

2022-06

# 경제, 사회 파급력 높은 원천기술 확보를 위한 글로벌프론티어 플러스 신규 사업 기획연구

(Global Frontier Plus R&D Program planning research to secure source technology with  
high economic and social impact)

－ 변혁적 기술 확보를 위한 연구지원 플랫폼 －

연구기관 : 다원그룹(주)

연구책임자 : 김규태

2022. 06. 30.

과 학 기 술 정 보 통 신 부

## 안 내 문

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

과학기술정보통신부 장관 이 종 호

# 제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “경제, 사회 파급력 높은 원천기술 확보를 위한 글로벌프론티어 플러스 신규 사업 기획연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 06. 30.

연구기관명 : 다원그룹(주)

연구책임자 : 김규태

연 구 원 : 김민석

연 구 원 : 정단비

연 구 원 : 황혜림

연 구 원 : 주현영

연 구 원 : 이충환

연 구 원 : 김종찬

# 요 약 문

## I. 연구개요

### 1 사업 추진 배경 및 필요성

#### 기술패권경쟁 시대에 대응한 기술주권 확보 필요

□ 과학기술은 미래의 핵심적인 자산이자, 자원이 부족한 우리나라의 가장 중요한 생존수단으로서 기능

- 과학기술을 기반으로 한 변혁적 혁신은 인류 역사를 이끌어온 원동력\*이며, 우리 삶에 새로운 변화를 가져올 핵심 요소
- 기후변화 문제 등 미래 사회문제를 해결하고, 국가의 성장잠재력을 높이기 위한 다양한 원천기술 확보 필요

□ 글로벌 기술패권 경쟁 시대가 도래하여 국가 성장동력을 지속하기 위한 기술확보 총력전을 전개

- 기술패권 경쟁 심화에 따라 주요국의 기술주권확보를 위한 전략적 노력 활발
  - 글로벌 패권 전쟁에서 경쟁우위를 차지하기 위해서 전략적 기술확보가 추진되고 있고 선도국가에서도 핵심기술 분야에 대한 대규모 연구개발 투자 추진
- \* (미) NSF 기술혁신국 신설 및 12조 지원('21.06), (영) 핵심기술 확보를 위한 ARIA 출범 및 8억 파운드 지원계획('21)
- 주요국은 기술 공급망 점검, 과학기술 자립자강 등 과학기술 우위를 확보하기 위한 총력전을 전개하고 있음

#### <주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황>

독일	• 핵심 기술분야 기술주권 강화를 위해, 연방교육연구부(BMBF) 주관으로 '기술주권 위원회' 설치 및 운영('21.9)
프랑스	• 기술혁신을 통한 국가경쟁력을 강화하기 위한 '혁신위원회'를 신설('19.11)하고, 혁신산업기금을 통해 2.5억 유로의 재정지원 예정
영국	• 과학기술 초대강국 실현을 위해 국가과학기술위원회(NSTC) 및 지원조직인 총리실 산하 과학기술전략실(OSTS) 설립 발표('21.6) 및 추진 중
일본	• 내각부에 경제안보 담당 조직을 설치하고, 관계 상·청 및 연구자로 구성된 '중요기술연구개발협의체(가칭)' 신설('21)

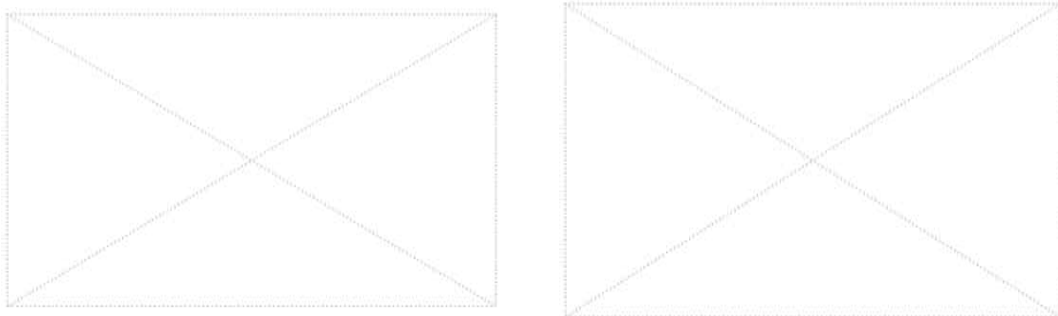
## 기술선진국은 기술주권 확보를 위한 변혁적 R&D 정책 도입

□ 변혁적 기술은 추격형(Fast-Follower) → 선도형(First-Mover) 전환을 위한 기술혁신의 발판 역할을 수행하며 글로벌 시장에서의 기술선도 단초 제공

○ 변혁적 기술은 새로운 접근방법을 통해 과학·사회 등 분야의 패러다임 전환을 이끌어낼 수 있는 기술을 의미하며 생산성의 비약적인 발전을 통해 세계 경제·사회 성장에 견인

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

- 기술이 쇠퇴기(decline)에 접어들어 더 이상의 기술 혁신이 어려운 상황에서 비선형적인 기술 변혁을 통해 한계 돌파가 가능
- 현재의 경계를 넘어 새로운 프론티어로 가는 도전적 임무를 완수할 수 있기 위해 확보되어야 하는 혁신적인 기술



□ 변혁적 기술은 시장실패 가능성이 높아 각 국은 전략적으로 변혁적 기술 확보를 위한 선진화된 R&D 정책을 전개

○ 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, (중) 군 혁신조정위원회, (일) 종합과학기술·이노베이션회의(CSTI), (EU) 국방혁신기구, (영) ARIA

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

## 변혁적 연구개발 사업으로서 글로벌프론티어 재기획 필요

### □ 우리나라는 독창적 연구 및 선도적 기술개발이 미흡

- 장기간의 막대한 R&D 투자를 통해 높은 성장잠재력을 보유하고 있으나, 지식자원 기반의 성과 창출은 부족한
  - 우리나라의 논문 발표 건수는 선진국과 유사한 수준이나, 연구의 독창성 및 영향력은 선진국 대비 낮은 수준
  - 과제 성공률 90% 등 양적 성과는 달성하였으나, 과학기술 경쟁력 강화 등 질적 성과는 상대적으로 미흡
- ※ 국가전략기술 120개 중 1개의 기술도 보유하지 못하였음

< 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

### □ 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 사업이 추진이 미흡
  - 국내에서 추진하는 HRHR R&D 프로그램의 경우 기존 시스템에서의 작동에 한계로 새로운 시스템 도입 필요
- ※ 국내 HRHR를 장려하는 프로그램은 과기부의 글로벌프론티어사업, 혁신도전프로젝트, 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 연구개발사업으로 선도기술 확보, 기술사업화 등 다양한 성과 달성
- 그러나 10년 전 설계된 사업으로서 변혁적 기술을 확보할 수 있는 플랫폼으로서 선진화된 관리기법을 적용하여 재기획 필요

## 2 사업 추진 근거 및 사전절차

### □ 관계법령

- 「과학기술기본법」 제4조(국가 등의 책무와 과학기술인의 윤리), 제11조(국가연구개발사업의 추진) 및 제16조의3(연구개발성과의 확산 및 기술이전 및 실용화), 8(산학연협력 촉진) 등

### □ 유관 정책 및 계획

구분	상위계획의 주요내용
제4차 과학기술 기본계획 (‘18~’22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (비전) 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여</li> <li>• (4대 전략) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래도전을 위한 과학기술역량 확충</li> <li>- 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성</li> <li>- 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출</li> <li>- 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현</li> </ul> </li> </ul>
제5차 과학기술 기본계획 수립방향 (안)(’23~’27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학기술혁신 역량을 강화하고 이를 바탕으로 국가, 사회가 당면한 현안을 해결하기 위한 추진전략과제를 수립</li> <li>• 정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시</li> </ul>
2022년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) (’21.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래 핵심기술확보를 위한 혁신도전형 연구 지원 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위기대응을 위한 과학기술 역량 강화를 위해 감염병 위기극복과 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 지원</li> <li>- 포용 바탕의 미래 혁신역량 강화를 위해 창의·도전적 기초·기반 연구, 인재 양성, 지역·중소기업 역량 강화 및 창업·기술사업화를 지원</li> </ul> </li> </ul>
국가 R&D 혁신방안 실행계획 수정(안) (’17.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (비전) ‘R&amp;D 시스템을 대혁신하여 혁신성장 선도’</li> <li>• 하위로 ‘R&amp;D 혁신의 중심을 국민과 연구자에 두는 사람중심의 혁신 추진’과 ‘파괴적 혁신을 이끌어낼 고위험 혁신형 도전적 R&amp;D(High Risk-High Return형) 지원 강화’를 수립함</li> </ul>
국가필수전략기술 선정 및 육성·보호전략(’22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급망·통상, 국가안보, 신산업 관점의 10개 필수전략기술을 선별하여 집중 지원</li> <li>• 10개 필수전략기술분야의 최고 기술국 대비 기술수준을 `30년까지 90%이상 달성을 목표로 설정</li> </ul>

### □ 후속사업기획 추진경과

#### < 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(수)	연구재단	유사사업 차별성 중심 사업논리 보완	과기부, 연구재단, 기획사	기획회의

No.	회의일자	회의장소	회의안건	참석자	구분
	목)			사	
5	`21.07.21(수)	과기부	원천기술 축적의 앵커로서 사업논리 보완	• 과기부, 기획사	기획회의
6	`21.07.28(수)	과기부	벤처마킹 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	사업기획위원회
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	사업기획위원회
18	`22.02.04(금)	비대면	기술기획위원 기술테마 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위	기술기획위원회
19	`22.02.16(수)	비대면	기술기획위원 기술테마 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위	기술기획위원회
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



No.	회의일자	회의장소	회의안건	참석자	구분
30	`22.05.02~ 22(월~일)	비대면	기술테마 보완	• 기술기획위, 기획사	기술기획위 원회의
31	`22.05.17( 화)	비대면	총괄기획위원 사업컨셉 검토	• 과기부, 연구재단, 기획 사, 총괄기획위	총괄기획위 원회의

## II. 대내외 여건 분석

### 1 대내외 환경 변화 분석

#### □ STEEP 및 메가트렌드 분석

- 사회현안과 미래사회문제에 선제적 대응이 요구
- 기술패권시대에 따른 안보 관점의 전략적 기술 확보 필요
- 기존 혁신경로를 벗어난 급진적 혁신이 따르는 변혁적 기술 확보 필요
- 신규산업 창출 및 기존산업을 전환시킬 수 있는 새로운 형태의 경제적 가치 창출 필요

주요 대내외 환경 변화	
사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산가능인구 감소 등 국가경쟁력 저하 요인의 해결 수단으로서 기술의 중요성이 부각</li> <li>• 인공지능 등의 기반기술이 성숙하며 사회로의 파급 및 영향력 확대</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R&amp;D 수명주기 단축에 따른 비선형적 기술개발 필요성 증대</li> <li>• 초(超)확실성 시대 도래에 따른 연구 패러다임 변화로 기존과 다른 연구개발 생태계 형성</li> </ul>
경제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술발전이 기존 산업의 효율성을 개선하며 기술의 경제적 영향력 강화</li> <li>• 코로나-19에 따른 경기침체 및 회복 과정에서 비대면·인공지능 기술이 발전하며 신산업 전환 가속화</li> </ul>
환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태계 파괴 문제 및 국가간 에너지 및 자원 확보 경쟁 심화</li> <li>• 지속가능한 성장 풍조에 따른 친환경·저탄소 산업이 빠르게 부상</li> </ul>
정치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 첨단기술이 경제 및 안보에 미치는 영향이 높아지면서 국가 간 기술패권 경쟁이 심화</li> <li>• 생산효율 중심에서 기술안보·전략 관점에서 GVC가 개편</li> </ul>

## 2 국내외 R&D 동향

### □ 해외 주요국은 변혁적 기술 확보 및 연구 활성화를 위한 국가주도의 전략적 지원정책 확산

- 미국 DARPA를 대표 모델로 하여 파괴적 혁신을 추구하기 위한 국가주도의 연구를 경쟁적으로 지원

< 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

## □ 고위험·고수익(HRHR) 연구를 위한 관리 시스템 지속 개선

- 새로운 패러다임을 창출할 수 있는 혁신적인 기술확보를 위해 기존의 연구관리 방식 아닌 새로운 지원 시스템을 도입

※ OECD는 고위험 혁신연구 장려를 위해서 기존의 연구관리 방식을 극복하는 새로운 기획·관리·평가 방식의 도입을 권고

<OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언>

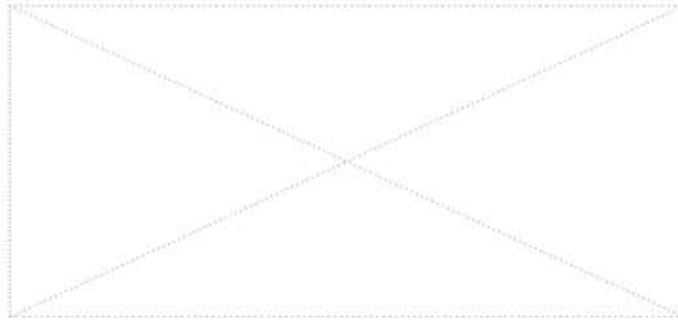
- ① 새로운 방식의 시험 장려
- ② 연구의 관리 및 평가시 포트폴리오 접근방식 구현
- ③ 연구자가 위험을 감수하도록 하는 상황·정책 제공
- ④ 과학·사회·경제적 영향 뿐만 아니라 신설 HRHR 연구프로그램으로서, HRHR 연구 프로그램 육성 영향력 평가
- ⑤ 후속 연구개발 및 연구위험도 평가를 위한 정부 및 연구자 초빙
- ⑥ 기존 연구프로그램과 대비되는 HRHR 연구 프로그램의 효율성 및 프로세스 정보의 수집·공유

### 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

< DARPA의 포트폴리오 관리방식 >



## ② 임무 달성을 위한 적극적인 과제관리

- ▶ 임무를 성공적으로 달성할 수 있도록 PD(Program Director)가 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
- ▶ 고위험·고수익 연구를 위해 대부분의 국가에서는 독립적인 조직을 설립하여 전문적인 기획·관리·평가 등을 수행

### < 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황 >

국가	독립적인 지원조직 현황
미국	• DARPA('58)를 성공모델로 하여 IARPA(정보), ARPA-E(에너지), ARPA-H(보건), HSARPA(국토안보) 등으로 확산
중국	• 미국의 DARPA 모델에 필적하는 군 혁신조정위원회를 설립('17)
유럽	• 마크롱 프랑스 대통령은 유럽한 DARPA와 같은 파괴적 혁신을 위한 범유럽 혁신기구의 설립 필요성을 주장 • 프랑스는 혁신 지원을 위해 국방혁신기구(Defense Innovation Agency)를 설립 • 영국은 ARPA 방식을 모방하여 UKRI와 독립된 혁신연구기관 ARIA 신설

※ 美 DARPA를 대표 모델로 하며, 대부분의 선진국에서 DARPA를 벤치마킹하여 독립 조직을 구성하거나 구성 준비 중

### < DARPA 연구관리 방식 >

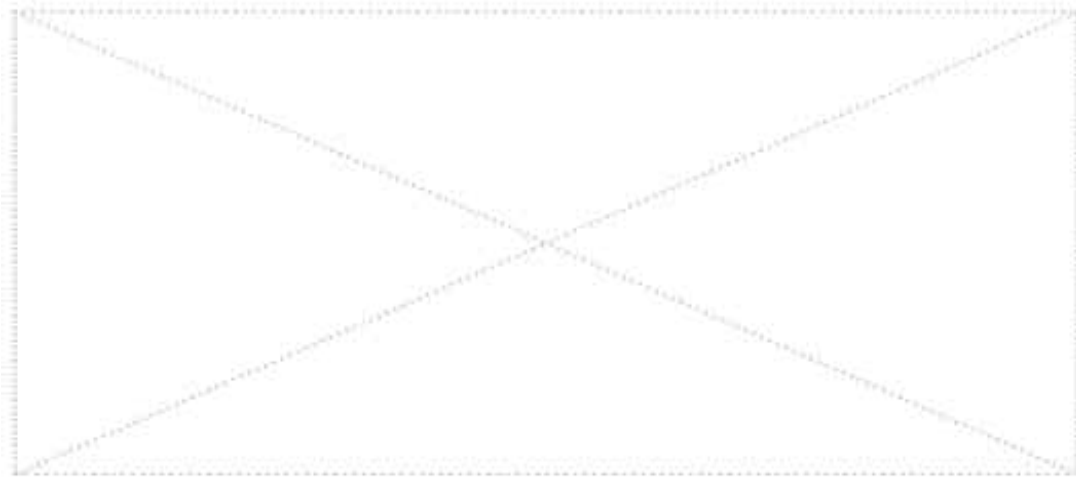
목표 설정	• 고위험·고부가가치의 기술 개발을 위한 명확한 목표 정의
프로그램 기획	• PD 중심의 과제기획, 포트폴리오 리스크 관리
과제 관리	• 협력계약(Cooperative agreement) 방식의 적극적 과제관리 • 경쟁형 R&D

## □ 사회문제 해결을 위한 임무지향형 R&D 프로그램 도입

- 해결해야 할 문제를 정의하고, 해당 문제를 해결하기 위한 임무지향적 프로그램 및 과제를 선정

※ 日 Moon-shot 프로젝트는 사회·환경·경제 등 3대 영역 분석결과를 기반으로 '50년까지 달성해야 할 6대 목표를 설정하여 각 목표별 사업관리 수행

< 일본 Moon-shot 프로젝트의 목표설정 영역 및 장기목표 >



※ 美 ARPA-E는 기관 차원에서 경제 및 에너지 안보 강화 미션을 설정하여 해당 미션에 해당하는 프로그램을 기획 및 지원

< ARPA-E 5대 미션>

- 해외로부터의 에너지 수입 감소
- 에너지 효율성 개선
- 온실가스를 포함한 에너지 관련 배출 저감
- 방사성 폐기물, 사용후 핵연료의 관리/정화/처리에 대한 개선
- 에너지 인프라의 탄력성, 신뢰성 및 보안의 개선

## Ⅲ. 국내 R&D 현황 및 선행사업 분석

### 1 국내 R&D 현황분석

## □ 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, 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

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

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

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

## □ 추격형 성장모델에 따른 타겟 중심의 단기-위험회피적 R&D 문화 형성

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

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('20년) >

구분	항목	지표	글로벌 순위
보유자원·투입	인적자원	총 연구원 수	6위
		인구 만 명당 연구원 수	2위
	조직	세계 상위 대학 및 기업 수	7위
	연구개발 투자	연구개발투자 총액	4위
		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	22위
	지식창출	연간 R&D 투자 대비 특허건수	17위
		연구원 1인당 SCI 논문 수 및 인용도	29위

출처 : 2020년 국가과학기술혁신역량평가, KISTEP, 2020 기반 연구진 재작성

○ 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>

## 2 선행사업의 추진현황 및 성과

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

○ SCI 논문, 특허 등록 등 타 사업대비 높은 과학적 성과 창출

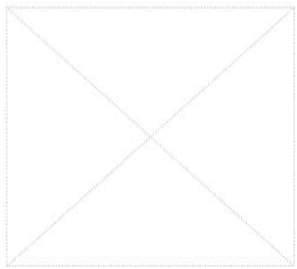
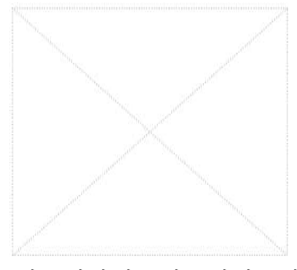
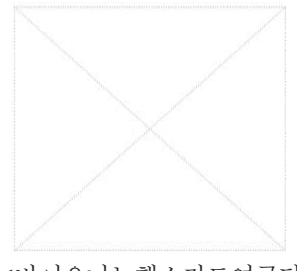
< 투자 대비 연구 성과('19년 기준) >

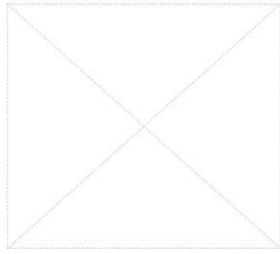


구분	SCI논문(10억원당)	국내 특허등록(10억원당)
국가 전체	0.78	1.07
과기부 주요R&D사업(중복배제)	10.32	0.96
원천기술개발사업	8.23	1.14
<b>글로벌프론티어 사업</b>	<b>10.8</b>	<b>3.8</b>

○ 핵심 원천기술 개발 지원으로 게임체인저 기술을 확보하여 국내 주요산업의 성장을 주도하고 세계 최고 수준의 역량 확보

[글로벌프론티어사업 주요 성과]

구분	내용
 <멀티스케일에너지연구단>	<p><b>페로브스카이트 태양전지 초고효율화 기술 개발로 세계최고 공인효율기록 갱신</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>페로브스카이트 태양전지는 실리콘 태양전지의 효율에 근접하면서도 저렴하고, 박막이면서 유연하게 제조가 가능하여 차세대 태양전지 시장을 주도할 소재로 주목</li> <li>페로브스카이트 태양전지 세계최고 공인효율 7회 갱신            * 16.2% ('13) &gt; 17.9% ('14) &gt; 20.1% ('14) &gt; 22.1% ('16) &gt; 22.7% ('17.10)            &gt; 24.2% ('19.04) &gt; 25.2% ('19.08)</li> </ul>
 <지능형바이오시스템연구단>	<p><b>고기능 생리활성 물질 진세노사이드 대량생산 기술개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>고기능 생리활성물질 진세노사이드 생합성 기술(생산성 1.5g/L, 생산단가 1/100) 세계 최초 성공</li> <li>천연물(인삼) 추출 방법보다 저비용으로 단기간(1주)에 생산 가능</li> <li>항노화, 치매예방, 항간암, 항지방간, 항당뇨, 혈관조절 등 다양한 효능을 검증하고 원천특허 확보</li> </ul>
 <바이오나노헬스가드연구단>	<p><b>열대성 감염병 등의 신속 현장 진단이 가능한 다중 면역진단용 미세유체칩 제작기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>미세유체 칩 내 다양한 종류의 기능성입자조합 배열이 가능한 기술을 활용하여 다중분석용 미세유체칩 제작기술 개발</li> <li>열대성 감염병의 신속진단키트 개발 외에도 다중진단이 필요한 말라리아 등 다양한 질병 진단에 응용 가능</li> </ul>



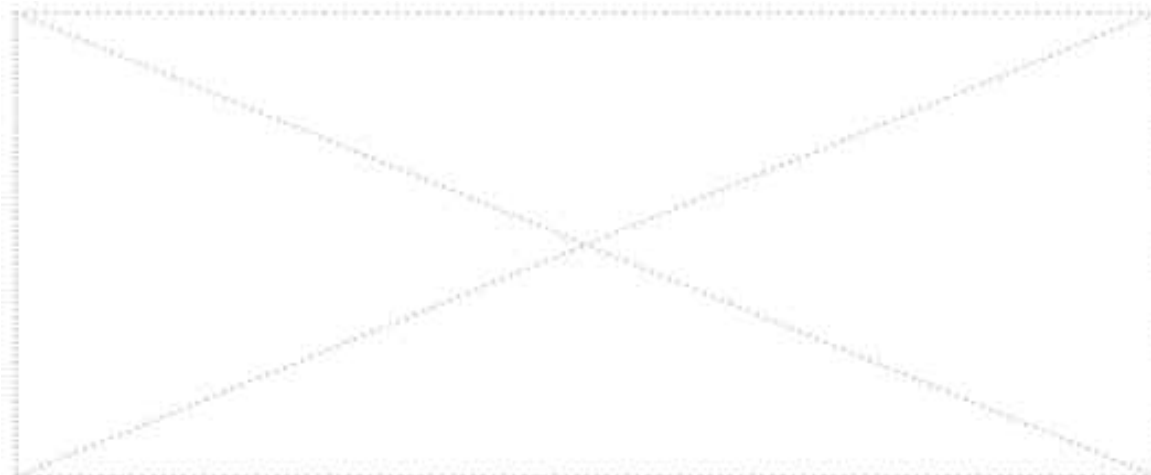
<과동에너지극한제어연구단  
>

#### 마이크로 LED 롤 전사기술 세계최초 상용화

- 마이크로 LED 소자를 선택적으로 회로기판에 전사하는 핵심공정 기술 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

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

#### < 글로벌프론티어사업의 연계 현황 >



- 핵심 원천기술을 기반으로 다양한 영역으로 확대되어 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 파급효과를 확보하는 중개역할을 수행하였으나, '23년 종료 예정
- 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

< 글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률 >

연 번	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

**「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

**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 지원 중단 등을 계획하였으나, 실제로는 포트폴리오 관리 미 적용
- 지원과제 중 단계평가 등으로 중도 탈락된 과제는 전무하며, 성과 조기 달성으로 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」

- o 사업단별 연구지원 업무 추진의 통일성 확보를 위해 총괄 지원하는 지원조직 구성·운영 필요(B연구단)
- o 사업단 자립을 위한 자원 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 >

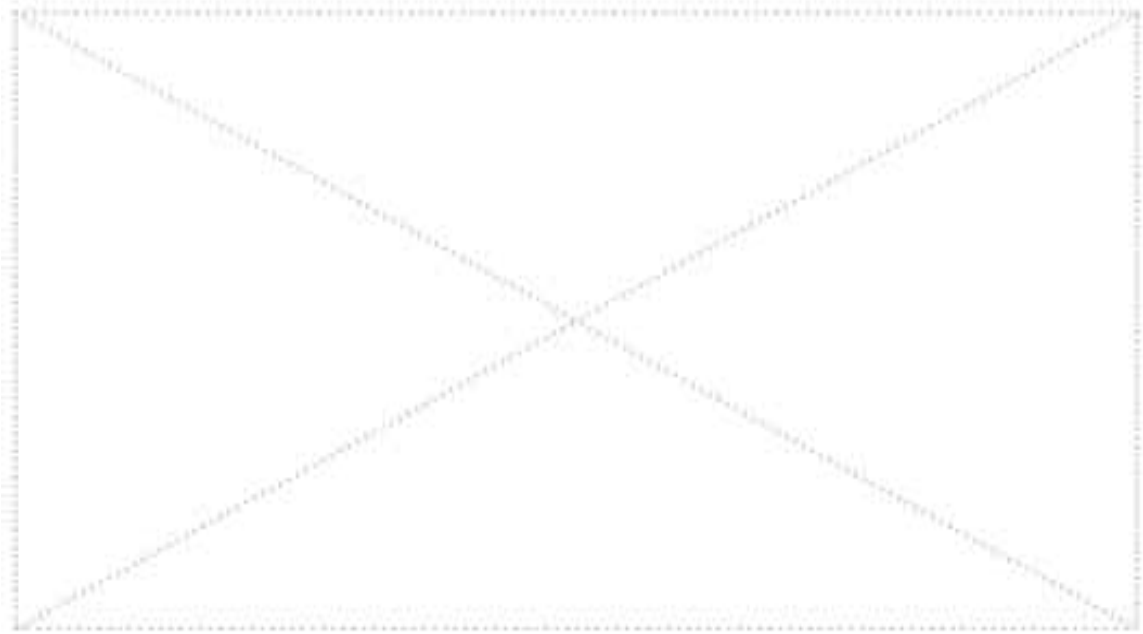
연구단	종료	해산여부	종료 이후 현황('21.10 기준)
의약바이오컨버전스	2019	유지	국가 연구개발사업 2건 및 기업 용역과제수행 중
실감교류인체감응솔루션	2019	해산	KIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전
차세대바이오매스	2019	해산	KAIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전
멀티스케일에너지시스템	2020	유지	사업단 실질적으로 운영 X (과제 미 수행)
나노기반소프트אלكترو닉스	2020	유지	과제 미수행, 잔여 간접비로 운영 중
다차원스마트IT융합시스템	2020	유지	과제 수행 중(1억 5천)
지능형바이오시스템설계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

## □ 변혁적 R&D를 위해 글로벌프론티어 사업의 재기획이 필요

< 글로벌프론티어사업의 진단 및 개선 필요성 >



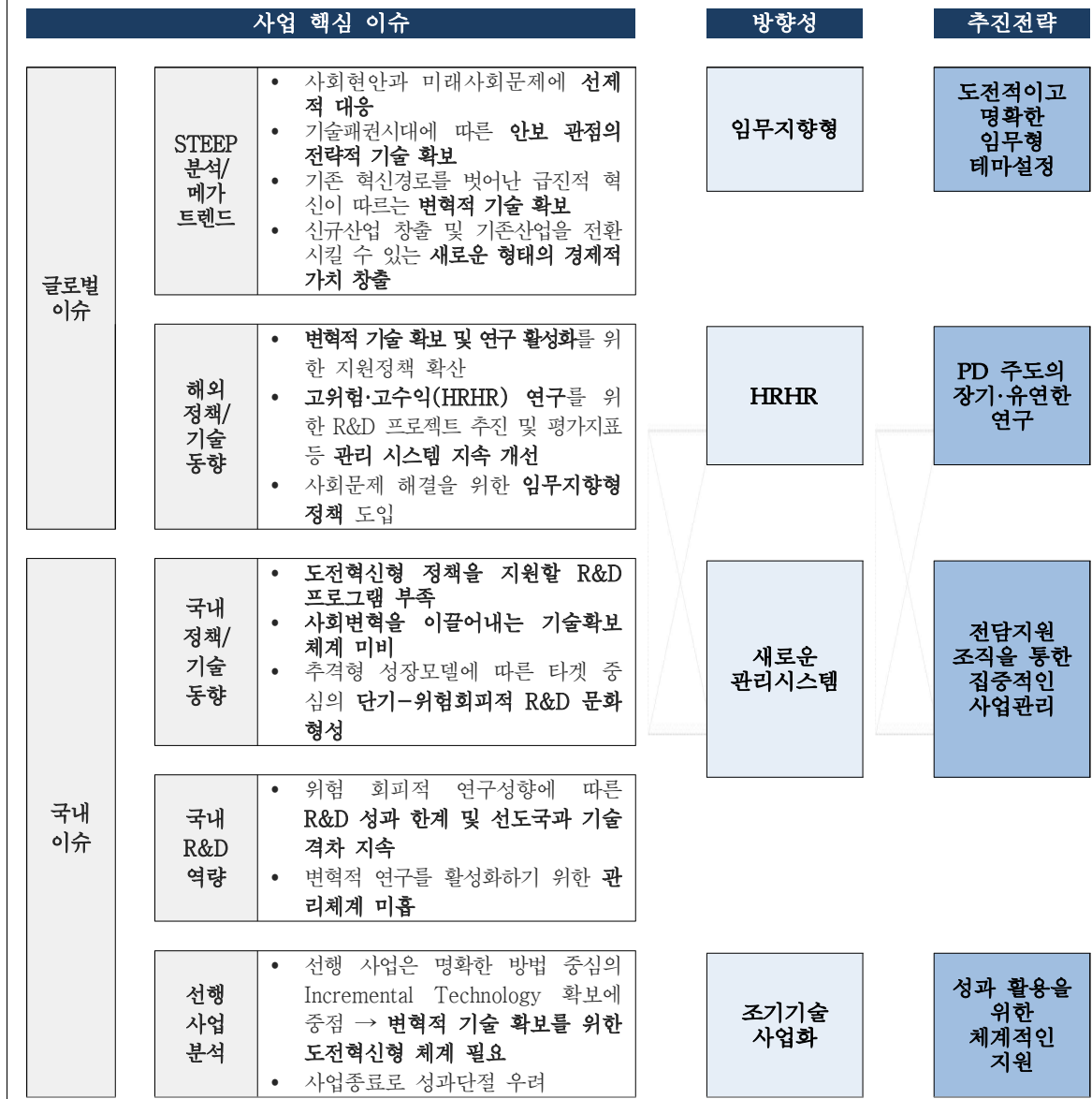
구분		글로벌프론티어 (As-is)	글로벌프론티어+ (To-be) 개선필요성	비고 : 해외 변혁적 R&D 특징
사업 특성		<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌 프론티어에 도달하기 위한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌 프론티어를 넘어서기 위한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 프론티어를 넘어서기 위한 타 조직에서 지원하지 못하는 변혁적 R&amp;D 지원</li> </ul>
사업의 성과	조직 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>다수의 PI가 참여하는 대형·집단·장기 사업 체계 확보</li> <li>원천기술 개발 성과가 타 원천기술 및 응용 기술개발사업으로 파급되는 플랫폼 구축</li> <li>각 사업단별 성과확산 지원을 위한 사업화 지원조직 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대형·집단·장기 연구사업으로서의 특성 계승</li> <li>연구 도메인별 연구역량을 집적하여 플랫폼 역할 수행</li> <li>글로벌프론티어의 각 사업단별 사업화 조직 네트워크 흡수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련 법령·제도 개선 및 조직설립을 통해 변혁적 R&amp;D 추진을 위한 여건 확립</li> </ul>
	기술·경제 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 사업대비 우수한 과학적 성과(논문, 기술적 성과(특허))</li> <li>우수한 경제적 성과(기술이전, 창업) 달성</li> <li>각 시대의 게임체인저 기술을 창출(반도체 - 3D 핀펫)</li> <li>세계 최첨단 기술 등 우수 R&amp;D 성과를 활용한 산업성장 기여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌프론티어를 통해 확보한 변혁적 연구 아이디어의 실현</li> <li>우수 연구자를 활용한 PD 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간으로의 기술 전파를 통한 추가적인 외부 펀딩 및 IPO 성과 확보</li> </ul>
사업의 한계	변혁적 주제/테마 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단 차원의 성과목표 및 성과지표 설정이 미흡</li> <li>임무설정이 명확하지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도전적이고 명확한 임무형 테마 설정</li> <li>기술트렌드 변화를 고려한 주기적 테마 발굴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 또는 R&amp;D 소속 부처 단위 수요에 따른 미션 설정</li> <li>동 미션 달성을 위한 주기적 테마발굴 및 목표 정당화</li> </ul>
	과제 선정 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단 목표와 관련성 낮은 다수의 과제가 선정되는 등 목적지향적 과제구성 요구</li> <li>목표에 기반한 핵심적 과제 집중 지원 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>경쟁형 평가 도입</li> <li>고위험 연구임을 고려한 PD 중심 포트폴리오 과제관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발굴 테마의 기술적 목표 실현을 위한 포트폴리오형 과제관리</li> <li>PM/PD 중심의 Top-down, Bottom-up 병행 과제 추진</li> <li>향후 기술적 목표 도달 가능성에 중심을 둔 평가</li> <li>정량화된 고난이도의 목표 설정</li> <li>경쟁형 평가를 통한 선별적 과제 지원</li> </ul>
	사업 운영 관리 및 성과확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단장이 PI로 연구를 수행하여 과제 관리 미흡</li> <li>통상적 R&amp;D 사업과 같은 방식의 연차·단계평가 시스템 적용</li> <li>개별 사업단(독립법인) 형태로 사업화 지원조직이 구성되어 사업화 지원 역량 집중 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단장은 사업관리에 충실</li> <li>발전적(컨설팅형) 평가시스템 적용</li> <li>성과확산 지원조직 통합 및 역량 집중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구수행자와 연구관리자(PM/PD)를 분리</li> <li>연구관리 조직 및 사업화지원 조직을 구성하여 각 과제마다 지원</li> <li>컨설팅형 평가시스템 적용</li> </ul>

## IV. 글로벌프론티어+ 사업 기본방향

### 1 사업 추진방향 및 추진전략 도출

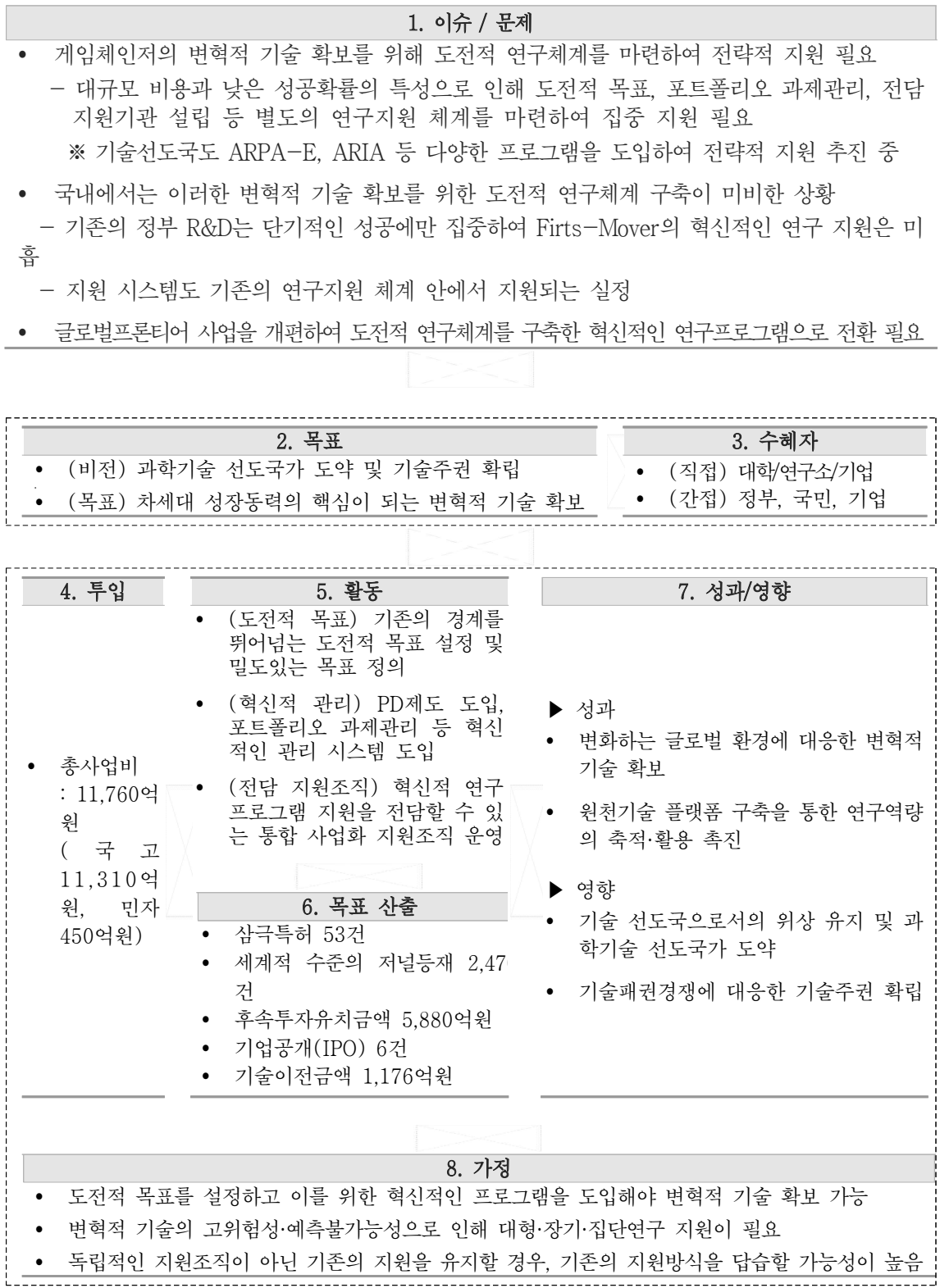
#### □ 문제이슈에 따른 사업의 방향성 도출

- 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

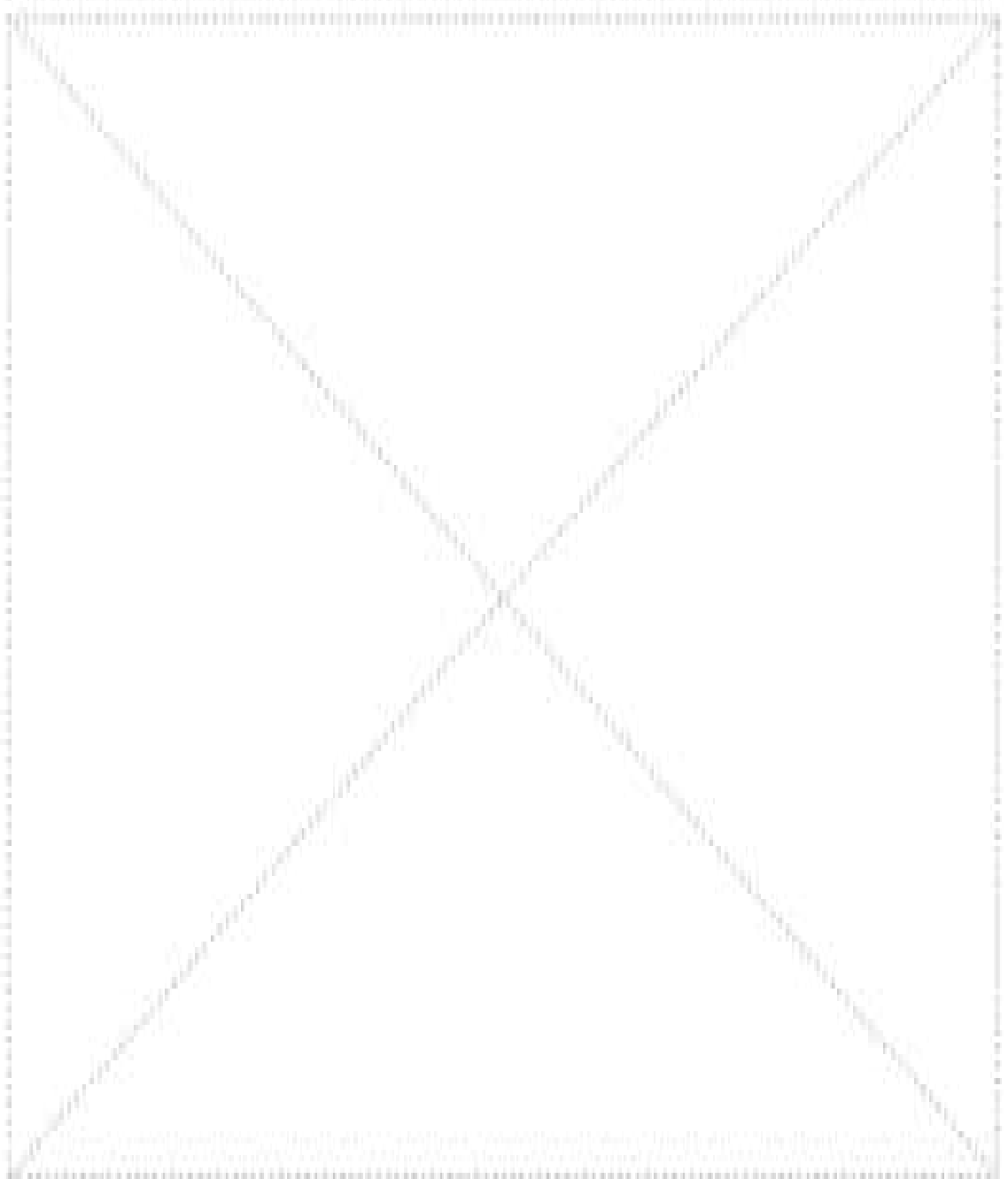


## □ 논리모형

### < 글로벌프론티어 플러스 사업 논리모형 >



## □ 사업 목적 및 추진전략





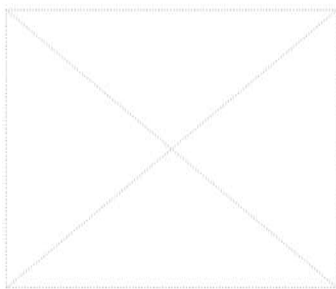
## 2 사업 정의 및 특성

### □ 사업 정의

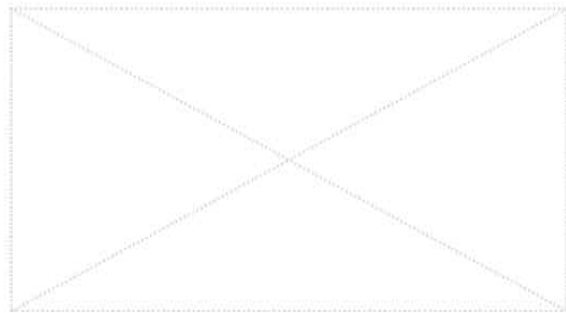
- 미래 과학기술 패러다임을 바꿀 수 있는 경제·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술을 개발하는 도전 혁신형 사업

### □ 사업의 특성

< 임무형 목표 제시 >



< 변혁적 연구 지원 방식 >



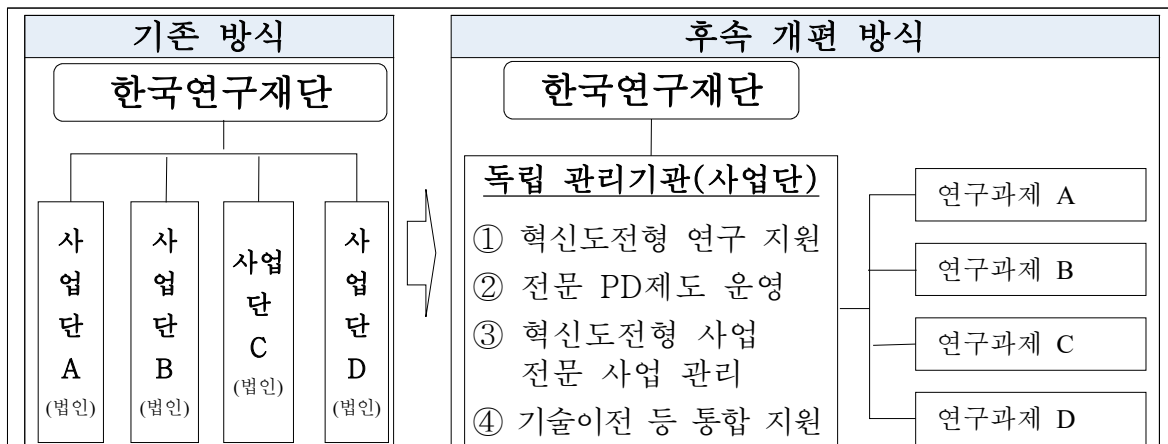
- ① (임무형 테마 설정) 기존의 경계(프론티어)를 뛰어넘는 도전적 임무(테마)를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 밀도있는 목표를 정의
- ② (PD 제도 도입) PD(Program Director)가 사업 기획·선정·평가에 주도적 역할을 하며, 환경변화에 따른 연구방향(마일스톤) 수정 등 허용
- ③ (포트폴리오 과제관리) 목표 달성에 적합한 다양한 방법론을 지원하며, 경쟁형 R&D 등을 도입하여 불확실성에 따른 리스크 최소화

< 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 R&D >



- ④ (전담 지원조직) 사업 기획 및 관리, 성과활용 등 변혁적 연구지원 및 관리를 전문적으로 전담하는 지원조직 구성·운영

※ PD는 독립 관리기관에 소속되며, 별도 연구를 수행하지 않고 과제 기획관리를 전담

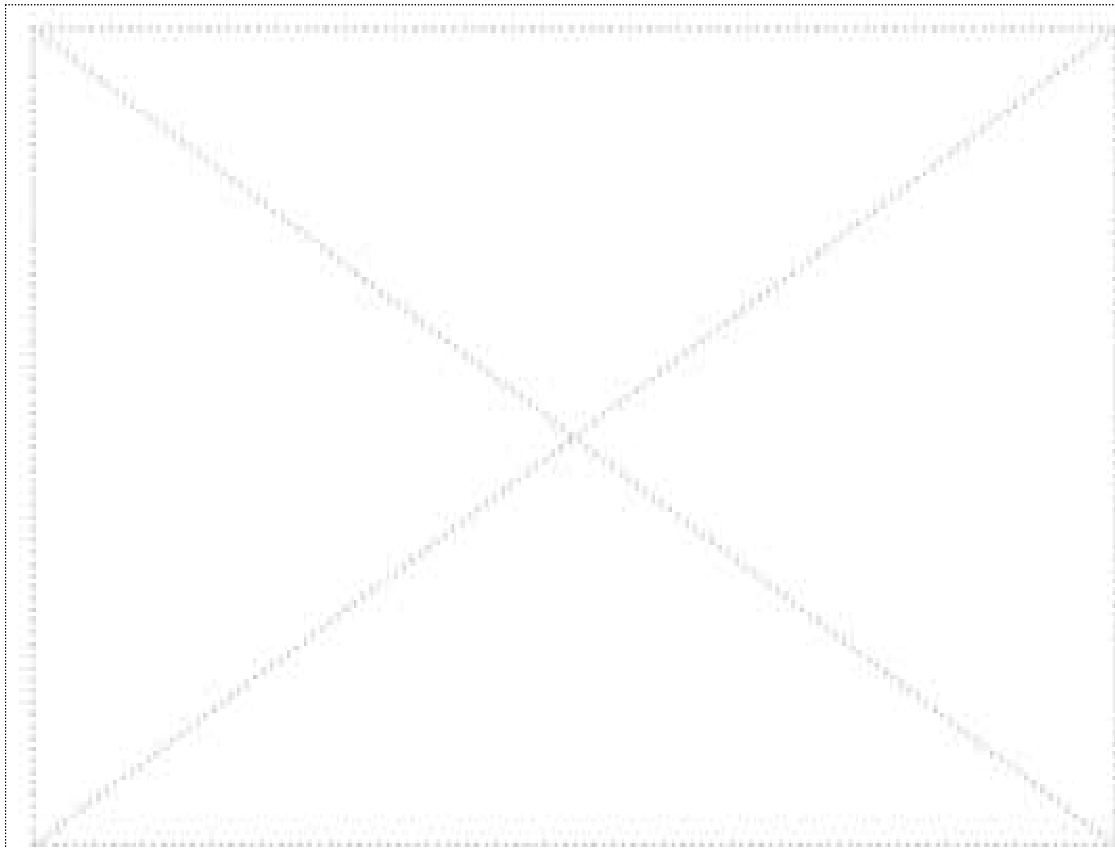


⑤ (Tech to Market) 조직 내 기술사업화를 전담 지원하는 조직을 구성하고, 연구 기간 내 및 종료 후에도 기술이전 지원

- R&D 후, 기업과 함께 사업화를 진행하는 프로그램을 신설

### 3 사업 추진체계 및 역할

<글로벌 프론티어 플러스 사업 추진체계>



<추진체계 주체별 역할 및 책임>

주체	역할 및 책임
과기정통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업 총괄관리</li> <li>· 사업 시행계획(안) 수립</li> </ul>
한국연구재단 (전문기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업단장 공모</li> <li>· 사업단장 선발</li> </ul>
총괄 사업단 (독립 관리기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업 선정 및 평가 : 사업분야의 선정, 연구주제 및 PD 선정</li> <li>· 연구비 관리, IP관리 등</li> </ul>
PD	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 과제 주제 발굴 및 RFP작성</li> <li>· 연차컨설팅 등을 통한 연구 진도관리</li> </ul>
기술사업화조직 (Tech to market)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기술사업화를 중점 투자하는 벤처캐피탈 투자심사역을 고용하여, 기술을 활용한 사업화 방향성 제언</li> </ul>
총괄주관기관 (필수전략형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· PD와 협의를 통한 프로그램 총괄 진행                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제 포트폴리오 구성, 마일스톤 제시, 세부과제 선정 등</li> </ul> </li> </ul>
주관기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 수행(대학, 연구소 등)</li> </ul>

**4** 사업 구성 및 규모

< 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
  - DARPA도 프로그램별 기간과 예산 범위는 상이\*하나, 경쟁형 R&D를 통한 단계적 지원이라는 공통점을 가지고 있음
    - \* 기간은 3년에서 최대 10년, 예산은 300억~1600억원 등 다양
- (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 50억원 이상이 61.4%, 75억원 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(14억원), 혁신도전프로젝트(9.5억원), 미래융합기술과이오니어(1.27억원)

⇒ 확보 기술의 중요도(전략성 등), 필요 지원 규모, 난이도 등에 따라  
 ①장기 대형 집단연구와 ②중규모·중기연구로 구분하여 지원

< 사업 구성 및 지원 규모 >

① 필수전략형 : 10개 프로그램에 총 6,500억원 규모 지원

- (지원 분야) 필수 전략기술 분야의 변혁적 기술 확보를 위해 장기간의 대규모 집단연구 지원이 필요한 분야
- (지원 규모) 프로그램 당 10년 간 650억원 규모 지원
- (지원 체계) 다양한 분야의 집단연구가 필요한 대형연구의 특성 상 연구단(총괄 연구책임자)을 구성하여 PD의 전문성 보완

< 필수전략형 지원 체계 및 주체별 역할 >

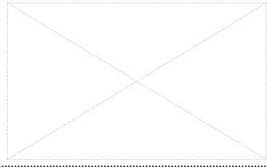
	<p>❶ PD : 프로그램 목표 제시, PI 선정 및 탈락, 마일스톤 및 포트폴리오 구성, 프로그램 관리 등</p> <p>❷ 총괄 PI : 목표 달성을 위한 세부과제 포트폴리오 구성 (PD 협의), 연구 총괄 주관 등</p> <p>❸ 주관기관 : 포트폴리오에 따른 연구 수행</p>
--	---

- (지원 방식) PD는 목표의 특성에 따라 조합형, 경쟁형 등을 선택·혼합하여 복수 혹은 단수 연구단을 선정하여 지원

② 미래도전형 : 10개 프로그램씩 총 2,400억 원 규모 지원

- (지원 분야) 미래 성장동력을 확보하기 위해 분야별 혁신적인 기술 확보를 지원하는 중규모의 변혁적 연구 프로그램
- (지원 규모) 프로그램 당 3년 간 240억 원 규모 지원
- (지원 체계) 분야별 전문성을 가진 PD가 기획 및 포트폴리오 구성, 연구기관 선정 및 탈락 등 전 범위를 주관

< 미래도전형 지원 체계 및 주체별 역할 >



❶ PD : 프로그램 목표 제시, 세부과제 선정 및 탈락, 마일스톤 및 포트폴리오 구성, 프로그램 관리 등

❷ 주관기관 : PD와 마일스톤 협의, 연구수행 등 추진

○ (지원 방식) 필수전략형과 마찬가지로 목표의 특성에 맞는 포트폴리오 방식의 관리방식 적용

### ③ 사업화 지원 프로그램 : 총 1,800억원 지원

○ (지원 분야) 필수전략형·미래도전형 R&D를 수혜한 프로젝트 중 상용화를 통해 높은 파급효과를 가질 것으로 예상되는 프로젝트의 상용화 지원

○ (지원 규모) 프로젝트 당 1년 간 18억 원 규모 지원

○ (지원 체계) T2M 주도로 상용화가 가능한 프로젝트를 발굴하여 상용화를 지원하되, PD 및 총괄사업단장 평가를 통해 지원여부 결정

< 사업화 지원 프로그램 지원 체계 및 주체별 역할 >



❶ T2M : 사업화 지원 프로그램 소요에 대한 평가 및 자문을 통해 컨설팅형 사업계획서 작성

❷ 총괄 사업단장/PD : 연구성과 이해 및 T2M의 상용화 가능성 의견에 기반한 지원여부 결정

○ (지원 방식) 민간기업 참여를 필수요건으로 하여, 민간기업 수요에 따른 제품화 실증 단년 지원

### ④ 사업단 운영 : 사업기간 12년 간 총 610억원 지원

○ (지원 분야) PD 인건비, Tech to Market 운영, 성과활용 지원비 등 사업단 전반에 대한 운영

< 소요 예산 세부내용 >

○ 미래도전형 2,400억원, 필수전략형 6,500억원, 사업화 지원 프로그램 1,800억원, 사업단 운영 610억원 등 총 11,310억 원 지원

(단위: 억원)

세부 사업	사업 내용	총사업비	국고	지방비	민자
	합 계(억원)	11,760	11,310	—	450
글로벌 프론티어 플러스	· 필수전략형(10개 프로그램)	6,500	6,500	—	—
	· 미래도전형(10개 프로그램)	2,400	2,400	—	—
	· 사업화 지원 프로그램	2,250	1,800	—	450
	· 사업단(독립 관리기관)	610	610	—	—
* 사업화 지원 프로그램의 경우 사업비 중 민간부담금 20%를 반영하여 450억 원의 금액 도출					
<div>5</div> 사업 목표 설정					

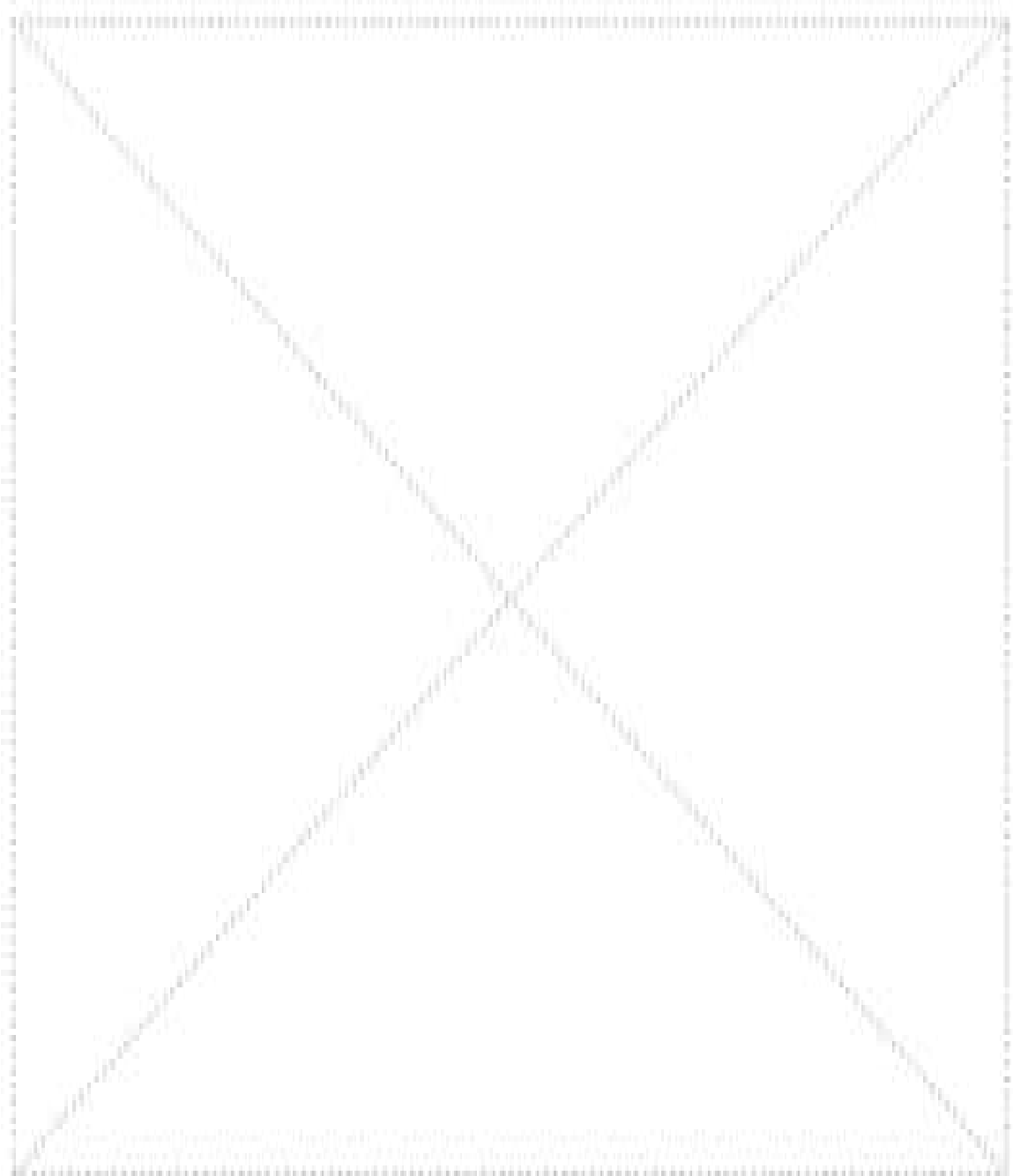
성과 목표	핵심 성과지표	측정방법 및 근거	
도전적 연구를 통한 혁신적인 기술 개발	삼극 특허 수 53건	목표치 근거	■삼극특허를 성과목표로 설정한 유사사업의 소요금액 당 삼극특허 창출목표를 동 사업 에 적용(1,000억원당 4.07건) * 산업기술알키미스트프로젝트 ■도전적 목표치인 4.5건을 설정함
		측정 방법	■ 본 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허 청에 모두 출원한 특허 조사 * 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청 (EPO) 일본 특허청(IPO) 특허등록증
	세계적 수준의 저널 등재 2,470건	목표치 근거	■ 유사사업의 소요금액 당 우수논문 창출건수 를 사업에 적용(10억원 당 2.1건) * 미래융합기술파이오니어 ■ 동일 목표치인 2.1건을 설정함
		측정 방법	■ 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논 문 조사
기술성과 확산	후속 투자 유치금액 5,880억원	목표치 근거	■ ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.46%)한 비율 을 산정(48%) * `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대 비 `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	■ 본 연구를 통해 확보된 성과를 이전받아 사 업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사
	기업공개 (IPO) 6건	목표치 근거	■ ARPA-E의 누적 R&D 지원 대비 EXIT 건 수 성과(20개) 비율을 산정(1조원당 5.4 개) ■ 도전적 목표치인 1조원당 6개 적용
		측정 방법	■ 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정
	기술이전 금액 1,176억 원	목표치 근거	■ 유사사업의 소요금액 당 기술이전금액을 동 사업에 적용(10억원 당 84.3백만원) * 미래융합기술파이오니어 ■ 도전적 목표치인 10억원당 1억원을 설정함
		측정 방법	■ 본 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사

6

사업 세부 추진계획

□ 글로벌프론티어+ 사업은 프로그램 기획 - 평가 - 성과활용의 프로세스로 추진

< 글로벌프로티어+ 사업 프로세스 >



V. 사전타당성 분석



## 1 과학기술적 타당성

### □ 문제/이슈 도출의 적정성



- 혁신적인 성과 창출과 혁신기술을 확보하기 위한 변혁적 연구는 국가경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수

< 문제인식 및 해결방안 >

영향요인	문제/이슈의 식별	희망하는 결과
<ul style="list-style-type: none"> <li>미래사회 대응 및 신시장 창출을 위한 노력 증대</li> <li>국가 기술경쟁력 강화 및 경제 성장을 위한 돌파구 마련 시급</li> <li>경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가</li> <li>세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>게임체인저의 변혁적 기술 확보를 위해 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요</li> <li>국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황</li> <li>글로벌프론티어 사업을 개편하여 도전적 연구체계를 구축하는 혁신적인 연구프로그램으로 전환 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고</li> </ul>
	<b>사회적 필요/자산</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌프론티어+ 사업 1.2조 원</li> </ul>	

### □ 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"> <li>새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할을 하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각</li> <li>기술선도국의 변혁적 기술 확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High risk High Reward 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진</li> <li>대부분의 국내 R&amp;D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움</li> </ul>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술패권시대 및 사회변화에 대응한 임무지향형 R&amp;D 추진</li> <li>다학제적 집단연구로 새로운 가능성 탐색</li> <li>위험하지만 대규모의 파급효과를 창출할 수 있는 R&amp;D</li> <li>고위험연구를 위한 포트폴리오 방식의 위험 관리</li> </ul>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>변화하는 글로벌 환경에 대응한 전략적인 변혁적 핵심원천기술 확보</li> <li>원천기술 플랫폼 구축을 통한 연구역량의 축적·활용 촉진</li> </ul>

• 임무지향형 HRHR 연구 지원을 통해서 미래 성장동력 확보하여 국가경쟁력 지속성 확보		
↕	연관성	거시적 환경 측면
		산업/기술적 측면
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 및 사회경제적으로 복잡하고 다양화되는 도전적 문제를 해결하기 위해 HRHR 연구 지원을 통한 변혁적 기술확보 및 확산 필요</li> <li>→ 도전적 문제를 해결하기 고위험·고부가가치의 혁신기술 개발 추진</li> </ul>
	사업 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (사업비전) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립</li> </ul> </li> <li>• (사업목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보</li> </ul> </li> <li>• (성과목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 삼극특허 53건</li> <li>* 세계적 수준의 저널등재 2,470건</li> </ul> </li> <li>- 기술 성과 확산 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 후속투자유치금액 5,880억원</li> <li>* 기업공개(IPO) 6건</li> <li>* 기술이전금액 1,176억원</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

## □ 세부활동 및 추진전략의 적절성

- 확보기술의 중요도(전략적 필요성 등), 지원규모, 난이도 등에 따라 장기 대형 연구인 필수전략형 R&D, 중규모·중기연구인 미래도전형 R&D, 사업화 지원 프로그램으로 구성
- (필수전략형 R&D) 필수 전략기술 분야의 변혁적 기술 확보를 위해 장기간의 대규모 집단연구를 지원
- (미래도전형 R&D) 미래 성장동력을 확보하기 위해 분야별 혁신적인 기술 확보를 지원하는 중규모의 변혁적 연구 지원
- (사업화 지원 프로그램) 미래도전형 R&D를 수혜한 프로젝트 중 상용화를 통해 높은 파급효과를 가질 것으로 예상되는 프로젝트의 상용화 지원

## 2 정책적 타당성

## □ 정책의 일관성 및 추진체계 : 상위계획과의 부합성

- 동 사업은 국가경쟁력 확보를 위한 변혁적 원천기술 개발을 목적으로 하며, 상위의 계획 및 대책과 부합성이 높음

### < 동 사업의 상위계획과의 부합성 >

구분	상위계획의 주요내용	글로벌프론티어+ 사업	
		유관 내용	부합성
제4차 과학기술 기본계획 (‘18~’22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (비전) 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여</li> <li>• (4대 전략)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래도전을 위한 과학기술역량 확충</li> <li>- 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성</li> <li>- 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출</li> <li>- 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ‘미래도전을 위한 과학기술 역량 확충’ ‘혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성’, ‘과학기술이 선도하는 신산업·일자리창출’ 전략이 동 사업의 전략과 부합</li> <li>• (동사업) 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보를 목표로 함</li> </ul>	○
제5차 과학기술 기본계획 수립방향 (안) (‘23~’27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학기술혁신 역량을 강화하고 이를 바탕으로 국가, 사회가 당면한 현안을 해결하기 위한 추진전략과제를 수립</li> <li>• 정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학기술혁신을 지향하고 이를 통한 국가, 사회 현안 해결을 목적으로 한다는 측면에서 동 사업의 방향성과 일부 부합</li> <li>• (동사업) 도전적이고 명확한 임무형 테마를 설정하여 기술확보 추진</li> </ul>	○
2022년도 정부연구 개발 투자방향 및 기준(안) (‘21.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래 핵심기술확보를 위한 혁신도전형 연구 지원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위기대응을 위한 과학기술 역량 강화를 위해 감염병 위기극복과 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 지원</li> <li>- 포용 바탕의 미래 혁신역량 강화를 위해 창의·도전적 기초·기반 연구, 인재 양성, 지역·중소기업 역량 강화 및 창업·기술사업화를 지원</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혁신도전형 연구 지원을 통해서 미래 핵심기술 확보를 추진하고, 국가 현안 문제 해결을 임무로한 과학기술역량 강화 측면에서 동 사업과 방향성이 부합</li> <li>• (동사업) 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발을 주요 성과목표로 설정함</li> </ul>	○
국가 R&D 혁신방안 실행계획 수정(안) (‘17.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (비전) ‘R&amp;D 시스템을 대혁신하여 혁신 성장 선도’</li> <li>• 하위로 ‘R&amp;D 혁신의 중심을 국민과 연구자에 두는 사람중심의 혁신 추진’과 ‘과거적 혁신을 이끌어낼 고위험 혁신형 도전적 R&amp;D(High Risk-High Return형) 지원 강화’를 수립함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고위험 혁신형 도전적 R&amp;D 추진하고 R&amp;D 평가/성과관리 등 시스템 혁신을 추진한다는 측면에서 동 사업과 부합</li> <li>• (동사업) 전담지원 조직을 위한 집중적인 사업관리, 성과 활용을 위한 체계적인 지원을 전략으로 설정함</li> </ul>	○
국가필수 전략기술 선정 및 육성·보호 전략(‘22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급망·통상, 국가안보, 신산업 관점의 10개 필수전략기술을 선별하여 집중 지원</li> <li>• 10개 필수전략기술분야의 최고 기술국대비 기술수준을 `30년까지 90%이상 달성을 목표로 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술선도국으로서의 기술역량 확보 및 국가전략적 관점의 기술개발을 지원한다는 점에서 동 사업과 부합</li> <li>• (동사업) 과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립을 비전으로 설정, 필수전략형 R&amp;D 프로그램 구성</li> </ul>	○

## □ 정책의 일관성 및 추진체계 : 사업 차별성

- 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

### < 중복성 검토 결과 요약 >

구분	본 사업	과기정통부			산업부
		미래융합기술 파이오니어	과학난제도전 융합연구개발사업	혁신도전 프로젝트	산업기술 알키미스트 프로젝트
사업 목적	• 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보	• NT, BT, ET, IT 등의 이종 기술간의 융합 을 통해 고위 험 - 고수익 (High-risk, High-return) 형 융합원천기 술개발	• 기초과학-공학 간 융합협력연구 수행을 통한 과학 난제 도전으로 인 류공영 가치 및 혁신 창출에 기여	• 국가 차원의 초고 난도의 연구개발 을 통해 국가적 문제 해결 및 미 래 혁신신도 산업 창출	• 핵심 원천 기술 개발을 통해 미 래 신산업·신시 장 창출
지원 대상	• 변혁적 기술	• 제품화 요소 원 천융합기술	• 과학난제	• 국가차원 선제 해결이 필요한 연구주제	• 핵심원천기술
과제별 지원 기간	• 미래도전형 : 3년 • 필수전략형 : 10년	• 6년(3+3년)	• 4.5년	• 4년 * 선기획(0.5 년)이후 본연 구 3년 지원	• 7년(1+1+5년)
규모	• 미래도전형 : 과제별 연간 12억 • 필수전략형 : 프로그램별 연간 80억	• 연간 5억원	• 연간 30억원	• 연간 50억원	• 개념·선행연구 지원후 본연구 과제별 연간 40억원
추진 체계	• 전담 지원조직의 연 구·사업화 관리 • PD의 자율성 독립 성 확보	• 융합기술 수요 조사에 기반한 소규모 연구단 다수 지원	• 연구책임자 중 심의 소규모 그룹 융합연구 단(7인 이상 참 여 불가)	• 추진단장은 사 업목적에 부합 하는 사업 기 획 • 사업단장은 연 구테마의 과제 구성 및 관리	• 그랜드챌린지 위원회를 통한 테마 발굴 • 이후 연구자 중심의 수행
주요 특징	• 임무형 테마 설정 • PD 제도 도입 • 포트폴리오 과제관리 • 전담 지원조직·Tech to Market	• 주기적으로 연구 단을 선정하여 지속 지원	• 집단지성을 활 용한 오픈 플랫 폼 지향	• 부처칸막이를 넘나 들며 문제해결에 집중 • 민간전문관리자의 사업관리 • 유연한 연구관리제 도 도입	• 혁신적 테마 지향 • 경쟁형 R&D • 기업멤버십
차별성	• 변혁적기술 확보를 위한 새로운 관리 시스템 도입	• 기술 융복합을 위한 소규모 집 단연구 vs (본 사업) 새로 운 기술적 시도 와 검증에 초점 을 둔 대형 집 단연구	• 과학난제 해결 을 위한 소규모 집단연구 vs (본 사업) 산업· 사회파급을 전 제한 대형 집단 연구	• 관리체계가 이 원화되어 성과 창출·관리가 어 려움 vs (본사업)통합적 관 리 체 계 로 R&D를 통한 성 과축적·활용 용 이	• 특정 제품/기업 에 한정된 성과 창출 가능성 vs (본사업) 범용· 원천성 있는 변 혁적 기술 확보

## □ 사업 추진상의 위험 요인 : 재원조달 가능성

### ○ 국가재정운용계획('21~'25) 상의 재원조달 가능성

- '21~'25년 간 국가재정운용계획에 의하면 정부는 R&D 분야에서 5개의 정책방향에 맞춰서 투자 확대 계획

< 국가 R&D 재원분배 계획 >

구분	2021	2022	2023	2024	2025	2021~2025 5년평균 증가율(%)
R&D 예산(조원)	27.4	29.8	32.3	34.0	35.4	
전년 대비 예산 증가율(%)	13.1	8.8	8.5	5.2	4.0	6.6
총지출 증가율(%)	8.9	8.3	5.0	4.5	4.2	5.5

출처: 기획재정부(2021), 2021~25년 국가재정운용계획 주요내용

### ○ 과기정통부의 유사사업 일몰에 따라 확보 가능한 재원 등을 검토

- 글로벌프론티어 사업이 '23년 종료됨 따라 동 사업으로 전환하여 활용 가능
- \* '10년부터 10개 연구단별로 연 90억 원 내외 지원하여 '23년까지 총 1조 1,910억원 지원

## □ 사업 추진상의 위험 요인 : 법·제도적 위험요인

### ○ WTO 규정 등의 근거로 특정 산업 분야 지원에 대한 문제 소지 가능성이 있지만 동 사업은 연구개발 지원을 목적으로 하는 사업으로 위험 요인으로 인식되지 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 수입 대체 보조금 등의 특정성을 가진다고 보기 어려움

### 3 경제적 타당성

#### □ 비용효과분석 방법을 적용한 경제성 평가

○ 국내 유사사업으로 도전·혁신적 특징이 나타나는 사업을 선별하여 경제성 평가를 위한 비교데이터로 제시

- 과학기술정보통신부 : 미래융합기술 파이오니어, 과학난제도전 융합연구 개발사업, 혁신도전프로젝트
- 산업통상자원부 : 산업기술 알키미스트 프로젝트

○ 유사사업과의 비교분석

< 연구비 10억원당 성과 비교>

(단위 : 건, 억원)

구분	사업명	삼극특허	세계적 수준의 저널등재	후속투자 유치금액	기업공개 (IPO)	기술이전 금액
과학기술정보통신부	미래융합기술 파이오니어	-	2.10	-	-	0.84
	과학난제도전 융합연구개발사업	-	1.70	-	-	-
	혁신도전 프로젝트	-	-	0.02	-	-
	글로벌프론티어	-	-	-	-	-
산업통상자원부	산업기술 알키미스트 프로젝트	0.041	-	-	-	-
글로벌프론티어 + 사업		0.05	2.10	5.00	0.06	1.00

\* 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

# 목 차

<b>제1장 연구개요</b>	<b>1</b>
1. 사업 추진 배경 및 필요성	2
가. 사업 추진 배경	2
나. 사업 추진 필요성	19
2. 사업 추진 근거 및 사전절차	29
가. 사업추진근거	29
나. 후속사업기획 추진경과	37
<b>제2장 대내외 여건 분석</b>	<b>39</b>
1. 대내외 환경 변화 분석	40
가. STEEP 분석 방법론	40
나. 메가트렌드 분석을 위한 주요 이슈 도출	40
다. STEEP 분석	43
라. 글로벌 메가트렌드	48
2. 국내외 정책 동향	55
가. 해외 주요국 정책 동향	55
나. 국내 정책 동향	75
다. 국내외 정책 동향 주요 시사점	90
3. R&D 추진 동향	91
가. 해외 주요국 R&D 동향	91
나. 국내 R&D 동향	117
다. 국내외 R&D 동향 주요 시사점	124
<b>제3장 국내 R&amp;D 현황 및 선행사업 분석</b>	<b>125</b>
1. 국내 R&D 현황분석	126
가. 국내 R&D 투자현황	126
나. 국내 R&D 인프라 현황	142
다. 국내 기술경쟁력 현황	151
2. 선행사업의 추진현황 및 성과	157
가. 선행사업 추진현황	157
나. 선행사업의 성과	171
다. 선행사업의 한계	181

<b>제4장 글로벌프론티어+ 사업 기본방향</b>	<b>189</b>
1. 사업 추진방향 및 추진전략 도출	190
가. 문제이슈에 따른 사업의 방향성 도출	190
나. 논리모형	191
다. 사업 목적 및 추진전략	192
2. 사업 정의 및 특성	193
3. 사업 추진체계 및 역할	195
4. 사업 구성 및 규모	196
가. 세부사업 산출 근거	196
나. 사업 구성 및 지원 규모	198
다. 연도별 소요 예산 세부내용	203
5. 사업 목표 설정	204
6. 사업 세부 추진계획	205
가. 총괄사업단장, PD, T2M 선발	206
나. 프로그램 기획	208
다. 평가	213
라. 성과 활용	215
8. 우선과제 도출	217
<b>제5장 사전타당성분석</b>	<b>220</b>
1. 과학기술적 타당성 분석	221
가. 사업기획 배경과 경위의 적절성	222
나. 문제/이슈 도출의 적절성	226
다. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성	228
라. 사업목표의 적절성	232
마. 세부활동 및 추진전략의 적절성	237
2. 정책적 타당성 분석	244
가. 정책적 배경	244
나. 상위정책과의 부합성	244
다. 타 사업과의 중복성 및 차별성	246
라. 재원조달 가능성	253
마. 사업 추진상의 위험요인	254
3. 경제적 타당성 분석	255
가. 분석 개요	255
나. 분석방법론	256
다. 분석결과	257



제5장	사전타당성분석 .....	261
1.	회의록 .....	262
2.	기술테마 .....	321

## 표 목 차

[표 I -1] 100대 사건 중 과학기술 관련 주요 사례 .....	2
[표 I -2] 한국과학기술기획평가원장 인터뷰(‘21.03.26) .....	2
[표 I -3] 문제 해결을 위해 필요한 핵심기술 .....	3
[표 I -4] 총 R&D 투자액 (단위: 억 달러, 미국대비 %) .....	4
[표 I -5] 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황 .....	5
[표 I -6] 주요국의 변혁적 연구 지원 프로그램 .....	9
[표 I -7] 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황 .....	9
[표 I -8] DARPA 조직 개요 .....	9
[표 I -9] 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식 .....	10
[표 I -10] 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교 .....	12
[표 I -11] OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언 .....	13
[표 I -12] 변혁적 기술의 특징 및 사례 .....	14
[표 I -13] 변혁적 기술 확보 전략의 특징 .....	15
[표 I -14] ARPA-E의 연구관리(PD 주도) 프로세스 .....	18
[표 I -15] 세계 최고기술 보유 수준 .....	21
[표 I -16] 경쟁형 R&D 기본 모델 .....	22
[표 I -17] DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형 .....	22
[표 I -18] 국내 도전혁신형 R&D 프로그램 비교 .....	22
[표 I -19] 투자 대비 연구 성과(‘19년 기준) .....	24
[표 I -20] 글로벌프론티어사업의 주요 성과 .....	24
[표 I -21] 선행사업 키체인저 대표성과 .....	24
[표 I -22] 글로벌프론티어 종료연구단의 목표 대비 성공률 .....	26
[표 I -23] 글프 연구단의 연구종료 이후 성과활용, 과제수행 등 현황 .....	27
[표 I -24] 국정운영계획 중 부합내용 .....	31
[표 I -25] 과학기술기본계획 중 부합내용 .....	32
[표 I -26] 제5차 과학기술기본계획 구성 (예시) .....	33
[표 I -27] 사업기획 경과 .....	37
[표 II -1] STEEP 분석의 영역별 변수(예시) .....	40
[표 II -2] STEEP 분석 프로세스 .....	41
[표 II -3] 주요기관별 미래전망보고서 STEEP 주요 이슈 및 상세 내용 .....	41
[표 II -4] STEEP 분석에 따른 주요 환경변화 및 시사점 .....	43

[표Ⅱ-5] 주요 혁신기술 확산(Tipping point) 예상시점 .....	44
[표Ⅱ-6] 혁신기술의 실생활 적용방법 및 사례 .....	44
[표Ⅱ-7] 첨단핵심기술 주요 분야별 패러다임 변화 .....	45
[표Ⅱ-8] 저탄소사회 구현 노력을 통한 2050년 사회상 .....	54
[표Ⅱ-9] America COMPETES act 관련 주요 법안 .....	56
[표Ⅱ-10] America COMPETES act 제정 및 개정이력 .....	57
[표Ⅱ-11] Endless Frontier act의 주요 내용 .....	57
[표Ⅱ-12] NIH Reform Act 주요 내용 .....	58
[표Ⅱ-13] NIH Reform Act 주요 내용 .....	59
[표Ⅱ-14] 중점과제별 내용과 지원자금 .....	61
[표Ⅱ-15] 유럽 연구혁신 위원회 7대 과업 .....	63
[표Ⅱ-16] 중국 14차 5개년 계획 기간 과학기술 키워드 및 주요 정책 .....	66
[표Ⅱ-17] 중국의 제조업혁신센터 설립 현황 .....	66
[표Ⅱ-18] 종합 이노베이션 전략 2021 중점 정책 .....	69
[표Ⅱ-19] 독일의 연구개발 전략 변화 .....	72
[표Ⅱ-20] 하이테크전략 2025 3대 전략별 기본방향 .....	73
[표Ⅱ-21] 부처간 협력체계(위원회) 기능 .....	73
[표Ⅱ-22] Autonomik für Industrie 4.0 추진 프로젝트 .....	74
[표Ⅱ-23] 문재인정부 국정운영 5개년 계획 국정과제 중 과학기술 관련 분야 .....	76
[표Ⅱ-24] 「13대 혁신성장동력」 추진 계획의 비전 .....	80
[표Ⅱ-25] 「13대 분야 혁신성장동력」으로 중점 추진분야 통합 .....	81
[표Ⅱ-26] 제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력강화 기본계획 주요내용 .....	82
[표Ⅱ-27] 4차 산업혁명 대응계획 전략분야 및 중점과제 .....	86
[표Ⅱ-28] 지능화 혁신 프로젝트 추진 12대 영역별 프로젝트 내용 및 기대효과 .....	86
[표Ⅱ-29] DARPA요약 .....	91
[표Ⅱ-30] DARPA의 사업추진 방식 .....	93
[표Ⅱ-31] DARPA의 BAA 방식 단계별 주요 내용 .....	93
[표Ⅱ-32] DARPA 주요 프로그램 현황 .....	94
[표Ⅱ-33] ARPA-E 요약 .....	96
[표Ⅱ-34] ARPA-E의 지향 가치 .....	97
[표Ⅱ-35] ARPA-E 추진 단계 .....	101
[표Ⅱ-36] ARPA-E 상세 추진 프로세스 .....	102
[표Ⅱ-37] ARPA-E 평가 지표 및 배분 .....	103
[표Ⅱ-38] EU FET 플래그십 6개 이니셔티브 개요 .....	105
[표Ⅱ-39] ERC 연구지원 프로그램 .....	107

[표Ⅱ-40] PM의 선정 절차 및 역할 .....	110
[표Ⅱ-41] 「ImPACT」 세부 프로그램 .....	111
[표Ⅱ-42] Moonshot 요약 .....	111
[표Ⅱ-43] Moon shot project 추진경과 .....	112
[표Ⅱ-44] 미래사회창조사업 중점 추진 영역 .....	115
[표Ⅱ-45] 산업기술 알키미스트 프로젝트 주요 내용 .....	122
[표Ⅲ-1] 2020년 부처별 R&D 투자비중 .....	127
[표Ⅲ-2] 총 연구개발비 중 연구개발단계별 투자 추이 .....	128
[표Ⅲ-3] 2020년 기술분야별 R&D 투자비중 .....	128
[표Ⅲ-4] SCI급 논문성과(10억원당) .....	130
[표Ⅲ-5] 국내 등록 특허성과(10억원당) .....	134
[표Ⅲ-6] 기술료 및 사업화성과(10억원당) .....	137
[표Ⅲ-7] 2016년 부처별 연구개발단계별 국가연구개발사업 .....	138
[표Ⅲ-8] 산업계 연구개발비 투자 비중 추이 .....	140
[표Ⅲ-9] 공공 연구소와 대학 현황 .....	142
[표Ⅲ-10] 기술이전 수입액 .....	146
[표Ⅲ-11] 기술이전 계약체결 건수 .....	146
[표Ⅲ-12] 기관유형별 기술이전률 .....	146
[표Ⅲ-13] 국내 출연연 기술이전 실적(2017, 2018년) .....	147
[표Ⅲ-14] 상위 30개 대학 특허 및 기술료 실적(2017년) .....	149
[표Ⅲ-15] 기술수준평가 대상 기술분야별 중점과학기술 수 .....	151
[표Ⅲ-16] 국가별 전체 기술수준(%) 및 기술격차(년) .....	152
[표Ⅲ-17] 국가별 연구단계 역량 및 연구개발 활동경향 .....	152
[표Ⅲ-18] 국가별 전체 기술수준(%) 및 기술격차(년) .....	153
[표Ⅲ-19] 연구개발 활동 경향 및 연구단계별 역량 .....	154
[표Ⅲ-20] 주요국 세계최고기술 보유 현황 .....	155
[표Ⅲ-21] 11개 분야 세부 기술의 연구개발 단계별 역량 .....	155
[표Ⅲ-22] 연구단계별 사업규모 및 기간 .....	158
[표Ⅲ-23] 4대 미래 이슈 대응을 위한 글로벌프런티어 중점추진 후보 26대 분야	
159	
[표Ⅲ-24] 사업 추진 기관 역할 .....	160
[표Ⅲ-25] 연구단장의 자격 .....	162
[표Ⅲ-26] 연구단장의 권한 .....	162
[표Ⅲ-27] 연구단장 선정평가 지표 .....	163
[표Ⅲ-28] 연구단 연구목표 .....	166

[표Ⅲ-29] 사업 종료 후 연구단 존속 현황 .....	168
[표Ⅲ-30] 연구단 존속 및 해산 계획서 주요내용 .....	169
[표Ⅲ-31] 연구단 최소 운영 기준 및 법인 거버넌스 .....	169
[표Ⅲ-32] 연도별 논문 성과(정량/투입대비) .....	171
[표Ⅲ-33] 연도별 논문 질적 수준 .....	171
[표Ⅲ-34] 글로벌프론티어사업 성과 연계 현황 .....	173
[표Ⅲ-35] 연도별 특허 성과(정량/투입대비) .....	174
[표Ⅲ-36] 연도별 특허 질적 수준 : SMART3 등급별 건수 및 환산점수 .....	175
[표Ⅲ-37] 연도별 글로벌 특허 성과(정량/투입대비) .....	175
[표Ⅲ-38] 연도별 기술이전 성과(정량/투입대비) .....	177
[표Ⅲ-39] 연도별 특허활용률 .....	178
[표Ⅲ-40] 연도별 창업 성과(정량/투입대비) .....	178
[표Ⅲ-41] 창업 및 투자유치 주요 사례 .....	178
[표Ⅲ-42] 글로벌프론티어사업 주요 성과 .....	179
[표Ⅲ-43] 선행사업 연구단장 검토의견 .....	182
[표Ⅲ-44] 선행사업 사업기획위원회 개선의견 .....	184
[표Ⅳ-1] 임무형 목표 제시(좌), 변혁적 연구 지원 방식(우) .....	193
[표Ⅳ-2] 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 R&D .....	194
[표Ⅳ-3] 글로벌프론티어 사업 -> 글로벌프론티어+ 사업 운영방안 변경 ....	194
[표Ⅳ-4] 글로벌 프론티어 플러스 사업 추진체계 .....	195
[표Ⅳ-5] 추진체계 주체별 역할 및 책임 .....	195
[표Ⅳ-6] ARPA-E 주요 프로그램 사례 .....	196
[표Ⅳ-7] 필요한 예산 및 지원기간 설문조사 결과 .....	197
[표Ⅳ-8] 2021년도 과기정통부 유사사업 현황 .....	197
[표Ⅳ-9] 필수전략형 지원 체계 및 주체별 역할 .....	198
[표Ⅳ-10] PD의 필수전략형 포트폴리오 관리방식 예시 .....	199
[표Ⅳ-11] 필수전략형 연도별 소요예산 예시(경쟁형 도입 시) .....	199
[표Ⅳ-12] 미래도전형 지원 체계 및 주체별 역할 .....	200
[표Ⅳ-13] PD의 미래도전형 포트폴리오 관리방식 예시 .....	200
[표Ⅳ-14] 미래도전형 연도별 소요예산 예시(경쟁형 도입 시) .....	200
[표Ⅳ-15] 사업화 지원 프로그램 지원 체계 및 주체별 역할 .....	201
[표Ⅳ-16] 사업화 지원 프로그램 연도별 소요예산 예시 .....	202
[표Ⅳ-17] 연도별 프로그램에 따른 인력 규모 .....	202
[표Ⅳ-18] 글로벌프론티어+ 사업단 운영비(안) .....	203
[표Ⅳ-19] 사업 추진규모 .....	203

[표Ⅳ-20] 성과목표 및 핵심 성과지표 설정 근거 .....	204
[표Ⅳ-21] 프로그램 기획 절차 .....	208
[표Ⅳ-22] 테마발굴 절차 .....	208
[표Ⅳ-23] 테마발굴 위원 구성(안) .....	209
[표Ⅳ-24] 테마선정 평가항목 .....	209
[표Ⅳ-25] 프로그램 설정 절차 .....	209
[표Ⅳ-26] 프로그램 설정 평가항목 .....	210
[표Ⅳ-27] 과제 선정 및 협약 절차(안) .....	212
[표Ⅳ-28] 과제 선정 평가항목(안) .....	213
[표Ⅳ-29] 평가 체계도 .....	213
[표Ⅳ-30] 컨설팅 결과 보고서 항목(안) .....	214
[표Ⅳ-31] 최종평가 기준 (안) .....	214
[표Ⅳ-32] 사업화 계획의 T2M 지원 요청항목(안) .....	215
[표Ⅳ-33] 글로벌프론티어+ 전담기관 지정시 담당기관 역할(안) .....	216
[표Ⅳ-34] 글로벌프론티어+ 프로세스 대응 예시과제 도출 현황 .....	217
[표Ⅳ-35] 글로벌프론티어+ 예시과제 - 테마발굴 결과 .....	218
[표Ⅳ-36] 글로벌프론티어+ 예시과제 - 테마 선정 결과 .....	219
[표Ⅴ-1] 과학기술적 타당성 분석 항목 .....	221
[표Ⅴ-2] 문제이슈 도출 .....	222
[표Ⅴ-3] 핵심이슈 도출 .....	223
[표Ⅴ-4] SWOT 분석 .....	224
[표Ⅴ-5] 추진전략 도출 .....	225
[표Ⅴ-6] 문제인식 및 해결방안 .....	228
[표Ⅴ-7] 주요국 세계최고기술 보유 현황 .....	229
[표Ⅴ-8] 4차 산업혁명 주요기술 확보 수준 .....	230
[표Ⅴ-9] 사업기획 경과 .....	240
[표Ⅴ-10] 기술비지정방식 추진 근거 .....	243
[표Ⅴ-11] 동 사업의 상위계획과의 부합성 .....	245
[표Ⅴ-12] 중복성 검토 대상사업 .....	246
[표Ⅴ-13] 국가 R&D 자원분배 계획 .....	253
[표Ⅴ-14] 과기정통부 최근 5년간 R&D 예산 증가내역 .....	253

## 그 립 목 차

[그림 I-1] 국내 기술무역수지(’07~’19) .....	3
[그림 I-2] 생산연구인구 전망 .....	3
[그림 I-3] 한국 1인당 연간 잠재성장률 추이(단위:%) .....	3
[그림 I-4] 미국의 반도체 기업 요구 .....	5
[그림 I-5] 변혁적 기술 포지셔닝 .....	7
[그림 I-6] DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도 .....	11
[그림 I-7] OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해 .....	13
[그림 I-8] 주요 용어의 관계 .....	15
[그림 I-9] DARPA의 포트폴리오 관리방식 .....	16
[그림 I-10] 우리나라의 혁신정책 및 연구개발사업 추진 경과 .....	19
[그림 I-11] 주요국 총 연구 R&D 및 GDP 대비 비중 .....	20
[그림 I-12] 최근 15년간 SCI 논문 수 .....	20
[그림 I-13] 국내 HRHR 연구의 참신성/과학적 영향력 수준 .....	20
[그림 I-14] 기존 추진 사업의 노력과 성과 .....	23
[그림 I-15] 글로벌프론티어사업 성과물의 후속사업 연계 분석결과 .....	25
[그림 I-16] 글로벌프론티어사업 성과물의 단계별 확보 현황 .....	28
[그림 I-17] 2022년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(안) 기본방향 .....	34
[그림 I-18] R&D 혁신방안 주요 내용 .....	35
[그림 I-19] 국가필수전략기술 기술선정 원칙 및 기준 .....	36
[그림 I-20] 국가필수전략기술 .....	36
[그림 II-1] 사회구조 변화와 관련된 미래 특징 .....	45
[그림 II-2] 기후변화 (온도 상승)에 따른 변화 전망 .....	47
[그림 II-3] 코로나19 이후의 미래(Post-viral era)전망 .....	48
[그림 II-4] 기술전쟁 주요사건 및 기술냉전 지수 추이 .....	50
[그림 II-5] 탈원전, 탈석탄 정책에 따른 전원 구성 변화(단위 : %) .....	53
[그림 II-6] 미 NIH 사업구조의 변화 .....	58
[그림 II-7] 미 NIH Common Fund 선정 기준 .....	59
[그림 II-8] 유럽 연구혁신 위원회 주요 과업 .....	62
[그림 II-9] 중국의 과학기술혁신강국 건설 단계별 목표 .....	64
[그림 II-10] 제 6기 과학기술·이노베이션 기본계획의 Society5.0 .....	67
[그림 II-11] 일본 산업기술 혁신시스템 개요 .....	70
[그림 II-12] 하이테크전략 2025 전략 및 12대 액션플랜 .....	72
[그림 II-13] 제4차 과학기술기본계획이 제시하는 비전과 미래모습 .....	78

[그림Ⅱ-14] 제4차 과학기술기본계획 4대 전략 19개 추진과제 .....	79
[그림Ⅱ-15] 「2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」 기본방향 .....	83
[그림Ⅱ-16] 국가R&D 혁신방안 실행계획(부처협동, '18.11)의 주요 내용 .....	85
[그림Ⅱ-17] DARPA의 Project pool 관리방식 .....	96
[그림Ⅱ-18] ARPA-E 프로젝트를 통한 새로운 학습 곡선의 창출 .....	98
[그림Ⅱ-19] ARPA-E의 포지셔닝 .....	98
[그림Ⅱ-20] ARPA-E의 연구 Target .....	99
[그림Ⅱ-21] ARPA-E의 마일스톤 변경 현황 .....	99
[그림Ⅱ-22] Open Solicitation 추진 영역 및 프로젝트 .....	101
[그림Ⅱ-23] ARPA-E 프로그램 추진 단계 .....	102
[그림Ⅱ-24] 프로그램 생성, 프로젝트 선택 및 수행자 관리를 위한 ARPA-E의 내부 프로세스. 103	
[그림Ⅱ-25] 일본 Moon-shot 프로젝트의 목표설정 영역 및 장기목표 .....	113
[그림Ⅱ-26] 일본 Moon-shot 프로젝트의 경쟁형 R&D 운영 방식 .....	114
[그림Ⅱ-27] 미래사회창조사업 추진 흐름 .....	116
[그림Ⅱ-28] 미래융합기술 파이오니어 사업 비전/목표 .....	117
[그림Ⅱ-29] 과학난제도전 융합연구개발 사업 비전/목표 .....	119
[그림Ⅱ-30] 산업기술 알키미스트 프로젝트 비전체계도 .....	121
[그림Ⅱ-31] 산업기술 알키미스트 프로젝트 사업추진방식 .....	123
[그림Ⅲ-1] 우리나라 총 R&D 및 GDP 대비 R&D 추이 .....	127
[그림Ⅲ-2] 주요국 총 연구 R&D 및 GDP대비 비중 비교 .....	127
[그림Ⅲ-3] 국가별 재원유형 비중 .....	129
[그림Ⅲ-4] 정부 기초·원천 R&D SCI(E)논문 수 및 연구단계별 과제 수 .....	130
[그림Ⅲ-5] 최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK) 추이 .....	131
[그림Ⅲ-6] 연구원 1인당 SCI 논문 수 추이 .....	132
[그림Ⅲ-7] 5년 주기별 논문당 평균 피인용 수 추이 .....	132
[그림Ⅲ-8] R&D 투자 대비 특허건수 추이 .....	133
[그림Ⅲ-9] 연구단계별 국내 출원 및 등록특허 성과 .....	133
[그림Ⅲ-10] 연구단계별 해외 출원 및 등록특허 성과 .....	134
[그림Ⅲ-11] 연구개발투자 대비 지식재산사용료 수입 비중 추이 .....	135
[그림Ⅲ-12] 연구단계별 기술료 징수건수 추이('15년~'19년)] .....	136
[그림Ⅲ-13] 연구단계별 사업화 건수 추이('15년~'19년)] .....	136
[그림Ⅲ-14] 매출액 대비 연구개발비 비중 .....	141
[그림Ⅲ-15] `20년 클래리베이트 애널리틱스 선정 국내대학 연구자 .....	145
[그림Ⅲ-16] 국내 공공연구기관 기술이전효율성 변화 추이 .....	147
[그림Ⅲ-17] 중점투자분야 도출 과정 .....	159



[그림Ⅲ-18] 사업추진체계 .....	161
[그림Ⅲ-19] 연구단장 선정평가 프로세스 .....	163
[그림Ⅲ-20] 단계평가 프로세스 .....	165
[그림Ⅲ-21] 연구단 주요 사업 - 수익사업 .....	170
[그림Ⅲ-22] 글로벌프론티어사업의 연계 현황 .....	173
[그림Ⅲ-23] 과학적/기술적/경제적 성과 연도별 추이 .....	187
[그림Ⅲ-24] 경제적 세부성과 연도별 추이 .....	187
[그림Ⅳ-1] 글로벌프론티어+사업 목적 및 추진전략 .....	192
[그림Ⅳ-2] DARPA의 프로그램 HPCS(고성능 연산 시스템) 개발 사례 .....	196
[그림Ⅳ-3] 글로벌프론티어+ 사업 프로세스 .....	205
[그림Ⅳ-4] 기존의 주류 기술 한계 이상의 잠재적 목표 설정 .....	211
[그림Ⅴ-1] 글로벌프론티어+사업과 혁신도전프로젝트 비교 .....	250
[그림Ⅴ-2] 글로벌프론티어+사업과 산업기술 알키미스트 프로젝트 비교 .....	252

## 제1장 연구개요

---

1. 사업추진 배경 및 필요성
2. 추진 근거 및 사전절차

## 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 I-1] 100대 사건 중 과학기술 관련 주요 사례

•구텐베르크의 인쇄기술(1455), •제임스 와트의 증기기관(1769), •다윈의 종의 기원(1859)  
•페니실린 발견(1928), •텔레비전 방송(1928), •X-ray 발견(1895), •망원경 개발(1674) 등

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

- 주요국은 국가현안문제를 해결하기 위한 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

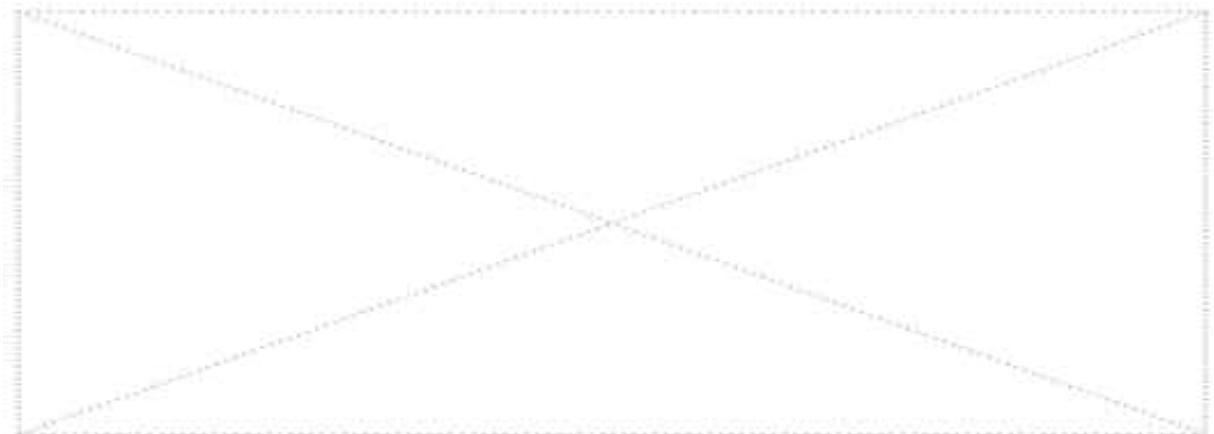
[표 I-2] 한국과학기술기획평가원장 인터뷰('21.03.26)

한국과학기술기획평가원장 인터뷰('21.03.26)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>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 파스 테크니카(Pax Technica)의 시대가 도래하고 있습니다.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>도전적 문제에 대해서 과학기술을 통한 선제적 대응 수요가 높아지고, 이를 통한 지속가능한 성장동력을 확보할 수 있다는 측면에서 혁신적인 기술의 필요성 증대</li> </ul>

[표 I-3] 문제 해결을 위해 필요한 핵심기술

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

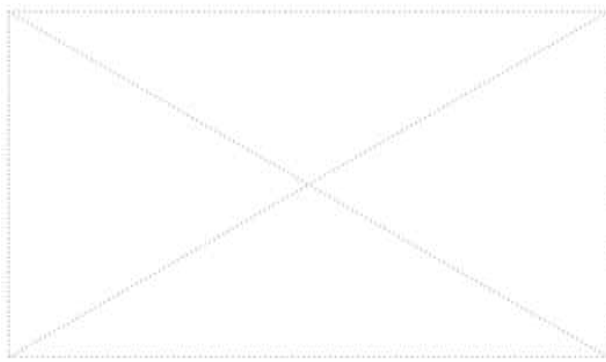
- 한편, 우리나라는 핵심 원천기술의 부족으로 인해 국내 경제가 성장할수록 대외 기술 의존도가 높아지는 구조가 형성



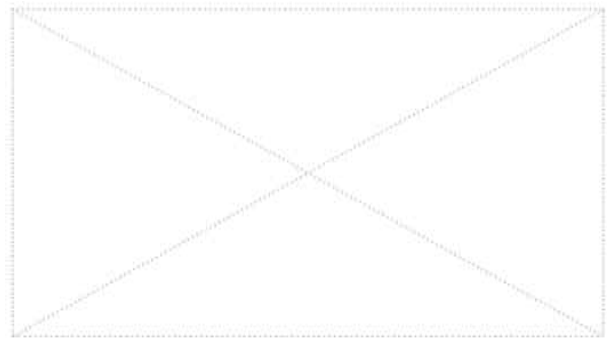
[그림 I-1] 국내 기술무역수지('07~'19)

\* 출처 : 2019년도 기술무역통계보고서(2021)

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



[그림 I-2] 생산연구인구 전망



[그림 I-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 I-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 국립과학 재단(NSF) 기술혁신국 신설('21.6)을 통해 전략적 지원 강화

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

- (중국) 7대 첨단 과학기술 강화, 8대 신산업 육성 등 첨단기술을 통한 국가 발전 전략 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
- 각국의 경쟁적인 기술투자와 미·중 무역분쟁으로 시작된 글로벌밸류체인(GVC) 개편 등 향후 개편될 미래사회 경제구조에 대응한 기술확보 필요

[표 I-5] 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황

독일	○ 핵심 기술분야 기술주권 강화를 위해, 연방교육연구부(BMBF) 주관으로 '기술주권위원회' 설치 및 운영('21.9)
프랑스	○ 기술혁신을 통한 국가경쟁력을 강화하기 위한 '혁신위원회'를 신설('19.11)하고, 혁신산업기금을 통해 2.5억 유로의 재정지원 예정
영국	○ 과학기술 초대강국 실현을 위해 국가과학기술위원회(NSTC) 및 지원조직인 총리실 산하 과학기술전략실(OSTS) 설립 발표('21.6) 및 추진 중
일본	○ 내각부에 경제안보 담당 조직을 설치하고, 관계 성·청 및 연구자로 구성된 '중요기술연구개발협의회의(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



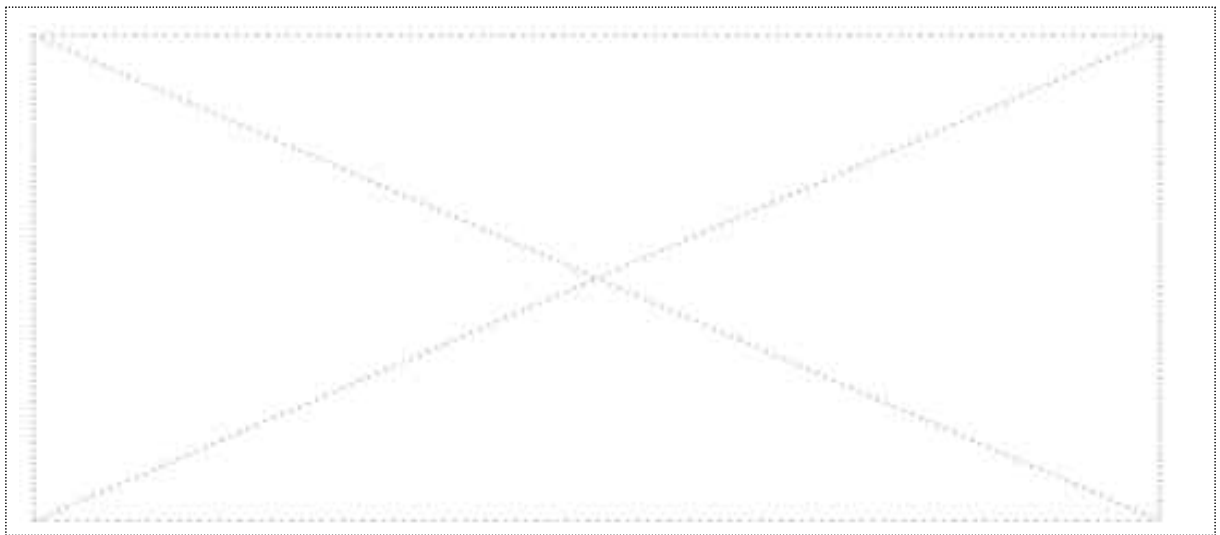
출처 : 한경닷컴 홈페이지

[그림 I -4] 미국의 반도체 기업 요구

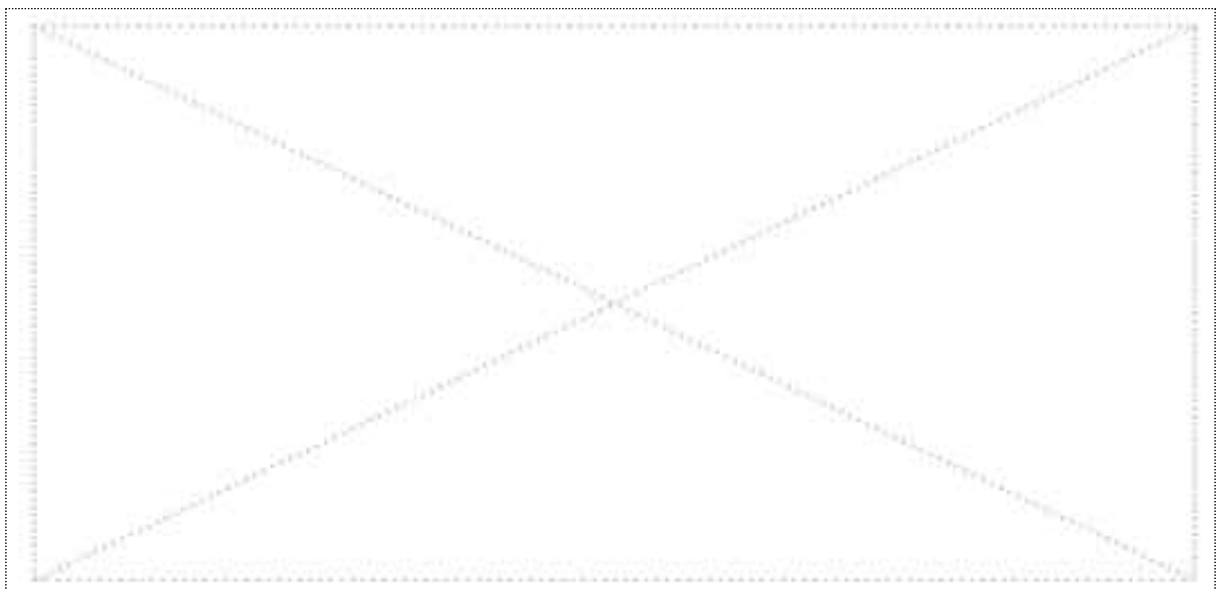
- 경쟁의 전선은 반도체를 중심으로 기후기술(에너지 안보, 녹색경제), 우주(우주군, 우주경제), ICT(사이버안보, 디지털경제 등), 바이오(백신 무기화, 바이오경제) 등 전 분야로 확대

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



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





□ 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

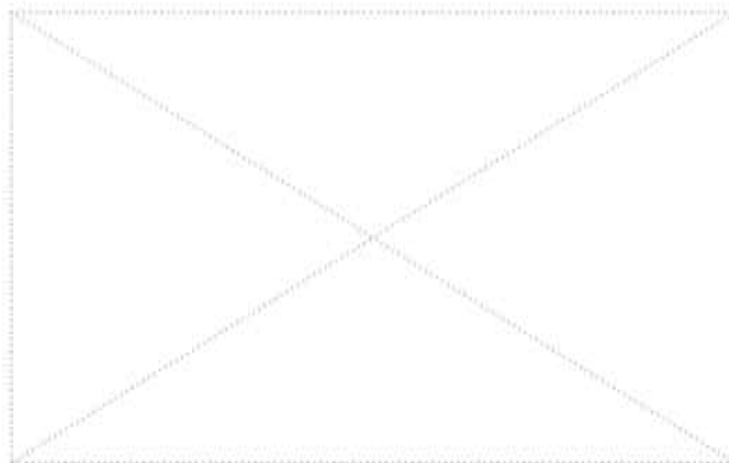
※ 美 DARPA를 통해 개발된 변혁적 기술인 GPS, 인터넷, 자율주행 기술 등은 신산업 창출에 기여

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

- 변혁적 기술 확보를 위해서는 대규모 비용이 들고 성공 확률이 낮기 때문에 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

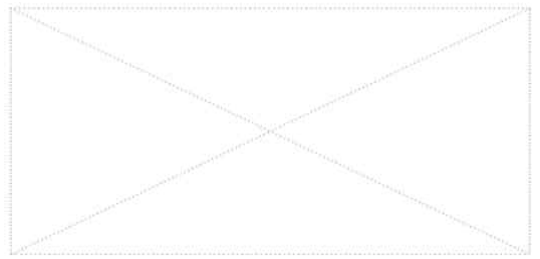


[그림 I-5] 변혁적 기술 포지셔닝

## <변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례>

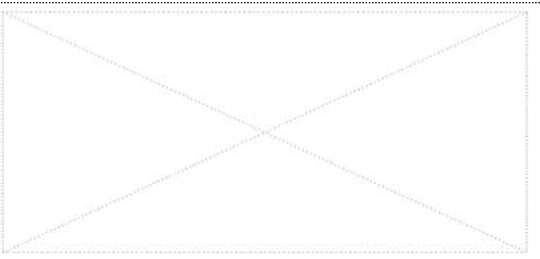
### ① mRNA 백신

- 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



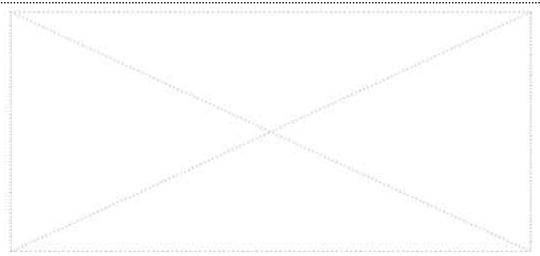
### ② 이차전지

- 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



### ③ 위성항법시스템(GPS)

- 나침반, 지도를 통해 위치를 확인하는 방식에서 위성을 통해 위치를 확인하는 방식으로 혁신적인 전환
- 원양항법, 자율주행차 등 다양한 분야의 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 I-6] 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 I-7] 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황

국가	독립적인 지원조직 현황
미국	• DARPA('58)를 성공모델로 하여 IARPA(정보), ARPA-E(에너지), ARPA-H(보건), HSARPA(국토안보) 등으로 확산
중국	• 미국의 DARPA 모델에 필적하는 군 혁신조정위원회를 설립('17)
유럽	• 마크롱 프랑스 대통령은 유럽한 DARPA와 같은 파괴적 혁신을 위한 범유럽 혁신기구의 설립 필요성을 주장 • 프랑스는 혁신 지원을 위해 국방혁신기구(Defense Innovation Agency)를 설립 • 영국은 ARPA 방식을 모방하여 UKRI와 독립된 혁신연구기관 ARIA 신설

[표 I-8] DARPA 조직 개요

개요	• 미 국방부 산하 R&D 기획·평가·관리 전담기관
인력/예산	• (인력) 약 220명(PD 96명('18년)) • (예산) 약 34억 달러, 250개 프로그램
기획	• PD들의 프로그램 아이디어를 검증·정제하여 DARPA 국장과 부국장이 프로그램화 여부 최종 결정
관리	• 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 I-9] 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식

관리방식	지원 내용	장단점	정책사례
장기 지원	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
시드 펀딩	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 I-6] DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도

⇒ 변혁적 기술 확보를 위해 ①혁신적인 분야에 대한 명확한 목표를 설정하고, ②새로운 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 고위험·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

「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

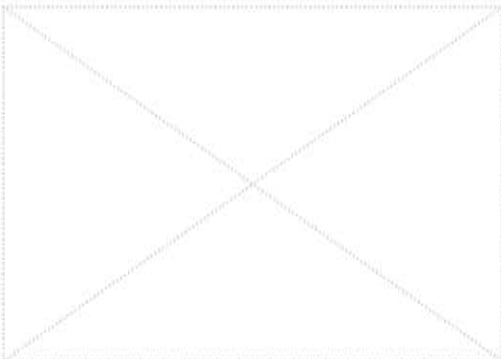
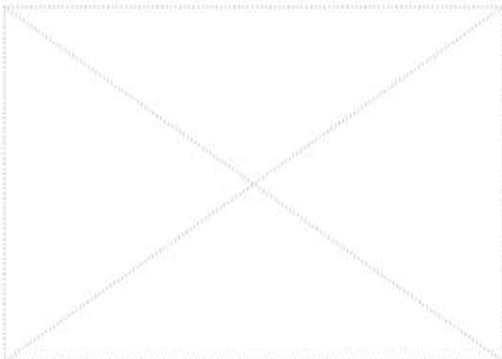
<effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD, 2021>

- 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

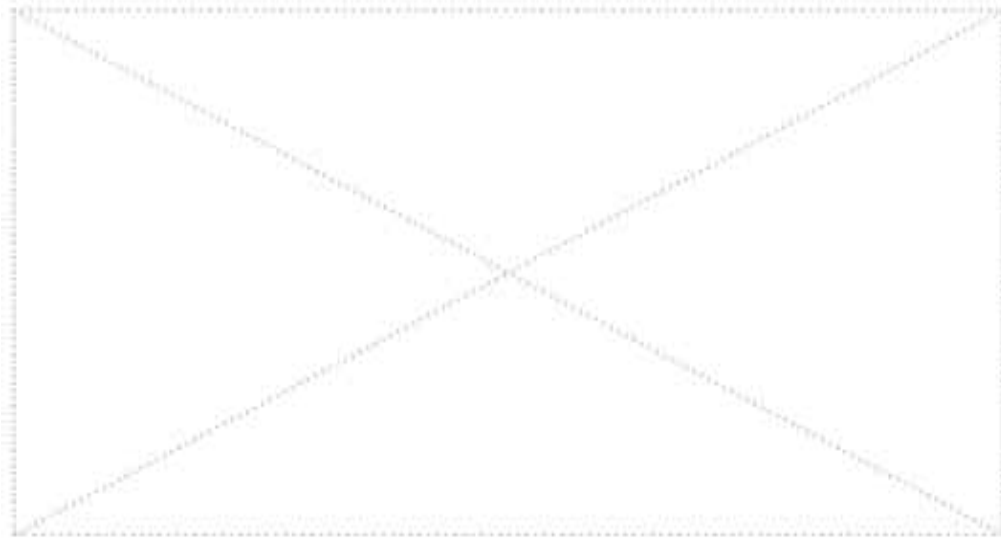
[표 I-10] 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교

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
비고	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

[그림 I -7] OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해



출처 : Effective Policies to foster High-risk/High-Reward Research, OECD, 2021

[표 I -11] OECD 고위험 연구 지원을 위한 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

## < 주요 용어의 개념 >

### ○ 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 I-12] 변혁적 기술의 특징 및 사례

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



## ○ 변혁적 기술 확보 전략

[표 I-13] 변혁적 기술 확보 전략의 특징

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

## ○ 주요 용어의 관계

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

[그림 I-8] 주요 용어의 관계



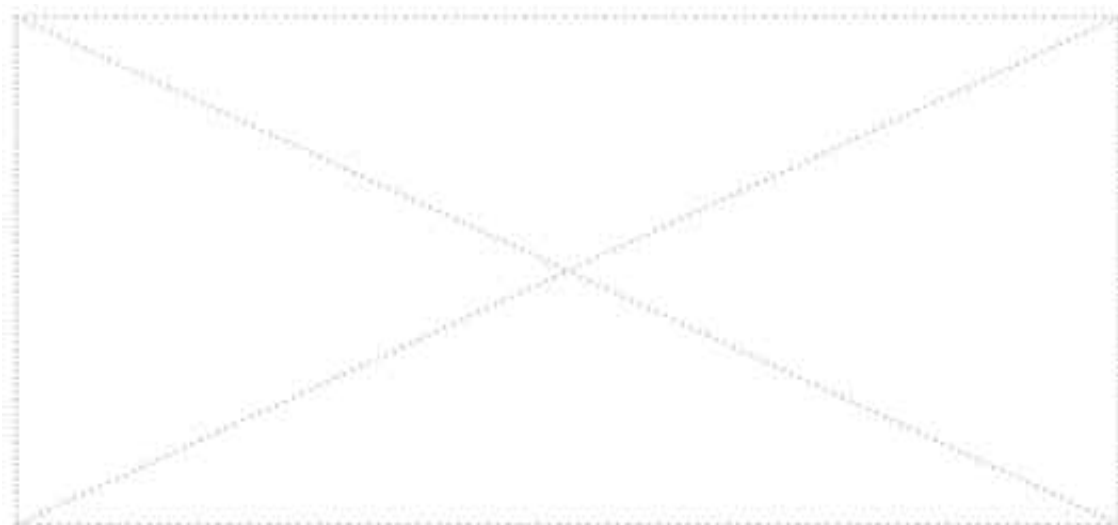
□ 독립·자율적인 지원조직, 포트폴리오 리스크 관리, 임무달성을 위한 적극적인 관리 등 새로운 관리방식 도입 필요

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 I-9] DARPA의 포트폴리오 관리방식



② 임무 달성을 위한 적극적인 과제관리

○ 임무를 성공적으로 달성할 수 있도록 PD(Program Director)가 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

「참고」 ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례)

- (MINER 프로그램) 공급망 충격과 환경오염에 대응하여 광물 확보 효율 증가 및 이산화탄소 발생량 저감 등을 목표로 추진되어, 각 세부목표별 정량지표 설정하여 과제 관리

구분	목표
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

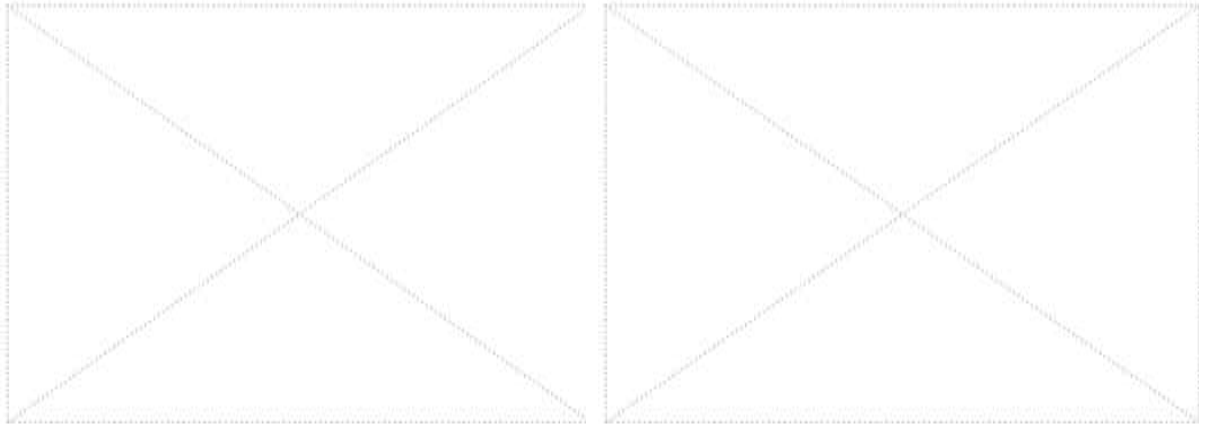
- 대부분의 변혁적 연구 프로그램은 기존의 지원체계에서 벗어난 독립적이고 자율적인 전담기관을 설립하여 프로그램을 관리
  - 자유도가 높고 독립적인 R&D 기획, 평가 및 관리를 통해 변혁적 기술 확보만을 목적으로 하는 전담기관을 구성하여 지원
- ※ 美 DARPA를 대표 모델로 하며, 대부분의 선진국에서 DARPA를 벤치마킹하여 독립조직을 구성하거나 구성 준비 중

< 참고 : ARPA-E 개요 >

- (목적) 미국의 에너지 수입을 10년간 20%까지 감소시키기 위한 ‘파괴적이고 혁신적’인 에너지 기술 및 정책개발
  - 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

< 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 I-14] ARPA-E의 연구관리(PD 주도) 프로세스

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

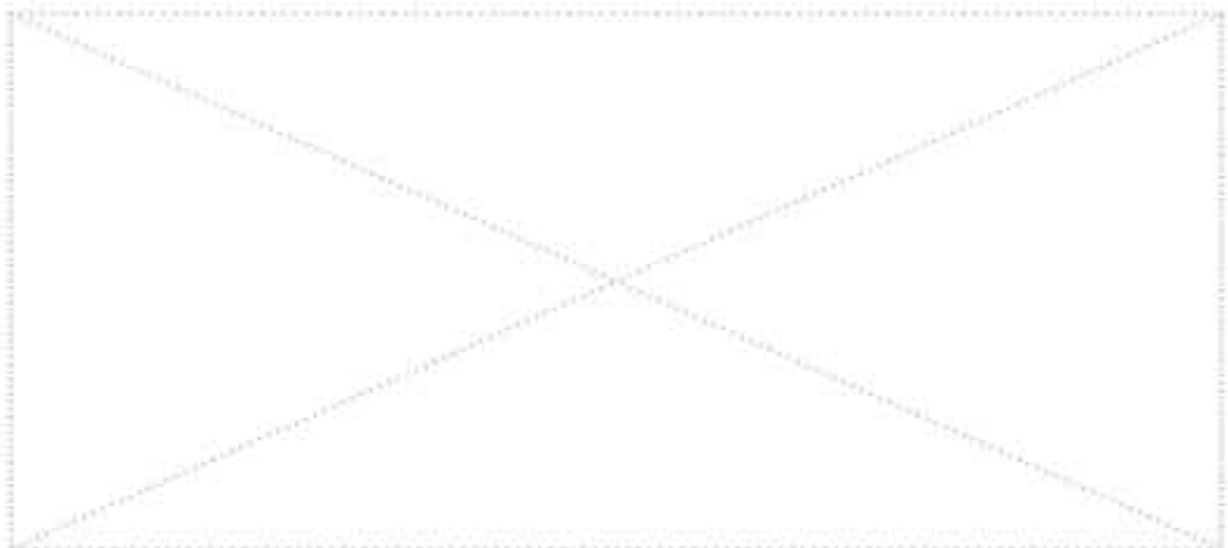
- (기술 사업화) T2M(Tech To Market)이 R&D 성과의 사업화 파급을 위한 사업화 방향성 제언, 민간 네트워크 연계 등을 주도적으로 수행

## 나. 사업 추진 필요성

### 우리의 변혁적 기술 확보 지원 현황

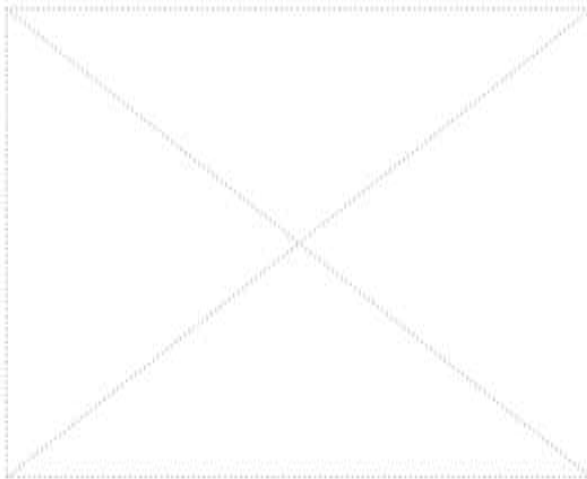
- 우리나라는 과학기술 선도국가로 도약하기 위해 혁신정책을 마련하고 있으며 그에 따른 투자 확대도 지속 추진 중
  - 모방형·추격형 R&D에서 벗어나서 탈 추격형, 과학기술 선도형 국가로 도약하기 위한 정책 및 연구개발 사업 추진 중
    - 도전·혁신적 R&D로의 전환 정책을 전개하는 방향성 하에서 최근 도전·혁신형 R&D 사업을 전개
      - \* 정부 연구개발시스템 혁신방안, 정부 R&D 혁신방안, 국가 R&D 혁신방안 등
      - \* 혁신도약형 R&D 시범사업 실시 -> 한국형 DARPA(혁신도전프로젝트) 추진

[그림 I-10] 우리나라의 혁신정책 및 연구개발사업 추진 경과

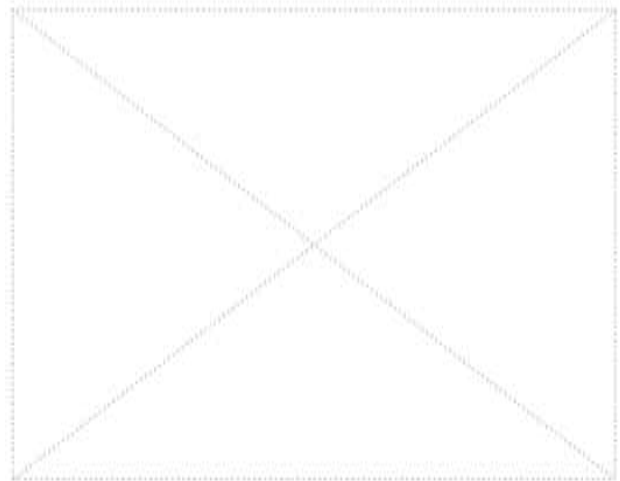


- 우리나라의 GDP 대비 R&D 투자규모는 OECD 국가 중 2위이며, SCI 논문 수 등의 양적 성과는 꾸준히 증가하는 추세

[그림 I-11] 주요국 총 연구 R&D 및 GDP 대비 비중



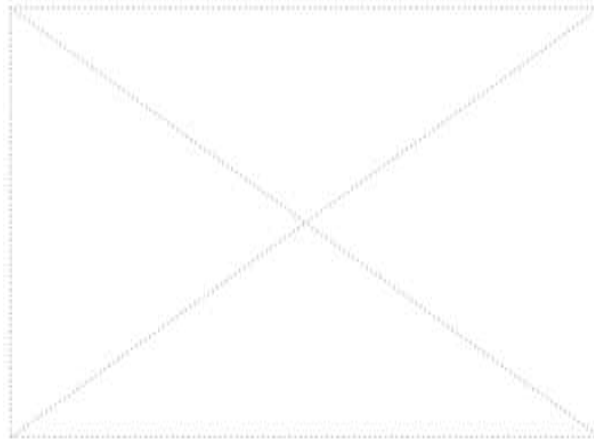
[그림 I-12] 최근 15년간 SCI 논문 수



※ 출처: OECD ECONOMIC POLICY PAPER No.29('21.10)

- 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 I-13] 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 I-15] 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 투자2위 국가로, 막대한 R&D투자에도 불구하고, 경제성장률 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 연구축진을 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 I-16] 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 I -17] DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형

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

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

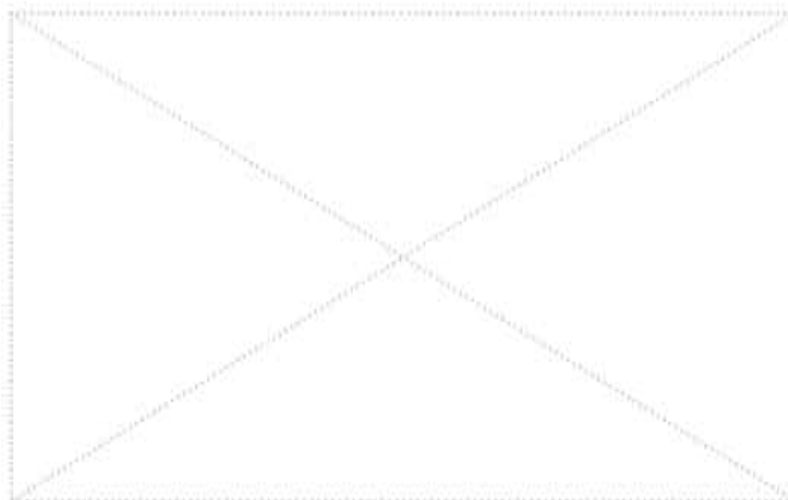
[표 I -18] 국내 도전혁신형 R&D 프로그램 비교

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

## 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 12400건의 SCI급 논문을 발표

[그림 I-14] 기존 추진 사업의 노력과 성과



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

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

○ SCI 논문, 특허 등록 등 타 사업대비 높은 과학적 성과 창출

[표 I-19] 투자 대비 연구 성과('19년 기준)

구분	SCI논문(10억원당)	국내 특허등록(10억원당)
국가 전체	0.78	1.07
과기부		
주요R&D사업(중복배제)	10.32	0.96
원천기술개발사업	8.23	1.14
글로벌프론티어 사업	10.8	3.8

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


[표 I-20] 글로벌프론티어사업의 주요 성과

- ❶ 페로브스카이트 태양전지 세계최고 공인효율 7회 갱신  
※ 16.2%('13) > 20.1%('14) > 24.2%('19.04) > 25.2%('19.08) 등 7회 갱신
- ❷ 고기능 생리활성 물질 진세노사이드 대량생산 기술 개발  
※ 생합성 기술(생산성 1.5g/L, 생산 단가 1/100) 세계 최초 성공
- ❸ 마이크로 LED 롤 전사기술 세계최초 상용화  
※ 전사속도 및 면적에서 기존 기술 대비 100~1,000배 생산성 증대

#### < 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 I -21] 선행사업 키체인저 대표성과

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

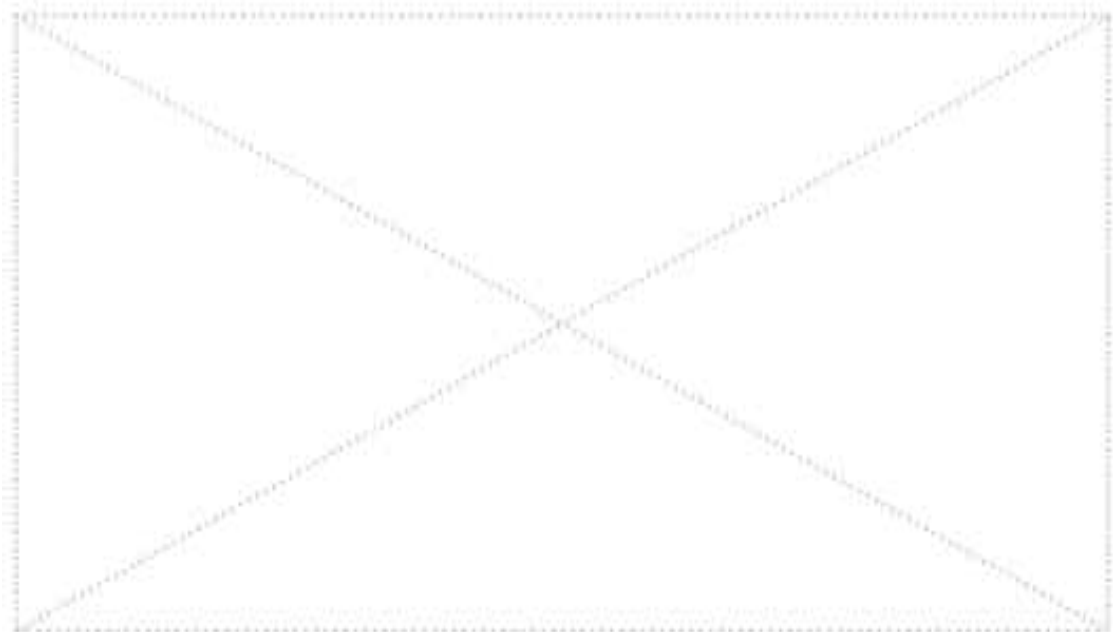
○ 글로벌프론티어 사업을 통해 확보한 핵심 원천기술들이 다양한 영역으로 활용·확대

- 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 I -15] 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 I-22] 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

「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

- 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, 실체는 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」

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

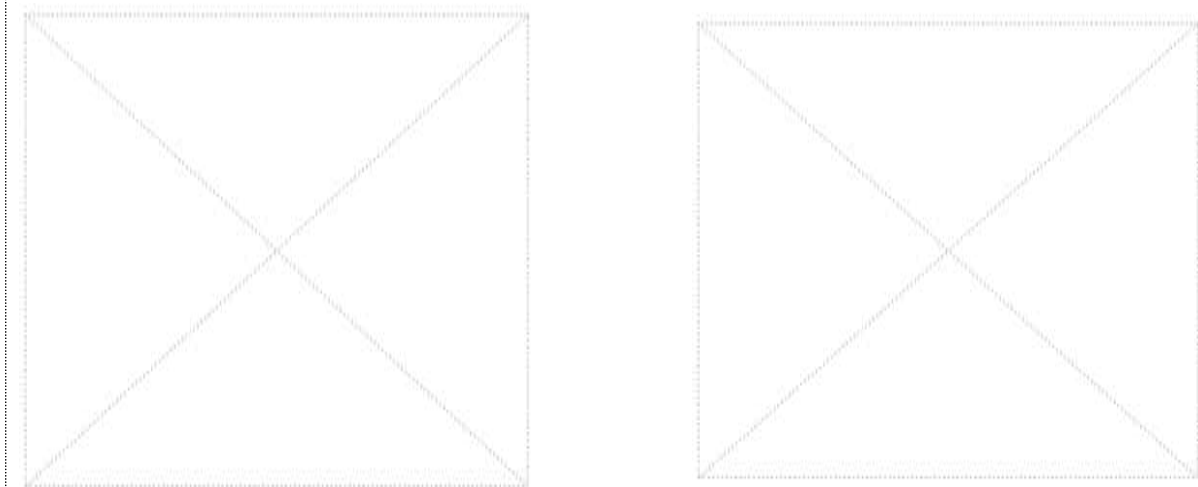
④ 연구 성과를 전문적으로 관리하는 별도의 지원체계가 갖춰져 있지 않아 성과 활용에 대한 체계적인 지원은 미흡

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

[표 I-23] 글프 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)
나노기반소프트אלكترو닉스	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)

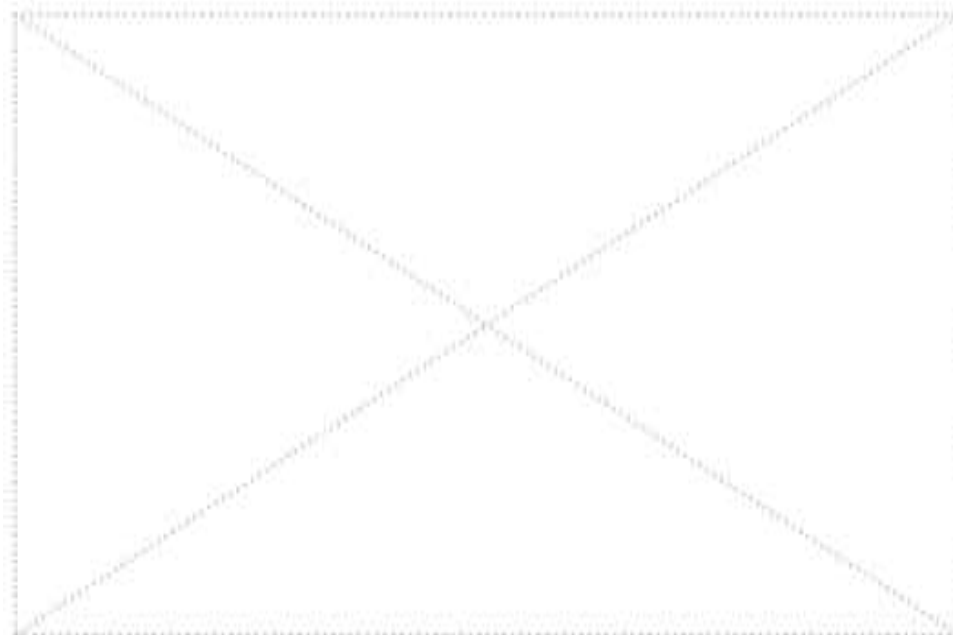
⇒ 변혁적 기술을 확보할 수 있는 새로운 R&D 프로그램 도입 시급



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(0억원) -> 2단계(430.1억원) -> 3단계(737.1억원) -> 4단계(104억원)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소

[그림 I -16] 글로벌프론티어사업 성과물의 단계별 확보 현황



## 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)

- 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 윤리), 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)



- 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.

(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

### □ 국정운영 5개년 계획: 100대 국정과제 ('18~'22)

- 현 정부는 5대 국정목표-20대 국정전략-100대 국정과제와 487개 실천과제 수립하고 있으며 20대 핵심전략으로 과학기술 발전 선도를 강조
- (전략4. 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명) ICT, 미래형 신산업, 친환경, 주력산업 등의 국가 기반이 되는 핵심분야의 과학기술 발전을 강조
  - (과제 35.) 급변하는 국제경제환경에 대응하는 주요한 전략으로 과학기술 역할 강조
    - 소재·부품·장비 핵심품목의 집중투자, 전략수립과 신속한 기술자립화, 글로벌공급망(GVC) 재편에 대응한 R&D지원 및 제도개선을 명시
  - (과제 38.) 제조업 부흥, 주력산업 재편 등의 국가의 산업경쟁력 회복을 과업으로 제시
    - '20년 소부장 경쟁력 강화 대책 2.0을 수립하며 핵심품목의 공급안정화, R&D 집중투자, 협력 생태계 조성 등을 목표달성 내용으로 제시

[표 I -24]국정운영계획 중 부합내용

5대 국정목표				
국민이 주인인 정부	더불어 잘사는 경제	내 삶을 책임지는 국가	고르게 발전하는 지역	평화와 번영의 한반도
20대 국정전략				
소득주도 성장을 위한 일자리경제	활력이 넘치는 공정경제	서민과 중산층을 위한 민생경제	과학기술발전과 4차 산업혁명	중소벤처 주도 창업과 혁신성장
100대 국정과제				
과제 35	자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성			
	(과학기술역할) 과학기술 중심 글로벌 공급망 재편 대응 추진, 소부장 핵심품목 집중투자			
과제 38	주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복			
	(소부장 강국도약) 소부장경쟁력강화대책 등으로 핵심품목 공급 안정화, R&D 집중투자 등			

## □ 제4차 과학기술기본계획 ('18~'22)

- 과학기술분야 최상위법인 과학기술기본법에 의해 과학기술발전을 위한 중장기적 목표-방향-과제 등을 수립
  - 과학기술이 국민 삶의 질을 향상시키고 인류사회 발전에 기여하는 미래를 지향
  - 상기 비전을 실현하는 4대 전략-19대 중점추진과제를 제시
- 과학기술 성장이 사회적·산업적인 역동성을 부여하는 중점역할을 하도록 강조
  - (전략2. 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성)
    - (주체·분야 간 협력·융합 활성화) 산학연 교류 활성화 및 기업의 공동·위탁연구 등 협력 확대 유인을 통한 네트워크형 공동연구 지원
    - (경쟁력 있는 지식재산 창출) 시장관점 가치 있는 기술 중심의 연구를 수행하고 기술이전 확대에 중점한 연구성과 활용성 제고 방안 구축 등
  - (전략3. 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출)
    - (제조업 재도약 및 서비스업 육성) 소부장 핵심기술 확보에 필요한 미래핵심기술 개발과 산업경쟁력 제고

[표 I -25]과학기술기본계획 중 부합내용

과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여			
미래도전, 과학기술역량 확충	혁신이 일어나는 과학기술 생태계 조성	과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	과학기술로 모두가 행복한 삶 구현
주체·분야 간 협력·융합 활성화		4차 산업혁명 대응기반 강화	
기술혁신형 창업·벤처 활성화		국민이 체감하는 혁신성장동력 육성	
경쟁력 있는 지식재산 창출		제조업 재도약 및 서비스업 육성	
지역주도적 지역혁신 시스템 확립		혁신성장 중추 중소기업 육성	
국민참여 확대 및 컨트롤타워 강화		과학기술 기반 일자리 창출 강화	

○ 제4차 과학기술기본계획의 4대 전략 중 ‘미래도전을 위한 과학기술 역량 확충’ 과 ‘혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성’, ‘과학기술이 선도하는 신산업·일자리창출’ 부분에서 동 사업의 추진전략과 일부 부합

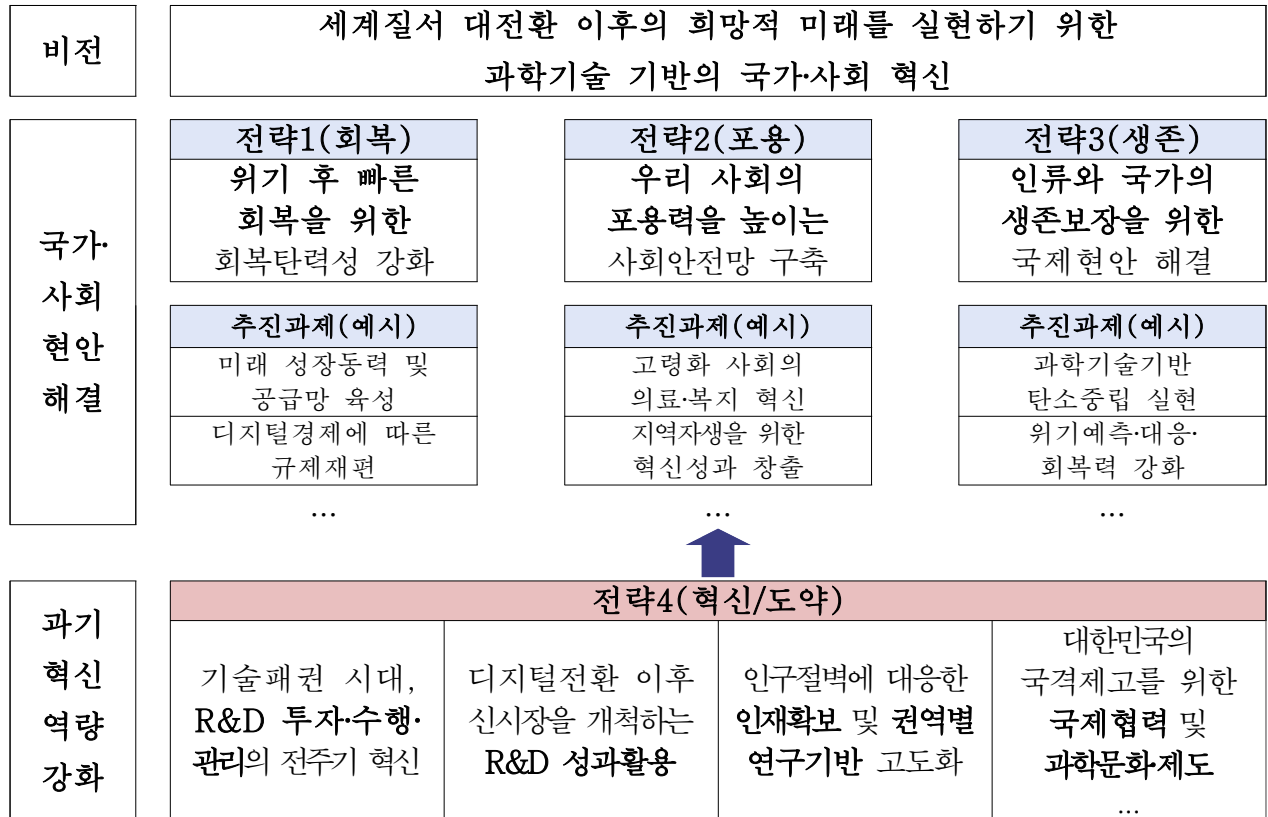
- 동 사업은 10~20년 후 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 강력한 신시정 창출 가능한 후보기술 발굴을 위한 도전적·혁신적 기술개발을 지원하여 미래사회 기술패러다임을 주도할 핵심기술을 확보하고자 하는 목적과 목표를 설정하여 ‘미래도전을 위한 과학기술 역량 확충’ 과 ‘과학기술이 선도하는 신산업·일자리창출’ 을 실현 할 수 있음
- 동 사업의 추진전략으로 경쟁형R&D 방식을 도입하여 연구 성과의 효과성을 높임과 동시에 실패 및 중단 과제를 자산화하기 위한 제도를 도입해 연구자 중심의 ‘혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성’ 을 실현하고자 함

## □ 제5차 과학기술기본계획 수립방향(안) ('23~'27)

- 과학기술정보통신부는 과학기술기반 중장기 추진방향을 담은 제5차 과학기술기본계획('23~'27) 수립방향(안)을 마련하고 '21년 8월 확정
- 동 수립방안의 주요 안건으로 ①대내외 환경분석 ②혁신정책 추진방향 ③ 기본계획 구성(안) ④기본계획 수립체계 및 절차를 다루고 있음
- 환경분석 측면에서 코로나19 이후 급격한 디지털 전환으로 인해 경제·사회 전반의 변화가 발생하였고, 기술패권·기후변화 등 새로운 글로벌 현안이 대두되고 있어 이에 대응하기 위한 정책 추진

- 제5차 과학기술기본계획에서는 과학기술혁신 역량을 강화하고 이를 바탕으로 국가, 사회가 당면한 현안을 해결하기 위한 추진전략과제를 수립하고, 정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시

[표 I -26] 제5차 과학기술기본계획 구성 (예시)



- \*   : 과학기술 진흥 관련 /   : 국가현안 해결 관련
- \* 위 그림의 내용은 예시로, 세부 내용은 수립위원회에서 구체화 계획

- 기술 측면에서는 미·중·EU 등 주요국 정책동향을 바탕으로 정부 차원에서 발굴된 국가전략기술분야를 제시(20개 내외)하고, 각각의 기술분야에 대해 국내외 동향, R&D 현황 및 취약점 등을 분석하여 우리의 대응방향을 제안

## □ 2022년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)('21)

- 과학기술정보통신부는 '21년 3월 제27회 국가과학기술자문회의에서 「2022년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(안)」을 심의·의결
- 동 투자방향에서는 '회복', '도약', '포용'의 국정방향에 맞추어 코로나19 대응, 2050 탄소중립 실현 등을 위한 기술개발을 최우선적으로 지원하기로 하며, 미래 핵심기술확보를 위한 혁신도전형 연구 지원

- 위기대응을 위한 과학기술 역량 강화를 위해 감염병 위기극복과 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 지원
- 경제 회복 및 활력 제고를 위해 「혁신성장 3대 핵심산업」과 D.N.A 기반의 디지털 경제 전환을 지원
- 아울러, 기회창출을 통한 선도국가 도약을 위해 2050 탄소중립 사회로의 전환 가속화와 미래 핵심기술을 지원
- 포용 바탕의 미래 혁신역량 강화를 위해 창의·도전적 기초·기반 연구, 인재 양성, 지역·중소기업 역량 강화 및 창업·기술사업화를 지원

[그림 I-17] 2022년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(안) 기본방향

4대 분야 10대 중점투자방향		
투자 강화	위기대응을 위한 과학기술 역량 강화	① 감염병 위기극복을 위한 과학기술 역할 강화 ② 소재·부품·장비 경쟁력 강화 및 미래 공급망 창출
	경제회복 및 활력제고	③ 「혁신성장 3대 핵심산업」 집중 육성을 통한 성장동력 확충 ④ D.N.A 기반의 디지털 경제 전환 촉진
	기회창출을 통한 선도국가 도약	⑤ 2050 탄소중립사회 전환 가속화 ⑥ 도전적이고 파급효과가 큰 미래 핵심기술 중점 지원
투자 지속	포용 바탕의 미래 혁신역량 강화	⑦ 창의·도전적 기초·기반연구 활성화 ⑧ 대전환의 시대를 준비하는 과학기술인재 양성 지원 ⑨ 중소기업·지역의 역량 강화 및 자생적 혁신생태계 조성 ⑩ 연구성과 기반의 창업 및 기술 사업화 지원 강화

투자시스템 고도화		
연계·협력·공유	성과 창출 촉진	R&D 투자 효과 제고
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구개발(R&amp;D) 전주기적 민·관 협업 강화</li> <li>- 성과중심의 다부처 협업 지원 강화</li> <li>- 분야 간 융·복합 연구개발(R&amp;D) 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 범부처 이어달리기 추진</li> <li>- 공공수요 기반 혁신조달 연계·활용 강화</li> <li>- 현장적용형 사회문제해결 연구개발(R&amp;D) 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종합사업관리(PM) 도입</li> <li>- 소·부·장 연구개발(R&amp;D) 성과관리 및 지출 효율화</li> <li>- 연구개발(R&amp;D) 정책 연계</li> </ul>

- 동 사업은 중점투자방향 중 ‘기회창출을 통한 선도국가도약’의 ‘도전적이고 파급효과가 큰 미래 핵심기술 중점 지원’에 포함

## □ 국가 R&D 혁신방안 실행계획 수정(안)('18)

- 과학기술이 지속가능한 경제성장, 국민 삶의 질 제고에 기여하도록 국가 R&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

[그림 I-18] 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 연구자 중심으로 R&amp;D 지원시스템 혁신</li> <li>② R&amp;D 관리체계의 전문성·효율성 강화</li> <li>③ 고위험 혁신형 도전적 연구지원 강화</li> <li>④ R&amp;D 투자의 전략성 강화 및 적시적소 투자체계 구축</li> </ul>		
혁신주체 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>① (대학) 사람을 키우는 창의적 R&amp;D 지원 확대</li> <li>② (공공(연)) 자율과 책임의 원칙 하에 세계적 수준의 연구역량 확보</li> <li>③ (기업) 혁신역량을 높이는 R&amp;D 지원</li> <li>④ (지역) 균형발전을 위한 지역 주도의 R&amp;D 강화</li> <li>⑤ 혁신주체 간 상호 연계 및 협력 강화</li> </ul>		
국민 체감형 과학기술성과 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 4차 산업혁명을 선도할 미래 신산업 육성</li> <li>② 국민생활 속의 문제를 해결하는 R&amp;D 강화</li> <li>③ 과학기술로 질 좋은 일자리 창출에 기여</li> <li>④ 과학기술정책에 국민 참여 확대</li> </ul>		

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

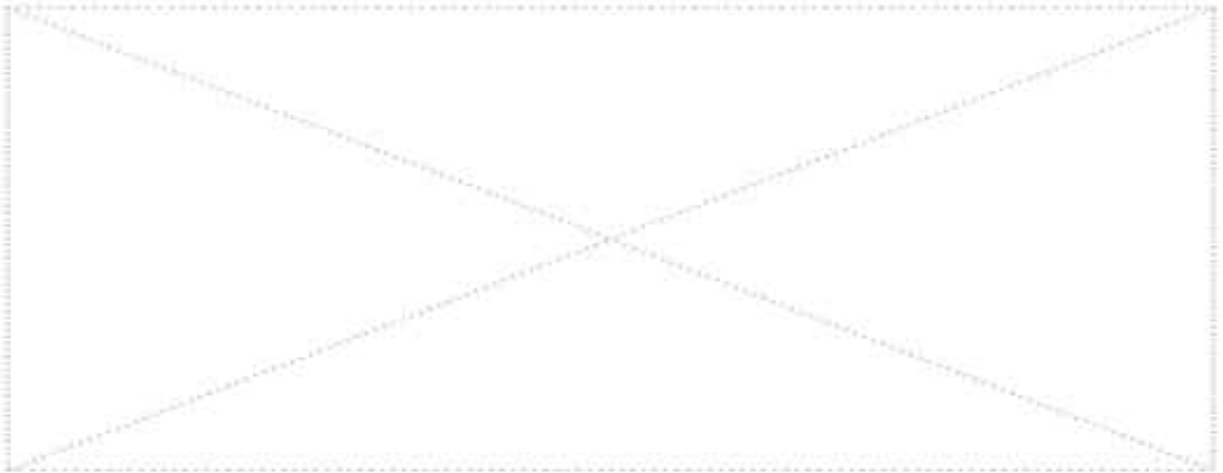
\* 정부 R&D 예산 중 일정 비중을 혁신도전 R&D에 투자하고, 도전적 특성에 부합하는 유연한 연구관리체계 마련이 필요

- (1) 국가R&D의 도전성, 전략성 강화, (2) 대형 R&D투자의 체계적 관리, R&D 평가, (3) 성과관리 효과성 제고
- 이는 동 사업의 기본방향인 대형·집단·장기연구를 통한 혁신원천기술 개발 방향에 상응함

## □ 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 I-19] 국가필수전략기술 기술선정 원칙 및 기준



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

[그림 I-20] 국가필수전략기술



## 나. 후속사업기획 추진경과

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

[표 I-27] 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	사업기획위원회
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



No.	회의일자	회의장소	회의안건	참석자	구분
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	사업기획위원회
18	`22.02.04(금)	비대면	기술기획위원 기술테마 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위	기술기획위원회
19	`22.02.16(수)	비대면	기술기획위원 기술테마 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위	기술기획위원회
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	기술기획위원회
31	`22.05.17(화)	비대면	총괄기획위원 사업컨셉 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 총괄기획위	총괄기획위원회

## 제2장 대내외 여건 분석

---

1. 대내외 환경 변화 분석
2. 주요국 정책 동향
3. R&D 추진 동향

## 1. 대내외 환경 변화 분석

### 가. STEEP 분석 방법론

#### □ 분석 개요

- 정책적 이슈에 대해 영향을 끼칠 수 있는 거시적 환경요인이 무엇인지 파악하기 위한 프레임워크
  - (목적) 의사결정자에게 환경의 중요한 동향을 정확하고 객관적으로 예측할 수 있도록 지원함
  - (분석범위) 직접적인 영향력이나 통제의 범위를 벗어난 일반(General) 환경을 분석 대상으로 설정
  - (분석대상) ① 주요 트렌드 보고서와 ② 정부정책/전략 수립 시 예측한 미래사회 전망 자료를 기반으로 분석
- 장기 국가 R&D사업을 기획함에 있어 현재의 거시적 환경과 그 동인이 무엇인지 탐색하기 위한 STEEP 분석 수행

#### □ STEEP 분석의 변수 및 프로세스

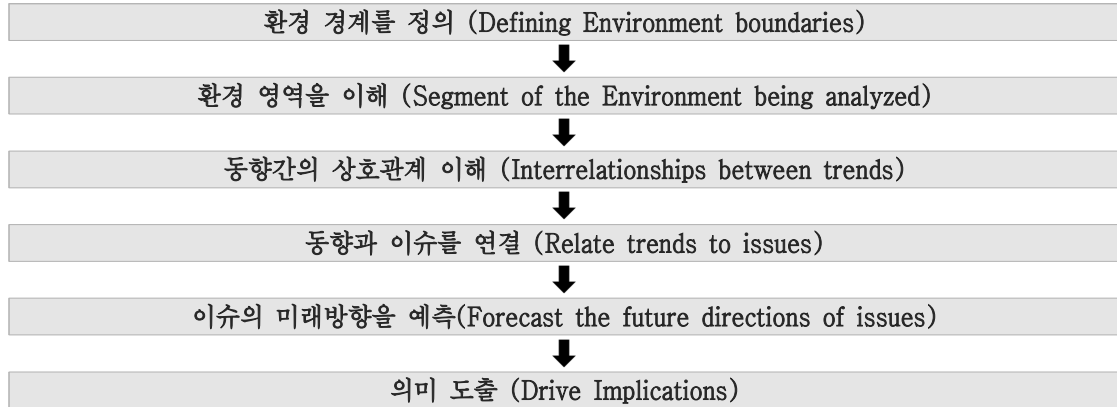
- (주요변수) 5개의 영역에 대해 분석목적을 고려하여 적절한 변수를 설정

[표Ⅱ-1] STEEP 분석의 영역별 변수(예시)

영역	변수 (예시)		
Social (사회적/문화적)	<ul style="list-style-type: none"> <li>출생률 · 사망률</li> <li>평균수명, 교육수준</li> <li>경제 · 사회 영역의 인구비율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연령분포, 지리적 분포</li> <li>인구구조 · 노동유연성</li> <li>소비자 생활양식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관심 · 믿음 · 가치</li> <li>라이프 스타일</li> <li>인구의 유동성</li> </ul>
Technological (기술적)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술혁신 및 확산</li> <li>산업, 경제의 디지털화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술변화속도</li> <li>기술 클러스터 존재여부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인터넷 기반기술</li> <li>R&amp;D 정책</li> </ul>
Economic (경제적)	<ul style="list-style-type: none"> <li>GDP 성장률</li> <li>국제수지</li> <li>금융, 재정정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>임금수준 · 소비성향</li> <li>산업구조변화</li> <li>시장, 경쟁구조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원유가, 금융시장</li> <li>구조조정, 실업률</li> <li>소비성향</li> </ul>
Ecological (환경적)	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경규제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원자재 대체성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지원</li> </ul>
Political/Legal (정치적/법적)	<ul style="list-style-type: none"> <li>규제기관의 활동</li> <li>지원정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가간 분쟁</li> <li>정당정책 및 개혁정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정치적 의사결정에 대한 영향력</li> </ul>

○ (분석 프로세스) 다음과 같은 6단계를 거쳐 분석결과를 도출

[표Ⅱ-2] STEEP 분석 프로세스



## 나. 메가트렌드 분석을 위한 주요 이슈 도출

### ① 미래전망보고서 대내외 환경변화의 주요 이슈 분석

○ UN 및 국가과학혁신기관(KEIT, KISTEP, STEPI 등)에서 분석된 미래전망 보고서를 통해서 각 요소별 이슈를 도출

[표Ⅱ-3] 주요기관별 미래전망보고서 STEEP 주요 이슈 및 상세 내용

분석관점	메가트렌드	상세내용
사회(S)	인구구조의 변화 (저출산·초고령화)	생산가능 인구 감소
		고령인구에 대한 안전관리 및 의료복지 수요 증가
	삶의 질 향상	건강한 삶 및 맞춤형 서비스에 대한 사회적 요구 증가
		웰빙과 로하스 트렌드 확산
	도시화 및 산업화	생활 안전·안심에 대한 사회적 요구 증가
		소득 수준 증대, 중산층 확대
	사회적 위험요소의 증가 (코로나19 등)	도시집중화 가중에 따른 생태적 도시로의 변화 추구 트렌드 확대
		안전과 안심에 대한 사회적 욕구 증가
기술(T)	ICT 기술의 가속화	재난성 대규모 안전사고 발생 규모 증대(화재, 전염병 등)
		각종 안전에 대한 사회 요구 증가
		글로벌 단위의 초고속 네트워크 확대
	첨단(emerging) 기술의 등장	가상현실(VR) 기술을 활용한 신산업 창출 연구 지속
		웹3.0으로 글로벌 규모의 쌍방향 정보교환 극대화
		산업 영역을 넘나드는 3D 프린팅 적용
		전자기술의 패러다임 변화(유기, 광자, 양자 등 대두)
		과학기술적 탐구대상의 확장(우주 및 해양 탐사 개발 가속화)
	지식 및 기술발전 속도의 가속화 (기술개발전략의 변화)	인공지능 기술의 발전 및 적용 영역 확대
		기술확보에서 문제해결형 기술전략 강화
	융합의 발전	모방형에서 창조형으로
		오픈이노베이션 전략의 증가
		물리공간과 가상공간의 융합

분석관점	메가트렌드	상세내용
경제 (E)		데이터 순환 생태계 형성
		감성컴퓨팅 기술의 발전
		플랫폼 중심으로 융합 기조 확대
	산업패러다임의 변화	신흥국의 국제시장 진출에 따른 가격경쟁 심화
		지식서비스/SW 산업의 성장
		기업의 글로벌 분산과 네트워크화 등 기업구조 변화
		기업의 일자리 창출 요구 증대
		협력업체 지원 강화 및 담합금지 등 기업의 사회적 역할 요구 증대
		상호협력에서 상호융합으로 산업간 경계 붕괴
		인공지능, 3D 프린팅 기술 발전으로 인한 제조업 혁명
	비즈니스 모델의 진화	제4차 산업혁명
		대기업-중소기업 간 격차 확대 등 산업구조 양극화
		비즈니스 유형의 다양화(Start up 등)
		제조업의 서비스업화
	글로벌 경제위기	비즈니스 구현 공간의 변화 (Work→Home→Mobile→Ubiquitous)
		재생경제 등 친환경 비즈니스 모델 대두
		블랙 스완 등 Risk Management 중요성 부각
		합리적 소비 및 소비윤리의식 증대
	환경 (E)	코로나 펜데믹 등 자국이익 보호주의 강화추세
	환경오염/파괴 심화	식품, 물, 공기 내 미세먼지 등 오염물질 함유 위험 증가
		신산업 및 신소재로부터 신종 유해물질 및 오염물질 발생
		에너지 고갈과 원자력 활용 증대, 원전사고·방사능 폐기물 처리 갈등
	지구온난화, 이상기후 등 기후변화	에너지 수확기술 등 에너지 재활용 필요성 증가
		기후영향·재해로 자재 수급 불균형 등 사회적 비용 증가
		새로운 유해물질 또는 질병의 등장
	자원고갈	홍수, 태풍, 폭염 등 자연재해 빈도 및 불확정성 증가
		신재생에너지 등 대체에너지 개발
	지속가능성장전략 강화	자원확보 경쟁 등 국가 간 경쟁 심화
		환경파괴 최소화
정책 (P)	성장동력산업 발굴정책 지속	환경국제협력 강화
		차세대 성장동력 산업의 지속적인 발굴 및 지원
		과학기술을 통한 경제 기반 조성 전략 강화
	국민이 안심하는 안전관리 수요증가	신제품 개발을 위한 국가연구개발사업 예산의 지속적 확대
		안전관리에 대한 정부의 역할 확대
	글로벌 거버넌스	국민의 정책만족도 모니터링 강화
		환경 이슈에서의 상호 의존성 증대
	주변국과의 지정학적 갈등	경제블록화 등 국제질서의 다극화
		중국의 급부상
		미국과 중국의 패권 경쟁

출처: 주요기관 (UN, 국가과학기술혁신기관(KEIT, KISTEP, STEPI 등) 미래전망보고서 참고

## 다. STEEP 분석

### □ 주요 환경변화 및 시사점 요약

[표Ⅱ-4] STEEP 분석에 따른 주요 환경변화 및 시사점

구분	환경변화 트렌드·현상	대응방향 및 시사점
사회(S)	① 혁신기술 확산에 기인한 사회구조변화로 융합 기술 트렌드에 기반한 혁신적인 변화 유발 ② 자동화, 기계화에 따른 일자리 구조적 변화 ③ 인구감소 및 고령화 가속으로 인한 생산가능 인구의 감소 ④ 소셜미디어 확산 및 삶의 질 향상에 따른 새로운 혁신적인 제품 수요 증가 ⑤ 생활 안전·안보 관련 불안 요인 증가로 인한 사회적 요구 증가	① 기술혁신 가속화로 장기적 성과·목표 중심의 파괴적 혁신을 기대하는 R&D정책 마련 ② 산업 시스템 및 사회적 현상 변화에 맞춘 일자리 ③ 글로벌시장의 혁신 기술·서비스 주도권 확보와 新 서비스의 사회적 확산을 위한 제도·규제 정비 ④ 삶의 질 제고와 관련된 생활편의에 대한 니즈를 해결해 줄 제품 및 서비스 제공이 필요
기술(T)	① R&D 사이클의 수명주기 단축에 따른 기술혁신 패러다임의 변화로 기존 기술을 활용한 기술개발 필요성 증대 ② 초(超)확실성 시대 도래에 따른 연구 패러다임 변화로 기존과 다른 연구개발 생태계 형성 ③ 와해성·초융합·혁신속도를 중심으로 하는 미래 R&D 플랫폼 등장	① 수준 높은 핵심원천기술의 확보와 지속적인 공급을 위한 정책 마련 ② 미래 연구개발 생태계 구축을 위한 기술개발 정책 마련 ③ 공공R&D의 다양한 산출물을 바탕으로 고도화된 R&D플랫폼 구현 필요
경제(S)	① 글로벌 경제/사회 패러다임 변화에 따른 ‘플랫폼의 개방성 및 성숙도’가 산업 경쟁력의 핵심 원천으로 부각 ② 주력산업의 경쟁력 약화로 인한 차기 성장동력 부족	① 수평적 개방·협업에 기반한 플랫폼형 산업 생태계 구축 ② 미래 유망산업을 육성할 수 있도록 R&D 전략성 확보와 혁신 유인체계 강화
환경(S)	① 지구온난화와 같은 생태계 파괴 문제 및 국가간 에너지 및 자원 확보 경쟁 심화 ② 환경 친화적 기술개발 증가 및 이를 고려한 소비 풍조 확산 ③ 글로벌 경제/사회 패러다임 변화에 따른 ‘플랫폼의 개방성 및 성숙도’가 산업 경쟁력의 핵심 원천으로 부각 ④ 주력산업의 경쟁력 약화로 인한 차기 성장동력 부족	① 기후변화 대응 노력과 함께 에너지·자원 고갈, 원전의존도 감축 등에 대비하여 신재생에너지 개발·이용확대 필요 ② 과학기술정책, 연구개발 등에서 환경, 성·젠더 차이, 공정무역 등 국민들의 의식 변화를 반영할 수 있는 방안 모색 필요 ③ 수평적 개방·협업에 기반한 플랫폼형 산업 생태계 구축이 필요 ④ R&D를 통해 미래 유망산업을 육성하도록 R&D 전략성 확보와 혁신 유인체계 강화 필요
정책(P)	① 기술·무역 분쟁 시 기술수준이 높은 국가의 영향력이 강함 ② 연구자, 기업인, 국민 등 혁신 주체별 과학기술 정책에 대한 수요가 상이	① 기술·제품 개발의 기반기술이 되는 핵심원천기술의 대량 확보가 절실 ② 연구자, 기업인, 국민 등 다양한 혁신주체들의 정책수요 충족을 위한 맞춤형 정책 추진 필요

## (1) 사회적 환경 분석(Social)

### □ 혁신기술이 주도하는 미래 사회·경제 변화

- 코로나 19 등 국가위험 대응, 편안하고 안전한 삶의 대한 니즈 증가와 함께 이를 실현할 수 있는 핵심기술의 등장·확산으로 사회·경제적 혁신을 주도
- (사회 혁신기술의 확산) A.I, BigData, IoT, 3D 프린팅 등 혁신기술 확산과 이를 기반으로 한 다양한 혁신 서비스 등장이 가속화 되면서 미래 사회 및 경제적인 측면에서 구조적 변화를 촉진

[표Ⅱ-5] 주요 혁신기술 확산(Tipping point) 예상시점

실감형 가상·증강현실		자율주행자동차		유전자치료		인공장기		초고속 튜브트레인	
세계	국내	세계	국내	세계	국내	세계	국내	세계	국내
2020년	2024년	2023년	2028년	2024년	2028년	2024년	2029년	2028년	2033년

출처: 과학기술정보통신부(2018.2.), 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)

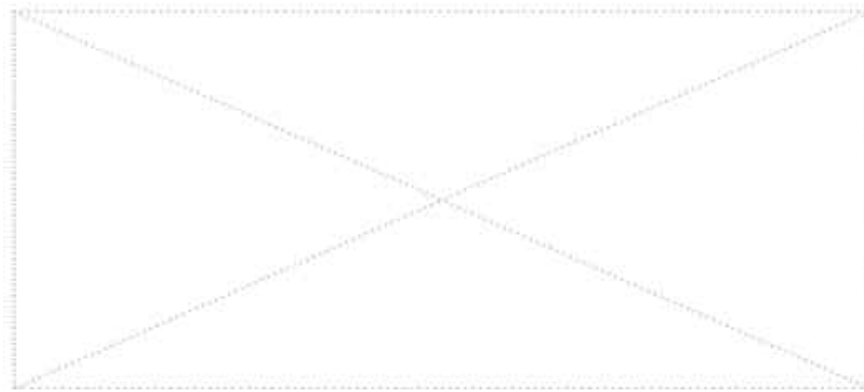
[표Ⅱ-6] 혁신기술의 실생활 적용방법 및 사례

경제·산업	의료·건강	금융	교육	재난안전
스마트 팩토리	생체조직 프린팅	로보어드바이저	가상현실 훈련	스마트 재난관리
				

출처: 제 4차 과학기술기본계획(2018-2022), 과학기술정보통신부, 2018.02 및 미래과학기술포럼(2017) 자료 재각색

- (초지능화) AI, 빅데이터, ICT 기술의 적용으로 스마트팩토리 등 제품 생산력의 향상, 행정·교육 등 대부분의 분야에서 지능화로 변화
- (가상화·초실감) 가상·증강현실 및 더 나아가 확장현실(XR), 메타버스(Metaverse) 등이 가상화를 넘어 초실감 기술이 새로운 서비스 산업으로 부각되는 등 사회·경제활동 전반으로 확대

- (초연결 사회) 5G, 사물/만물인터넷(IoT/loE) 등 사람-사물-정보-디바이스가 지능적으로 연결되는 스마트한 초연결 사회로 변화하면서 글로벌화 가속 및 전통적 정치, 경제구조에 영향



출처 : 미래과학기술 오픈 포럼 (2017.11.)

[그림Ⅱ-1] 사회구조 변화와 관련된 미래 특징

- (분야별 패러다임 변화) 첨단핵심기술의 적용은 경제, 사회, 기술 분야의 패러다임 변화를 초래

[표Ⅱ-7] 첨단핵심기술 주요 분야별 패러다임 변화

구분	패러다임 변화
경제	신제조업이 성장전인 (기계+컴퓨터) : 제조업의 서비스화
	무역중심이 상품교역에서 디지털 교역으로 변화
사회	위계적 사회구조와 네트워크 사회구조가 결합된 혼계 사회로 발전
	대량 지능(Mass Intelligence) : 지식과 능력을 서비스화하여 공유
기술	데이터와 알고리즘이 힘
	플랫폼 사회 : 사회 플랫폼이 지능화 수준 결정

출처: 한국지능정보사회진흥원(2017), 새로운 기술, 새로운 세상 지능정보사회

## □ 일자리의 구조적 변화

- (4차 산업혁명에 따른 일자리 변화) 첨단기술(AI, 로봇 등)의 발전으로 기계화, 자동화가 가속화되는 등 기존 산업구조와 고용환경의 변화에 따라 일자리 환경과 직업 등의 변화
- (인간 고유 역량 중심 변화) 미래사회에서 요구하는 창의력, 다양성 등과 단순 노동이 사라지고 인간 고유의 감성·직관이 필요한 일자리로 재편



## □ 생활 안전·안보 관련 불안요인 증가로 인한 사회적 요구 증가

- (안전이슈 증가) 최근 일상생활 속 위험요인(화학물질, 먹거리, 재난, 감염병 등) 증가에 따라 건강, 안전 등에 대한 국민들의 불안감 증대

## (2) 기술적 환경 분석 (Technological)

## □ 4차 산업혁명으로 인한 초지능, 초융합 등 기술혁신 패러다임 변화

- 최근 기술-기술, 기술-산업, 기술-서비스 간 융복합화(융복합-결합) 등 기술혁신 패러다임이 변화하고, 기술개발 Cycle 단축 추세
- 시장에서 요구하는 제품 기능 및 질적 수준이 높아짐에 따라 시장 니즈 충족을 위한 기술 기반의 융복합화 추세 가속화
- 초지능 및 초융합 추세에 따라 미래 연구개발 생태계는 프로세스 및 방법, 아이디어 발굴, 인프라 획득 범위/방법 등에서 기존과 다르게 전개될 전망

## □ 미래 산업/시장을 주도하기 위한 R&D 플랫폼의 등장

- 4차 산업혁명 등 미래산업 및 시장에서는 핵심/원천기술의 와해성(Disruptiveness), 가치창출을 위한 융복합(Convergence) 수준, 기술의 시장가치 전환 속도(Velocity) 등을 핵심 가치로 하는 플랫폼의 요구
- 이에 공공R&D의 다양한 산출물을 바탕으로 미래 신산업 분야의 핵심기술 개발 및 사업화와 더불어 이를 보다 빠르고 효율적으로 시장성으로 연계하는 고도화된 R&D플랫폼 구현 필요성 증가

## □ ICT·IoT 융합혁신 기술확대 및 융합 기반을 통한 산업 고도화

- 나노, 바이오, 정보 기술의 발전에 따라 분야 간 협력과 기술융합이 빠르게 이루어지고 있고, 융합을 통한 새로운 소재부품기술이 등장
- ICT 기반 정보기술이 산업 전반의 가치사슬에 미치는 영향력이 급속히 확대되어 소재부품 제조 공정 변화 확대 전망

### (3) 경제적 환경 분석 (Economical)

#### □ 스마트화 및 플랫폼화 등 글로벌 경제 구조의 재편

- 4차산업혁명의 영향으로 글로벌 경제가 스마트화, 플랫폼화, 서비스 중심 등으로 구조가 재편되면서 경제/사회 패러다임이 변화
- 글로벌 경제 구조의 변화는 글로벌 경쟁력이 취약한 국내 중소/중견기업에게는 새로운 위기로 급부상

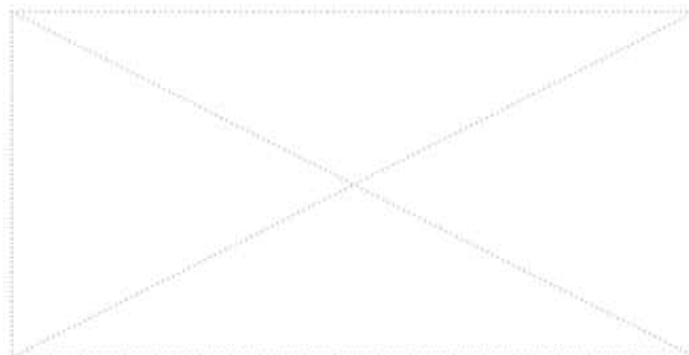
#### □ 융합혁명 시대로의 급속한 전환

- 다양한 소비자 욕구에 빠르게 대응하기 위해서 이종기술·산업간 융합의 확산으로 글로벌 산업환경이 ‘융합혁명의 시대’로 급속히 전환 추세
- 4차산업 혁명을 기점으로 제조, 시장, 협업체계 등 네트워크의 글로벌화가 혁신적으로 진행되며 제조업·서비스 산업의 융합화 경쟁이 더욱 가속화

### (4) 환경적 환경 분석 (Ecological)

#### □ 지속 가능한 성장 강조에 따른 친환경·저탄소로의 산업구조 변화

- 기후 온난화를 주요요인으로 하는 기후환경 변화는 자연·사회적으로 많은 영향을 끼칠 것으로 전망



출처 : 미래과학기술 오픈 포럼 (2017.11.) (산림청의 기후변화 전망 재정리)

[그림Ⅱ-2] 기후변화 (온도 상승)에 따른 변화 전망

- 신기후 체제( ‘15.12, 파리협정) 타결이후, 한층 강화된 온실가스 감축 의무 속에 지속가능한 환경과 경제성장의 상생에 필요한 환경변화 대응 요구

- (국가 간 에너지 및 자원 확보 경쟁 심화) 글로벌 경제성장과 인구증가로 인한 총 에너지 수요는 꾸준히 증가\*하는데 반해 전통 화석연료의 채굴가능량은 한정
- (저탄소에너지사회) 기후변화에 따른 국제 환경규제에 대응하기 위하여 온실가스배출 저감을 위한 신재생에너지기술과 에너지효율향상기술이 확대될 전망

## (5) 정책적 환경 변화 (Political)

### □ 국가 간의 분쟁에 따른 기술·무역 보호주의 강화

- 한국-일본 양국 간 수출규제, 미-중 보호무역주의 등 국가 간 정치적 이해관계에 따른 기술·무역을 둘러싼 분쟁 발생
- 미국 중심이었던 경제 패권이 중국과 러시아 등 신흥강국의 부상으로 지배력이 분산되면서 글로벌경제의 새로운 균형이 등장하는 등 대외적 정세의 혼란 발생
- 환경오염 등 국제적 공조가 필요한 글로벌이슈의 국가적 협력의 중요성이 증대하지만 국가 간 합의보다는 자국의 이익을 우선하는 체제로 전환

## 라. 글로벌 메가트렌드

### (1) GVC재편/신보호주의



자료 : 대한상의 브리프(2020.05)

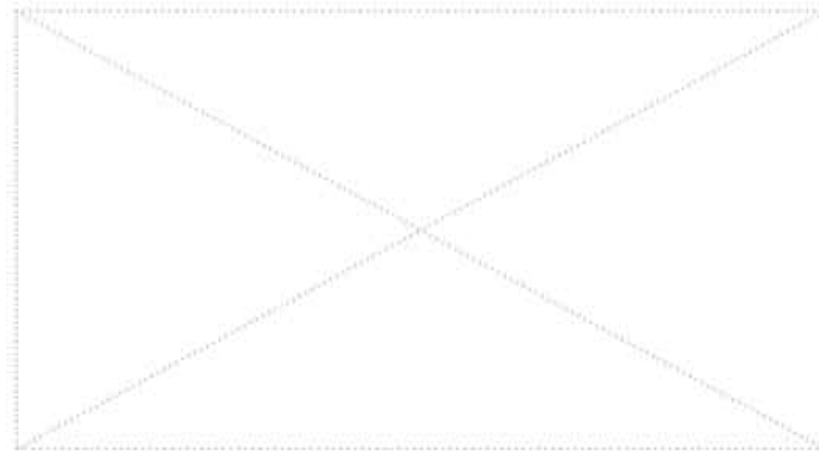
[그림 II-3] 코로나19 이후의 미래(Post-viral era)전망

## □ 세계 경제질서의 변화 - 탈세계화

- 세계 경제는 수축사회 진입과 더불어 코로나19라는 블랙 스완에 직면하여 침체 국면으로 진입
  - \* JP모건은 코로나19의 영향을 감안한 세계 경제 전망 보고서에서 1분기 중국의 국내총생산(GDP)이 40% 이상 줄어 들고, 미국은 2분기에 경제가 14% 위축될 것이라고 전망
  - \* 월스트리트지의 벤 짐머(Ben Zimmer)는 블랙 스완은 사람들이 믿는 것처럼 드물게 발생하지 않는다고 지적
- 국가충격에 따른 GVC변화에 대응하기 위한 산업기술 확보와 자체 가치사슬 구축의 필요성 증가하여 글로벌 환경변화를 고려한 핵심기술 정의 및 확보를 위한 정책적 투자 필요성 증대

## □ 국가 간 기술패권경쟁 심화 및 기술혁신의 중요성 증가

- 첨단기술이 경제 및 안보에 미치는 영향이 높아지면서 국가 간 기술패권 경쟁이 심화되고 있는 상황
- 최근에는 무역 규제와 함께 첨단기술육성을 동시에 추진하는 미국과 중국의 기술패권경쟁 가속화
  - \* 미국은 2019 국방수권법 889조, 수출통제개혁법, 외국인투자위험심사현대화법 등을 통해 무역규제를 강화하였고(Federal Register, 2018, 연원호, 2020), 중국 역시 첨단기술의 수출 금지·제한 조정, 신뢰할 수 없는 기업 관련 규정 및 수출통제법 시행(박민숙 외, 2020, 무역협회, 2020, 대한무역투자진흥공사, 2020)
  - \* 미국은 오바마 행정부의 미국혁신전략(NEC & OSTP, 2015), 트럼프 행정부의 신기술 국가 전략을 발표하였고(The White House, 2020), 바이든 대통령 당선인 역시 미국 혁신을 위한 신기술 R&D 투자의 중요성을 강조
  - \* 중국은 과학기술혁신 제13차 5개년 계획, 국가 혁신구동 발전전략(2016~2050), 중국제조 2025, 인터넷플러스 등의 정책을 통해 과학기술 혁신 및 산업발전 전략을 추진하고(연원호, 2020, 백서인, 2020, 조철 외 2019), 최근 중국 공산당 19기 5중전회를 통해 2035년 장기목표 및 제15차 5개년 계획 건의를 심의·통과시킴으로써 구체적인 중장기 계획을 수립 중(현상백, 2020)
- 미국은 신보호무역주의를 표방하며, 중국과의 무역적자와 지식재산권 침해, 불공정한 기술이전 강요를 이유로 고율의 관세를 부과하는 등 지식재산권을 빌미로 무역전쟁에 돌입
  - 다양한 형태의 전자적 교역이 확대되고, 세계 주요국의 디지털 통상 주도권 확보를 위한 경쟁 심화
  - 보호무역주의와 패권경쟁 등 국가 간 경쟁과 코로나-19의 영향으로 새로운 경쟁·무역 환경으로 재편



[그림 II-4] 기술전쟁 주요사건 및 기술냉전 지수 추이

출처: Deutsche Bank Research, The coming Tech Wall and the covid dilemma, 2020.3

- 미국과 중국의 갈등은 무역전쟁에서 4차 산업혁명을 중심으로 패권전쟁의 형태로 확산되고 있음
- 기술혁신은 새로운 형식으로 부를 재분배할 뿐 아니라 권력을 재편해 나가면서, 미중패권경쟁의 새로운 대결구도를 형성하고 있으며 이는 글로벌 밸류체인(GVC)를 변화시키는 중대한 요인으로 작용
- 정보의 비대칭성과 초연결성은 플랫폼을 처음 생취하는 자가 정보를 독점화하는 ‘플랫폼 효과’와 First Mover가 향후 경쟁자의 진입을 막는 ‘네트워크 효과’를 통해 세계질서 및 패권경쟁의 양상을 변화

#### □ GVC붕괴로 인한 한국의 변화

- 한국은 다른 선진국들에 비해서 GVC에 대한 의존도가 높아 공급망 안정화에 어려움을 겪을것으로 예상
- 기술패권경쟁에 대비해 수입의존도가 높은 품목의 원천기술 확보 및 공급망 강화 전략이 요구됨

#### (2) 혁신 기술에 기반한 경제 대전환

##### □ 4차 산업혁명 도래에 따른 기술 및 산업 환경 변화

- 산업구조 변화로 인한 기술·산업 전망

- (초연결 사회로 인한 혁신) 기술간 융합 가속화 및 사물인터넷, 인공지능 등 4차 산업혁명으로 인해 사물·동물·사람이 언제 어디서나 서로 소통하는 초연결 사회가 도래하면서 사회와 산업 전반에 혁신을 가져올 것으로 예측
- (인공지능·로봇의 대중화) 인공지능의 적용범위 확대와 로봇에 대한 수요 증가로 인공지능 로봇으로 생각하고 움직이는 컴퓨팅 시대의 도래 전망, 인공지능 및 로봇의 대중화로 새로운 시장과 서비스 등장
- (제조 패러다임의 변화) 기존 제조 산업의 ICT기술 융합을 통한 지능생산 체계, 유연생산 체계, 수요응답형 개인화 생산체계의로의 전환이 예상
- (기술혁신 가속화) 전 세계 사물들이 연결되고 정보를 공유하여 상황별 최적의 시스템을 운용하는 초연결 사물인터넷이 등장하여 클라우드, 모바일, 빅데이터, 인공지능 기술과 함께 기술혁신의 원동력이 될 것으로 전망
- (인공지능과 로봇의 결합) 인공지능은 양산가격 현실화와 가격경쟁력 확보를 통해 대중화되고, 로봇은 인공지능과 결합하여 개인용·맞춤형 로봇으로 발전하면서 산업 및 노동시장의 큰 변화를 가져올 전망
- (진화형 자율생산 공장) 제품의 생산가격 및 공장의 생산능력 측면에서 경쟁력을 확보하기 위해 첨단제조 공장이 기존 공장을 완전히 대체하고, 지능화된 설비들이 스스로 학습하여 최적의 생산과정으로 진화하는 진화형 자율생산 공장의 단계로 발전해 갈 것으로 전망

## □ 비대면 사회로의 전환 및 관련 규제 완화

- 코로나19로 인하여 과학기술이 산업에 적용되는 속도가 가속화됨으로써 새로운 형태의 혁신이 촉발될 것으로 전망
  - CIFS(Copenhagen Institute for Futures Studies)는 코로나19가 확산됨에 따라 블록체인을 선거에 활용하고, 격리 구역에서 배송을 위한 자율주행 자동차를 사용하는 등 기술의 혁신과 확산이 촉진될 것으로 전망
- 전 세계를 강타한 코로나 19가 비대면의 디지털 전환 가속화 초래하면서 AI산업의 중요성이 급부상
  - AI활용역량이 기업의 글로벌 진출을 결정하는 기준이 되어, 글로벌 기업은 공격적으로 AI를 활용하고 AI스타트업에 집중투자
- 디지털·데이터 경제로의 전환을 대비한 국가 단위 전략 수립 필요

### (3) 포스트 코로나 시대 돌입

#### □ 팬데믹 극복을 위한 글로벌 연대 및 협력 중요성의 증가

- 코로나19 팬데믹 극복을 위한 대응 경험과 관련 정보 공유, 백신 및 치료제 공동연구 등 범국가적 연대의 중요성이 부각
- 코로나 19의 장기화에 따라 식량과 기초 생필품 확보, 의료시스템 유지와 의약품 확보, 백신과 치료제 공유 등 중요한 협력 이슈로 부상
- 국제사회 리더십 구조 재편 및 디지털 전환(Digital Transformation) 으로 인한 과학기술 중심의 국가 간 경쟁 심화는 과학기술외교·국제협력의 패러다임이 변화

#### □ 4차 산업혁명의 가속화에 따른 아이디어의 구현 환경 조성 필요

- 코로나 19로 인하여 4차 산업혁명이 가속화 되면서 미래 산업환경의 변화가 빨라 질 것으로 전망
- 산업 패러다임의 변화에 따라 정부 차원의 혁신기술 등 산업 육성 정책 또한 주요하게 재편되고 있음
- 선진국형 저성장시대와 개인화된 시장구조에 맞춰 새로운 산업 진출 및 일자리 창출 기회를 조성할 필요가 있음
  - 우리나라의 일자리를 추가적으로 창출하기 위해 근로시간 단축, 근로환경 개선, 인적자원 활용도 극대화 등 다양한 사회적 방안들이 추진되고 있지만, 가장 근본적인 대책은 새로운 산업에 진출해 활성화시키는 것임
  - 고령사회 진입 등으로 매년 세계적으로 급격히 확대되고 있는 의료기기 시장에 선도적으로 대응하고, 이를 통해 확장된 의료기기 산업으로부터 국가 성장 동력 및 일자리 창출 기대

### (4) 저탄소/친환경 사회 대전환

#### □ 전 지구적 자연재해 급증에 따른 기후변화 심각성 대두

- 폭염, 폭설, 태풍 등 이상 기후가 세계적으로 발생하고 최근 30년 사이에

평균온도가 1.4℃ 상승하는 등 지구온난화 경향이 심해짐

○ 에너지/환경 리스크 심화로 인한 신재생에너지 체제로의 전환 가속화

- `16년 탈원전 및 탈석탄 정책으로 인해 신재생 에너지 비중은 `16년 4%에서 `30년 20%까지 확대 예상



[그림Ⅱ-5] 탈원전, 탈석탄 정책에 따른 전원 구성 변화(단위 : %)

□ 기후변화가 가져올 비용 최소화를 위한 활발한 정책 전개

- 주요 7개국(G7)이 해외 석탄화력 프로젝트에 관한 신규 자금조달에 대해 '21년 말부터 전면 중단 선언 및 중화학공업에서 배출되는 온실가스 감축을 위한 G7 '산업탈탄소의제(IDA)'를 출범
- 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 전지구적으로 2030년까지 이산화탄소 배출량을 45% 이상 감축 및 2050년 경 탄소중립 달성목표 제시
- 미국은 재생에너지 확대 및 에너지 효율 개선을 위한 그린뉴딜 정책을 발표 탄소세 및 탄소국경세 시행 등을 예고
- 탄소중립을 위한 유럽 그린딜은 청정 에너지, 순환경제, 에너지효율적 건축 등의 분야에서 정책 패키지와 실행 로드맵을 제안

□ 기후변화 정책과 환경보건 정책과의 연계 강화 필요

- 기후변화로 인해 산불·가뭄·홍수 등의 극단적 기상현상이 자주 발생하고, 생태계 파괴로 서식지를 잃은 야생동물이 사람이 거주하는 지역이나 목축지로 이동해 사람들이 조류독감 등과 같은 인수공통 전염병이나 새로운 패턴의 전염병에 노출될 가능성이 높아지고 있음

□ 2050년 다양한 분야에서의 친환경 시스템 구축

- 모든 부문의 저탄소 추구 노력으로 2050년 경에는 산업, 수송, 건물, 비에너지 등 다양한 분야에서의 친환경 시스템 구축 전망



[표Ⅱ-8] 저탄소사회 구현 노력을 통한 2050년 사회상

구분	내용	
국제 사회상	새로운 다자안보시대의 국제환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국, 중국의 경쟁·협력 공존 체제</li> <li>• 세계시장 통합(자유무역 활성화)</li> <li>• 저탄소 전환을 위한 모든 국가의 노력</li> </ul>
	4차 산업혁명 시대로의 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 네트워크 형성(미래기술 보편화)</li> <li>• 저탄소사회 전환 촉진(획기적 에너지효율 개선)</li> <li>• 안전사회 구축(실시간 최적관리)</li> </ul>
	국제 기후변화문제의 지속적 논의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 기후변화 문제 잔존</li> <li>• 글로벌 기후변화 피해 완화 성과(폭염피해 미세먼지 감소)</li> <li>• 국제적 논의 지속적 진행</li> </ul>
국내 사회상	전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전 세계적인 저탄소 이행 강화로 탈석탄 기조 정착</li> <li>• 재생에너지 비중 급부상</li> <li>• 인공지능, IoT, 빅데이터 기술 기반의 통합수요관리시스템 확산으로 사회 전반에 효율적인 전력수요 및 자원관리 실현</li> <li>• 각 가정, 건물의 재생에너지 확산으로 소규모 분산전원 획기적 증가</li> <li>• 수소차, 연료전지 등 경쟁력 있는 미래 유망품목 육성 및 관련 신산업 창출로 경제의 신성장 동력으로 성장</li> </ul>
	산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털전환 시대에 맞춰 신소재개발부터 판매까지의 전 과정 연계 및 고부가가치화 산업 생태계로의 완전한 전환</li> <li>• 산업 간 연계와 협업을 통한 새로운 산업 등장, 스마트 공정을 통한 효율적 자원 활용 달성</li> <li>• ICT 기반의 스마트 에너지관리시스템(FEMS)과 에너지산업단지 보급 확대로 에너지 절감 가능</li> <li>• 전통적 제조업종 중 특히 시멘트, 철강 업종의 재활용과 공정 개선 활성화</li> </ul>
	수송	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탈석탄 기조에 맞춘 친환경차(전기차, 수소차, 하이브리드차 등)의 주류화</li> <li>• 내연기관차의 지속적인 효율개선 노력에도 실질적인 구매자 급격히 감소</li> <li>• 인공지능, IoT 기반의 자율주행차, 인공지능 도로망, 로봇 택시 등의 확대로 도로 체계의 완전한 변화</li> </ul>
	건물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사회 전반에 ICT 기반의 통합에너지 관리 시스템 확산으로 녹색건물 일반화</li> <li>• 건물 에너지 일부를 태양광, 지열, 연료전지 등 신재생에너지로 대체, 인근 발전소의 배열·폐열 및 소각장에서 발생된 미활용 열 또한 일부 활용</li> </ul>
	비에너지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT, 인공지능 기술의 일반화를 통한 정밀농업 및 스마트팜의 진화로 식량공급 안정화, 효율적인 자원 활용 극대화</li> <li>• 인구감소로 발생된 유휴토지의 조립지역 조성(연간 일정 규모 이상), IoT 기술 등과 연계된 혁신적인 산림 관리 확대</li> <li>• 생산·소비·폐기물 처리 전 과정에서 지속적인 노력과 관심을 통한 폐기물의 자연 선순환 달성</li> </ul>

출처: 국가 지속가능 발전을 위한 2050 저탄소사회 이행방안 연구, 경제·인문사회연구회, 2020.07

## 2. 국내외 정책 동향

### 가. 해외 주요국 정책 동향

#### ① 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 기초 연구에 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 과학기술 정책이 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 의견 수렴과 네트워크를 강조

## (2) 주요 정책 및 전략

### □ America COMPETES act(미국경쟁법)

- America 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

[표Ⅱ-9] America COMPETES act 관련 주요 법안

America COMPETES act 관련 주요 법안
<ul style="list-style-type: none"> <li>• '10,000 teachers, 10 Million Minds' Science and Math Scholarship Act</li> <li>• Sowing the Seeds Through Science and Engineering Research Act</li> <li>• Establishing the Advanced Research Projects Agency-Energy(ARPA-E) Act</li> <li>• The National Science Foundation Authorization Act of 2007</li> <li>• To Amend the High-Performance Computing Act of 1991</li> </ul>

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·중·등 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 II-10] America COMPETES act 제정 및 개정이력

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

[표Ⅱ-11] Endless Frontier act의 주요 내용

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

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

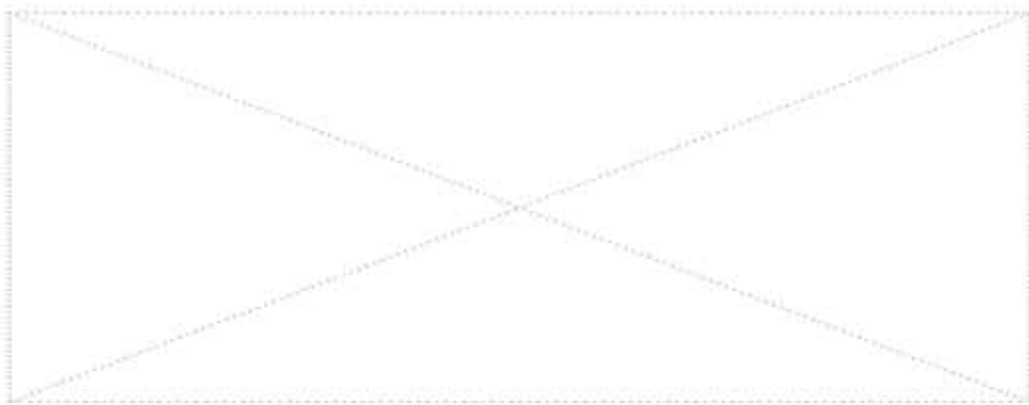
## □ NIH Reform Act(미국국립보건원 개혁법)

- 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 협력 연구를 확대·강화
  - 공동기금(Common Fund)은 '04년 NIH 로드맵에서 출발하여 NIH Reform Act에 의거 기금이 마련되면서 추진

[표Ⅱ-12] NIH Reform Act 주요 내용

주요 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>- NIH 원장의 기관 간 프로그램 조정 권한 부여</li> <li>- 프로그램 조정, 기획, 전략적 이니셔티브 부서 신설</li> <li>- 미 DHHS 장관에게 연구소 및 센터 재조직화 권한 부여(‘과학적 관리검토 위원회’ 신설로 7년 주기 조직 평가)</li> <li>- NIH 연구기관 및 센터들의 협력연구를 위한 공동기금(common fund) 수립</li> <li>- 임상 및 중개 연구 지원(Clinical and Translational Science Awards, CTSAs) 프로그램을 위한 기관 설립</li> </ul>

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



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

[그림Ⅱ-6] 미 NIH 사업구조의 변화

- NIH의 공동기금(Common Fund) 프로그램은 단기 목표(5~10년) 달성을 중심으로 바이오의료 분야에서 혁신적인 파급효과를 미치는 아이টে에 전략적으로 투자

\* 관리부서: NIH 원장 직속 Division of Program Coordination, Planning, and Strategic Initiatives(DPCPSI) 내 Office of Strategic Coordination(OSC)

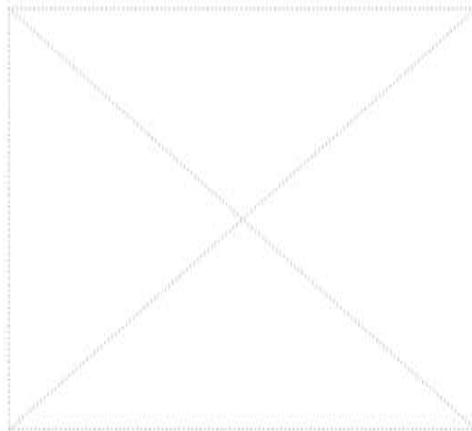
- NIH 내에서 벤처캐피탈 기능을 하며, 우선순위가 높은 연구이지만 단일 기관에서 해결이 어려운 고위험 혁신 분야에 대해서 2개 이상의 산하 기관 간 협력을 통해 긴급과제 해결 및 새로운 과학적 기회 창출을 추진
- 예산은 `08년 4.9억 달러에서 `15년까지 5억 달러 수준으로 투자되었으며, `16년 이후 6억 달러 규모로 상향되어 `21년에는 6억 4,854만 달러
  - `22년 예산 요구액은 6억 5,854달러
- 공동기금(Common Fund)으로 선정되기 위해서는 Transformative(변혁성),

Catalytic(촉매성), Synergistic(협동성), Cross-cutting(조정성), Unique(독창성) 까지 5가지 기준에 부합해야 함

[표Ⅱ-13] NIH Reform Act 주요 내용

선정 조건	내용
Transformative(변혁성)	향후 10년 동안 바이오헬스(biomedical) 또는 행동연구 (behavioral research)에 큰 영향을 줄 수 있는 잠재력 보유
catalytic(촉매성)	최대 10년 내에 내외에 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 discovery - The NIH Roadmap and Common Fund



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

[그림Ⅱ-7] 미 NIH Common Fund 선정 기준

## ② EU

### (1) 정책방향

□ EU는 EU의 경제부흥과 국제사회에서의 경쟁력 강화를 위한 핵심 정책방향으로 연구와 혁신(R&D)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 및 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

[표Ⅱ-14] 중점과제별 내용과 지원자금

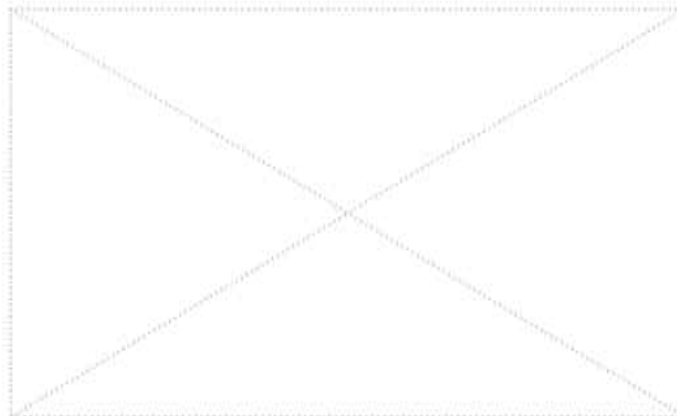
구분	내용		지원자금 (유로)	
오픈 사이언스	유럽연구위원회	• 프론티어 연구	166억	
	마리 퀴리 사업	• 유럽 내 과학기술 인력 양성을 목적 • 연구원 대상 뛰어난 훈련 과정을 통해 새로운 skill 지원, 시너지 개선 및 강화 등	68억	
	연구 인프라	• 유럽 연구 인프라 통합 • 개방적이, 통합적이고 상호연결되는 연구 인프라 • 유럽 연구 인프라 정책과 국제협력 강화	24억	
글로벌 과제와 산업 경쟁력	클러스터	헬스	• 평생 건강, 환경 및 사회적 건강결정요인, 전염병 등	77억
		포용적이고 안전한 사회	• 민주주의, 문화유산, 사회경제적 변형, 재앙에 내성 이있는 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 창출하는제 초점을 맞춤

- (주요 과업) 위원회에서는 7개의 주요 과업을 설정하고 추진



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

[그림Ⅱ-8] 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) EU가 공정함을 유지하며 번영할 수 있는 방안에 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 II-15] 유럽 연구혁신 위원회 7대 과업

주요 과업	세부실행 항목
(과업 1) 유럽 그린 딜(Green Deal)	(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	(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 전환 의방향을 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	(항목 3.1) 연구와 혁신의 수행 및 R&I(연구혁신정책) 투자증대 및 수행은 경제성장 및 일자리 창출을 촉진
(과업 4) 세계 속의 유럽역량 강화	(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	(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	(항목 6.1) 유럽의 연구와 혁신정책으로 대중의 참여를 도모하고 사회적 포용 및 평등정책을 지원
(과업 7) 성과를 달성에 유리한 지속가능한 현대식 유럽위원회	(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

### ③ 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)

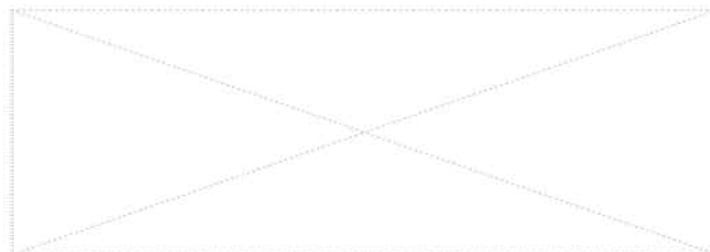
#### □ 시진핑 정부\*의 과학기술 정책

○ 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(2016.5) 발표로 ‘과학굴기’를 위한 구체적 로드맵 제시



[그림Ⅱ-9] 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
  - 14차 부터는 '21~'25년 중국 경제사회 발전에 대한 고민이 담긴 국정운영 계획으로 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 환경 변화에 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

[표Ⅱ-16] 중국 14차 5개년 계획 기간 과학기술 키워드 및 주요 정책

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

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

## □ 인프라 관련 정책 - 제조업혁신센터 설립과 운영

[표Ⅱ-17] 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)
국가선진컴퓨터산업혁신센터	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

#### ④ 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

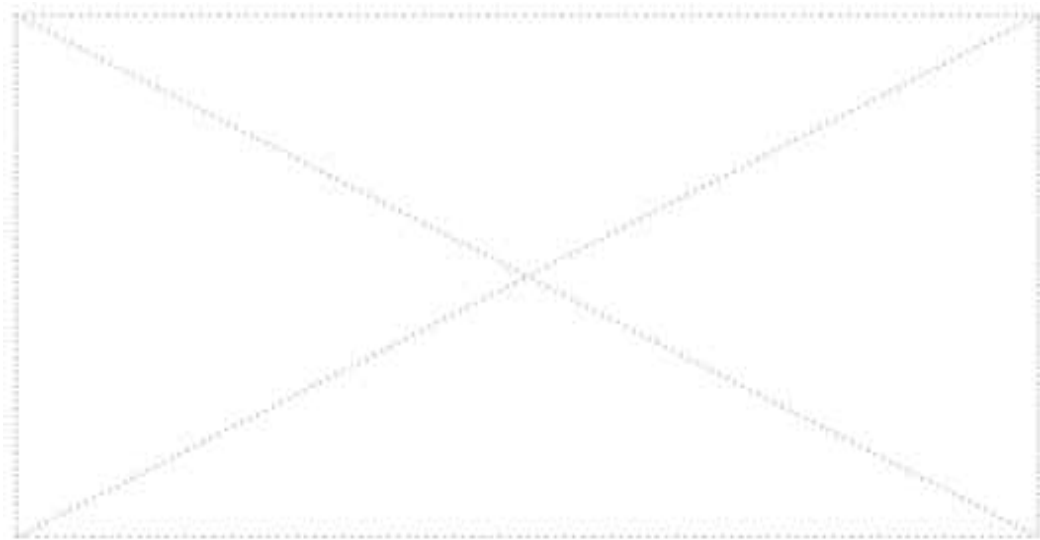
##### (2) 주요 정책 및 전략

###### □ 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

[그림Ⅱ-10] 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, 연구개발 자금의 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

Center of Excellence (COE 프로그램) 이노베이션 창출거점 프로그램
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (배경) '02년부터 세계 최고수준의 연구거점 조사를 바탕으로 자국 내 연구거점 30개 구축을 목표로 수립한 일본의 국제경쟁력 강화의 전략적 프로그램</li> <li>• (개념) 미국 MIT Media Lab 등과 같은 20년 이상 Top 수준의 거점을 육성하는 R&amp;D 질적 역량 강화 프로그램</li> <li>• (방법) 센터장 리더쉽, 자체적 거점평가, 연구목표 및 분야, 국제화 요건, 외국인 연구자 30% 임용 등에 따라 선정</li> <li>• (목표) ①세계 최고수준의 연구자 결집 ②세계수준의 우수 연구성과 지속 창출 ③국제적 수준의 매력적 연구환경 가시화</li> </ul>

## □ 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

[표Ⅱ-18] 종합 이노베이션 전략 2021 중점 정책

구분	구체적인 전략
지속가능한 강인한 사회	(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	(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	• 개개인의 다양한 행복 추구 및 과제로의 도전을 실현하는 교육 및 인재육성
분야별 전략	• 국민연계에 의한 기반기술(신 AI 전략, 양자기술 전략의 재검토, 바이오 전략 실행) 및 응용분야(건강·의료, 우주, 해양 등)의 분야별 전략 추진
자금순환	• 향후 5년 간 정부의 연구개발투자 20조엔, 국민 120조 엔의 투자목표를 설정하여, 국제적 연구 개발 경쟁의 우위에 설 수 있도록 지원, 이노베이션화 촉진
자금순환	• e-CSTII0)의 AI 활용 등 기능 확장 및 기본계획의 추진과목 및 분석과 종합 전략과의 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

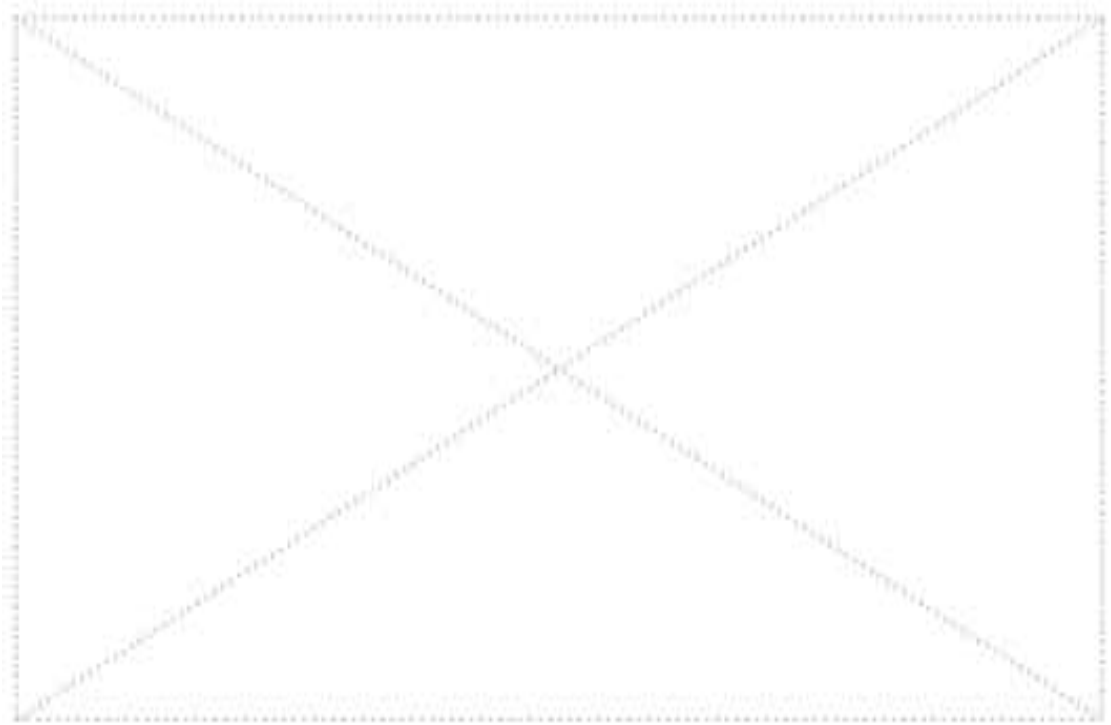
□ 일본의 산업기술혁신정책은 글로벌 트렌드를 바탕으로 개방형 혁신 생태계 형성을 위한 사회·경제 주체들의 대응 과제에 초점을 맞춘 것이 특징

○ 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



[그림Ⅱ-11] 일본 산업기술 혁신시스템 개요

#### ④ 독일

##### (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(’ 18)’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

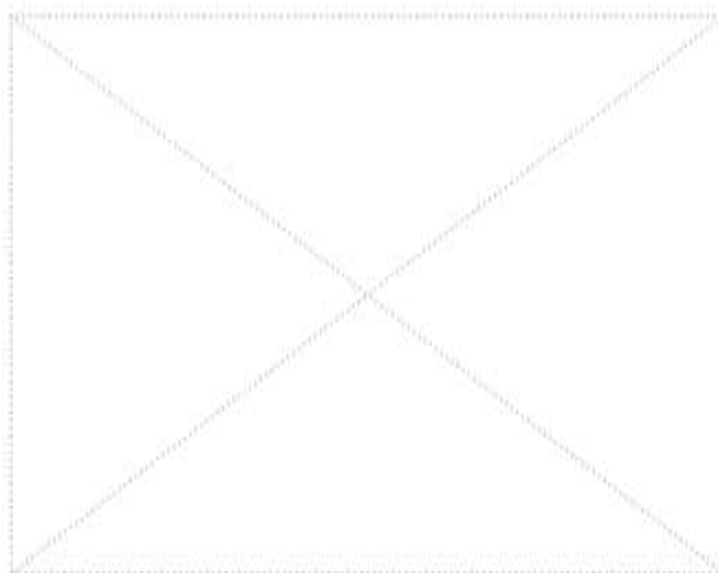
- 독일은 범부처 포괄 정책인 ‘하이테크 전략’을 주축으로 정책을 추진
  - ’ 06년 대·내외 위기극복과 글로벌 선도국 위상을 회복하기 위해 국가전체의 연구개발 프레임워크를 설정한 ‘하이테크전략’을 수립하였으며, 4년 주기로 전략을 재수립·발표

[표Ⅱ-19] 독일의 연구개발 전략 변화

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

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



[그림Ⅱ-12] 하이테크전략 2025 전략 및 12대 액션플랜

[표Ⅱ-20] 하이테크전략 2025 3대 전략별 기본방향

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

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

[표Ⅱ-21] 부처간 협력체계(위원회) 기능

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

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 II-22] 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/몸짓을 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 국정운영 5개년 계획

#### □ 개요

○ 정부는 '17년 7월 국정기획자문위원회를 통해 국정운영 5개년 계획 발표

- 국정운영 5개년 계획에서는 '더불어 잘사는 경제' 목표 하위에 '과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명' 전략을 두고 주요 과학기술정책 제시

#### 과학기술 관련 국정과제

- (국정과제 33) 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축
- (국정과제 34) 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성
- (국정과제 35) 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성
- (국정과제 36) 청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충
- (국정과제 37) 친환경 미래 에너지 발굴·육성
- (국정과제 38) 주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복

#### □ 과학기술 분야 주요 내용



○ 신산업 육성을 통한 성장

- 4차 산업혁명을 촉발하는 초지능·초연결 기술(AI, IoT, 5G 등)을 확산하고 핵심기술 개발, 신산업 육성을 통해 일자리 및 성장동력 확보
- 지능정보화를 통해 고령화, 환경오염 등 당면한 사회문제를 해결 하도록 종합적 시야에서 4차 산업혁명을 대비

○ 4차 산업혁명 컨트롤타워 구축

- 4차 산업혁명을 체계적으로 대비하고 지휘할 컨트롤타워인 대통령 직속 ‘4차산업혁명위원회’ 설치
- 기술·산업·사회·공공 등 분야별 혁신과제를 선정하고 추진
- 세계 최초 5세대 이동통신(5G) 상용화 및 사물인터넷(IoT) 전용망 구축, 인공지능(AI) 등 핵심기술력을 확보·실용화
- 데이터 공유·활용 플랫폼 구축 등을 통해 초지능·초연결 사회의 기반 조성

○ 인재육성 및 스타트업 생태계 조성

- 4차 산업혁명을 주도할 수 있도록 소프트웨어·융합교육 확대, 평생교육 기반 조성 등으로 시대에 적합한 창의적 인재 육성
- 스타트업 지원, 금융·M&A제도 개선, 공공시장 창출, 규제혁신 등을 통해 역동적 창업·벤처 생태계 조성

[표Ⅱ-23] 문재인정부 국정운영 5개년 계획 국정과제 중 과학기술 관련 분야

국정과제	과제목표	주요내용
[33] 소프트웨어 강국, ICT 트네상으로 4차 산업혁명 선도 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4차 산업혁명의 인프라 구축, 규제 개선 및 핵심 기술력 확보</li> <li>• 소프트웨어 기업 육성·양성 및 ICT 역기능에 선제적으로 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (4차 산업혁명 대응) 대통령 직속 4차 산업혁명위원회 신설 ('17년 8월) 및 범부처 4차 산업혁명 대응 추진계획 수립 ('17년 3분기)</li> <li>• (생태계 조성) 지능정보 핵심기술 R&amp;D, 인재양성 등에 집중투자하고, ICT 신기술·서비스 시장진입이 원활하도록 규제 개선 추진</li> <li>• (인프라 조성 및 융합 확산) 5G·IoT 네트워크 인프라 구축, 데이터 개방 및 유통 활성화, 스마트홈·정밀의료 등 ICT융합 서비스 발굴·확산</li> <li>• (소프트웨어 경쟁력 강화) 소프트웨어 법체계 및 공공시장 혁신, 인재·기술 역량 강화 등을 통해, 소프트웨어를 가장 잘하는 나라, 소프트웨어 기업하기 좋은 나라 실현</li> <li>• (역기능 대응) AI 기반 사이버 보안 위협 대응체계 구축, 신정</li> </ul>

국정과제	과제목표	주요내용
		보격차 해소 계획 수립·시행, 통신분쟁조정제도 도입 등 이용자 보호 강화
[34] 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	<ul style="list-style-type: none"> <li>제조 경쟁력과 ICT, 서비스 등의 융합을 통해 미래형 신산업 육성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(친환경·스마트카) 전기차·수소차 획기적 보급 확대, 자동차-ICT융합 플랫폼 구축 등 스마트카 개발 및 자율주행차 산업 육성</li> <li>(첨단기술 산업) 융복합 추진전략 마련, 반도체·디스플레이·탄소 산업 등 4차 산업혁명 대응에 필요한 첨단 신소재·부품 개발</li> <li>(제약·바이오 등) 핵심기술 개발, 인력양성, 사업화 및 해외진출 지원 등을 통해 제약·바이오·마이크로의료로봇 등 의료기기 산업 성장 생태계 구축</li> <li>(자율협력주행) 자율주행차 테스트베드·인프라, 자율협력주행 커넥티드 서비스, 스마트도로 등을 구축하고 '20년 준자율주행차 조기 상용화</li> <li>(드론산업) 드론산업 활성화 지원 로드맵 마련 ('17년) 및 인프라 구축, 제도 개선, 기술개발, 융합생태계 조성 등 추진</li> <li>(표준·인증) 신속인증제 운영 활성화, 범부처 TBT대응지원 센터 운영, 신속표준제도 도입 등 신산업 표준·인증제도 혁신</li> </ul>
[35] 자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술 컨트롤타워 강화 및 총괄·조정 효율성 제고</li> <li>자율과 책임성이 강화된 연구자 중심의 R&amp;D 시스템 혁신</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(과학기술 컨트롤타워 강화) '17년 국가과학기술정책 자문·조정 기구 통합 및 과학기술총괄부처의 기능을 강화</li> <li>과학기술총괄부처의 연구개발 관련 예산권한 강화 및 정책-예산-평가간 연계 강화</li> <li>기초 원천 분야 연구개발은 과학기술총괄부처에서 통합 수행하고, 타부처는 특정 산업 (기업) 수요 기반의 R&amp;D로 역할 분담</li> <li>(행정 효율화) 각종 R&amp;D 관리규정 및 시스템·서식 일원화와 간소화 추진, '19년부터 연구비 통합관리시스템 본격 운영</li> <li>(소통 강화) 정부R&amp;D 정보 제공 체계 개선으로 관련정보의 개방 확대, 국민참여 기반의 국민생활문제 해결 R&amp;D 추진</li> <li>(해외교류 확대) 재외 동포 및 북한 과학기술인 교류 확대, 인류공동 문제해결에 기여하는 과학연구로 글로벌사회 국가 지위 향상</li> </ul>
[36] 청년과학자와 기초연구 지원으로 과학기술 미래역량 확충	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구자 주도 기초연구 지원 예산 2배 확대 및 연구 자율성을 보장</li> <li>청년 과학기술인 친화적 연구환경 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(기초연구 지원 확대) 연구자 주도 기초연구 예산 2배 확대 ('17년 1.2조원), 연구과제 관리·평가제도 등의 개선을 통해 연구자 자율성 강화</li> <li>역량 있는 연구자가 연구 단절 없이 연구 초기부터 지속적으로 연구비를 지원받을 수 있도록 '최초 혁신 실험실' 및 '생애 기본연구비' 지원</li> <li>(연구환경 개선) 근로계약 체결, 적정임금 및 연구성과 보상 기준 마련 등으로 청년 과학기술인 처우 개선</li> <li>(청년 과학기술인 육성) 실무형 R&amp;D 연구기회 제공으로 R&amp;D 역량을 제고하고, 연구산업 활성화를 통한 과학기술 일자리 확대</li> </ul>
[37] 친환경 미래 에너지 발굴·육성	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 발전 비중을 '30년 20%로 대폭 확대</li> <li>에너지 신산업 선도국가 도약 및 저탄소·고효율구조로 전환</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(재생에너지) 소규모 사업자의 참여 여건 및 기업투자 여건 개선 등을 통해 '30년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성</li> <li>(에너지신산업) 친환경·스마트 에너지 인프라 구축, IoE 기반 신비즈니스 창출</li> <li>(에너지효율) 핵심분야별 (가정, 상업, 수송, 공공, 건물 등) 수요관리 강화, 미활용 열에너지 활용 활성화 등을 통해 저탄소·고효율 구조로 전환</li> <li>(에너지바우처) '18년에 에너지바우처 지원대상에 중증 희귀질환자 가구 추가 등 에너지 소외계층 복지 지원 확대</li> </ul>
[38]	<ul style="list-style-type: none"> <li>주력 산업의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(제조업 부흥) '17년에 4차 산업혁명 대응을 위한 제조업 부흥</li> </ul>

국정과제	과제목표	주요내용
주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복	<p>선제적인 사업 재편을 활성화하고, 스마트화·융복합화·서비스화를 통해 산업 전반의 경쟁력 제고</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>중소·중견기업 수출 지원 강화 및 외국인 투자·유턴기업 지원</li> </ul>	<p>전략 수립, '18년까지 스마트 공장 인증제도 도입 및 금융지원 등 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(주력산업 재편) 매년 50개 기업 사업재편 지원, 사업재편 기업에 대한 인센티브 강화로 '19년까지 산업 전반으로 선제적 구조조정 확산</li> <li>(수출구조 혁신) '18년까지 국가 브랜드 전략과 산업·무역정책을 연계한 'Korean-Made 전략' 수립 및 맞춤형 지원 등 강화 *로 수출기업화 촉진</li> <li>(유턴기업 유치) 신산업 및 고용창출 효과가 높은 외국인투자·유턴기업을 중점 유치하는 방향으로 '18년까지 관련 지원제도 개편</li> </ul>

## ② 제4차 과학기술기본계획(' 18~' 22)

### □ 개요

- 과기정통부는 과학기술관계부처와 공동으로 「제4차 과학기술기본계획(' 18~' 22)」 발표
- 기본계획은 과학기술기본법에 따라 5년마다 수립하는 과학기술분야 최상위계획
  - 과학기술 발전에 관한 중·장기 정책목표와 정책의 기본방향, 산업·인력·지역 등 과학기술혁신과 관련된 분야별 정책의 추진방향, 현 정부의 주요 정책기조 등 포함

### □ 과학기술기본법

제7조(과학기술기본계획) ① 정부는 이 법의 목적을 효율적으로 달성하기 위하여 과학기술발전에 관한 중·장기 정책목표와 방향을 설정하고 「국가과학기술자문회의법」에 따른 국가과학기술자문회의의 심의를 거쳐 확정하여야 한다.

② 과학기술정보통신부장관은 5년마다 제1항에 따른 과학기술발전에 관한 중·장기 정책목표와 방향을 반영하고 관계 중앙행정기관의 과학기술 관련 계획과 시책 등을 종합하여 과학기술기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 세우고 과학기술자문회의의 심의를 거쳐 확정하여야 한다.

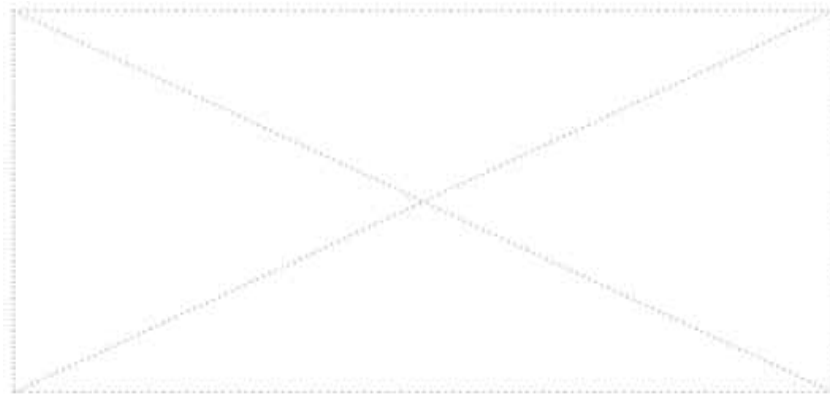
- ' 22년까지 자유공모형 기초연구 등 기초연구 투자를 확대하고, 생애 첫 연구비 지원, 최초 혁신실험실 구축 지원, 생애 기본연구비 제도 도입 등 연구자 중심 지원 강화
- 인공지능 및 블록체인 기술 등 4차 산업혁명 핵심기술과 지능형로봇, 혁신신약 등 13대 혁신성장동력을 육성하고 건강, 재난·안전, 환경 등 국민

생활과 밀접한 분야의 연구개발(R&D) 강화

## □ 주요 내용

### ○ 2040년 미래모습 설정

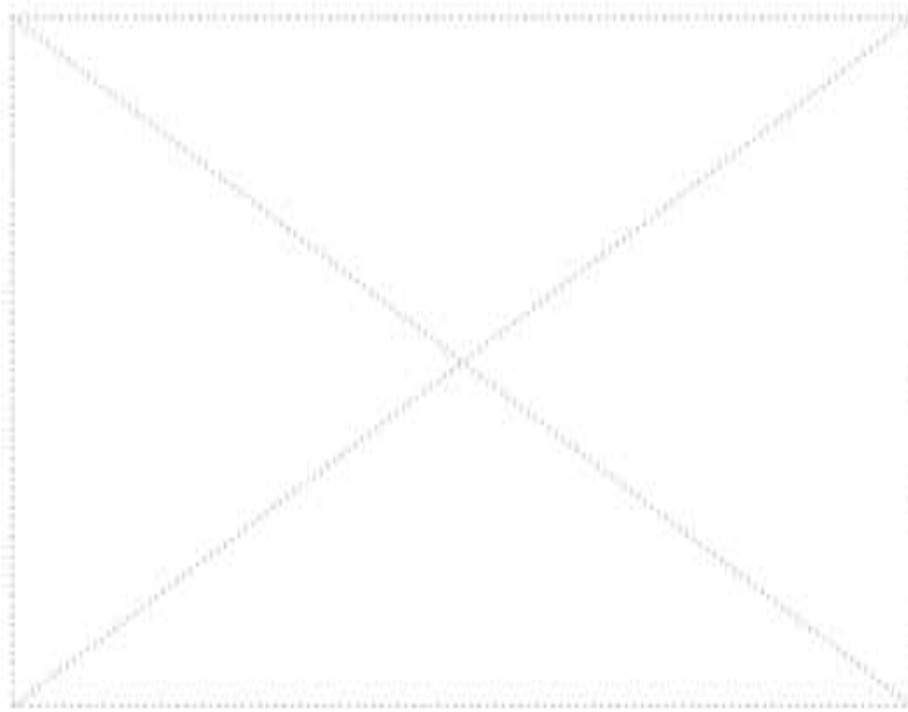
- 과학기술로 달성하고자 하는 2040년의 미래사회 모습을 ‘풍요로운 세상’, ‘편리한 세상’, ‘행복한 세상’, ‘자연과 함께하는 세상’으로 설정



[그림 II-13] 제4차 과학기술기본계획이 제시하는 비전과 미래모습

### ○ 향후 5년 간 과학기술 정책방향 제시

- 2040년의 미래모습을 달성하기 위한 향후 5년의 과학기술혁신정책 수립



[그림Ⅱ-14] 제4차 과학기술기본계획 4대 전략 19개 추진과제

#### ○ 2019년 시행계획 추진전략

- [전략1] 미래도전을 위한 과학기술역량 확충
  - 연구자 주도 기초연구사업을 지속적으로 확대, 연구개발 인력양성 사업의 구조 체계화 및 4차 산업혁명 대응 인재지원 강화 등 전략적 연구개발 인력양성 추진 등
- [전략2] 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성
  - 중장기 대한민국 과학기술 혁신 미래전략을 제시함으로써 미래이슈에 대응하여 과학기술 혁신 생태계를 고도화 등
- [전략3] 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출
  - 인공지능, 빅데이터, 5세대 이동통신 등 4차 산업혁명의 핵심 기반 기술의 고도화 및 기존 산업·서비스와의 전면적 융합을 통해 신산업·일자리 창출 등
- [전략4] 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현
  - 국민생활 문제해결을 위한 연구개발 강화, 국민체감 성과 창출 등

### 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

[표Ⅱ-24] 「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

[표Ⅱ-25] 「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		인공지능(A)
스마트자동차	자율자동차	[2]스마트 이동체	자율주행차
고기능 무인기			드론(무인기)
맞춤형 웰니스케어	정밀의료	[3]융합 서비스	맞춤형 헬스케어
	스마트시티		스마트시티
착용형 스마트기기	가상증강현실		가상증강현실
실감형 콘텐츠			
가상훈련 시스템			
지능형로봇		지능형로봇	
지능형반도체		지능형반도체	
융복합소재	경량소재	[4]산업기반	첨단소재
첨단소재 가공시스템			혁신신약
스마트 바이오생산 시스템	바이오신약		신재생에너지
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 미래 사회 수요에 선제 대응할 수 있는 전략적 투자방안으로 ‘중장기 R&D 전략’ 수립

[표Ⅱ-26] 제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력강화 기본계획 주요내용

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

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

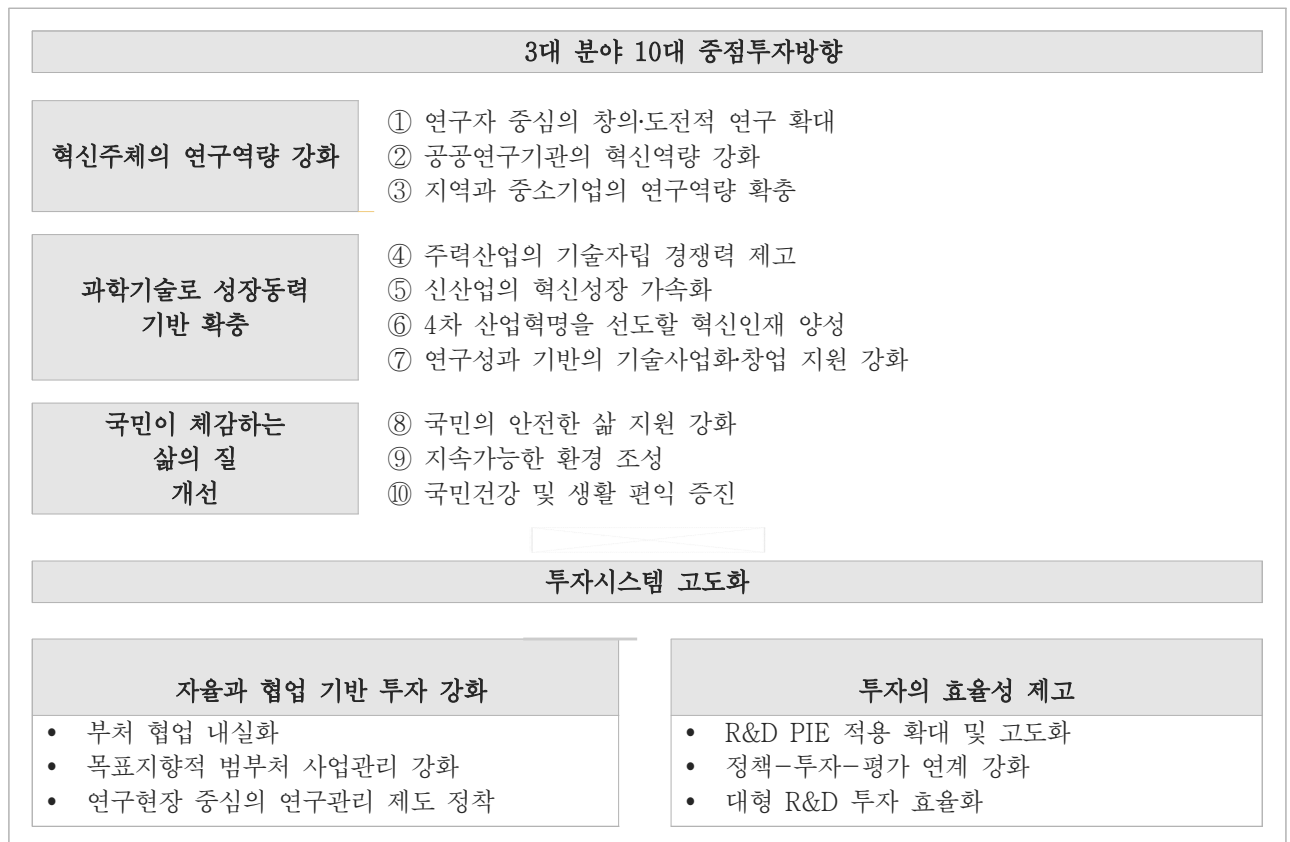
#### ⑤ 2021년도 연구개발 투자방향 및 기준('20.03)

##### □ 개요

- (수립배경) 「과학기술기본법」 제 12조의2에 따라, 「2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」을 마련하여 국가연구개발사업 예산 배분 및 편성의 기본방향으로 활용하고자 함



## □ 3대 분야 10대 중점투자방향



[그림Ⅱ-15] 「2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」 기본방향

### ○ 혁신주체의 연구역량 강화

- (창의·도전적 연구역량 강화) 연구자 중심의 기초연구 투자 및 신진연구자에 대한 지원을 확대하고, 정부 R&D의 혁신·도전성 강화

### ○ 과학기술로 성장동력 기반 확충

- (신산업의 혁신성장 가속화) 혁신인프라\*(DNA+정보보호) 및 3대 신산업(Big3) 중심으로 혁신성장 성과 가시화, Post 성장동력 발굴·육성

## □ 투자 이슈 및 시사점

- 혁신주체의 연구역량을 강화하여 기초가 튼튼한 과학기술 강국 실현
- 주력산업 경쟁력 제고 및 신산업 혁신성장을 통해 경제성장 기반 확충
- 다양한 수요를 고려한 연구개발로 국민의 삶의 질 제고

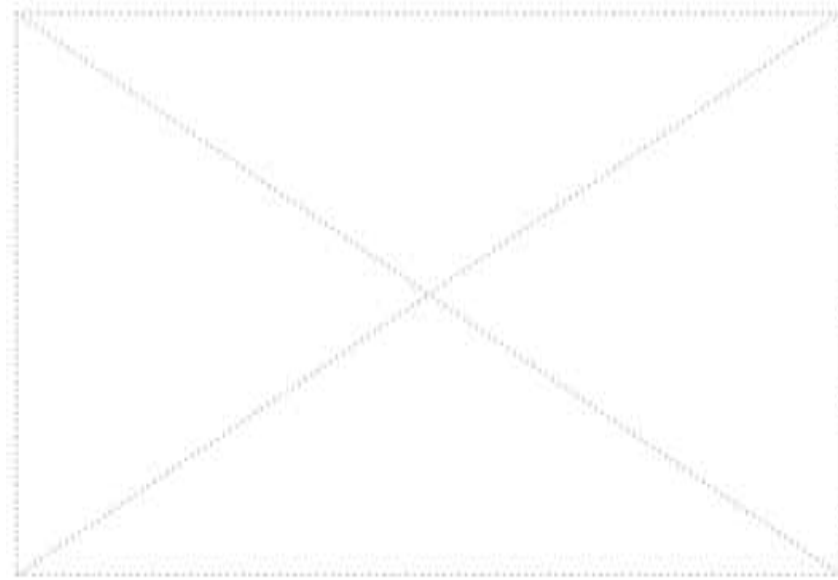
## ⑥ 국가 R&D 혁신·도전성 강화방안('19.05)

- 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



[그림Ⅱ-16] 국가R&D 혁신방안 실행계획(부처협동, '18.11)의 주요 내용

## □ 전략 1 : 연구자 중심, 창의·도전적 R&D 지원체계 강화

### □ 국가R&D의 도전성·혁신성·전략성을 강화하고 정부 R&D 지원 체계를 연구자 친화적으로 혁신

- 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

## 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

[표Ⅱ-27] 4차 산업혁명 대응계획 전략분야 및 중점과제

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

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

[표Ⅱ-28] 지능화 혁신 프로젝트 추진 12대 영역별 프로젝트 내용 및 기대효과

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

## 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)

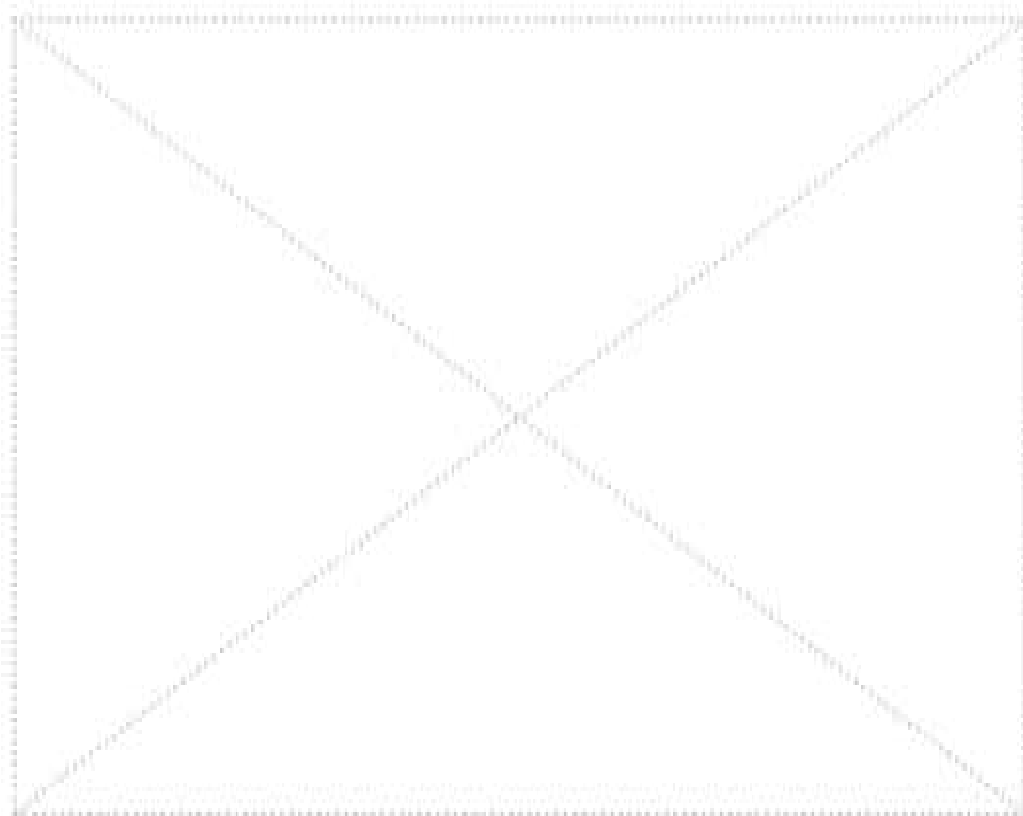
- 산업융합 인프라 조성

- 융합 신제품 적합성 인증제도, 산업융합 옴부즈만 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



- 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 옴부즈만 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 혁신성장동력 분야 지정 및 육성
  - IT-제조-서비스 업종간 경계가 허물어지는 산업융합이 4차 산업혁명의 핵심으로 대두되어, 기술융복합에 의한 산업혁신 전략 전개



### 3. R&D 추진 동향

#### □ 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

### 가. 해외 주요국 R&D 동향

#### ① 미국

#### (1) DARPA 고위험 과제 대상 경쟁형 R&D

#### □ 요약

[표 II-29] DARPA요약

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

## □ 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

[표Ⅱ-30] DARPA의 사업추진 방식

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

[표Ⅱ-31] DARPA의 BAA 방식 단계별 주요 내용

단계	주요내용	담당
프로그램 기획	<ul style="list-style-type: none"> <li>아이디어 발굴 : 국방부 수요, RFI, 워크숍, Seeding,</li> <li>현장방문, DARPA Challenge 등</li> <li>프로그램 초안 도출 및 관련부서 협의</li> <li>Tech, Council 자문</li> <li>프로그램 확정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM</li> <li>PM, 관련 부서</li> <li>Tech. Council</li> <li>국장</li> </ul>
공고·소통	<ul style="list-style-type: none"> <li>BAA(안) 작성</li> <li>BAA(안) 검토</li> <li>BAA(안) 승인/BAA 게시</li> <li>Proposers Day 개최</li> <li>Open Discourse(접수 전 잠재적 제안자와 소통)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM</li> <li>PM, CO, GC</li> <li>CMO실장/CO</li> <li>PM</li> <li>PM</li> </ul>
평가(SR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>평가팀(Scientific Review team)구성</li> <li>평가팀 킥오프회의 개최</li> <li>예비제안서(Preproposal) 적합성 검토/결과통보</li> <li>예비제안서 평가/결과 통보</li> <li>제안서접수(1차, 최종)/Restricted interaction(제안자 소통)</li> <li>적합성 검토/결과 통보</li> <li>평가(Scientific Review)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM</li> <li>PM, CO, GE</li> <li>CO/CO</li> <li>평가팀/PM</li> <li>접수처/CO</li> <li>CO/CO</li> <li>평가팀</li> </ul>
선정·협약	<ul style="list-style-type: none"> <li>평가결과 취합 및 PM 검토</li> <li>리뷰어 재협의(평가결과 미동의 시) 및 선정(안) 추천</li> <li>SRO 검토 및 승인(Concurrence) 여부 판단</li> <li>결과 통보(선정 또는 탈락/부분선정)</li> <li>지원수단 및 지원조건 협상</li> <li>Informal Feedback Session 개최</li> <li>분기별 평가과정 점검(평가패키지 무작위 선택)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM</li> <li>PM</li> <li>SRO</li> <li>PM/CO</li> <li>CO</li> <li>PM</li> <li>부국장</li> </ul>

단계	주요내용	담당
Go/No-Go 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>매월 재무 및 기술리포트 제출</li> <li>매월 진도점검회의</li> <li>프로그램단위 통합 점검회의</li> <li>Go/No-Go Review : 다음 단계(phase) 지원 여부 결정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수행기관→PM</li> <li>PM</li> <li>PM, 실장</li> <li>PM, 지도부</li> </ul>

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

[표 II-32] DARPA 주요 프로그램 현황

프로그램명	Advanced Plant Technologies(APT)
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 영구 기반(ground-based) 센서로 활용 가능한 식물 개발</li> </ul>
기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>2018년 시작 예상.</li> <li>Phase1(6개월), Phase2(18개월), Phase3(24개월)</li> </ul>
예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>4년, 30~70백만 달러(예상)</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험탐지 : 화학, 방사능, 핵, 폭발물 등</li> <li>식물에 내재된 메커니즘을 활용한 위험 탐지 및 감시 센서 개발</li> <li>기존의 육·해·공·우주에 있는 감시체계를 통해 모니터링 가능한 형태(Phenotype)로 송신</li> <li>실제 자연환경에서 서식할 수 있어야 함</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>넓은 지역에서 저비용으로 분포가능(유지·관리비용 無)</li> <li>분쟁지역 투입을 통한 인도주의적 활동 가능</li> </ul>
프로그램명	Agile Teams (A-Teams)
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간-기계 결합형 부대(팀)개발</li> </ul>
기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017년 말 시작, 4-Phase(Phase 당 12개월 씩)</li> </ul>
예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>총 예산 22백만 달러(수행기관 나와 있지 않음)</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간-지능형 기계의 최적화된 결합을 가능하게 하는 수치(프레임,알고리즘) 개발</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>전투 지역에서의 불확실한 환경, 유동적 팀 구조 등에 대한 상황 판단</li> <li>의사결정 능력 및 속도 향상</li> <li>인간-기계 협업을 다루는 기타 DARPA 프로그램에도 적용 가능</li> </ul>
프로그램명	Soldier Centric Imaging via Computational Cameras (SCENICC)
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>군인용 시각 보조 장치(SCENICC) 개발</li> </ul>
기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011년부터 시작하여, 2014년 시제품 완성</li> </ul>
예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011년 5개 연구진(대학 및 기업)에 5백만 달러 지원</li> <li>전체 예산은 40백만 달러</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험 감지 : 360°, 수 km밖 물체 탐지를 통한 3D 비전 제공</li> <li>(총구, 발사체추적, 대상 라벨링 등 정보 제공)</li> <li>임무 수행 : 임무 데이터 오버레이, 비이미지 정보 해석 포함</li> <li>접안렌즈용 형태</li> <li>핸즈프리 : 대상 초점·확대 조절 및 무기 조준 가능</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>군인 생존능력 향상 지원</li> </ul>
프로그램명	Deep Exploration and Filtering of Text (DEFT)
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 자연어(natural language) 기반 자료의 통합 필터링 기술 개발</li> </ul>
기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>2012년 시작. 3-Phase(Phase 당 18개월)</li> </ul>
예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>공고당시 미정(이 경우, 제안서의 수준에 따라 결정)</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>비구조화 된 텍스트로부터 명시적 및 암시적 정보 식별</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>DARPA의 타 부서에서 개발된 자연어 처리 프로그램 기반으로 추론·인과관계 이해·이형탐지 등이 가능한 처리프로그램으로 개발 (자연어를 구조화된 텍스트로 변환)</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모 데이터 처리를 통한 국방부 분석가 업무 지원</li> <li>분석을 통한 위기상황의 예측·분석</li> </ul>
프로그램명	Explainable Artificial Intelligence (XAI)
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>설명가능 인공지능(XAI)의 개발</li> </ul>
기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017년 시작. 1Phase(18개월), 2Phase(32개월)</li> </ul>
예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>12개 프로젝트, 총 75백만 달러 지원(약 800억원)</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI의 의사결정과정에 대한 근거자료를 제시할 수 있는 인공지능 개발</li> <li>AI의 의사 결정에 대한 신뢰도 향상</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>의료·법률·금융·국방 등 투명성 및 정확성이 필요한 분야 활용</li> </ul>
프로그램명	Airborne Launch Assist Space Access (ALASA)
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>저비용 소형위성 발사장치 (ALASA)</li> </ul>
기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>2012년부터 진행 중</li> </ul>
예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체 총 예산은 164백만 달러</li> <li>Phase 1에는 총 3개의 기업(보잉 포함) 참여</li> <li>Boeing은 현재까지 45백만 달러 수혜,</li> <li>기타 기업은 각각 1.9백만과, 2.3백만 수혜 (연구 종료)</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성 당 1백만 달러 미만의 저비용 소형 위성 발사 장치 개발</li> <li>전투기 내에 탑재 후, 지구 궤도에 도달 시 자동 분리되어 인공 위성만 원하는 궤도로 도달</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>인공위성 발사에 드는 시간·공간·예산 등의 비용 절감</li> </ul>
비고	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재 Phase 1 완료, Boeing만 Phase 2로 진출하여 다음 연구 수행(2017)</li> </ul>

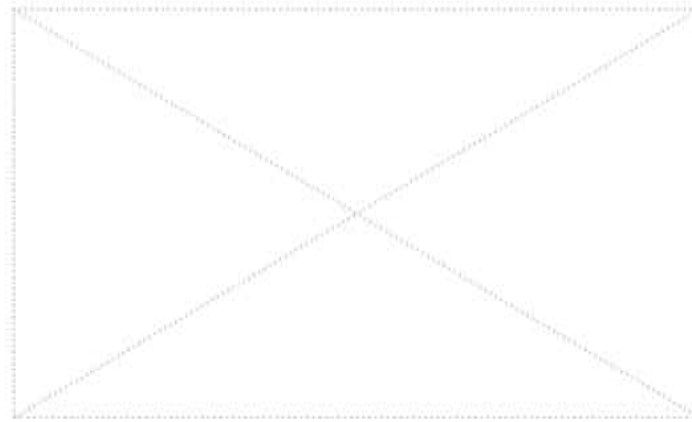
출처 : 파괴적 혁신을 위한 한국형 ARPA 추진방안, 과학기술정보통신부, 2018

## ○ 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



[그림 II-17] 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 II-33] ARPA-E 요약

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

## □ 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(Bridge), 인재/팀(Team) 4가지로 분류

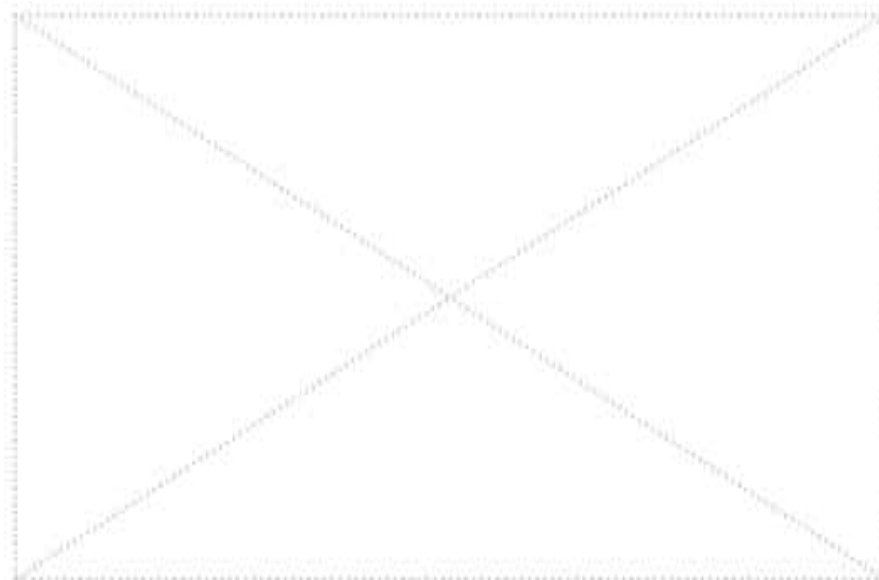
[표 II-34] ARPA-E의 지향 가치

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

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 미만이며 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

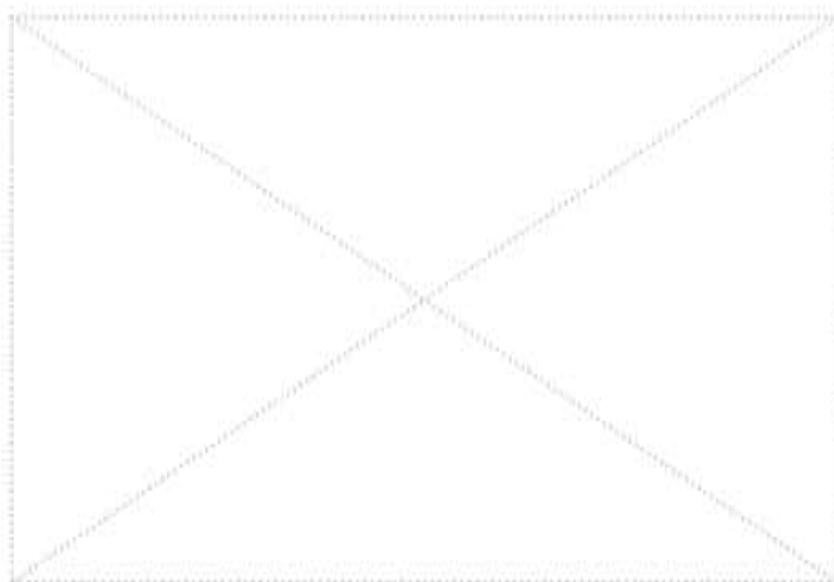
- 변혁적 기술 확보를 통해서 기존 학습곡선을 중단하고, 새로운 학습 곡선을 창조하고자 함



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

[그림 II-18] ARPA-E 프로젝트를 통한 새로운 학습 곡선의 창출

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

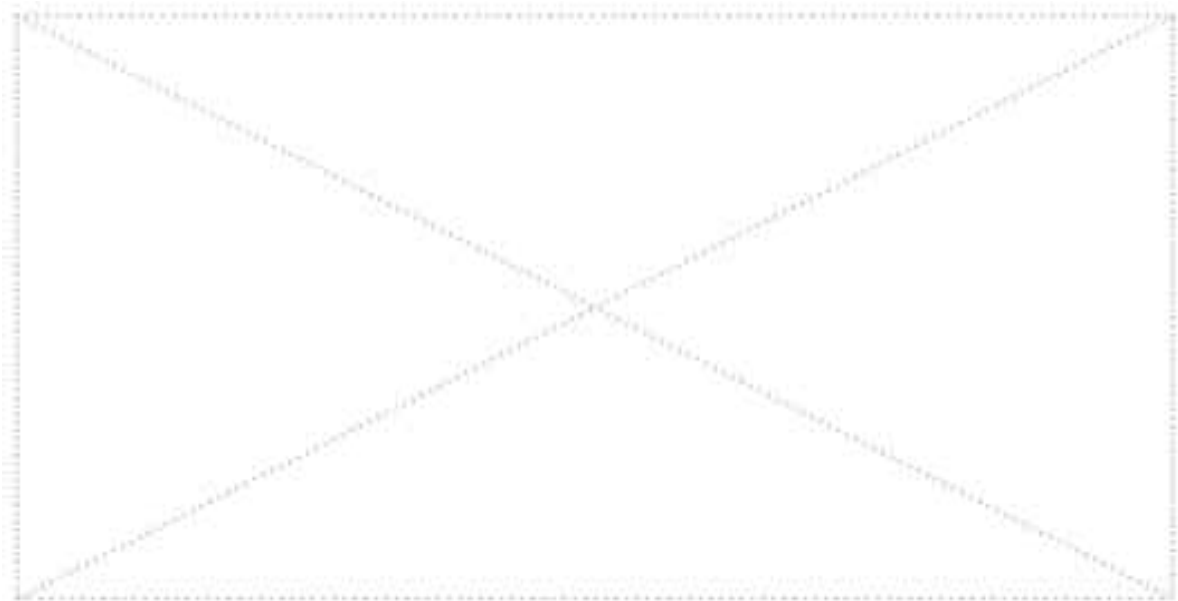


출처 : ARPA-E(2019), ARPA-E Fusion-Energy Programs and Plans

[그림 II-19] ARPA-E의 포지셔닝

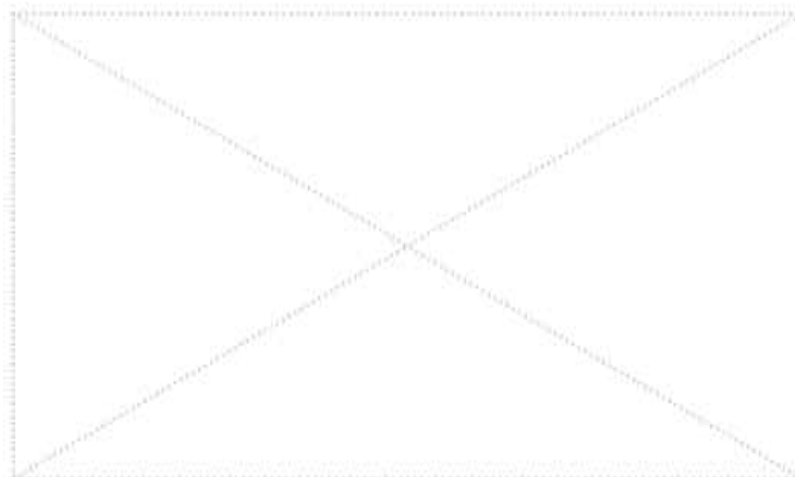


- 민간이나 타 공공영역에서 다루지 않는 백색지대(white space)의 gap을 극복하기 위한 R&D 지원
- 현재 가능한 기술 한계를 넘어서 기술역량을 확보할 수 있는 경계선 확장(Frontier Pushing)형 R&D 지원



[그림Ⅱ-20] 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

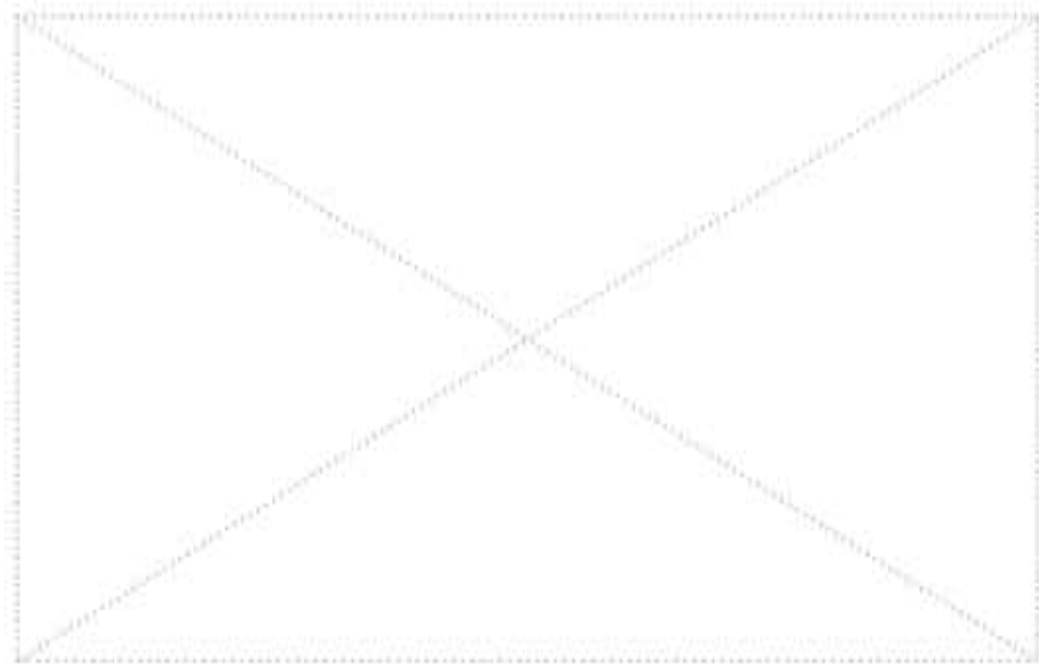


[그림Ⅱ-21] ARPA-E의 마일스톤 변경 현황

## □ 추진내용

- (미션) ARPA-E는 에너지 기술 개발의 통해 미국의 경제 및 에너지 안보와 기술적 주도권을 유지하는데 목표가 있음
  - ① 미국의 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
  - ② 미국의 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 운영·관리
  - (IDEA) 에너지 관련 응용과학에서의 혁신적인 기술 개발을 목적으로 수행

되는 사업으로, Focused Program의 후속을 위한 탐사 기능 등 수행



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

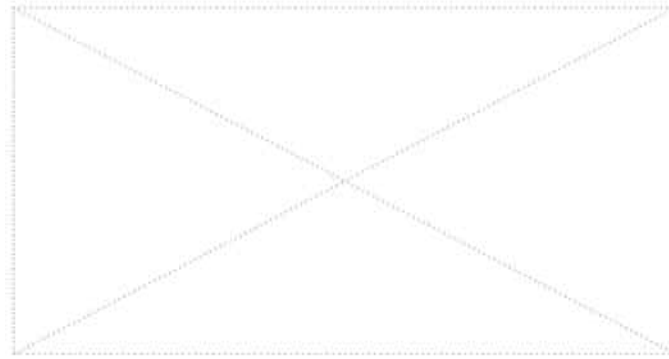
[그림 II-22] Open Solicitation 추진 영역 및 프로젝트

- (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 II-35] 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

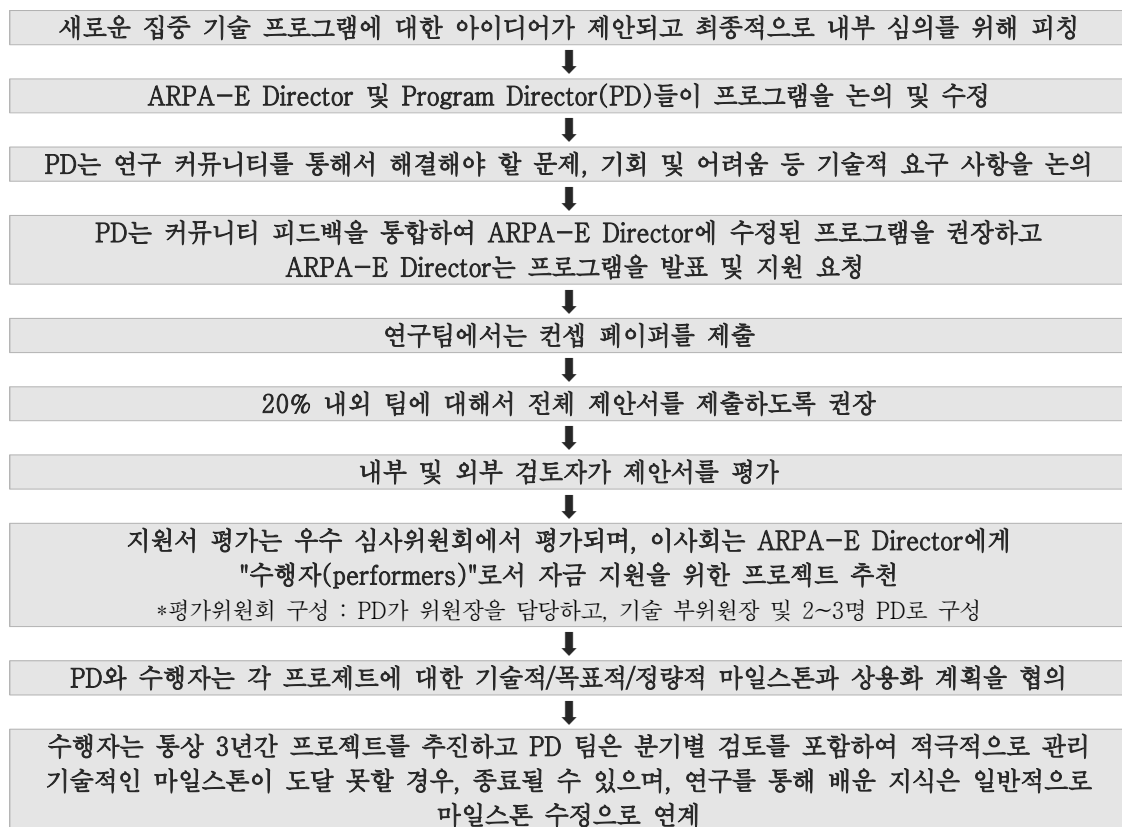


출처 : ARPA-E(2019), ARPA-E Fusion-Energy Programs and Plans

[그림 II-23] ARPA-E 프로그램 추진 단계

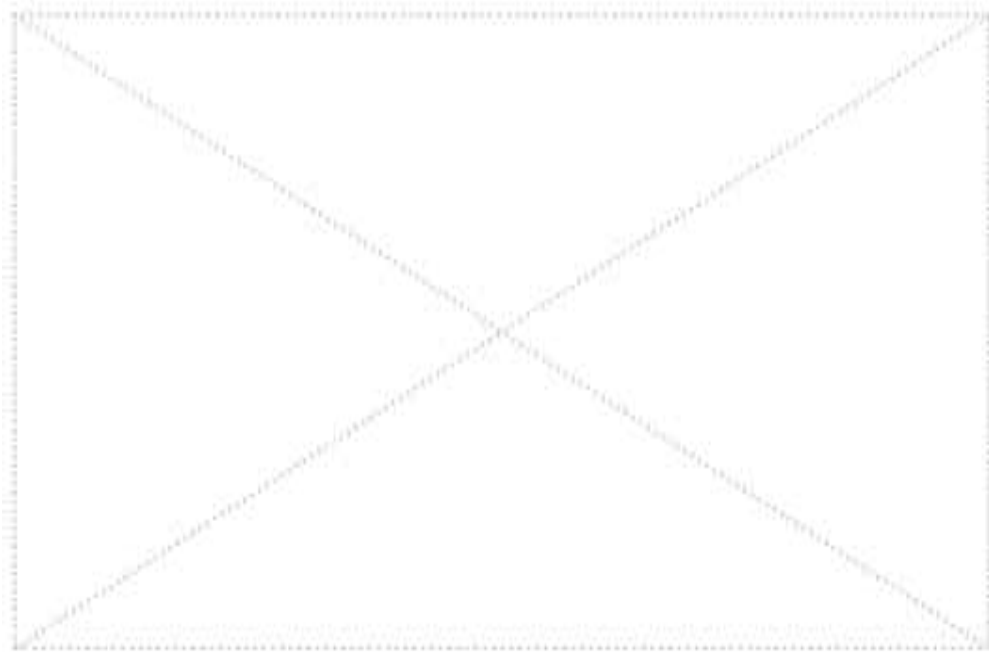
- 내부 프로세스에 대해서 상세하게는 다음과 같이 진행됨

[표 II-36] 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 공고로 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

[그림 II-24] 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 II-37] ARPA-E 평가 지표 및 배분

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

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

### ③ 유럽

#### (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

[표Ⅱ-38] EU FET 플래그십 6개 이니셔티브 개요

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

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 리스크가 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

[표Ⅱ-39] ERC 연구지원 프로그램

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

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 사용할 수 있도록 지원하여 재정적인 유연성 및 운용상의 자유성 확보
- 향후 ARIA의 추진 과제로 구체적인 탐구영역의 발굴 및 지원 예산의 확대 필요성도 강조되고 있음

### ③ 일본

#### (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 종합 전략(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 고 위험-고영향력 (High Risk-High Impact) R&D 추진<sup>1)</sup>
- (예산) 550억 엔( ‘13년 독립행정법인 과학기술진흥기구법 일부 개정, 5년 단위 기금 마련)
  - \* 기금설치를 위해 독립법인 과학기술진흥기구(JST) 설치

---

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

## ○ (거버넌스)

- (정부) 과학기술혁신을 위한 정부지원체계 강화를 위해 종합과학기술·혁신회의 기능을 확대
  - 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&D관리형태는 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

[표Ⅱ-40] PM의 선정 절차 및 역할

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

- 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 II-41] 「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 II-42] Moonshot 요약

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

## □ 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, 농림수산성, 후생노동성 등의 다부처 사업으로 추진

\* 관리기관 : JST, NEDO, NARO, BRAIN, AMED

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

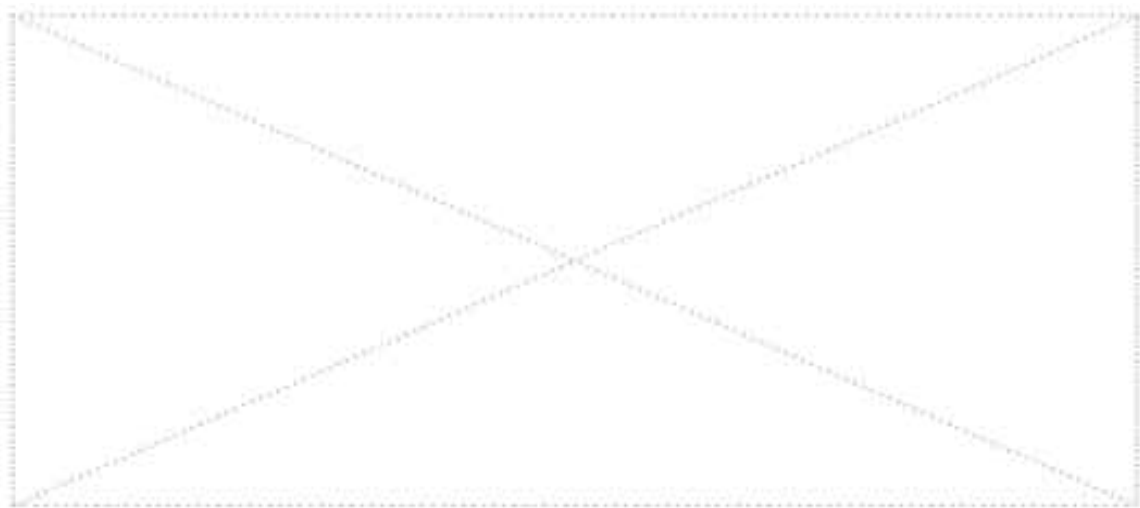
[표Ⅱ-43] Moon shot project 추진경과

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



[그림Ⅱ-25] 일본 Moon-shot 프로젝트의 목표설정 영역 및 장기목표

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

- (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·자원 배분 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



[그림Ⅱ-26] 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

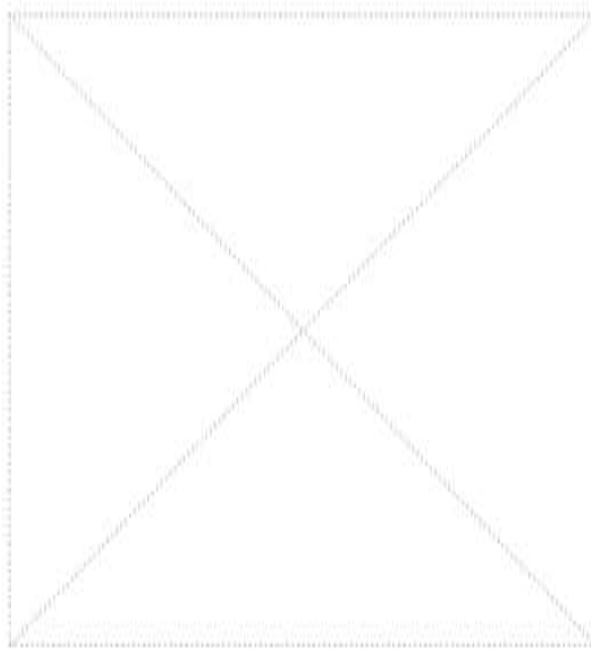
○ (프로그램 구성) 프로그램은 탐색가속형과 대규모프로젝트형으로 구성

- 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

[표Ⅱ-44] 미래사회창조사업 중점 추진 영역

영역	내용
차세대 정보사회 실현	<ul style="list-style-type: none"> <li>현실 세계에서의 다양하고 신뢰성이 높은 데이터를 수집하여 다양한 「물건」과의 제휴에 의한 새로운 가치의 창조나 불확실·비연속적인 변화에의 즉각적인 대응을 가능하게 한다 차세대 정보사회의 실현을 목표로 합니다.</li> </ul>
현재화하는 사회 과제 해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>신형 코로나바이러스 감염과 같은 공중위생 위기나 예상을 넘어서는 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</li> </ul>
개인에 최적화된 사회 실현	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인의 이동이나 상습관, 생활습관 등의 행동양식이 물리적 공간이나 시간 등의 제약으로부터 해방되어 다양하게 적용됨에 따른 물건이나 서비스가 다양한 유저에 최적화된 사회의 실현을 목표</li> </ul>
슈퍼 스마트 사회 실현	<ul style="list-style-type: none"> <li>네트워크 및 IoT를 활용하는 방안을 제품 제조 분야의 산업뿐만 아니라 다양한 분야로 확장 연구 개발과 울트라 스마트 사회에서 글로벌 경쟁력을 유지·강화해 나가기 위한 기반 기술 강화 등을 대상으로 하는 영역</li> <li>또한, 위성 측위 위성 원격 탐사 위성 통신·위성 방송에 관한 우주 관련 기술 등을 대상으로 함</li> </ul>
지속 가능한 사회 실현	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>또한 해양의 지속 가능한 개발·이용 등에 도움이 해양에 관한 기술 등을 대상으로 함</li> </ul>
세계 제일의 안전인심 사회의 실현	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해에의 대응, 식품안전, 생활환경, 노동위생등의 확보, 사이버 보안의 확보, 국가안보상의 과제에의 대응 등을 대상으로 하는 영역</li> </ul>
지구 규모 과제인 저탄소 사회 실현	<ul style="list-style-type: none"> <li>2050년 온실가스의 대폭 삭감을 위해 에너지의 안정적인 확보와 에너지 이용의 효율화 등을 대상으로 하는 영역</li> </ul>
공통 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>

출처 : 미래사회창조사업 홈페이지 내용 재구성



출처 : 건양대학교(2017), 미래사회창조사업

[그림 II-27] 미래사회창조사업 추진 흐름

## 나. 국내 R&D 동향

### □ 우리나라 또한 장기적 관점에서 원천기술을 축적·활용할 수 있는 R&D 전략의 도입 필요

- 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
- First Mover는 기술 확보 양상을 모방하기 어려운 지점에서의 R&D를 추진해야 하며, 관련분야 기술군을 확보하기 위한 묶음기술 단위의 대형 R&D 필요

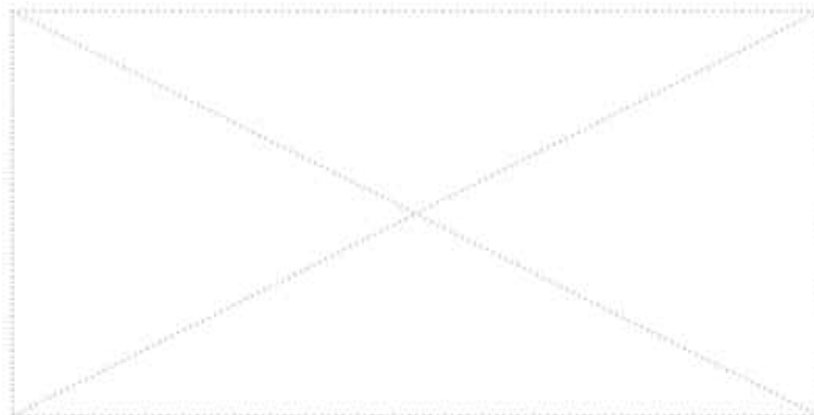
## ① 미래융합기술 파이오니어

### (1) 사업개요

- (사업목적) NT, BT, ET, IT 등의 이종기술간의 융합을 통해 고위험-고수익 (High-risk, High-return)형 융합원천기술 개발
- (사업기간) : '08~ '20년

### (2) 사업특징

### □ 집단연구를 통해 세계적 수준의 과학난제 해결을 목표로 함



[그림Ⅱ-28] 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
- 변혁적 기술 확보의 한계
  - ① 해당 사업의 주된 목적은 혁신적 기술확보도 있지만, 2개 이상의 기술 분야 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

### (1) 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

## (2) 사업특징

□ 오픈 R&D 플랫폼을 지향하여, 소규모 집단연구를 통해 과학난제를 해결하려 하나, 시장과의 관련성 낮음

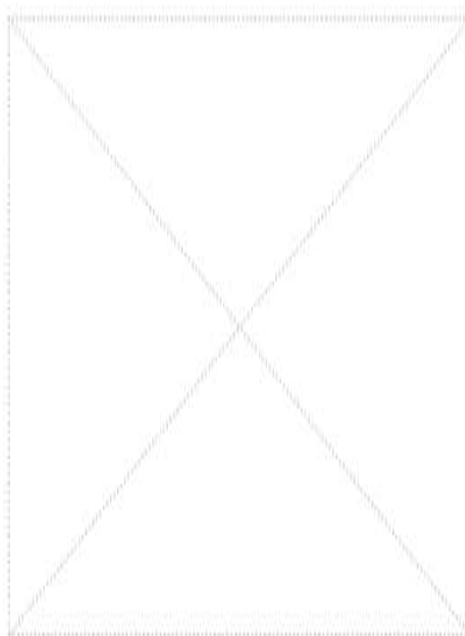
○ 지원대상 : 과학난제

○ 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



[그림Ⅱ-29] 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

#### (1) 사업개요

- 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신 선도 산업 창출
- (사업기간) : '20~ '23년

#### (2) 사업특징

#### □ 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 연구 테마의 과제 구성 및 관리
- 주요 특징 : 부처 칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중, 민간 전문관리자의 사업관리, 유연한 연구관리제도 도입
- 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

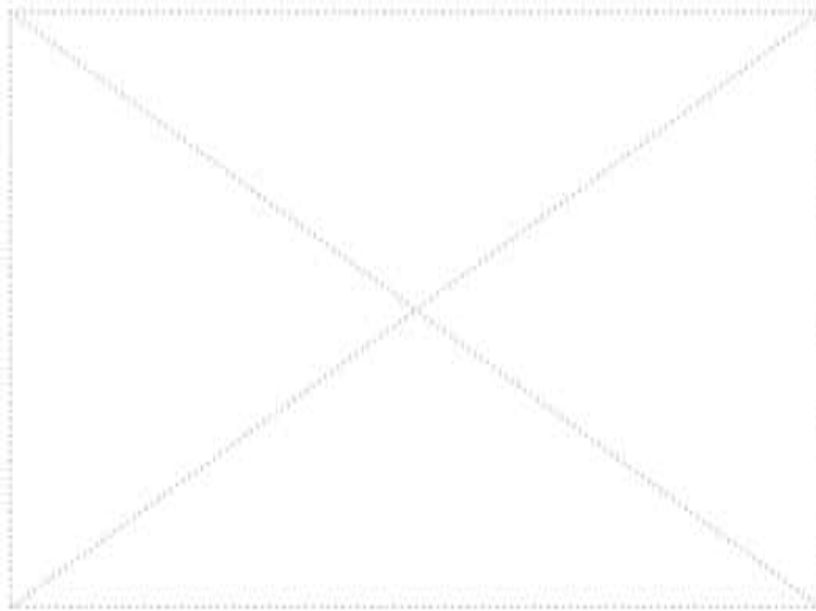
#### ④ 산업기술 알키미스트 프로젝트

##### (1) 사업개요

□ 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

[그림Ⅱ-30] 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

## (2) 사업 특징

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

[표Ⅱ-45] 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

[그림Ⅱ-31] 산업기술 알키미스트 프로젝트 사업추진방식

### ○ 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

### < 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 대학거점도 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

## 제3장 국내 R&D 현황 및 선행사업 분석

---

1. 국내 R&D 현황 분석
2. 선행사업 추진현황 및 성과

## 1. 국내 R&D 현황분석

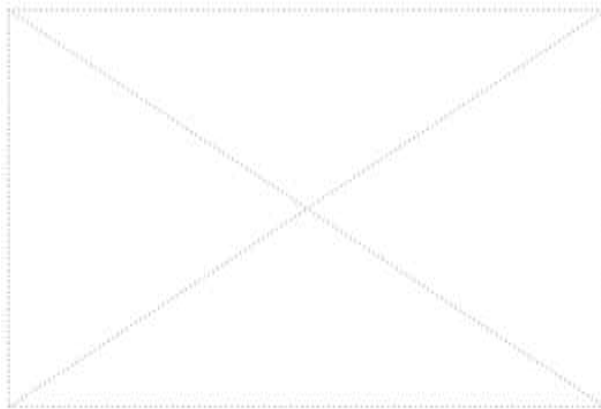
- 우리나라는 매우 높은 수준으로 R&D에 투자 중이나, 세계최고기술 보유 수준은 미흡함
  - 우리나라 GDP 대비 R&D 투자는 OECD 국가 중 2위로 막대한 예산을 집중하고 있음
  - 그러나, 120개 전략기술 중 우리나라가 세계 최고 수준의 기술력을 보유한 분야는 전무
- 글로벌 수준 핵심원천기술이 부족하여 기술의 해외의존 심화 및 경쟁력 상실 우려
  - 핵심원천기술의 부족으로 국내산업이 성장할수록 대외 기술의존도가 높아지는 구조 형성
  - 주요국은 4차 산업혁명 시대에 대응한 초연결, 초지능, 가상현실 등의 기술을 경쟁적으로 개발하고 있으나, 우리나라의 수준은 세계 25위로 선진국보다 성과나 역동성에서 뒤처지는 상황으로 핵심기술 미확보시 경쟁력 상실 우려

## 가. 국내 R&D 투자현황

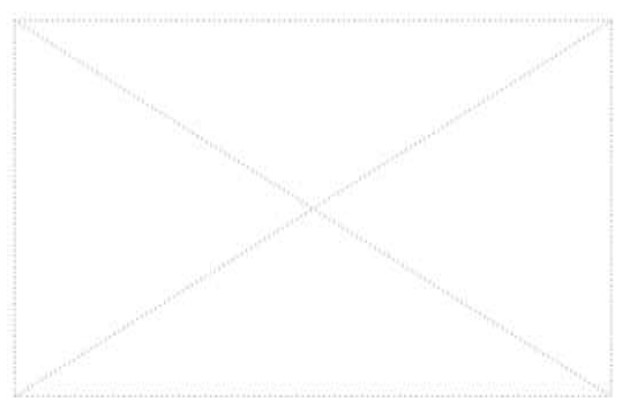
### ① R&D 투자규모

#### (1) 정부 R&D 투자규모 및 현황

- 한국의 R&D 투자는 '19년 기준 OECD 국가중 2위
  - '19년 기준 GDP대비 4.64%(민간 3.57%, 정부 1.00%, 외국 0.07%) 수준
  - 연구개발에 투자하는 규모는 '19년 76,403백만 달러(89조 471억원)로 프랑스와 영국을 넘어선 세계 5위.



[그림Ⅲ-1] 우리나라 총 R&D 및 GDP 대비 R&D 추이



[그림Ⅲ-2] 주요국 총 연구 R&D 및 GDP대비 비중 비교

## (2) 분야별 R&D 투자규모 현황

### □ 부처별 R&D 투자규모

- '19년 정부 R&D 예산이 처음으로 20조원을 돌파한 것을 이어, 2020년도는 전년대비 18.0%의 높은 증가율을 보임.
- 2020년 정부 R&D 예산의 부처별 현황을 살펴보면, 과기정통부에 편성된 예산은 7조 9,882억원으로, 전체 R&D 예산의 33%에 달함
- 대다수의 부처 예산이 전년대비 높게 편성됐으며, 그 중에서도 산업부, 방사청, 중기부의 예산 증가율이 두드러짐

[표Ⅲ-1] 2020년 부처별 R&D 투자비중

(단위: 억원, %)

부처명	2019년		2020년		증감(B-A)	증감율(%)
	예산(A)	비중(%)	예산(B)	비중(%)		
과기정통부	69,956	34.1	79,882	33.0	9,926	14.5
산업부	32,068	15.6	41,718	17.2	9,650	30.1
방사청	32,285	15.7	39,191	16.2	6,906	21.4
교육부	19,286	9.4	21,933	9.1	2,647	13.7
중기부	10,744	5.2	14,885	6.1	4,141	38.5
농진청	6,504	3.2	7,131	2.9	627	9.6
해수부	6,362	3.1	6,906	2.9	543	8.5
기타	28,123	13.7	30,549	12.6	2,426	8.6
합계	205,328	100.0	242,195	100.0	36,867	18.0

출처: 2020년 정부연구개발예산 현황분석, KISTEP

## □ 정부 기초·원천 R&D 투자규모

- 정부 R&D 중 기초연구비 규모 및 비중은 증가하였으나, 연구자 주도 기초연구비 증가폭이 미미하여 연구자들의 체감도가 낮은 실정

[표Ⅲ-2] 총 연구개발비 중 연구개발단계별 투자 추이

(단위: 조원, %)

구분	'13	'14	'15	'16	'17
정부 R&D 예산	16.9	17.7	18.9	19.1	19.4
정부 기초연구비	4.06	4.68	4.99	5.2	5.46
정부 R&D 중 비중	(35.4)	(37.1)	(38.1)	(39.0)	(40.2)
연구자 주도 기초연구비*	1.02	1.02	1.07	1.1	1.26
(정부 R&D 중 비중)	(6.0)	(5.8)	(5.7)	(5.8)	(6.5)
(정부 기초연구비 중 비중)	(25.1)	(21.8)	(21.4)	(21.2)	(23.3)

\* 과기정통부 및 교육부의 기초연구사업(개인연구, 집단연구, 이공학학술연구기반 구축)

출처: 2017년도 연구개발활동조사보고서, 과학기술정보통신부

## □ 기술분야별 R&D 투자규모 현황

- 전년과 같이 과학기술분야에 6조 920억원의 가장 많은 예산이 편성
  - 그 다음으로 산업·중소기업 및 에너지, 국방, 교육, 농림수산 순임
- 과학기술분야는 전년대비 예산규모가 증가하였으나 4차 산업혁명 대응을 위한 예산을 제외하고 대부분 감소하였음

[표Ⅲ-3] 2020년 기술분야별 R&D 투자비중

(단위: 억원, %)

부처명	2019년(A)	2020년(B)	증감(B-A)	증감율(%)
과학기술	63,732 (64,171)	72,225	8,493	13.3
산업·중소기업 및 에너지	44,867 (47,241)	58,230	13,363	29.8
국방	32,780	39,724	6,945	21.2
교육	20,392 (20,721)	23,105	2,714	13.3
농림수산	11,487	12,401	914	8.0
교통 및 물류	7,922	8,834	912	11.5

출처: 2020년 정부연구개발예산 현황분석, KISTEP

## □ 국가별 R&D 투자재원

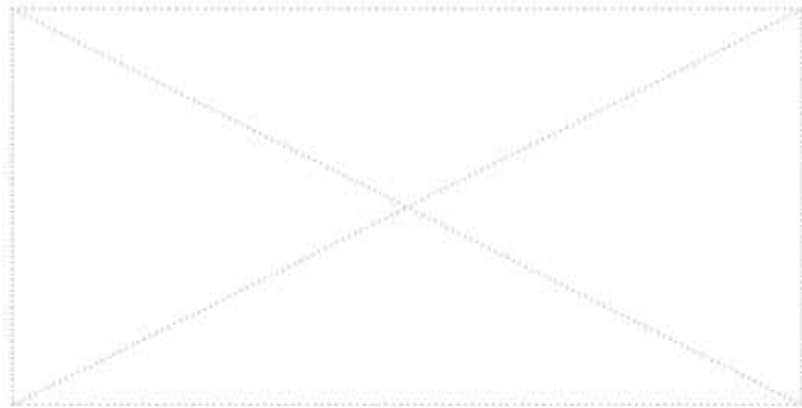
○ R&D 재원 중 정부·공공재원 비중이 주요국에 비해 상대적으로 낮음

- 시장 논리에 관계없이 추진해야 할 안보, 기초과학, 위험 및 불확실성이 높은 산업분야의 핵심원천연구는 정부지원이 필요

- 우리나라 정부·공공재원의 비중은 점차 낮아지는 추세로 다른 주요국에 비해서도 낮은 수준

\* '12년 24.9%에서 '17년 22.5%로 줄어드는 추세

- 정부·공공재원 비중은 프랑스 38.3%( '15년), 영국 33.9%( '15년), 미국 32.5%( '16년), 독일 28.8%( '16년) 등의 순



[그림Ⅲ-3] 국가별 재원유형 비중



## ② 그간의 성과 및 한계

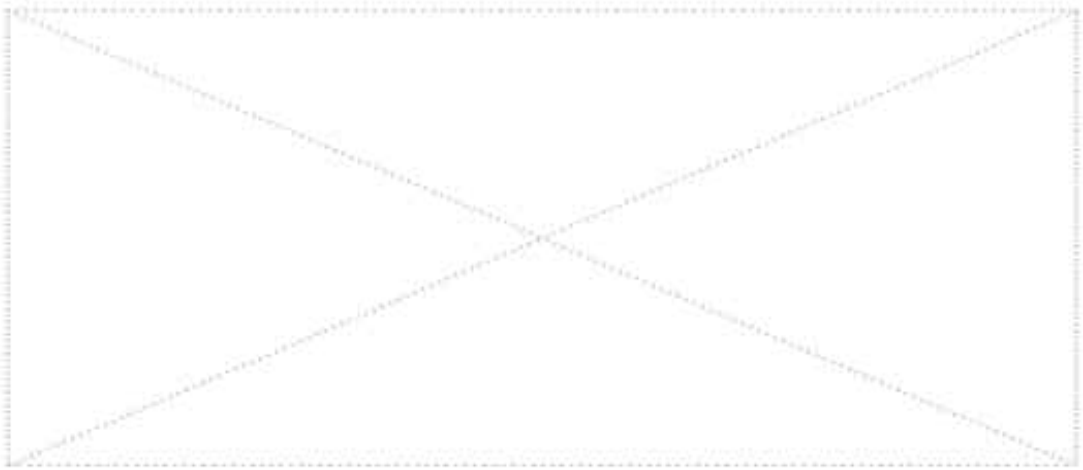
### (1) 기초·원천 R&D 성과현황 및 한계

#### □ 과학적 성과

○ (성과) '19년도 정부 기초·원천 R&D SCI(E)논문은 27,702건이며, 최근 5년간 연평균 3.9% 증가율을 보임

- 이는 최근 5년간 각 연구개발단계의 SCI(E) 논문 연평균 증가율 중에서 가장 높은 수치

\* 정부R&D 기초연구 투자액: ('13년) 4.0조원 → ('15년) 5.0조원 → ('17년) 5.4조원



출처 : 2019년도 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서, 과학기술정보통신부

[그림Ⅲ-4] 정부 기초·원천 R&D SCI(E)논문 수 및 연구단계별 과제 수

○ '17년 정부지원금 10억원당 SCI급 논문성과는 기초연구가 2.28건으로 가장 높은 수준으로 나타남

- 그 다음으로 응용연구가 0.24건, 개발연구가 0.08건으로 기초연구 성과대비 낮은 수준

[표Ⅲ-4] SCI급 논문성과(10억원당)

(단위: 건)

구분	'13	'14	'15	'16	'17
기초연구	1.65	1.96	2.09	2.02	2.28
응용연구	0.43	0.62	0.47	0.38	0.24
개발연구	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08

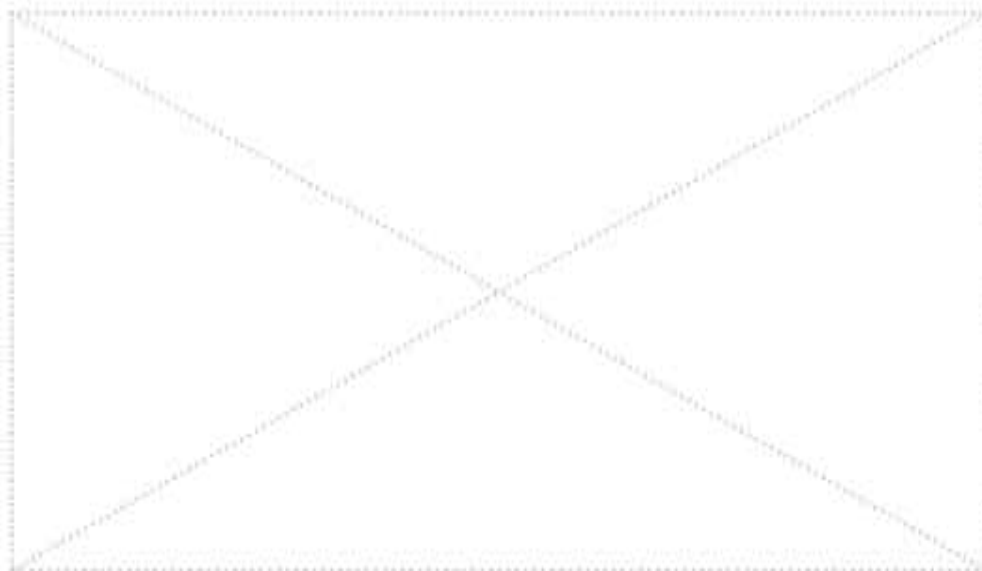
○ (성과) SCI 논문 수 등의 양적성과와 피인용 횟수 등의 질적 성과 모두 최근 5년간 꾸준히 증가하는 추세

- 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 중장기적인 성과로 연결되기 위해서는 연구성과의 질적 혁신이 필요

\* SCI 논문 피인용횟수한국순위: ('14) 12위→('15) 12위→('16) 13위(과기정통부 KAIST, '17)

○ (성과) 최근 15년간 누적 SCI 논문 수(STOCK)는 674,888편으로 OECD 평균보다 빠른 증가 추세를 보임

- 표준화 지수는 전년 대비 0.004점 상승한 0.114점이며, 지속적인 증가 추세로 2016년부터 OECD 평균보다 높은 수준을 유지하고 있음
- 최근 15년간 SCI 논문 수 지표의 10년간 연평균 증가율('95~'09 ~ '04~'18년)은 9.6%로 OECD 연평균 증가율 4.5%보다 높음



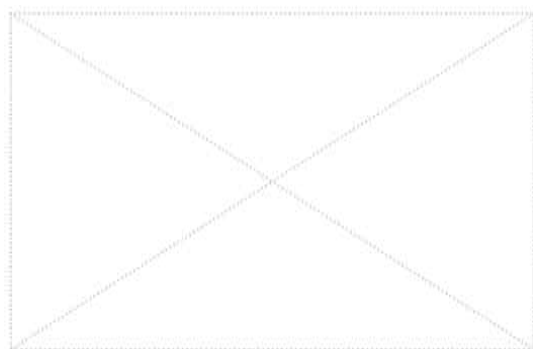
출처 : 2020년 국가과학기술혁신역량평가, KISTEP.

[그림Ⅲ-5] 최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK) 추이

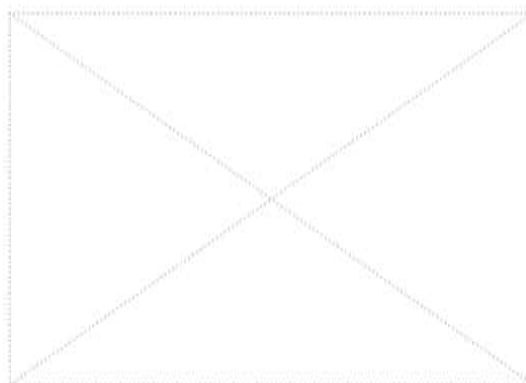
○ (한계) 한국의 연구원 1인당 SCI 논문 수 및 피인용도 순위는 최근 3년간 29위로 OECD 국가 중 최하위권

- 한국의 연구원 1인당 SCI 논문수는 0.16편으로 32위, 5년 주기별 논문당 피인용 횟수는 6.90회('15~'19년)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



[그림Ⅲ-6] 연구원 1인당 SCI 논문 수 추이

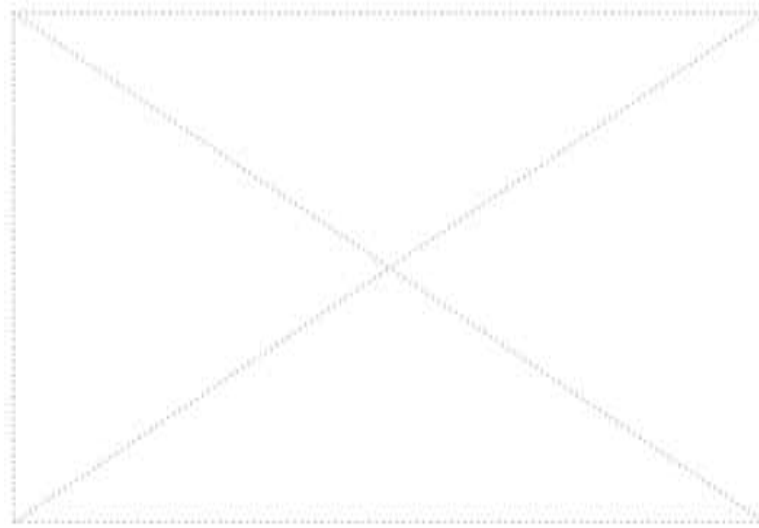


[그림Ⅲ-7] 5년 주기별 논문당 평균 피인용 수 추이

출처 : 2020년 국가과학기술혁신역량평가, KISTEP.

## □ 기술적 성과

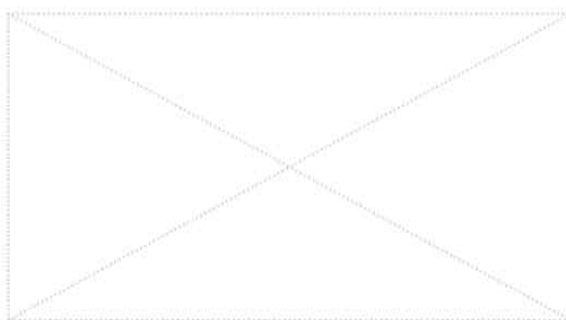
- (성과) 한국의 연구개발투자 백만 달러당 특허 건수는 0.022건으로 17위
  - 한국 특허 성과의 생산성은 OECD 국가들 중 중위권으로 논문 생산성 지표에 비해 상대적으로 우수함
- (한계) R&D 투자 대비 특허건수 표준화 지수는 전년 대비 소폭하락했으며 순위 또한 1단계 하락함
  - 한국 특허 성과의 생산성 수준은 양적 성과지표(연간 특허수, 4위)에 비해 상대적으로 낮은 수준
  - 한국의 R&D 투자 대비 특허건수의 하락폭은 OECD 평균의 하락폭보다 큼



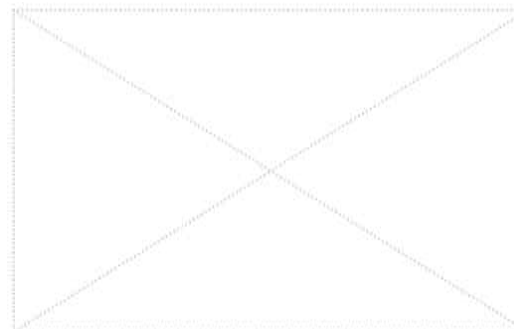
출처 : 2020년 국가과학기술혁신역량평가, KISTEP.

[그림Ⅲ-8] R&D 투자 대비 특허건수 추이

- 개발연구 과제에서 발생한 출원특허는 전체의 44.6%, 등록특허는 45.2% 차지
- 응용연구에서 창출된 '19년도 출원특허는 전년대비 515건(9.8%) 증가하였으며 기초연구와 개발연구는 각 150건, 577건' 감소
- 기초연구에서 창출된 '19년도 등록특허는 전년대비 431건(6.9%) 증가하였으며, 최근 5년간('15~'19년) 연평균 증가율은 9.9%



[출원]



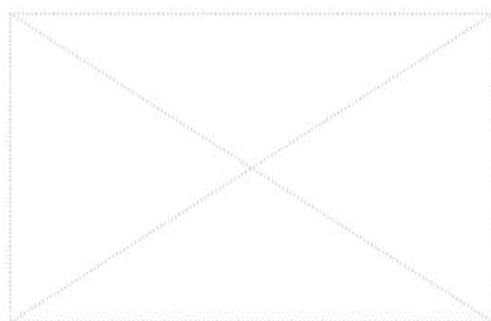
[등록]

출처 : 2019년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부

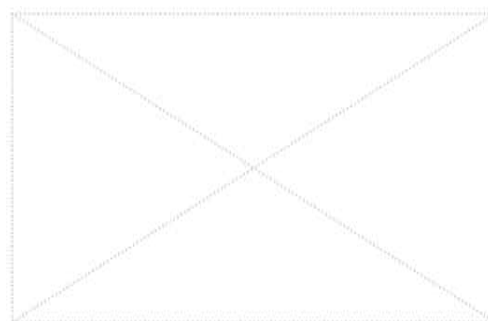
[그림Ⅲ-9] 연구단계별 국내 출원 및 등록특허 성과

- 해외 출원 및 등록특허는 주로 개발연구에서 창출되고 있으며, 기초연구의 기여도 큰 편

- 개발연구 과제에서 발생한 출원특허는 전체의 39.6%, 등록특허는 42.0% 차지
- 기초연구에서 발생한 '19년도 출원특허는 1,737건(38.9%)이며 개발연구와 유사한 수준
- \* 출원특허(건)의 최근 5년간 연평균 증가율: 개발연구 4.2%, 기초연구 3.2%, 응용연구 △2.2%
- 최근 응용연구에서 창출되는 해외 등록특허가 감소하고 개발연구의 비중이 증가하는 추세이며,
- 개발연구의 최근 5년간('15년~'19년) 연평균 증가율은 8.6%
- ※ 등록특허(건)의 최근 5년간 연평균 증가율: 개발연구 8.6%, 기초연구 1.0%, 응용연구 △7.6%



[출원]



[등록]

출처 : 2019년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부

[그림Ⅲ-10] 연구단계별 해외 출원 및 등록특허 성과

- '17년 정부지원금 10억원당 국내 등록 특허성과는 기초연구가 0.58건으로 가장 높은 수준으로 나타남
- 그 다음으로 응용연구가 0.22건, 개발연구가 0.16건으로 다소 낮은 성과를 창출

[표Ⅲ-5] 국내 등록 특허성과(10억원당)

(단위: 건)

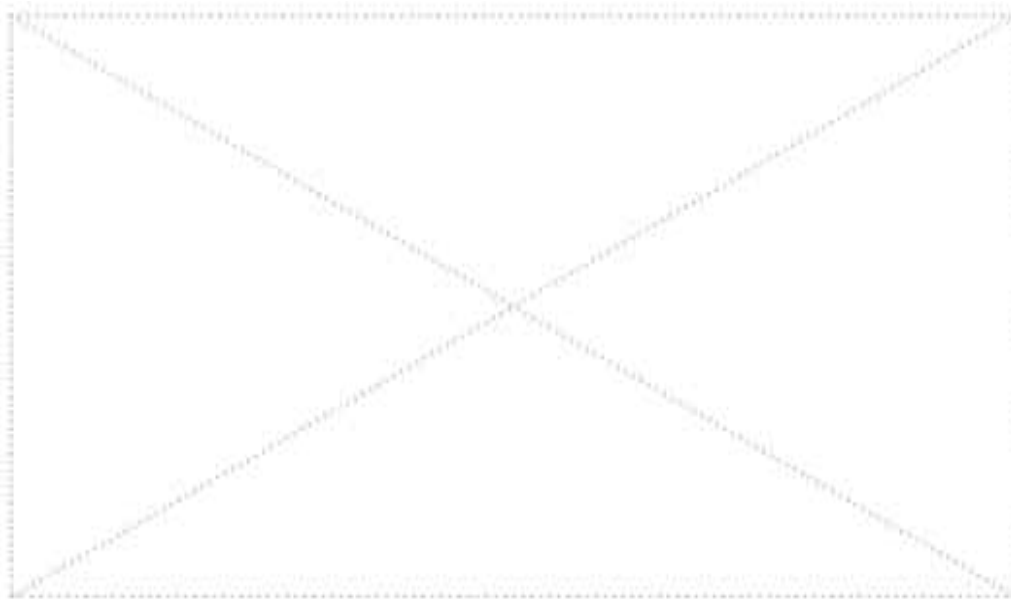
구분	'13	'14	'15	'16	'17
기초연구	0.37	0.39	0.41	0.49	0.58
응용연구	0.31	0.34	0.23	0.22	0.22
개발연구	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16

- (한계) 기초연구의 특허 성과를 분석한 결과, 타 연구단계 대비 낮은 수준이나, 10억원당 성과는 가장 높게 나타남

- 이는 특허창출 시 과학문헌 인용도가 OECD 주요국에 비해 떨어지는 등 기초연구 성과가 산업화되는 연계 또한 부족한 것으로 판단
- 10억원당 성과의 경우 기초연구가 타 연구단계 대비 매우 높은 수준이나 논문 성과에 비해 현저히 낮음

## □ 경제적 성과

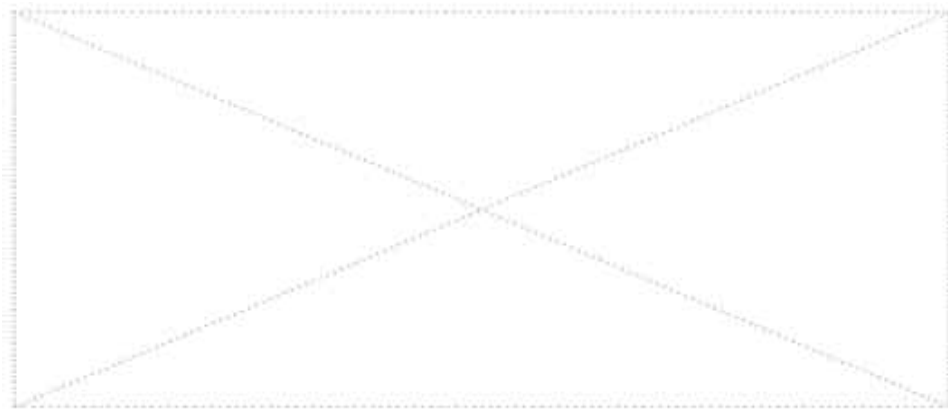
- (성과) 한국의 연구개발비 대비 지식재산 사용료 수입 비중은 7.9%로 전 세계 22위
  - 지식재산사용료 수입의 총규모로는 OECD 국가 중 9위
- (한계) OECD 국가의 평균 연구개발비 대비 지식재산 사용료 수입 비중이 2010년을 전후하여 급격한 상승세를 보이고 2013년 이후 꾸준히 40%대를 유지하는 반면, 한국의 경우는 등락을 반복하며 10%를 넘지 못함



출처 : 2020년 국가과학기술혁신역량평가, KISTEP.

[그림Ⅲ-11] 연구개발투자 대비 지식재산사용료 수입 비중 추이

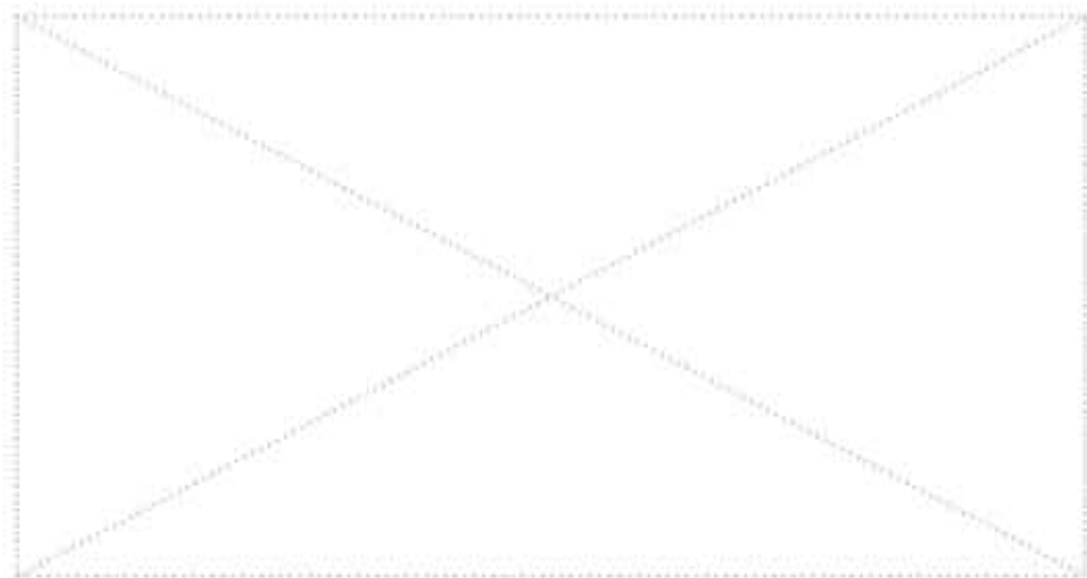
- 기술료 성과는 정수건수와 정수액 모두가 개발연구에서 많이 발생
  - `19년도 기술료 정수건수의 66.4%(5,068건), 정수액의 61.2%(1,345억원)가 개발연구에서 창출



출처 : 2019년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부

[그림Ⅲ-12] 연구단계별 기술료 징수건수 추이('15년~'19년)]

- 사업화 성과의 연구개발단계는 전년도와 유사하게 개발연구에서 가장 많은 성과 발생
  - 개발연구에서 발생한 사업화 성과 비중은 79.6%로 압도적이며, 응용연구와 기초연구 모두 건수와 비중 모두 전년대비 증가
  - 반면 개발연구의 비중은 3.2% 감소



출처 : 2019년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부

[그림Ⅲ-13] 연구단계별 사업화 건수 추이('15년~'19년)]

- ' 17년 정부지원금 10억원당 기술료 및 사업화 성과는 개발연구가 각 0.11건, 2.54건으로 가장 높은 수준으로 나타남
  - 기술료 성과의 경우, 기초연구가 0.10건, 응용연구가 0.07건으로 낮은 성과

를 창출

- 사업화 성과의 경우, 응용연구가 0.25건 기초연구가 0.16건으로 개발연구 대비 매우 낮은 수준

[표Ⅲ-6] 기술료 및 사업화성과(10억원당)

(단위: 건, 억원)

구분			'13	'14	'15	'16	'17
기술료	기초연구	건수	0.04	0.06	0.08	0.11	0.10
		금액	0.01	0.03	0.02	0.04	0.03
	응용연구	건수	0.07	0.11	0.12	0.10	0.07
		금액	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02
	개발연구	건수	0.10	0.11	0.10	0.13	0.11
		금액	0.04	0.03	0.05	0.04	0.03
사업화	기초연구		0.07	0.08	0.11	0.15	0.16
	응용연구		0.13	0.14	0.18	0.19	0.25
	개발연구		1.15	1.70	1.50	2.16	2.54

- (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 중심으로, 산업부, 방사청, 중기부는 개발연구 중심으로 운영
- 이에 따라 기초연구와 산업화 연구를 유기적으로 연계하는 구조 또는 프로그램이 필요하며, 이를 위해 부처간 협업 필요

[표Ⅲ-7] 2016년 부처별 연구개발단계별 국가연구개발사업

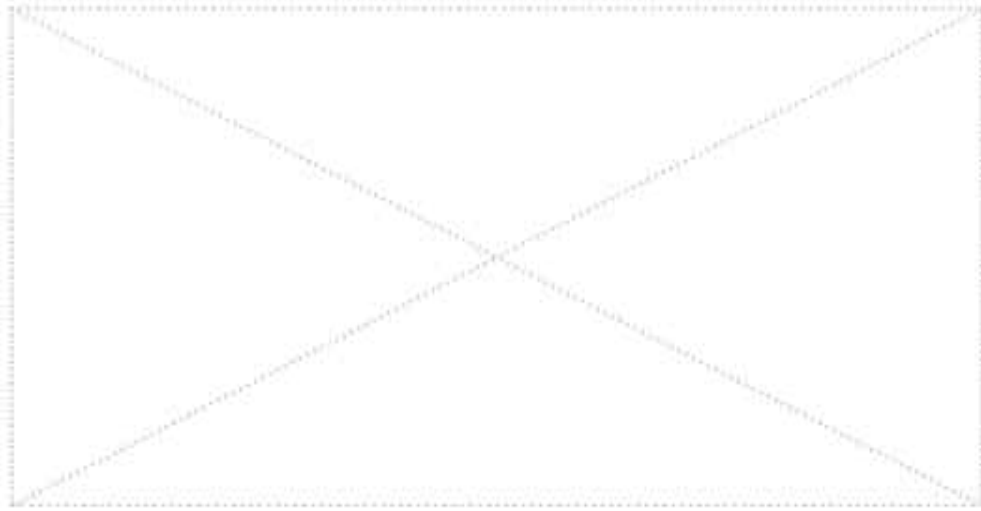
(단위 : 억원)

부처명	기초연구		응용연구		개발연구		합 계	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중
과기정통부	26,316	53.6	8,141	16.6	14,630	29.8	49,088	100.0
교육부	6,019	85.5	823	11.7	194	2.8	7,037	100.0
산업통상자원부	2,541	9.9	4,303	16.8	18,761	73.3	25,605	100.0
방위사업청	620	3.3	6,278	33.0	12,138	63.8	19,036	100.0
중소벤처기업부			5	0.1	9,006	99.9	9,011	100.0
기타부처	8,217	33.2	5,878	23.8	10,633	43.0	24,725	100.0
합 계	43,713	32.5	25,428	18.9	65,362	48.6	134,502	100.0

### □ [참고자료] 울프 네바스(2011.6), 전환연구(translational research)

\* 출처: 과학기술정책 제21권 제2호 참고

- 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 위험 부담 존재
  - 연결고리 부재: 기초연구성과가 상업화로 연결될 수 있도록 죽음의 계곡을 극복할 수 있는 플랫폼 기술 취약



\*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): 미국 국립보건원의 신약발굴 연구 성과를 전환연구 센터를 통해 상용화 가속화

### (3) 민간 R&D 수행현황 특징 및 한계

#### □ 민간 R&D의 대부분은(64%) 대기업 위주로 이루어짐

- 민간부분의 R&D 투자는 '17년 기준 62조 5,634억원으로 지난 10년간 연평균 10.2% 성장 (KISTEP, 2018)

\* 대부분의 R&D 투자는 대기업에서 이루어지며(63.6%, 39조 5,634억원), 이마저도 상위 10대 기업이 53.8%의 비중을 가짐

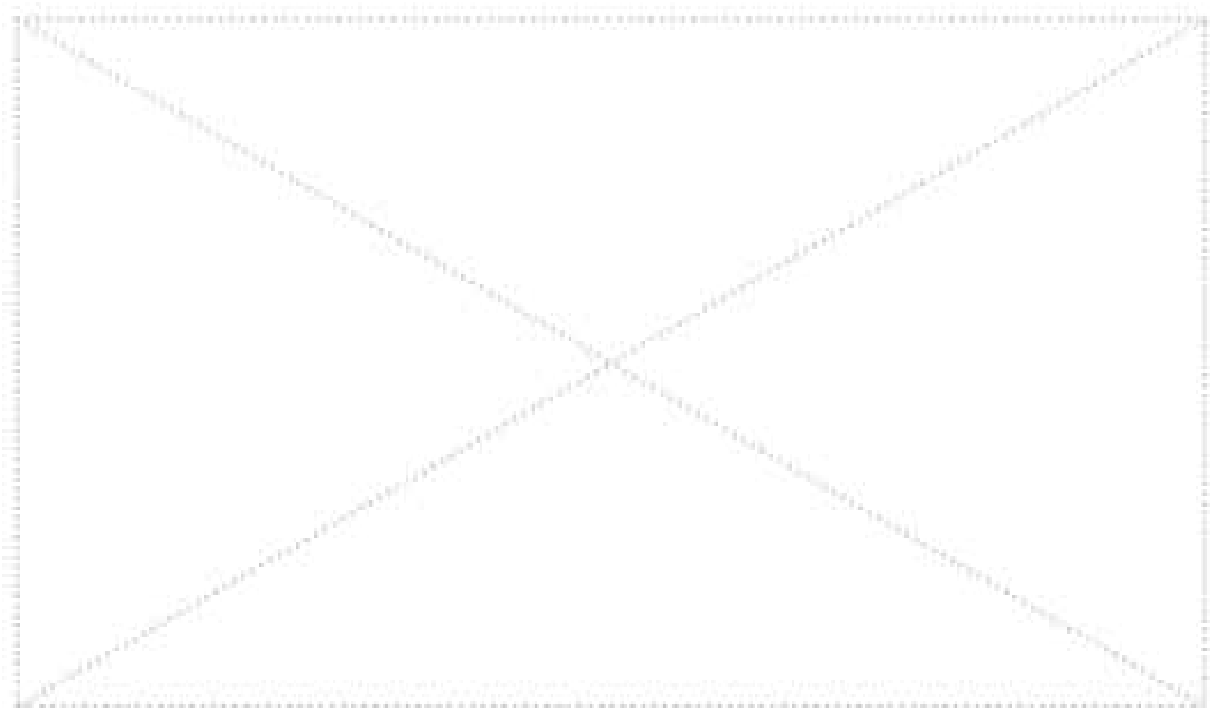
[표Ⅲ-8] 산업계 연구개발비 투자 비중 추이

구분	2010		2017		2018		2019	
	연구비 (억 원)	비중 (%)	연구비 (억 원)	비중 (%)	연구비 (억 원)	비중 (%)	연구비 (억 원)	비중 (%)
대기업	242,129	73.8	398,038	63.6	438,236	63.7	446,658	62.5
중소기업	48,503	14.8	160,756	25.7	170,837	24.8	181,912	25.4
벤처기업	37,401	11.4	66,840	10.7	79,272	11.5	86,497	12.1
총계	328,033	100.0	625,634	100.0	688,345	100.0	705,067	100.0

\* 2017년부터는 중소기업 연구비 및 비중에 중견기업의 수치가 합산됨

출처: KISTEP 통계브리프(2020년 제19호), 우리나라 민간기업 연구개발활동 현황

- 대기업 중심의 우리나라 R&D 투자형태는 일부 대기업을 제외하면 기업이 지속가능한 생존을 가능하게 하는 기술혁신이 부족한 상태
  - 더군다나 우리의 주력산업의 대부분을 차지하고 있는 제조업은 중소·중견기업의 분포가 높음
  - 기업이 혁신활동에 투자하는 금액은 중기업(8.7억원), 소기업(2.4억원)으로, 중소·중견기업의 미래선도기술 획득은 난망
  - \* 매출액대비 연구개발비 비중은 대기업 3.84%, 중견기업 1.98%, 중소기업 2.62%, 벤처기업 5.50%



[그림Ⅲ-14] 매출액 대비 연구개발비 비중

## □ 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
- 지표에 있어서도 단기 성과에 대한 집중은 지난 20년(1995~2015) 간 산업 경쟁력 지수는 상승(16위→13위)한 반면, 산업 성장응집력(잠재력)\* 지수는 하락(21위→25위)하게 함
  - \* 성장응집력(잠재력) 지수: 수출 상품의 주위에 다른 경쟁력 있는 상품이 얼마나 밀집되어 있는가를 나타내는 밀도(산업연구원, 2017)
- 또한, 단기성과 중심은 혁신기업에 수도 매년 줄어들게 하고 있어, 매년 성장하는 중국과 대비되는 모습
  - \* 클래리베이트 애널리틱스(Clarivate Analytics) 조사 세계 1000대 혁신기업 수 : 한국25개('12)→22개('14)→20개('15년), 중국 39개('12)→80개('14)→89개('15년)

## 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 해당됨

- 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 148개, 대학은 150개

[표Ⅲ-9] 공공 연구소와 대학 현황

구분		기관수
공공 연구소	국가과학기술연구회 산하 연구소①	24
	전문생산기술연구소②	16
	특정연구기관③	10
	기타유관 공공기관 및 비영리법인	51
	국공립연구기관	47
	소계	148
대학	국공립대학	28
	사립대학	122
	소계	150
합 계		298

출처 : 2020년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서

- 정부출연연구기관 및 부설연구소

정부출연 연구기관	국가과학기술연구회, 한국건설기술연구원, 한국과학기술연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국기계연구원, 한국기초과학지원연구원, 한국생명공학연구원, 한국생산기술연구원, 한국식품연구원, 한국에너지기술연구원, 한국원자력연구원, 한국전기연구원, 한국전자통신연구원, 한국지질자원연구원, 한국천문연구원, 한국철도기술연구원, 한국표준과학연구원, 한국한의학연구원, 한국항공우주연구원, 한국해양과학기술원, 한국화학연구원
부설연구소	국가보안기술연구소, 국가핵융합연구소, 극지연구소, 선박해양플랜트연구소, 세계김치연구소, 안전성평가연구소, 재료연구소

- 전문생산기술연구소 및 기타 비영리연구기관

전문생산 기술연구소	광주과학기술원, 기초과학연구원, 대구경북과학기술원, 울산과학기술원, 한국과학기술기획평가원, 한국과학기술원, 한국산업기술시험원, 한국세라믹기술원, 한국원자력안전기술원, 한국원자력의학원, 한국원자력통제기술원, 고등과학원, 나노종합기술원, 국가과학기술인력개발원
비영리 연구기관	고등기술연구원, 삼성서울병원, 포항산업과학연구원, 한국산업기술진흥원, 한국선급, 한국원자력안전재단, 한국파스퇴르연구소

- 특정연구기관 및 부설연구소

특정연구기관	ECO융합섬유연구원, 다이텍연구원, 자동차부품연구원, 전자부품연구원, 중소조선연구원, 한국광기술원, 한국로봇융합연구원, 한국섬유개발연구원, 한국섬유기계융합연구원, 한국섬유소재연구원, 한국신발피혁연구원, 한국실크연구원, 한국조선해양기자재연구원, 한국패션산업연구원
부설연구소	고등과학원, 나노종합기술원, 국가과학기술인력개발원,

## ② 국내 공공연구기관(대학·연구소) 역량

### □ R&D 인력 현황

#### ○ 우수 인력이 국내 대학, 연구소에 집중되어 있음

- (박사급 연구인력 비중) 기업(25.5%), 대학·연구기관(74.5%)(`20년 기준)

#### ○ 국내 대학 연구인력 현황

- 국내 대학 통계자료\*에 따르면 공학계열 학과(박사과정 기준)가 1,311개이고, 박사과정 재학생은 21,574명이며, 학과별로 박사과정 재학생은 평균 16.5명을 보유하고 있음
- 동 사업의 인력규모를 약 20~30명으로 추정하였을 경우, 국내 대학에서도 충분한 연구인력과 역량을 보유한 다수의 경쟁 수요가 발생할 수 있을 것으로 판단됨

\* 2021년 대학원 개황(교육통계서비스)

#### ○ 국내 공공연구기관 연구인력 현황

- 국내 연구개발활동 통계자료\*에 따르면, 국내 공공연구기관 연구원 수는 22,385명이고, 이 중 박사급 인력은 약 10,850여명(48.5%)에 해당함

\* 2020년도 연구개발활동조사보고서(`22년 1월, 한국과학기술기획평가원)

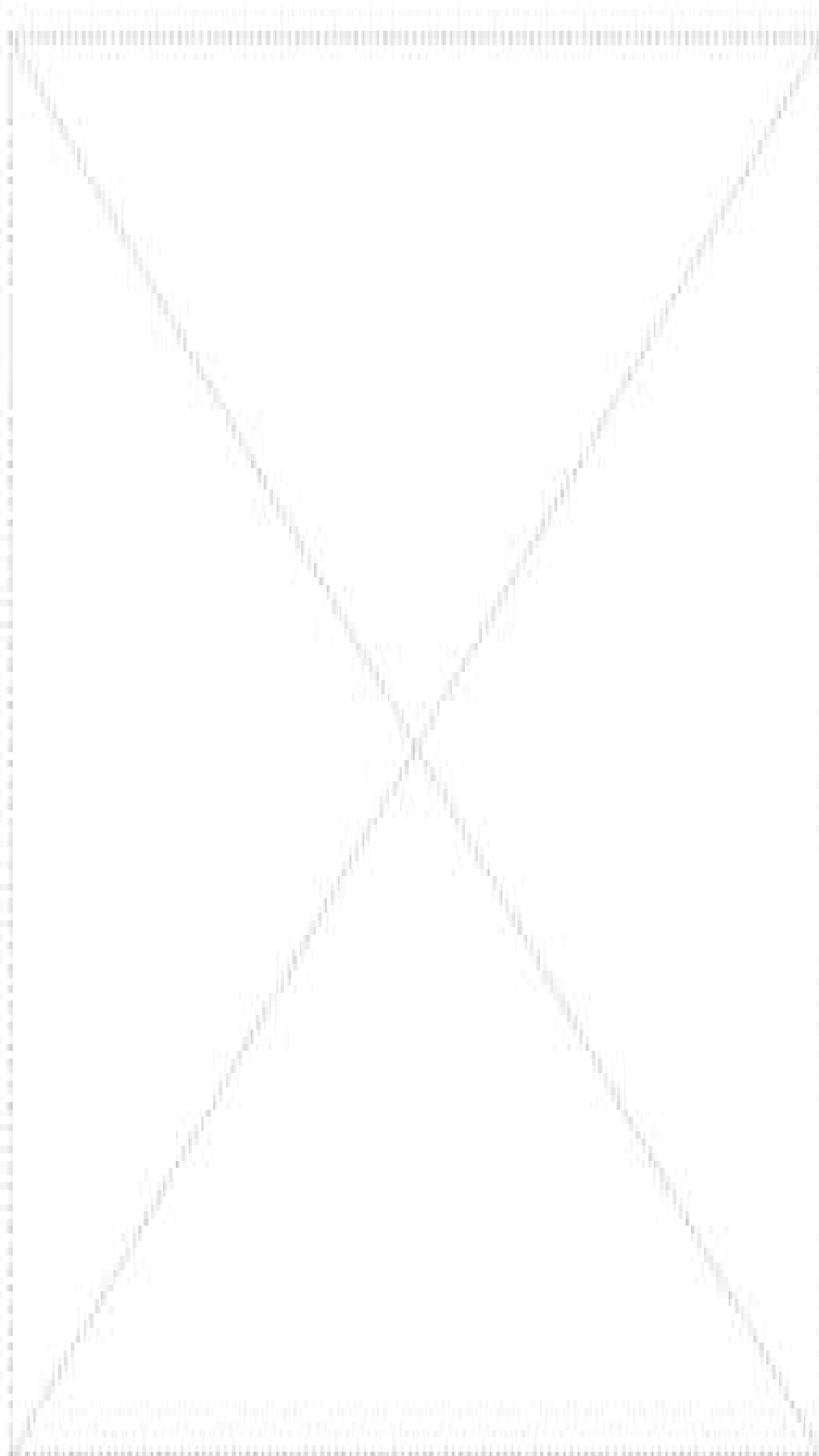
- 동 사업의 인력규모를 약 20~30명으로 추정하였을 경우, 국내 연구소에서 600여개가 넘는 경쟁 수요가 발생할 수 있을 것으로 판단됨

### □ 최상위급 연구인력 현황

#### ○ ‘20년 세계에서 가장 영향력 있는 연구자에 국내 연구자 41명이 선정

\* 클래리베이터 애널리티кс(전 톰슨로이터)

- 세계에서 가장 영향력 있는 연구자(Highly Cited Researcher, HCR)’는 각 분야에서 가장 많이 피인용된 상위 1%의 논문을 기준으로 선정



[그림Ⅲ-15] `20년 클래리베이트 애널리틱스 선정 국내대학 연구자



## □ 기술이전 현황

### ○ 기술이전 수입 및 기관수

- 기술이전 수입 및 연간 10억 원 이상의 기술이전 수입 기관수 모두 우상향 추세이며, '10년~ '16년까지 1개년도를 제외하고 모두 증가

\* 기술료 수입 : 2010~2016년간 1.4배 증가

\* 연간 10억 원 이상의 기술이전 수입 기관수 : 10개('07년) → 30개('11년) → 40개('15년) → 44개(대학 21개, 공공연구소 23개, '16년)

[표Ⅲ-10] 기술이전 수입액

구분	'13년 (A)	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년 (B)	(B)/ (A)	CAGR
기술료 수입 (십억 원)	135.4	139.3	154.3	176.8	182.1	188.5	219.3	1.62	8%

### ○ 기술이전 계약체결 건수 및 기술이전율

- 기술이전 계약체결 건수가 우상향 추세이며, 기술이전율은 '16년 기준, '10년 대비 1.6배 상승

\* 기술이전 계약체결 건수 : 2010~2016년간 2.7배 증가

[표Ⅲ-11] 기술이전 계약체결 건수

구분	'13년 (A)	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년 (B)	(B)/ (A)	CAGR
기술이전 계약체결 (백 건)	43.6	59.8	73.0	80.4	74.8	81.1	84.6	1.94	12%

\* 연도별 기술이전율 : 2010년 대비 공공연구소는 1.5배, 대학은 1.8배 상승 (전체는 1.6배 상승)

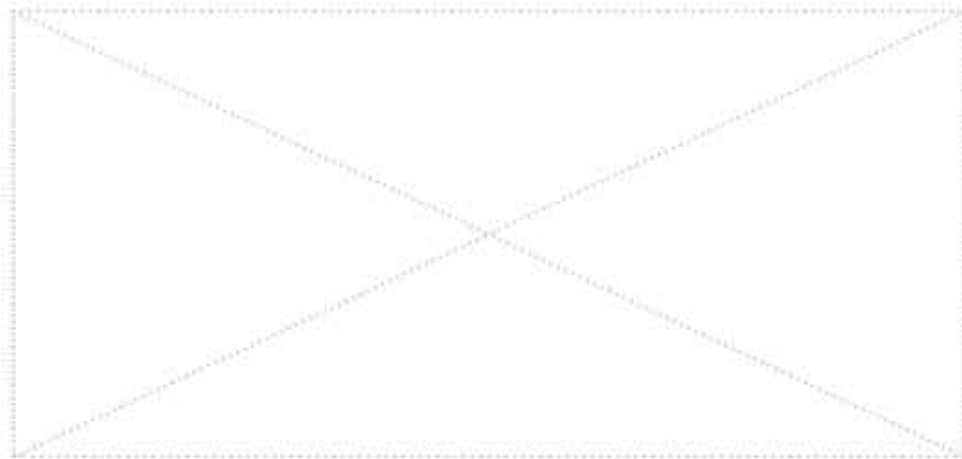
[표Ⅲ-12] 기관유형별 기술이전률

구분		공공연구소	대학	전체
연도별 기술 이전율*	2019년	43.4%	30.3%	35.9%
	2018년	39.6%	30.5%	34.3%
	2017년	51.0%	27.4%	37.9%
	2016년	60.3%	25.0%	38.0%
	2015년	57.5%	25.8%	38.6%
	2014년	39.3%	25.4%	31.7%
	2013년	43.0%	20.3%	31.2%

\* 기술이전율은 조사대상년도의 이전된 기술건수(조사대상년도에 개발된 기술이 아닌 것을 포함)를 조사대상년도의 신규 확보(개발) 기술건수로 나눈 값

## ○ 기술이전 효율성

- 공공연구소는 연도별 변화가 심한 편이나, 대학은 전반적으로 우상향 추세에 있음



[그림Ⅲ-16] 국내 공공연구기관 기술이전효율성 변화 추이

- \* 기술이전 효율성 = (조사대상년도)기술이전 수익 / (조사대상년도)연구개발비 지출
- \* 공공연구소는 국공립시험연구기관 및 비영리법인 포함

## ○ 연구성과 상위대학 및 출연연의 특허, 기술이전 성과

- \* 2017년도 기관별 산학협력 실적이며 대학은 기술료 규모 상위 30개를 기준으로 산정

[표Ⅲ-13] 국내 출연연 기술이전 실적(2017, 2018년)

기관명	연도	총 기술이 전 전수	기술이전계약체결(건)					기술출 자전수	기술료 (백만원)
			계약체 결전수 (소계)	계약별(유+무상)			무상		
				유상					
				소계	정액	경상			
합계	2017년	2,147	2,115	1,671	1,096	575	444	32	96,185
	2018년	1,884	1,860	1,459	976	483	401	24	95,948
KIST	2017년	246	242	83	46	37	159	4	8,556
	2018년	330	328	99	67	32	229	2	8,115
기초(연)	2017년	35	31	23	16	7	6	4	561
	2018년	37	36	31	28	3	5	1	597
핵융합 (연)	2017년	7	7	7	1	6	—	—	584
	2018년	4	4	4	1	3	—	—	355
천문(연)	2017년	8	7	7	7	—	—	1	406
	2018년	2	2	2	2	—	—	—	16
생명(연)	2017년	34	33	32	7	25	1	1	1,590
	2018년	30	29	26	4	22	3	1	1,549
KISTI	2017년	56	54	45	34	11	9	2	967

	2018년	54	54	34	29	5	20	—	1,014
한의학 (연)	2017년	35	35	24	7	17	11	—	615
	2018년	19	19	12	6	6	7	—	324
생기원	2017년	229	227	226	200	26	1	2	8,828
	2018년	240	235	234	208	26	1	5	7,666
ETRI	2017년	473	470	310	112	198	160	3	39,122
	2018년	321	317	267	115	152	50	4	38,527
국보(연)	2017년	25	22	15	3	12	7	3	564
	2018년	17	17	6	2	4	11	—	328
건설(연)	2017년	101	101	84	82	2	17	—	2,561
	2018년	60	60	60	57	3	—	—	2,965
철도(연)	2017년	109	109	106	42	64	3	—	1,882
	2018년	72	72	72	28	44	—	—	2,605
표준(연)	2017년	27	24	24	15	9	—	3	1,231
	2018년	20	20	20	9	11	—	—	838
식품(연)	2017년	46	46	39	35	4	7	—	991
	2018년	32	32	30	23	7	2	—	1,474
김치(연)	2017년	5	5	5	2	3	—	—	113
	2018년	8	8	7	4	3	1	—	126
지자(연)	2017년	57	57	56	41	15	1	—	1,304
	2018년	50	50	47	34	13	3	—	1,356
기계(연)	2017년	236	232	228	186	42	4	4	6,878
	2018년	164	158	156	103	53	2	6	7,205
재료(연)	2017년	93	93	92	84	8	1	—	2,838
	2018년	104	102	101	88	13	1	2	3,172
항우(연)	2017년	18	18	15	7	8	3	—	1,560
	2018년	22	21	20	5	15	1	1	1,121
에너지(연)	2017년	48	45	45	13	32	0	3	3,610
	2018년	47	45	44	24	20	1	2	5,151
전기(연)	2017년	71	70	67	41	26	3	1	4,118
	2018년	44	44	44	22	22	—		4,397
화학(연)	2017년	86	86	86	86	—	—	—	4,054
	2018년	106	106	105	105	—	1	—	4,479
안전(연)	2017년	4	4	4	—	4	—	—	260
	2018년	9	9	9	3	6	—	—	458
원자력(연)	2017년	98	97	48	29	19	49	1	2,992
	2018년	92	92	29	9	20	63	—	2,110

- 상위 30개 대학 특허 및 기술료 실적(2017년)

[표Ⅲ-14] 상위 30개 대학 특허 및 기술료 실적(2017년)

연번	대학명	국내특허		해외특허		기술료		
		출원	등록	출원	등록	기술이 전전수	기술료	전당 기술료
1	서울대학교	967	615	196	149	105	4,172	39.7
2	고려대학교	828	518	150	90	107	3,674	34.3
3	성균관대학교	671	457	108	119	156	3,622	23.2
4	연세대학교	827	599	146	121	86	2,989	34.8
5	한양대학교	634	468	112	112	47	2,882	61.3
6	경희대학교	490	362	118	94	59	2,828	47.9
7	전남대학교	311	242	40	16	87	2,785	32
8	부산대학교	348	220	23	16	96	2,712	28.3
9	한국과학기술원	1,073	722	243	156	45	2,683	59.6
10	중앙대학교	252	168	33	12	68	2,113	31.1
11	아주대학교	277	183	50	27	65	1,963	30.2
12	전북대학교	239	188	57	4	81	1,837	22.7
13	충남대학교	384	264	51	5	94	1,821	19.4
14	광주과학기술원	219	113	51	41	31	1,798	58
15	부경대학교	177	120	34	7	85	1,749	20.6
16	경북대학교	373	308	52	49	78	1,568	20.1
17	충북대학교	247	217	14	2	101	1,481	14.7
18	숙명여자대학교	60	24	7	3	14	1,466	104.7
19	포항공과대학교	423	267	94	104	25	1,287	51.5
20	강원대학교	257	208	16	11	113	1,282	11.3
21	서강대학교	203	148	33	23	96	1,256	13.1
22	경상대학교	195	125	42	3	66	1,221	18.5
23	대구경북과학기술원	266	227	31	23	38	1,173	30.9
24	단국대학교	252	162	10	0	68	844	12.4
25	조선대학교	171	129	31	10	58	822	14.2
26	인하대학교	331	271	17	9	74	812	11
27	영남대학교	172	163	24	9	55	785	14.3
28	세종대학교	269	122	33	14	34	784	23
29	한양대학교(ERICA)	280	171	49	7	32	772	24.1
30	가톨릭대학교	176	139	30	26	44	724	16.5
평균		379	264	63	42	70	1,864	31

### 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

- 국내 대학 공학계열 학과(박사과정 기준)가 1,220개이고, 박사과정 재학생은 19,560명이며, 학과별로 박사과정 재학생은 평균 16.0명을 보유하고 있음

- 국내 공학분야의 공공연구기관 연구원 수는 19,266명이고, 이 중 박사급 인력은 약 9,800여명(51.1%)에 해당하며, 그 중, 정부출연연구기관 및 부설연구소의 25개 기관 연구인력은 총 11,744명(전체 인력 대비 79.6%)으로 조사됨

- 또한, 국내 공공연구소는 146개, 대학은 152개이며, 그 중 특히 연구성과 상위 30여개의 대학과 24개 출연연의 특허 및 기술이전 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 공공 연구소에서 충분한 연구인력과 역량을 보유한 1,000여개가 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 순수기초 분야 연구를 중심으로 지원하고 있음

○ 우리나라는 PD 역할을 수행할 최상위급 연구인력도 대거 보유하고 있음 (JCR 상위 논문 1%)

## 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 중점 과학기술

[표Ⅲ-15] 기술수준평가 대상 기술분야별 중점과학기술 수

11대 분야	건설 교통	재난 안전	우주 항공 해양	국방	기계 제조	소재나 노	농림수 산식품	생명보 건의료	에너지 자원	환경기 상	ICT SW
120개 기술	11	4	7	3	13	5	9	21	18	12	17

□ (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 17)('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

[표Ⅲ-16] 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

- 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

[표Ⅲ-17] 국가별 연구단계 역량 및 연구개발 활동경향

구분		한국	중국	일본	EU	미국
연구 단계 역량	기초	보통	보통	우수	탁월	탁월
	응용 개발	우수	우수	우수	우수	탁월
연구개발 활동경향		상승	상승	상승	상승	상승

- 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

[표Ⅲ-18] 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

- 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



[표Ⅲ-19] 연구개발 활동 경향 및 연구단계별 역량

11대 분야 (중점과학기술 수)	한국			중국			일본			EU			미국		
	기초 연구	응용 개발 연구	연구 개발 활동 경향	기초 연구	응용 개발 연구	연구 개발 활동 경향	기초 연구	응용 개발 연구	연구 개발 활동 경향	기초 연구	응용 개발 연구	연구 개발 활동 경향	기초 연구	응용 개발 연구	연구 개발 활동 경향
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

## □ 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

[표Ⅲ-20] 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 : 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

\* 120개 국가전략기술 대상, 2020년 기준

\*\* 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

[표Ⅲ-21] 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%	

## 2. 선행사업의 추진현황 및 성과

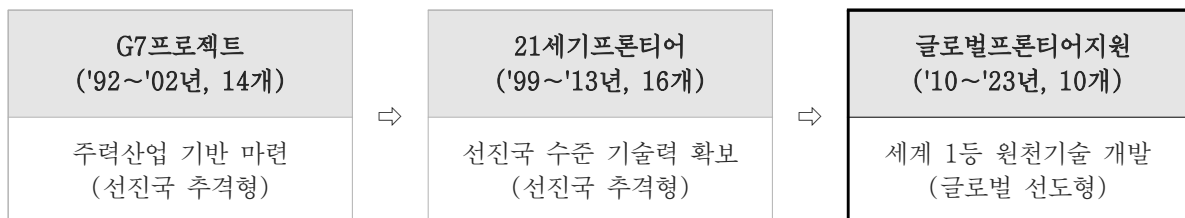
□ 선행사업은 핵심원천기술을 확보하여 기술파급에 의한 산업성장을 주도 하였으나 '23년 종료를 앞두고 있어 핵심원천기술 성과확보 단절 우려

- 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

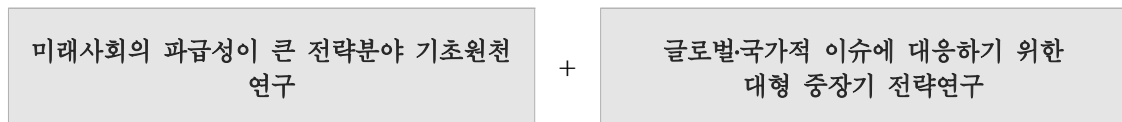
#### □ 사업 목적

- 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)	파급성 (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

[표Ⅲ-22] 연구단별 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	파동에너지극한제어	이학주(기계연)	649.5	—

출처 : 과학기술정보통신부

## □ 중점 추진 분야

### ○ 기획추진위원회 주도 하에 4대 미래 이슈 대응을 위한 중점추진 후보 26대 분야 도출

1단계 미래사회전망	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	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	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	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)

### [그림Ⅲ-17] 중점투자분야 도출 과정

### [표Ⅲ-23] 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"> <li>• 그린파마(Green Pharma)</li> <li>• 세포바이오닉스(cellular bionics)</li> <li>• 에피지노믹스(Epigenomics)</li> <li>• 세포대사제어(cell metabolom)</li> <li>• 시스템즈바이올로지(systems biology)</li> <li>• 실버과학(silver science)</li> </ul>
세계와 공존하는 지속가능사회 구현 (8대 과제)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양바이오기반(ocean bio resource)</li> <li>• 합성바이오매스(synthetic biomass)</li> <li>• 혁신적 CCS(breakthrough CCS)</li> <li>• 신개념에너지저장(next energy storage)</li> <li>• 그린에너지(green energy)</li> <li>• 우주태양에너지활용(space solar energy)</li> <li>• 토륨에너지(thorium energy)</li> <li>• 그린화학(green chemistry)</li> </ul>
품격있고 개방된 지식경제사회 (6대 과제)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노구조기능(functional nanomics)</li> <li>• 인지과학(cognitive science)</li> <li>• 미래교육과학시스템</li> <li>• 나노전자(nano electronics)</li> <li>• 유연일렉트로닉스</li> <li>• SW원천기술</li> </ul>
안전하고 편리한 사회기반 인프라 구축 (6대 과제)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인지바이오CPRS(cyber-physical robotics)</li> <li>• Network of Things</li> <li>• 바이러스사이언스(virus science)</li> <li>• 우주핵심기술플랫폼</li> <li>• 차세대계측과학(next gen, instrument)</li> <li>• 생체모방시스템(biomimetic system)</li> </ul>

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)

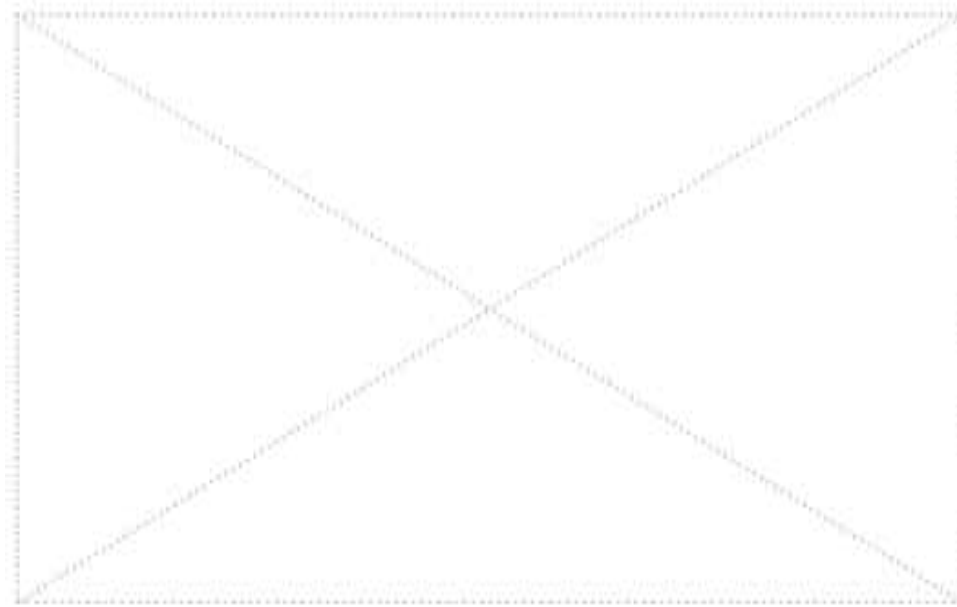
- 연구단 프로젝트 총괄 책임, 연구네트워크 활성화 및 융합·연계 연구 주도, 세부과제 평가 및 관리, 세부과제 협약(연구단↔주관연구기관) 등

### ○ 주관연구기관 : 세부 연구과제 수행

### ○ 과학기술일자리진흥원 : IP 창출 컨설팅(성과분석 및 BM 수립) 및 기술마케팅 지원

[표Ⅲ-24] 사업 추진 기관 역할

주체	역할
과학기술정보통신부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌프론티어R&amp;D사업 시행계획 수립</li> <li>• 글로벌프론티어R&amp;D투자 우선순위결정</li> <li>• 글로벌프론티어사업 추진위원회 운영</li> <li>• 사업총괄협약(과기부↔연구재단) 등</li> </ul>
한국연구재단	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구단 R&amp;D기획 및 평가</li> <li>• 프로그램평가 및 단계평가</li> <li>• 전주기 성과관리 지원</li> <li>• 연구단별 연구협약(연구재단↔연구단) 등</li> </ul>
연구단장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구단 프로젝트에 대한 총괄책임</li> <li>• 국제자문단 운영</li> <li>• 연구단 프로젝트 R&amp;D평가 및 관리</li> <li>• 세부과제 협약(연구단↔주관연구기관) 등</li> </ul>
주관연구기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세부연구프로젝트 수행에 대한 책임</li> <li>• R&amp;D예산의 집행관리</li> </ul>



출처: 글로벌프런티어사업 본부장 협의회, 글로벌프런티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

[그림Ⅲ-18] 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 운영체계
- (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



[표Ⅲ-25] 연구단장의 자격

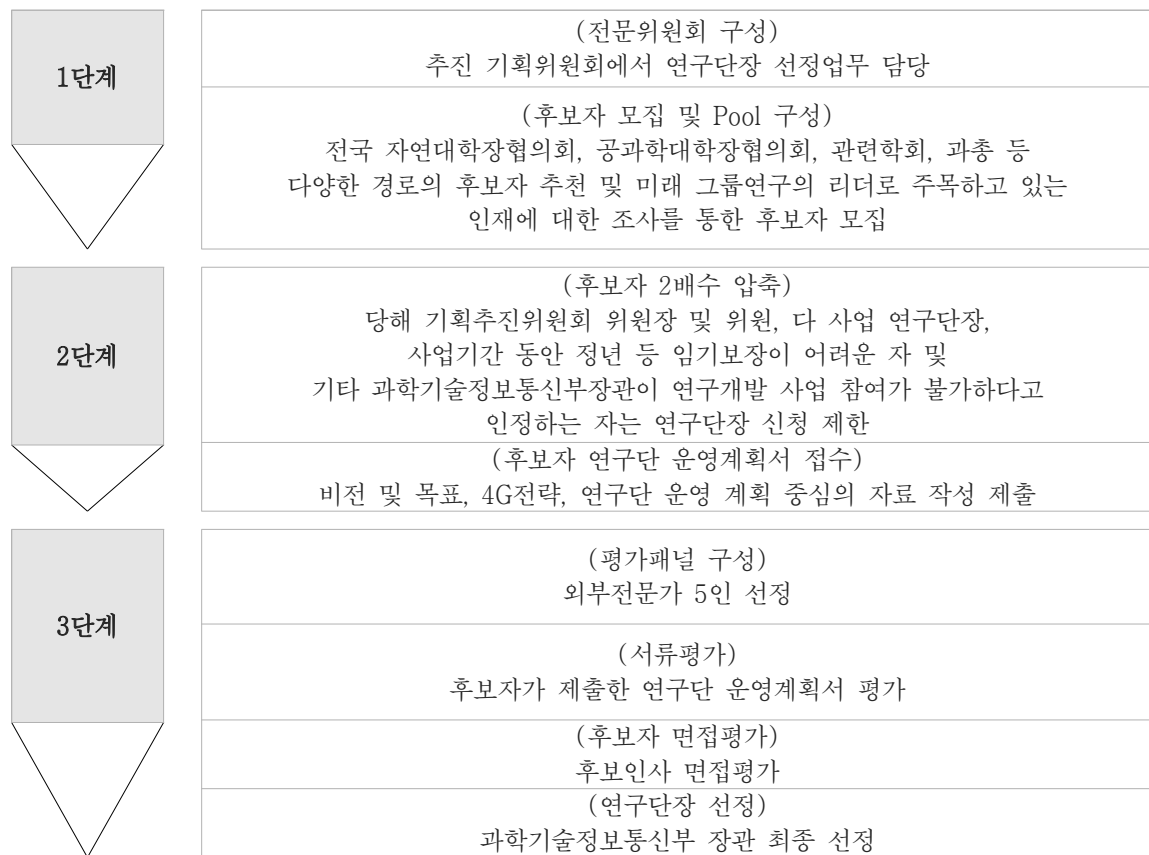
구 분	주요 내용
연구 경력	<ul style="list-style-type: none"> <li>박사 후 10년 이상의 실무경력 보유</li> <li>전문연구분야의 미래 비전과 통찰력을 보유한 전문가</li> </ul>
R&D기획평가관리 경력	<ul style="list-style-type: none"> <li>R&amp;D기획평가관리 업무 또는 자문위원으로 활동한 경력 보유</li> </ul>
연구 실적 및 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>탁월한 연구실적을 가지고 있어 관련분야 연구자로부터 신뢰를 확보</li> <li>선진국 우수 연구팀과 국제협력 관계를 구축할 수 있는 능력은 보유</li> </ul>
도덕성	<ul style="list-style-type: none"> <li>공정한 평가 및 도덕성을 보유하여 리더로서 결격사유가 없는 자</li> <li>부실한 과제 수행 등으로 국가R&amp;D참여제한 등의 조치를 받은 경력이 없는 자</li> </ul>

- (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

[표Ⅲ-26] 연구단장의 권한

구 분	주요 내용
R&D프로젝트 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>세부 프로젝트 구성 및 관리</li> <li>과제에 대한 평가 및 진도관리</li> <li>연구협약의 변경 등</li> </ul>
운영위원회 및 국제자문단 구성·운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>연 1회 국제자문단과 국제컨퍼런스를 개최하여 연구단 프로젝트의 R&amp;D 성과를 국제적 수준에서 평가</li> <li>연구단 운영전반에 대한 자문을 받기 위해 외부전문가 산학연관 10인 내 외로 구성된 운영위원회를 구성하여 운영</li> </ul>
연구 분야 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체 예산의 15%범위 내에서 연구단장의 판단 하에 도전적이고 창조적인 연구 분야를 선정하여 지원</li> </ul>

- (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



출처: 글로벌프런티어사업 본부장 협의회, 글로벌프런티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

[그림Ⅲ-19] 연구단장 선정평가 프로세스

[표Ⅲ-27] 연구단장 선정평가 지표

구 분	평가항목	평가지표
연구수행능력 (35)	연구성과 및 연구역량 우수성 (35)	<ul style="list-style-type: none"> <li>단장의 해당분야 연구성과의 우수성 및 연구단 설립 목적과의 연계성</li> <li>세계적 수준의 연구성과를 창출할 가능성</li> <li>연구성과 활용실적의 가치 및 파급효과</li> </ul>
경영관리역량 (20)	연구단 경영관리 능력 (15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구사업 기획 경험 및 능력</li> <li>연구사업 관리 경험 및 능력</li> <li>과학기술분야에서 국내외 인지도 및 활동범위</li> </ul>
	소속기관의 지원 적극성 (5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>소속기관의 연구성과 및 역량</li> <li>소속기관의 적극적인 의지</li> </ul>
연구개발계획 (45)	연구단 구성의 우수성 (25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구단 구성인력의 우수성 및 역량</li> <li>필요 우수 연구인력 확보방안의 타당성</li> <li>팀 간의 연계 및 협력연구 추진의 합리성</li> </ul>
	연구내용 및 추진전략의 체계성/구체성 (15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련기술 및 시장동향 조사·분석의 충실도</li> <li>최종목표 및 단계별 목표의 타당성·명확성</li> <li>연구과제 구성의 적절성</li> <li>연구 추진전략 및 추진체계의 적합성</li> </ul>
	예산활용의 적정성 (5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>제시된 연구비 규모의 적정성</li> <li>연구기자재 확보 및 활용계획의 적정성</li> </ul>

## □ 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

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		

- 필요 시 연구단장 및 연구단에 대한 특별평가 진행
- 연차평가는 연구단 자체적으로 진행하되, 매년 추진위 회의를 통해 그 결과를 발표(진도관리)

출처: 글로벌프린티어사업 본부장 협의회, 글로벌프린티어사업 미래를 향한 9년의 도전(2019)

[그림Ⅲ-20] 단계평가 프로세스

[표Ⅲ-28] 연구단 연구목표

선정	연구단명	단장	연구목표
2010 (~19년)	의약바이오 컨버전스	서울대/김성훈	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물타겟 선정부터 선도물질 도출까지 핵심과정을 효과적으로 연계할 수 있는 통합적 플랫폼 구축</li> </ul>
	실감교류 인체감응솔루션	KIST/유범재	<ul style="list-style-type: none"> <li>현실-가상-원격공간이 구분없이 일체화된 인체 감응 실감교류 확장공간 실현을 위한 원격 사용자들이 정보, 4D+ 감각 및 감성을 공유·소통하고 협업할 수 있는 인체감응솔루션 개발</li> </ul>
	차세대 바이오매스	KAIST/장용근 (KAIST/양지원)	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오연료 및 바이오소재 기술강국 실현을 위한 경쟁력있는 원천기술 확보 및 통합 생산 시스템 구축</li> </ul>
2011 (~20년)	멀티스케일 에너지시스템	서울대/최만수	<ul style="list-style-type: none"> <li>화석연료 대체 가능한 광에너지 및 분자에너지를 이용하는 혁신적인 청정 고효율 미래 에너지 시스템 개발</li> </ul>
	나노기반 소프트일렉트로닉스	포항공대/조길원	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 소프트 일렉트로닉스 시스템 구현을 위한 응용 가능 원천 기술 개발 및 기술 실용화를 통한 가치 창출</li> </ul>
	다차원스마트IT 융합시스템	KAIST/경종민	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
	지능형바이오 시스템 설계 및 합성	KAIST/김선창	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
2013 (~22년)	하이브리드 인터페이스 기반미래소재	부산대/김광호	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 인터페이스 기반 미래소재/부품/제품 개발</li> <li>스마트 소재 가공 기술, 대형화 공정 기술, 융복합 제품화 기술 개발</li> </ul>
	바이오나노 헬스가드	생명연/신용범 (생명연/정봉현)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 재난형 질병이나 신종, 재출현 바이러스, 박테리아에 의한 미 확인 질병 등의 모니터링, 조기 검출, 진단이 가능한 헬스가드(H-GUARD)시스템 구축을 위한 원천기술 개발 및 실용화</li> </ul>
2014 (~23년)	파동에너지 극한제어	기계연/이학주	<ul style="list-style-type: none"> <li>전자기/역학 파동에너지 극한제어 원천기술 개발 및 플랫폼 구축</li> <li>파동에너지 극한제어 기반 극한 물성 시스템 융합 기술 실용화</li> </ul>

## □ 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

참고	글로벌프론티어지원사업 연구단 존속·해산의 근거
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> </ul>	
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>③ 제1항 및 제2항에 따른 절차, 기준, 후속조치 등 구체적인 사항은 장관이 정한다.</p> <p>④ 제2항에 따라 해산하는 연구단의 잔여재산은 「공익법인의 설립·운영에 관한 법률」 제13조제1항에 따라 과학기술정보통신부에 귀속된다. 잔여재산의 처리에 관한 구체적인 사항은 장관이 정한다.</p>	

출처 : 글로벌프론티어사업 운영관리지침

○ (연구단 존속·해산 현황) '22년 기준, 종료 연구단 7곳 중 5곳 존속, 2곳 해산

[표Ⅲ-29] 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)

계획서 제출		이사회		사업종료		실행
사업종료 4개월 전	➔	사업종료 3개월 전	➔	사업종료	➔	사업 종료 후 4개월 이내
연구단운영계획서 등		계획 적합성 심의		GF사업의 종료		존속 또는 해산

○ (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 처리 계획 및 해산 후의 성과관리 계획 내용을 포함

[표Ⅲ-30] 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

[표Ⅲ-31] 연구단 최소 운영 기준 및 법인 거버넌스

구분		주요 내용
인력		<ul style="list-style-type: none"> <li>단장(1명), 연구직(2명), 행정인력(1명) 등 최소 4명 이상</li> </ul>
법인 거버넌스	이사	<ul style="list-style-type: none"> <li>당연직* 및 선임직 이사로 구성하며, 최소 5인 이상 구성</li> <li>* 과학기술정보통신부, 연구단장 등 3인 이내</li> </ul>
	이사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>공익법 상 주요기능에 사업추진위원회 기능 등을 추가하고, 사업계획 승인과 법인 예/결산을 위해 연간 1회(3월) 정기 개최</li> </ul>
운영비		<ul style="list-style-type: none"> <li>인력 4명 기준 연간 8억 원* 이상 확보</li> <li>* 인건비(1억×4명=4억), 임차료/관리비(1억), IP관리(1억), 연구/활동비(2억)</li> </ul>
공간		<ul style="list-style-type: none"> <li>독립된 공간(1인당 최소 면적은 21.64㎡) 확보(유치기관 협의)</li> </ul>



- (정의) 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) 사업종료 3년 전부터 적립이 가능하도록 허용
- (법인세법 제29조) 고유목적사업준비금 적립기간 최대 5년

구 분		주요 내용
기술이전	기술이전금액	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술가치평가기관의 기술가치평가 금액이나 해당 기술 투입 총연구비의 10%*를 기준으로 가격산정 및 협상착수</li> </ul>
	기술이전 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5억 원* 이상 규모의 기술이전은 계약 전 이사회 승인 필수, 5억 원 이하의 기술이전은 사후 보고 가능</li> <li>* ‘공공연구기관 기술이전·사업화실태조사’에서 집계되는 고액 기술료 기준</li> </ul>
	공동특허	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 협동기관 공동소유 IP는 지분비율에 따른 기술료 징수</li> </ul>
기술창업	창업유형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자회사*(지분 50%이상)와 패밀리 회사로 구분 및 관리</li> <li>• 자회사의 의사결정권은 연구단이 확보하여 운영</li> </ul>
	출자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현물 및 현금(수익사업 적립금)으로 가능하며, 5억 원 이상은 이사회 승인 필수, 5억 원 이하는 사후 보고 가능</li> </ul>
	지분	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구단 지분 최소 20%이상 확보 (연구소기업 기준)</li> <li>• 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</li> </ul>
	단장의 겸직	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업종료 전 2년 전부터 연구성과 활용/확산 위해 꼭 필요한 경우만 이사회 승인*을 거쳐 허용(3년 단위 연장)</li> <li>* 벤처기업법 제16조제2항, 중소기업창업지원법 제2조제2호</li> <li>* 사례 : IP-K 연구소장의 자회사 큐리언트의 창업 초창기 CEO 겸직</li> </ul>

[그림Ⅲ-21] 연구단 주요 사업 - 수익사업

## 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)

[표Ⅲ-32] 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

[표Ⅲ-33] 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

[참고] 과학적 성과의 타 사업대비 우수성

- (양적) 2019년 동 사업 연구비 10억 원당 SCI논문 성과는 10.8건으로 국가 전체(0.78) 대비 약 13.84배, 과기정통부 주요R&D사업(10.32) 대비 약 1.04배, 원천기술개발사업(8.23) 대비 1.31배 수준으로 높음

[SCI논문 투자대비 정량적 연구성과 비교(2019년 기준)]

구분	SCI논문(10억원당)
국가 전체	0.78(10억원당)
과기부 주요 R&D사업	10.32
원천기술개발사업	8.23
차세대정보컴퓨팅기술개발	7.9
나노소재기술개발	13.8
포스트게놈신산업육성	6.6
기술변화대응기술개발	10.3
글로벌프론티어지원사업	10.8

출처 : 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단 (2021. 02)

- (질적) 같은 기간의 동 사업의 평균 영향력지수(IF)는 7.92로 국가 전체 (3.91) 대비 2.03배, 과기정통부 주요R&D사업(5.43) 대비 1.46배, 원천기술개발사업 (6.45) 대비 1.23배 수준으로 높음

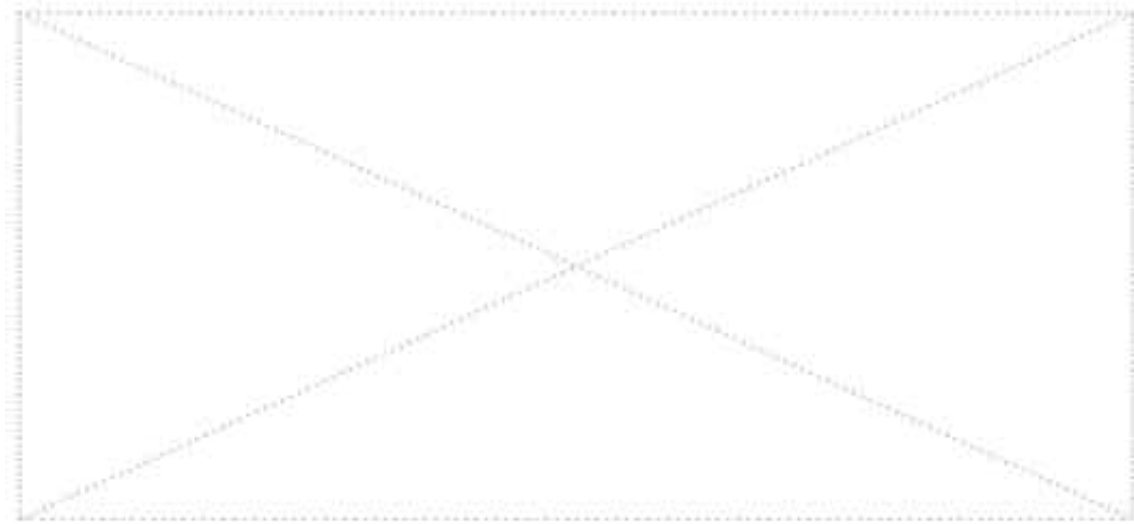
[SCI논문 질적 수준 비교(2019년 기준)]

구분	평균IF	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	3.91	0.98	61.07	13,713	3,281	8,622	2,575
과기부 주요 R&D사업	5.43	1.21	71.42	10,020	3,037	5,707	1,515
원천기술 개발사업	6.45	1.32	74.51	2,862	1,016	1,519	435
차세대정보컴 퓨팅기술개발	3.46	1.02	61.81	17	5	5	15
나노소재 기술개발	7.16	1.38	76.24	452	156	55	220
포스트게놈신 산업육성	5.43	1.24	69.84	613	151	81	306
기술변화대응 기술개발	8.45	1.57	81.49	574	242	107	336
글로벌프론티어 지원사업	7.92	1.52	79.36	452	188	65	236

출처 : 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단 (2021. 02)

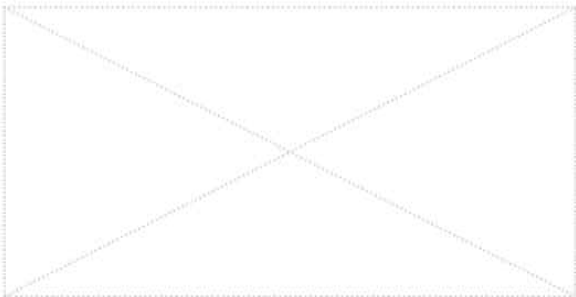
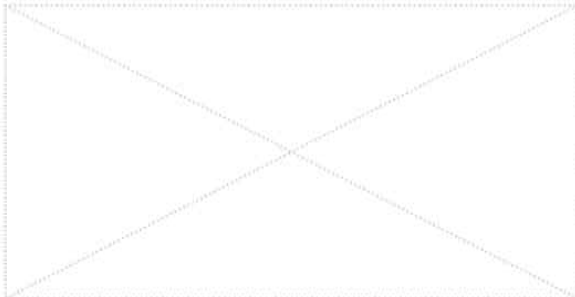
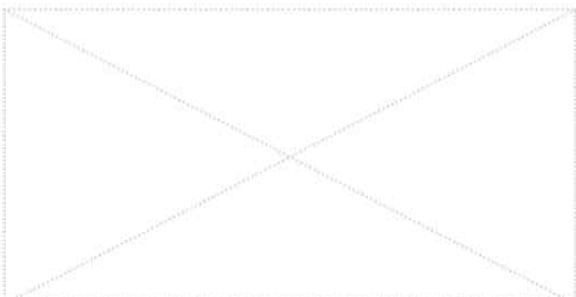
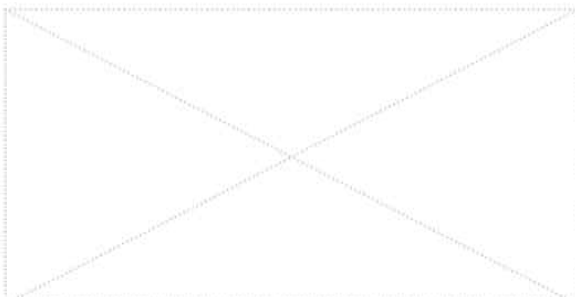
□ 핵심 원천기술을 기반으로 다양한 영역으로 확대

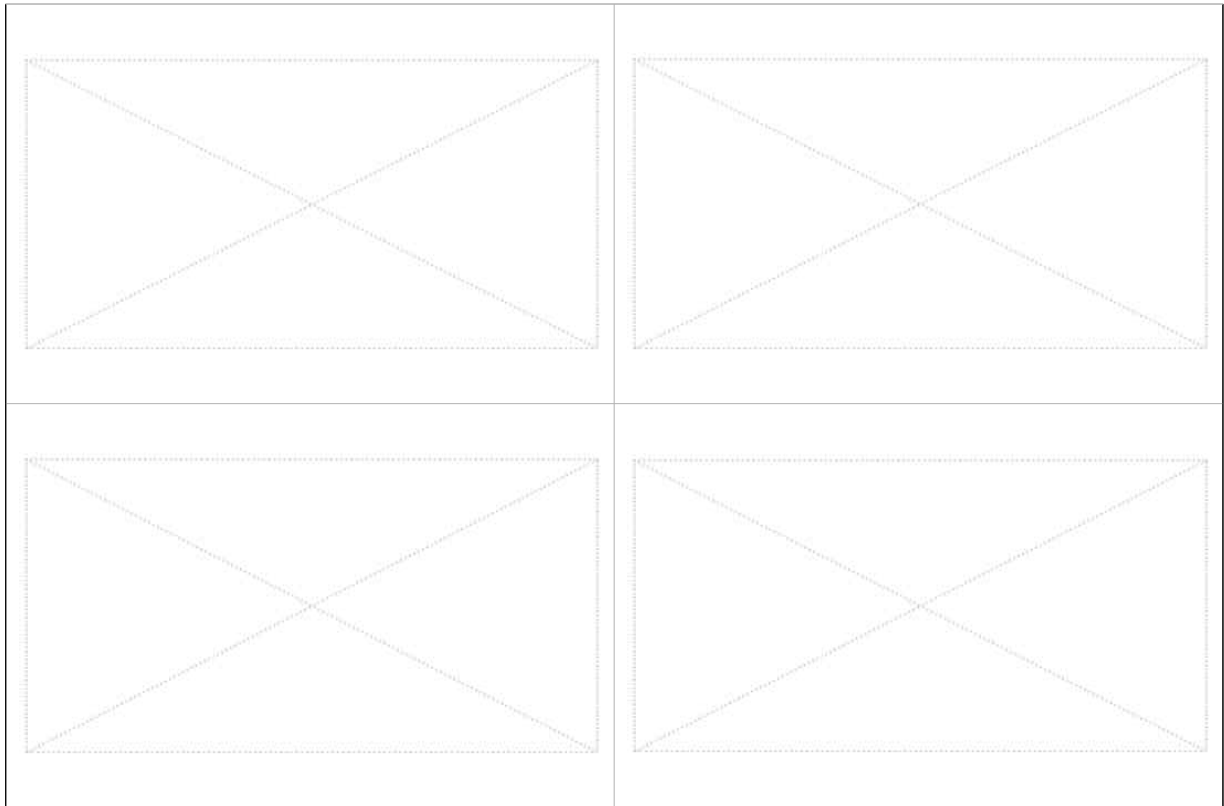
- 글로벌프론티어사업을 통해 확보한 성과들이 타 분야 원천기술 또는 응용 기술로 확산



[그림Ⅲ-22] 글로벌프론티어사업의 연계 현황

[표Ⅲ-34] 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

[표III-35] 연도별 특허 성과(정량/투입대비)

(단위 : 건)

연도	출원			등록			합계			1억 원 당
	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

[표III-36] 연도별 특허 질적 수준 : SMART3 등급별 건수 및 환산점수

SMART 등급		AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	CC	C	계	특허 SMART T 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( $\Sigma(\text{등록특허의 SMART 등급값}) / \text{등록특허건수}$ )

□ (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

[표Ⅲ-37] 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

[참고] 기술적 성과의 타 사업대비 우수성

- (양적) 2019년 동 사업 연구비 10억 원당 국내 특허 등록 실적은 3.8건, 특허 출원 실적은 4.3건으로 국가 전체 대비 각각 2.23배, 3.55배 수준으로 높은 기술적 창출 성과를 보이며 비교우위 입증

[국내특허 투자대비 정량적 연구성과 비교(2019년 기준)]

구분	국내 특허출원(10억원당)	국내 특허등록(10억원당)
국가 전체	1.93	1.07
과기부 주요R&D사업	2.20	0.96
원천기술개발사업	2.94	1.14
차세대정보컴퓨팅기술개발	7.0	2.1
나노소재기술개발	5.7	2.0
포스트게놈신산업육성	2.0	0.7
기술변화대응기술개발	4.2	1.3
글로벌프론티어지원사업	4.3	3.8

(자료) 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단 (2021. 02)

- (질적) 2019년 기준 동 사업 특허의 A등급 비율은 2.79%로 과기부 주요 R&D사업(0.72) 대비 3.88배, 원천기술개발사업(1.23) 대비 2.27배, 나노소재기술개발(1.71) 대비 1.63배 수준으로 높음

[SMART 등급 분석 결과(2019년 기준)]

구분	A등급		B등급		C등급		합계	
	건수	비율	건수	비율	건수	비율	건수	비율
과기부 주요 R&D사업	19	0.72	1,628	61.88	984	37.40	2,631	100
원천기술개발사업	11	1.23	568	63.61	314	35.16	893	100
차세대정보컴퓨팅			25	83.33	5	16.67	30	100
나노소재기술개발	2	1.71	64	54.70	51	43.59	117	100
포스트게놈신산업육성			6	66.67	3	33.33	9	100
기후변화대응기술개발			77	69.37	34	30.63	111	100
글로벌프론티어지원사업	6	2.79	129	60.00	80	37.21	215	100

(자료) 2019 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석 보고서, 과학기술정보통신부, 한국연구재단 (2021. 02)



### (3) 경제적 성과

#### (3.1) 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

[표Ⅲ-38] 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 특허활용을 확인

○ 사업종료 기간으로 특허성과는 줄었으나 이에 비해 기술이전 성과는 높아 비교적 성과의 활용율이 높게 측정

[표Ⅲ-39] 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

### (3.2) 창업

□ (양적) 2019년부터 2021년까지 창업 성과는 총 14건으로 총 109.9억 원 투자유치 및 12.3억원 매출 달성

○ 2020년이 양적으로 가장 많았고 21년에는 0건

[표Ⅲ-40] 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

[표Ⅲ-41] 창업 및 투자유치 주요 사례

창업시기	창업기업명	매출액	투자유치	연구단
2015	버네트	36억 원	90억(seriesA) 투자유치('19)	실감교류
2013	오비이랩	24.7억 원	45억(seriesB) 투자유치('16)	스마트IT
2016	(주)위프솔루션	11.5억 원	해외투자 20억원 투자유치('18)	스마트IT

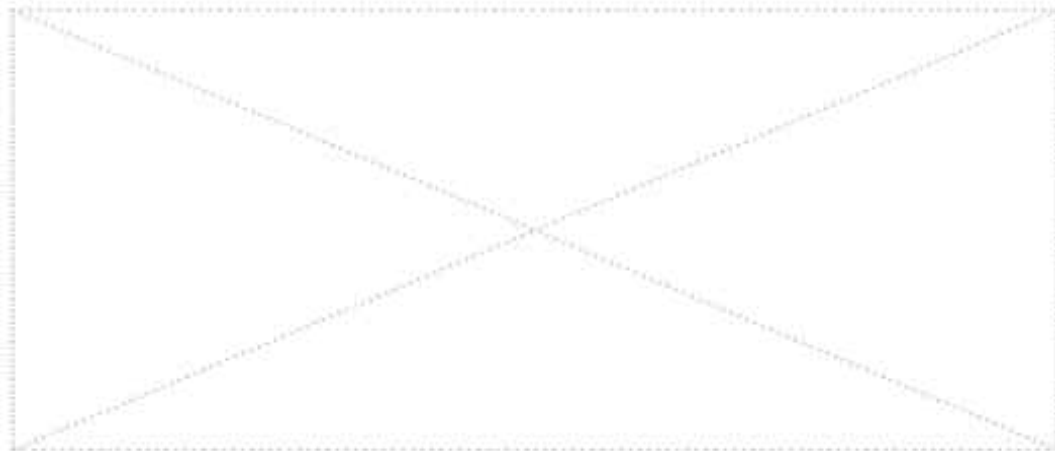
(자료) 연구단 내부자료

#### (4) 대표 성과

##### □ 세계 최고 수준의 기술 확보

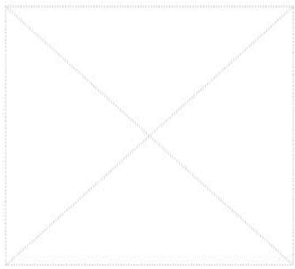
- 대표적으로, 반도체 핵심 기술을 지속적으로 공급하여 현재 우리나라 핵심산업인 반도체 분야 역량 확보에 기여
  - 21세기 프론티어 사업 : '10~'20년대 반도체 산업 키체인저 기술인 3D 핀펫 기술 확보(테라급나노소자개발사업)

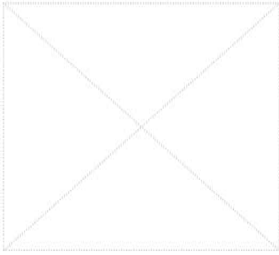
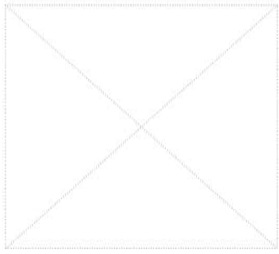
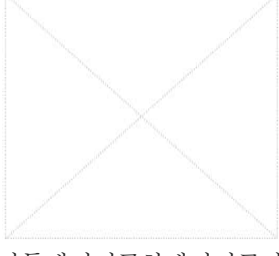
[반도체의 3D 핀펫 기술 적용]



- 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

[표Ⅲ-42] 글로벌프론티어사업 주요 성과

구분	내용
 <멀티스케일에너지연구단>	<p style="text-align: center;"><b>페로브스카이트 태양전지 초고효율화 기술 개발로 세계최고 공인효율기록 갱신</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 페로브스카이트 태양전지는 실리콘 태양전지의 효율에 근접하면서도 저렴하고, 박막이면서 유연하게 제조가 가능하여 차세대 태양전지 시장을 주도할 소재로 주목</li> <li>• 페로브스카이트 태양전지 세계최고 공인효율 7회 갱신               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 16.2% ('13) &gt; 17.9% ('14) &gt; 20.1% ('14) &gt; 22.1% ('16) &gt; 22.7% ('17.10)</li> <li>&gt; 24.2% ('19.04) &gt; 25.2% ('19.08)</li> </ul> </li> </ul>

 <p>&lt;지능형바이오시스템연구단&gt;</p>	<p><b>고기능 생리활성 물질 진세노사이드 대량생산 기술개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고기능 생리활성물질 진세노사이드 생합성 기술(생산성 1.5g/L, 생산단가 1/100) 세계 최초 성공</li> <li>• 천연물(인삼) 추출 방법보다 저비용으로 단기간(1주)에 생산 가능</li> <li>• 항노화, 치매예방, 항간암, 항지방간, 항당뇨, 혈관조절 등 다양한 효능을 검증하고 원천특허 확보</li> </ul>
 <p>&lt;바이오나노헬스가드연구단&gt;</p>	<p><b>열대성 감염병 등의 신속 현장 진단이 가능한 다중 면역진단용 미세유체칩 제작기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미세유체 칩 내 다양한 종류의 기능성입자조합 배열이 가능한 기술을 활용하여 다중분석용 미세유체칩 제작기술 개발</li> <li>• 열대성 감염병의 신속진단키트 개발 외에도 다중진단이 필요한 말라리아 등 다양한 질병 진단에 응용 가능</li> </ul>
 <p>&lt;과동에너지극한제어연구단&gt;</p>	<p><b>마이크로 LED 롤 전사기술 세계최초 상용화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 마이크로 LED 소자를 선택적으로 회로기판에 전사하는 핵심공정기술 개발</li> <li>• 전사속도 및 전사 면적에서 세계최고 수준으로 기존기술 대비 100~1,000배 생산성이 증대</li> <li>• 기존 방식으로 FullHD급 200만 화소 100인치 디스플레이 제작 시 30일 이상이 소요되나 동 기술은 1시간 안에 제작 가능</li> </ul>

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 성장동력과의 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

[표Ⅲ-43] 선행사업 연구단장 검토의견

구분	검토의견	
Q1. 글로벌프론티어사업의 후속사업을 지원해야 하는 환경 및 추진 필요성	최근 환경변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현 시대는 기술발전속도의 증가로 기술 lifetime이 1~2년에 불과</li> <li>• 국가간 경제적 패권을 잡기 위한 첨단기술개발 경쟁 심화</li> <li>• 지구환경 개선을 위한 범지구적 탄소저감 정책의 강화</li> <li>• 글로벌 이슈의 지속 발생 및 대응 필요</li> <li>• 기술패권, 산업 및 무역의 자국 보호 성향 강화</li> <li>• 바이든 행정부는 사회문제 해결을 위한 응용연구 지원 확대</li> </ul>
	후속사업 추진 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Follow-up 기술개발에서 세계 최초/최고 혁신기술개발로 전환하여 신산업 창출 필요</li> <li>• 글로벌 이슈를 예측 및 선제적으로 대응하기 위한 연구가 필요하나, 이는 개인연구로 해결하기 어렵고, 기존사업은 신속성/추진력 부족</li> </ul>
Q2. R&D전략 상 대형집단연구 형태로 지원이 필요한 이유	융합연구를 통한 교류·응용 확장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT분야의 사례로, 신산업 창출을 위해 콘텐츠, 플랫폼, 네트워크, 디바이스 개발이 함께 진행되며 통합·융합되어야 하며 이를 위해 연구 목표와 방향을 공유하는 대형 집단연구 필수</li> <li>• 연구자 개인은 한 분야에 집중적이라 시야에 한계가 있으며, 집단연구는 상호교류를 통한 다양한 연구 및 응용분야 확장 가능</li> <li>• 연구가 논문 위주에서 연구사업화로 가기 위해 집단연구 필요</li> </ul>
	대형연구로서의 역량화보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 난제나 대형장비·시설 요구 연구, 국내에서 시작된 글로벌 규모 발전가능 연구 등은 전략적인 집중 지원 필요</li> <li>• 기초연구·소규모 연구만으로는 산업·경제분야 경쟁력 확보 어려움</li> </ul>
Q3. 그동안 글로벌프론티어사업 추진의 현황 및 개선점	기존사업 한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기 목표인 원천기술 확보에서 빠른 실용화 및 기술이전-창업으로 사업목표가 변화하며 일관성 유지가 어려움</li> <li>• 원천기술개발 집중을 위해 일년 단위 평가는 지양해야 함</li> <li>• 기술사업화 지원은 외부 컨설팅 기관을 활용하여 한시적으로 이루어 지기에 사업단의 기술을 잘 이해하지 못함</li> <li>• 사업단 마지막 단계에서 연구자는 과제 일몰에 따른 연구비 상실을 우려하여 연구성과의 활용보다 신규과제 기획에 치중</li> <li>• 명시적 규정은 없으나 암묵적으로 사업단마다 수십 개의 개별과제를 지원하며 정량적 성과에 치중하며 깊이 있는 연구 없이 다수의 연구 산재, 효율성 감소</li> <li>• 기초-응용-성과도출로 이어지는 밸류체인 필요</li> </ul>
	개선방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 새로운 방법론(접근방식)을 찾기 위한 시간 제공</li> <li>• 3~5년 주기의 혁신성·도전성·우수성을 평가하는 정성평가</li> <li>• 실용화-상용화로 이어지는 후속 연구개발 프로그램 제공</li> <li>• 사업단 마지막 단계에서 기술사업화를 진행하도록 예산 배정</li> <li>• 수월성 있는 사업단 성과는 사업을 지속하도록 제도 마련</li> <li>• 사업단의 영리활동 허가 또는 지속 연구비 지원을 통한 성과 사업화 허용</li> <li>• 논문보다 사업화 실적 기여도 중심의 평가 필요</li> <li>• 지속성, 전문성, 적합성 중심의 평가 필요</li> <li>• 사업 초기부터 사업화를 고려하여 IP전략수립 등 필요</li> </ul>

구분	검토의견	
Q4. 글로벌프론티어 사업과 타 사업과의 차별성	타 사업과의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타 사업들은 참여 PI수가 제한적이라 거대과학, 글로벌 이슈, 국제규모연구, 기초-응용 광범위 연구 등을 위한 컨소시엄 구축 어려움</li> <li>• 글로벌프론티어사업은 기초연구에 기반하여 최종 연구사업화까지 추진하는 연구단의 자립이 근본 취지</li> <li>• (알키미스트) 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천기술 개발</li> <li>• (혁신도전프로젝트) 실패 가능성이 존재하나 성공하면 사회·경제적 파급효과가 매우 큰 초고난도의 연구개발을 국가 차원에서 문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출</li> </ul>
	선행사업 과의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행사업은 선진국을 추격하거나 대등한 수준의 기술 확보 목적이나 글로벌프론티어사업은 세계최고 수준의 기술 선점 목적</li> </ul>
	신규사업 의 차별성 확보방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다기술간 혹은 다학제간 융합연구를 위한 집단(그룹)연구를 통한 혁신형 원천기술 개발 집중</li> <li>• 재단법인 형태로 연구추진 유연성 확보</li> <li>• 기초연구(TRL1~5)대신 산업혁신을 위한 기술개발(TRL6~9) 연구</li> </ul>
Q5. 기타 후속사업 기획에 도움이 되는 조언	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌프론티어사업 연구단별 대표성과의 3~5년 후속지원을 통해 활용 지원 희망</li> <li>• 원천기술 -&gt; 실용화 -&gt; 상용화 개발 및 창업으로 이어지는 과정에서 기업 적응가능성 검증을 위한 타당성 검사 시스템 필요</li> <li>• 고문제도를 통한 통섭적 연구자문 및 산학연 네트워크 확보 가능</li> <li>• 논문 중심에서 사업화 중심의 평가가 반영된 사업기획 필요</li> <li>• 연구단 기술사업화를 위한 기획형 창업제도 운영(연구단+시장전문가(창업자)+액셀러레이터+VC)</li> <li>• 연구단 기술을 타 기술·기관과 연계하여 응용개발로 이어지도록 성과를 확산하는 전담조직 구성</li> </ul>

출처: 글로벌프론티어사업단 각 연구단장 자문의견 기반 연구진 요약

□ 글로벌프론티어+사업 사업기획위원회 인터뷰를 통해 글로벌프론티어사업+에 반영되어야 할 개선 의견 자문

- 해외의 변혁적 연구 수행 이유 및 방법을 참조하여 글로벌프론티어+ 사업의 목표 및 수행방법으로서 개선 필요
- 지원 초기부터 시장수요를 반영할 필요가 있으며, IP전략 및 사업화 지원 방안이 사업 추진과정에서 병행되어야 하고, 민간기업의 참여를 전제로 한 지원 방안이 필요
- 선도형 연구개발 특성에 적합하도록 발전적 평가시스템 적용 필요

[표Ⅲ-44] 선행사업 사업기획위원회 개선의견

구분	개선의견
변혁적 연구의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현 시선진국의 전략적으로 지원하여 경쟁이 치열한 분야에 대한 국내 연구역량 결집 필요하며, 변혁적 연구 필요성에 공감</li> <li>• 해외에서 변혁적 기술개발을 수행하는 이유 추가 및 국가의 변혁적 연구개발 투자 당위성 보완 필요(국가 주도의 변혁적 기술투자가 지속적으로 산업으로 확산된 사례, ex 아이폰)</li> <li>• 여러 기관에서 변혁적 기술/연구를 지칭하나 명확하게 이해하기 어려운 상태로, 동 사업에서는 사회전반 변화를 주도하기 위한 연구테마 도출 방법론 구체화 필요</li> <li>• 변혁적 연구 관련 주요 키워드의 개념제시 및 관계 도식화 필요</li> <li>• HRHR 형태 과제 관리 체계를 위해 기존의 논문/특허수 중심의 평가체계에서 변화 필요</li> <li>• 변혁적 연구가 필요한 분야와 이를 통해 이루고자 하는 사업의 목표가 일치될 필요가 있음</li> </ul>
대내외 환경분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행사업 등 기존의 중장기 대형사업에서 확보한 원천기술의 융복합을 통한 프로그램 필요</li> <li>• 선행사업에 참여했던 연구책임자를 중심으로 연구개발 전주기적 개선방안 도출 등 더욱 디테일한 분석으로 사업체계 제시 필요</li> <li>• 기술패권시대 관련하여 첨단기술 종속의 위험성 언급 필요</li> <li>• 탐다운 방식 사업구조와 목적지향 혁신정책의 차별성 제시 필요</li> <li>• 해외 HRHR 사업의 성공사례제시 필요</li> </ul>
사업 추진체계 및 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IP전략 및 원천기술 사업화를 위한 지원체계가 필요하며, 사업 전주기적으로 기업이 참여하여 수요제시·고도화하는 방안 필요</li> <li>• 통합법인 형태의 사업 추진시 선행사업에서의 문제점·한계점 대비 개선사항과, 발생 가능한 문제의 보완사항 등 제시 필요(SPAC 설립 등 ex. 한국과학기술지주 산하 1기 통합법인)</li> <li>• 사업성과를 평가할 수 있는 질적 평가지표 발굴 필요(ex. mmIF, K-PEG, 기타 해외 HRHR 관련 지표 발굴)</li> <li>• 기술군의 단계별 경쟁평가 방안 필요</li> </ul>
유사사업과의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 변혁적 기술 발굴을 위한 목표 및 운영방식 등에서 차별성 제시 필요</li> <li>• 동 사업 기술개발 분야는 기존의 TRL 단계로 설명되기 어려워, 변혁적 기술에 대한 criteria와 세부 index를 명확히 제시할 필요</li> </ul>
기타 검토의견	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업화 추진을 위해 초기부터 시장수요 반영 필요하며, 산업생태계 분석 및 기술개발추이도를 작성하여 FOM 작성 필요</li> <li>• 변혁적 연구-사업관리체계와의 부정합성, 타 사업에서의 변혁적 연구-동 사업과의 차별성, 변혁적 연구-플랫폼기술과의 논리적 연계성 구체화 필요</li> <li>• 발전적 평가시스템(Developmental Evaluation)이 선도형 연구개발 특성에 적절할 것으로 판단되어 시스템 고민 필요</li> </ul>

출처: 글로벌프론티어+사업 사업기획위원회 자문의견 기반 연구진 요약



## □ 글로벌프론티어+사업의 변혁적 기술 확보 사업으로서의 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

< 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

#### 「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

### 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」

- o 사업단별 연구지원 업무 추진의 통일성 확보를 위해 총괄 지원하는 지원조직 구성·운영 필요(B연구단)
- o 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 >

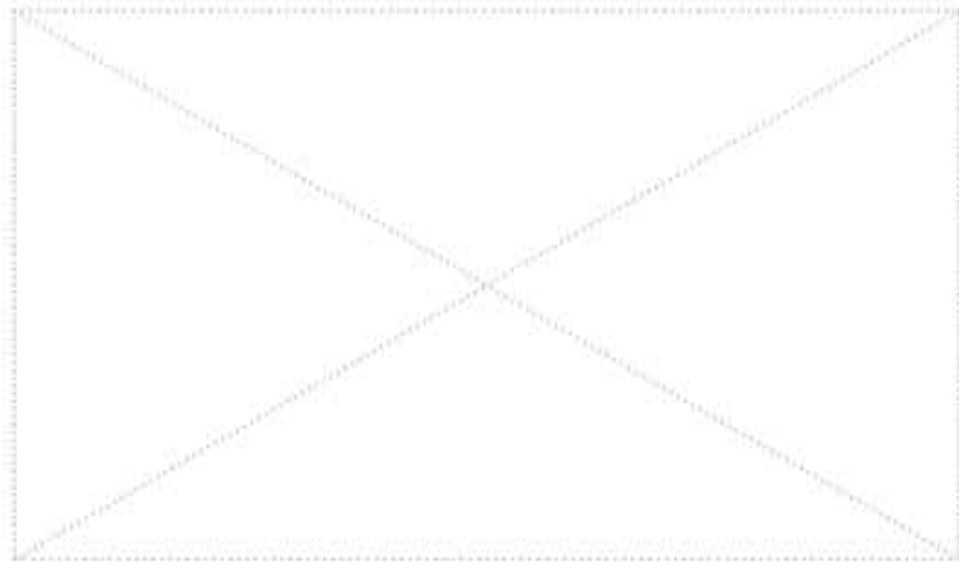
연구단	종료	해산여부	종료 이후 현황('21.10 기준)
의약바이오컨버전스	2019	유지	국가 연구개발사업 2건 및 기업 용역과제수행 중
실감교류인체감응솔루션	2019	해산	KIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전
차세대바이오매스	2019	해산	KAIST로 IP, 연구장비, 보유문서 등 이전
멀티스케일에너지시스템	2020	유지	사업단 실질적으로 운영 X (과제 미 수행)
나노기반소프트אלكترو닉스	2020	유지	과제 미수행, 잔여 간접비로 운영 중
다차원스마트IT융합시스템	2020	유지	과제 수행 중(1억 5천)
지능형바이오시스템설계	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(0억원) -> 2단계(430.1억원) -> 3단계(737.1억원) -> 4단계(104억원)으로 3단계까지 증가하다 4단계에서 감소

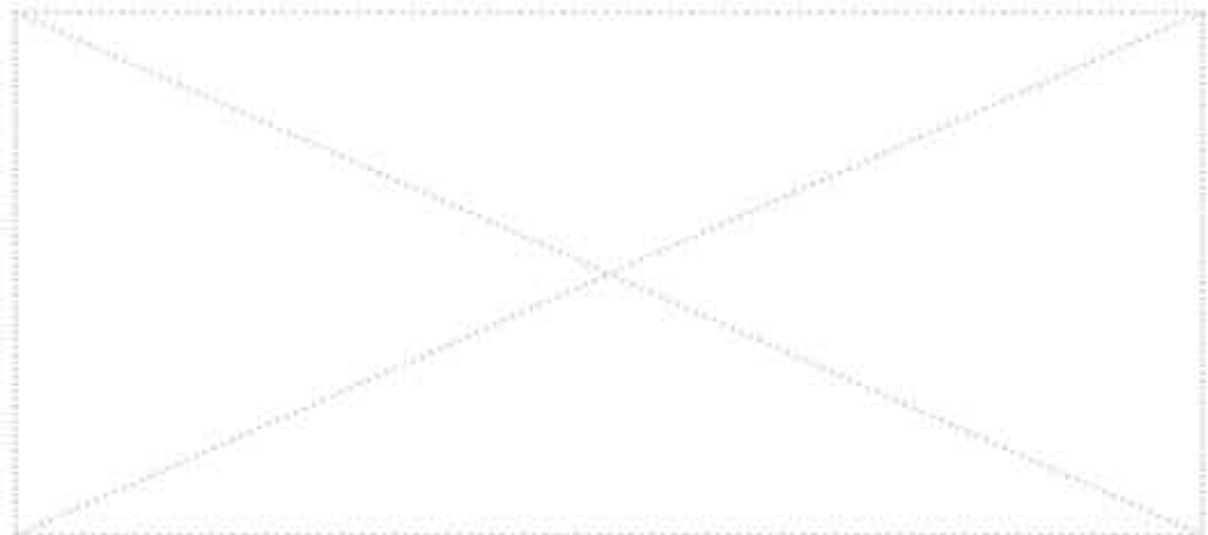
- 연도별 분석 결과에서도 개별적 사업단이 종료되는 시점에서 성과 창출이 둔화되는 현상이 뚜렷이 나타나고 있음
- \* 과학적 성과 → 기술적 성과 → 경제적 성과의 순서로 글로벌프론티어 사업의 성과가 도출되고 있음



[그림Ⅲ-23] 과학적/기술적/경제적 성과 연도별 추이

출처 : 글로벌프론티어지원사업 성과현황 자료, 과학기술정보통신부 연구개발정책과, '22.04.01

- \* 특히 경제적 성과의 경우 과학/기술적 성과에 후행하는 성과로서 사업단 종료 시점에서의 다량의 성과가 확보되어야 하나, 지원조직 기능 상실로 성과확산 어려움 존재

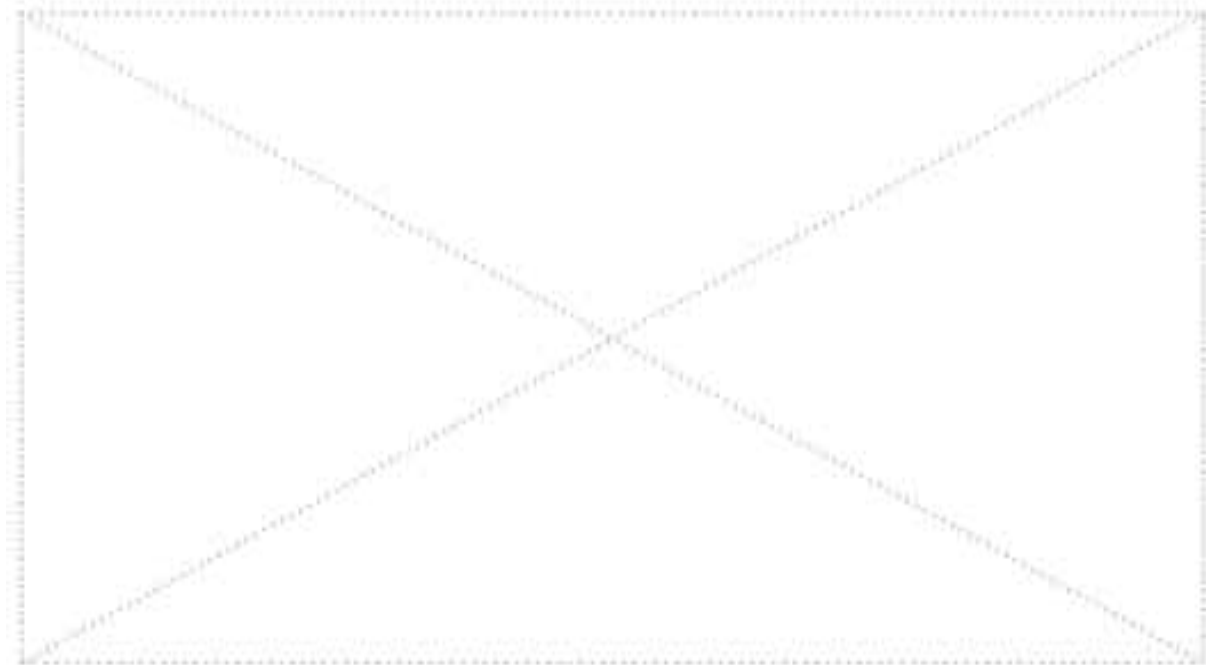


[그림Ⅲ-24] 경제적 세부성과 연도별 추이

출처 : 글로벌프론티어지원사업 성과현황 자료, 과학기술정보통신부 연구개발정책과, '22.04.01

## □ 변혁적 R&D를 위해 글로벌프론티어 사업의 재기획이 필요

### < 글로벌프론티어사업의 진단 및 개선 필요성 >



구분		글로벌프론티어 (As-is)	글로벌프론티어+ (To-be) 개선필요성	비고 : 해외 변혁적 R&D 특징
사업 특성		<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌 프론티어에 도달하기 위한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌 프론티어를 넘어서기 위한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 프론티어를 넘어서기 위한 타 조직에서 지원하지 못하는 변혁적 R&amp;D 지원</li> </ul>
사업의 성과	조직 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>다수의 PI가 참여하는 대형·집단·장기 사업 체계 확보</li> <li>원천기술 개발 성과가 타 원천기술 및 응용기술개발사업으로 파급되는 플랫폼 구축</li> <li>각 사업단별 성과확산 지원을 위한 사업화 지원조직 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대형·집단·장기 연구사업으로서의 특성 계승</li> <li>연구 도메인별 연구역량을 집적하여 플랫폼 역할 수행</li> <li>글로벌프론티어의 각 사업단별 사업화 조직 네트워크 흡수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련 법령·제도 개선 및 조직설립을 통해 변혁적 R&amp;D 추진을 위한 여건 확립</li> </ul>
	기술·경제 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 사업대비 우수한 과학적 성과(논문), 기술적 성과(특허)</li> <li>우수한 경제적 성과(기술이전, 창업) 달성</li> <li>각 시대의 게임체인저 기술을 창출(반도체 - 3D 핀셋)</li> <li>세계 최초기술 등 우수 R&amp;D 성과를 활용한 산업성장 기여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌프론티어를 통해 확보한 변혁적 연구 아이디어의 실현</li> <li>우수 연구자를 활용한 PD 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간으로의 기술 전파를 통한 추가적인 외부 펀딩 및 IPO 성과 확보</li> </ul>
사업의 한계	변혁적 주제/테마 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단 차원의 성과목표 및 성과지표 설정이 미흡</li> <li>임무설정이 명확하지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도전적이고 명확한 임무형 테마 설정</li> <li>기술트렌드 변화를 고려한 주기적 테마 발굴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 또는 R&amp;D 소속 부처 단위 수요에 따른 미션 설정</li> <li>동 미션 달성을 위한 주기적 테마발굴 및 목표 정량화</li> </ul>
	과제 선정 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단 목표와 관련성 낮은 다수의 과제가 선정되는 등 목적지향적 과제구성 요구</li> <li>목표에 기반한 핵심적 과제 집중 지원 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>경쟁형 평가 도입</li> <li>고위험 연구임을 고려한 PD 중심 포트폴리오 과제관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발굴 테마의 기술적 목표 실현을 위한 포트폴리오형 과제관리</li> <li>PM/PD 중심의 Top-down, Bottom-up 병행 과제 추진</li> <li>향후 기술적 목표 도달 가능성에 중심을 둔 평가</li> <li>정량화된 고난이도의 목표 설정</li> <li>경쟁형 평가를 통한 선별적 과제 지원</li> </ul>
	사업 운영관 리 및 성과확 산	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단장이 PI로 연구를 수행하여 과제관리 미흡</li> <li>통상적 R&amp;D 사업과 같은 방식의 연차·단계 평가 시스템 적용</li> <li>개별 사업단(독립법인) 형태로 사업화 지원조직이 구성되어 사업화 지원 역량 집중 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업단장은 사업관리에 충실</li> <li>발전적(건설당형) 평가시스템 적용</li> <li>성과확산 지원조직 통합 및 역량 집중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구수행자와 연구관리자(PM/PD)를 분리</li> <li>연구관리 조직 및 사업화지원 조직을 구성하여 각 과제마다 지원</li> <li>건설당형 평가시스템 적용</li> </ul>

## 제4장 글로벌프론티어+ 사업 기본방향

---

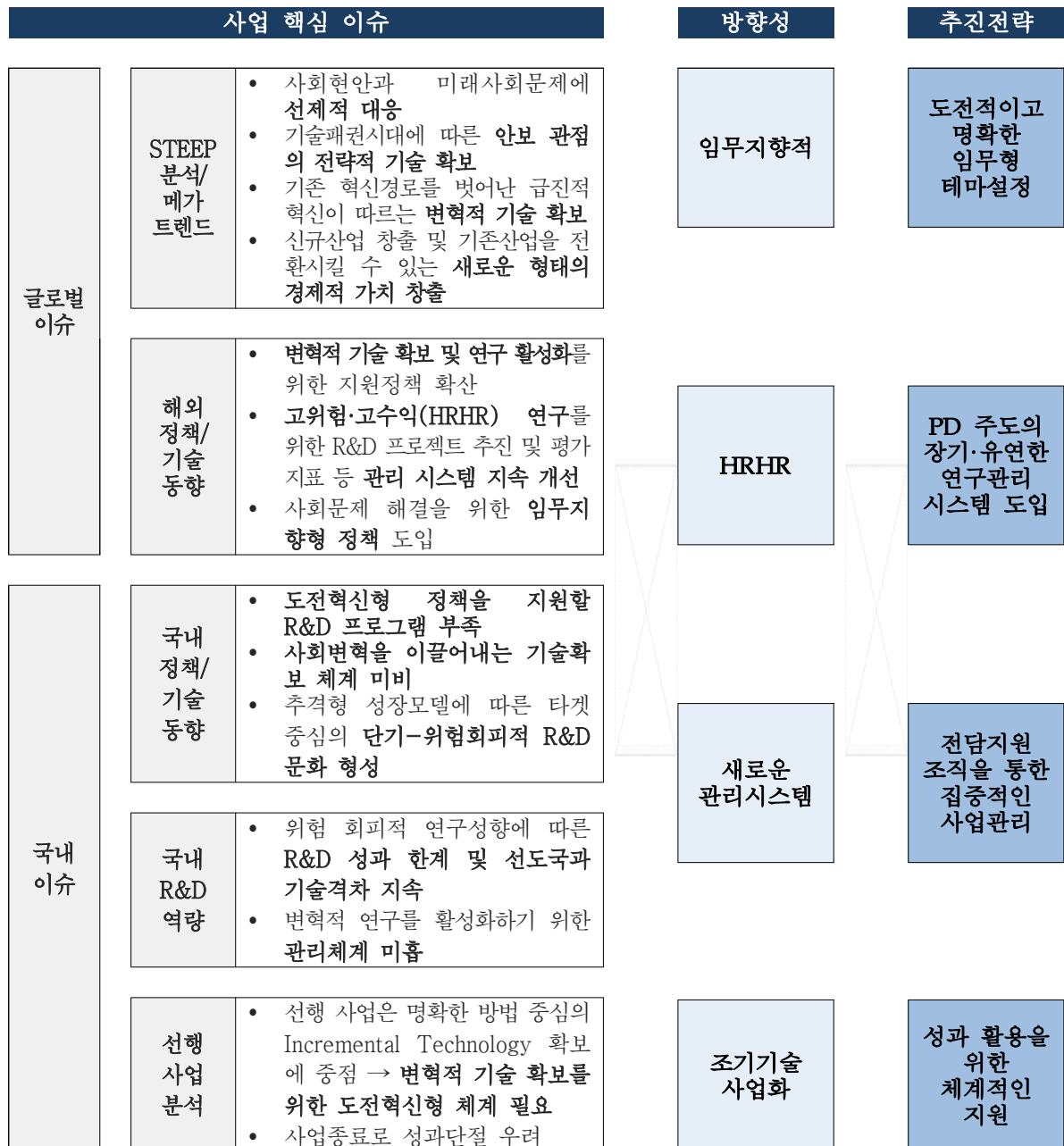
1. 사업 추진방향 및 추진전략 도출
2. 사업 정의 및 특성
3. 사업 추진체계 및 역할
4. 사업 구성 및 규모
5. 사업 목표 설정
6. 사업 세부 추진계획
7. 우선과제 도출

## 1. 사업 추진방향 및 추진전략 도출

### 가. 문제이슈에 따른 사업의 방향성 도출

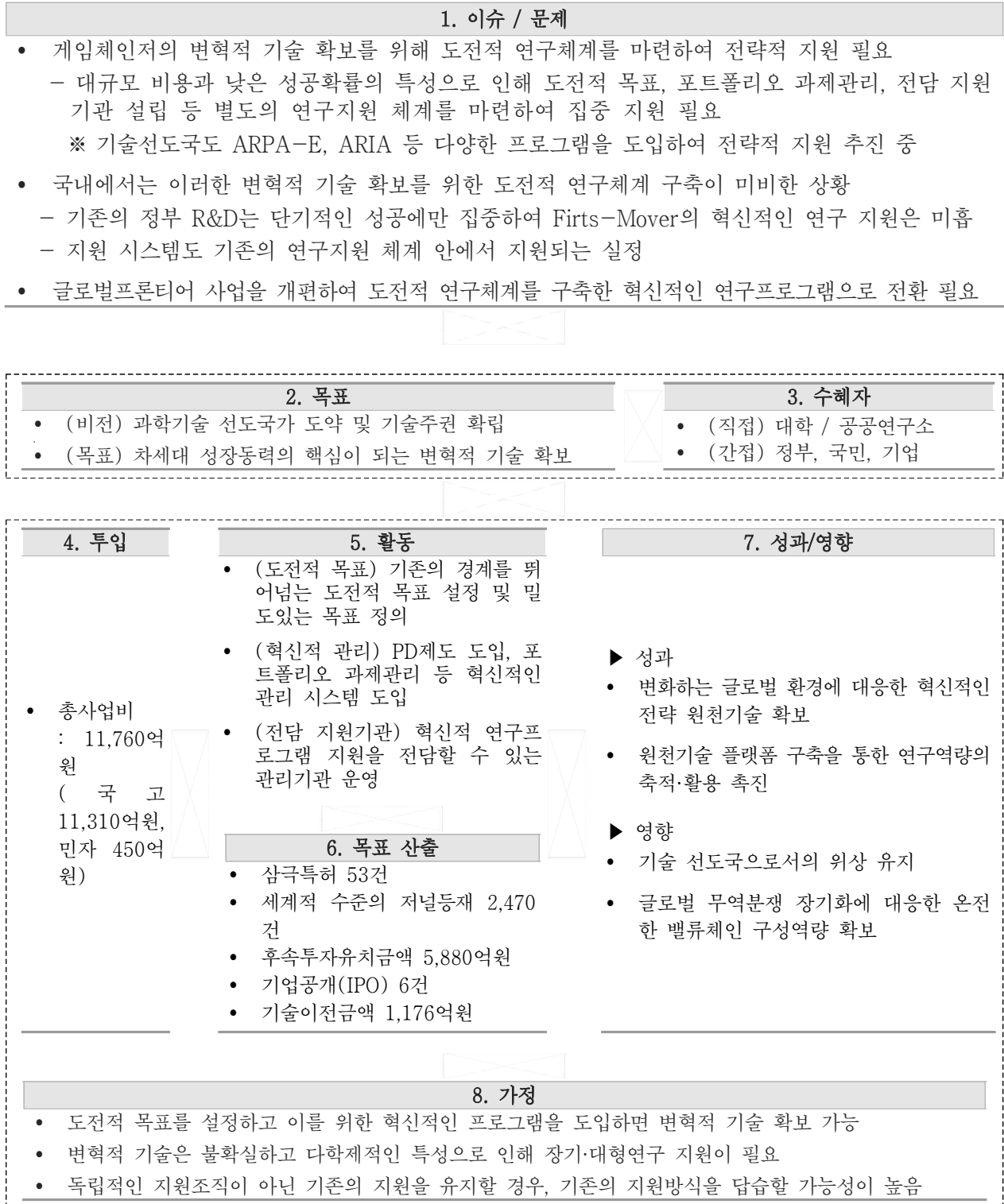
□ 미래 환경변화에 따른 관련 이슈 도출, 국내외 환경분석, 국가정책 방향성을 등을 종합적으로 고려하여 사업 추진을 위한 기본 방향을 도출

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

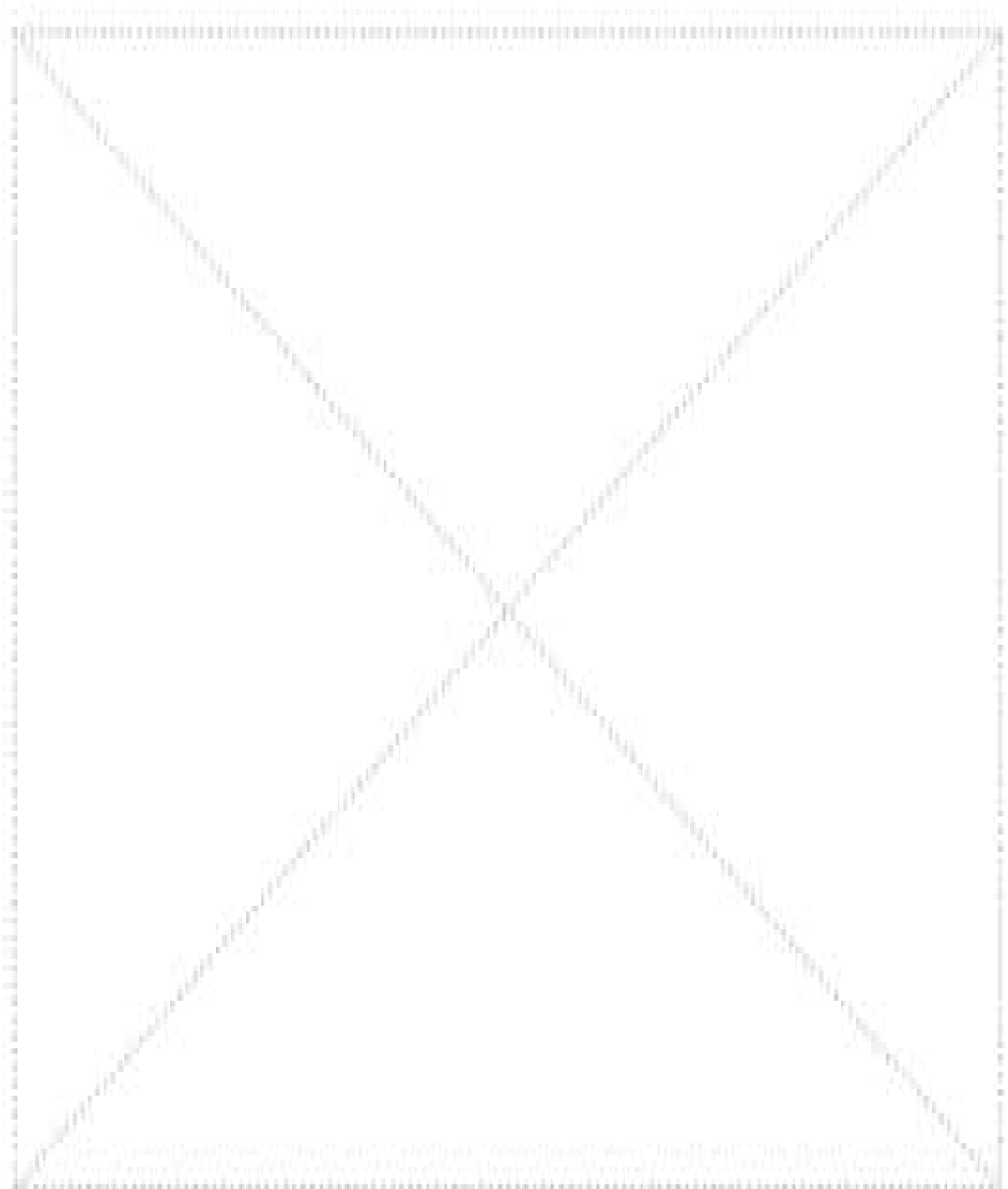


## 나. 논리모형

[표Ⅳ-0] 글로벌프론티어 플러스 사업 논리모형



#### 다. 사업 목적 및 추진전략



[그림Ⅳ-1] 글로벌프론티어+사업 목적 및 추진전략



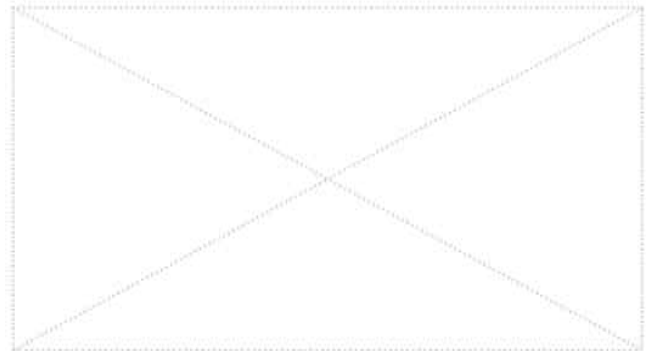
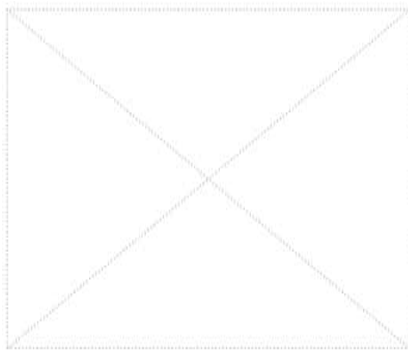
## 2. 사업 정의 및 특성

### □ 사업 정의

- 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

[표IV-1] 임무형 목표 제시(좌), 변혁적 연구 지원 방식(우)



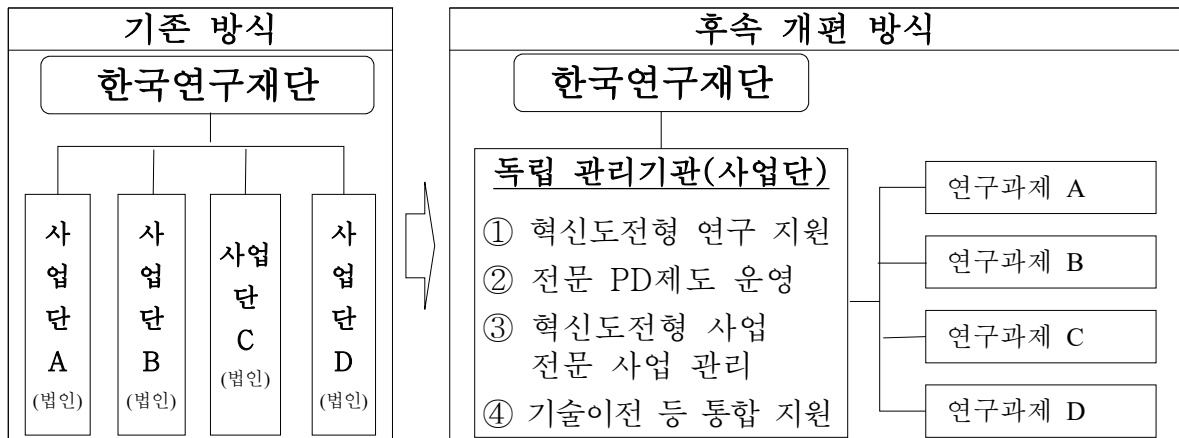
- ① (임무형 테마 설정) 기존의 경계(프론티어)를 뛰어넘는 도전적 임무(테마)를 설정하고 이를 달성할 수 있도록 밀도있는 목표를 정의
  - 기존의 R&D에서 지원하고 있지 않은 분야를 찾아 목표 달성을 위한 구체적인 수치 등 제시
- ② (PD 제도 도입) PD(Program Director)가 사업 기획·선정·평가에 주도적 역할을 하며, 환경변화에 따른 연구방향(마일스톤) 수정 등 허용
  - ※ ARPA-E의 경우는 약 28%의 프로젝트가 드문 정도로 마일스톤을 변경하였고, 17%의 프로젝트가 빈번하게 마일스톤이 변경되었음
- ③ (포트폴리오 과제관리) 목표 달성에 적합한 다양한 방법론을 지원하며, 경쟁형 R&D 등을 도입하여 불확실성에 따른 리스크 최소화
  - (조합형) 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

[표IV-2] 포트폴리오 방식에 따른 경쟁형 R&D



- (컨설팅형 평가) 진행 과정에서 PD 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 지원조직 구성·운영
- ※ PD는 독립 관리기관에 소속되며, 별도 연구를 수행하지 않고 과제 기획·관리를 전담

[표IV-3] 글로벌프론티어 사업 -> 글로벌프론티어+ 사업 운영방안 변경

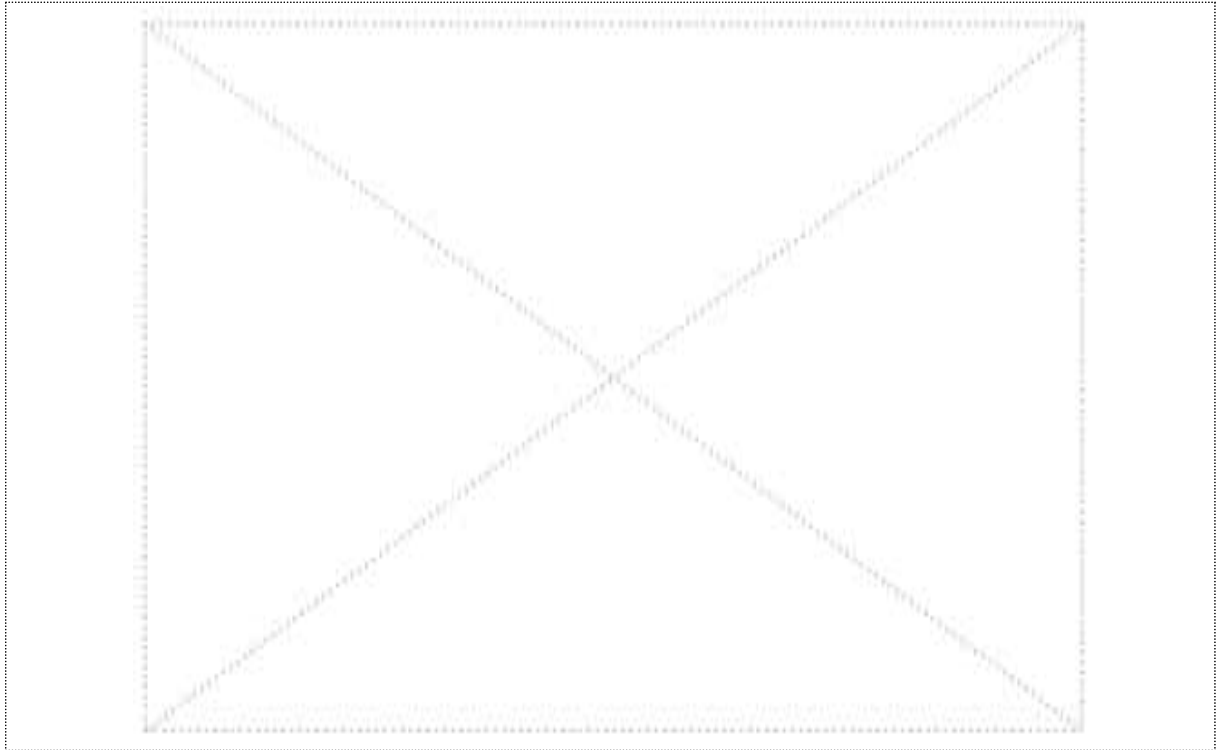


- ⑤ (Tech to Market) 조직 내 기술사업화를 전담 지원하는 조직을 구성하고, 연구기간 내 및 종료 후에도 기술이전 지원
- Tech To Market 조직을 구성하여 각 프로젝트 성과물의 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 지원
- \* T2M 조직은 프로젝트 성공을 위해 Value-Chain 분석, 파트너쉽분석, 경쟁력분석, 시장 요구 사항 분석 등 수행
- R&D 후, 기업과 함께 사업화를 진행하는 프로그램을 신설하여 변혁적 기술성과의 조기사업화 지원

### 3. 사업 추진체계 및 역할

#### □ 사업 추진체계 및 역할

[표Ⅳ-4] 글로벌 프론티어 플러스 사업 추진체계



[표IV-5] 추진체계 주체별 역할 및 책임

주체	역할 및 책임
과기정통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업 총괄관리</li> <li>· 사업 시행계획(안) 수립</li> </ul>
한국연구재단 (전문기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업단장 공모</li> <li>· 사업단장 선발</li> </ul>
총괄 사업단 (독립 관리기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업 선정 및 평가 : 사업분야의 선정, 연구주제 및 PD 선정</li> <li>· 연구비 관리, IP관리 등</li> </ul>
PD	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 과제 주제 발굴 및 RFP작성</li> <li>· 연차컨설팅 등을 통한 연구 진도관리</li> </ul>
기술사업화조직 (Tech to market)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기술사업화를 중점 투자하는 벤처캐피탈 투자심사역을 겸직 형태로 고용하여, 기술을 활용한 사업화 방향성 제언</li> </ul>
총괄주관기관 (필수전략형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· PD와 협의를 통한 프로그램 총괄 진행 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제 포트폴리오 구성, 마일스톤 제시, 세부과제 선정 등</li> </ul> </li> </ul>
주관기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 수행(대학, 연구소 등)</li> </ul>

#### 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 13 개, 기간은 3년이나, 난이도 및 중요성에 따라 상이함

[표IV-6] 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~1600억원 등 다양



[그림Ⅳ-2] 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 50억원 이상이 61.4%, 75억원 이상이 44.7%를 차지하며 중·대형 연구가 적합하다는 의견이 다수

[표Ⅳ-7] 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

[표Ⅳ-8] 2021년도 과기정통부 유사사업 현황

(단위 : 백만원)

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 필수전략형 : 10개 프로그램에 총 6,500억원 규모 지원

- (지원 분야) 필수 전략기술 분야의 변혁적 기술 확보를 위해 장기간의 대 규모 집단연구 지원이 필요한 분야

※ (사례) DARPA 고성능연산시스템(HPCS) 개발, mRNA 백신 개발 등

- (지원 규모) 프로그램 당 10년 간 650억원 규모 지원

\* 필수전략형 프로그램 당 3개의 연구단을 구성하여 경쟁형 평가를 통해 프로그램 당 1개의 연구단을 선택 및 집중 지원(경쟁형 도입시)

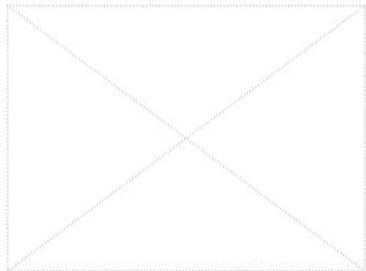
- (지원 체계) 다양한 분야의 집단연구가 필요한 대형연구의 특성 상 연구단 (총괄 연구책임자)을 구성하여 PD의 전문성 보완

- PI는 세부과제 구성 등 연구단을 운영하며, PD와 협력하여 목표 달성을 위한 마일스톤 제시, 포트폴리오 구성 등을 주관

\* PI는 비상근으로 근무

- PD는 프로그램을 총괄하며, PI가 제시한 마일스톤 및 포트폴리오를 승인 하고, PI 중심의 연구단 선정·탈락 등 역할 수행

[표Ⅳ-9] 필수전략형 지원 체계 및 주체별 역할

	<ul style="list-style-type: none"> <li>❶ PD : 프로그램 목표 제시, PI 선정 및 탈락, 마일스톤 및 포트폴리오 구성, 프로그램 관리 등</li> <li>❷ 총괄 PI : 목표 달성을 위한 세부과제 포트폴리오 구성(PD 협의), 연구 총괄 주관 등</li> <li>❸ 주관기관 : 포트폴리오에 따른 연구 수행</li> </ul>
---	---

- (지원 방식) PD는 목표의 특성에 따라 조합형, 경쟁형 등을 선택·혼합하여 복수 혹은 단수 연구단을 선정하여 지원

- 연구단 내의 세부과제 단위에서도 포트폴리오 관리방식 적용

[표Ⅳ-10] PD의 필수전략형 포트폴리오 관리방식 예시

- (경쟁형 방식) 1단계(1년, 10억원) 9개 연구단 → 2단계(2년, 15억원) 6개 연구단 → 3단계(7년, 80억원) 3개 연구단 지원(1~2차년도)
- (조합형 방식) 다른 기술을 개발하는 3개 연구단을 동시에 지원
- (단일 연구단 방식) 하나의 연구단 내에서 세부과제 단위의 포트폴리오 구성

○ (연도별 소요 예산) ※ 경쟁형 도입시

- 필수전략형은 사업개시 3년간 각 년도마다 3차에 걸쳐 공고하며, 차수별 3개 프로그램으로 구성
- \* 1차 공고 3개 프로그램, 2차 공고 3개 프로그램, 3차 공고 4개 프로그램 지원
- \* 10년간 지원되며 최종적으로 각 차수별 프로그램 당 1개의 연구단이 선정
- \* 1단계 3배수 → 2단계 2배수 → 3단계 1배수 연구단 최종 선정

[표Ⅳ-11] 필수전략형 연도별 소요예산 예시(경쟁형 도입 시)

(단위 : 개, 억원)

구분		`24	`25	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	`34	`35	합계	프로그램수
필수 전략형 (1차)	연구단수	9	6	6	3	3	3	3	3	3	3				3
	연구단당 예산	10	15	15	80	80	80	80	80	80	80				
	예산	90	90	90	240	240	240	240	240	240	240			1,950	
필수 전략형 (2차)	연구단수		9	6	6	3	3	3	3	3	3	3			3
	연구단당 예산		10	15	15	80	80	80	80	80	80	80			
	예산		90	90	90	240	240	240	240	240	240	240		1,950	
필수 전략형 (3차)	연구단수			12	8	8	4	4	4	4	4	4	4		4
	연구단당 예산			10	15	15	80	80	80	80	80	80	80		
	예산			120	120	120	320	320	320	320	320	320	320	2,600	
합계		90	180	300	450	600	800	800	800	800	800	560	320	6,500	10

\* 최종 연구단당 예산규모는 ARPA-E의 PD 주도 Top-down형 프로그램의 개발비용 범위인 2~10mil.\$의 중앙값(75.7억원)과 유사한 수준인 80억 원으로 설정

## ② 미래도전형 : 10개 프로그램씩 총 2,400억 원 규모 지원

- (지원 분야) 미래 성장동력을 확보하기 위해 분야별 혁신적인 기술 확보를 지원하는 중규모의 변혁적 연구 프로그램
- (지원 규모) 프로그램 당 3년 간 240억 원 규모 지원
  - \* 프로그램당 지원과제수를 연마다 20%씩 저감(15개 → 12개 → 10개)하여 최종적으로 프로그램당 10개 과제를 지원
  - \*\* ARPA-E의 프로그램 당 과제 수는 10개 내외 규모이고, ARPA-E의 OPEN 2018의 경우 2018~2019년간 21%의 지원과제 감소
- (지원 체계) 분야별 전문성을 가진 PD가 기획 및 포트폴리오 구성, 연구

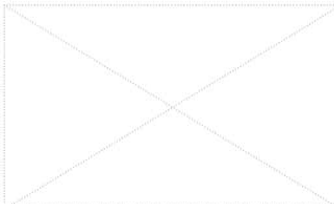


## 기관 선정 및 탈락 등 전 범위를 주관

- 대형 집단연구인 필수전략형과는 달리 총괄 PI가 없고, PD가 프로그램 관리를 전담

※ PD는 기술 개발을 위한 과제뿐만 아니라, 필요시 성능 검증기술 개발 등 목표를 달성할 수 있도록 포트폴리오 방식의 과제 구성

[표IV-12] 미래도전형 지원 체계 및 주체별 역할

	<p>❶ PD : 프로그램 목표 제시, 세부과제 선정 및 탈락, 마일스톤 및 포트폴리오 구성, 프로그램 관리 등</p> <p>❷ 주관기관 : PD와 마일스톤 협의, 연구수행 등 추진</p>
---	---

- (지원 방식) 필수전략형과 마찬가지로 목표의 특성에 맞는 포트폴리오 방식의 관리방식 적용

[표IV-13] PD의 미래도전형 포트폴리오 관리방식 예시

<p>■ (경쟁형 방식) 1단계(1년, 1.6억원) 30개 과제 → 2단계(1년, 8억원) 24개 과제 → 3단계(1년, 12억원) 20개 과제 지원</p> <p>■ (조합형 방식) 프로그램 목표 달성을 위한 각 분야별 프로젝트를 조합하여 포트폴리오 방식의 관리방식 적용(ex. 핵심기술 개발 과제 4개, 설비를 개발하는 과제 2개, 센서기술 개발 과제 2개 지원)</p>
--

- (연도별 소요 예산) ※ 경쟁형 도입시

- 5차에 걸쳐 각 차수별 2개의 프로그램이 선정되어, 총 10개 프로그램을 지원하며 프로그램별 지원과제수는 연마다 약 20%씩 저감

\* 각 프로그램당 15개 -> 12개 -> 10개로 지원 과제수 선별

[표IV-14] 미래도전형 연도별 소요예산 예시(경쟁형 도입 시)

(단위 : 개, 억원)

구분		`24	`25	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	`34	`35	합계	프로그램수
미래도전형 (1차)	과제수	30	24	20											2
	과제당예산	1.6	8	12											
	예산	48	192	240										480	
미래도전형 (2차)	과제수			30	24	20									2
	과제당예산			1.6	8	12									
	예산			48	192	240								480	
미래도전형 (3차)	과제수					30	24	20							2
	과제당예산					1.6	8	12							
	예산					48	192	240						480	
미래	과제수							30	24	20					2

도전형 (4차)	과제당예산							1.6	8	12					
	예산							48	192	240				480	
미래 도전형 (5차)	과제수									30	24	20			2
	과제당예산									1.6	8	12			
	예산									48	192	240		480	
합계		48	192	288	192	288	192	288	192	288	192	240		2,400	10

\* 미래도전형 과제당 예산은 과기부 도전혁신형 사업(과학난제도전융합연구개발사업(14억원), 혁신도전프로젝트(9.5억원), 미래융합기술파이오니어(1.27억원)) 총괄과제의 과제당 평균지원액(8.25억)과 유사한 8억 원으로 설정하되, 1차년도의 경우 ARPA-E의 OPEN 2018 과제의 과제당 평균지원액의 2차년도 대비 1차년도 비율(20%)을 적용하여 산출

### ③ 사업화 지원 프로그램 : 총 1,800억원 지원

○ (지원 분야) 필수전략형·미래도전형 R&D을 수혜한 프로젝트 중 상용화를 통해 높은 파급효과를 가질 것으로 예상되는 프로젝트의 상용화 지원

○ (지원 규모) 프로젝트 당 1년 간 18억 원 규모 지원

\* 7년간 100개 과제에 총 1,800억원 지원

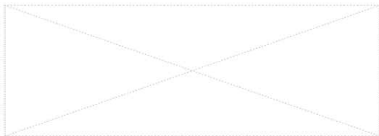
○ (지원 체계) T2M 주도로 상용화가 가능한 프로젝트를 발굴하여 상용화를 지원하되, PD 및 총괄사업단장 평가를 통해 지원여부 결정

- 해당 기술분야의 전문성을 가진 T2M을 배정하여 현재 기술수준과 상용화의 Gap 극복을 위한 컨설팅형 사업계획서 작성

※ T2M은 제안된 기술의 상용화 가능성 평가 외, 잠재적 파트너와의 네트워킹을 통한 신시장 창출을 지원

※ 과학적 타당성을 SCI급 논문 실적 등으로 검증하고, 사업화 타당성은 사업화 파트너(민간기업 등) 확보 여부로 검증

[표IV-15] 사업화 지원 프로그램 지원 체계 및 주체별 역할

	<p>❶ T2M : 사업화 지원 프로그램 소요에 대한 평가 및 자문을 통해 컨설팅형 사업계획서 작성</p> <p>❷ 총괄 사업단장/PD : 연구성과 이해 및 T2M의 상용화 가능성 의견에 기반한 지원여부 결정</p>
---	--

○ (지원 방식) 민간기업 참여를 필수요건으로 하여, 민간기업 수요에 따른 제품화 실증 단년 지원

- 민간 기업을 상용화 파트너로서 포함하고(잠재적 고객, 공급업체, 기타 투자자 등), 20%의 비용분담을 요건으로 함

○ (연도별 소요 예산)

[표IV-16] 사업화 지원 프로그램 연도별 소요예산 예시

(단위 : 개, 억원)

구분		`24	`25	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	`34	`35	합계	프로그램수
사업화 지원 프로그램	과제수						10	10	10	10	20	20	20		-
	과제당예산						18	18	18	18	18	18	18		
	예산						180	180	180	180	360	360	360	1,800	

\* 사업화 지원 프로그램의 예산규모는 ARPA-E OPEN 2018 과제당 예산 과제 대비 Scale-Up 과제당 예산 비율(141%)의 유사하게 미래도전형 연간 지원예산비율의 150% 적용

④ 사업단 운영 : 사업기간 12년 간 총 610억원 지원

○ (지원 분야) PD 인건비, Tech to Market 운영, 성과활용 지원비 등 사업단 전반에 대한 운영

- (총괄사업단장 인건비) 도전혁신형 사업(혁신도전 프로젝트)의 추진단장 (총괄PM) 인건비와 동일한 3억원으로 설정

- (PD 인건비) PD 당 관리 프로그램을 2개로 설정\*하여 총 PD 10명 선정하고, 국내 전문기관 PM의 인건비와 유사하게 1.5억원 책정

\* PD 규모는 해외 변혁적 R&D 사업과 유사한 프로그램 당 약 2명으로 설정

※ (미) DARPA PM 급여는 평균 \$190,949(약 2억원)

※ (DARPA) PD 약 100명, 프로그램 약 250개 운영, PD당 2.5개 프로그램  
(ARPA-E) PD 20명, 프로그램 43개 운영, PD당 2.15개 프로그램

- (T2M 인건비) T2M 규모는 PD의 50% 수준인 총 5명으로 설정하고, PD 인건비와 유사한 1.0억 원 책정

※ (ARPA-E) PD(20명) 대비 T2M(10명) 비율은 50% 수준

[표IV-17] 연도별 프로그램에 따른 인력 규모

(단위 : 개, 명)

구분	`24	`25	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	`34	`35
프로그램수	5	8	13	11	13	11	13	11	13	11	8	3
인력 수	10	11	16	14	16	14	16	14	16	14	11	8
- 총괄사업단장	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- PD	3	4	7	6	7	6	7	6	7	6	4	2
- T2M	2	2	4	3	4	3	4	3	4	3	2	1
- 행정원	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

- (기타비용) 연구과제 추진비, 연구과제 활동비 등 기존 유사사업사업단 운영사례를 참조하여 책정

[표Ⅳ-18] 글로벌프론티어+ 사업단 운영비(안)

(단위: 억원)

인건비	<b>■ 274억원</b> - 총괄사업단장 인건비(36억원), PD인건비(158억원), T2M 인건비(56억원), 행정원 인건비(24억원)
연구과제 추진비	<b>■ 240억원</b> - 연구팀 및 공모 운영비용 * 프로그램 1개당 운영비용(2억원) × 연간 프로그램 수
기획·평가비	<b>■ 48억원</b> - 기획·평가비 * 프로그램 1개당 기획평가비(0.4억원) × 연간 프로그램 수
연구과제 활동비	<b>■ 48억원</b> - 임대료, 사무실 가구·기기, 컴퓨터·OA 사용료 등 * 1인당 비용(0.22억원) × 연간 인력 수
<b>총계</b>	<b>610</b>

- \* 사업단(독립관리기관) 운용비용 중 주요 인건비는 총괄사업단장 인건비(3억원), PD 인당 인건비(1.5억원), T2M 인당 인건비(1.0억원), 행정원 인당 인건비(0.5억원×4명×12년)를 적용하여 산출
- \* 연구과제 추진비의 프로그램 1개당 운영비용(2억원)은 혁신도전프로젝트의 테마당 연구과제 추진비 (2억원)을 반영
- \* 기획평가비의 프로그램 1개당 기획평가비(0.4억원)은 혁신도전프로젝트의 테마당 기획평가비(0.4억원)을 반영(5개 테마, 기획평가비 2억원)
- \* 연구과제 활동비의 1인당 비용(0.22억원)은 혁신도전프로젝트의 내외부 인력수(8인)와 연구과제 활동비(1.75억원)에 따른 1인당 비용(0.22억원)을 반영

## 다. 연도별 소요 예산 세부내용

- 미래도전형 2,400억원, 필수전략형 6,500억원, 사업화 지원 프로그램 1,800억원, 사업단 운영 610억원 등 총 11,310억 원 지원

[표Ⅳ-19] 사업 추진규모

(단위: 억원)

세부 사업	사업 내용	총사업비	국고	지방비	민자
	합 계(억원)	11,760	11,310	—	450
글로벌 프론티어 플러스	· 미래도전형(10개 프로그램)	2,400	2,400	—	—
	· 필수전략형(10개 프로그램)	6,500	6,500	—	—
	· 사업화 지원 프로그램	2,250	1,800	—	450
	· 사업단(독립 관리기관)	610	610	—	—

\* 사업화 지원 프로그램의 경우 사업비 중 민간부담금 20%를 반영하여 450억 원의 금액 도출

## 5. 사업 목표 설정

### □ 성과 목표 및 핵심 성과지표 설정

[표IV-20] 성과목표 및 핵심 성과지표 설정 근거

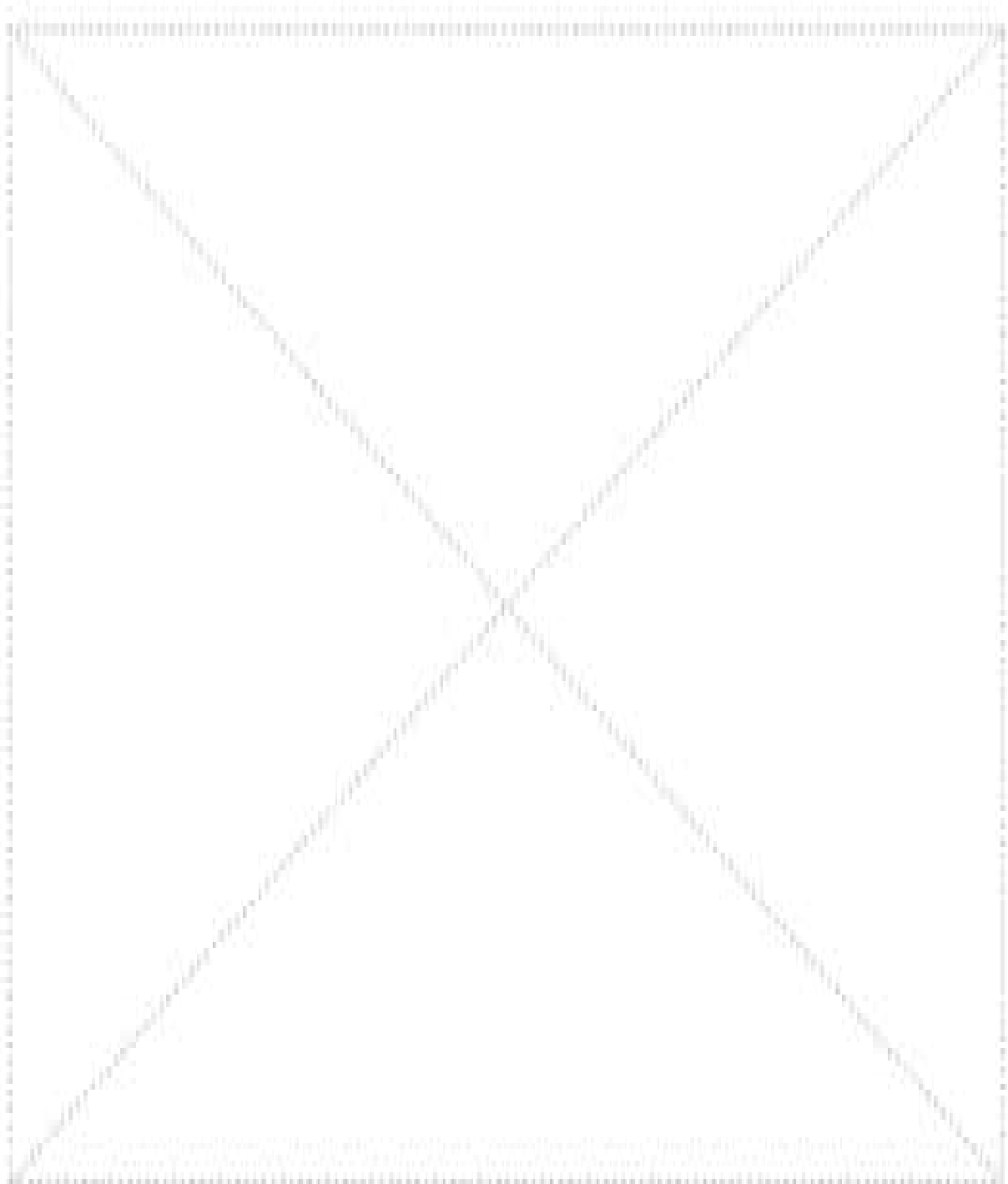
성과 목표	핵심 성과지표	측정방법 및 근거	
도전적 연구를 통한 혁신적인 기술 개발	삼국 특허 수 53건	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 삼국특허를 성과목표로 설정한 유사사업의 소요 금액 당 삼국특허 창출목표를 동 사업에 적용 (1,000억원당 4.07건)</li> <li>* 산업기술알키미스트프로젝트</li> <li>■ 도전적 목표치인 4.5건을 설정함</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허 조사</li> <li>* 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO) 일본 특허청(IPO) 특허등록증</li> </ul>
	세계적 수준의 저널 등재 2,470건	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유사사업의 소요금액 당 우수논문 창출건수를 사업에 적용(10억원 당 2.1건)</li> <li>* 미래융합기술파이오니어</li> <li>■ 동일 목표치인 2.1건을 설정함</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사</li> </ul>
기술성과 확산	후속 투자 유치금액 5,880억원	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ARPA-E의 누적 R&amp;D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.46%)한 비율을 산정 (48%)</li> <li>* `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대비 `19년 한국 VC 투자규모(8.3조원) 비율은 14.46%</li> <li>■ 도전적 목표치인 50% 적용</li> <li>* 글로벌프론티어사업의 현재까지의 투입 연구비(7,243억원)대비 투자유치금액(1,167억원) 비율인 16%보다 3배 높은 수준</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구를 통해 확보된 성과를 이전받아 사업화 하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사</li> </ul>
	기업공개 (IPO) 6건	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ARPA-E의 누적 R&amp;D 지원 대비 EXIT 건수 성과(20개) 비율을 산정(1조원당 5.4개)</li> <li>■ 도전적 목표치인 1조원당 6개 적용</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정</li> </ul>
	기술이전 금액 1,176억원	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유사사업의 소요금액 당 기술이전금액을 동 사업에 적용(10억원 당 84.3백만원)</li> <li>* 미래융합기술파이오니어</li> <li>■ 도전적 목표치인 10억원당 1억원을 설정함</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사</li> </ul>

\* 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)

## 6. 사업 세부 추진계획

- 글로벌프론티어+ 사업은 프로그램 기획 - 평가 - 성과활용의 프로세스로 추진



[그림Ⅳ-3] 글로벌프론티어+ 사업 프로세스

## 가. 총괄사업단장, PD, T2M 선발

### ○ 총괄사업단장 : 상당한 권한과 독립성을 보장받은 혁신적인 리더

#### - (선발대상)

- 모든 의사결정에 리스크에 대한 용인, 절박성, 혁신의 원칙을 불어넣을 수 있는 인물, 탁월한 리더십 보유
- 혁신 부분에서의 성과를 인정받은 인물로서 변혁적인 기술에 대한 비전 보유
- 민간부문에서 뛰어난 실적을 달성한 인물 중 정부 그리고/혹은 학계에서의 업무경험이 있는 인물 선호
- 모든 부분에 걸쳐 파트너십을 구축할 수 있는 외교적 감각과 카리스마 보유

#### - (역할)

- 임기는 최대 5년
- 최고의 전문가 집단을 영입하고 독려, 비전을 실현할 수 있는 독립성과 자율권 부여

### ○ PD : 해당 분야 최고 수준의 연구자

#### - (선발대상)

- 세계적 수준의 PM을 보유한 ARPA-E, DARPA의 조직모델을 수용한 최고 수준의 연구자를 선정

※ Capability(전문성), Creativity(창의력), Passion(열정), Charactor(성격)의 4가지 필요(Steven H. Walker 국장, CRDS(2014))

#### - (역할)

- 3년 임기로 상근으로 근무
- 연구자금에 대한 보다 유연한 재량권 부여
- PD는 자신들의 프로그램을 개발, 관리하면서 연구 수행자들과 적극적으로 교류

### ○ T2M : 공공기술-산업계 연계 네트워크가 우수한 기술사업화 전문가

#### - (선발대상)

- T2M을 운용 중인 ARPA-E의 조직모델을 수용

#### - (역할)

- 3년 임기로 상근 근무

- T2M은 PD와 프로그램 선정시부터 관여하여 예상되는 성과의 파급가능성을 검토
- 풍부한 기술사업화 네트워크를 보유한 VC 심사역 출신으로 선정하여, 성과확산을 위한 네트워크 구축 및 후속 펀딩 계획을 수립

○ PI : 각 연구분야에서 변혁적 연구 수행이 가능한 연구책임자

- (선발대상)

- 필수전략형·미래도전형 프로그램의 사업기획 및 책임있는 연구개발이 가능한 연구자 선발

- (역할)

- 해당 연구주제 완료 시까지 연구 추진
- PD 관리 하의 연구개발 및 T2M 협업을 통한 기술사업화 방향성 설정



## 나. 프로그램 기획

[표IV-21] 프로그램 기획 절차

테마 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 미래기술협의회를 운영하여 변혁적 성과확보 가능성이 있는 테마들을 신속 파악하고, 기초연구성과를 분석해 미래성장동력 테마 발굴</li> </ul>
▼	
프로그램 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 발굴된 테마에 대해 RFI(Request for Information)을 통해 산업계, 연구계의 정보를 수집 → 프로그램 상세화</li> <li>■ 프론티어 탐색 워크숍을 통해 PD가 프로그램을 설명하고 연구자들과 토론을 통해 필요 기술에 대한 공감대 형성, 신청 희망 연구자들 간의 연구팀 구성 등 추진</li> <li>■ PD 간의 회의를 통해 프로그램 최종 확정</li> </ul>
▼	
과제선정 및 협약	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PD가 중심이 되어 연구자를 선정하고, PD와 연구자는 협의하여 해당 프로젝트의 중요 마일스톤 및 방향성 등을 협의</li> </ul>

### ① (테마발굴) 미래기술협의회를 운영(PD 중심)하여 해외 동향 및 기초연구성과 분석을 통해 미래 성장동력 테마 발굴

- 향후 경제·사회적으로 문제가 될 수 있는 이슈를 발굴하여, 동 이슈를 해결할 수 있는 연구테마를 발굴

[표IV-22] 테마발굴 절차

경제·사회적 이슈 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외에서 미래사회에 중요한 영향을 미칠 것으로 예상되는 경제·사회적 이슈를 발굴 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 각 부처별 신규 정책계획 및 국책연구기관 미래예측자료에서 인식하고 있는 주요 문제점 탐색</li> <li>✓ 국내외 미래예측 보고서에서 인식하고 있는 주요 문제점 탐색</li> </ul> </li> </ul>
연구테마 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부부처, 산업계, 연구계, 학계 수요조사를 진행하여 변혁적 성과를 통해 경제·사회적 이슈 해결이 가능한 연구테마 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 향후 예상되는 경제·사회적 이슈와 이를 해결하기 위한 기술확보 방안으로 구성된 연구테마 수요조사 공고</li> <li>✓ 한국연구재단 각년도 개방형 기획을 위한 기술수요조사자료 활용('21년 286건 확보)</li> </ul> </li> <li>• PD 중심의 전문가 토론을 통해 조사 연구테마의 분류 및 선별</li> </ul>

- 테마발굴 시 PD를 중심으로 다양한 과학, 공학 및 사업화 분야의 전문가를 초청하여 토론 추진

- \* 혁신도전프로젝트 테마발굴 참여위원 및 국내외 미래보고서 작성에 참여한 연구진을 중심으로 위원 모집
- \* 운영의 독립성을 위해 산학연 전문가로 테마발굴을 위한 미래기술협의회를 구성하되, 총괄 사업단장이 테마의 최종 결정 권한을 가짐

[표IV-23] 테마발굴 위원 구성(안)

위원회 구성(안)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PD : 글로벌프론티어+ PD</li> <li>• 기술전문가 : 기술분야 Top-tier 연구자</li> <li>• 산업전문가 : 국내 주력산업 CTO, CEO</li> <li>• 투자전문가 : 증권사·자산운용사·VC</li> <li>• 인문·사회 전문가 : 고경력 미래사회 관련 연구자</li> </ul>
-----------	--

- 테마 선정의 기준으로 문제 해결의 중요성, 기술적 해결가능성, 파급효과를 설정함

[표IV-24] 테마선정 평가항목

문제 해결의 중요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래사회에서 해당 문제를 해결하지 못할 경우 초래할 사회·경제적 비용이 막대한가?</li> </ul>
기술적 해결 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당 문제는 기술개발을 통해 효과적으로 극복 가능한가?</li> </ul>
파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당 문제를 해결할 경우 사회·경제적으로 어떠한 성과가 파급될 것으로 예상되는가?</li> </ul>

## ② (프로그램 설정) 발굴된 테마를 중심으로 해결해야 할 목표가 무엇인지에 대해 명확히 설정하고 프로그램 기획

- PD는 연구커뮤니티를 통해 해결해야 할 문제, 기회 및 어려움 등 기술적 요구사항을 논의
- 프론티어 탐색 워크숍을 개최하여 프로그램을 연구자들에게 설명하고 기술에 대한 공감대 형성, 연구자들 간의 연구팀 구성 등을 논의

[표IV-25] 프로그램 설정 절차

프로그램 개념정립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발굴한 연구테마 관련 사항을 정리하여, 프로그램(안)으로 가공</li> </ul>
프로그램 수요조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그램(안)에 대한 RFI(Request for Information)을 공고하여 산·학·연의 의견 수집 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ RFI는 해당 프로그램(안)의 실제 추진을 보장하지 않고, 제안된 RFI에 대한 자금지원도 보장하지 않는 수요조사의 성격</li> <li>✓ RFI 제안 기간은 1달로, 제안된 RFI는 글로벌프론티어+ 사업단 내부에서만 관리(구체적 연구아이디어 비공개)</li> </ul> </li> </ul>

프로그램 고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>프론티어 탐색 워크숍을 개최하여 제안된 RFI를 기반으로 현재의 프론티어에 대한 정밀한 인식</li> <li>✓ RFI를 제출한 연구자와, 그 외 산·학·연 전문가를 대상으로 해당 연구주제에 대해 논의하는 워크숍 개최</li> <li>✓ 각 RFI에 대해 관심이 있는 전문가를 2~3인씩 섞어 한 방에 배치하여 현재의 기술적 방법과 한계, 새로운 방법에 대해 논의하는 breakout session 진행</li> <li>✓ breakout session을 통해 도출한 각 RFI 관련 현 기술의 한계와 새로운 방법을 PD가 각 참여자에게 공유하고, 새로운 방법을 시도할 경우 달성 가능한 정량적인 기술적 목표를 설정함</li> </ul>
프로그램 확정	<ul style="list-style-type: none"> <li>PD는 프론티어 탐색 워크숍 이후 정제된 프로그램 아이디어와 정량목표 및 근거를 기반으로 PD 동료평가를 진행하여 총괄 사업단장 승인하에 프로그램 확정</li> <li>✓ 제안된 프로그램에 대해 타 PD들의 평가여부와 관계없이 투자의사결정 권한은 총괄 사업단장이 보유</li> <li>✓ PD 외 외부위원 평가는 없으며, PD들의 동료평가 자체가 일종의 회의체로서 기능하고, 총괄 사업단장은 의장 역할을 함</li> </ul>

- 프로그램 설정의 기준으로 기존 테마선정 평가항목 외, 현재 기술의 한계, 혁신적 기술 적용, 목표의 정량적 측정가능성 부가

[표Ⅳ-26] 프로그램 설정 평가항목

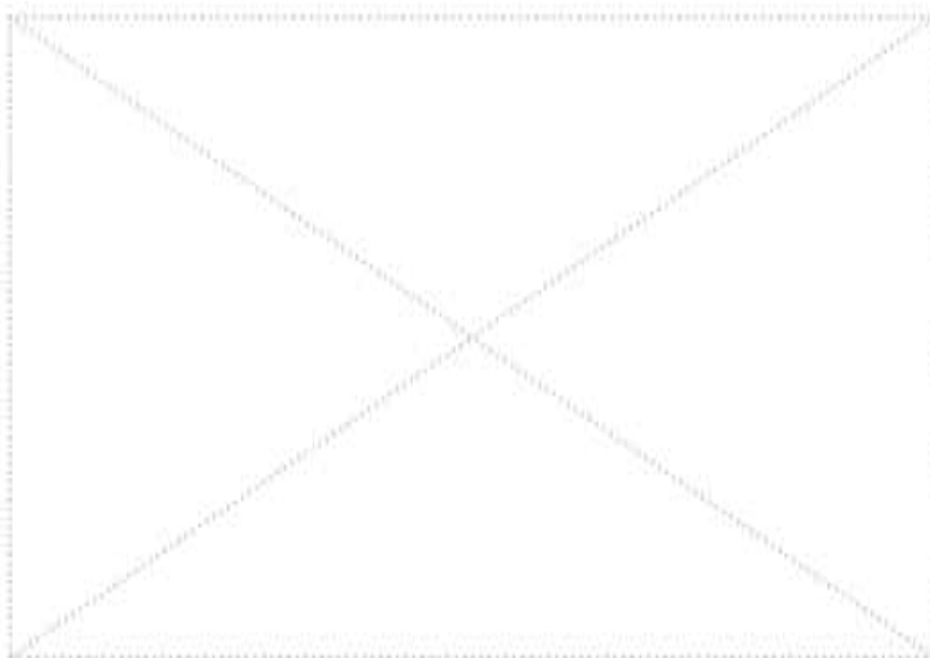
문제 해결의 중요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래사회에서 해당 문제를 해결하지 못할 경우 초래할 사회·경제적 비용이 막대한가?</li> </ul>
기술적 해결 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 문제는 기술개발을 통해 효과적으로 극복 가능한가?</li> </ul>
현재 기술의 한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 기술로 달성하고 있는 현재의 기술적 한계(프론티어)를 명확히 설명할 수 있는가?</li> </ul>
혁신적 기술 적용여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존과 다른 새로운 방법의 기술개발에 해당하는가?</li> </ul>
목표의 정량적 측정가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 프로그램의 성공 가능성을 판단하기 위한 평가항목을 명확히 설명할 수 있는가?</li> </ul>
파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 문제를 해결할 경우 사회·경제적으로 어떠한 성과가 파급될 것으로 예상되는가?</li> </ul>

[참고 : Heilmeier Question]

1. 무엇을 하고자 하는가?
2. 현재 상태는 어떠하고, 누가 하고 있고, 현재의 한계점은 무엇인가?
3. 관련 최첨단 기술을 인지하고 있는가? 철저히 모든 선택지를 고려하였는가?
4. 제안하는 접근방식의 새로운 점은? 성공할 수 있다고 판단하는 이유는?
5. 1, 2번에 대해 명확히 대답하였다면, 당신만의 확실한 옵션이 있는가?
6. 제안하는 접근법의 첫 단계 분석에서 무엇을 밝혀낼 수 있는가?
7. 성공할 경우, 어떤 차이를 만들어낼 수 있는가?
8. 왜 DARPA가 지원해야 하는가?
9. 소요 기간과 예산은? 중간 및 최종 평가는?
10. 프로그램 관리계획은? 성과/진도 측정방안은? 마일스톤/Metric는? 기술이전 전략은?

- 프로그램의 목표 설정 시, 기존과 다른 방법의 혁신적 기술 적용을 전제로 함

- \* 기존의 주류 기술을 활용한 점증적(Incremental) 기술 개선은 미지원
- \* 새로운 기술 또는 방법을 적용하여 기존 기술의 허들을 뛰어넘거나, 새로운 방법으로 현재의 기술 한계를 뛰어넘는 높은 수준의 정량적 목표 설정



[그림Ⅳ-4] 기존의 주류 기술 한계 이상의 잠재적 목표 설정

③ (과제 선정 및 협약) PD가 중심이 되어 연구책임자를 선정하고, 협약 시 연구자와 협의하여 마일스톤 및 방향성 등 논의

- 과제선정은 프로젝트 공고-선정평가-프로젝트협상-지원팀 구성의 단계로 진행
- 프로그램 목표 달성을 위하여 주요 과업을 큰 단위로 구성하고, 그 과업 단위에서의 경쟁이 가능하도록 프로젝트를 구성

[표IV-27] 과제 선정 및 협약 절차(안)

프로젝트 공고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그램 목표 달성을 위한 과제 공고 게시 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 특정한 문제 해결 방식을 제안하지 않고, 기존의 문제 해결 방식은 지원하지 않음을 공고에 명시</li> <li>✓ 공고기간은 6주로, 4p의 컨셉페이퍼 요청</li> </ul> </li> </ul>
선정평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1차평가 : 컨셉페이퍼를 PD와 외부전문가가 평가 및 피드백 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 평가는 PD와 외부전문가가 진행하나, 평가점수와 무관하게 PD가 선정 및 거부할 권한이 있음</li> <li>✓ 컨셉페이퍼의 10~20%정도만 통과</li> </ul> </li> <li>• 2차평가 : 1차 평가에서 통과한 연구자는 full 제안서를 제출하여, PD와 외부전문가가 평가 및 피드백 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 평가는 PD와 외부전문가가 진행하나, 평가점수와 무관하게 PD가 선정 및 거부할 권한이 있음</li> <li>✓ 2차 평가결과를 기반으로 PD는 제안자에게 기술의 혁신성, 타 사업과의 중복성 등에 대한 소명 기회를 제공</li> </ul> </li> </ul>
프로젝트 협상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-agreement 형태의 프로젝트 협상을 진행하여 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PD는 연구자와 협의하여 해당 프로젝트의 중요 마일스톤과 각 마일스톤을 측정할 수 있는 명확한 기준을 상호 합의하여 결정</li> <li>✓ 계약 중요 사항으로 프로젝트 진행 중의 PD 개입 가능, 기술적 개발과정에 대한 방향성 재설정을 포함</li> <li>✓ 예산규모는 재작성된 연구계획서에 따라 산정</li> <li>✓ 협상기간은 3개월</li> </ul> </li> </ul>
지원팀 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 협상된 프로젝트마다 PD 및 T2M을 배정하여 R&amp;D와 사업화 양 측면에서의 전담지원팀 구성 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PD는 연구과정 중심의 평가 및 지원을 담당</li> <li>✓ T2M은 사업화를 위한 컨설팅 및 네트워킹 중심의 지원을 담당</li> </ul> </li> </ul>

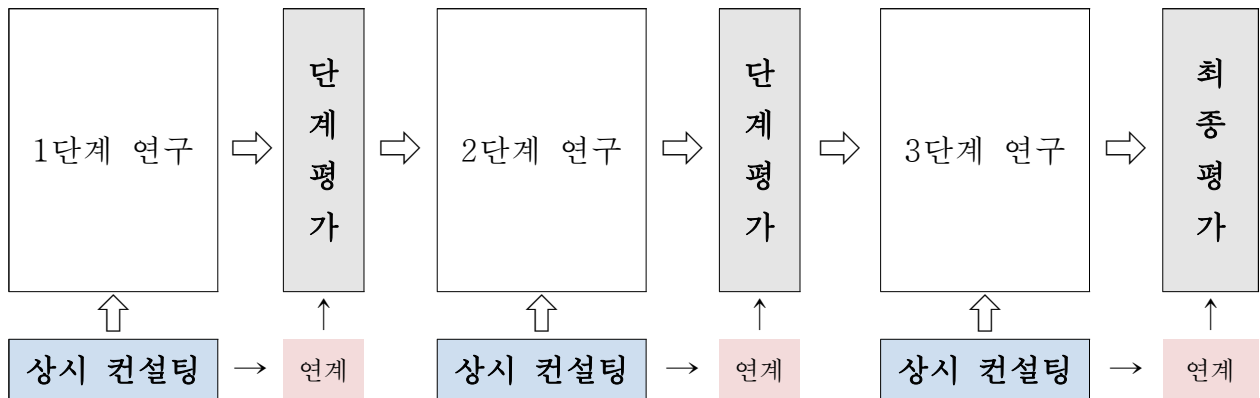
- 과제 선정의 기준으로 프로그램의 목표 달성에 기여할 수 있는지를 중심으로 아래의 평가 항목을 적용

[표IV-28] 과제 선정 평가항목(안)

프로그램 적합성	• 제안된 과제가 프로그램 목표 해결에 적합한 수단을 제공하는가?
연구팀 역량	• 연구팀의 경력, 인프라, 구성원 관계 등을 고려할 때 제안된 과제를 수행할 수 있을 것인가?
포트폴리오 배분	• 제안된 과제가 프로그램 목표 달성을 위한 수단으로서 적절한 포트폴리오를 구성할 수 있는가?

## 다. 평가

[표IV-29] 평가 체계도



- (단계평가) 연구단, 과제의 단계별 마일스톤 평가, 포트폴리오 진행 상황 점검, 과제 수 및 연구단 수 변경 등 결정

- PD가 구성한 포트폴리오 별로 평가 방식 및 결과에 자율성 부여
- 프로젝트 협상시 설정한 마일스톤의 달성여부와, 추후 달성 불가능 판단을 기준으로 프로젝트의 변경 및 중단 가능

\* 마일스톤 미달성에도 불구하고, 사전적으로 정의된 최종결과물을 얻는 것이 가능하다고 판단될 경우 마일스톤을 재협의하여 프로젝트 지속

- (상시 컨설팅) 연구의 진행 상황 및 애로사항 등을 매월 PD와 상담하고 컨설팅 받을 수 있도록 지원 → 단계평가와 연계
- PD 중심으로 연구수행의 성실도를 체크하고, 대내외 환경변화와 기술개발 진척도에 따라 R&D 수행방향을 컨설팅
- \* 국내외에서 유사기술이 먼저 개발된 경우의 연구방향 전환, 연구 아이디어의 한계 봉착 등 발생하는 이슈에 대해 PD에 공유하여, 대응방안 도출
- PD는 컨설팅 결과 보고서를 작성하여 총괄 사업단장에게 제출

[표IV-30] 컨설팅 결과 보고서 항목(안)

컨설팅 결과 보고서 항목	• 프로그램명
	• 프로젝트명
	• 추진실적 및 주요성과
	• 컨설팅 대상 성과목표
	• 컨설팅 요청사항
	• PD 의견

- (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 과정에서 파생되는 연구성과를 공유
- 성공 가능성에 따른 타당한 방법으로 성실히 연구를 수행하였는지를 중점 평가

[표IV-31] 최종평가 기준 (안)

최종평가 항목	• 정량적 목표 달성여부
	• 연구수행과정의 성실성
	• 연구성과의 파급 가능성

## 라. 성과 활용

- (전담 지원조직) 기술사업화 자문(Tech to Market) 역할을 하는 전문가로 성과활용 지원 전담조직 구성
  - 2단계 연구부터 본격적으로 기술수요 발굴 및 성과교류 등 기술사업화를 위한 지원 추진
  - 연구제안시 사업화를 위한 계획을 수립함에 있어 제안팀 역량으로 부족한 부분을 제시하고, 이에 대한 컨설팅 진행

[표Ⅳ-32] 사업화 계획의 T2M 지원 요청항목(안)

T2M 지원 요청항목	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장 및 산업지식</li> <li>• 지식재산관리</li> <li>• 비용관리 모델링</li> <li>• 비즈니스모델</li> <li>• 제조/스케일업/공급망</li> <li>• 후속투자</li> <li>• 팀개발</li> <li>• 네트워킹</li> <li>• 기타</li> </ul>
----------------	---

- 성과활용이 가능한 잠재적 외부자원(고객, 협력기관 등)의 우선순위를 T2M에 공유하여 네트워킹 및 파트너 발굴을 지원하도록 하여 기술사업화 지원 프로그램과 연계
  - \* T2M은 VC 등 기술사업화 네트워크가 풍부한 인력으로 구성하여, 외부자원의 연결고리이자 사업화 조연자로서 지원
  - \* 우수한 T2M 활용을 위한 T2M 성과보상방안(인센티브) 마련
- (성과관리) 수행기관 자체적으로 성과활용 목표를 수립하고, 이를 달성하기 위한 계획서 작성
  - 총괄과제/세부과제, 참여연구진 변경/추가, 성과정보 기업 제공, 기술교류, IP관리, 기술로드맵 등 관리
  - 지원 종료 후 5년 간 연구개발성과 활용 보고서 제출 및 추적평가 실시
- (일자리진흥원 등 연계) 사업단 종료 후 성과확산 지원을 위해 일자리진흥원 등과 업무를 연계하여 추가 기술이전 및 창업 지원
  - 글로벌프론티어+ 연구성과의 연속적 기술마케팅을 위한 민간기술거래기관을 전담기관으로 지정하여 체계적 기술협상 지원 등 기술사업화 추진



- \* 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)

[표Ⅳ-33] 글로벌프론티어+ 전담기관 지정시 담당기관 역할(안)

과학기술일자리 진흥원	• 전담기관 선정 및 관리와 민간기술거래기관간 협업 추진 등
글로벌프론티어+ 사업단	• 성과정보 및 잠재적 파트너 정보 제공
민간기술 거래기관	• 기술마케팅을 통한 기술이전/사업화 지원 등

- 글로벌프론티어사업 등을 주목적 투자대상으로 선정한 ‘과학기술 성장펀드’ 등의 투자대상으로서 글로벌프론티어+ 사업 적용 추진

※ VC펀드는 주목적투자대상을 명시하고 있으며, '20년 10월 공고된 과학기술 성장펀드의 경우 주목적투자대상으로서 공공연구기관의 대표 사례로 글로벌프론티어사업 연구단을 제시

## 7. 우선과제 도출

### □ 개요

○ 글로벌프론티어+ 사업 프로그램 기획내용에 따라 기술기획위원회를 활용한 사전적 과제도출 수행

- \* 글로벌프론티어+ 사업의 총괄사업단장 역할을 총괄기획위원회가 수행
- \* 글로벌프론티어+ 사업의 PD역할을 기술기획위원회가 수행
- \* 글로벌프론티어+ 사업의 T2M역할을 내부 연구진이 수행

[표Ⅳ-34] 글로벌프론티어+ 프로세스 대응 예시과제 도출 현황

구분	글로벌프론티어+ 사업 기획	예시과제 도출
총괄사업단장, PD, T2M 선발	• 총괄사업단장 선발	• 총괄기획위원회 운영(총괄사업단장 역할)
	• PD선발	• 기술기획위원회 운영(PD역할)
	• T2M 선발	• 내부 연구진 활용(T2M역할)
프로그램 기획	• 테마발굴	• 글로벌프론티어+ 사업 수요조사(145건) 및 한국연구재단 R&D 수요조사 활용
	• 프로그램 설정	• 기술기획위원회의 테마발굴(21개)
	• 과제선정 및 협약	• 발굴한 테마에 대한 우선순위 평가
평가	• 단계평가	예시과제 도출 과정 미해당
	• 상시 컨설팅	
	• 최종평가	
성과 활용	• 전담 지원조직	
	• 성과관리	
	• 일자리진흥원 등 연계	

## □ 테마발굴

- 글로벌프론티어+ 사업 기술수요조사 및 연구재단의 R&D 수요조사를 활용하여 기술기획위원회 중심의 21개의 테마를 발굴

[표IV-35] 글로벌프론티어+ 예시과제 - 테마발굴 결과

구분	연번	연구주제
바이오	1	• Advanced Biotechnology to overcome the healthcare challenges(오가노이드, 인공신경 등)
	2	• 미래 혁신기술 적용 난치성 건강정복 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, 나노, 탄소중립 등	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
인공지능	17	• 범용 인공지능 알고리즘 개발
	18	• 로봇 핵심기술 개발
	19	• 메타버스 구현을 위한 휴먼 인터페이스 기술
	20	• 범용인공지능 모델 개발
	21	• 몰입형 메타버스를 위한 다중 감각 상호작용

## □ 테마선정

- 발굴한 21개 테마에 대해 기술기획위원회의 자체평가 수행
- 평가기준 : 기술적 파급성, 혁신가능성, 국가전략성, 기술사업화가능성
- 선정한 테마에 대한 추가 조사·조정을 통해 정량화된 목표 설정 등 프로그램 상세화

[표Ⅳ-36] 글로벌프론티어+ 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% 이상인 가능한 플라즈마 화학 공정 개발
3	• 1나노 이하의 옴스트롱급 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

## 제5장 사전타당성분석

---

1. 과학기술적 타당성 분석
2. 정책적 타당성 분석
3. 경제적 타당성 분석

## 1. 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 V-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

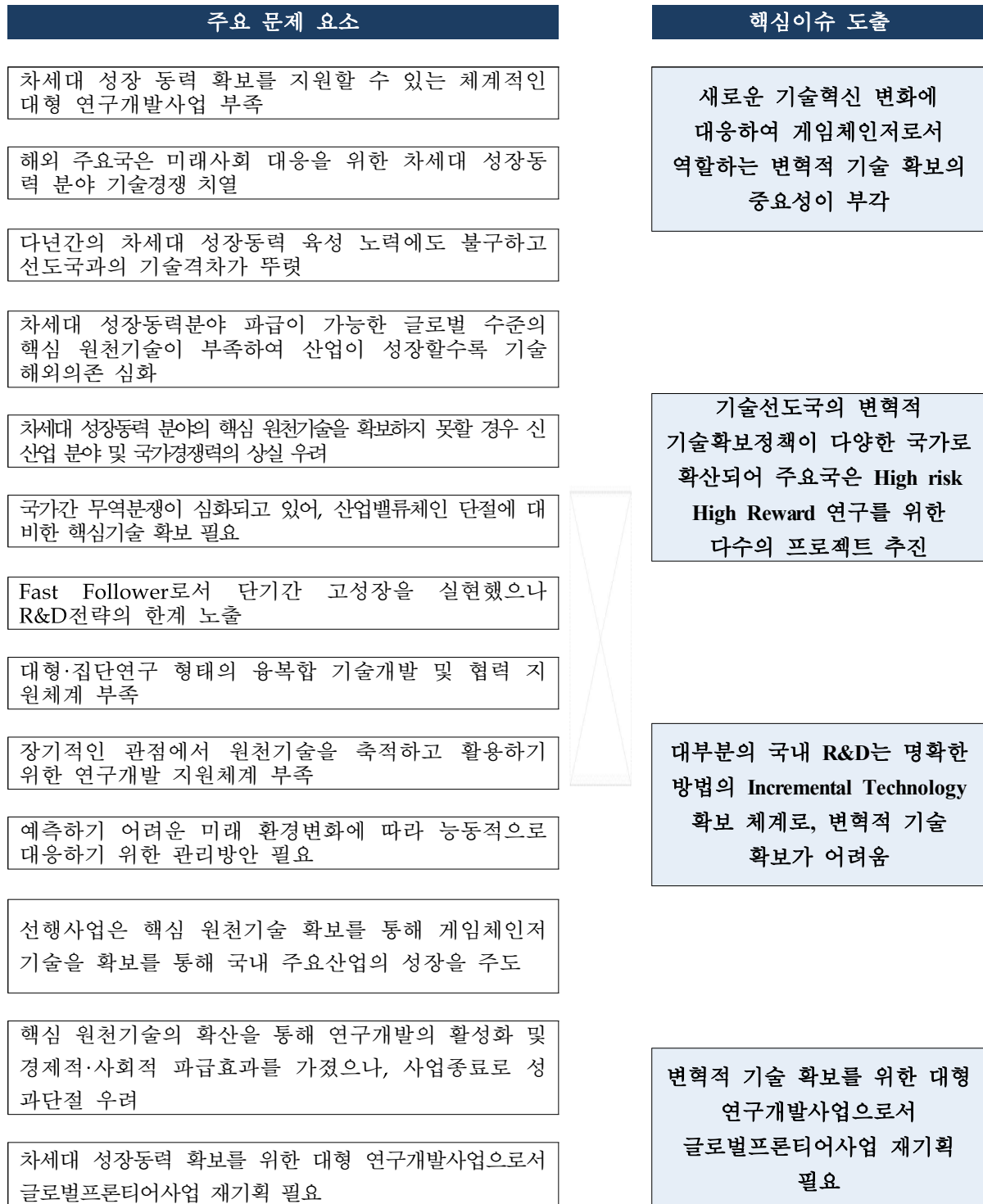
○ (1단계) 대내외 환경분석, 국내외 현안 진단(정책, 시장), 선행 사업 조사 등 자료를 통해서 주요 문제를 도출함

[표 V-2] 문제이슈 도출

현황 분석	주요 문제 요소
글로벌 환경변화	차세대 성장 동력 확보를 지원할 수 있는 체계적인 대형 연구개발사업 부족
유망분야 육성 현황	해외 주요국은 미래사회 대응을 위한 차세대 성장동력 분야 기술경쟁 치열
주요국 원천기술 정책	다년간의 차세대 성장동력 육성 노력에도 불구하고 선도국과의 기술격차가 뚜렷
주요국 R&D 추진 현황	차세대 성장동력분야 파급이 가능한 글로벌 수준의 핵심 원천기술이 부족하여 산업이 성장할수록 기술 해외의존 심화
유사사업 분석	차세대 성장동력 분야의 핵심 원천기술을 확보하지 못할 경우 신산업 분야 및 국가경쟁력의 상실 우려
선행사업 분석	국가간 무역분쟁이 심화되고 있어, 산업밸류체인 단절에 대비한 핵심기술 확보 필요
선행사업 성공요인	Fast Follower로서 단기간 고성장을 실현했으나 R&D전략의 한계 노출
선행사업 한계점 분석	대형·집단연구 형태의 융복합 기술개발 및 협력 지원체계 부족
	장기적인 관점에서 원천기술을 축적하고 활용하기 위한 연구개발 지원체계 부족
	예측하기 어려운 미래 환경변화에 따라 능동적으로 대응하기 위한 관리방안 필요
	선행사업은 핵심 원천기술 확보를 통해 게임체인저 기술을 확보를 통해 국내 주요산업의 성장을 주도
	핵심 원천기술의 확산을 통해 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 파급효과를 가졌으나, 사업종료로 성과단절 우려
	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 V-3] 핵심이슈 도출





## □ 핵심 이슈와 SWOT 분석을 통한 추진전략 도출

### ○ 우리나라 내부역량 및 외부환경을 고려하여 SWOT분석

[표 V-4] SWOT 분석

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">외부환경</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">내부역량</div> </div>		강점(S)	약점(W)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>fast-follower로서 다년간 확보한 R&amp;D Stock의 축적</li> <li>핵심 원천기술 개발 역량을 갖춘 대학·연구소와, 원천기술을 수요할 수 있는 산업적 역량 기 확보</li> <li>글로벌 최고 수준의 공공 R&amp;D 투자성향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해외 대비 변혁적 기술 확보 목적으로 설계된 사업의 실 추진사례 및 성과 부족</li> <li>위험성을 기피하는 연구문화 및 연구시스템</li> <li>높은 R&amp;D 투자에도 불구하고 성과는 부족한 R&amp;D 패러독스 현상의 지속</li> <li>연구성과가 쉽게 축적되지 못하는 기존 R&amp;D시스템 한계</li> </ul>
기회(O)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Game Changer형 기술확보의 중요성 인식</li> <li>글로벌 R&amp;D 선도국의 변혁적 기술 확보에 대한 관심 상향</li> <li>사회변화에 대응한 목적지향적 R&amp;D 투자 필요성 인식에 따른 선도사례 존재</li> </ul>	<p>[SO전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(SO1) 기 확보한 R&amp;D Stock을 융·복합하여 다양한 기술적 한계를 돌파하는 R&amp;D 추진</li> <li>(SO2) 미래사회에 요구되는 목적지향적 R&amp;D 투자 추진</li> </ul>	<p>[WO전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&amp;D관리체계 도입</li> <li>(WO2) 해외 변혁적·목적지향적 R&amp;D 프로그램 성공사례 벤치마킹</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>코로나-19, 기술패권경쟁 등 글로벌 불확실성 심화</li> <li>해외의 다년간의 변혁적·목적지향적 R&amp;D 투자 프로그램·조직 마련</li> </ul>	<p>[ST전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ST1) 기 확보한 R&amp;D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 필수전략기술 확보</li> <li>(ST2) 불확실성에 대비한 장기·유연 R&amp;D 투자</li> </ul>	<p>[WT전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입</li> <li>(WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹</li> </ul>

### ○ 핵심 문제/이슈와 SWOT 분석 매칭을 통한 추진전략 도출

[표 V-5] 추진전략 도출

문제/이슈	SWOT Matrix	추진전략
새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (S02) 미래사회에 요구되는 목적지향적 R&amp;D 투자 추진</li> <li>• (ST1) 기 확보한 R&amp;D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 필수전략기술 확보</li> </ul>	도전적이고 명확한 임무형 테마설정
기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High risk High Reward 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (ST2) 불확실성에 대비한 장기·유연 R&amp;D 투자</li> <li>• (S01) 기 확보한 R&amp;D Stock을 융·복합하여 다양한 기술적 한계를 돌파하는 R&amp;D 추진</li> </ul>	PD 주도의 장기·유연한 연구관리 시스템 도입
대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (WO2) 해외 변혁적·목적지향적 R&amp;D 프로그램 성공사례 벤치마킹</li> <li>• (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입</li> </ul>	전담지원 조직을 통한 집중적인 사업관리
변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 글로벌프론티어사업 재기획 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹</li> <li>• (WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&amp;D관리체계 도입</li> </ul>	성과 활용을 위한 체계적인 지원

## 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 미래 전망 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, 2019~, 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
- \* 삼성디스플레이는 스마트폰 OLED 패널 시장점유율 98.5% 독식 (조선일보, 2017.11.30.)

## □ 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 특정 기술\*로 진입장벽을 높여 추격자들기술수준은 과 격차를 유지 중
- \* 특정기술: 일정분야에서 해당 기술을 사용하지 않으면 안 되는 주요기술
- 우리의 현재 선진국을 넘어서기 어려울뿐 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)에 따르면,

- \* 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

## 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 V-6] 문제인식 및 해결방안

영향요인	문제/이슈의 식별	희망하는 결과
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래사회 대응 및 신시장 창출을 위한 노력 증대</li> <li>• 국가 기술경쟁력 강화 및 경제 성장을 위한 돌파구 시급</li> <li>• 경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가</li> <li>• 세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 게임체인저의 변혁적 기술 확보를 위해 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요</li> <li>• 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황</li> <li>• 글로벌프론티어 사업을 개편하여 도전적 연구체계를 구축하는 혁신적인 연구프로그램으로 전환 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고</li> </ul>
	<b>사회적 필요/자산</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌프론티어+ 사업 1.2조 원</li> </ul>	

## □ 국정과제의 성실 이행 및 미래사회의 선제적 대응

### ○ 국정과제의 성실히 행을 위한 정책적 핵심 수단

- 전문가들은 신산업 육성과 주력산업 경쟁력 제고를 위해 가장 핵심적인 필요조건으로 ‘핵심원천기술 확보’를 제시(한국경제신문, 2015.10.)
- 원천기술은 세계적으로 경쟁력 있는 혁신제품을 생산해 내는 근간 기술이 되고, 이 혁신제품들은 미래 성장동력으로 신시장을 창출하는 매개체 역할 수행
- 5대 국정목표 중의 하나인 ‘더불어 잘사는 경제’를 위해 20대 국정전략으로 ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명’의 슬로건 하에 ‘과학기술 혁신 생태계 조성’과 ‘주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복’을 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

\* 기술개발 성공률 96% (산업연구원, 2017)

[표 V-7] 주요국 세계최고기술 보유 현황

구분	국가					
	한국	일본	중국	미국	EU	합계
세계최고기술 보유현황	0	9	1	100	30	140

자료 : 2018년 기술수준평가(KISTEP 2019. 2.)

[표 V-8] 4차 산업혁명 주요기술 확보 수준

기술('17)	미국	일본	EU	중국	한국
AI	100	83.0	88.1	81.9	78.1
IOT	100	84.0	89.2	79.1	82.6
Cloud	100	80.4	85.9	81.5	75.1
Big Data	100	82.5	87.0	82.5	79.0
Mobility	100	90.9	95.2	83.8	75.1

- 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 기술리더십을 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
    - 특히, 드론, 3D프린팅, 위성 등 신산업 분야는 우리를 추월한 상태
- \* 드론: 중국 100, 한국 70, 3D프린팅: 중국 85, 한국 70 등(출처: 프리미엄조선, 2017.8.2.)
- 미래 사회경제적 패러다임을 바꿀만한 변혁적 기술확보를 통해 미래 성장 동력을 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 1위 수준에 적합한 연구생산성 향상 방안 필요

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



## 라. 사업목표의 적절성

### □ 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

- 거시적 환경 측면 산업/기술 측면에서 동 사업의 해결할 문제/이슈와 사업 목표 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 범 국가 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
- 적인 성과 창출과 혁신기술을 확보하기 위한 변혁적 연구는 국가경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수

#### < 문제인식 및 해결방안 >

영향요인	문제/이슈의 식별	희망하는 결과
<ul style="list-style-type: none"> <li>미래사회 대응 및 신시장 창출을 위한 노력 증대</li> <li>국가 기술경쟁력 강화 및 경제성장을 위한 돌파구 마련 시급</li> <li>경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가</li> <li>세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>게임체인저의 변혁적 기술 확보를 위해 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요</li> <li>국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황</li> <li>글로벌프론티어 사업을 개편하여 도전적 연구체계를 구축하는 혁신적인 연구프로그램으로 전환 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고</li> </ul>
	<b>사회적 필요/자산</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌프론티어+ 사업 1.2조 원</li> </ul>	

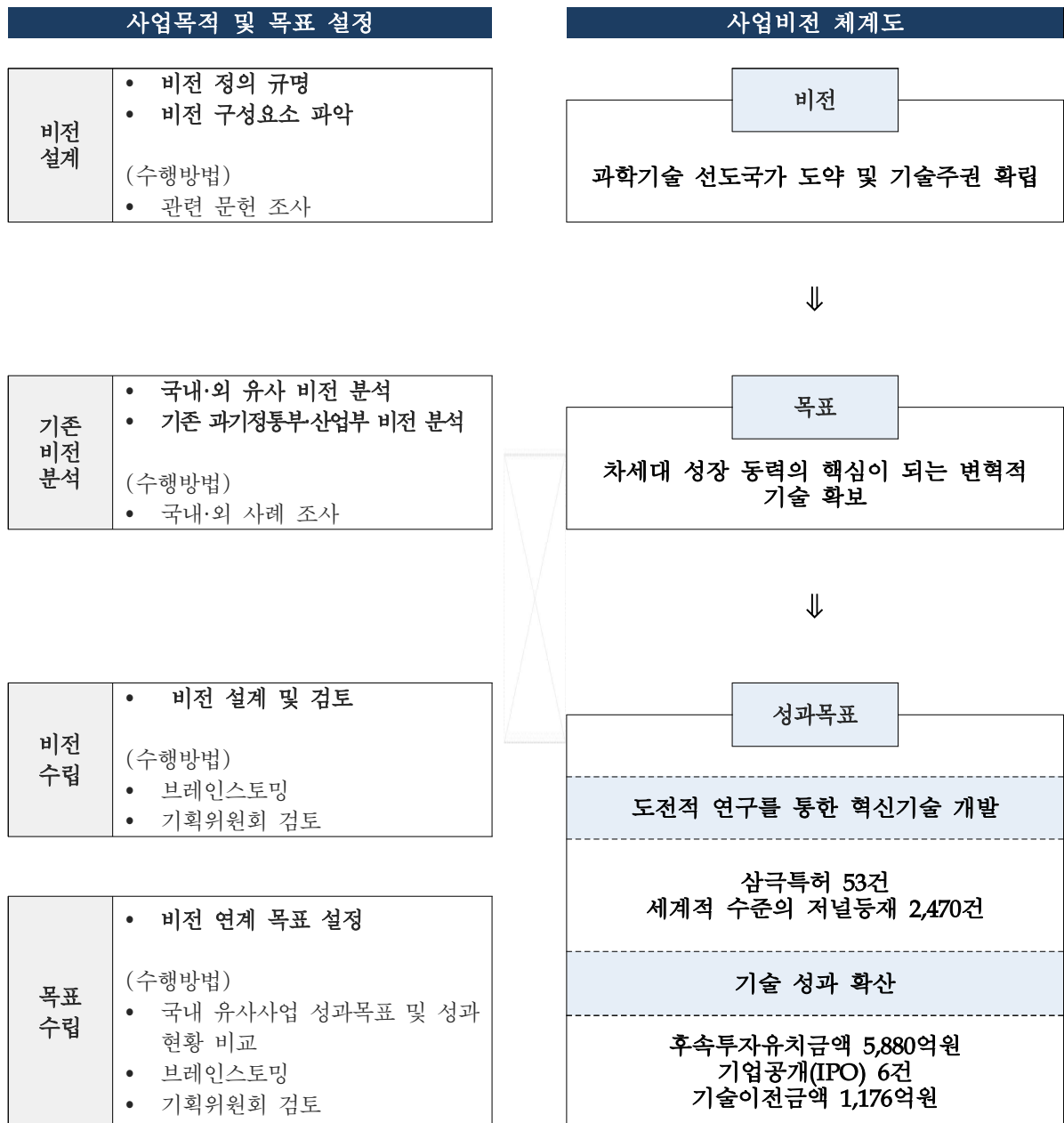
## □ 사업목표의 적절성

- 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"> <li>기술혁신 환경변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성 부각</li> <li>기술선도국의 변혁적 기술 확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High risk High Reward 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진</li> <li>대부분의 국내 R&amp;D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계이며, 변혁적 기술 확보를 위한 R&amp;D 프로그램의 도입이 상대적으로 늦어 변혁적 기술 확보가 어려움</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 200px; margin: 10px auto;"></div> <ul style="list-style-type: none"> <li>기술패권시대 및 사회변화에 대응한 임무지향형 R&amp;D 추진</li> <li>다학제적 집단연구로 새로운 가능성 탐색</li> <li>위험하지만 대규모의 파급효과를 창출할 수 있는 R&amp;D</li> <li>고위험연구를 위한 포트폴리오 방식의 위험 관리</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 200px; margin: 10px auto;"></div> <ul style="list-style-type: none"> <li>변화하는 글로벌 환경에 대응한 전략적인 변혁적 핵심원천기술 확보</li> <li>원천기술 플랫폼 구축을 통한 연구역량의 축적·활용 촉진</li> <li>임무지향형 HRHR 연구 지원을 통해서 미래 성장동력 확보하여 국가경쟁력 지속성 확보</li> </ul>		
↕ 연관성	연관성	거시적 환경 측면	산업/기술적 측면
		<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 및 사회경제적으로 복잡하고 다양화되는 도전적 문제를 해결하기 위해 HRHR 연구 지원을 통한 변혁적 기술 확보 및 확산 필요</li> </ul> <p>→ 도전적 문제를 해결하기 고위험·고부가가치의 혁신기술 개발 추진</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>변혁적 기술이 게임체인저로 등장하여 산업에 미치는 영향이 막대함</li> </ul> <p>→ 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 개발을 통해 기술주권 확립</p>
사업목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>(사업비전) <ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립</li> </ul> </li> <li>(사업목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보</li> </ul> </li> <li>(성과목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>도전적 연구를 통한 혁신기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 삼극특허 53건</li> <li>* 세계적 수준의 저널등재 2,470건</li> </ul> </li> <li>기술 성과 확산 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 후속투자유치금액 5,880억원</li> <li>* 기업공개(IPO) 6건</li> <li>* 기술이전금액 1,176억원</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>		

## □ 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 53건	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 삼극특허를 성과목표로 설정한 유사사업의 소요금액 당 삼극특허 창출목표를 동 사업에 적용(1,000억원당 4.07건)</li> <li>* 산업기술알키미스트프로젝트</li> <li>■ 도전적 목표치인 4.5건을 설정함</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허 조사</li> <li>* 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO) 일본 특허청(IPO) 특허등록증</li> </ul>
	세계적 수준의 저널 등재 2,470건	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유사사업의 소요금액 당 우수논문 창출건수를 사업에 적용(10억원 당 2.1건)</li> <li>* 미래융합기술파이오니어</li> <li>■ 동일 목표치인 2.1건을 설정함</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사</li> </ul>
기술성과 확산	후속 투자 유치금액 5,880억원	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ARPA-E의 누적 R&amp;D 지원 대비 후속투자 유치금액 비율(3.29배)를 미국과 국내 VC 투자규모를 고려하여 보정(14.46%)한 비율을 산정(48%)</li> <li>* `19년 미국VC 초기 투자규모(46.3bil\$, 57.3조원) 대비 `19년 한국 VC 투자규모(8.3조원) 비율은 14.46%</li> <li>■ 도전적 목표치인 50% 적용</li> <li>* 글로벌프론티어사업의 현재까지의 투입 연구비(7,243억원)대비 투자유치금액(1,167억원) 비율인 16%보다 3배 높은 수준</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구를 통해 확보된 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 해당 성과의 사업화 관련 후속투자유치금액 조사</li> </ul>
	기업공개(IPO) 6건	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ARPA-E의 누적 R&amp;D 지원 대비 EXIT 건수 성과(20개) 비율을 산정(1조원당 5.4개)</li> <li>■ 도전적 목표치인 1조원당 6개 적용</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정</li> </ul>
	기술이전 금액 1,176억원	목표치 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유사사업의 소요금액 당 기술이전금액을 동 사업에 적용(10억원 당 84.3백만원)</li> <li>* 미래융합기술파이오니어</li> <li>■ 도전적 목표치인 10억원당 1억원을 설정함</li> </ul>
		측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 본 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사</li> </ul>

\* 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
    - PD를 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. 세부활동 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 글로벌프론티어+ 사업의 추진전략 및 추진체계, 사업목적 달성을 위한 지원금액 및 지원기간 조사

## □ 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

[그림 V-1] 사업설문조사결과



- 산·학·연 각계 전문가로부터 기술수요조사를 실시하여 145개의 기술수요조사자료 확보

• 기술수요조사에 대한 PD 검토결과에 근거하여 후보기술을 선정

## ○ 다양한 전문가 참여를 통한 의견 수렴

- 핵심원천기술 관련 산학연 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) 산학연 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 V-9] 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

No.	회의일자	회의장소	회의안건	참석자	구분
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	사업기획위원회
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	사업기획위원회
18	`22.02.04(금)	비대면	기술기획위원 기술테마 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위	기술기획위원회
19	`22.02.16(수)	비대면	기술기획위원 기술테마 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 기술기획위	기술기획위원회
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	기술기획위원회
31	`22.05.17(화)	비대면	총괄기획위원 사업컨셉 검토	• 과기부, 연구재단, 기획사, 총괄기획위	총괄기획위원회

## (2) 지원내용의 적절성

### ○ 사업 개념 및 특성

- 국내 정부 R&D에서는 도전적 연구개발을 장려하고 있으나 변혁적 기술 개발 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 중장기간의 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 적합
  - 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

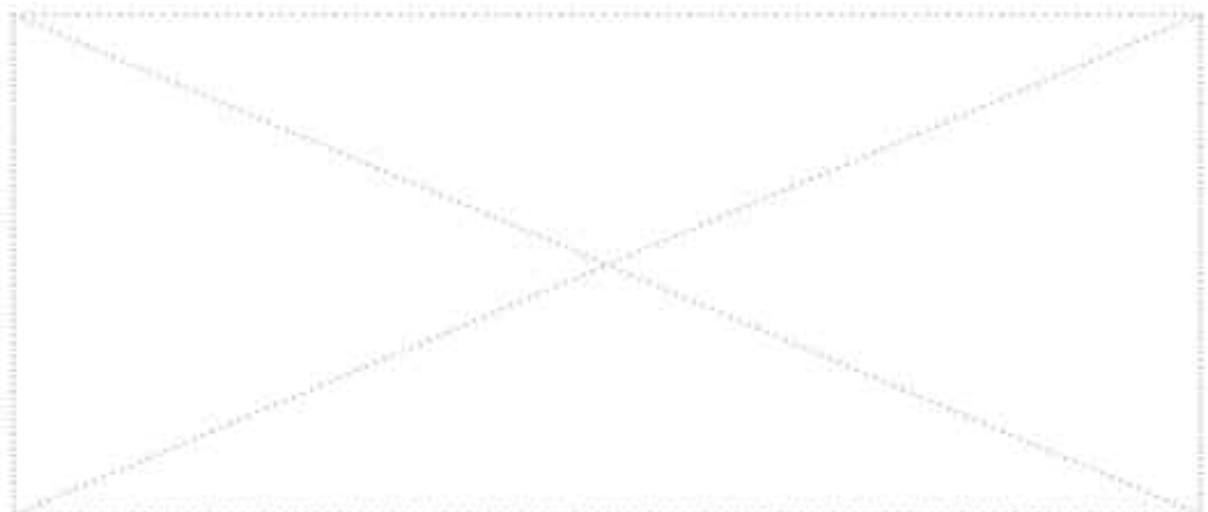
[표 V-10] 기술비지정방식 추진 근거

근거
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원천기술중 분야 한정 시 다양한 분야로 확산 가능한 변혁적 기술 확보 및 플랫폼 구축시도 불가</li> <li>• 본 사업은 변혁적 기술 확보를 위해서 고위험·고수익(HRHR)의 성공가능성이 매우 낮은 목표를 공모하는 사업</li> <li>• 해외에도 고위험·고수익(HRHR) 과제는 (기존사업의 틀에서 지원이 어려워) 별도 사업으로 지원하고 있으며, 분야 비특정으로 지원 중                         <ul style="list-style-type: none"> <li>* Challenge Prize(英) : 항생제 내성 해결, 플라스틱 오염 해결, 하반신 마비환자 이동 증진 등</li> <li>* Moon-Shot Project(日) : 중증 환자 동면 기술, 태풍 진로 조작 기술, 가상현실로 고인과 대화 기술 등</li> </ul> </li> </ul> <p>☞ 변혁적 기술 개발을 통한 미래 성장동력 확보 및 국가경쟁력 제고를 위한 역할로 글로벌프론티어+를 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
- 혁신적인 분야가 이미 도출되어 필요한 기술이 명확한 경우 9년 간의 장기 지원기간을 제공(필수전략형 프로그램)
- 이머징 분야로 장기 프로그램으로 지원하기에는 기술이 미성숙하여 소규모로 기술의 완성도를 높여야 하는 경우 3년간의 중기 연구 지원(미래도전형 프로그램)
- 미래도전형 프로그램을 통해 탐색 및 확보한 성과는 필수전략형 프로그램으로 연결하여 중기목표 성과가 장기목표 성과 달성으로 연계



## 2. 정책적 타당성 분석

### 가. 정책적 배경

- 현 정부는 국정운영 5개년 계획에서 20대 국정전략 중 ‘과학기술발전이 선도하는 4차 산업혁명’을 제시하고 있으며, 대통령 ‘22년 신년사에서 세계를 선도하기 위해서 기술경쟁에 선제적으로 대응할 것으로 발표
- 국정전략에서는 과학기술 혁신생태계 조성(과제 35), 주력산업 경쟁력 제고를 통한 산업경제 활력 회복(과제 38)를 제시
- ‘22년 신년사에서 국가전략산업과 첨단기술 육성을 강조
- 대통령 예비당선자는 국가 미래 전략의 핵심으로 과학기술을 꼽고, 기술패권 경쟁, 국가 현안 문제 해결 등의 관점에서 과학기술 공약을 발표
- 윤석열 당선자는 감염병·미세먼지·탄소중립·저출산·고령화 등 국가난제 및 소부장(소재·부품·장비) 경쟁력 등 현안 문제 해결에 연구개발비를 우선 투입을 공약으로 발표

### 나. 상위정책과의 부합성

- 동 사업은 국가경쟁력 확보를 위한 변혁적 원천기술 개발을 목적으로 하며, 상위의 계획 및 대책과 부합성이 높음
- 최상위 계획인 과학기술정보통신부의 과학정보통신부 ‘제4차 과학기술기본계획’과 ‘제 5차 과학기술기본계획 수립방향’을 검토한 결과 사업의 비전, 목표, 추진전략 측면에서 부합성을 확보
- ‘2022년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)’, ‘국가 R&D 혁신 방안 실행계획’ 등 도전·혁신형 R&D 관련 대책들과도 높은 부합성을 확보

[표 V-11] 동 사업의 상위계획과의 부합성

구분	상위계획의 주요내용	글로벌프론티어+ 사업	
		유관 내용	부합도
제4차 과학기술 기본계획 (‘18~’22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(비전) 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여</li> <li>(4대 전략) <ul style="list-style-type: none"> <li>미래도전을 위한 과학기술역량 확충</li> <li>혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성</li> <li>과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출</li> <li>과학기술로 모두가 행복한 삶 구현</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>‘미래도전을 위한 과학기술 역량 확충’ ‘혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성’, ‘과학기술이 선도하는 신산업·일자리창출’ 전략이 동 사업의 전략과 부합</li> <li>(동사업) 차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보를 목표로 함</li> </ul>	○
제5차 과학기술 기본계획 수립방향 (안) (‘23~’27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술혁신 역량을 강화하고 이를 바탕으로 국가, 사회가 당면한 현안을 해결하기 위한 추진전략과제를 수립</li> <li>정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술혁신을 지향하고 이를 통한 국가, 사회 현안 해결을 목적으로 한다는 측면에서 동 사업의 방향성과 일부 부합</li> <li>(동사업) 도전적이고 명확한 임무형 테마를 설정하여 기술확보 추진</li> </ul>	○
2022년도 정부연구 개발 투자방향 및 기준(안) (‘21.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래 핵심기술확보를 위한 혁신도전형 연구 지원 <ul style="list-style-type: none"> <li>위기대응을 위한 과학기술 역량 강화를 위해 감염병 위기극복과 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 지원</li> <li>포용 바탕의 미래 혁신역량 강화를 위해 창·도전적 기초·기반 연구, 인재 양성, 지역·중소기업 역량 강화 및 창업·기술사업화를 지원</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>혁신도전형 연구 지원을 통해서 미래 핵심기술 확보를 추진하고, 국가 현안 문제 해결을 임무로한 과학기술역량 강화 측면에서 동 사업과 방향성이 부합</li> <li>(동사업) 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발을 주요 성과목표로 설정함</li> </ul>	○
국가 R&D 혁신방안 실행계획 수정(안) (‘17.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(비전) ‘R&amp;D 시스템을 대혁신하여 혁신성장 선도’</li> <li>하위로 ‘R&amp;D 혁신의 중심을 국민과 연구자에 두는 사람중심의 혁신 추진’과 ‘파괴적 혁신을 이끌어낼 고위험 혁신형 도전적 R&amp;D(High Risk-High Return형) 지원 강화’를 수립함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고위험 혁신형 도전적 R&amp;D 추진하고 R&amp;D 평가/성과관리 등 시스템 혁신을 추진한다는 측면에서 동 사업과 부합</li> <li>(동사업) 전담지원 조직을 위한 집중적인 사업관리, 성과 활용을 위한 체계적인 지원을 전략으로 설정함</li> </ul>	○
국가필수 전략기술 선정 및 육성·보호 전략(‘22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>공급망·통상, 국가안보, 신산업 관점의 10개 필수전략기술을 선별하여 집중 지원</li> <li>10개 필수전략기술분야의 최고 기술국 대비 기술수준을 `30년까지 90% 이상 달성을 목표로 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술선도국으로서의 기술역량 확보 및 국가전략적 관점의 기술개발을 지원한다는 점에서 동 사업과 부합</li> <li>(동사업) 과학기술 선도국가 도약 및 기술주권 확립을 비전으로 설정, 필수전략형 R&amp;D 프로그램 구성</li> </ul>	○
윤석열 정부 국정과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>(no.74) 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계 <ul style="list-style-type: none"> <li>탄소중립·고령화 등 국가가 당면한 문제를 해결하기 위한 임무지향적 과학기술 체계 마련</li> </ul> </li> <li>(no.22) 수요자 지향 산업기술 R&amp;D 혁신 및 지식재산 보호 강화 <ul style="list-style-type: none"> <li>(목표지향형·선도형 산업기술 Mega 프로젝트 추진) 디지털전환, 경제안보 등 국가적 난제 해결을 위한 목표지향형 대규모 프로젝트 도입 검토</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>임무지향적 과학기술 체계 마련, 수요자 지향 산업기술 R&amp;D 혁신 및 지식재산 보호 강화 국정과제에서 목표지향적 프로젝트 수행이 동 사업과 방향성이 부합</li> <li>(동 사업) 임무지향적 목표를 설정하여 중장기·대형 R&amp;D 추진</li> </ul>	○

## 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 V-12] 중복성 검토 대상사업

사업명	내용
미래융합기술 파이오니어	NT, BT, ET, IT 등의 이종 기술간의 융합을 통해 고위험-고수익(High-risk, High-return)형 융합원천기술개발
과학난제도전 융합연구개발사업	기초과학·공학 간 융합·협력연구 수행을 통한 과학난제 도전으로 인류공영 가치 및 혁신창출에 기여
혁신도전 프로젝트	국가 차원의 고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도산업 창출
산업기술 알키미스트 프로젝트	10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 도전적이고 혁신적인 기술개발을 통해 미래 신산업·신시장 창출을 지원

### □ 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
  - 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

## □ 글로벌프론티어+사업과 미래융합기술파이오니어와의 차별성(유사·중복성) 분석

### < 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 이중 기술간의 융합을 통해 고위험-고수익(High-risk, High-return)형 융합원천기술개발
지원 대상	• 변혁적 기술	• 제품화 요소 원천융합기술
과제별 지원 기간	• 미래도전형 : 3년 • 필수전략형 : 10년	• 6년(3+3년)
규모	• 미래도전형 : 과제별 연간 12억 • 필수전략형 : 프로그램별 연간 80억	• 연간 5억원
추진 체계	• 전담 지원조직의 연구·사업화 관리 • PD의 자율성 독립성 확보	• 융합기술 수요조사에 기반한 소규모 연구단 다수 지원
주요 특징	• 임무형 테마 설정 • PD 제도 도입 • 포트폴리오 과제관리 • 전담 지원조직·Tech to Market	• 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 기술 분야 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

○ 글로벌프론티어+사업은 새로운 기술적 시도와 검증에 초점을 둔 대형 집단연구로서 미래융합기술 파이오니어 사업과 차별화됨

- 글로벌프론티어+사업은 기술의 검증을 위한 연구 이후 대규모 집단·장기 연구 진행을 통해 장기간의 성과 확보 및 축적이 가능함

\* 미래도전형(중규모 중기연구) -> 필수전략형(대규모 장기연구)를 진행하여 국가전략적 필요성이 있는 분야의 다양한 기술적 시도와 검증 및 성과 축적이 가능

- 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



## □ 글로벌프론티어+사업과 과학난제도전사업과의 차별성(유사·중복성) 분석

### < 중복성 검토 결과 요약 >

구분	본 사업	과기정통부
		과학난제도전 융합연구개발사업
사업 목적	차세대 성장 동력의 핵심이 되는 변혁적 기술 확보	기초과학-공학 간 융합협력연구 수행을 통한 과학난제 도전으로 인류공영 가치 및 혁신 창출에 기여
지원 대상	변혁적 기술	과학난제
과제별 지원 기간	미래도전형 : 3년 필수전략형 : 10년	4.5년
규모	미래도전형 : 과제별 연간 12억 필수전략형 : 프로그램별 연간 80억	연간 30억원
추진 체계	전담 지원조직의 연구·사업화 관리 PD의 자율성 독립성 확보	연구책임자 중심의 소규모 그룹 융합연구단(7인이상 참여 불가)
주요 특징	임무형 테마 설정 PD 제도 도입 포트폴리오 과제관리 전담 지원조직·Tech to Market	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 확보보다 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

○ 글로벌프론티어+사업은 산업·사회과급을 전제한 대형 집단연구로서 과학난제도전사업과 차별화됨

- 글로벌프론티어+ 사업은 필수전략형 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

## □ 글로벌프론티어+사업과 혁신도전 프로젝트와의 차별성(유사·중복성)

### < 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 지원 기간	• 미래도전형 : 3년 • 필수전략형 : 10년	• 4년 *선기획(0.5년)이후 본연구 3년 지원
규모	• 미래도전형 : 과제별 연간 12억 • 필수전략형 : 프로그램별 연간 80억	• 연간 50억원
추진 체계	• 전담 지원조직의 연구·사업화 관리 • PD의 자율성 독립성 확보	• 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획 • 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리
주요 특징	• 임무형 테마 설정 • PD 제도 도입 • 포트폴리오 과제관리 • 전담 지원조직·Tech to Market	• 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 성과창출·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

○ 글로벌프론티어+사업은 간결한 조직체계로 사업을 운영하여 변혁적 기술 발굴 및 개발에 빠르게 대응 가능함

- 글로벌프론티어+사업은 총괄사업단장 - PD/T2M - 프로그램/과제의 간결한 체계를 갖추어 사업을 운영

\* R&D를 위한 PD와, 사업화를 위한 T2M 조직을 총괄사업단 내 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

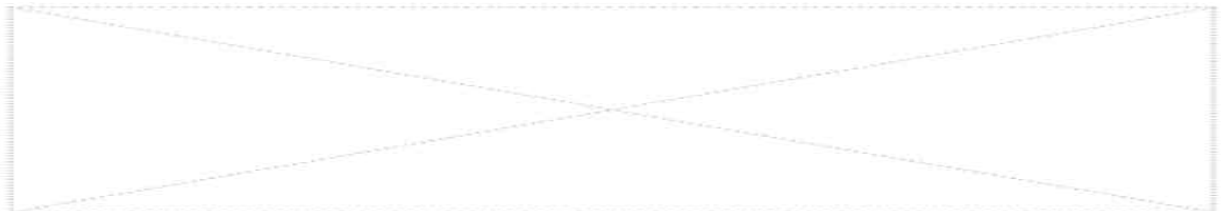


[그림 V-1] 글로벌프론티어+사업과 혁신도전프로젝트 비교

#### 혁신도전프로젝트 사업 추진절차 및 구성조직 역할

##### [사업 추진절차]

- 추진단장(총괄PM) 주도로 연구테마 발굴 및 신규 R&D사업 기획
- 혁신도전프로젝트를 통한 기획내용을 바탕으로 사업부처 중심의 예산 확보(필요시 예타 실시) 및 사업단장(전담PM) 주도의 R&D사업 실시



##### [구성조직 역할]

- (추진단장/총괄PM) R&D사업 기획 주도 및 혁신도전 프로젝트 전반 관리
- (사업단장/전담PM) 사업 부처에서 수행하는 개별 R&D사업의 총괄 관리자

- 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

## □ 글로벌프론티어+사업과 알키미스트와의 차별성(유사·중복성) 분석

### < 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 지원 기간	미래도전형 : 3년 필수전략형 : 10년	7년(1+1+5년)
규모	미래도전형 : 과제별 연간 12억 필수전략형 : 프로그램별 연간 80억	개념·선행연구 지원후 본연구 과제별 연간 40억원
추진 체계	전담 지원조직의 연구·사업화 관리 PD의 자율성 독립성 확보	그랜드챌린지위원회를 통한 테마 발굴 이후 연구자 중심의 수행
주요 특징	임무형 테마 설정 PD 제도 도입 포트폴리오 과제관리 전담 지원조직·Tech to Market	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

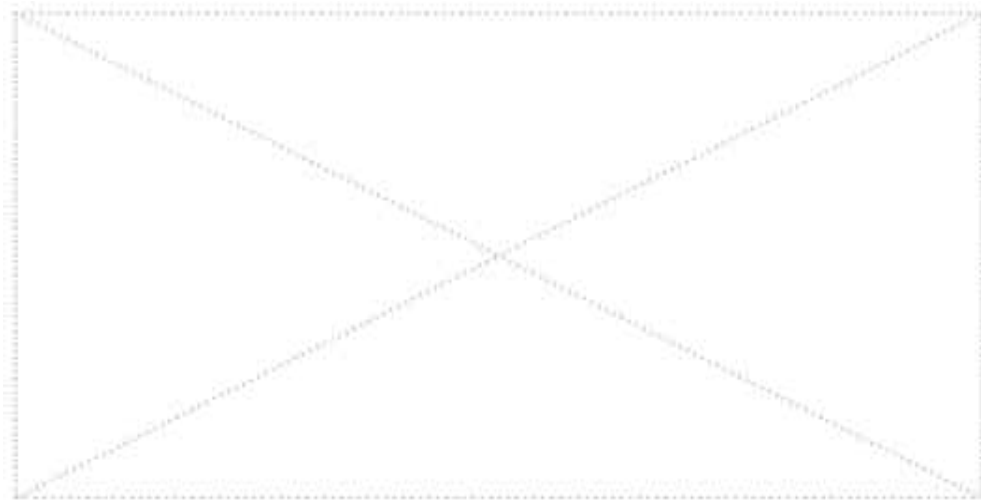
• OECD는 '알키미스트 프로젝트'에 대하여 'HRHR가 분명한 요건은 아니나 장려되는 수준'으로 가장 낮은 수준으로 분류

- 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

○ 글로벌프론티어+사업은 새로운 기술구현방법을 탐색하는 도전적 R&D와 민간참여 실용화 과제를 분리하여 알키미스트보다 범용적 기술 공급에 초점을 두고 있음

- 글로벌프론티어+ 사업은 3년 주기의 미래도전형 R&D를 통해 새로운 구현방법을 탐색하며, 상용화는 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



[그림 V-2] 글로벌프론티어+사업과 산업기술 알키미스트 프로젝트 비교

- 직접 및 부가성과의 발생 가능성 등을 예측하기 변혁적 기술의 특성 상, 장기적인 테마를 이어가되 탐색적 연구가 지속될 필요
- \* 글로벌프론티어+ 사업은 장기적인 연구가 지속되어야 할 전략적 분야에 10년간의 연구기간을 할당하여 집중 지원하고(필수전략형), 기술트렌드 변화에 민첩한 연구(미래도전형)을 통해 2 track의 보완적 연구를 수행
- \* 기술사업화 지원 프로그램을 별도로 구성하여 범용적 특징을 가진 기술 창출 지원조직(PD)과, 창출한 기술성과의 확산을 위한 지원조직(T2M)을 별도로 구성하여 전문화된 과제관리 추구

## 라. 재원조달 가능성

### □ 국가재정운용계획 및 유사사업 일몰을 고려한 재원조달 가능성

#### ○ 국가재정운용계획('21~'25) 상의 재원조달 가능성

- '21~'25년 간 국가재정운용계획에 의하면 정부는 R&D 분야에서 5개의 정책방향에 맞춰서 투자 확대 계획
- R&D 분야는 '21년 27.4조원에서 '22년에는 8.8% 증가한 29.8조원, '25년에는 35.4조원으로 연평균 6.6% 증가

[표 V-13] 국가 R&D 재원분배 계획

구분	2021	2022	2023	2024	2025	2021~2025 연평균 증가율(%)
R&D 예산(조원)	27.4	29.8	32.3	34.0	35.4	
전년 대비 예산 증가율(%)	13.1	8.8	8.5	5.2	4.0	6.6
총지출 증가율(%)	8.9	8.3	5.0	4.5	4.2	5.5

출처: 기획재정부(2021), 2021~25년 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 x'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 3년간 과기정통부 R&D 예산 증가율은 연간 8.5%로서 신규 사업 추진을 위한 예산 확보가 가능할 것으로 예상

[표 V-14] 과기정통부 최근 5년간 R&D 예산 증가내역

구분	2020	2021	2022	2020~2022 연평균 증가율(%)
R&D 예산(억 원)	79,882	87,357	94,083	-
증감액(억 원)	-	7,475.0	6,726.0	7,100.5
증가율(%)	-	9.4%	7.7%	8.5

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 수입 대체 보조금 등의 특정성을 가진다고 보기 어려움

### □ 제도적 보완 필요성

- 대표적 도전·혁신형 R&D 프로그램인 혁신도전프로젝트의 경우 별도의 운영관리규정을 두어 사업을 관리하고 있으며, 동 규정에 준하는 운영관리 규정이 필요
  - 혁신도전프로젝트 운영관리규정은 '20.05.6 제정 및 시행

### 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 툴
- 비용과 편익 항목들이 제대로 분류되지 못하거나 정량적으로 측정되지 못한다면 비용편익분석은 무용지물(김동진, 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 외부 효과를 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 효과가 가장 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 원천 기술 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 과학적 성과나 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

## 다. 분석결과

### (1) 단일효율성 분석

#### □ 삼극특허

○ '15년~'19년 연간 기초연구에 대한 삼극특허 성과

- 「2019년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 보고서」에 따르면 국내 정부 R&D의 국내 등록특허 중 '15년~'19년 동안 기초연구의 삼극특허 비율은 1.2%로 제시하고 있음
- 「2019년도 과학기술정보통신부 주요 연구개발사업 성과분석보고서」에 따르면, '15년~'19년 동안 연구개발단계에서 기초연구의 국내 등록 현황에서 29,589건으로 확인됨
  - 여기서 국내 등록특허 중 삼극특허 비율(1.2%)를 적용하면, 기초연구의 삼극특허는 약 355건으로 추정 가능함
- 『2019년 국가연구개발사업조사·분석보고서(2020)』에 따르면, '15년~'19년 동안 연구개발단계에서 기초연구에 투자금액은 총 59조 821.8억원
  - 투입예산(정부출연금) 대비 산출하면, 천억원당 0.59건 수준에 해당

○ '19년 정부 R&D투입액 10억당 삼극특허 비용

- 『2019년도 연구개발활동조사보고서』에 따르면 '19년 우리나라의 정부 R&D 예산규모는 19조 955억 원
- 『2019년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 보고서』에 따르면, '19년 우리나라 정부 R&D를 통한 미국 등록특허 건수는 6,510 건으로 이 중 삼극특허 건수는 654건
- 이를 환산하여 계산하여 보면 정부 R&D 투입액 천억 원 당 삼극특허를 3.425개 획득

○ 산업기술 알키미스트 프로젝트의 삼극특허 목표인 30건과 예산규모에 따라 예산 1,000억원 당 삼극특허수 4.07개를 산출

○ 천억원당 삼극특허 등록건수를 비교하면 동 사업이 기초연구 및 전체 R&D, 삼극특허를 성과로 설정한 유사사업 대비 비례 비용효과적임을 확인할 수 있음

사업명	삼극특허(추정)	예산대비(천억원당)
기초연구 (성과)	355건	0.59건
전체 R&D(`19) (성과)	654건	3.42건
산업기술 알키미스트 프로젝트 (계획)	30건	4.07건
본사업	53건	4.50건

○ (목표) 동 사업의 삼극특허 성과목표는 1,000억원 당 4.5건으로 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 창출건 수는 10억 원 당 2.1건으로 산출

○ (목표) 동 사업의 세계적 수준의 저널 등재 성과목표는 10억원 당 2.1건으로 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) 본 연구 종료시점에 JCR 상위 5% 이상 논문 조사

○ (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(1조원 당 5.4개)

\* ARPA-E의 EXIT 성과는 총 20개

- (목표) 동 사업의 연구비 투입 대비 기업공개(EXIT) 성과는 1조원 당 6개로 설정

- (측정 방법) 연구를 통해 확보한 성과를 이전받아 사업화하는 조직의 국내외 증권시장 상장을 기준으로 측정

## □ 기술이전 금액

- 유사사업(미래융합기술 파이오니어)의 소요금액 당 기술이전금액은 10억원 당 84.3백만원으로 산출

- (목표) 동 사업의 연구비 투입 대비 기술이전금액 성과는 10억원 당 1억원으로 설정

- (측정 방법) 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사

< 연구비 10억원당 성과 비교>

(단위 : 건, 억원)

구분	사업명	삼극특허	세계적 수준의 저널등재	후속투자 유치금액	기업공개 (IPO)	기술이전 금액
과학기술정보통신부	미래융합기술 파이오니어	-	2.10	-	-	0.84
	과학난제도전 융합연구개발사업	-	1.70	-	-	-
	혁신도전 프로젝트	-	-	0.02	-	-
	글로벌프론티어	-	-	-	-	-
산업통상자원부	산업기술 알키미스트 프로젝트	0.041	-	-	-	-
글로벌프론티어 + 사업		0.05	2.10	5.00	0.06	1.00

\* 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

## 별첨

---

1. 회의록

2. 기술테마

## 1. 회의록

# 글로벌프런티어플러스사업 기획방향 논의

<'21.6.15(화), 과학기술정보통신부>

### □ 목적

- 글로벌 프런티어 플러스 사업의 효율적인 수립을 위한 연구기관의 과업 추진 방향 보고
- 제안서 내용 보고 및 연구사업 기획에 관한 논의

### □ 개요

- (일시 및 장소) '21.6.15(수) , 과학기술정보통신부
- (참석자) 과학기술정보통신부, 한국연구재단, 다원그룹 김규태 본부장

### □ 회의 주요 내용

- ① (제안서 보고) 기존 연구사업 분석 및 원천기술 연구에 실증 적용
  - 원천기술 연구사업의 과거 연구성과를 조사, 분석하고 이에 기반한 미래유망기술을 선정하여 단계별 실증을 통해 사업화 가능한 원천기술 도출 모델 제시
  - 원천기술에 적용할 실증은 트랙1의 기초원천기술 R&D, 트랙2의 기초원천기술 사업화로 나누어 실증과정을 통과한 기술에 집중투자

- ▶ G7, 21세기 글로벌 사업 등 기존 대형연구사업 조사 및 분석
- ▶ 연구사업 참여연구자들의 연구 이후 변화에 대한 추적 조사를 통한 미래예측
- ▶ 연구사업을 통해 확보한 원천기술의 변천을 조사하여 미래유망기술로 추정되는 기술에 연구역량 집중

## ② (제안서 피드백 및 전달) 사업의 의의에 대한 논리적 구조 필요

- 글로벌프런티어 사업은 미래유망기술, 대형연구, 원천기술이 핵심
- 예타의 체크리스트 및 중점 분야에 대한 준비 필요
- DARPA 등 해외사례 조사를 통한 보완점 확인 및 개선방안 제시

- ▶ 글로벌프런티어 사업의 핵심 : 미래유망기술, 대형연구, 원천기술
- ▶ 사업의 의의 : 미래유망기술에 대한 세계 전망, 국내 여건 분석, 문제점 확인, 개선방안 제시, 해당 기술 중장기 연구개발 로드맵 마련



## 글로벌프런티어 플러스 기획방향 논의

<'21.6.23(수), 과학기술정보통신부

### □ 목적

- 글로벌 프런티어 플러스 사업의 효율적인 수립을 위한 연구기관의 과업 추진 방향 보고
- 이전 기획 회의 중 제시된 내용에 대한 보완 방안 제시 및 의견 수렴을 통해 추진 방향성 정립

### □ 개요

- (일시 및 장소) '21.6.23(수), 과학기술정보통신부
- (참석자) 과학기술정보통신부, 한국연구재단, 다윈그룹 김규태 본부장

### □ 회의 주요 내용

- ① (**연구배경**) 상위 전략에 부합하는 사업의 당위성 제시 필요
  - 단순 목표 달성이 아닌 상위 기본계획/전략/부처의 활동과 연결되는 사업의 필요성 제시 필요
  - 상위 전략과 해당 사업의 논리적 연결구조 구체화 방안 보장 필요

- ▶ 평가 종류에 따라 중점 사항(스토리라인/체크리스트)을 반영한 연구배경 제시
- ▶ 상위 전략과의 부합 및 연계성 강화 필요
- ▶ WHY, HOW 및 스토리라인과 평가 체크리스트 충족을 위한 연구배경 작성

- ② (**연구대상**) 미래 유망 분야의 가상의 목표 설정 및 달성 방안
  - 단순 수요 기반 목표 달성을 위한 원천기술 선정이 아닌 사업의 목표인 복잡/불확실한 미래 유망분야 원천기술이 하이리스크 하이 리턴이라는 특성이 있고, 이에 대한 지속적인 기

## 획과 수정의 과정의 필요성에 대한 내용 제시 필요

- ▶ 미래 유망 분야 원천기술의 특성 : 복잡, 불확실, 유동적
- ▶ 미래 원천기술 달성 과정 : 기획 및 연구, 수정 과정의 지속적 반복

### ③ (연구내용) 연구 배경 보완 및 연구 대상 등 수정 작성

- 단순 요약이 아닌 상세한 내용 설명을 통한 연구 필요성 설득 필요
- 기존 선형/리버스리니어 모델의 한계 : 기존 확인된 수요를 기반으로 한 계획 수립
- 정체성 : 사업의 포지셔닝 제시 및 그 기준 설정, 타 사업 및 해외 사례와의 비교를 통한 미흡 부분 확인 및 보완 방안 제시
- 연구과제 : 후보군 선정 프로세스 수립, 빅3 이후 차세대 성장동력 발굴을 위한 후보군 선정 및 1년 기간의 시험 후 선정, 사업단 구성을 통한 후속 진행 등의 내용으로 프로세스 구성

- ▶ 연구과제 선정 및 진행 프로세스 : 후보군 선정, 일정 기간의 시험, 선정 대상을 위한 사업단 구성을 통한 후속 진행
- ▶ 연구책임자 : DARPA의 PM 등 연구자/관리자의 사례를 참고하여 연구책임자의 역할과 설정에 대한 논의를 통해 결정
- ▶ 성과분석 : 내용 중 나열식으로 작성하여 전문가 토의를 통한 확정 필요

### ④ (연구평가) 스토리라인, 체크리스트, 결과보고서 참조하여 준비 필요

- PPT에서는 스토리라인 강조한 전체 구성 필요
- 평가 체크리스트에 대응한 제안서 구성 및 추진 계획 수립
- 최종 예타 결과보고서를 참조한 전체 구조 및 논조, 중점 사항 체크

## 글로벌프런티어플러스사업 3차 기획회의 결과보고

<'21.6.30(수), 한국연구재단>

### □ 목적

- 글로벌프런티어플러스 사업의 효율적인 수립을 위한 연구기관의 과업 추진 방향 보고
- 예타 사업의 중점 부분 확인을 통한 사업 추진방향 검토 및 논의

### □ 개요

- (일시 및 장소) '21.6.30(수) 10:00~12:00, 양재동 한국연구재단 105호
- (참석자) 과기정통부, 한국과학기술기획평가원, 한국연구재단 및 다원그룹

소속 기관	성명	직위
과학기술정보통신부	이창선	연구개발정책과장
	심성은	사무관
한국연구재단	최태진	국책사업기획실장
	이재섭	연구위원
한국과학기술기획평가원	황지호	재정투자본부장
다원그룹	김규태	본부장
	김종찬	팀장
	이욱재	전임연구원

### □ 회의 주요 내용

- ① (예타평가) 부처의 우선순위 및 평가 체크리스트 충족이 제일 중요
  - 기술성 평가 : ①거시적 관점의 상대평가, 부처의 우선순위 중시, ②요건 심사 위주, 평가 체크리스트 충족 여부 중시

- 예비타당성 평가 : 평가 항목의 하위 항목별 가중치 다름, 문제해결의 도출 적절성 항목이 가중치가 가장 크고 제일 중요

- ▶ 기술성 평가 : 필요성, 시급성, 국고지원 적합성, 중복성 등 평가
- ▶ 본 예타 : 내용 심층 평가, 정성 평가, 과학 경제적 타당성 평가
- ▶ 하위 평가 항목 : 과학적 타당성 분석, 문제해결 도출 적절성 등

## ② (추진방향) 사업의 필요성을 구체적, 논리적 제시

- 구체적이고 객관적인 근거에 기반한 해결해야할 문제/이슈 도출
- 기존 사업 성과 등에 대한 면밀한 분석을 통해 해당 사업의 장점, 문제점, 애로사항을 도출하고, 개선방안을 제시하여 어떤 사업 목표에 어떻게 도달할 것인지 제시 필요
- 타 부처의 사업 및 해외 사례 비교, 분석 필요

- ▶ 구체적, 객관적 데이터에 기반한 해결이 필요한 문제, 이슈 도출
- ▶ 기존 사업 성과 분석, 국내 타 사업 및 해외 사례 비교 분석을 통한 구체적인 문제, 이슈 리스트 작성 필요

## ③ (후속진행) 사업의 필요성 작성을 위한 리스트 작성에 집중

- 논리적 필요성 제시 : 기존 성과/국내외 사례를 조사/분석하여 문제/이슈 확인, 해결방안 도출, 사업을 통해 도달하려는 목표 제시
- 문제/이슈 리스트 작성 : 연구재단 등에서 공유한 자료를 기반으로 구체적 문제/이슈/기술 등 리스트 작성

## 글로벌프런티어플러스사업 4차 기획회의 결과보고

<'21.07.08(목), 한국연구재단>

### □ 목적

- 글로벌프런티어 플러스 사업 기획 과업추진 경과보고
- 기획자료 작성사항 검토 및 후속과업 수행방안 논의

### □ 개요

- (일시 및 장소) '21.7.08(목), 한국연구재단
- (참석자) 과기정통부, 한국연구재단, 다원그룹

소속 기관	성 명	직 위
과학기술정보통신부	이 창 선	연구개발정책과장
	심 성 은	사무관
한국연구재단	이 재 섭	연구위원
다원그룹	김 규 태	본부장
	김 종 찬	팀장

### □ 회의 주요 내용

- ① (원천기술) 원천기술 개념에 대한 나열(비슷한 말의 연속) 보다는 여러 예시를 통해 원천기술의 개념을 명확하게 제시하는게 중요
  - 원천기술의 정의로 여러 가지 의견을 제시하고 있지만 가장 최근이며 공신력있게 볼 수 있는 것은 과학기술위원회 자료
  - \* 원천연구를 “제품이나 서비스를 개발하는데 필수불가결한 독창적 기술로서 지속적으로 부가가치를 창출하고 다양한 기술분야에 응용이 가능한 기술을 개발하는 연구활동”으로 정의
  - 원천기술의 사례로서 유전자 가위 기술 등을 제시하고 있으나, 정의를 설명하는 내용으로는 부적절하여 대체 필요
  - 원천기술의 다양한 유사 정의를 제시하고 있으나, 차별성을 제시하기는 어려워 보여 대체 필요
- ② (사업 포지셔닝) 글로벌프런티어 및 선행사업과 차별성이 아직 모호하여 그래프로 차별성을 주장하는 것이 적절할 것으로 보임

## 글로벌프런티어 플러스 기획방향 논의

<'21.7.21(수), 과학기술정보통신부>

### □ 목적

- 글로벌프런티어 플러스 사업 기획 과업추진 경과보고
- 기획자료 작성사항 검토 및 후속과업 수행방안 논의

### □ 개요

- (일시 및 장소) '21.7.21(수) , 과학기술정보통신부
- (참석자) 과기정통부, 한국연구재단, 다원그룹

소속 기관	성명	직위
과학기술정보통신부	이창선	연구개발정책과장
	심성은	사무관
한국연구재단	이재섭	연구위원
다원그룹	김규태	본부장
	김종찬	팀장

### □ 회의 주요 내용

- ① **(차별성 확보방안)** 유사 사업과 대비하여 지식이 축적되는 앵커이자, 다양한 파생적 기술개발의 원천이 되는 사업으로 기획방향 보완
  - 신규 기획 사업은 산업부의 알키미스트 프로젝트와 유사한 성격을 가지고 있어 차별성 확보방안 필요
  - 기존 대형 연구개발사업은 한시적인 사업운영 종료 후 그간에 확보한 지식이 축적되지 못하고 파편화되는 문제점이 있어, 지식을 축적하여 다양한 분야로 파생시키는 원천으로서 기획방향 보완
- ② **(후속과업)** Multi Source를 파생한다는 원천연구개발사업의 증거와, 지속가능한 지식 축적 앵커로서의 기획 구체화를 위한 자료조사
  - 21c 프런티어사업, 글로벌프런티어사업 등 기존 원천기술개발 사업에서 확보한 기술 seed가 후속 R&D로 고도화된 사례 조사
  - 지식 축적의 앵커 대표사례(NRC 등) 조사

## 글로벌프런티어 플러스 기획방향 논의

<'21.7.28(수), 과학기술정보통신부>

### □ 목적

- 글로벌프런티어 플러스 사업 기획 과업추진 경과보고
- 기획자료 작성사항 검토 및 후속과업 수행방안 논의

### □ 개요

- (일시 및 장소) '21.7.28(수) , 과학기술정보통신부
- (참석자) 과기정통부, 한국연구재단, 다윈그룹

소속 기관	성명	직위
과학기술정보통신부	이창선	연구개발정책과장
	심성은	사무관
한국연구재단	이재섭	연구위원
다윈그룹	김규태	본부장
	김종찬	팀장

### □ 회의 주요 내용

- ① (차별성 확보) 글로벌프런티어사업 - G-First - 산업기술알키미스트프로젝트와의 비교를 통한 차별성 도출 방안 논의
- (글로벌프런티어사업) 대규모 투자가 필요한 다수의 사업 기술분야에서 지원되고 있는 만큼 기존 주제와 차별화할 수 있는 예시기술 도출이 중요하며 한계점 극복 필요
- (G-First 사업) 예비타당성 조사 검토결과 대형사업의 비효율성, 문제이슈의 포괄성 등이 주요 쟁점으로 제시되어 동 쟁점을 해결하기 위한 방안 제시 필요
- (산업기술 알키미스트 프로젝트) 사업목적 및 목표가 글로벌프런티어 사업과 유사하게 설정되어 있어 중복성을 극복하기 위한 차별점 제시 필요

## 글로벌프런티어플러스사업 전문가간담회

<'21.8.18(수), 과학기술정보통신부>

### □ 회의 목적

- 글로벌프런티어사업의 후속사업 기획방향 및 Concept에 대한 산학연 전문가 의견 수렴

### □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 8. 18(수) 14:00~16:00, 과기정통부(세종)
- (참석자) : 14명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관, 김연학 사무관, 이창환 사무관)
  - 한국연구재단(최태진 실장, 이재섭 연구위원)
  - 전문가(전남대 서일원 교수, 차의과대학교 문지숙 교수, 한국화학연 신원석 박사, 과학기술정책연구원 조용래 박사)
  - 다원그룹(박재민 대표, 김규태 본부장, 김종찬 팀장)

### □ 회의 주요 내용

- (사업목표) 사업을 실행하는 명확한 이유 제시 필요
- (지식축적) 연구자가 비난받더라도 과제를 이어나갈 수 있는 환경 마련이 필요함. 집단연구의 장이 집단연구를 개인연구처럼 운영하는 것이 기존 사업의 문제점이었음
- (공백영역) 글로벌프런티어플러스 사업 지원영역으로 설정한 기초과학과 원천기술 사이 공백영역을 명확히 제시할 필요가 있음



## 글로벌프론티어플러스 기획 회의

<'21.8.30(월)>

### □ 회의 목적

- 글로벌프론티어사업의 후속사업 기획방향 및 Concept에 대한 산학연 전문가 의견 수렴

### □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 8. 30(월) 14:00~16:00, 과기정통부(세종)
- (참석자) : 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(이재섭 박사)
  - 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

소속 기관	성 명	직 위
과학기술정보통신부	이 창 선	과장
	심 성 은	사무관
한국연구재단	이 재 섭	박사
다원그룹	김 규 태	본부장
	김 종 찬	팀장

### □ 회의 주요 내용

#### ① (차세대 성장동력 확보)

- 선제적인 R&D-미래의 부상산업 대비를 해야한다는 논리와 연계되는 성장동력 분야에 대한 검토 필요

#### ② (문제점 도출)

- 기존 다원 분석자료 활용 검토를 통해 과거 미래원천기술 확보 사업의 문제점 도출 및 해결과정 서술 필요

# 글로벌프런티어 플러스 기획회의

<'21.9.14(화), 비대면>

## □ 회의 목적

- 글로벌프런티어사업의 후속사업 문제-이슈 논의

## □ 회의개요

- (일시 및 장소) '21. 9. 14(화), 비대면
- (참석자) : 과기정통부, 한국연구재단, 다윈그룹

## □ 회의 주요 내용

- ① (문제-이슈 키워드 분석결과 정리) 문제/이슈 키워드를 통해 도출한 문제 이슈에 대한 논의 및 보완

문제/이슈 키워드	문제/이슈 정의
차세대 성장 동력 확보를 지원할 수 있는 체계적인 대형 연구개발사업 부족	기술집약형 차세대 성장동력 확보를 위한 핵심 원천기술 부족
해외 주요국은 미래사회 대응을 위한 차세대 성장동력 분야 기술경쟁 치열	
다년간의 차세대 성장동력 육성 노력에도 불구하고 선도국과의 기술격차가 뚜렷	
차세대 성장동력분야 파급이 가능한 글로벌 수준의 핵심 원천기술이 부족하여 산업이 성장할수록 기술 해외의존 심화	
차세대 성장동력 분야의 핵심 원천기술을 확보하지 못할 경우 신산업 분야 및 국가경쟁력의 상실 우려	변화하는 글로벌 환경에 부응하는 전략기술 확보 전략의 변화 필요
국가간 무역분쟁이 심화되고 있어 산업밸류체인 단절에 대비한 핵심기술 확보 필요	
Fast Follower로서 단기간 고성장을 실현했으나 R&D전략의 한계 노출	
대형·집단연구 형태의 융복합 기술개발 및 협력 지원체계 부족	
장기적인 관점에서 원천기술을 축적하고 활용하기 위한 연구개발 지원체계 부족	선행사업 종료에 따라 차세대 성장동력 분야 원천기술에 부합하는 사업 재기획 시급
예측하기 어려운 미래 환경변화에 따라 능동적으로 대응하기 위한 관리방안 필요	
선행사업은 핵심 원천기술 확보를 통해 게임체인저 기술을 확보를 통해 국내 주요 산업의 성장을 주도	
핵심 원천기술의 확산을 통해 연구개발의 활성화 및 경제적·사회적 파급효과를 가졌으나, 사업종료로 성과단절 우려	
차세대 성장동력 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 글로벌프런티어사업 재기획 필요	

## 글로벌프런티어 플러스 기획회의

<'21.10.07(목), 비대면>

### □ 회의 목적

- 글로벌프런티어플러스사업 기획보고서 검토 및 보완방향 논의

### □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 10. 07(목), 16:00~18:00 비대면
- (참석자) : 4명
  - 과기정통부(연구개발정책과 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(이재섭 박사)
  - 다윈그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

### □ 회의 주요 내용

#### ① (임팩트 있는 형태 재구성)

- 사업의 정체성을 드러내고 임팩트를 주기 위한 타이틀 필요
  - \* 산업기술알키미스트프로젝트의 경우 '우리가 First Mover 인 적이 있었나'라고 호두를 제시
  - 성장정체 장기화, 불확실한 미래 등 제너럴한 현황 대신 보다 구체적인 자료를 사용할 필요가 있음

#### ② (논리구조의 보완)

- 성과계승의 필요성 -> 핵심기술의 중요성 -> 기술경쟁의 격화 -> 요구되는 사업의 성격 -> 글로벌프런티어플러스의 순서로 구조 변경 필요

#### ③ (기타 자료 보완)

- 글로벌프런티어사업이 원천기술개발사업이나 산업부 사업 등 다른 분야로 연계되는 자료는 잘 구성된 것으로 보이며, 보고서 앞쪽에 제시되어 선행사업의 성과로서 강조될 필요가 있음

- 글로벌프론티어사업의 성과로서 기술격차가 감소된 것을 주장할 수 있는 자료가 존재하는지 탐색하여 반영할 필요
- 연구동향에서 차용할 국내외 사례의 보완 필요
  - 미국 DARPA, 영국 ARIA, 일본 Moonshot등 다양한 사례가 존재하여 개념 및 방향성의 차용 필요
  - \* Moonshot - 대부분 2050년 기반 사업 과제들로 구성되어 있어 글로벌프론티어플러스를 통해 20~30년 뒤를 위한 연구개발이 필요함을 제시
  - 독일 리서치캠퍼스의 기업 협력형태의 사업 추진을 참고하여 글로벌프론티어플러스에 반영하기를 희망함
  - 국내 사업의 경우 산업기술알키미스트프로젝트, ABS 등 대형·집단·원천적 성격이 있는 연구들을 그래프로 매핑할 필요

## 글로벌프런티어 플러스 기획회의

<'21.10.13(수), 과학기술정보통신부>

### □ 회의 목적

- 글로벌프런티어플러스사업 기획보고서 검토 및 보완방향 논의

### □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 10. 13(수), 과학기술정보통신부
- (참석자) : 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(이재섭 박사)
  - 다윈그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

### □ 회의 주요 내용

- 현재 보고서에서 기존 R&D의 한계점을 제시하였는데, 거기에 맞는 글로벌프런티어플러스 추진전략을 제시해야 할 것임
- 핵심원천연구는 과정에 해당되며, 핵심원천기술을 정의하고, 기술 측면에서 중요성과 우리의 현황 등이 반영되어야 함
  - 식상한 화두더라도 핵심원천기술의 정의·분석이 포함되길 바람
  - 원천기술을 정의하기는 어려우나 삼극특허·표준특허 등의 데이터로서 표현은 가능할 거승로 생각되며, 3회 이상 성장동력으로 선정·지원된 분야에 대한 삼극특허·표준특허 분석을 검토
- 기술성과와 기술선진국 상관관계를 분석한 논문이 검토되길 희망
- 사업의 필요성 측면에서 논리구조 변경을 희망
  - 글로벌프런티어사업이 타겟하는 근원적 문제가 무엇이며, 그것이 더욱 심화되고 있으나, 현 사업으로 대응하기에 한계점이 있어 사업재편을 통해 그 문제를 해결한다는 내용으로 보완요청
  - \* 이전보다 기술집약적인 시대를 맞이하여 성장동력을 끊임없이 확보하기 위한 방안이 중요하나, 사실 우리가 그동안 최초로 확보한 성과는 없었음
  - \* 다수의 기술을 확보할 수 있는 응집된 연구가 필요하나 아직까지 국내에서 부족하였고 파편화된 연구가 추진되는 구조적 문제가 있어 해결이 필요함

## 1차 사업기획위원회의 결과보고

<'21.11.03(수), 수서>

### □ 사업기획위원회 개요

- 사업기획위원회는 산학연 전문가로 10인 내외로 구성
  - (사업기획위원회 역할) 사업기획 주요 내용\* 자문 및 집필
- \* 사업의 문제/이슈, 사업추진체계, 사업추진전략, 유사사업과의 차별성 등 과학기술적 타당성 중점 자문 및 집필

#### < 사업 기획위원회 구성 기준(안) >

- ❶ 과기정통부 연구개발정책과장
  - ❷ 예타 검토위원, KISTEP 前 예타 센터장, 글로벌프런티어사업 실무 부서장, G-First사업 기획위원, 알키미스트사업 기획위원 등으로 구성  
→ 위원장은 연령, 학력, 경력 등 가장 영향력 있는 위원으로 선임
  - ❸ 사업 기획위원회는 3회로 운영, 1회는 사업기획 추진 보고 및 과기타당성 집필 양식 배포, 2회는 서면으로 위원분들이 과기타당성 집필(2주 소요), 3회는 집필내용 검토
- \* 필요 시 추가 운영 가능

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어사업의 후속사업 기획방향에 대한 산학연 전문가 검토 및 의견 수렴
- 일시·장소 : '21.11.03(수) 10:00~12:00, 코너 206(수서역 4번 출구 근방)
- 참석자 : 14명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(이재섭 연구위원)
  - 사업기획위원(산학연 전문가 8인)
  - 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장, 전종린 연구원)
- 회의 일정

시 간	주요 내용	비 고
10:00~10:05 (`05)	인사말씀	과기정통부 이창선 과장
10:05~10:25 (`20)	사업 기획방향 및 컨셉 설명	한국연구재단/다윈그룹
10:25~11:55 (`90)	토의 및 의견수렴	참석자 전원
11:55~12:00 (`05)	마무리 말씀	과기정통부 이창선 과장

## □ 회의 주요 논의 결과

### ① 글로벌프론티어플러스 사업의 도메인 명확화 필요

- 글로벌프론티어플러스사업은 선행사업인 G7(선도기술개발사업), 21세기프론티어사업, 글로벌프론티어사업의 기술비지정 원천기술개발 사업 성격은 유사함
- 그러나, 특정 분야의 원천기술개발사업이 다수 추진됨에 따라 어떠한 원천기술을 개발할 것인지에 대한 사업 도메인을 명확화할 필요가 있음
  - ※ 동 사업을 통해 개발하려는 원천기술이 어떤 개념/범위인지에 대한 정립 선행 필요
  - ※ R&D의 Death-Valley인 중간기술을 지원하는 방안이 제시
  - ※ 사업 범위 정립을 위해 선행사업 사업단장 인터뷰를 통한 사업 철학과 영역·범위 확인 예정
- 신산업 원천기술을 개발할 경우 개발된 원천기술이 산업으로 파급되는 과정에서 규제 대응 필요성이 있어 선제적 검토 필요

### ② 차별화된 사업 추진체계 필요

- 대형·집단·장기 형태의 사업추진 컨셉은 이전사업과 유사하겠으나, 기술변화가 매우 빠른 현 시점에서의 상황에 대응하는 차별화된 추진체계가 필요
- 글로벌프론티어사업의 독립법인체제의 사업구조상에서의 문제점과 이를 극복하기 위한 대안으로서의 추진체계 개선방안 마련 필요
- 목표지향적 연구관리기법으로 PM제도를 제시하였으나 국내의 타 PM제도와 차별성과 해외 PM제도의 특징을 반영하여 보완 필요
  - ※ PM은 사업의 관리보다 해당분야 전문지식을 갖춘 사람으로서 구성하는 것이 바람직하며, 일본 사례의 경우 대기업 CTO를 활용하여 PM제도를 운영
  - ※ 미래를 그릴 수 있는 사회과학자를 포함하여 PM제도를 운영하는 방안이 제시

### ③ 가설에 기반한 문제/이슈 제시 및 각 문제/이슈에 정합한 추진전략 필요

- 원천기술개발 필요성으로서 다양한 문제/이슈를 제시하였으나, 각 문제/이슈에 따른 해결방안(지원영역, 지원체계)은 상이할 것임
- 포괄적인 국내 R&D에 대한 문제/이슈가 글로벌프론티어플러스사업의 문제/이슈로 제시되어 있어 가설에 기반한 구체적인 문제/이슈 도출 필요
  - ※ (예시) 지금까지의 대형 집단연구는 개인연구보다 성과가 우수하였는가? 그 원인은 무엇인가?, 타 집단연구로 유사한 성과를 낼 수 있는가? 글로벌 환경 변화에 따라 성과를 더 잘 내기 위한 고려사항은 없는가?



# 글로벌프런티어플러스 연구단장 자문회의

<'21.11.17(수), 비대면>

## □ 회의 목적

- 글로벌프런티어사업의 후속사업 기획방향 및 Concept에 설정을 위한 선행사업 연구단장의 검토

## □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 11. 17(수) 비대면
- (참석자) : 7명(의약바이오컨버전스연구단 김성훈, 실감교류인체감응솔루션연구단 유범재, 다차원스마트IT융합연구단 경종민, 지능형바이오시스템설계및합성연구단 김선창, 하이브리드인터페이스기반미래소재연구단 김광호, 바이오나노헬스가드연구단 신용범, 파동에너지극한제어연구단 이학주)

## □ 회의 주요 내용

[표III-42] 선행사업 연구단장 검토의견

구분	검토의견	
Q1. 글로벌프런티어사업의 후속사업을 지원해야 하는 환경 및 추진 필요성	최근 환경변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현 시대는 기술발전속도의 증가로 기술 lifetime이 1~2년에 불과</li> <li>• 국가간 경제적 패권을 잡기 위한 첨단기술개발 경쟁 심화</li> <li>• 지구환경 개선을 위한 범지구적 탄소저감 정책의 강화</li> <li>• 글로벌 이슈의 지속 발생 및 대응 필요</li> <li>• 기술패권, 산업 및 무역의 자국 보호 성향 강화</li> <li>• 바이든 행정부는 사회문제 해결을 위한 응용연구 지원 확대</li> </ul>
	후속사업 추진 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Follow-up 기술개발에서 세계 최초/최고 혁신기술개발로 전환하여 신산업 창출 필요</li> <li>• 글로벌 이슈를 예측 및 선제적으로 대응하기 위한 연구가 필요하나, 이는 개인연구로 해결하기 어렵고, 기존사업은 신속성/추진력 부족</li> </ul>
Q2. R&D전략 상 대형집단연구 형태로 지원이 필요한 이유	융합연구를 통한 교류·응용 확장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT분야의 사례로, 신산업 창출을 위해 콘텐츠, 플랫폼, 네트워크, 디바이스 개발이 함께 진행되며 통합·융합되어야 하며 이를 위해 연구 목표와 방향을 공유하는 대형 집단연구 필수</li> <li>• 연구자 개인은 한 분야에 집중적이라 시야에 한계가 있으며, 집단연구는 상호교류를 통한 다양한 연구 및 응용분야 확장 가능</li> <li>• 연구가 논문 위주에서 연구사업화로 가기 위해 집단연구 필요</li> </ul>
	대형연구로서의 역량화보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 난제나 대형장비·시설 요구 연구, 국내에서 시작된 글로벌 규모 발전가능 연구 등은 전략적인 집중 지원 필요</li> <li>• 기초연구·소규모 연구만으로는 산업·경제분야 경쟁력 확보 어려움</li> </ul>

구분	검토의견	
Q3. 그동안 글로벌프런티어 사업 추진의 현황 및 개선점	기존사업 한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기 목표인 원천기술 확보에서 빠른 실용화 및 기술이전-창업으로 사업목표가 변화하며 일관성 유지가 어려움</li> <li>• 원천기술개발 집중을 위해 일년 단위 평가는 지양해야 함</li> <li>• 기술사업화 지원은 외부 컨설팅 기관을 활용하여 한시적으로 이루어 지기에 사업단의 기술을 잘 이해하지 못함</li> <li>• 사업단 마지막 단계에서 연구자는 과제 일몰에 따른 연구비 상실을 우려하여 연구성과의 활용보다 신규과제 기획에 치중</li> <li>• 명시적 규정은 없으나 암묵적으로 사업단마다 수십 개의 개별과제를 지원하며 정량적 성과에 치중하며 깊이 있는 연구 없이 다수의 연구 산재, 효율성 감소</li> <li>• 기초-응용-성과도출로 이어지는 밸류체인 필요</li> </ul>
	개선방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 새로운 방법론(접근방식)을 찾기 위한 시간 제공</li> <li>• 3~5년 주기의 혁신성·도전성·우수성을 평가하는 정성평가</li> <li>• 실용화-상용화로 이어지는 후속 연구개발 프로그램 제공</li> <li>• 사업단 마지막 단계에서 기술사업화를 진행하도록 예산 배정</li> <li>• 수월성 있는 사업단 성과는 사업을 지속하도록 제도 마련</li> <li>• 사업단의 영리활동 허가 또는 지속 연구비 지원을 통한 성과 사업화 허용</li> <li>• 논문보다 사업화 실적 기여도 중심의 평가 필요</li> <li>• 지속성, 전문성, 적합성 중심의 평가 필요</li> <li>• 사업 초기부터 사업화를 고려하여 IP전략수립 등 필요</li> </ul>
Q4. 글로벌프런티어 사업과 타 사업과의 차별성	타 사업과의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타 사업들은 참여 PI수가 제한적이라 거대과학, 글로벌 이슈, 국제규모연구, 기초-응용 광범위 연구 등을 위한 컨소시엄 구축 어려움</li> <li>• 글로벌프런티어사업은 기초연구에 기반하여 최종 연구사업화까지 추진하는 연구단의 자립이 근본 취지</li> <li>• (알키미스트) 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천기술 개발</li> <li>• (혁신도전프로젝트) 실패 가능성이 존재하나 성공하면 사회·경제적 파급효과가 매우 큰 초고난도의 연구개발을 국가 차원에서 문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출</li> </ul>
	선행사업 과의 차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행사업은 선진국을 추격하거나 대등한 수준의 기술확보 목적이나 글로벌프런티어사업은 세계최고 수준의 기술 선점 목적</li> </ul>
	신규사업 의 차별성 확보방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다기술간 혹은 다학제간 융합연구를 위한 집단(그룹)연구를 통한 혁신형 원천기술 개발 집중</li> <li>• 재단법인 형태로 연구추진 유연성 확보</li> <li>• 기초연구(TRL1~5)대신 산업혁신을 위한 기술개발(TRL6~9) 연구</li> </ul>
Q5. 기타 후속사업 기획에 도움이 되는 조언	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌프런티어사업 연구단별 대표성과의 3~5년 후속지원을 통해 활용 지원 희망</li> <li>• 원천기술 -&gt; 실용화 -&gt; 상용화 개발 및 창업으로 이어지는 과정에서 기업 적용가능성 검증을 위한 타당성 검사 시스템 필요</li> <li>• 고문제도를 통한 통섭적 연구자문 및 산학연 네트워크 확보 가능</li> <li>• 논문 중심에서 사업화 중심의 평가가 반영된 사업기획 필요</li> <li>• 연구단 기술사업화를 위한 기획형 창업제도 운영(연구단+시장전문가(창업자)+엑셀러레이터+VC)</li> <li>• 연구단 기술을 타 기술·기관과 연계하여 응용개발로 이어지도록 성과를 확산하는 전담조직 구성</li> </ul>

출처: 글로벌프런티어사업단 각 연구단장 자문의견 기반 연구진 요약

## 글로벌프런티어 플러스 기획회의

<'21.12.09(목), 서울역>

### □ 회의 목적

- 글로벌프런티어플러스사업의 사업논리 보완 및 기획보고서 보완

### □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 12. 09(목), 서울역
- (참석자) : 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(이재섭 연구위원)
  - 다윈그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

### □ 회의 주요 내용

- (기술수요조사) 한국연구재단이 수행한 기존 수요조사를 필터링하고, 기술기획위원회를 활용한 수요조사 수행
- (Target 설정) Target 기술은 기존에 미지원된 신규 부상기술로 신규 성장동력 후보분야\* 및 과기부 미래 이슈(키워드)\*\*기반 도출  
(가칭 국가전략기술분야)
  - \* 유망 성장동력 후보 분야 20개 중 기존 성장동력에서의 미선정 분야
  - \*\* 국내외 주요 기관 발표 유망기술 후보군 기반 과기부 도출 키워드
- Target 기술의 표준특허/삼극특허 분석 및 타 사업에서의 미지원 여부 조사를 통한 공백영역 도출
- (사업 상세설계) Target분야 설정 이후 상세내역 작성
- (타당성 분석) 유사사업 기반 타당성 분석
- (과업일정) `22.02.20까지 기획보고서 완성

[과업 일정 및 담당조직]

주요 과업	세부과업	일정	담당조직
수요조사 및 Target 설정	연구재단 수요조사 결과 공유	'21.12.15	한국연구재단
	표준특허/삼극특허 조사	'21.12.15	다원그룹
	기술기획위원회 조사서 작성	'21.12.17	다원그룹
	기술기획위원회 운영	'21.12.20	다원그룹/ 한국연구재단
	공백영역 도출	'21.12.31	다원그룹
사업 상세설계	-	'22.01.28	다원그룹
타당성 분석	-	'22.02.11	다원그룹
보고서 초안	-	'22.02.11	다원그룹
보고서 완본	-	'22.02.22	다원그룹

○ 목차별 작업방향

목차		작성 여부	작업방향	작업배분
제1장 연구개요	1. 사업추진 배경 및 필요성	○	사업논리 보완	다원그룹, 기획위원
	2. 사업 추진 근거 및 사전절차	○	-	-
	가. 사업추진근거	○	-	-
	나. 후속사업기획 추진경과	○	-	-
제2장 대내외 여건 분석	1. 글로벌 환경 변화	○	사업관련 간소화	다원그룹
	가. STEEP 분석	○		
	나. 주요 사회상 변화 분석	○		
	2.. 유망분야 전망 및 육성정책	○	-	-
	가. 미래유망 과학기술 전망	○	-	-
	나. 유망분야 육성정책	○	-	-
	3. 주요국 원천기술 정책	○	자료 최신화, 사업관련(집단, PM, 자립 등) 보완	다원그룹, 기획위원
	가. 해외주요국 원천기술 정책동향	○		
	나. 국내 원천기술 정책동향	○		
	4. 유사사업·조직 사례조사	○	사업관련(집단, PM, 자립 등) 보완	다원그룹, 기획위원
	가. 해외 유사사업 사례조사	○		
	나. 국내 유사사업 사례조사	○		
	5.. R&D 역량분석	○	R&D 패러독스, 성장동력분야 경쟁력 보완	다원그룹
	가. 국내 R&D 투자현황	○		
	나. 국내 R&D 인프라 현황	○		
	다. 국내 기술경쟁력 현황	○		
제3장 선행사업 성과 및 문제점	1. 선행사업의 추진현황 및 성과	○	-	-
	가. 선행사업 추진현황	○	선행사업과 글프+비교	기획위원
	나. 선행사업의 성과	○	-	다원그룹
	2. 선행사업의 한계	○	-	다원그룹

목차		작성 여부	작업방향	작업배분
제4장 글로벌프 론티어+사 업 기본방향	1. 사업 추진방향	O	-	-
	가. 사업 추진방향의 발굴	O	문제-이슈 정리 및 이에 기반한 보완	다원그룹
	나. 사업방향	O		
	다. 비전	O		
	라. 사업추진 전략	O		
	마. 성과목표 및 성과지표		목표 및 지표 필요	다원그룹, 기획위원
	2. 글로벌프론티어+사업 후보군		수요조사	다원그룹, 연구재단
	가. 조사개요			
	나. 성장동력 분야 실태와 애로사항			
	다. 글로벌프론티어+사업 정책 수요			
제5장 글로벌프 론티어+사 업 상세설계	1. 글로벌프론티어+사업 투자분야		-	-
	2. 사업 세부내용		지원방식 상세화	다원그룹, 기획위원
	가. 지원대상			
	나. 기술범위			
	다. 지원규모			
	3. 평가방법		사업전략에 따른 평가방법 상세화	다원그룹, 기획위원
	가. 선정평가			
	나. R&D 과제평가			
	다. 중간점검 및 사후관리방안			
	라. 최종평가			
	4. 사업추진체계		사업전략에 따른 추진체계 상세화	다원그룹, 기획위원
	가. 추진체계 구성			
	나. 운영관리방안			
	5. 소요예산 및 기대효과		유사사업 예산분석	다원그룹, 기획위원
	가. 소요예산 및 재원확보방안			
	나. 기대효과			
제6장 사전 타당성 분석	1. 과학기술적 타당성 분석		사업논리 기반 작성	다원그룹, 기획위원
	가. 해결해야 할 문제 및 시나리오 도출의 적절성			
	나. 해결해야 할 문제의 원인을 중심 으로 한 해결책 도출의 적절성			
	다. 사업목표의 적절성			
	라. 세부활동 및 추진전략의 적절성			
	2. 정책적 타당성 분석		정책동향 기반 작성	다원그룹, 기획위원
	가. 정책부합도			
	나. 타 사업과의 차별성			
	다. 사업추진상의 위험요인			
	3. 경제적 타당성 분석		IP기반 경제성분석 등	다원그룹, 기획위원
	가. 분석 개요			
	나. 동 사업의 특성			
	다. 경제성분석의 주요 전제			
	라. 비용-편익 분석결과			

## 글로벌프런티어 플러스 기획회의

<'21.12.28(화)~29(수), 과학기술정보통신부>

### □ 회의 목적

- 글로벌프런티어플러스사업의 사업논리 보완 및 기획보고서 보완

### □ 회의 개요

- (일시 및 장소) '21. 12. 28~29(화~수), 과학기술정보통신부
- (참석자) : 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(이재섭 연구위원)
  - 다윈그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

### □ 회의 주요 내용

- (CCU 기획보고서 참조하여 글로벌프런티어플러스 보고서 보완)
  - 변혁적 기술이 필요하다는 내용과 변혁적 기술 확보를 위해 어떠한 변화가 필요한지가 혼재되어 있어 수정 필요
    - \* 세계 : 기술패권, 차세대성장동력, 미래도전 등 현안은 기술적으로 해결해야 하며, 기술주권 확보가 필요
    - \* 국내 : 현재까지 기술확보를 통해 성장동력을 확보하였으나, 추가적인 기술혁신 없이는 성장동력 유지가 어려움
    - \* 글로벌프런티어+ : 변혁적 기술(Transformative Technology) 개발을 통해 세계 1등 수준의 기술확보가 필요하며, 이를 위한 시스템 개선이 요구
  - 변혁적 기술 확보를 위한 해외의 R&D 프로그램 양상을 고려한 변혁적 기술확보 체계를 정리 및 반영 필요

## 글로벌프런티어플러스사업 기획회의 결과보고

<'21.01.19(수), 과학기술정보통신부>

### □ 개요

- 일시·장소 : '22.1.19(수) 10:00~12:00, 과기정통부 3층 13회의실
- 참석자(5명)
  - 과기정통부 연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관
  - 한국연구재단 국책사업기획실 한동성 실장, 황수정 박사
  - 다윈그룹(주) 김규태 본부장
- 회의 논의 안건
  - 향후 절차 논의

#### ① 2차 사업기획위원회(1.24~28 중 1일) 및 1차 기술기획위원회(1.28 중 1일) 개최

- 재단에서 사업기획위원회는 위원 추가 추천 및 기술기획위원회는 섭외 前, 이에 기술기획 위원 변경/추가 등 검토 후 확정된 위원으로 섭외 추진
- 비대면 회의로 진행하고, 회의 종료 후 1주일 내 서면 검토의견 취합

#### ② 사업 및 기술수요조사 추진(1.26~2.7)

- 대상 : 국내 산학연 전문가, 재단 DB 중 국책사업/기초원천연구 경험 연구자, 과총 및 한국산업기술진흥협회에는 재단 공문 발송(재단이 직접 또는 다윈에게 발송) 후 2개 기관 요청

#### ③ 3차 사업기획위원회(2.7~11 중 1일), 2차 기술기획위원회(2.7~11 중 1일) 개최

#### ④ 1차 총괄위원회(2.8 또는 2.9) 및 2차 총괄위원회(2.17 또는 2.18) 개최

- 현재 총괄위원회 위원 후보 중 백란/최선/김준범 교수 제외, 김성훈 교수(의약콘 단장), 파동에너지연구단장 확정
- 기획사업에 이해가 높고 저명한 산학연 전문가로 수정, 재단에서 수정 추천
- 이조원 나노융합기술원 이조원 원장(21c프런티어사업 테라나노급사업단장, 한양대 석좌교수) 등 저명인사로 구성

#### ⑤ 1차 총괄위원회(2.8 또는 2.9) 및 2차 총괄위원회(2.17 또는 2.18) 개최

#### ⑥ 공청회(2.21~25 중 1일, 온라인 방식, 패널은 위원회 위원 중심, 필요 시 외부전문가 추가)

- 재단 내부 기획사업 검토그룹 운영, 검토그룹의 검토의견을 기획위원회에서 검토, 기획위원회 자문의견을 검토그룹에서 검토
- 보고서 관련 객관적인 데이터 추가 반영, 변혁적 기술을 확보하기 위해 다양한 분야의 기술적 융합이 필요한 부분을 반영

## 2차 사업기획위원회의 결과보고

<'21.01.28(금), 비대면>

### □ 사업기획위원회 개요

- 사업기획위원회는 산학연 전문가로 10인 내외로 구성
  - (사업기획위원회 역할) 사업기획 주요 내용\* 자문 및 집필
- \* 사업의 변혁적 연구의 필요성, 사업추진체계, 사업추진전략, 유사사업과의 차별성 등 과학기술적 타당성 중점 자문 및 집필

#### < 사업 기획위원회 구성 기준(안) >

- ❶ 과기정통부 연구개발정책과장
- ❷ 예타 검토위원, KISTEP 前 예타 센터장, 글로벌프런티어사업 핵심연구자, G-First사업 기획위원, 알키미스트사업 기획위원 등으로 구성

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어사업의 후속사업 기획방향에 대한 산학연 전문가 검토 및 의견 수렴
- 일시·장소 : '22.01.28(금) 10:00~12:00, 온라인 회의(온나라 화상회의)\*
  - \* 접속링크 등은 별도메일로 송부
- 참석자 : 약 11명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(한동성 실장, 황수정 박사)
  - 전문가(사업기획위원 5인)\*
- \* 2차 사업기획위원회의(온라인) 미참여 위원의 경우 서면질의 예정
- 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장 등)

#### ○ 회의 운영계획

시 간	주요 내용	비 고
10:00~10:05 (´05)	인사말씀	과기정통부 이창선 과장
10:05~10:25 (´20)	사업 기획방향 및 컨셉 설명	한국연구재단/다원그룹
10:25~11:55 (´90)	토의 및 의견수렴	참석자 전원
11:55~12:00 (´05)	마무리 말씀	과기정통부 이창선 과장



## □ 회의 주요 논의 결과

### ① 용어의 개념 정의 및 관계 명확화 필요

- 변혁적 기술, 원천기술, HRHR, 기술플랫폼 등 다양한 용어들이 혼용되고 있어, 각 용어의 개념 정의 및 관계 명확화·도식화 필요
- 변혁적 연구의 개념 정의 중요 특성 등이 서두에 서술되고, 뒤에는 스토리텔링을 통해 일관성 있는 보고서 구성 필요

### ② 글로벌프론티어+ 사업 추진전략 보완 필요

- 글로벌프론티어+ 사업의 추진전략으로 통합법인형 성과관리를 제시하였으나, IP의 소유권을 통합법인에 몰아넣는 것은 실현되기 어려움
- 통합법인 형태로의 글로벌프론티어+ 사업 추진 및 IP 관련 문제들은 아직 확정되지 않은 상태로 추후 과기부 및 연구재단 논의를 통해 보완 예정
  - ※ 일본의 Moonshot, ARPA-E/C 등의 해외 사업은 연구자가 연구에 집중할 수 있도록 기존과 다른 성과관리체계를 운용하고 있음
  - ※ 국내 대형연구사업의 경우 관리법인의 규모가 작고 다수의 개별적 지원에 따른 비효율성이 발생하고 있어 이를 해결하기 위한 방안으로서 통합법인형 성과관리가 제시되으나, 아직 미확정·구체화되지 않은 상태

### ③ 변혁적 기술개발사업으로서 제시할 성과 및 경제성 분석방안 필요

- 해외 사업의 경우 개략적인 사항만 나타나 있어 변혁적 혹은 고위험 사업을 통한 구체적인 성과(ex. 노벨상)가 표현될 필요가 있음
- 기술 -> 시장 -> 산업 성숙 과정에서, 현재 기획서는 개발한 기술이 언젠가는 사회에 공급될 것이라는 Tech-Push 관점에서 서술되어 있어, 향후 개발된 기술이 사회로 공급되는 효과, 목적에 대한 내용이 보완될 필요가 있음
- 예타사업으로서 기술성은 수요조사결과로 대응할 수 있겠으나, 경제성은 판단하기 어려울 것으로 보임
- 기술 비지정 사업인 점을 고려하여 사회경제적 평가지표를 적용하는 것을 고려하고 있으며(일반적인 사회경제적 효과 + 대체불가능성 등), 추후 경제성 분석 방법 설정 계획

#### ④ 변혁적 R&D사업으로서의 관리방안 보완 필요

- 변혁적 기술은 대부분 불확실성을 전제로 하고 있으며, 리스크를 어떻게 관리할 것인지에 대한 평가요소가 부족
- Moonshot등 해외 고위험 연구가 기존과 다른 연구관리방법을 사용하는 것처럼 글로벌프론티어+ 또한 구체적인 고위험 연구관리 방법을 제시해야 하며, 해외 자료를 참조하여 연구재단+기획사가 연구관리 방법 제시 필요
  - ※ OECD는 다양한 형태의 변혁적 연구 관리를 위한 방안을 제시하고 있으며, Moonshot 등 해외 개별사업의 경우 평가 가이드라인이 공개되어 있어, 글로벌프론티어+ 에 최적화된 형태로 정리 필요
- K-DARPA를 글로벌프론티어+ 사업으로 가져와서 연구단에서 통합 관리하는 방안 또한 제시 필요
- 재단에서는 HRHR 연구는 대부분 소규모로 진행하는 것으로 의견을 제시하였는데, 이에 대한 반박 사례/데이터 등 대형 HRHR 사업 추진 당위성 검토 필요

#### ⑤ 필요시 법·제도적 개선 필요사항 제시

- 연구관리의 자율성 측면에서 법·제도적 문제는 없는 것으로 알고 있으나, 글로벌프론티어+의 고위험 연구 추진을 위해 기존 법·제도적 개선이 필요한 경우 이에 대한 대응방안을 제시해야 함
  - ※ 예타는 법·제도적인 한계에 대응하기 위한 방안을 제시하도록 하고 있음
  - ※ 연구개발혁신법의 단계평가 지침 등 새로운 관리시스템 도입시 충돌할 만한 부분의 점검 필요

## 1차 기술기획위원회의 결과보고

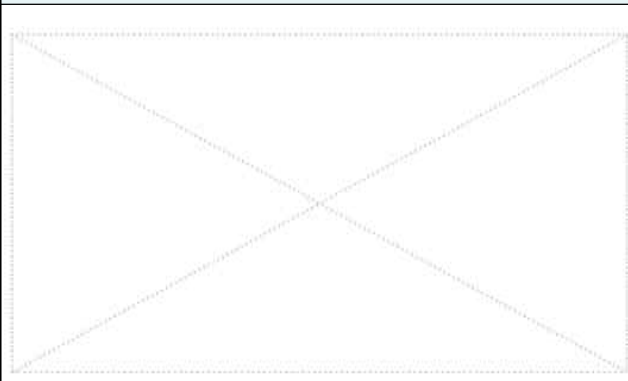
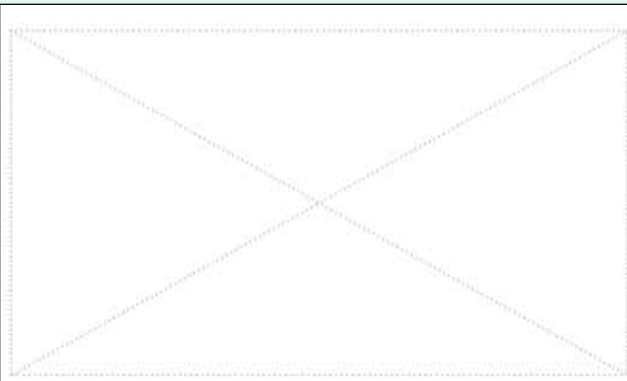
<'21.02.04(금), 비대면>

### □ 기술기획위원회 개요

- 기술기획위원회는 산학연 전문가로 10인 내외로 구성
  - (기술기획위원회 역할) 글로벌프런티어+기획의 기술 후보테마 자문

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어사업의 후속사업 기술 후보테마에 대한 산학연 전문가 검토 및 의견 수렴
  - (미래도전형) 기존 기술을 뛰어넘는 혁신적 기술 및 미래 핵심기술
  - (사회혁신형) 사회 변혁의 주요 허들을 극복하는 목적지향적 기술
  - (필수전략형) 기술주권 확보를 위한 핵심기술
- 일시·장소 : '22.02.04(금) 14:00~16:00, 온라인 회의(온나라 화상회의)
- 참석자 : 16명
  - 과기정통부(연구개발정책과 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(한동성 실장, 황수정 박사)
  - 전문가(기술기획위원 11인)
  - 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장 등)

회의 사진	
	

## □ 회의 주요 논의 결과

### ① 변혁적 연구의 개념 명확화 및 이를 위한 R&D방안 개선 필요

- Transformative Research에 대한 명확한 정의 필요
- 글로벌 선도를 위한 세계 최초의 기술을 확보하고자 한다면 본연구 기간을 최대한 확보하는 R&D 프로그램으로서 기획 필요(ex. 1 + 4 + 5년)

### ② 글로벌프론티어+ 사업 기술테마 제언

- 글로벌프론티어+는 원천기술 중 3가지 유형(미래도전형/사회혁신형/필수전략형)의 원천기술을 확보하는 사업으로, 기술테마 3개 분류에 대해 고민할 수 있는 자료의 공유 필요
- 글로벌프론티어사업과 글로벌프론티어+사업의 차별점을 제시하고, 유사 사업들의 IP성과를 포지셔닝하여 기술테마 3개 유형(미래도전형/사회혁신형/필수전략형)에 따라 분석하는 방안이 논의됨
- 미래 팬데믹에 대비하기 위해 병원체 전주기 관리(진단·치료·백신·치료후 개인면역지표 등)를 위한 AI 시스템을 개발하는 것이 사회혁신형 R&D로서 해당될 것으로 보임

### ③ 과제 선정 및 지원

- 수요조사서는 사업 기획을 위한 수단으로서만 사용되고 아이디어가 공개되기 때문에 연구자가 양질의 연구계획서를 제출하지 않는 경향이 있어 제출된 수요조사서 중 일부를 과제화하는 등 시스템 변화방안 검토필요
- 기술에 대한 이해가 낮은 분들이 과제 평가위원으로 섭외되는 경우가 있어 이에 대한 개선 필요
- 기술테마 선정 시 TRL 레벨은 1~3 정도 범위로 예상되고, R&D 결과물의 TRL은 5을 예상함
- 4~5년차부터 연구성과가 도출될 것으로 보이며, 이때부터는 연구의 방향전환이 필요할 수 있어 이를 허용하는 방안의 검토 필요

### ④ 기술기획위원회의 역할

- 기술기획위원회는 수요조사결과에 대한 평가를 진행하고, 예타 신청 이후 시점부터는 상세기획 집필을 지원함

## 2차 기술기획위원회의 결과보고

<'21.02.16(수), 비대면>

### □ 기술기획위원회 개요

- 기술기획위원회는 산학연 전문가로 10인 내외로 구성
  - (기술기획위원회 역할) 글로벌프런티어+기획의 기술 후보테마 자문

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어사업의 후속사업 기술 후보테마\*에 대한 산학연 전문가 검토 및 의견 수렴
  - (기술테마 선정기준 검토) 미래도전형·사회혁신형·필수전략형 등 3개 테마별 선정기준 검토(붙임3. 기술테마 선정기준 검토의견)
    - \* (미래도전형) 기존 기술을 뛰어넘는 혁신적 기술 및 미래 핵심기술
    - \* (사회혁신형) 사회 변혁의 주요 허들을 극복하는 목적지향적 기술
    - \* (필수전략형) 기술주권 확보를 위한 핵심기술
  - (기술테마 후보기술 검토) 글로벌프런티어+ 사업 수요조사를 통해 확보한 아이템의 우선과제 검토
- 일시·장소 : '22.02.16(수) 15:00~17:00, 온라인 회의(온나라 화상회의)\*
  - \* 접속링크 등은 별도메일로 송부
- 참석자 : 약 13명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(황수정 박사)
  - 전문가(기술기획위원 7인)
  - 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장 등)

## □ 회의 주요 논의 결과

### ① 기술테마 선정기준 및 방법

- 3개 기술테마 중 사회혁신형은 제외하고, 미래도전형, 필수전략형 2개 기술테마로 분류하는 것이 바람직함
- (미래도전형) 공모방법으로 창의적 아이디어를 가진 연구자를 선정하여, 동 연구자의 주도적 연구 추진을 지원
  - 연구주제는 정해주되, 공모(Bottom-up) 방식으로 창의적 연구과제를 선정
  - 창의적인 주제를 연구하는 과정에서 부가적 연구 수행이 예상되어, 오리지널 아이디어를 보유한 PI가 서브 연구단을 구성하여 대응. 서브 연구단은 연구 필요성에 따라 연구하다 2~3년 정도의 기간을 마치고 종료하는 방안 논의
  - 부가적 연구 수행을 위한 과제 수행간의 용이한 인력교체 필요
  - 새로운 아이디어의 실현 과정에서의 변화를 예측하기 어려워, 동일한 과제에 대한 9년간의 지속 지원은 부적절
- (필수전략형) 탑다운 방식으로 누구나 알 수 있는 대규모 산업 관련 지원
  - 대형 과제로 구성될 것으로 예상되며, 장기간의 지원 필요

### ② 기술테마별 우선과제 검토

- 수요조사 자료의 키워드추출 및 그루핑을 통해 개별 과제 단위가 아닌, 목적 실현을 위한 포트폴리오 형태의 재구성 필요
  - 기술기획위원회가 각자의 전문분야 수요조사서를 검토하여 중요성, 기술적 해결 필요성, 파급효과 등을 정리한 계획서를 3개 정리해야 함  
(ARPE-E의 사례를 참조하여 유사한 형태(약 2p) + 근거자료로 정리)
  - 기술테마를 선정하기 전에 기술적 아젠다를 먼저 추출하고, 이후에 기술테마에 따라 분류하는 방법이 적절함
- 추후 구성한 포트폴리오와 상위기관들의 목적성의 비교검토 필요성 논의

### ③ 기타

- 현재 수요조사서 규모가 부족하여, 추가적인 수요조사 필요

## 내부회의(2/17) 결과보고

<'21.02.17(목), 과학기술정보통신부>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어사업의 후속사업 기획 논의
- 일시·장소 : '22.02.17(목) 10:00~12:00, 과학기술정보통신부(세종시)
- 참석자 : 약 7명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관 외 1)
  - 한국연구재단(황동성 실장, 황수정 박사)
  - 다윈그룹(김종찬 팀장 등)

### □ 회의 주요 논의 결과

#### ❶ 보고서 보완

- 부제변경 : 변혁적 플랫폼 지원사업 -> 변혁적 연구 지원 플랫폼 등
- 유사개념(breakthrough, destructive, primary design)에 대한 정의를 출처를 명확히 하여 정리하고, 유사개념과의 관계/범위를 서술 및 도식화할것
- 변혁적 기술확보를 위한 4가지 전략이 상호보완적으로 어떠한 관계와 필요성을 가지고 있어 함께 반영되어야 하는지 도식화하여 정리
- 기술테마의 지속적 발굴을 위한 주기적 수요발굴체계를 사업내용에 반영 필요
- 전반적인 보고서 내용의 검토 및 보완 필요

## ② 기술테마

- 3개 테마를 2개 테마로 변경(미래도전형, 필수전략형)
  - 미래도전형 : 비교적 소형, bottom-up 방식 체계
  - 필수전략형 : 대형, top-down 방식 체계
- ARPA-E 프로젝트를 참조하여 임무지향형 과제를 구성해야 하며, ARPA-E 담당자와의 온라인 미팅을 통한 자문 추진
  - ARPA-E는 임무지향형으로 다수의 프로젝트를 추진 중으로, 예산규모, TRL, 구성 등을 참조하여 소규모의 예시적 기획자료를 추가해야 함
  - 예시적 기획자료는 기술기획위원이 선정한 topic을 기준으로 키워드 추출 -> 리빙딩하여 설명자료 2p + 다량의 근거자료로 구성
  - 한국인 PD가 ARPA-E에 참여 중으로 질의서를 사전에 작성하여 차주 화상 회의를 통해 문의 예정(ARPA-E의 설립배경/경위, 등)

## ③ 기타

- 사업내용 부분을 보완하기 위해 차주 화요일 회의를 개최하여 한국연구재단의 사업설계 신규컨셉에 대한 논의 및 구체화 예정
- 한국연구재단에서 변혁적 기술을 골자로 하는 3~4명 규모의 소규모 연구사업 기획 중



## 글로벌프런티어+ 사업관리 및 지원조직(안)

(국책사업기획실, 2022.02.22.)

### □ 배경

- 공정성과 절차적 정당성을 강조하는 현 연구재단 사업운영규정으로 HRHR 형 사업의 성공적 지원에 한계가 있음
- 독립법인을 설치하고 사업의 운영이 필요함. 법인의 설치, 운영에 대한 법적 지위의 확립이 필요

### □ 목적

- 연구 몰입을 위한 연구와 지원의 분리 체계 확립
- 사업특성에 따른 운영의 유연성 확립
- 지속적인 지원 운영 확보(현 글로벌 프런티어 사업단 문제 해결)
- 사업화 활성화(유관기관과의 협업체제 주관)함

### □ 통합법인의 역할

- 사업선정 및 평가
  - － 사업분야의 선정, 기획 대상 과제 선정
  - － 연구주제 및 책임자(PM) 선정
  - － 단계별(5년) 과제평가 및 향후 추진 방향 결정
- 연구비 관리(연구기관 대행)
- IP 관리 및 공동소유 : 외부 유관기관(일자리 진흥원)과의 협력
- 사업화 지원 : 외부 유관기관(일자리 진흥원) 과의 협력

### □ 통합법인 구성

- 이사회: 통합법인장 + 유관기관장 + 정부 관계자
- 총괄 추진위원회: 사업선정 및 평가(법인장 + 산학연 원로)

- 통합법인장: DARPA PD와 같은 역할 (3~5년 계약직)
  - 최고의 경력을 가진 신망 받는 과학기술자(국내외 대상)
  - 강력한 리더쉽과 통찰력을 갖춘 분(예, KIST 최형섭, POSCO 박태준 등)
  - 지속적으로 프로그램 발굴과 자율적 연구환경 조성
  - peer review를 바탕으로 프로젝트 선정(최종 선정은 PD가 결정)
- 지원인력: 행정, 회계, 사업화 지원 전문인력(공무규정에서 예외: 사기업 조직과 같은 유연한 운영)

## □ 연구 주제 및 PM 선정

### ○ 기준(미션과 일치)

- HRHR : 통상적인 점증적 기술은 고려 대상에서 제외
- 혁신적 아이디어: 기술 패러다임의 변화
  - ※ 지속적인 혁신 아이디어의 공급을 위해 PM 임기제한
- 가교기술: 기초연구와 개발수요의 간극을 메꾸어 주는 역할
- 세계 최초·최고의 파급력(Broader Impact)이 높은 R&D

### ○ PM : Opportunity Creator & Idea Harvester

- 최고의 혁신 아이디어를 가진 최고의 인재(학문적 우수성과 도전성)
- 미래 기술 변화 추세를 간파하는 통찰력을 갖춘 전문가
- 일반 공모과정을 거치지 않고 다양한 방법으로 자율적으로 선정

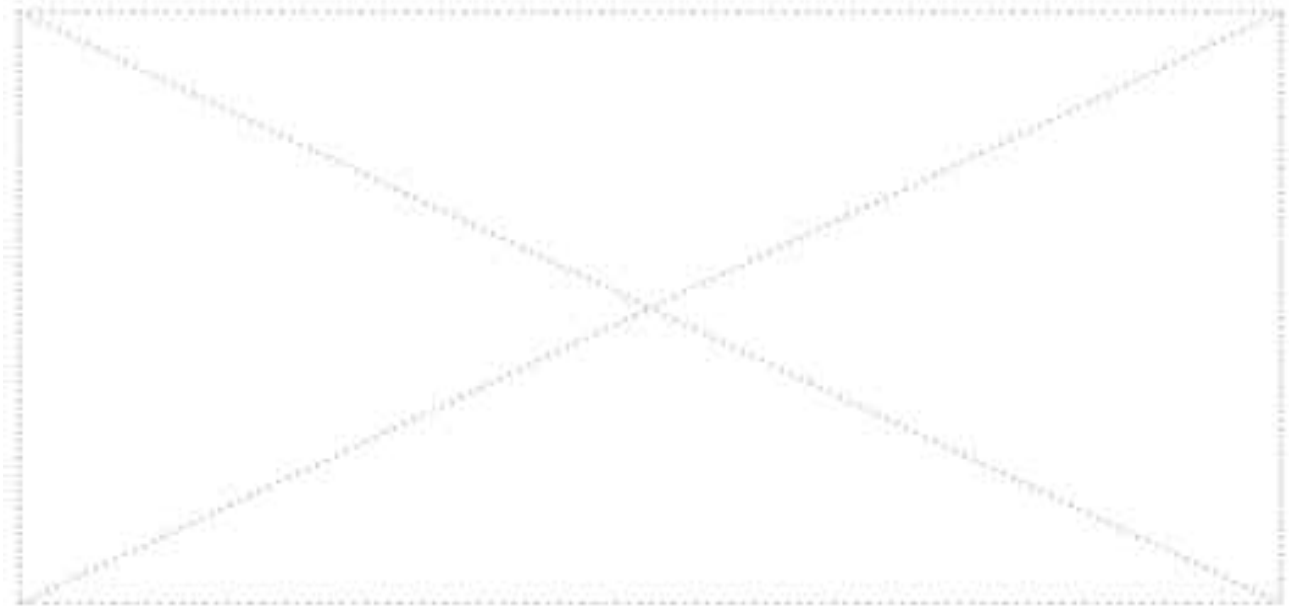
#### \* 고려사항:

- 최고의 인재를 유인할 인센티브
- 전문그룹 지원: 미래예측, 기획, 조직관리, 사업화를 지원할 수 있는 그룹
- 기존 연구개발 시스템으로부터 독립성과 자율성 보장

- 선발 시 철저한 혁신성 검증과정\*\*
- PM 주도의 기획보고서 제안(구성과제, 인력 선발권한)
- 프로젝트 수행에 있어 전적으로 자율적 전권을 가짐
- 자신의 프로젝트의 가치에 대해 동료 및 PD와의 지속적 검증 과정을 거침

참고: “창의적 연구개발을 위한 K-ARPA 시스템 구축방안”, 송치용 외 4인, STEPI(2013)

## □ 세부 추진 체계(2개 유형으로 운영시)



- (미래도전형) 공모방법으로 창의적 아이디어를 가진 연구자를 선정하여, 동 연구자의 주도적 연구 추진을 지원
  - 연구주제는 정해주되, 공모(Bottom-up) 방식으로 창의적 연구과제 선정
  - 세부과제구성의 PM자율성 확보
  - 부가적 연구 수행을 위한 과제 수행간의 용이한 인력교체 필요
  - 장기 연구보다 단기연구 후 스케일업하는 형태로 지원
- (필수전략형) 탐다운 방식으로 국가 필수전략 분야 지원
  - 대형 과제로, 장기간의 지원 필요

유사형태 사업(JST의 미래사회창조사업)

- 유형1 : 탐색가속형(도전적인 주제의 탐색연구 후 SG를 통해 일부과제 탈락 및 추가지원과제의 경우 스케일업)
- 유형2 : 대규모 프로젝트형(10년간 장기지원)

## □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어+ 사업 기획을 위한 ARPA-E 사업 질의
- 일시·장소 : '22.02.24(목) 09:00~11:00, 비대면
- 참석자 : 약 7명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장)
  - 한국연구재단(유지범 본부장, 황동성 실장, 황수정 박사)
  - ARPA-E(김필석 PD)
  - 그 외(이상협 단장 외)
  - 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

## □ 회의 주요 논의 결과

### ① ARPA-E와 타 에이전시와의 차별점, 고위험 연구로서의 risk 관리바탕안

- DoE 산하에 다양한 연구개발 에이전시가 존재하고, ARPA-E 는 그 중 DoE 장관 직속기구 조직으로서 존재
- DoE의 다른 R&D 에이전시들은 Top-down으로 짜여진 로드맵에 따라 incremental 한 R&D를 진행함
  - 성공률 80% 이상은 유지해야 하기 때문에, 너무 risk가 크거나 너무 실현 가능성 판단이 어려운, 검증이 잘 되지 않은 아이디어는 펀딩하기 어려움
- ARPA-E는 실현 가능성이 불확실하지만, 성공시 효과가 막대한 high-risk high-impact 과제만 골라서 지원함
  - ARPA-E를 통해 지원한 연구가 모두 성공하리라는 기대 없이, 프로그램 열 개 중 하나만 크게 성공하더라도 잘 운영하는 것으로 평가
- ARPA-E는 mission-driven 조직으로서, 의회의 논의를 통해 평가되어 설정한 5개의 미션 영역에 해당될 경우에만 지원

- ARPA-E의 5개 미션은 1. 에너지 자원 수입 감소, 2. 에너지 관련 모든 활동에서의 효율 증가, 3. 에너지 관련 모든 활동에서의 배출감소, 4. 핵 폐기물 감소, 에너지 인프라의 회복력, 신뢰성, 보안 증가임
- ARPA-E는 프로그램 디자인 단계에서 다양한 기술적 방법들에 대해 검토하고 목표를 설정하며 리스크를 관리(프로젝트 단위에서는 복수팀 운영을 통한 경쟁체계 갖춤)
- 상시로 타 에이전시와 co-ordination 및 상호교류를 통해 중복 지원을 방지

## ② ARPA-E의 프로그램/프로젝트 선정 및 추진 단계별 절차

- 1. 개별 PD들의 문제 정의 및 세미나 등을 통한 공유(PD들의 peer review)
- 2. Request for Information(RFI)를 공개
  - RFI는 아이디어에 대한 펀딩 및 동 프로그램의 실제 추진도 보장하지 않으나, ARPA-E가 추진하려고 하는 프로그램의 수요조사에 해당
  - RFI는 30~45일 정도의 시간을 주고, 누구나 제출 가능하며, 받은 정보는 ARPA-E 내부적으로만 보관
- 3. RFI를 통해 받은 자료에 기반하여 프로그램 아이디어 고도화
- 4. 워크숍 개최
  - 워크숍은 팀 빌딩을 목적으로 RFI 응답자 및 기타의 관계자를 모아 2일 동안 진행함.
  - (1일차) 기존의 알던 사람들끼리만 진행해서는 혁신적 방법이 도출되기 어려울 수 있어, 워크숍 중 같은 주제를 두고 2, 3인 정도를 계속 섞어 한 방으로 배치하여 연속적으로 토론하는 breakout session을 굉장히 많이 진행함
  - (2일차) breakout session 결과 summary를 PD가 2일차 아침에 발표하고, 2일차에는 프로그램 자체에 대한 질문을 많이 함(목표 설정 관련하여, 매우 높은 수준이나, 대부분의 사람들이 가능하다는 합의를 도출하여 정량적 목표 설정)
- 5. official 프로그램 pitch

- 각 PD들이 워크숍을 통해 정제된 아이디어를 활용하여 다른 PD 앞에서 프로그램을 설명하고 peer review 진행
- 제안된 프로그램에 대해 타 PD들의 평가여부와 관계 없이 투자 의사결정권한은 ARPA-E director가 보유
- PD 외 외부의 위원회 평가는 없으며, PD들의 peer review 자체가 일종의 회의체로서 기능하고, director는 의장 역할을 하는 것임

## - 6. 프로젝트 모집 및 선정

- 공고를 통해 white paper(컨셉페이퍼)를 3~4p 가량 확보하여, PD 내부검토
- 컨셉페이퍼의 10~20% 정도만 추려 25p의 full replication을 요청
- full replication을 외부 평가자 활용하여 external peer review 및 consensus board meeting을 통해서 선정
- 프로젝트 선정은 PD의 권한이며, 평가점수와 무관하게 선정 가능

## - 7. 프로젝트 협상(SOPO negotiation)

### \* Statement Of a Project Objective

- ARPA-E는 프로젝트는 선정 이후 전반적인 proposal을 협상하여 재작성하는 co-operative agreement형태로 추진
- 모든 task를 정량화하고, 불요한 task는 제외하며, 그것을 평가할 수 있는 명확한 기준이 나오도록 기술하고, 마일스톤을 조정하여 법적 의무가 있는 서류로 연구계획서 재작성
- 예산은 재작성된 연구계획서에 따라 작성
- 간혹 프로젝트는 유지하되 PI를 교체하는 경우도 있음
- 협상은 PD 외, T to M advisor와 technology seta(?) 관여

## - 8. 프로젝트 진행/관리

- 프로젝트 진행은 PD와 fellow들이 지원,
- 매 분기마다 PD가 PI와 두 시간 가량 미팅을 진행하여 프로젝트 진척사항에 대해 보고하고, PD는 2~3p 정도의 PD memo를 작성하여 PI에게 송부
- PD memo에는 해당 분기 마일스톤에 대한 평가가 들어가 있으며 이는

green, yellow, red 등 3단계 등급을 평가됨

→ red 등급을 두 번 연속으로 받을 경우 프로젝트가 종료되나, red 등급을 주는 경우는 보통 1. PI의 지시불이행 또는 2. 동 프로젝트를 통한 목표 실현 불가능 확인 등이 대부분의 사유로, 성과목표 미달성으로는 red 등급을 주지 않음.

#### - 9. 프로젝트 후속지원

→ (Plus-up) 3년짜리 프로젝트 수행 이후에도 상용화까지의 gap이 남아있거나 scale-up이 필요한 경우에는 plus-up 이라는 별도의 후속지원 가능

→ (Scale-up) 최근 들어 시작한 매년 한 번씩 지원하는, PD가 아닌, T to M advisor가 주도하는 프로그램으로 1년 예산규모는 100 mi.\$, 선정되는 팀은 대략 10 개 정도

### ③ ARPA-E의 프로그램/프로젝트 선정기준 및 구성

- 5개 미션에 해당될 경우, DARPA의 하일라이어 케이스천을 준용하되 1. 높은 기술적 난이도와 2. ARPA-E risk-profile을 추가적으로 평가함
- 높은 기술적 난이도 : 높은 성과가 기대되는 R&D라 하더라도 R&D가 쉽다면 산업계나 타 에이전시에서 수행 가능하므로, ARPA-E를 통해서만 지원
- ARPA-E risk-profile : high-risk high-impact idea이긴 한데 risk profile 이 너무 높아, 민간 영역에서 스스로 투자하기 어려운 아이디어에 ARPA-E 는 투자
  - \* TRL 단계에 상관 없이 투자함(TRL 0단계라도)
  - \* 특정 구간에서의 gap을 매꿀 플레이어가 없을 경우에도 투자 가능
- Incremental Technology와 Transformational Technology를 구분하는 방법은 Performance/cost 커브가 점프할 수 있는가의 여부임
- ARPA-E는 기술 자체의 어려움 뿐 아니라, 기술이 시장으로 파급되었을 때의 효과를 중요한 지원 대상 판단요소로서 검토
- ARPA-E는 프로그램 개발 시 해결 방안은 제시하지 않고, 문제점을 정의
  - PD는 문제를 잘 정의하고, 그것이 풀렸을 경우의 달성 가능한 goal을 정량

적으로 설정(ex. 고속충전 배터리 충전용량 AKw/h, 에너지밀도 BHw/Kg 등)

- 해결 방안은 제시하지 않으며, 오히려 다른 에이전시나 산업계에서 시도 중인 방법들이 incremental technology로 생각될 경우 지원하지 않는다 명시
- 이상적인 ARPA-E의 프로젝트는 아이디어가 science나 nature에 게재되어 승인을 받고, 이것을 응용하여 상용화할 수 있는 단계
- 프로젝트 평가시 평가지표 배분은 다음과 같음
  - (30%) 이 팀이 이 프로젝트를 수행할 수 있겠는가?(경력, 보유인프라, 팀 구성원들의 관계 등)
  - (30%) 임팩트가 얼마나 큰가?
  - (30%) 접근방법이 얼마나 혁신적인가?
  - (10%) 프로젝트 관리를 할 수 있겠는가?
- 프로그램 내 프로젝트의 구성
  - 프로그램 목표 달성을 위하여 주요 과업을 큰 단위로 구성하고, 그 과업 단위에서의 경쟁이 가능하도록 프로젝트를 구성(약간의 shotgun approach)
- \* ex) 초고온도 내열 엔진 구현(ULTIMATE) 프로그램의 경우 AI/머신러닝팀 2팀 + 합금팀 + 코팅 4팀 + 테스트 2팀 등을 구성하여, 성공하는 팀만 phase 2 진입 가능

#### ④ ARPA-E의 예산 및 지원규모

- 프로젝트의 예산 배분은 다음과 같음
  - ARPA-E 전체적으로 보았을 때 펀딩 수혜자의 40% 가량은 대학, 40% 정도는 스타트업 및 중·소 기업, 나머지는 국책연구소 및 대기업으로 구성되며, 대기업은 주관기관으로 참여하기보다 참여기관으로 참여
- 프로그램/프로젝트의 예산규모는 다음과 같음
  - ARPA-E 전체의 '22년 예산은 465 mil.\$ 수준
  - 프로그램 당 예산은 3년간 40 mil.\$ 수준이나 프로그램마다 상이



- 프로그램 1개당 약 10~12개의 프로젝트가 포함되나 프로그램마다 상이
- 프로젝트 1개당 예산은 3년간 3 mil.\$ 수준이나 프로젝트마다 상이
- 프로젝트의 분담금은 다음과 같음
- 정부출연금 대비 통상 20%의 분담금을 요구하며, 현금/현물 모두 가능

## ⑤ ARPA-E의 PD 인력운용

- ARPA-E에는 약 20명의 PD가 존재하며 이들은 모두 3년 임기 제한 + 2년 연장이 가능함
- 기존 프로그램들의 원활한 진행을 위해 신규 PD 고용시 기존 프로그램 해당 분야에서 오버랩되어서 근무 가능한 인력을 고용

## ⑥ ARPA-E의 외부 평가

- ARPA-E와 다른 DoE 에이전시와의 R&D 중복성 검토 결과 전혀 그렇지 않다는 결론이 나옴
- ARPA-E를 평가할 때 논문 등은 전혀 중요한 지표로 고려하지 않고 있으며, 시장 영향력을 주요하게 평가하고, 특허는 일부 고려
- 시장 영향력으로서의 가장 중요한 성과측정방법은 투입 예산 대비 민간영역에서의 펀딩 유치 규모임
- 대표적인 ARPA-E의 성과는 쿼텀스케이프 등 지원기업의 IPO 사례임
- ARPA-E에 대한 평가 등은 기존 송부자료의 2번째 링크(슬라이드)에 제시됨

## □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프런티어+ 사업 보고서 수정방향 논의
- 일시·장소 : '22.03.10(목), 비대면
- 참석자 : 약 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(황수정 박사)
  - 다윈그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

## □ 주요 논의사항 : 아래의 내용 반영 논의

### 제1장. 연구개요

- 글로벌프런티어+ 사업의 추진전략과의 부합성 일부 보완
- 후속 회의경과 추가 및 회의록 첨부

### 제2장. 대내외 여건 분석

- 글로벌프런티어+와 관련성 높은 것들 제외하고 삭제
- 각 세부 분석 파트마다의 시사점 보완
- 해외 정책의 경우 각 국가별로 글로벌프런티어+와 관련성 높은 핵심정책 2개 정도로 분량 간소화
- 해외 R&D사업의 경우 각 국가별로 글로벌프런티어+와 관련성 높은 핵심사업 2~3개만 상세하게 제시
  - \* 미국 : DARPA, ARPA-E
  - \* 유럽 : FET플래그쉽, ERC, ARIA
  - \* 일본 : IMPACT, 문샷, 미래사회창조사업

### 제3장. 국내 R&D 현황 및 선행사업 분석

#### ○ 자료 최신화

### 제4장. 글로벌프론티어+ 사업 기본방향

#### ○ 추진전략 3개 -> 4개로 변경

기존	변경	비고
임무형 테마설정	임무형 테마설정	임무/테마 설정
1+9년	유연연구	연구기획/관리
	Tech to Market형 관리조직	관리팀
통합법인형 성과관리	통합법인형 성과관리	성과측적방법

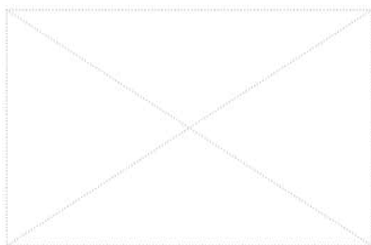
#### - 임무형 테마설정 : 미래도전형, 필수전략형 2개 존속

- \* 각 전략별로 해외 동향에서의 유사조직의 양상 첨부 및 서술
- \* 미래도전형, 필수전략형 2가지 선정기준 삽입(기술기획위원회 검토자료)

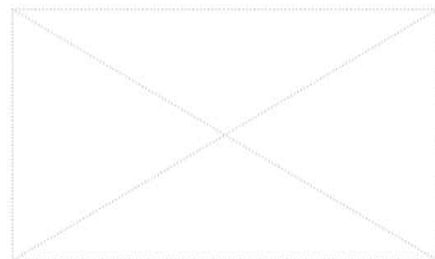
#### - 유연연구 : ARPA-E의 과제발굴(문제도출-수요조사), 과제선정 (Co-operative agreement), 과제관리(green, yellow, red) 차용

- \* 프로그램 기획-공고 : PD의 수요조사, 워크숍 등을 통한 프로그램 기획-공고
- \* 프로젝트 선정-협상 : 평가절차를 두되, PD의 재량에 따른 프로젝트 수행, PD와 PI는 연구제안서의 수정-협상을 통해 연구계획서 작성
- \* 과제관리 : 기술적 실현 가능성 검증 및 연구과정에서의 추가 프로젝트 수행 필요성 발굴에 중점을 둔 단계평가
- \* 과제기간 : 1년간의 기획연구 + 타당성 검증된 과제에 대한 지속지원(ex. 3년 +a)
- \* 과제주기 : 임무형 테마별로 매년 신규 프로그램 기획-공고, 각 프로그램별 수요조사를 통해 포트폴리오 구성

[ARPA-E 연구기획-관리 프로세스]



[ARPA-E 프로젝트의 마일스톤 변경 비율]



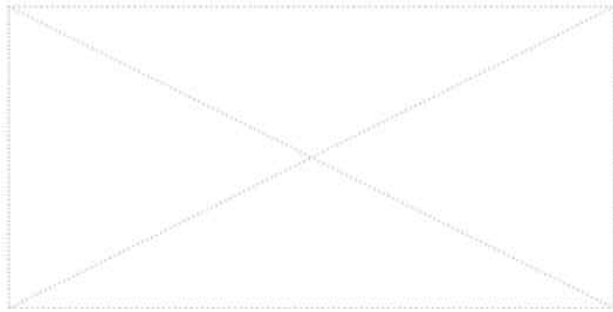
#### - Tech to Market형 관리조직 : ARPA-E, Moonshot 등의 개념을 차용하여 PD-Staff 형 조직구성

#### ○ 과제기간·규모·대상 등은 기존 작성자료에서 ARPA-E 사례를 참조하여 보완

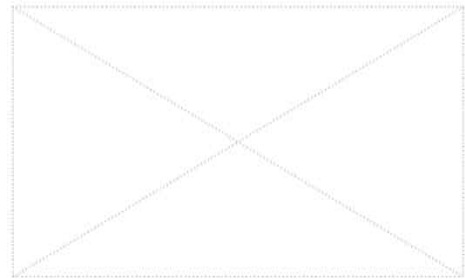
- \* ARPA-E의 경우 프로젝트 시작시 TRL 2~4 단계가 대부분을 차지

\* ARPA-E의 Frontier 이상의 Target 선정 지향

[ARPA-E 타겟 연구주제]



[ARPA-E 프로젝트 초기 TRL]



## 제5장. 사전타당성분석

- 중복자료 삭제
- 산업기술알키미스트프로젝트와의 중복성 및 차별성 분석 추가
- 연구재단의 각년도 주요연구개발사업 성과분석보고서 기반 연구목표 보완
  - \* 비교대상 사업 : 집단연구지원사업, 글로벌프론티어사업, 미래융합기술파이오니어

## 기타. 우선과제 추가

- 글로벌프론티어+ 사업 수요조사 그룹핑 자료를 3차 기술기획위원회를 통해 3개 선별 및 상세자료 작성

연구주제	제출위원
Advanced Biotechnology to overcome the healthcare challenges	한국생명공학연구원 권오석 선임연구원
차세대 연료전지 및 배터리 기술	한양대학교 박태주 교수
상용 반도체 공정기술	
차세대 디스플레이	한국과학기술원 신병하 부교수
친환경 탄소 저감 기술	
차세대 모빌리티용 센서	
미래 혁신기술 적용 난치성 건강정복 FINTECH (Future INnovative TEchnology Conquest intractable Health)	제주대학교 이상호 부교수
보다 좋은 환경과 더불어 함께 사는 세상	
미래경쟁력 대비용 기술 주권확보	
나노공학, 광의학, 기능성 바이오 물질을 이용하여 난치성 질병을 치료하기 위한 융합 기술 개발	한국기계연구원 임형준 책임연구원
탄소중립 실현을 위한 CO2 포집·저감 및 새로운 개념의 자원 리사이클링 기술 개발	
나노기술 및 새로운 형태의 물리적 현상을 이용한 소자를 활용한 신개념 반도체 제조 공정 기술 개발	
새로운 형태의 기능성 소재를 이용하여 기존과는 다른 개념의 에너지 생산 및 저장을 위한 융합 기술 개발	
범용 인공지능 알고리즘 개발	
로봇 핵심기술 개발	한국기계연구원 김창현 연구실장
메타버스 구현을 위한 휴먼 인터페이스 기술	

## 글로벌프론티어 플러스 기획회의

<'22.04.01(금), 비대면>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 사업 보고서 수정방향 논의
- 일시·장소 : '22.04.01(금), 비대면
- 참석자 : 약 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 이창환 사무관, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(유지범 본부장, 한동성 실장, 황수정 박사)
  - 다원그룹(김규태 본부장, 김종찬 팀장)

### □ 주요 논의사항

- 기획보고서 전반적으로 PD/PM이 혼재되어 있어 명확하게 정리 필요

- 혁신본부 상의 결과 혁신본부 또한 미래전략분야 핵심기술 확보를 위한 시스템이 필요한 것을 인지하고 있으나, PM의 운용방안에 대해서는 기존과 명확히 다르지 않음
  - \* PM을 재단에서 임명한 이후 DARPA 형태로 혼자서 방 하나를 사용할 수 있도록 관리하도록 하는 시스템 등은 부재
- 글로벌프론티어+사업의 PM이 타 PM과 구별되어 변혁적 R&D를 지원하기 위한 방안 필요
  - \* 분야를 총괄하는 PM을 넣어달라는 것은 받아들여지지 않으나 새로운 방식으로 할 때는 받아들여질 수 있음
- 성과목표로 원천특허, 삼극특허 등이 제시되어 있으나, 기술사업화의 성과 반영이 가능한 지표 제시 필요
  - 삼극특허 등은 일반적인 R&D 성과로 생각되며 대표적인 변혁적 R&D 사업인 ARPA-E의 성과를 참조하여 보완할 필요가 있음
    - \* 기존과 유사한 삼극특허 등의 성과목표를 제시할 경우 변혁적 R&D 시스템을 주장하면서 성과목표·지표에 대한 고민이 없었다고 보일 수 있음
  - DARPA 프로그램에서 Deliverable한 성과지표를 조사한 바 있어 동 자료를 참조하여 글로벌프론티어+사업에서 공통적으로 사용할 수 있는 지표들을 발굴해야 할 것으로 보임
  - 기존 국내 R&D 사업에서의 성과목표·지표와 달성가능성 관련 내역의 검토 필요
    - \* 범부처신약개발사업단의 경우 세계적 신약 3개 이상 개발을 목표로 설정하고, 10년 R&D를 통해 최종성과가 도출되기 어려운 것을 고려하여 10년 안에 확보할 수 있는 중간성과가 무엇인지를 서술하였음
    - \* 예비타당성조사에서 성과 달성 가능성도 평가지표로 들어가는 것을 고려하여 성과지표 달성가능성을 높이기 위한 방안도 검토 필요
- 글로벌프론티어+ 사업의 아웃라인(목적-필요성 등)에 대해 합의가 되었으니 우리가 사용할 용어와 철학 등이 정리되어야 함
  - 스토리와 핵심적 논리에 대한 요약서를 과기부에서 작성하였으니 이를 참조하여 보고서 재정리 필요

- 글로벌프론티어+사업을 독립법인으로 운영 가능한지에 대한 조사 필요
  - 연구재단 내부에 별도의 기관 설립은 어려울 것으로 보임
    - \* 신약개발사업단 등은 다 독립법인 형태로 되어 있으나 사업이 종료되면 없어지는 형태로, 출범하더라도 나중에는 재단으로 돌아가야 될 것으로 보임
- 글로벌프론티어+ 사업 추진시 기업 참여도 가능하게 Open해야 함
- 글로벌프론티어사업에서는 사업화 지원을 개별적으로 수행하다보니 비효율성이 발생하여, Tech To Market을 통한 일원화된 지원 필요
  - Tech To Market 이라는 조직을 별도로 구성하고 있어, 동 조직이 지원할 기업 참여와 별도의 프로그램을 구성해야 함
    - \* ARPA-E의 사례를 참조하여 PD와 Tech To Market 조직, 그리고 지원·펀딩 트랙이 구성되어야 함
    - \* 변혁적 연구주제로서 상업화 성공가능성이 보일 경우 Tech To Market 프로그램을 통한 지원이 바람직함
- 독립법인으로의 기술신탁은 현실적으로 적용이 어려워 제외

## 글로벌프론티어 플러스 대형장기사업 검토 대비 회의

<'22.4.13(수), 비대면>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 대형장기사업 검토 대비
- 일시·장소 : '22.04.13(수), 비대면
- 참석자 : 약 5명
  - 과기정통부(이창환 사무관, 심성은 사무관)
  - 다윈그룹(김종찬 팀장)

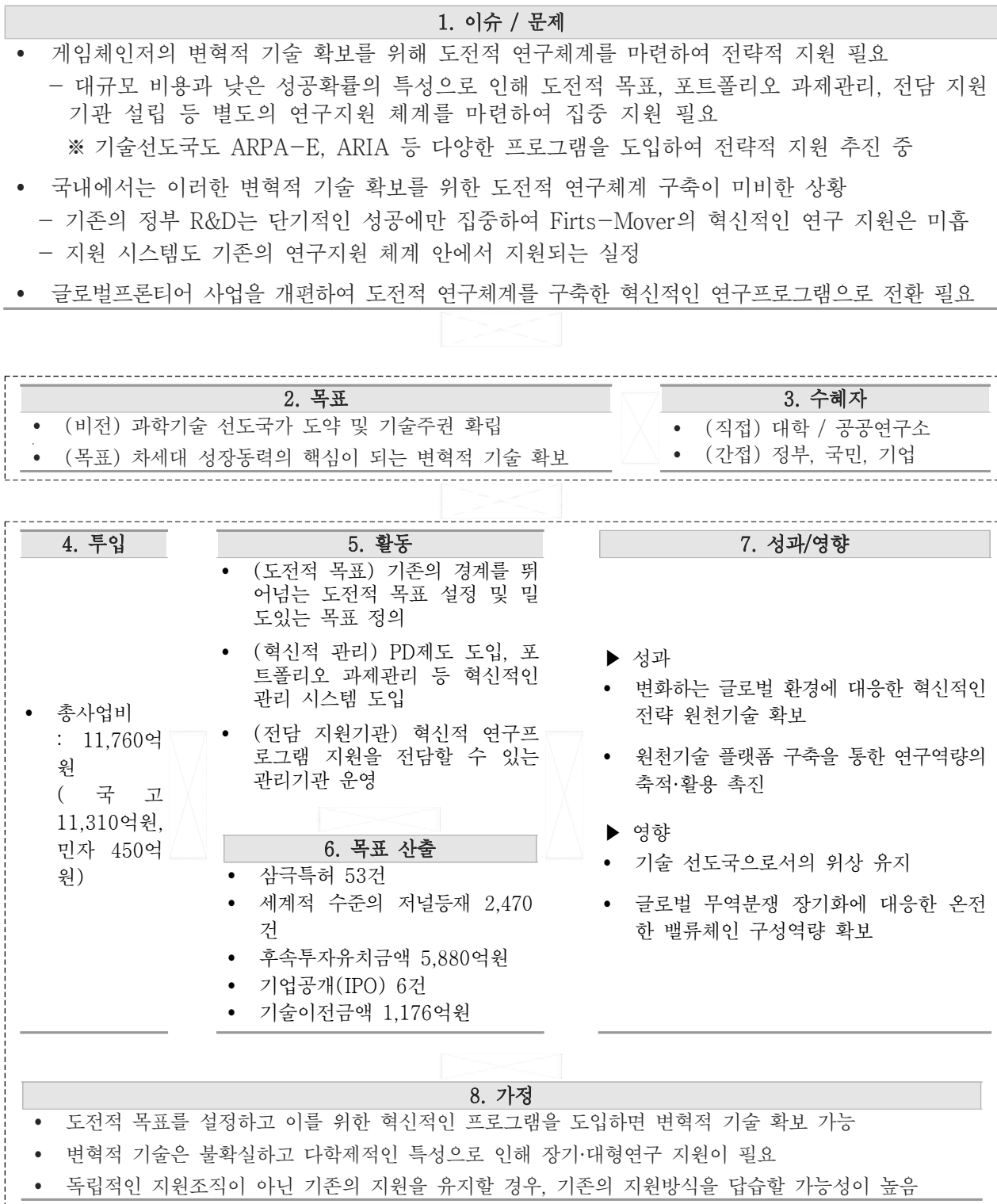
### □ 주요 논의사항

- 글로벌프론티어+ 대형장기사업 검토를 위한 발표자료 및 요약자료 작성
  - 변혁적 기술 확보를 위한 R&D 사업으로서 국내 비교 대상 프로젝트를 확정하고 변혁적 기술 확보의 한계점 정리
    - \* 산업기술알키미스트프로젝트, 미래융합기술파이오니어사업, 과학난제도전 융합연구개발사업, 혁신도전프로젝트
- 글로벌프론티어+ 사업의 지원 R&D유형을 확보 기술의 중요도(전략성 등), 필요 지원 규모, 난이도 등에 따라 ①장기 대형 집단연구와 ②중규모·중기연구로 구분하여 지원
  - \* 장기 대형 집단연구 : 필수전략형 프로그램
  - \* 중규모·중기연구 : 미래도전형 프로그램
- 글로벌프론티어+ 사업의 연도별 지원 규모 및 프로그램 배분방향 정리
- 글로벌프론티어+ 사업의 성과목표 및 측정방안 보완
  - \* 삼극특허 40건, 변혁적 연구 목표 달성(100% 6건, 80% 1건), 후속투자 유치 3,000억원, 기술이전건수 400건 등 설정



## ○ 글로벌프론티어+ 논리모형을 간결화하여 보완

### < 글로벌프론티어 플러스 사업 논리모형 >



## ‘22-2차 대형·장기사업 사전검토 회의 개최 계획

(‘22.4.4., 과기정통부 연구개발타당성심사팀)

### □ 사전검토 개요

- (목 적) 대규모·장기사업에 대하여 예타 신청 전에 사업목표, 예산, 구성 및 추진체계, 기존사업과의 차별성 등의 주요 사업계획을 관련 부처 및 연구현장에 공유하여 의견을 수렴
- (관련근거) 국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침 제22조 제2항  

사업규모가 1조원 이상이면서 사업기간이 6년 이상인 사업에 대하여 각 중앙관서의 장이 제1항에 따라 국가연구개발사업 예비타당성조사를 요구하고자 하는 경우에는 요구 전에 제4조에 다른 국가연구개발사업평가 총괄위원회 검토를 거쳐야 한다.
- (대상사업) 사업규모가 1조원 이상이면서, 사업기간이 6년 이상인 사업
- (‘22-2차 사업접수) 6개 부처, 2개 사업(‘22.3.22 ~ 4.1, 약2주간)

### □ 회의 개요

- 일 시 : 2022. 4. 13.(수) 14:30 ~ 17:20
- 장 소 : 연세세브란스빌딩 13층, KISTEP 평가회의장 대회의실(서울 중구)
- 참석자
  - 과기혁신본부 : 연구개발타당성심사팀장, 사전검토 담당자
  - 총괄위원회 : 사업별 분과 위원장 및 위원 5인
  - 사업담당자 : 과장, 사무관, 전문기관 담당자, 총괄위원장 등 5인 이내
- 회의내용
  - 사업 담당부처 사업설명(20분, PPT발표), 질의·응답 및 토론(50분)
    - ① 기술개발의 필요성 및 시급성, ② 사업계획의 구체성, ③ 기존 사업과의 유사중복성, ④ 국고지원의 적합성
- 대상사업 및 회의일정

회의시간	사업명	담당부처	사업기간
14:30~15:40	그린수소 등 저탄소 수소 공급망 핵심 기술개발 및 실증사업	다부처 (과기/산업/국토/ 해양/환경/특허)	‘24-30 (7년)
16:00~17:10	글로벌프론티어+사업	과기정통부	‘24-35 (12년)

## □ 분과위 검토의견

- (기술개발의 필요성 및 시급성) 고위험 고부가가치의 변혁적 기술확보를 통한 산업육성과 차세대 기술선점 측면에서 연구투자 필요성 높음
- (사업계획의 구체성) 변혁적 기술 확보를 위한 과제 기획·평가 및 사업 운영방안 구체화, 목표달성 점검을 위한 적절한 성과지표 구성 등 필요
  - 변혁적 기술 확보의 당위성은 높으나 과제기획 및 평가방법의 구체성과 운영방식의 효과성을 판단하기에는 부족한 측면이 존재
- ※세부과제를 기획할 PD의 역량확보 및 기존 연구단 운영방식과 동 사업의 사업단 운영방식의 효과성, 차별성, 운영방안의 구체화가 요구됨
- 기존사업(글로벌프론티어)을 통한 성과와 한계분석을 구체적으로 제시하여 사업규모와 사업수행 방식의 타당성 강조 필요
- 국내 기술 수요 및 현황을 면밀히 분석하여 First Mover가 될 수 있는 후보기술 또는 분야의 사전 검토 고려
- 성과지표(삼극특허 40건 등)와 사업목적 간 연계성이 부족하여 변혁적 기술확보 달성을 평가하기 위한 성과지표 재설정 필요
- (기존 사업과의 유사·중복성) 유관사업과 차별화된 변혁적 기술의 발굴과 주제선정 등 과제기획에 대한 구체적 차별성 확보 필요
  - 동 사업은 과제규모, 추진체계, 과제기간 등의 차별성을 제시하고 있으나, 변혁적인 주제 발굴과 과제 선정의 차별성 확보가 더욱 중요
- (국고지원의 적합성) 투자 위험도가 높은 미래 차세대 기술확보를 위한 도전·혁신적 기술개발 측면에서 국고지원 타당성 검토 가능

## □ 검토분과 : 과학기술2분과(기초기반), (참여분야: 소재, 의료, 정책, 기술경영)

## 글로벌프론티어 플러스 대형장기사업 검토결과 대응 회의

<'22.4.19(화), 비대면>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 대형장기사업 검토결과 대응
- 일시·장소 : '22.04.19(화), 비대면
- 참석자 : 약 6명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창선 과장, 김연학 서기관)
  - 한국연구재단(한동성 실장, 유지범 본부장, 황수정 박사)
  - 다윈그룹(김종찬 팀장)

### □ 주요 논의사항

- 이전 보고서 보완방향에서 진전이 크지 않아 보고서 보완 필요
  - \* 변혁적 기술이 확보되지 못한 이유(소극적 목표설정, 과제 선정절차, 범위 제시, 관리시스템 등)에 대한 구체화된 내용 기입 필요
- 글로벌프론티어+사업을 통해서 기존 R&D사업과 다르게 어떠한 방법으로 변혁적 기술을 확보할 것인지에 대한 논리 보완 필요
  - \* 대형장기사업 사전검토회의에서 변혁적 기술이 여태까지 확보되지 않은 이유가 무엇인지 대해 지적되었음
- 기존 PM제도와 차별화되는 글로벌프론티어+의 PD제도 서술 필요
  - \* DARPA의 PM시스템이 우리나라에 잘 적용되지 않는 이유, 연구재단 PM과 글로벌프론티어+ PD와의 차이점 등 제시 필요
- 기존 R&D 사업과 차별화되는 글로벌프론티어+의 특징 제시 필요
  - \* 대형장기사업 사전검토회의당시 산업기술 알키미스트 프로젝트와의 차별성에 대해서 많은 질문이 이어진 것을 고려하여 더욱 자세한 차별성 분석 필요
- 변혁적 R&D로서 추진할만한 기술테마 도출 고도화 필요
  - \* 기술기획위원회를 통해 도출한 기술은 점증적 목표를 설정한 것으로 보이며, 유망분야 변혁적 성과 확보를 위한 크리티컬한 이슈를 제시하고 이를 해결하기 위한 방안과 구체적·정량적 목표 제시 필요

## 글로벌프론티어 플러스 기획회의

<'22.4.22(금), 과학기술정보통신부>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 사업논리 및 보고서 보완
- 일시·장소 : '22.04.22(금), 과학기술정보통신부
- 참석자 : 약 5명
  - 과기정통부(연구개발정책과 김연학 서기관, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(황수정 박사, 신재빈 박사)
  - 다원그룹(김종찬 팀장)

### □ 주요 논의사항

- 글로벌프론티어+ 요약 보고서 주요 내용 검토 및 보완
- 글로벌프론티어+ 사업의 변혁적 R&D로서의 성과목표 보완
  - 통상적인 R&D에서 사용하는 논문·특허 등 성과지표라도 변혁적 R&D로서의 성과를 드러낼 수 있는 지표로 변형 활용방안 검토 필요
    - \* 현재 설정된 성과목표는 삼극특허 40건, 변혁적 연구 목표 달성(100% 6건, 80% 1건), 후속투자유치 3,000억원, 기술이전건수 400건 등임
    - \* 논문 및 특허의 경우 통상적인 정량적 도출건수 설정이 아니라, 기존에 없던 지식을 확보하는 측면에서의 지표 검토가 필요하며, 예컨대 OECD 보고서(Effective Policies to foster high-risk/high-reward research)에 언급된 지표 활용 가능성 검토 필요
  - 기존에 설정된 성과지표 중 사업화 성과를 나타낼 수 있는 지표의 근거를 보완하여 명확한 성과수치 제시 필요
    - \* 현재 후속투자유치 3,000억원, 기술이전건수 400건 등에 대한 근거 제시가 미흡하여, 선행사업이나 유사사업, 해외 벤치마킹 대상 사업 등의 투입 대비 산출효과를 조사하여 이를 활용한 명확한 근거-성과목표 제시 필요

## 글로벌프론티어 플러스 기획회의

<'22.5.06(금), 다원그룹>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 사업논리 및 보고서 보완
- 일시·장소 : '22.05.06(금), 다원그룹(주)
- 참석자 : 2명
  - 과기정통부(연구개발정책과 김연학 심성은 사무관)
  - 다원그룹(김종찬 팀장)

### □ 주요 논의사항

- 글로벌프론티어+ 요약보고서, 기획보고서 전반적 검토 및 보완
- 글로벌프론티어+ 사업의 예비타당성조사 신청을 위한 평가항목 검토

< 연구개발부문 예비타당성조사의 평가항목별 평가기준과 글프+ 보고서 포함 여부 >

평가항목			평가내용	보고서 포함여부
1계층	2계층	3계층		
과기타 당성	• 문제/이슈 도출의 적절성		• 문제/이슈 식별 과정·결과 의 적절성	○
	• 사업목표의 적절성		• 목표 설정의 적절성	○
	• 세부활동 및 추진 전략의 적절성		• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성 • 추진체계 및 추진전략을 통한 세부활동 간의 연계 성 구체화 정도	○
정책타 당성	• 정책의 일관성 및 추진체계	• 상위계획과의 부합성	• 정부에서 공식적으로 발표 한 중·장기 계획과의 부합 정도	○
		• 사업 추진체계 및 추 진의지	• 선택군 계획과 관련된 사 업들간의 차별성 및 연계 방안 • 사업 거버넌스	△ (타 목차 제시)
	• 사업 추진상의 위 험 요인	• 재원조달 가능성	• 사업의 원활한 추진을 위 한 재원 부담주체의 재원 조달 가능성 여부	○
		• 법·제도적 위험요인	• 사업 추진을 위한 법·제도 적 제한 여부 • WTO 보조금협정 상의 위 험요인 및 대응 방안	○
경제타 당성	• 경제성		• 사업비 및 비용 추정 • 비용편익 분석/비용효과 분 석	○

\* 출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, KISTEP, 2020.01.

## 글로벌프론티어 플러스 기술기획위원회의

<'22.5.02~22(월~일), 다원그룹>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 기술테마 작성
- 일시·장소 : '22.05.02~22(월~일), 비대면
- 응답자 : 5명
  - 기술기획위원(권오석 선임연구원, 박태주 교수, 이상호 교수, 임형준 박사, 신병하 교수)

### □ 회신결과

- 글로벌프론티어+ 사업 기술테마 작성자료 회신

< 글로벌프론티어+ 사업 기술테마 회신현황 >

No.	기술테마	담당자
1	• 3분 충전 300km 주행이 가능한 차세대 이차전지	한국연구재단
2	• CO2 전환율 80% 이상, 생성 화합물(탄화수소 화합물) 수율 40% 이상이 가능한 플라즈마 화학 공정 개발	임형준 박사
3	• 1나노 이하의 옴스트롱급 차세대 반도체 제조 공정기술 개발	임형준 박사
4	• 외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm3 급 환경 정보 센싱 모듈 개발	임형준 박사
5	• 작고 (0.2인치) 가벼워 (50g) 안경에 장착할 수 있고 야외에서도 사용가능한 고휘도 (2000nit) 고해상도 (FHD 급) 증강현실용 마이크로 디스플레이 제작 기술	신병하 교수
6	• 500도 이하 저온 공정을 이용한 비실리콘계 층상 구조 반도체 소재 원자레벨 증착 및 고결정화 구현	박태주 교수
7	• 300um 분해능, 진동감지 주파수 500Hz의 초고해상도 능동구동 감각 센서 어레이	이상호 교수
8	• BBB 40%의 고투과, 경구투여량 흡수율 50%의 항체 기술개발	이상호 교수
9	• AI 딥러닝 BD 구축을 위한 고집적화 약물 스크리닝 기술, 고정밀 측정 기술 (1fM)	권오석 선임연구원
10	• 태양에너지 이산화탄소 전환 효율 이론치 30 %이상을 달성하는 유용물질 생산기술	이상호 교수
11	• 환경 특이적 생존( $\leq 10^{-8}$ ), 특정물질 생산에 최적화된 합성 미생물	한국연구재단

## 글로벌프론티어 플러스 총괄기획위원회의

<'22.5.17(화), 비대면>

### □ 회의 개요

- 목적 : 글로벌프론티어+ 사업논리 및 보고서 보완
- 일시·장소 : '22.05.06(금), 다원그룹(주)
- 참석자 : 2명
  - 과기정통부(연구개발정책과 이창윤 국장, 이창선 과장, 심성은 사무관)
  - 한국연구재단(유지범 본부장, 한동성 실장)
  - 총괄기획위원(이관영 부총장, 이조원 원장, 고영주 원장, 김성훈 단장, 임환 본부장, 송용설 대표)
  - 다원그룹(김종찬 팀장)

### □ 주요 질의-응답사항

- 미래도전형 프로그램 -> 필수전략형 프로그램 포션은 어느정도인지?
  - > 포션은 정해져 있지 않음
- 연구개발을 총괄하는 PD와 기술사업화를 담당하는 T2M은 어느정도 규모로 구성할 예정인지?, T2M은 사업단별로 구성하는지?
  - > 기술사업화 PD, 미래도전형 PD를 별도로 구성하고, 기술사업화를 담당하는 T2M은 PD의 절반정도 규모로 구성하며, T2M은 개별 사업단이 아닌 총괄법인 소속으로 공통 관리할 계획임
- Top-down인 필수전략형 프로그램의 지원대상 아이템이 사업의 구체성 측면에서 가장 핵심적인 사항으로 생각되는데 어떻게 구성할 것인지?
  - > 기술기획위원회를 통해 10개 정도의 자료를 작성 중으로 고도화하여 보고서에 반영할 계획
  - > 예타와 사전검토를 병행하여 변혁적 기술을 정의하는데 너무 골몰하지 말고 기술기획을 통해 사례를 제시하는 것이 현실적
  - > 전국의 연구자 분들에게 집단지성형으로 의견들을 모아서 공청



회나 debate를 통해서 엄중하게 진행하여, 공개적 방법을 통해서 모든 커뮤니티가 동의하는 중요한 과제에 대해서 사업단이 디테일을 구상하는 것이 바람직

○ PD의 객관성 확보 방안은 있는지?

-> PD보다는 조직에 대한 문제로 이해되며, APRA-E나 DARPA의 PD/PM 제도와 마찬가지로 독립적으로 활동할 수 있는 권한과 기능을 부여하는 방안을 마련하였음

○ 21세기프론티어가 관리형 단장이었고 글로벌프론티어는 연구형 단장이었으며 글로벌프론티어+에서는 이를 혼합하여 관리체계와 연구체계를 분리하는 것으로 이해됨. 연구단장이 연구과제를 수행하지 못하는 형태인데 장기연구에서 연구단장의 직접 연구수행 없이 트렌드를 따라갈 수 있을 것인지?

-> 현재 글로벌프론티어사업은 사업단장이 연구와 관리를 모두 하는 형태이나, 글로벌프론티어+사업은 연구는 연구자가 하되 총괄책임은 PD가 사업에 대한 컨설팅형 평가를 하는 것으로 이원화되어 있어, PD를 통한 연구수행 관리가 가능

\* 글로벌프론티어+사업은 과거의 시스템을 반복하는 것이 아니라 전형적인 ARPA-E, DARPA 방식을 반영한 것으로 사업단장이 모든 행정적인 책임을 지고 있지는 않지만 연구에 대한 권한은 보유하며, 대신 선정에 대한 부분은 PD와 별도로 분리하여 목표 달성 과정의 이행을 꾸준히 컨설팅하는 체계로 반영하였음

-> 필수전략형 프로그램의 연구기간을 10년을 설정하였으나 그 중간에 중단되는 것도 상당하리라 예상하고 있음

-> 기존 글로벌프론티어사업에서는 책임자가 연구와 관리를 모두 담당하였는데 실제로서 관리에 어려움이 발생하여 연구종료 후 관련자가 모두 흩어지는 현상이 발생하였음

○ 글로벌프론티어+ 사업의 프로그램을 크게 두가지(필수전략형, 미래도전형)으로 설정하였는데 그랜드챌린지 형태로 하나로 합치고, 여러 유사 프로그램(과학난제, 혁신도전프로젝트, 미래융합도전파이오니어)이 추진되고 있는데 그것을 활용하는 방안은 어떠한지?

- > 해외에서도 변혁적 기술을 장기적으로 지원하기 전에 일부 프로그램에 대한 체계적인 검증이 필요한 경우 소규모로 진행하는 경우와, 국가가 전략적으로 분야를 잡았으나 불확실한 가치창출 가능성이 존재하기 때문에 필수전략형 및 미래도전형 2트랙으로 R&D 방안을 설정하였음
- 글로벌프론티어+ 사업 명칭은 기존 글로벌프론티어 사업을 지속하겠다는 느낌을 주고 있어 명칭을 변경하는 것은 어떠한지?
  - > 명칭 변경을 고민해 보겠음
- 변혁적 기술을 확보하기 위한 R&D의 경우 아직 시장이 없어 기술이전 등 사업화 성과 창출이 쉽지 않다는 의견이 많아 사업 관계자의 역할들이 바뀌어야 할 것으로 보임
- 선도하는 것은 추격하는 것보다 많은 자원 투입이 되어야 하고, Trial & error가 많을 텐데, 우리가 변혁적 기술을 확보하기 위해 어떠한 방법론을 제시할 것인가가 중요하며 이에 대한 논리 보완이 필요함
- 필수전략형 프로그램 기간을 10년 고정이 아니라 7~10년 정도로 설정하여 미래도전형 -> 필수전략형을 연계하는 방안에 대한 검토 필요
- 학회 참여 등 다양한 미래도전형 테마가 될 수 있는 3년짜리 아이টে임을 지속하여 발굴하기 위한 방안이 필요함
- 필수전략형이나 미래도전형 아이টে임을 발굴할 수 있는 시간을 예타 신청 이전에 추진하는 것이 바람직할 수 있음
- R&D 환경에서 '속도가 중요한 요소로서, AI 등 Data 기반의 연구시스템을 갖추어 연구 진행을 빠르게 할 수 있도록 하는 study나 작업연구를 포함하는 시스템 및 기반 인프라 적용에 대한 검토 필요
  - \* 글로벌 기업과의 공동연구시 온라인 시스템에서 2주마다 경과 공유·발표 미팅을 진행하여 상시 연구관리를 진행하는 데이터·성과중심 인프라 사용
- 소규모 융합연구의 경우 설계-연구-사업화 과정 모두에 융합 개념이 적용되어 속도감 있게 PD를 지원하는 팀 구성이 중요
- IBS의 글로벌 평가단처럼 글로벌프론티어+에서는 peer review를 통해 변혁적 기술인지 여부를 판단하는 관리·평가시스템을 갖추는 것이 바람직함

## 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]

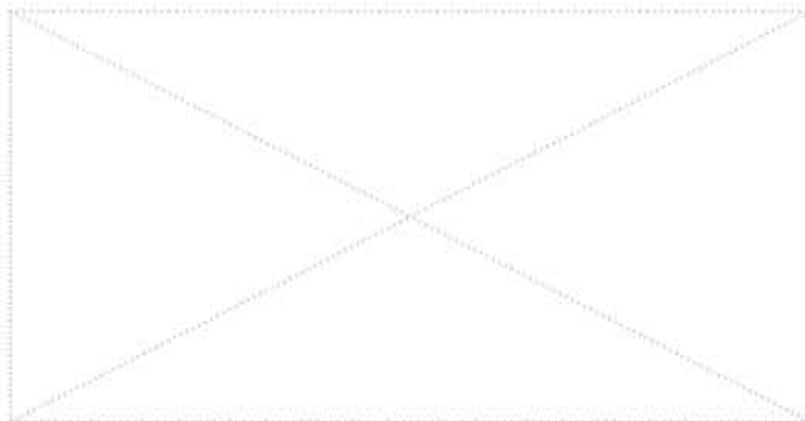
- － 이차전지는 글로벌 경쟁력을 보유한 국내 대표 산업으로 경쟁심화 및 각국의 공급망 내재화에 대응한 기술확보 필요
  - \* 한국·중국·일본이 글로벌 이차전지 시장의 95% 점유('20년)
  - \* 최근, 유럽 중심으로 신규기업(노스볼트 등) 진입이 활발하며, EV 모델별독점공급 중심에서 EV기업의 내재화·공급기업 다변화 추진

[이차전지 글로벌 시장 흐름]

1990년대	2000년대	2010년대	2020년~
소형 이차전지 중심		전기차 시대 도래	
(일) 리튬이온이차전지 최초 양산 (일) 소나산요 파나소닉 중심	스마트폰 보급 확대 (한·중) 이차전지 기업 성장	(한) 유럽·미·중 글로벌수요 (중) 내수확대 급성장 (일) 테슬라 공급	(한·중·일) + (미·유) 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 n 배 증가할수록 활물질 유효특성 1/n 배 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

[참고 : 현재 수준 : 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	2021/22	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/cm<sup>2</sup>

○ (예시방법 2) 전고체 전지

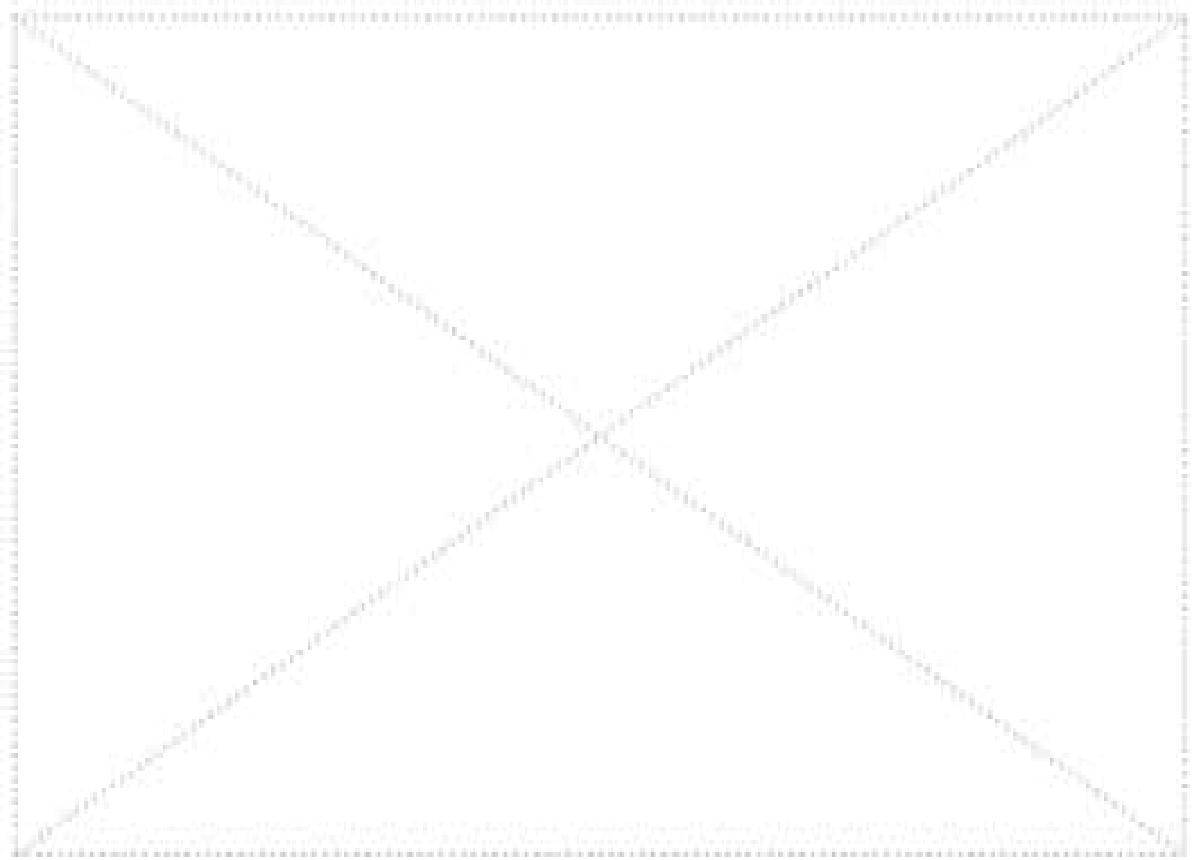
- 고이온전도성 고체 전해질 (산화물: 10<sup>-3</sup> S/cm, CCD > 5 mA/cm<sup>2</sup>, 양극 계면 안정성, 황화물: 10<sup>-2</sup>S/cm, CCD > 5 mA/cm<sup>2</sup>), 신 셀 공정 기술

○ (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

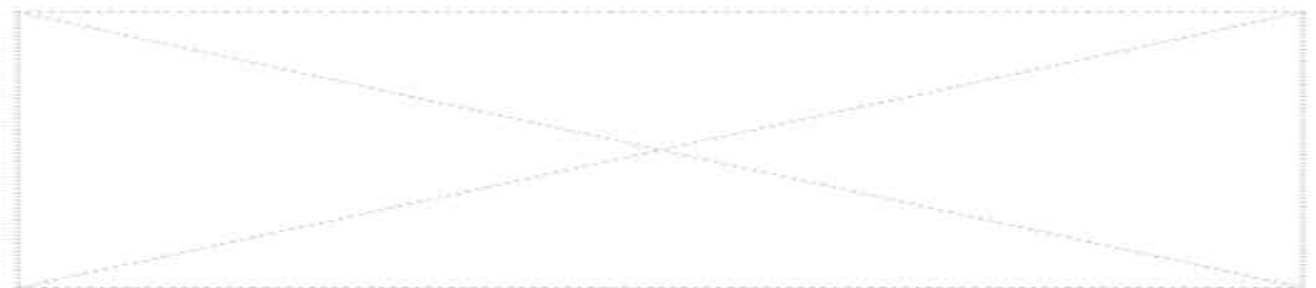
□ 기대효과

- (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)

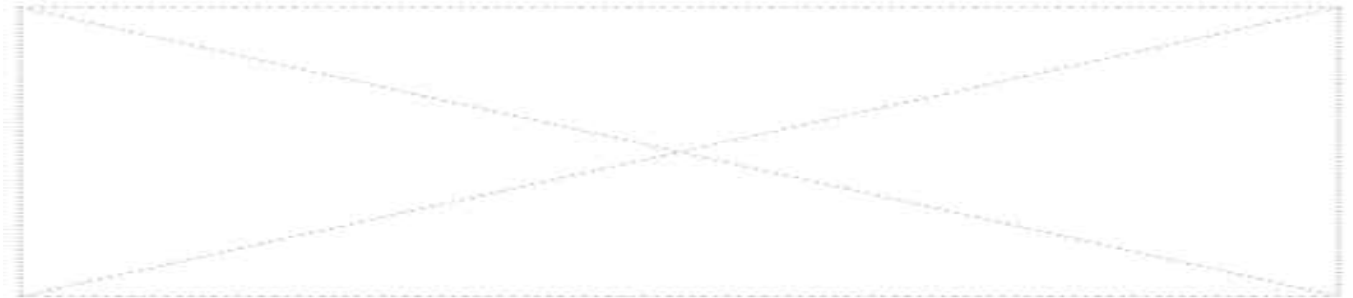


[이차전지 핵심 소재·부품 글로벌 시장점유율('20년)]

- － 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(%), 좌), 전기차용 이차전지 시장점유율(%), 우)]

- **(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

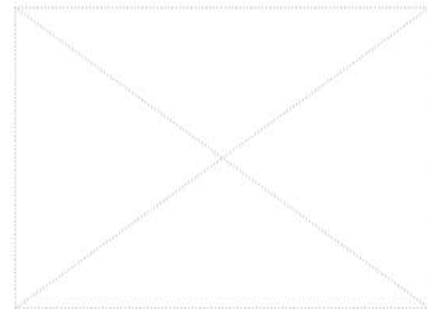
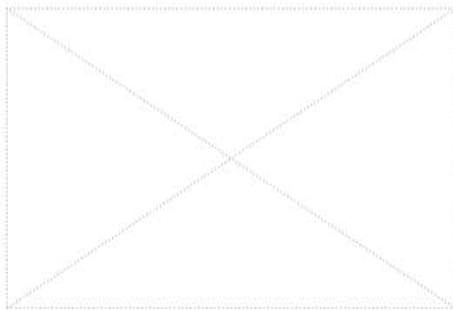
- **(사회적 효과)** 자동차 다양한 내연기관 기반 장비의 전동화를 촉진하여 친환경 사회 구현 기여

## 예시 기술테마 2

- CO2 전환율 80% 이상, 생성 화합물(탄화수소 화합물) 수율 40% 이상이 가능한 플라즈마 화학 공정 개발 -

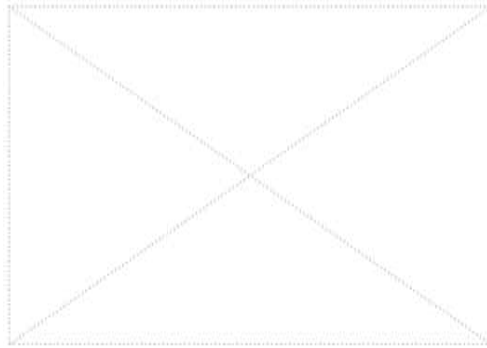
### □ 개발 필요성

- (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(좌) 및 구성 현황(우)]

- 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 4,000만톤 수준



[20년 글로벌 CCS 상업화 설비 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"> <li>• (한전/중부발전) 화력발전 배가스 CO2 습식포집 실증(10MW급)</li> <li>• (한전/남부발전/에너지연) 화력발전 배가스 CO2 건식포집 실증(10MW급)</li> </ul>
화학전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (화학연/부흥산업사) CO2 촉매전환 CO/초산 제조 실증(20톤/년)</li> <li>• (서강대/테크윈/남부발전) CO2 전기전환 개미산 제조 실증(0.5톤/일, CO2처리기준)</li> <li>• (화학연/현대오일뱅크) CO2 촉매전환 메탄올 제조 실증(10톤/일)</li> <li>• (이주대/SKI) CO2 폴리프로필렌 카보네이트 상용화 시도</li> <li>• (그린케미칼) CO2 알킬렌 카보네이트 제조 실증</li> </ul>
생물전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (고려대/지역난방공사) CO2 생물전환(미세조류) 기술실증(광반응기 10톤급)</li> </ul>
광물화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (대우건설) 배가스 CO2 직접광물화 건설소재 생산 실증(40톤/일)</li> <li>• (RIST) 제철슬래그 간접탄산화 탄산칼슘/중탄산나트륨 동시제조 실증(100kg/일)</li> </ul>

\* 출처 : 이산화탄소 포집·활용(CCUS) 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 4,600 억원으로 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 적용하기 위한 비용과 리스크가 높아 기업의 참여가 부족

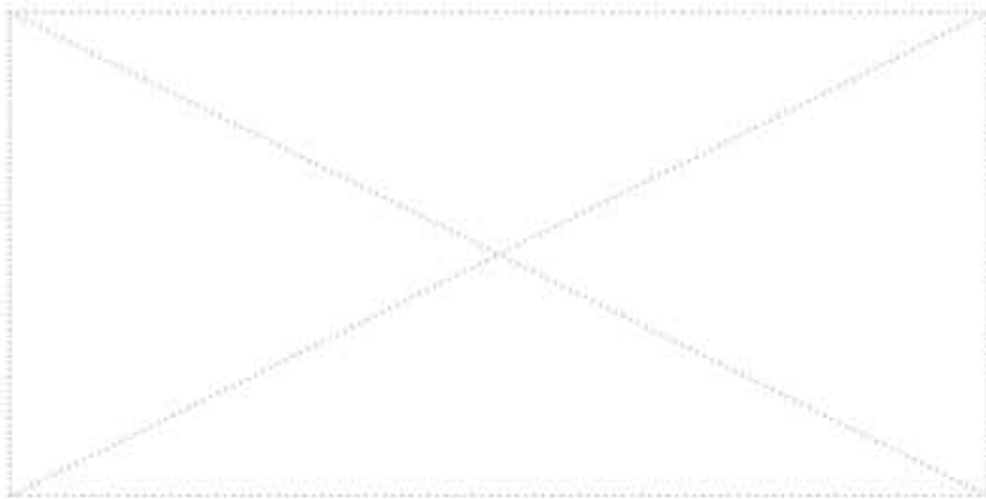
○ (사회적 필요성) 탄소중립 실현을 위한 탄소의 자원화 기술 확보 필요

— 대표적 탄소배출산업인 화학산업의 경우 탄소전환 공정 확보를 촉진하여 탄소중립 목표 달성 기여 필요

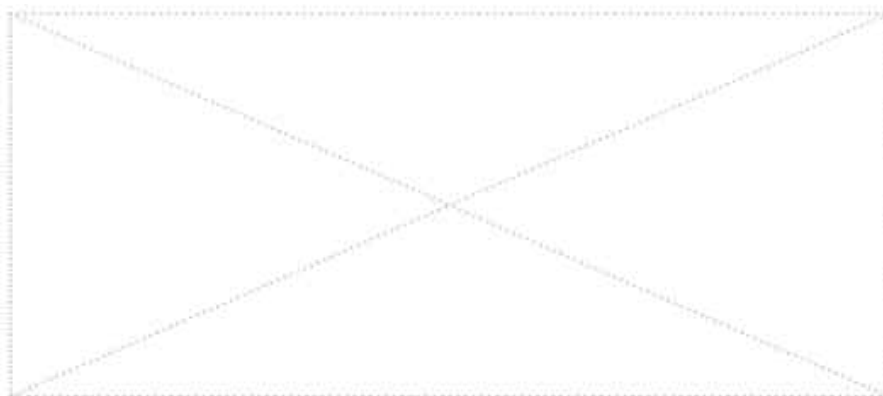
\* IEA의 ‘에너지 기술 전망’ 보고서에 따르면 향후 CCUS 기술이 확보되지 않으면 온실가스 배출 제로에 도달하는 것은 현실적으로 어렵다고 진단

## □ 연구동향

- (기존 기술) CO<sub>2</sub> 전환 공정
- (기존 기술 개발내용) 포집된 CO<sub>2</sub>의 활용은 1) 광물화, 2) 바이오 공정 활용 전환, 3) 화학전환, 크게 3 가지 형태로 분류가 됨
  - 광물화의 경우 CO<sub>2</sub> 고정을 통해 콘크리트 블록, CaCO<sub>3</sub>, Silicam (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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

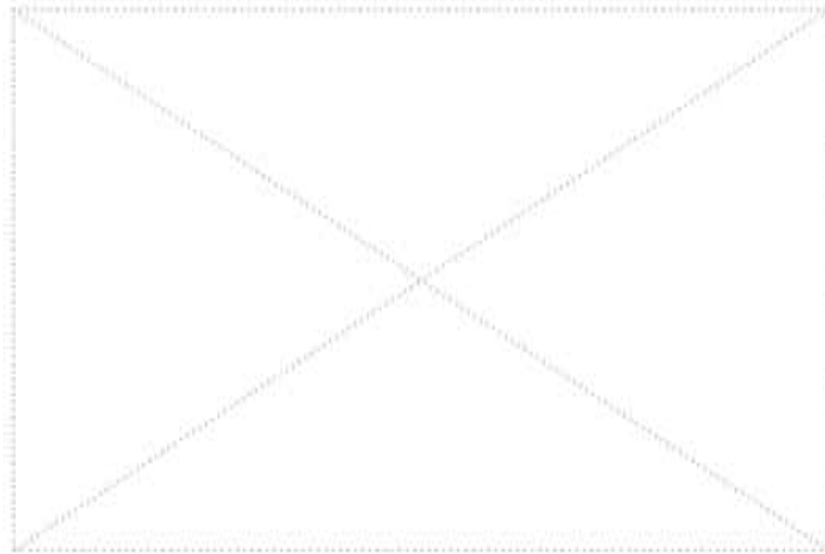
플라즈마 화학 전환 공정을 통해 CO<sub>2</sub> 전환을 통한 화합물 생산

CO<sub>2</sub> 전환율 80% 이상, 생성 화합물(탄화수소 화합물) 수율 40% 이상이 가능한 공정 개발

- (예시방법 1) CO<sub>2</sub> 기반 HC 화합물 합성
  - CO<sub>2</sub> 전환율 80% 이상, HC 화합물 수율 40% 이상이 되는 전환 공정 개발 (Methanation 및 C<sub>2</sub>/C<sub>3</sub> 화합물)
- (예시방법 2) CO<sub>2</sub> 기반 OHC 화합물 합성
  - CO<sub>2</sub> 전환율 80% 이상, HC 화합물 수율 20% 이상이 되는 전환 공정 개발 (알콜 및 알데하이드 등의 OHC 화합물 생성)

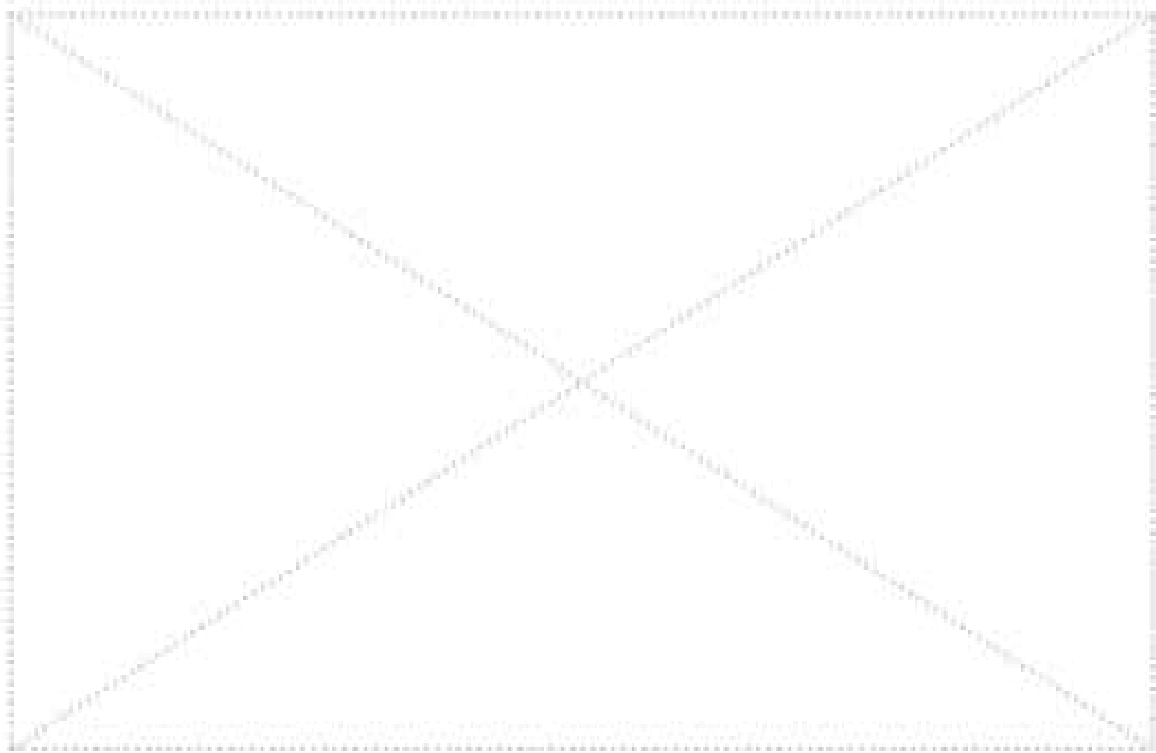
## □ 기대효과

- (패러다임 전환) CCUS 기술 확보를 통해 CO<sub>2</sub>를 비용 관점에서 자원 관점으로 이해하여 수익창출 기회로 인식의 전환 가능
  - \* CCUS는 석탄·LNG발전, 블루수소, 특히 CO<sub>2</sub> 배출이 불가피한 시멘트, 석유화학 업종에서는 거의 유일한 CO<sub>2</sub> 대량 감축수단
  - \* CCUS는 혁신적 CO<sub>2</sub> 감축 수단일 뿐 아니라 CO<sub>2</sub>를 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]

- **(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



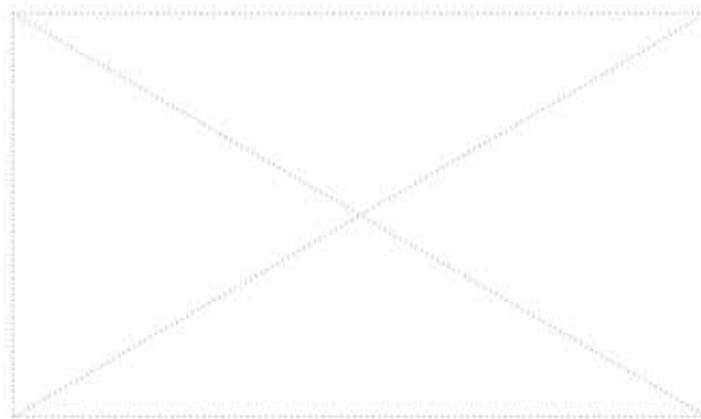
## 예시 기술테마 3

－ 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

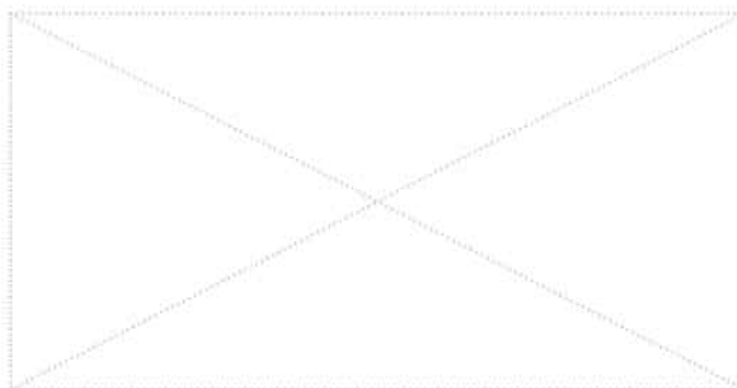


[글로벌 반도체 시장 성장 전망]

(출처 : Semiconductor Market - Trends, Regional Outlook, and Forecast 2021 - 2030, Precedence Research)

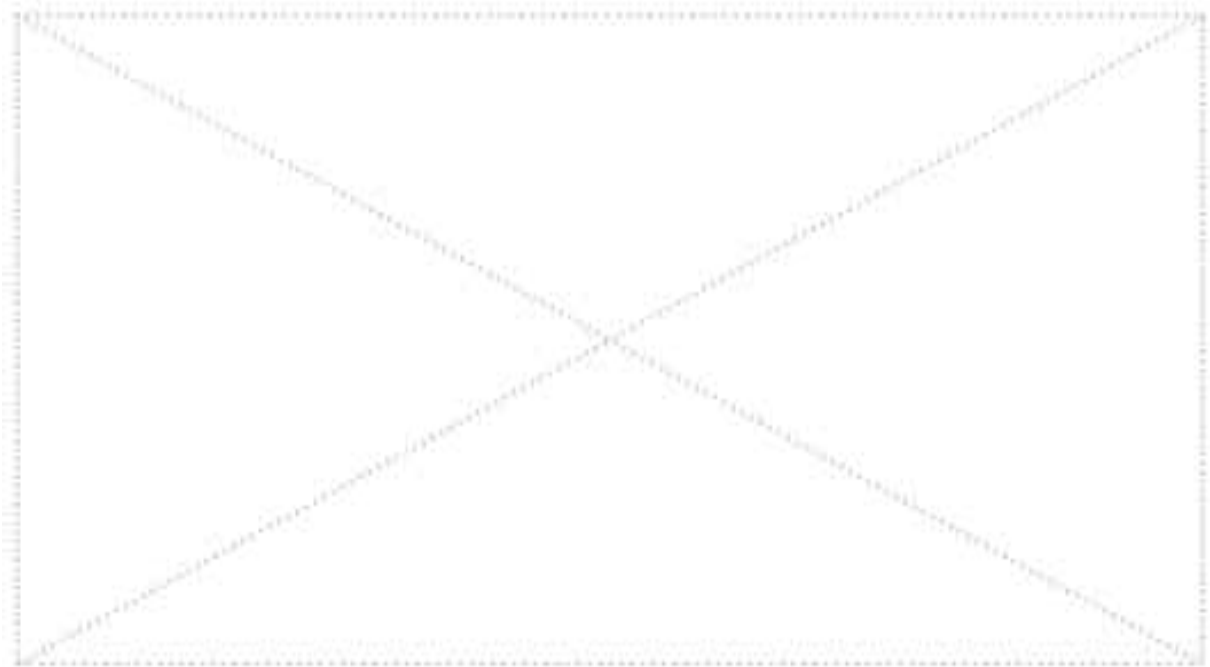
- － 반도체는 승자독식 구조가 뚜렷이 나타나는 국내 주력 산업으로 기술경쟁력 확보를 통한 산업역량 지속 필요

\* 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 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 높인 신기술로 파운드리 업계 1·2위인 TSMC와 삼성전자가 경쟁적으로 개발 중

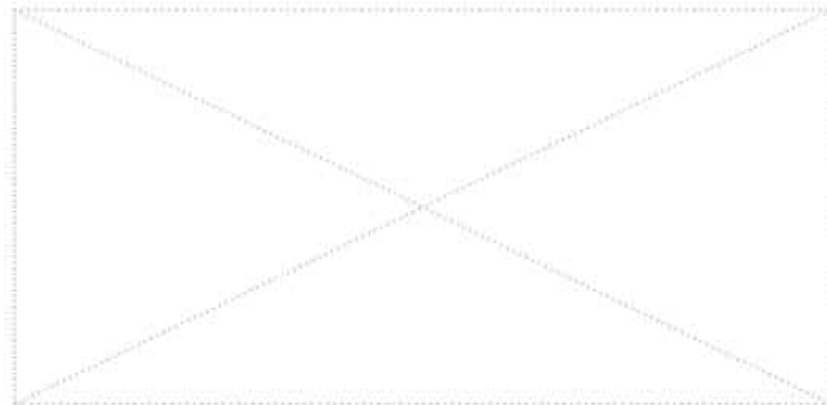


[반도체 기술 란드스케이프]

- (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
  - EUVL 은 고출력의 CO<sub>2</sub> 펄스 레이저를 주석(Sn)에 집중 조사하여 초고온의 플라즈마에 의해 방출되는 빛을 이용
  - 연마, 세정, 식각, 증착 공정은 1970 년대 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)



[참고 : 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 발

생

- 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 응스트롬급 반도체 제조를 위한 공정/평가기술 개발

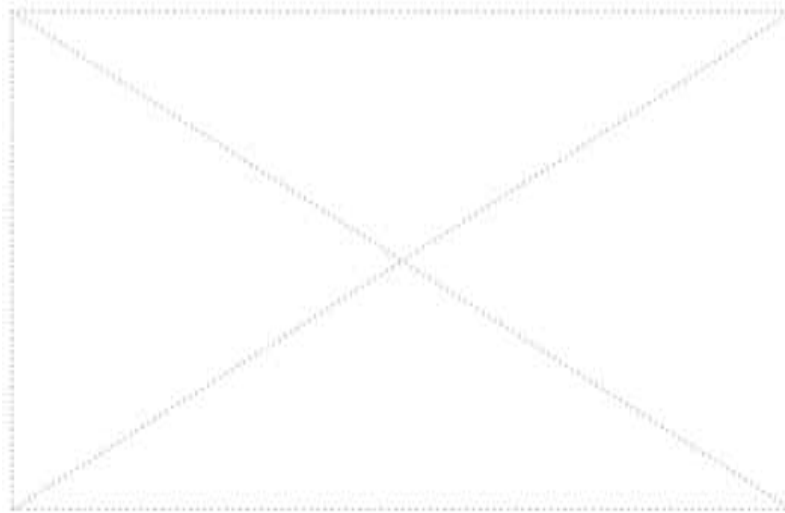
1나노 이하의 고종횡비 미세 반도체에 적용 가능한 공정 지표 도출 및  
공정 성능, 생산성 확보를 위한 소재, 부품, 장비 기술

- (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

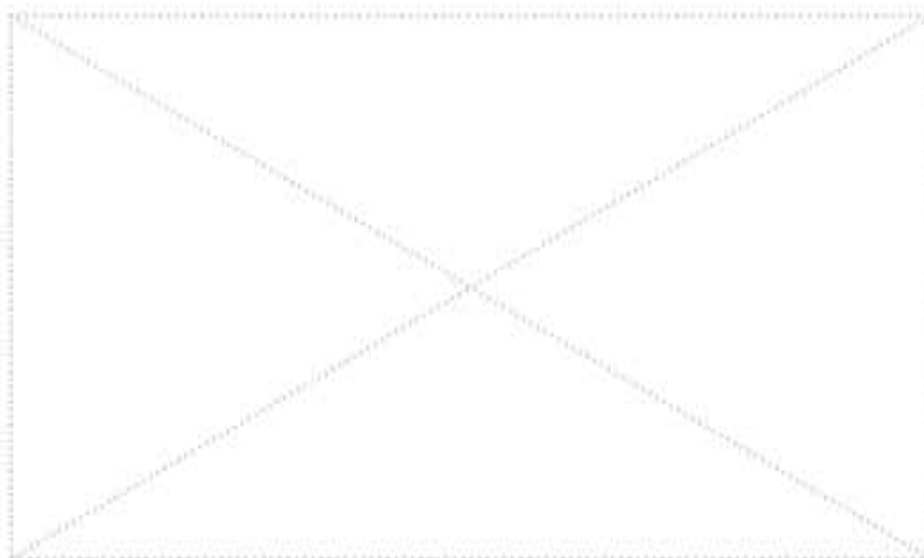
\* 반도체 기술 발전에 따라 PC/인터넷 -> 모바일 -> 고성능컴퓨팅/인공지능/5G로 적용분야가 확장되고 있음



[반도체 기술발전에 따른 적용분야 확장]

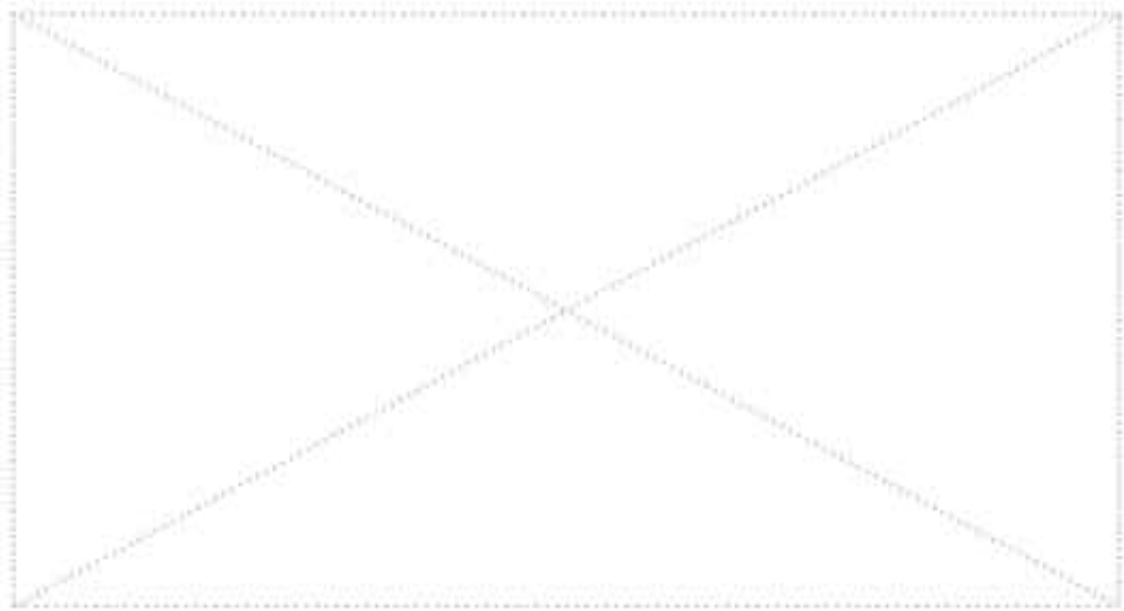
- (경제·산업적효과) 반도체 산업에서의 경쟁우위를 지속하여 글로벌 시장으로의 수출 지속 필요

\* 국내 수출품목 중 반도체의 비중은 약 20%에 달하는 막대한 비중을 차지



[연도별 국내 수출규모 및 반도체 수출 비중]

- (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 cm<sup>3</sup> 급 환경 정보 센싱 모듈 개발 -

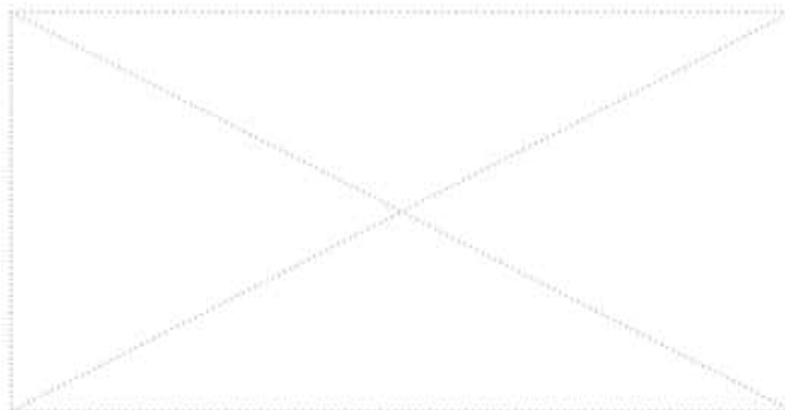
### □ 개발 필요성

- (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 39.5 억불에서 `25년 87.1 억불로 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(O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 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

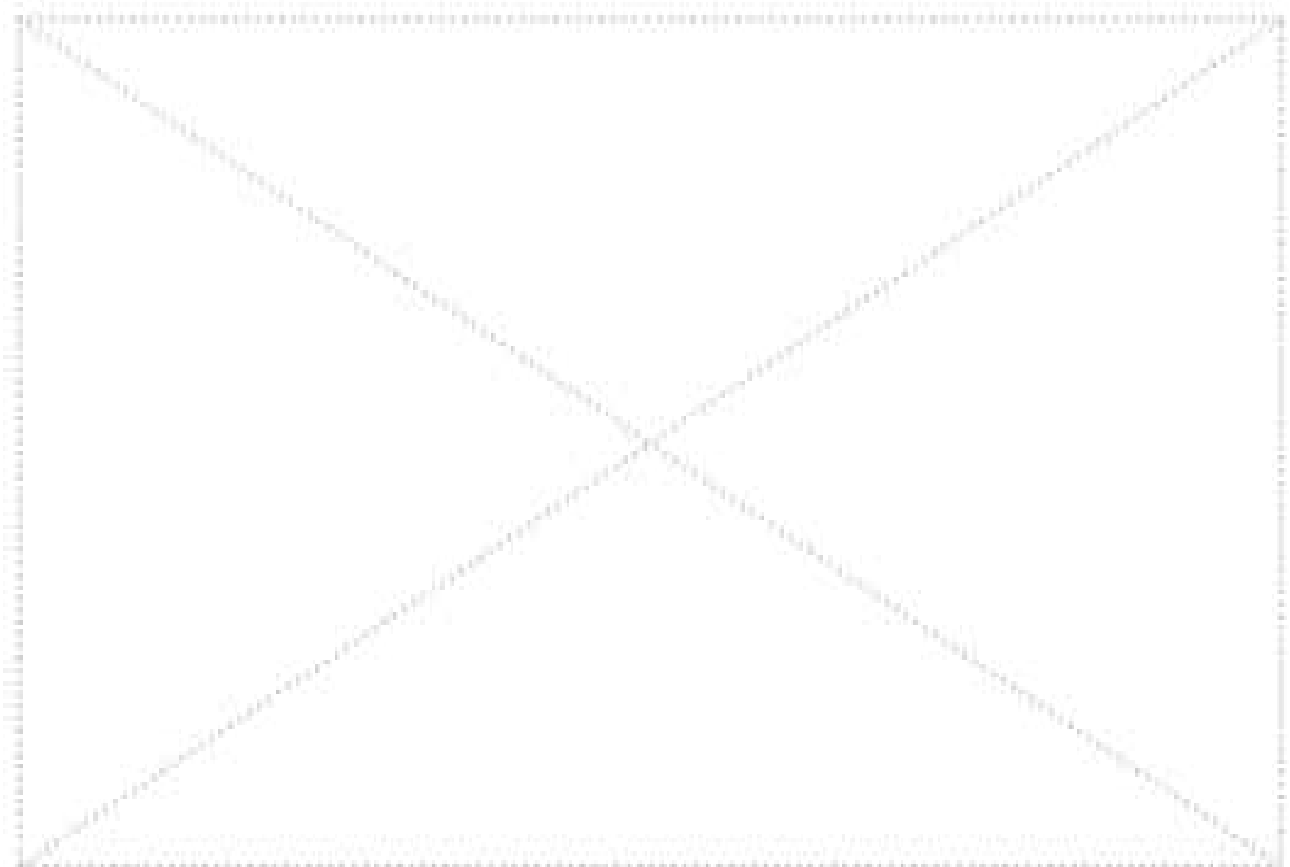
외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm<sup>3</sup> 급 환경 정보  
센싱 모듈 개발

- (예시방법 1) 외부 전원 없이 통신 신뢰도 95% 이상을 갖는 1 cm<sup>3</sup> 급 환경 정보 센싱 모듈 개발
  - － BEMS 시뮬레이션/테스트베드 구축과 건물에너지효율 개선안 제시
  - － 0.4 mAh 용량의 배터리와 1 mW의 에너지 하베스터
  - － 1 cm<sup>3</sup> 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 에너지량을 최소화하고 태양광·지열과 같은 신재생에너지를 활용해 냉·난방 등에 사용하는 에너지로 충당함으로써 에너지 소비를 최소화하는 건물을 의미



[IBEMS 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.

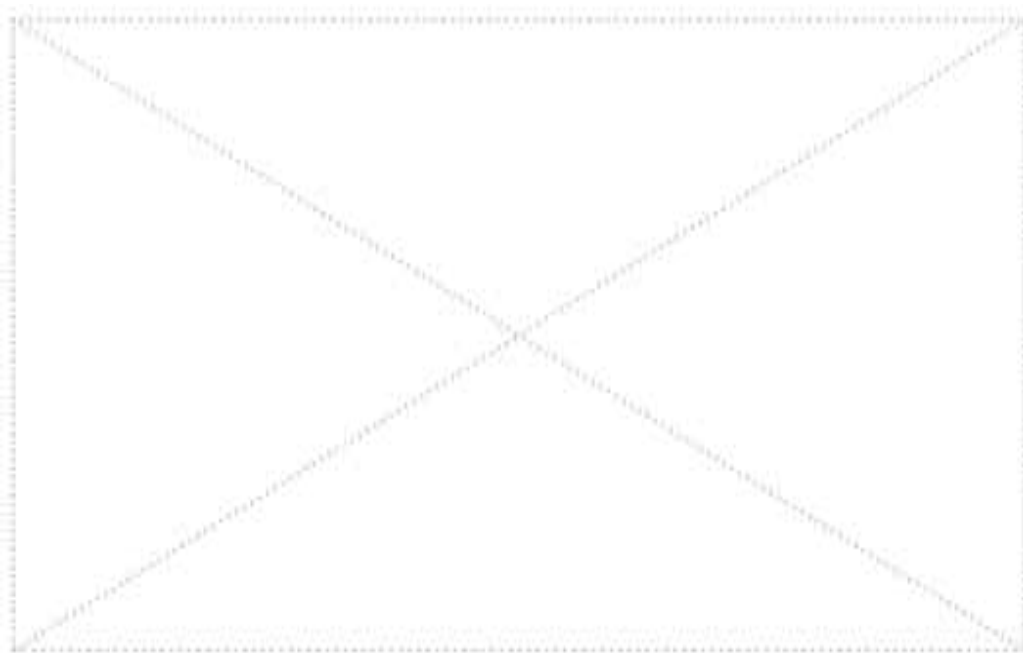
- **(기술적 효과)** 에너지 하베스팅 및 저장 기술 기반 독립전원소자를 무선 센서 통합 모듈에 활용한다면, 건물 내 같은 공간에서 필요에 따라 온도/습도/재실자 조건/공기질 등의 다양한 환경 정보를 얻을 수 있는 센서를 적용할 수 있음.
  - － 현재 건축물 에너지 관리를 위해 건물 도처에 설치되어 있는 센서는 배터리 교체 및 전원 공급의 어려움으로 다수의 다양한 환경 센서를 활용하지 못한다는 단점이 있음.
  - － 이로 인해 건물에너지관리시스템에서 활용할 수 있는 환경정보의 제한으로, 건물 전체 에너지 관리의 제한 및 낮은 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

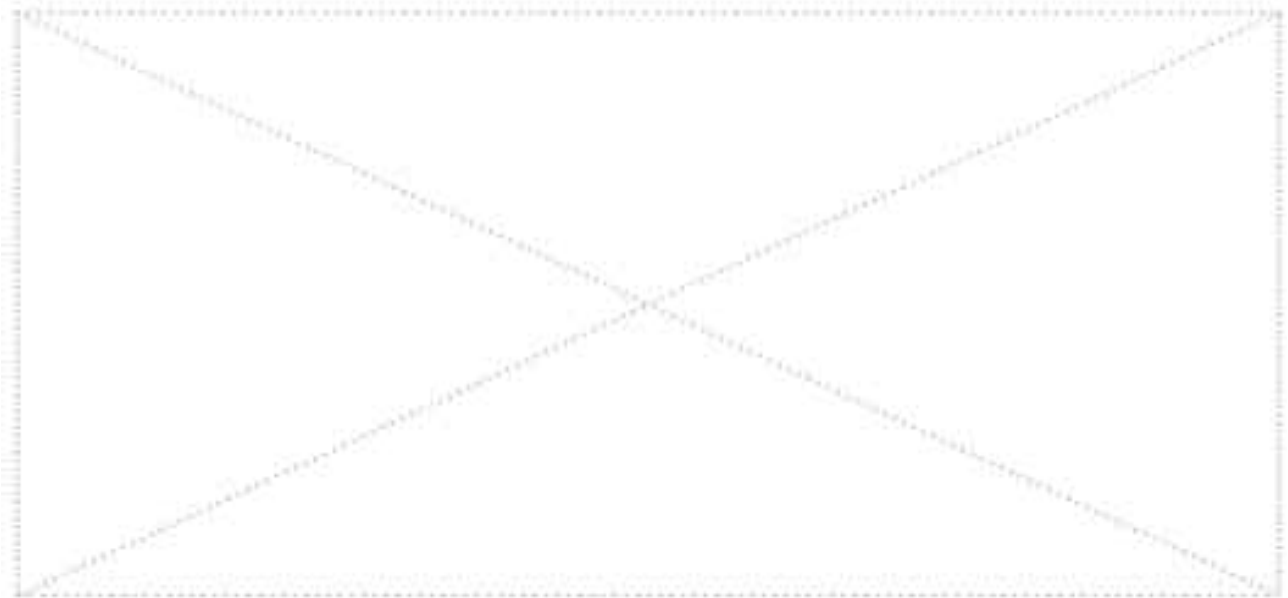


[글로벌 AR 시장전망]

(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 0.2 인치에서 HD 급 풀칼라 해상도 필요 (픽셀 크기 $\sim 10\mu\text{m}^2$ )
  - AR 세트의 소비전력 0.5W 이하 (구동부 소비전력 포함)
  - AR 세트의 무게 50g 이하 (5 시간 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 1000 nit 이상으로 휘도를 높이기 어렵고, 고해상도를 위한 패터닝 기술이 아직 개발되지 않음
  - LED: 현재 개발되고 있는 마이크로 LED는 크기가  $30\mu\text{m}$  수준으로

서 워치, 태블릿, TV용 디스플레이 화소로 채용. 안경장착형 AR용 마이크로 디스플레이를 위해서는 1 $\mu$ 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

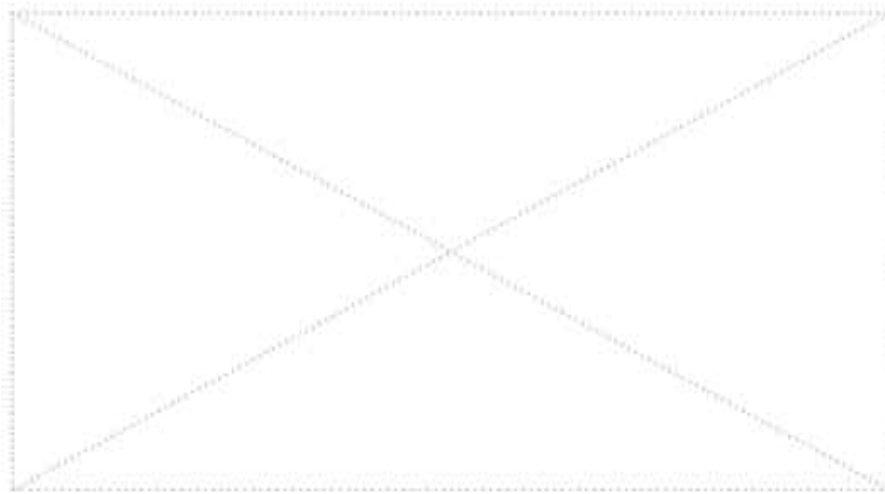
작고 (0.2인치) 가벼워 (50g) 안경에 장착할 수 있고 야외에서도  
사용가능한 고휘도 (2000nit) 고해상도 (FHD급) 증강현실용 마이크로  
디스플레이 제작 기술

- (예시방법 1) LED 혹은 OLED 프론트 플레인 적용 AR 기기
  - 마이크로 디스플레이: 시야휘도 2000nit, 크기 0.2인치에서 2K급 풀칼라 해상도 (픽셀 크기 $\sim 5\mu\text{m}^2$ ), 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

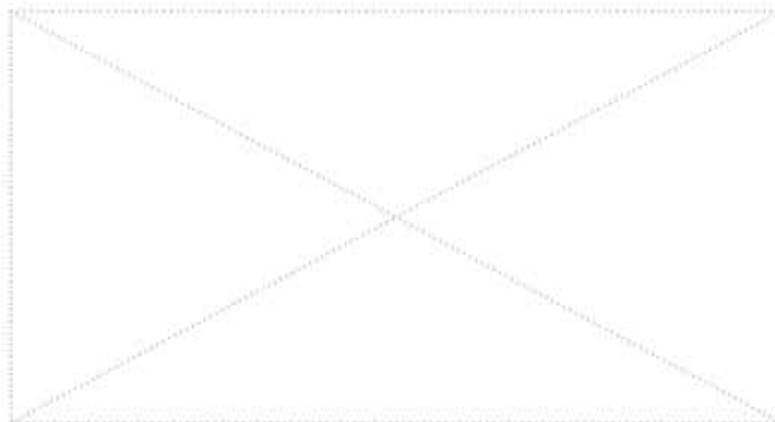
- (패러다임 전환) 기존 경험경제에서 실감경제로 전환하여 물리·사이버 세계의 융합이 가능
  - \* 실감기술은 주로 게임, 영화 등 문화영역에서의 본래적 소비(가계소비)에 한정되어 있었으나, 제조, 의료, 교육, 유통 등 다양한 산업 분야에서 새로운 부가가치를 만들어내기 위해 실감기술을 활용하는 생산적 소비 활동이 증가
  - \* 엑센추어는 헬스케어, 제조·건설, 교육훈련, 유통소비 등 초산업 작업시간의 약 21%에 XR이 활용되어 생산성을 높일 것으로 추정



[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]

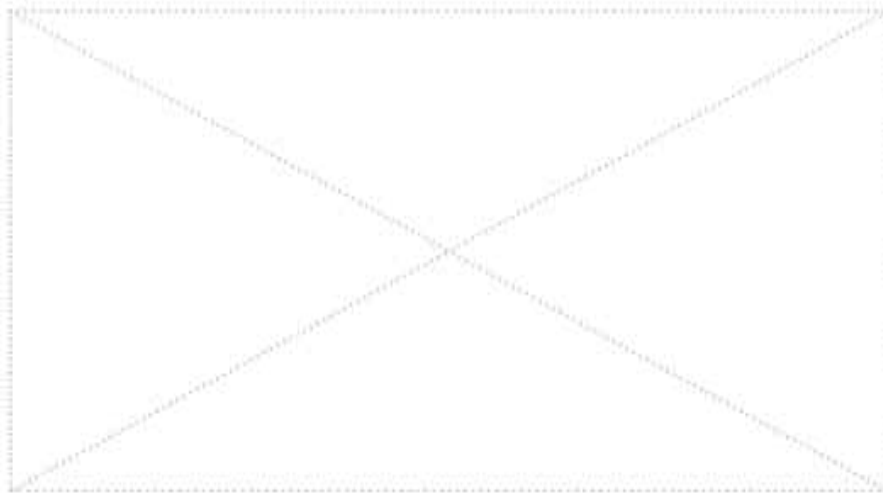
(출처 : 실감경제의 부상과 파급효과, SPRi, 2019)

- **(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)

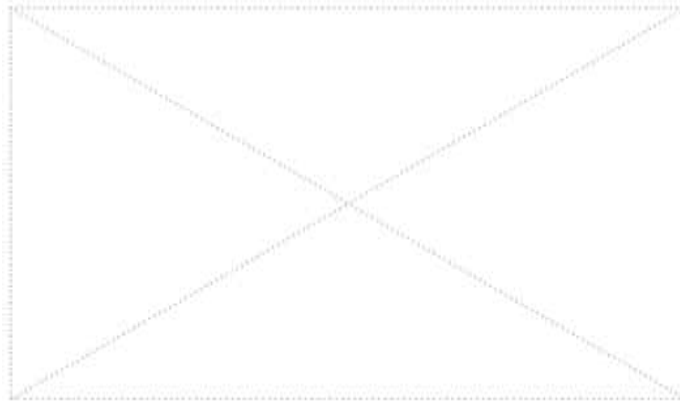
- **(사회적 효과)** 실감경제는 교육, 업무, 문화, 의료 등 다양한 분야에서 시공간적 제약을 넘어선 소통과 활동을 가능하게 만들어 지리적 조건에 따른 지역 격차 해소에 기여할 수 있음

## 예시 기술테마 6

- 500도 이하 저온 공정을 이용한 비실리콘계 층상 구조 반도체 소재 원자레벨 증착 및 고결정화 구현 -

### □ 개발 필요성

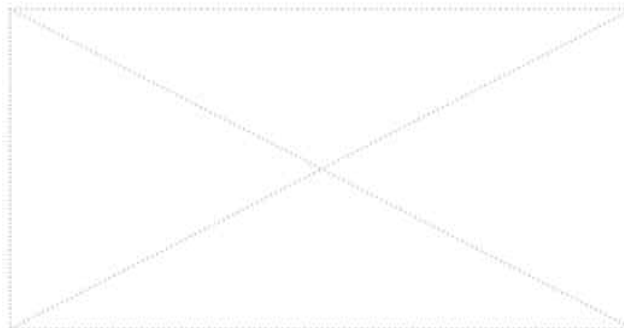
- (경제·산업적 필요성) 모든 사물의 지능화 추세에 따라 반도체 산업 시장규모는 향후 지속 성장할 것으로 전망
  - \* 글로벌 반도체 시장규모는 `21~`30년간 연평균 6.6%씩 성장하여 `30년 시장규모 7,720억 달러에 달할 것으로 예상됨



[글로벌 반도체 시장 성장 전망]

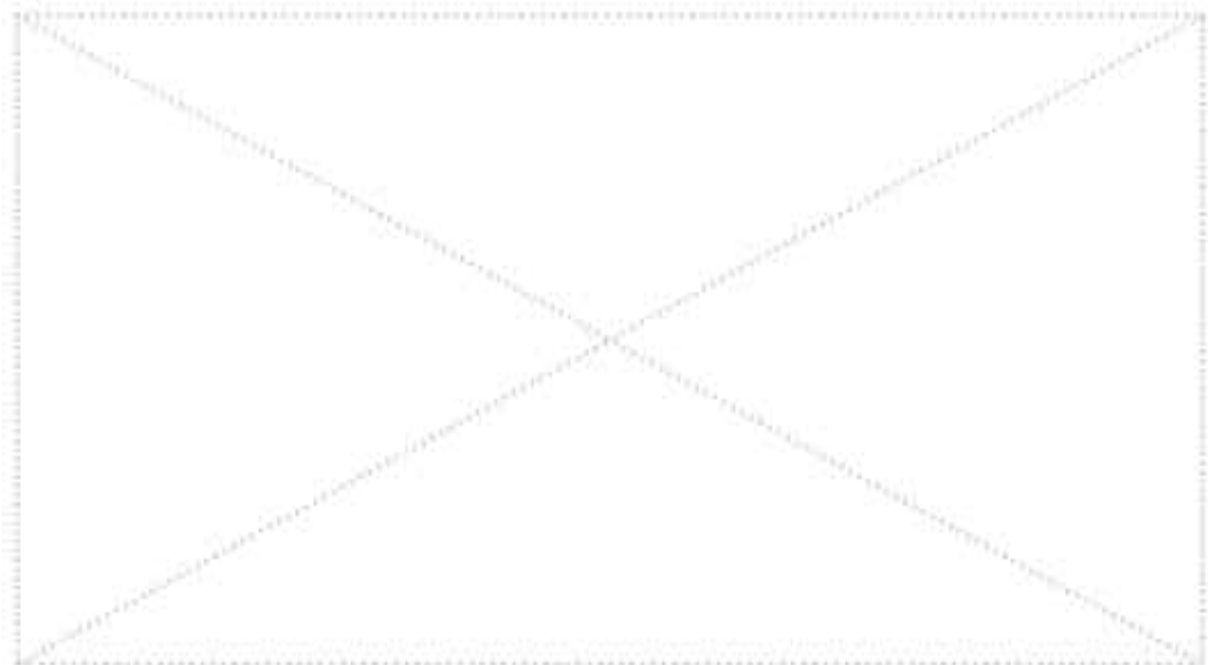
(출처 : Semiconductor Market - Trends, Regional Outlook, and Forecast 2021 - 2030, Precedence Research)

- 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 높인 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 ( $\ll 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 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.

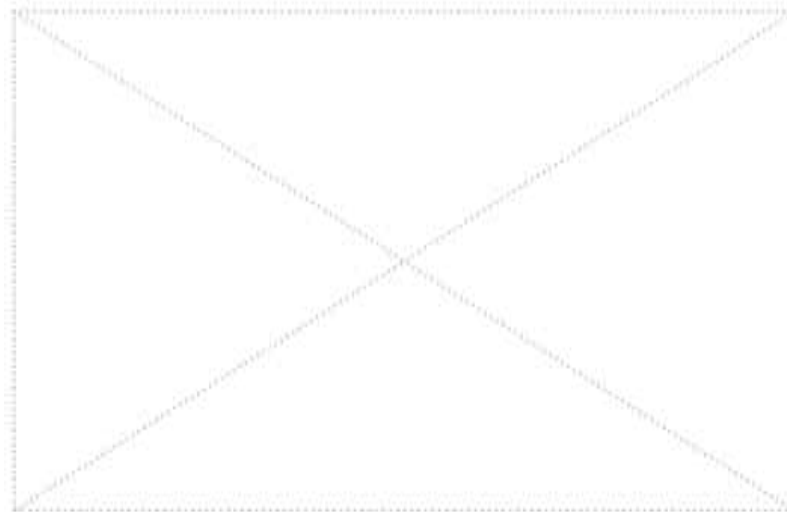
## □ 개발목표

- 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 : >  $30 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  (n-, p-type 모두)
  - on/off current ratio: >  $10^8$
  - 균일도: > 97 % (8 inch wafer 기준)

- 단차피복특성 : > 95 %
- Carrier type 제어
- 공정온도: < 500 ℃
- 식각충수제어: 1 ML

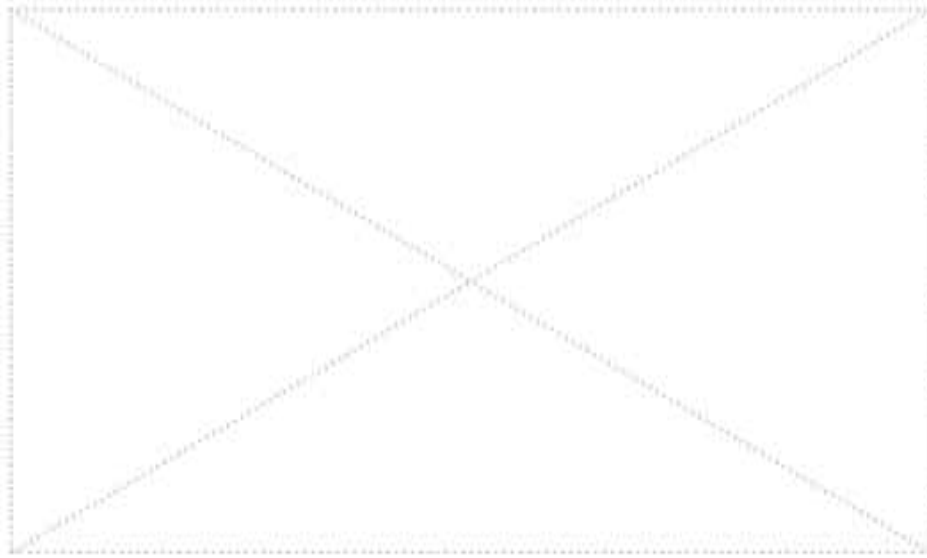
## □ 기대효과

- (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



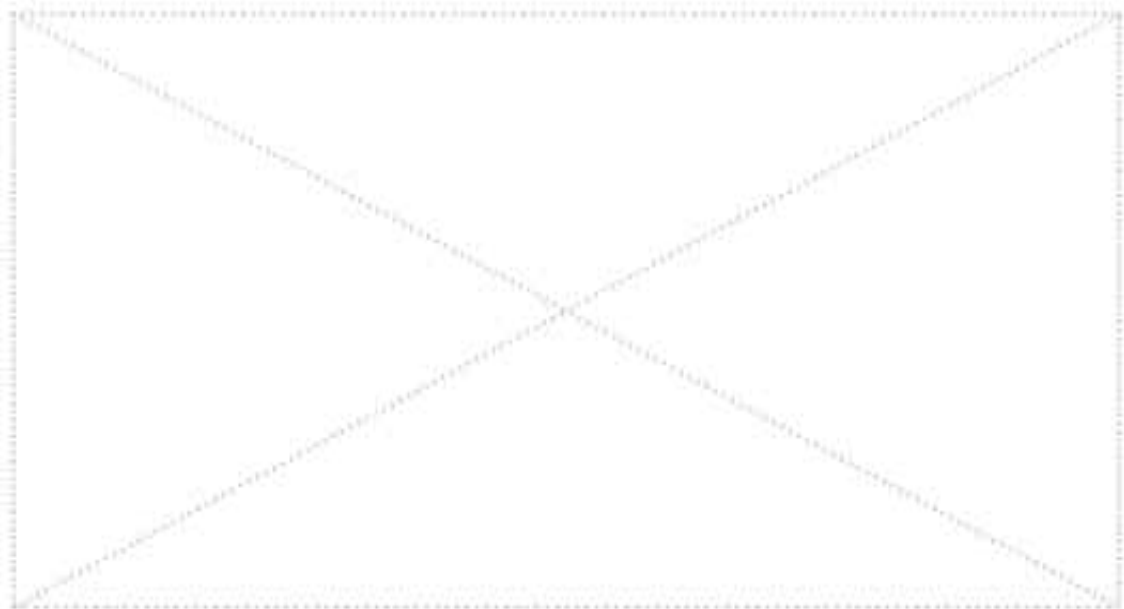
[반도체 기술발전에 따른 적용분야 확장]

- (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]

- (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

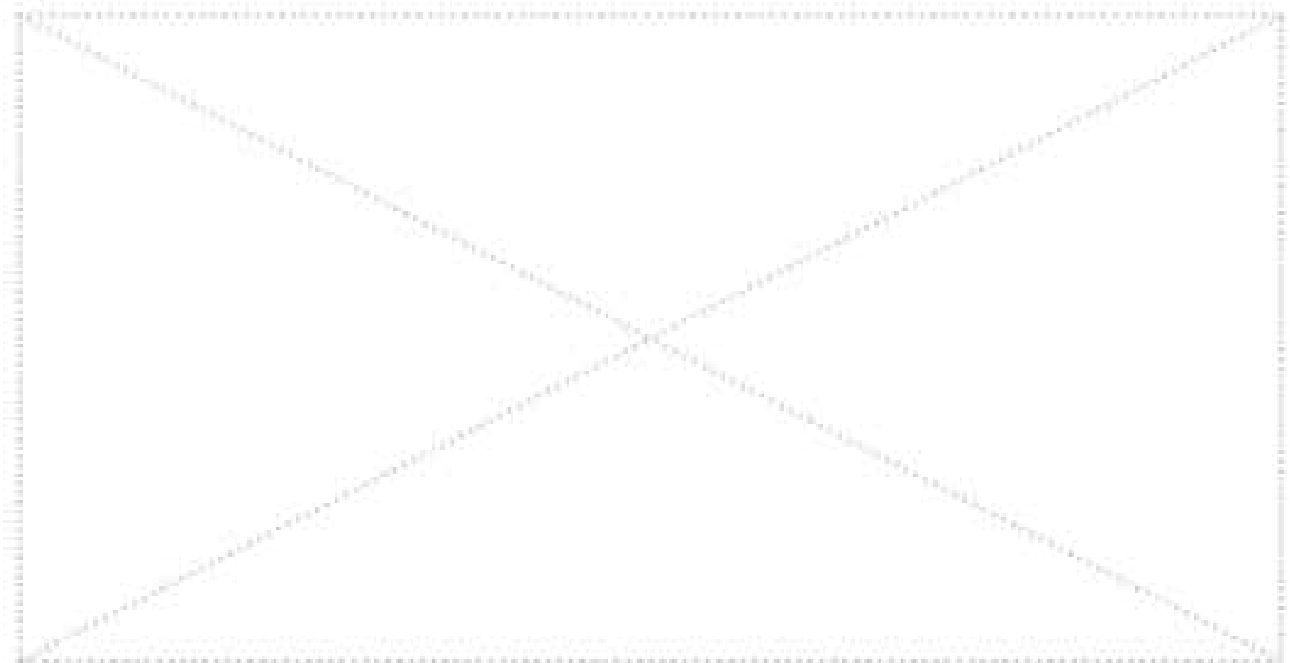


## 예시 기술테마 7

- 300um 분해능, 진동감지 주파수 < 500Hz의 초고해상도 능동구동 감각 센서 어레이 -

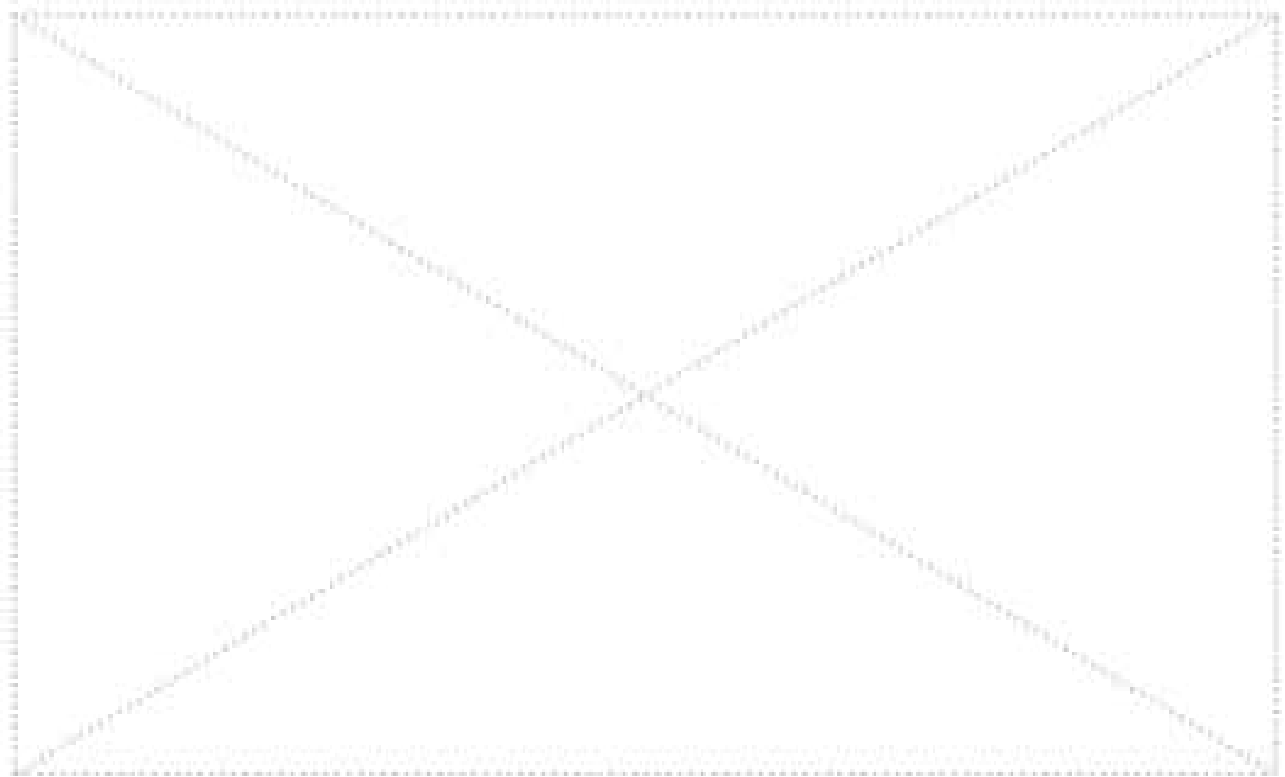
### □ 개발 필요성

- (경제·산업적 필요성) 메타버스 시대 디지털 감각 구현을 위한 전자 피부 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
  - － 3 차원 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 Sight 사)
  - － 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 전기파동의 유형, 강도, 주파수에 따라 달라지는 인공 감각에 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

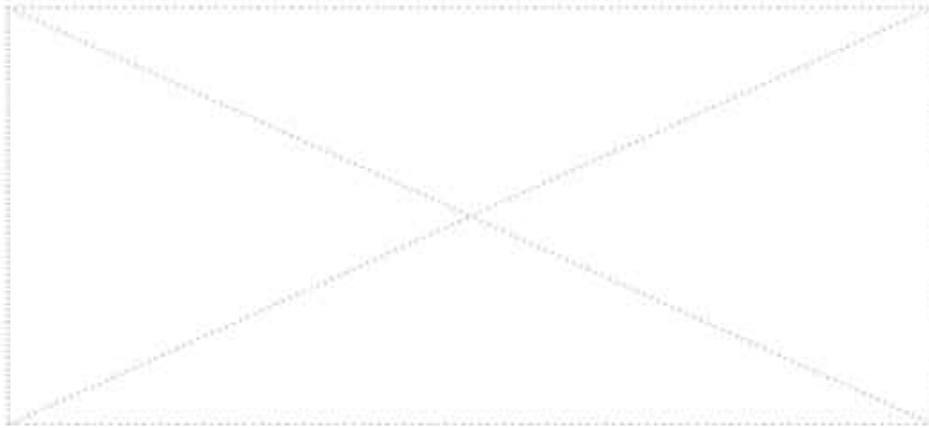
손상된 감각을 디지털 신경자극으로 감각의 재생(복원)과  
기존의 느낄 수 없었던 초감각의 재생 (증강)

- (예시방법 1) 나노구조 멀티감응 소재 기반 감각-뉴런 신호변환 초감각 센서
  - 초고해상도 능동구동의 감각 센서 어레이 (300um 분해능, 진동감지 주파수 < 500Hz) (cf. 인간피부 감지주파수 200 Hz)
- (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) 인공지능 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 쏜단계에 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

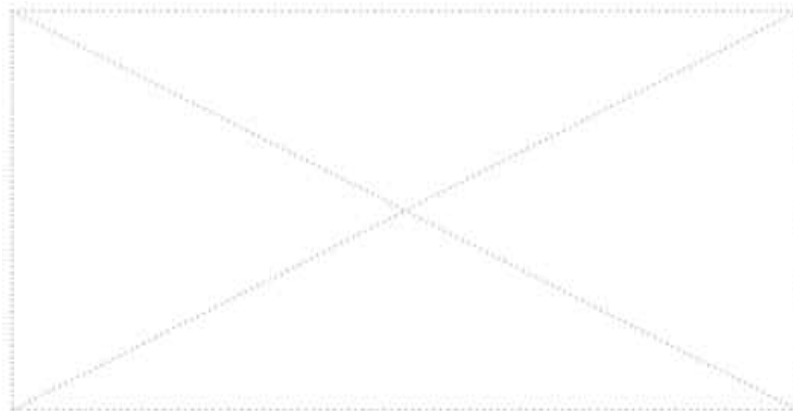
\* (유통) 기존 온라인, 모바일 유통에서 XR 기반 몰입형 가상 유통 환경으로 유통 패러다임이 전환되며 소비자에게 새로운 경험을 제공

## 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 받아들이기에 가장 용이하고 안전하며 경제적인 투여 경로이기에 개발에

다소 시간이 걸리더라도 궁극적으로 가장 큰 시장이 예상되는 분야는 역시 경구 투여 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 106 종의 항체 42%가 10 개 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 능력으로 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

### [참고 : 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	정맥, 피하

	약물이 세포내부에서 작동	
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 높인 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 > 2주)
  - 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 2 주간)
- 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 변

화하여 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 기술 융합 확산
- \* 최근 헬스케어는 건강관리 시스템 및 의료서비스로 이해되며 바이오·헬스케어 산업은 의료서비스, 의료기기, 의약품 제조업을 포함하여 정의 되며 최근 ICT 기술 융합이 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 공백 기술이 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 진단 기술, 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, 폴리

믹신, 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 ( $<1\text{fM}$ ), 인공지능 연계 판독, 고속 타겟 선별/분리 기술, 실시간 분석연계 로봇틱스 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 `20 년 19 억 달러에서 `30 년 70 억 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 10 년간(`10~`19) CCUS 분야 정부 R&D 총 규모는 4,600 억원으로 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.
  - 2022 년까지 연간 100 만톤의 이산화탄소 포집을 목표로 연구하고 있으며, 일부는 2025 년까지 연간 200 만톤 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.

[참고 : 현재 수준 : 기존 세계적인 DAC 관력 기술 수준 및 목표]

	Carbon Engineering	Climeworks	Global Thermostat
설립연도	2009	2009	2010
연간 탄소 포집량 (tCO <sub>2</sub> /yr)	~ 365	~1,000s	~1,000
흡수제 재생 필요 온도	900 °C	80 ~ 120 °C	105 ~ 120 °C
포집 비용 (USD/tCO <sub>2</sub> )	-	500 ~ 600	-
향후 계획	2022년 연간 1Mt CO <sub>2</sub> /yr	2025 연간 2 Mt/yr	-





## □ 개발목표

From DAC (Direct Air Capture) to New DAC (Direct Air Conversion): CO<sub>2</sub> free Game Changer Tech

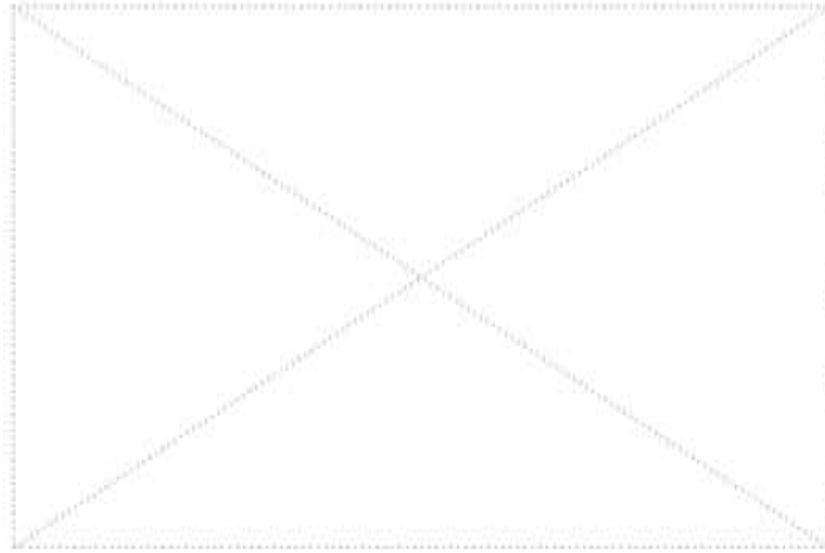
– 포집없이 공기중의 이산화탄소 전환 및 이를 통한 유용물질 생산  
(생분해성 플라스틱 및 대체육)

- (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

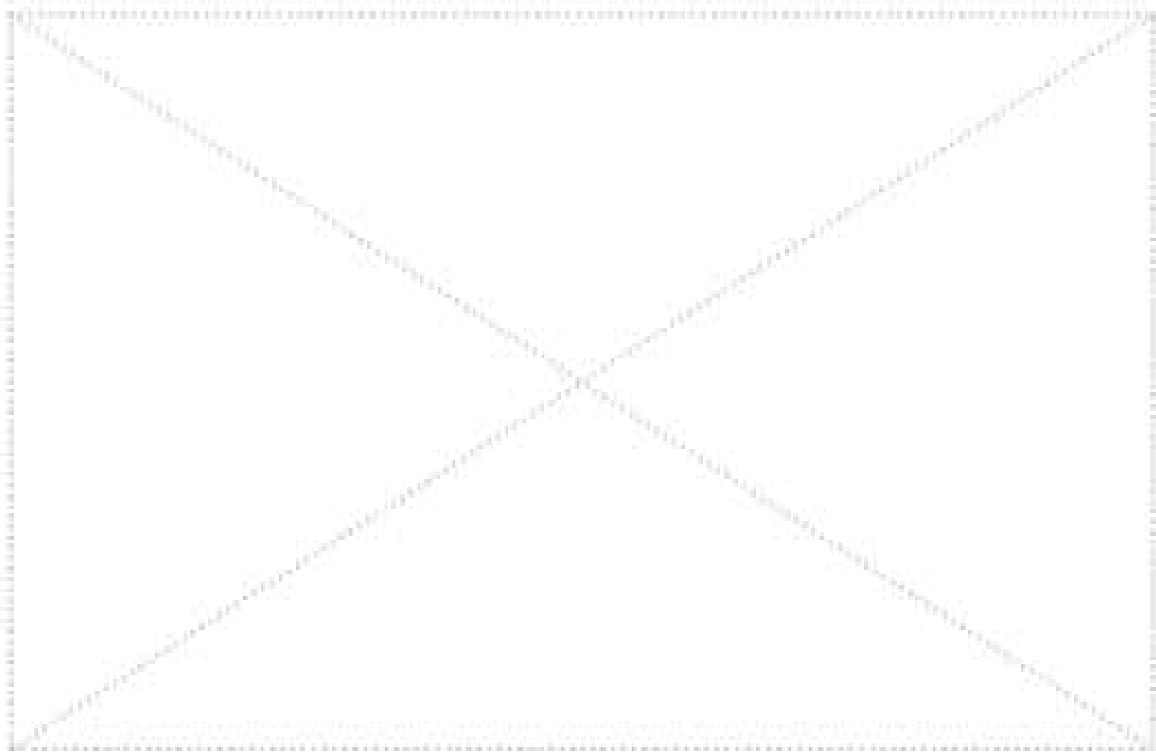
- \* CCUS는 석탄·LNG발전, 블루수소, 특히 CO2 배출이 불가피한 시멘트, 석유화학 업종에서는 거의 유일한 CO2 대량 감축수단
- \* CCUS는 혁신적 CO2 감축 수단일 뿐 아니라 CO2를 경제적 가치를 가진 원료 (feedstock)으로 재활용 한다는 점에서 차별화됨



[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]

- **(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&D 를 발견(유전체 해독)에서 발명(유전체 합성)으로 패러다임 전환하는 합성 생물학 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

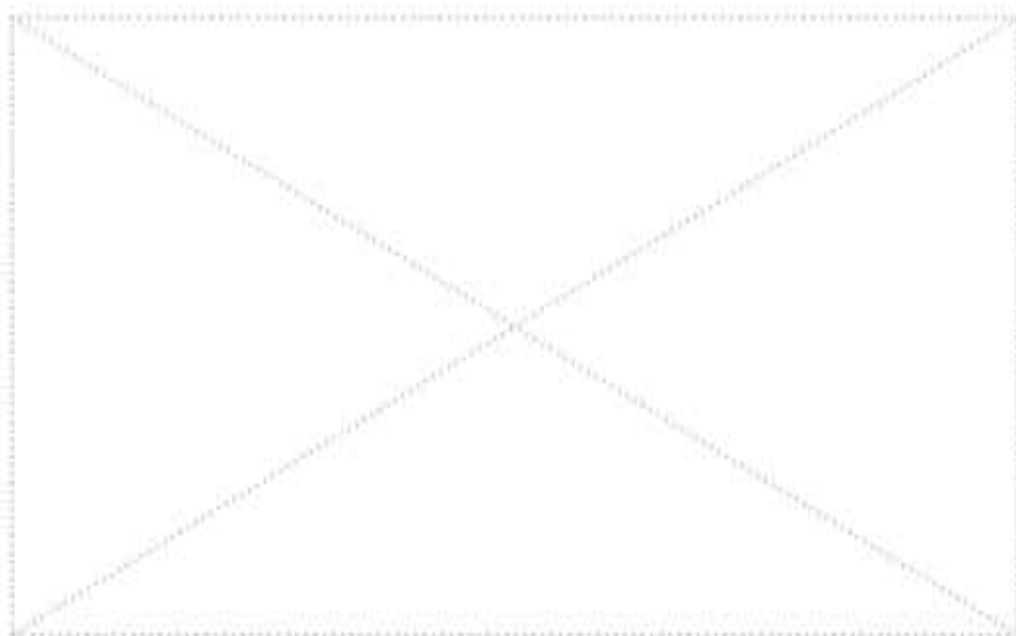
### □ 연구동향

- (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, 모듈화**를 도입하여 바이오 구성요소 들을 규격화함으로써 궁극적으로는 **디지털 기반의 설계로 유전체 및 인공세포를 제작·활용**하고자 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

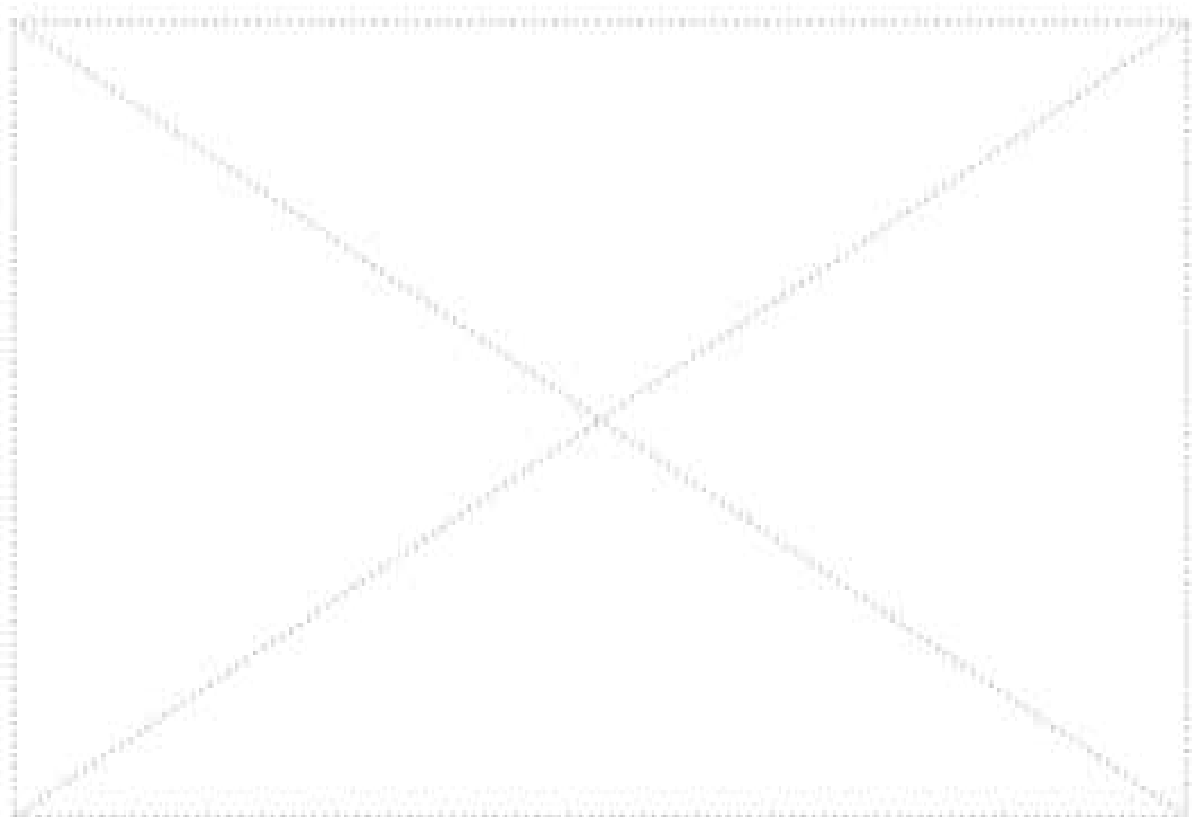
- **(무세포 합성생물학)** 살아있는 세포를 활용한 바이오제조는 복잡한 생명 제어의 어려움과 배양 의존적인 시간 소모, 엄격한 GMO 관리 체계 등으로 산업화의 어려움이 지적됨에 따라 **세포 없이 필수 요소(단백질,**

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 의학, 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 마이크로 리액터로서 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 ( $\geq 50$  g/L), Productivity ( $\geq 1$  g/L/h), Yield ( $\geq 90\%$ )
- 환경특이적 생존수준:  $\leq 10^{-8}$  (설정근거: 현재 NIH 가이드라인)

#### <참고: 인공유전체 현재 수준>

인공유전체	크기	설명	기관	년도
JCVI-Syn1.0	1,08 Mb	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 kb DNA block 어셈블리를 통한 게놈 합성</li> <li>게놈 합성 후 타 종으로 게놈 이식</li> </ul>	JCVI (미국)	2010
JCVI-Syn3.0	531 kb	<ul style="list-style-type: none"> <li>올리고 어셈블리를 통해 합성된 최소 유전체, 자가 복제 가능</li> <li>DBTL cycle을 통한 합성 진행</li> </ul>	JCVI (미국)	2016
<i>C. eth-2.0</i>	785 kb	<ul style="list-style-type: none"> <li>3-4 kb DNA block 어셈블리를 통한 게놈 합성</li> <li>필수 유전자로만 구성</li> </ul>	ETH Zurich (스위스)	2019
Syn61	4 Mb	<ul style="list-style-type: none"> <li>총 61개의 코돈으로 이루어진 게놈 합성</li> </ul>	Cambridge (영국)	2019
Syn61Δ3	4 Mb	<ul style="list-style-type: none"> <li>Syn61 균주에서 제거된 sense 코돈을 비천연 아미노산 대응 코돈으로 재배치</li> </ul>	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