 해결하기 위한 자동화 필요
- 마이크로 리액터와 흐름기반 합성으로 획기적으로 반응속도를 높이고 원료의 소모를 감소
- 화학반응종류별 및 단계별 모니터링을 통한 지능형 /분산형 합성으로 환경부하 감소

□ 연구내용

- (1차년도) 자율 화합물 합성기 시스템 설계 및 조합화학 합성 설계
- (2차년도) 마이크로 리액터, 노즐, 오토샘플러, 이송장치 등 부품 개발 및 합성조건 탐색
- (3차년도) 합성물 분석모듈 개발 및 합성 진행
- (4차년도) 시스템 제작 및 합성 라이브러리 구축
- (5차년도) 알고리즘을 통한 공정 개발 및 후보물질 합성
- (6차년도) 공정 최적화 및 후보물질 응용
- (7차년도) 자율 화합물 합성기 스마트 랩 구축

□ 기존 연구와의 차별성

- 단순AI와 로봇을 활용하는 자동화가 아니라 마이크로리액터 및 흐름기반 화학반응의 자율합성기 시스템 구축으로 고속/신속/대용량 소재를 개발하여 신약과 차세대전지에 응용

□ 성과물 활용 방안

- 신소재 설계, 신소재 합성 툴 기반 확립으로 자율 화합물 합성기 보급 및 신시장 창출

□ 효과

- (기대효과) 새로운 화학합성의 플랫폼 구축 및 모듈형 미세유체 시스템, AI, 로봇합성분야에 확산으로 신개념 제조 개념 확립
- (파급효과) ①화합물/소재 합성 실험실 및 공장의 스마트/인공지능/자율화와 ②지금까지 불가능했던 새로운 화학반응 시도 가능으로 신소재 개발, ③노동력/위험성/환경부하/자원을 감소하는 ESG 과학기술

□ 소요예산

- 100억원/년 (총 7년 / 총 700억원)